

Bernhard Lepsius
Richard Wachsmuth

Denkschrift der ersten internationalen Luftschiffahrts- Ausstellung (ILA) zu Frankfurt A/M. 1909

Wissenschaftliche Vorträge

Band 1 / Band 2



DENKSCHRIFT
DER ERSTEN INTERNATIONALEN
LUFTSCHIFFFAHRTS-AUSSTELLUNG
(ILA)
ZU FRANKFURT A/M. 1909

OFFIZIELLER BERICHT

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. BERNHARD LEPSIUS

VORSITZENDER
DES WISSENSCHAFTL.-TECHN. AUSSCHUSSES

PROF. DR. RICHARD WACHSMUTH

VORSITZENDER
DER WISSENSCHAFTLICHEN KOMMISSION

BAND I

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1910

WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE
GEHALTEN AUF
DER ERSTEN INTERNATIONALEN
LUFTSCHIFFAHRTS-AUSSTELLUNG
(ILA)
ZU FRANKFURT A/M. 1909

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR RICHARD WACHSMUTH

VORSITZENDER
DER WISSENSCHAFTLICHEN KOMMISSION

MIT 128 FIGUREN IM TEXT UND AUF 8 TAFELN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1910

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>
ISBN 978-3-662-00262-9 ISBN 978-3-662-00282-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-00282-7

Vorwort.

Schon bei der Vorbereitung der ersten internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung entstand der Plan, ihre bemerkenswertesten Resultate in einer Denkschrift festzuhalten. Neben den allgemeinen Berichten über die Leitung und den Verlauf der Ausstellung soll dieselbe die Zusammenstellung der wissenschaftlichen und technischen Erfahrungen enthalten, welche während dieser Zeit gemacht wurden. Aus den Berichten der Vorsitzenden der verschiedenen Ausschüsse und Kommissionen wird sich dann ein vollständiges Bild dessen ergeben, was die Ausstellung erstrebt und was sie erreicht hat. Der vorliegende Band bildet den ersten Teil dieser Denkschrift.

Die Wissenschaftliche Kommission hatte im Laufe des Sommers 1909 eine Reihe von Vorträgen eingerichtet, welche, von den geeignetsten Fachleuten gehalten, ein nahezu vollständiges Bild aller für die Luftschiffahrt wichtigen Gebiete brachten. Die Grenzen waren weit gezogen. Zu der Besprechung der beiden Haupttypen lenkbarer Luftschiffe fügte sich ein Vortrag über die Technik der Freifahrten, zu einer allgemeinen Betrachtung über das Flugproblem eine Beschreibung des Tierflugs; meteorologische Vorträge wurden durch eine Schilderung der elektrischen Verhältnisse in der Atmosphäre ergänzt; die militärischen wie die juristischen, die chemischen wie die physiologischen Fragen der Luftschiffahrt wurden behandelt.

Das liebenswürdige Entgegenkommen der Autoren hat es ermöglicht, alle diese Vorträge in einem Bande zu vereinigen. Die Herren haben ihre Ausführungen niedergeschrieben und auch den Druck einer Durchsicht unterzogen. Ihnen gebührt also der Dank, wenn es gelungen ist, in dem ersten Bande der Denkschrift ein Buch von bleibendem Wert geschaffen zu haben.

Frankfurt a. M., März 1910.

R. Wachsmuth.

Inhaltsverzeichnis.

Vorträge:

	Seite
I. Ahlborn: Die aerodynamischen Vorgänge an Flugflächen, Luftschiffen und Propellern. (Gehalten am 11. August 1909.)	1
II. Aßmann: Die Winde in Deutschland. (Gehalten am 2. Oktober 1909.)	7
III. Ebert: Über Lufterlektrizität. (Gehalten am 12. Oktober 1909.) . . .	11
IV. Erdmann: Über die Verwendung flüssigen Wasserstoffs in der Luftschiffahrt. (Gehalten am 26. Juli 1909.)	30
V. Marcuse: Navigation in der Luft. (Gehalten am 20. September 1909.)	46
VI. Meili: Ballons, Flugmaschinen, Luftschiffe und die Jurisprudenz. (Gehalten am 19. Juli 1909.)	60
VII. Miethe: Photographie vom Ballon aus. (Gehalten am 9. Oktober 1909.)	73
VIII. Neubronner: Die Photographie mit Brieftauben. (Gehalten am 4. September 1909.)	77
IX. Neureuther: Die militärische Bedeutung der Luftschiffahrt. (Gehalten am 17. September 1909.)	97
X. Panzer: Das Flugproblem in Mythus, Sage und Dichtung. (Gehalten am 14. September 1909.)	118
XI. v. Parseval: Der Parseval-Ballon, seine Ausführungsformen und sein Verwendungsgebiet. (Gehalten am 10. August 1909.)	135
XII. Prandtl: Betrachtungen über das Flugproblem. (Gehalten am 9. September 1909.)	140
XIII. Pütter: Die Entwicklung des Tierfluges. (Gehalten am 2. August 1909.)	151
XIV. Schaeck: Quelques notes sur les ascensions en ballon libre. (Gehalten am 31. August 1909.)	165
XV. Scheimpflug: Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung. (Gehalten am 14. August 1909.) . . .	177
XVI. v. Schrötter: Hygiene der Aeronautik. (Gehalten am 27. Septbr. 1909.)	203
XVII. Süring: Schichtbildungen in der Atmosphäre. (Gehalten am 30. August 1909.)	234
XVIII. Graf Zeppelin jr.: Luftschiffahrt und moderne Luftfahrzeuge. (Gehalten am 17. Juli 1909.)	246
XIX. Zitelmann: Luftschiffahrtrecht. (Gehalten am 6. Oktober 1909.) . . .	268

Vorwort.

Nachdem der erste, die während der Internationalen Luftschiffahrt-ausstellung gehaltenen wissenschaftlichen Vorträge zusammenfassende Band dieser Denkschrift vor Jahresfrist erschienen ist, folgt nunmehr der zweite Band, der der technischen Würdigung dieses Unternehmens gewidmet ist.

Die sorgfältige Bearbeitung des für diesen Band vorliegenden umfangreichen Materials hat längere Zeit in Anspruch genommen, als ursprünglich beabsichtigt war; wir meinen aber gleichwohl zu der Annahme berechtigt zu sein, daß auch dieser Band nicht nur bei denen, die tätig an der Ausstellung beteiligt waren, sondern auch in weiteren für die Luftschiffahrt interessierten Kreisen eine freundliche Aufnahme finden wird.

Der Allgemeine Teil dieses Bandes behandelt neben einer geschichtlichen Darstellung der Entstehung und des äußeren Verlaufs der Ausstellung die zur technischen Durchführung des Unternehmens getroffenen Einrichtungen und Anordnungen und wird namentlich auch für diejenigen von nutzbringendem Interesse sein, denen ähnliche Aufgaben vorliegen, wie sie hier zum ersten Male gelöst worden sind. Um diesem letzteren Zwecke zu dienen, sind manche Einzelheiten sowie vielfache statistische und ökonomische Angaben aufgenommen worden, die sonst hätten entbehrt werden können.

Der Spezielle Teil enthält die eigentlichen Ergebnisse der Ausstellung, soweit sie für Wissenschaft und Technik von Bedeutung schienen. Der Sport durfte an dieser Stelle fortfallen; nur der Wettbewerb für photographische Leistungen hat (S. 393) Erwähnung gefunden.

An der Spitze steht ein Bericht der Aerologischen Kommission über ihre Erfahrungen auf dem Gebiete der Wettervorhersage, insbesondere über einen neuen Gewitter-Meldedienst, der zum ersten Male für die Dauer der Ausstellung ins Leben gerufen war.

Hieran schließt sich der Bericht der Wissenschaftlichen Kommission über ihre Tätigkeit, insbesondere über die Wettbewerbe. Diese werden einzeln und ausführlich durch den Vorsitzenden oder ein anderes Mitglied des betreffenden Preisgerichtes besprochen.

Den Schluß bildet eine Besprechung der Ausstellung selbst. Sie beginnt mit einer Übersicht über den speziell aerologischen Teil. Sodann wird über die naturwissenschaftliche Sammlung berichtet, welche die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft ausgestellt hatte. Weit aus den größten Raum nimmt aber ein zusammenfassender Bericht ein, welcher den wesentlichen Inhalt der ganzen Ausstellung noch einmal vor Augen führt. Es konnte fraglich erscheinen, ob eine solche Besprechung 1 1/2 Jahre nach Schluß der Ausstellung noch von Wert sei. Drei Gründe waren bestimmend für die Aufnahme. Zunächst ist hier das so ungemein vielseitige Material, das zu einer Luftschiffahrtausstellung gerechnet werden muß, zum ersten Male mit einiger Vollständigkeit zusammengetragen und in dieser Zusammensetzung wertvoll, selbst wenn einzelne Teile bereits überholt sein dürften. Sodann ist die Besprechung eine durchaus kritische, und es wird ihr gerade der interessierte Fachmann vielerlei Hinweise und auch Zahlenwerte entnehmen können. Schließlich aber ist dieser Bericht mit so viel Rückblicken in die Geschichte der Aeronautik verknüpft, daß er zu einer technischen Führung durch diese geworden ist.

Den Herren, welche sich der großen Mühe einer Bearbeitung der Ergebnisse unterzogen haben, möchten wir auch an dieser Stelle unseren herzlichen Dank aussprechen. Nur durch ihre tatkräftige Hilfe konnte die nunmehr abgeschlossen vorliegende Denkschrift das gesteckte Ziel erreichen und eine — wie wir nunmehr mit Zuversicht sagen können — würdige Darstellung der Ersten Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung bieten.

Frankfurt a. M., März 1911.

B. Lepsius. R. Wachsmuth.

Inhaltsverzeichnis.

Allgemeiner Teil.

	Seite
A. Zur Geschichte der Ausstellung.	
1. Vorbereitung	1
2. Organisation: Ehrenpräsidium, Vorstand, Internationales Ehrenkomitee, Großer Ausschuß, Arbeitsausschüsse, Wissenschaftliche Kommission	2
3. Verwaltung: Geschäftsordnung, Geschäftsverteilung der Ausschüsse, Gesellschaftsvertrag	10
4. Preisstiftungen: Geldpreise, Ehrenpreise, Medaillen-Konkurrenz	16
5. Eröffnung der Ausstellung: Rede des Präsidenten, Ansprache des Oberbürgermeisters	20
6. Ausstellungshalle und Fluggelände	25
7. Offizieller Besuch der Ausstellung durch namhafte Personen	27
8. Schluß der Ausstellung: Ansprache des Präsidenten, Rede Sr. Exzellenz des Generalleutnants von Nieber	29
B. Ordnung und Verkehr	
1. Das Bureau	39
2. Das Personal	40
3. Neue Verkehrswege	43
4. Dauer- und Freikarten	43
5. Sanitätsdienst	45
6. Polizei	46
7. Feuerwache	48
8. Post und Telegraph	49
9. Wach- und Schließgesellschaft	49
10. Wohnungsnachweis und Auskunftsstelle	50
11. Stuhlvermietung	51
12. Garderoben und Toiletten	52
13. Verkehr auf der Städtischen Straßenbahn während der Ila	53
C. Licht und Kraft	
1. Anmeldung	56
2. Spedition	60
E. Presse	
1. Presseausschuß	61
2. Plakatreklame	62
3. Inseratenwesen	65
4. Postkartenverkauf	66
F. Wirtschaftsbericht	
1. Die Wirtschaften	67
2. Die Verkaufsstände	70
G. Festausschuß	
H. Sportveranstaltungen	
1. Sportausschuß	71
2. Freiballonfahrten	72
3. Fesselballon	74

	Seite
4. Motorballons: Graf Zeppelin (Rede des Oberbürgermeisters), v. Parseval, Clouth, Ruthenberg	75
5. Fliegerwoche: Programm, Wettbewerbe mit und ohne Motor	80
J. Finanzbericht	85

Spezieller Teil.

A. Wissenschaftliche Ergebnisse.

I. Die praktische Meteorologie während der Ausstellung	93
II. Die Tätigkeit der Wissenschaftlichen Kommission	103
1. Wissenschaftliche Wettbewerbe:	
a) Astronomische Ortsbestimmung im Ballon	106
b) Kinematographische Aufnahmen eines Tierfluges	113
2. Technische Wettbewerbe:	
a) Über die Darstellung von Ballongas	119
b) Die Konstruktion von Luftschiffhallen	135
c) Gummiballons	175
d) Korbbeleuchtung	198
e) Leichtmetalle von erheblicher Festigkeit	200
f) Luftfahrzeugmotoren	206
g) Luftschrauben	210
1. Vorbemerkungen	210
2. Die Versuchsanlage	214
3. Die Einsendungen	231
4. Die Versuche	246
α) Der nationale Wettbewerb für Luftschrauben	249
β) Der internationale Wettbewerb für Luftschrauben	258

B. Die Ausstellung.

I. Die aerologische Ausstellung	291
II. Ausstellung von Flugorganen der Tiere und Pflanzen	299
III. Die Ausstellungsgegenstände nach Gruppen	320
Einführung	320
Gruppe 1. Ballonfabrikation, Stoffweberei, Gummierung, Seilerei, Korb- flechtereie, Rohmaterialien, Ballons	322
Gruppe 2. Motorballons, deren Modelle und Zeichnungen, Propeller, Steue- rungen, Gondeln	336
Gruppe 3. Militärluftschiffahrt, Ballonhallenbau, deren Bedachung, Boden- belag	353
Gruppe 4. Signaldienst für Ballons, elektr. Apparate, Lichteffekte	376
Gruppe 5. Gasfabrikation und Kompression	378
Gruppe 6. Wissenschaft der Luftschiffahrt, Literatur, Photographie, Karto- graphie, Meteorologie, Astronomie	391
Gruppe 7. Feinmechanik und physik. Apparate, Präzisionsuhren und andere Präzisionsinstrumente, Optik, Photographische Industrie	406
Gruppe 8. Ausrüstung für Ballonfahrer, Kleidung, Proviant, Getränke, Körper- hygiene, Korbbeleuchtung, Rettungsapparate	409
Gruppe 9. Flugapparate und deren Modelle	412
Gruppe 10. Motorenbestandteile für Luftschiff-, Automobil- und Bootsbau, Werkzeugmaschinen	428
Gruppe 11. Kunstgewerbe, Bilder, Medaillen	455
Gruppe 12. Spielwaren	457
Anhang	459

Allgemeiner Teil.

Von

Professor Dr. phil. Dr.-Ing. **B. Lepsius.**

I. Die aerodynamischen Vorgänge an Flugflächen, Luftschiffen und Propellern.

Von

Professor Dr. **Fr. Ahlborn**-Hamburg.

Der Menschheit den Weg durch die Luft frei machen, heißt die Kräfte besiegen und dienstbar machen, die sich dem Aufwärts und Vorwärts seither entgegenstellten. Die Naturkräfte lassen sich aber nur dadurch beherrschen, daß wir uns ihren Gesetzen unterwerfen, und in dem großen Wettkampfe der Kulturvölker um die Eroberung des Reiches der Lüfte wird schließlich derjenige der Sieger sein, der die genaueste Kenntnis dieser Gesetze hat und sich ihnen technisch auch am besten anzupassen versteht.

Jeder in der Luft bewegte Körper hat sich seine Bahn durch Verdrängung des Mediums an der Vorderseite frei zu machen. Die Luft strömt von da um die Seiten des Körpers und füllt den hinten frei gewordenen Raum wieder aus.

Zur Einleitung und Durchführung dieser Luftverschiebungen ist von dem bewegten Körper unter Kraftverbrauch Arbeit zu leisten. Das ist der Widerstand, dessen Naturgeschichte für die Flugtechnik von der größten Bedeutung ist. Er ist es, der die Flugapparate, die schwerer als die Luft sind, trägt, er ist es, der sie alle durch Rückwirkung auf die Propeller vorwärts treibt, er allein ermöglicht die Steuerung beim Abflug, während der Fahrt und bei der Landung, er ist es aber auch, der durch seine Hemmungen große und oft unnötige Kraftverluste bewirkt, wenn die Bedingungen des günstigsten Widerstandes in der Konstruktion des Apparates nicht erfüllt sind.

Von der Größe dieser Hemmungen erhält man eine Vorstellung, wenn man bedenkt, daß bisher für den Transport eines Menschen durch die Luft 25—45 PS verbraucht wurden. Ein ökonomisch so ungünstiges Resultat läßt auf Mängel in der Konstruktion der Apparate schließen, die nicht im Motor, sondern in den aerodynamischen Eigenschaften der Flugorgane selbst zu suchen sind. Man ist den Fragen des Widerstandes bisher fast nur mit Hilfe messender Forschungsmethoden näher getreten. Das Ergebnis ist eine große Zahl von Widerstandsformeln, die sich in ihren Werten stark widersprechen und für so große Flächen, wie sie in der Flugtechnik zur Anwendung kommen, ausnahmslos unzuverlässig sind, weil meines Wissens noch niemals Flächen von ähnlicher Größe einer systematischen Widerstandsmessung unterworfen wurden.

Die Frage nach den Vorgängen, welche den Widerstand bedingen und verursachen, hat sich selbstverständlich allen Experimentatoren aufgedrängt, ist aber wegen der Schwierigkeit der Beobachtung fast immer nur spekulativ behandelt worden, was natürlich zu vielen Irrtümern führte.

Um so erfreulicher waren die Versuche von Marey in Paris und Wellner in Brünn, die in fast gleicher Weise die Strömungen der Luft um Hindernisse verschiedener Form durch feine aufsteigende Rauchfäden sichtbar zu machen bestrebt waren. Das Verhalten an der Vorderseite der vom Luftstrome getroffenen Körper konnte auf diese Weise sehr gut demonstriert werden, wo aber an der Rückseite Wirbelungen vorlagen, versagte leider die Methode, da die Rauchfäden hier schnell zerstört wurden. Unter diesem Mangel leidet auch die von Dr. Ludwig Mach für diesen Zweck in Anwendung gebrachte Toeplersche Schlieren-Methode, da die ungleich dichten Luftteilchen der Schlieren in den Wirbelungen schnell gemischt und ausgeglichen werden.

Der Wert dieser methodischen Versuche liegt daher nicht in der Vollständigkeit und Vollkommenheit der Ergebnisse, aber es wird durch sie bestätigt, daß die Widerstandsvorgänge in der Luft in ganz ähnlicher Weise wie im Wasser verlaufen. Da wir nun in meiner Methode der photographischen Widerstandsanalyse des Wassers das Mittel besitzen, das uns über die Vorgänge im Wasser sehr genau unterrichtet, so können wir ohne großen Fehler die im Wasser ermittelten Erscheinungen qualitativ auf die Luft übertragen. Die Zulässigkeit dieses Verfahrens wird auch durch mancherlei unmittelbare Beobachtungen der Luftströme an Sonnenstaub, Rauch und Schnee im vollen Maße unterstützt. Aber es muß von vornherein hervorgehoben werden, daß wir zur Zeit noch nicht die Bedingungen angeben können, unter denen die Widerstandserscheinungen in der Luft geometrisch ähnlich verlaufen wie im Wasser. Erst mit der Lösung und experimentellen Bestätigung dieses Problems würde auch eine quantitative Übertragung der Ergebnisse von Wasser auf Luft möglich sein.

Über die Untersuchungsmethoden liegen mehrfache Veröffentlichungen vor ¹⁾, hier möge daher die Bemerkung genügen, daß die Bewegungen der Wasserteilchen an der Oberfläche durch Bärlappmehl, im Innern des Wassers durch besonders präparierte Sägespäne sichtbar gemacht und bei Magnesiumlicht photographisch festgelegt werden. Die Modelle werden vermitteltst eines über dem Wasserbehälter auf Schienen laufenden Wagens durch das Wasser geführt. Der Antrieb ist elektrisch, Registrierungen und Zündungen automatisch.

Durch geeignete Maßnahmen lassen sich die Widerstandserscheinungen in drei verschiedenen Formen darstellen. Von einem Standpunkte am Modell, das den Widerstand hervorruft, ergeben sich die *Stromlinien* (Taf. I, Fig. 1) als Ausdruck der Ablenkungen und Beschleunigungen, welche eine homogene Strömung durch das feststehend erscheinende Modellhindernis erfährt. In diesem Falle ist die photographische Kamera am fahrenden Wagen befestigt, und ihre Stellung zum Modell ist unveränderlich.

¹⁾ Mechanism. d. Hydrodyn. Widerst. Abh. d. Naturwiss. Ver. Hamburg, Bd. XVII, 1902. II. Jahrb. d. Schiffbautechn. Ges. Bd. V, VI u. X.

Ist dagegen die Kamera an einem festen Orte aufgestellt, so daß das Modell in der Bildweite vor ihr vorüberfährt, so erhält man auf der photographischen Platte die *Schwingungslinien* (Taf. I, Fig. 2), das sind die Bewegungen, die das Modell während seines Vorüberganges im ruhenden Medium hervorruft.

Die Belichtung muß in diesem Falle so lange dauern wie der Durchgang des Modells. Wählt man nur Momentbelichtung, so erhält man im Bilde das System der Kraftlinien (Taf. II, Fig. 3 und 4), welche die momentane Schwingungsphase der umgebenden Wasserteilchen veranschaulichen und wie die bekannten magnetischen Kraftlinien die Richtung der Resultanten aus den abstoßenden Druckkräften an der Vorderseite und den anziehenden Sogkräften der Hinterseite der Modelle bezeichnen. Die Länge der elementaren Kraftlinien ergibt zugleich auch die Größe der Resultanten. Das Kraftliniensystem hat im ganzen die Form eines weit über das Modell hinausreichenden Wirbelringes. Denkt man sich dasselbe in Verbindung mit dem Modell durch das Medium fortschreitend, so führt jedes in seinem Bereich befindliche Wasserteilchen in jedem Moment diejenige Bewegung aus, die ihm von der alsdann von ihm geschnittenen Kraftlinie vorgeschrieben wird, bis das ganze System vorübergezogen ist. Die Summe dieser Einzelbewegungen ergibt das System der *Schwingungslinien*. Diese haben annähernd eine Ellipsenform, deren Durchmesser von der Breite des Modells, der Fahrgeschwindigkeit und dem Abstände der Wasserteilchen von der Achse des Widerstandssystems abhängen. Sie sind von ähnlicher Form wie die im Jahre 1826 von Heinrich und Wilhelm Weber zuerst festgestellten elliptischen Schwingungen der Wasserteilchen in einer Welle. Auf die Unterschiede kann hier nicht eingegangen werden.

Nach Vorführung der oben erwähnten Versuche von L. M a c h, W e l l n e r und M a r e y wurden nun durch eine größere Zahl von Lichtbildern die Widerstandsvorgänge an Platten von verschiedener Gestalt und Stellung zur Darstellung gebracht (Taf. III, Fig. 5 und 6) und dabei besonders auf die tiefgreifenden Änderungen hingewiesen, welche das System der Strömungen an schrägen Platten bei den kritischen Neigungswinkeln von 35° — 40° und zwischen 10° und 20° erfährt. Diese Änderungen vollziehen sich an der Rückseite der Platten im Bereich des Sogs. Hier zeigen die Stromlinienaufnahmen in der Normalstellung der untergetauchten Platten einen geschlossenen Wirbelring, der bei eintretender Plattenneigung unsymmetrisch wird, indem der dem Hinterrande der Platte benachbarte Bogen des Wirbels allmählich kleiner, dünner wird. Zwischen 35° und 40° Neigung reißt der Wirbelring an den seitlichen Plattenrändern durch, und es entstehen daselbst in Verbindung mit dem Vorderrandbogen desselben lang nachschleppende, zopfartige Spiralstrudel, während der Unterrandbogen bald ganz verschwindet. Der Eintritt dieser Änderung hat wahrscheinlich eine sehr bedeutende Steigung des Widerstandes zur Folge, wie sie für Luft bei den kritischen Winkeln von D i n e s nachgewiesen ist. Die von diesem Forscher gegebene Widerstandskurve zeigt bei 38° ein plötzliches Ansteigen des Widerstandes bis zur Höhe des Normaldruckes.

Außerordentlich schön und regelmäßig ist die Strömung an einem vergrößerten Modell des Flugsamens der javanischen *Z a n o n i a m a c r o c a r p a*. Das im Lichtbild vorgeführte Stromlinienmodell (Taf. IV, Fig. 7) zeigt an der Rückseite in engstem Anschluß an Form und Wölbung der Flugfläche einen diadem-

artigen Wirbelbogen, der beiderseits in kräftige, weit nachziehende Spiralstrudel übergeht. Die Strömung ist an der Unterseite der Fläche divergent, an der Oberseite des Wirbels konvergent.

Geht nun der Neigungswinkel der Platten unter 20° herab, so stellt sich eine weitere sehr bedeutsame Änderung des Stromsystems ein, indem, von der Plattenmitte beginnend und allmählich gegen die Seitenränder fortschreitend, die Wirbelung an der Rückseite durchbrochen und durch eine glatte, wirbelfreie Stromlinienbewegung ersetzt wird. Nur an den seitlichen Rändern bleiben die Reste der Wirbelung in Form der immer kleiner werdenden spiraligen Strudel erhalten. Die Annahme liegt nahe, daß in dem Moment, wo die Verdrängung des Wirbels hinter der Platte eintritt, auch eine plötzliche Änderung der Größe des Widerstandes erfolgt, die vermutlich von ähnlichem Charakter ist wie die sprungweise Änderung bei 38° (Dines). Wahrscheinlich ist sie weniger beträchtlich und daher den Experimentatoren entgangen, die sich mit der Messung des Widerstandes befaßt haben, oder die Beobachtungen wurden, weil unerklärlich, für fehlerhaft gehalten und blieben unberücksichtigt.

Form der Tragflächen. Über die eingehenden Untersuchungen, die ich über die Gestalt der Tragflächen von Aeroplanen angestellt habe, kann hier nur kurz berichtet werden. Das Ziel dieser Untersuchungen war die Ermittlung einer Flächenform, die nach Umfangsgestalt und Wölbung die günstigsten Widerstandsverhältnisse ergibt.

Den Ausgangspunkt bildeten ebene und sodann flach gewölbte, unterseits konkave Flächen, wie sie seit Lilienthal die weiteste Verwendung für Aeroplane gefunden haben. Es war ein verhängnisvoller Irrtum Lilienthals, daß er glaubte, durch die Hohlform seiner Flächen eine vorwärts treibende Widerstandskomponente erzielen zu können. Sein Beweis dafür beruhte auf einer nicht stattgefundenen Kraftzerlegung. Solche Flächen sind unstabil; ihre Wölbung bewirkt eine Überlastung der hinteren Flächenhälfte und eine nur teilweise Ausnutzung der hervorgerufenen Widerstandskräfte. Sie sind vergleichbar einem Schiff, das hinten gerade abgeschnitten ist, und dem der schlanke Auslauf fehlt. Sie hinterlassen starke, ungenutzte Transversalströmungen, die einen großen, unmittelbaren Kraftverlust einschließen. Eine gute Tragfläche muß so gestaltet sein, daß die Druck- und Sogkräfte des Widerstandes am vorderen und hinteren Rande gleich Null sind, und daß das Maximum in der Mitte liegt. Es ist mir gelungen, solche Flächenformen zu ermitteln, die diese Bedingung vollauf erfüllen. Das Druckprofil dieser Flächen wird durch eine Wellenlinie begrenzt: das des Überdruckes durch den Wellenberg, das des Sogs durch das Wellental. Beide Druckkurven ergeben zusammen ein linsenförmiges resp. spindelförmiges Profil, dessen Spitzen mit den Flächenrändern zusammenfallen.

An solchen rationellen Flächen vollzieht sich der ganze Widerstandsprozeß so weit in der Nachbarschaft und Rückwirkung auf die Flächen, daß das Fluidum nahezu in Ruhe zurückgelassen wird und keine unnötigen und zu vermeidenden Bewegungen und Verluste an Kraft stattfinden.

Es hat sich dabei herausgestellt, daß jeder Fahrgeschwindigkeit eine bestimmte rationelle Flächenform zugeordnet ist, daß es aber auch möglich ist, inner-

halb gewisser Grenzen durch geeignete einfache Vorkehrungen eine automatische Anpassung der Flächen an das Strömungssystem zu erzielen. Da die Tragflächen mit wechselnden Geschwindigkeiten und Neigungswinkeln zu arbeiten haben, so kann es sich bei ihrer Formung einstweilen nur um ein Kompromiß für die mittleren Verhältnisse und Bedingungen handeln.

Wechselwirkung benachbarter Flächen. Da die Widerstandsvorgänge sich nicht nur in der unmittelbaren Nähe der Versuchskörper abspielen, sondern meist nach allen Seiten weit darüber hinausreichen, so ist es kaum möglich, zwei oder mehrere Tragflächen eines Flugsystems so weit voneinander zu trennen, daß die Widerstandsfelder der Einzelflächen nicht teilweise übereinanderfallen. Dadurch entstehen mannigfache Interferenzen der Strömungen und des Druckes, die einen erheblichen Einfluß auf die Größe und Anordnung des Widerstandes ausüben können. Vom aerodynamischen Standpunkte aus befinden sich daher die Monoplane zweifellos den mehrflächigen Flugzeugen gegenüber im Vorteil.

Die Interferenzen sind abhängig von der Form der benachbarten Flächen, ihrer Stellung zueinander, dem Neigungswinkel und der Fluggeschwindigkeit. Demgemäß können hier nicht alle Möglichkeiten erörtert werden.

Von zwei Flächen, die im Abstände ihrer Breite übereinander stehen (Taf. III, Fig. 6), erfährt die untere eine Verringerung ihres saugenden Widerstandes an der hinteren Flächenhälfte. Steht die obere Fläche vorwärts oder rückwärts von der unteren, so ist ihr Gesamtwiderstand größer resp. kleiner als der der unteren Fläche. — Durch die in Anwendung gebrachten Methoden ist es möglich, die Interferenzen eines beliebigen Flächensystems zu ermitteln.

Strömungen an Luftschiffen. Die dynamischen Vorgänge an Luftschiffen wurden an einer Anzahl von Rotationskörpern geprüft, die in ihrer Form den Gasbehältern der Luftschiffe nahe kommen. Alle Modelle zeigen an ihrem vorderen Ende, gleichviel ob es halbkugelig, ellipsoidisch oder kegelförmig zugespitzt ist, einen glatten Stromlinienverlauf, doch erfolgt die Ablenkung der Stromlinien vor einem stumpfen Pol plötzlicher und mit größerer Beschleunigung der Flüssigkeitsteilchen als an einem zugespitzten Ende, an dem sie allmählich und in schlanken Linien stattfindet. Die stärkere Beschleunigung bedingt natürlich auch einen größeren Widerstandsdruck. Eine kegelförmige Gestaltung des Vorderendes ist daher aerodynamisch geboten.

Wichtiger noch ist aber die richtige **Formung des Hinterendes.** An dem ellipsoidisch gestalteten Heck eines zylindrischen Modells (Taf. IV, Fig. 8) können die Stromlinien der Oberfläche des Körpers nicht folgen. Daher legt sich hier ein flacher Wirbelring von hinten gegen die Wölbung und bildet so eine Art Supplement des festen Körpers, dem sich nun die Stromlinien anschmiegen können. Die Unterhaltung der Wirbelbewegung geschieht aber auf Kosten der Antriebskraft des Luftschiffes und bedingt somit eine Fahrtverringerung. Der Kraftverlust an derartig gestalteten Formen äußert sich übrigens auch noch darin, daß sie auf ihrer Spur eine beträchtliche Nachlaufströmung hinterlassen, die mit dem Wirbelring in Verbindung steht und im Innenraume desselben ihren Ursprung nimmt. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß der Betrieb einer

solchen Strömung der Fortbewegung des Luftschiffes erheblichen Abbruch tun muß.

Das Mittel zur Vermeidung des Wirbels und zur Einschränkung des Nachstromes auf ein Mindestmaß ist nun bei Luftschiffen wie bei Wasserfahrzeugen die schlanke Ausgestaltung des hinteren Körperabschnittes. Sehr gute Resultate ergaben sich in dieser Richtung an torpedoförmigen Modellen. Sie sind frei von jeder Wirbelbildung, und der Nachstrom ist fast völlig beseitigt. An breiteren, spitz eiförmigen oder tropfenförmigen Modellen, die ihren größten Querschnitt in der vorderen Hälfte haben, ist die Wirbelung gleichfalls vermieden und der Nachstrom bedeutend verringert, wenn sie mit dem stumpferen Ende vorauf bewegt werden. Bei der Fahrt in entgegengesetzter Richtung tritt dagegen selbst bei der Torpedoform eine nicht unerhebliche Nachströmung auf. Es muß auch hier hervorgehoben werden, daß die rationelle Form eines Luftschiffes aerodynamisch von der Fahrgeschwindigkeit abhängt, und daß es möglich ist, durch Modellversuche diese Form für jede Größe und Geschwindigkeit zu bestimmen.

Die beschriebenen Verhältnisse wurden durch Lichtbilder der Strömungsphotogramme in Form von Stromlinien, Kraftlinien und Schwingungslinien (Taf. V, Fig. 9 und 10) veranschaulicht und zum Schluß an einer weiteren Reihe von Projektionen die wichtigsten dynamischen Vorgänge an Schraubenpropellern dargestellt.

Es ist nicht möglich, in einem einzigen Vortrage die für die Luftschiffahrt in Frage kommenden Widerstandsprobleme ausführlicher zu entwickeln. Man wird auch nicht erwarten, daß auf diesem schwierigen Forschungsgebiete, das man mit Recht als eins der dunkelsten der Mechanik bezeichnet hat, mit einem Schlage alle Fragen gelöst werden können. So viel aber glaube ich gezeigt zu haben, daß wir in den analytischen Methoden das Mittel haben, Licht und Klarheit in das Dunkel zu bringen und die wahre Natur der Widerstandsvorgänge zu entschleiern. Es handelt sich dabei nicht nur um die Grundlagen einer rationellen Widerstandstheorie, sondern vor allem um die zuverlässige Beantwortung zahlreicher brennender Fragen, die für die Flugtechnik wie für den Schiffbau von größter praktischer Bedeutung sind. Diese Arbeit übersteigt die Kräfte eines Einzelnen. Wir bedürfen dazu eines mit allen Hilfsmitteln ausgerüsteten hydrodynamisch-aerodynamischen Instituts. Ich gebe mich der Hoffnung hin, daß die Begründung eines solchen Instituts in Deutschland nicht an der Beschaffung der nötigen Geldmittel scheitern wird. Wir müssen vorwärts!

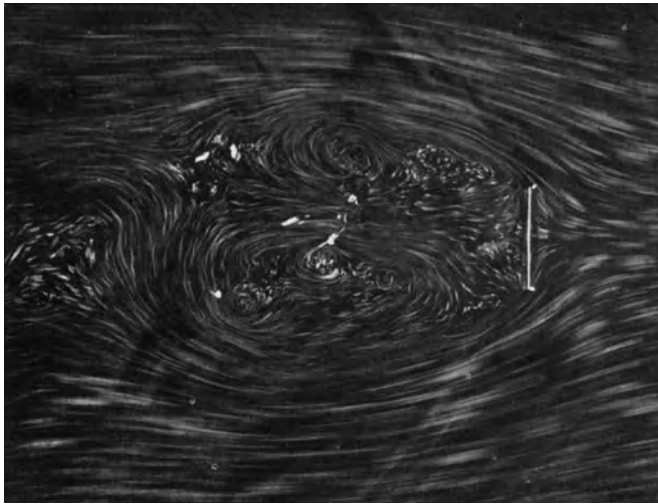


Fig. 1.
Stromlinien im Niveau an einer senkrecht zum Strome eingetauchten
rechteckigen Platte.

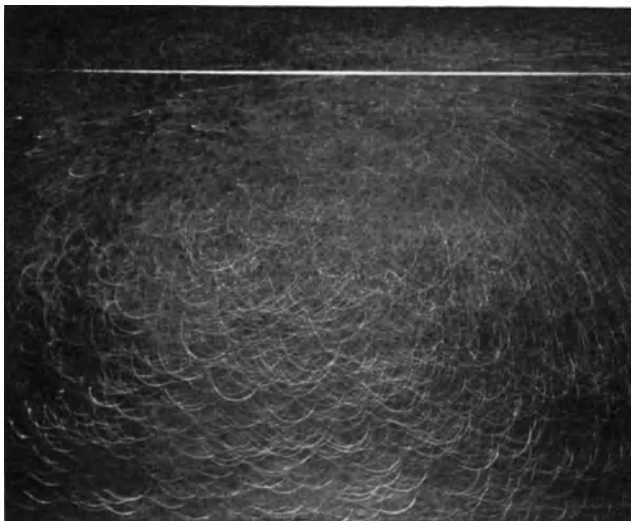


Fig. 2.
Schwingungslinien im ruhenden Medium beim Durchgang einer quadratischen,
senkrechten Platte; untere Hälfte. Bewegung nach rechts; die Plattenmitte
hinter der weißen Linie (Draht).

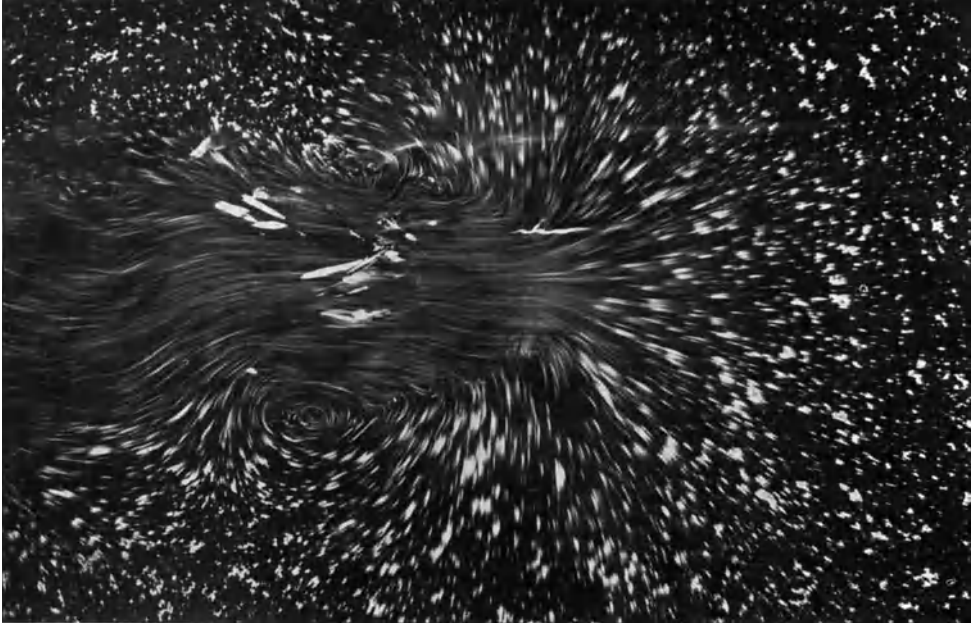


Fig. 3.

Gleichzeitige Aufnahme desselben Vorganges wie Fig. 1, aber in Form von Kraftlinien im ruhenden Medium dargestellt. Die nicht sichtbare Platte bewegte sich zwischen den beiden parallelen Reflexlinien, die in Fig. 1 als Punkte vor den Plattenrändern erscheinen.

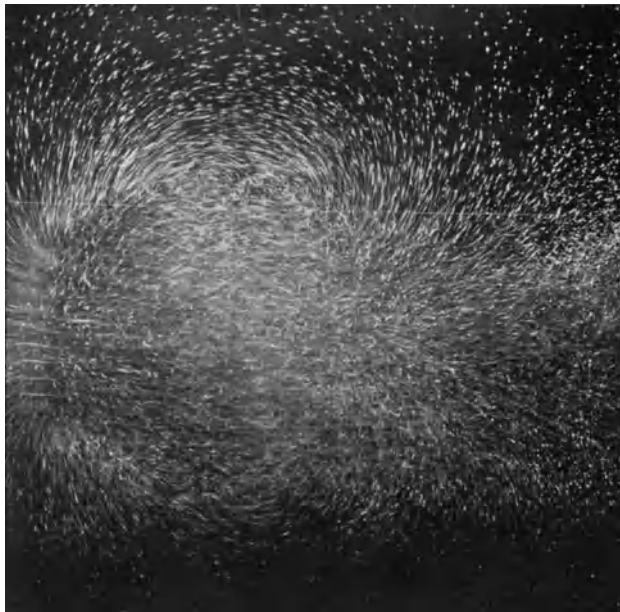


Fig. 4.

Kraftlinien im Innern des Wassers an einer (nicht sichtbaren) quadratischen Platte, die senkrecht zu ihrer Bewegungsrichtung steht.

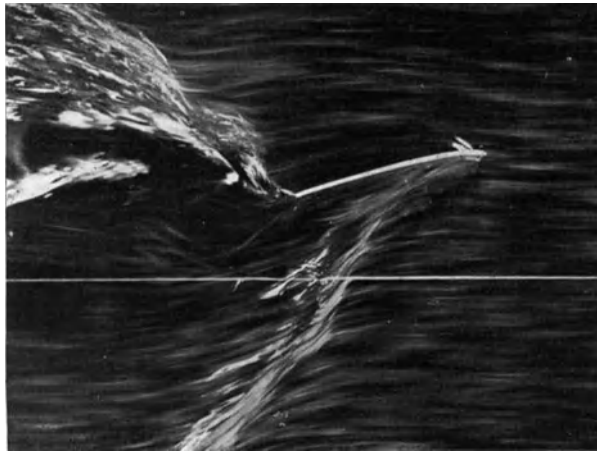


Fig. 5.
Strömungen an einer Drachenfläche.

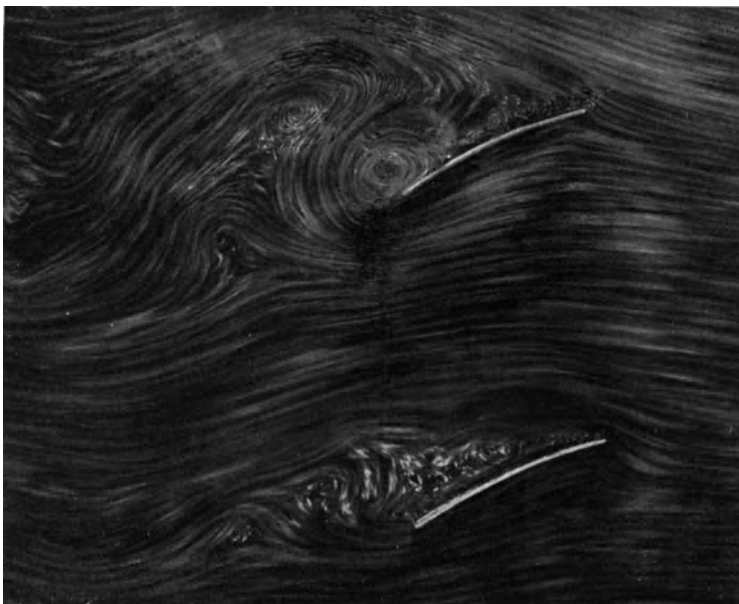


Fig. 6.
Strömungen und Interferenzen an zwei benachbarten Drachenflächen
in steiler Stellung.

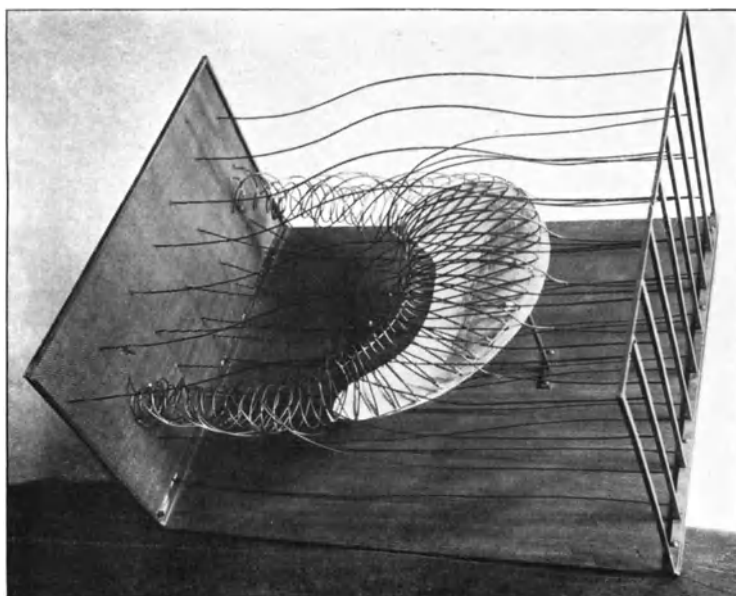


Fig. 7.

Modell der Stromlinien eines überlasteten Zanonia-Samens.

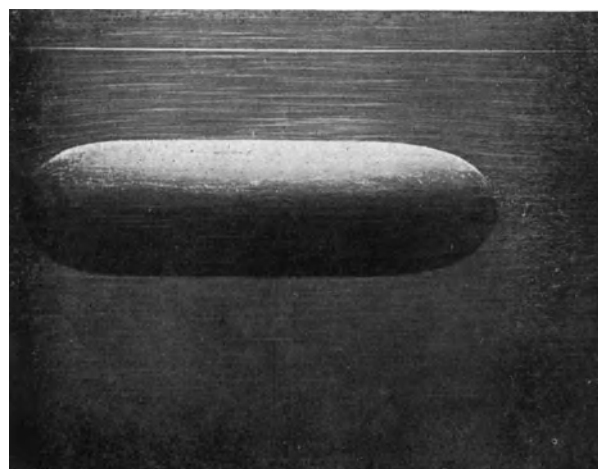


Fig. 8.

Stromlinien an einem beiderseits abgerundeten Luftschiffmodell.

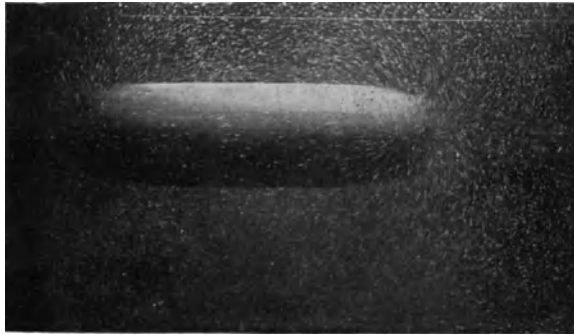


Fig. 9.
Kraftlinien an demselben Modell.

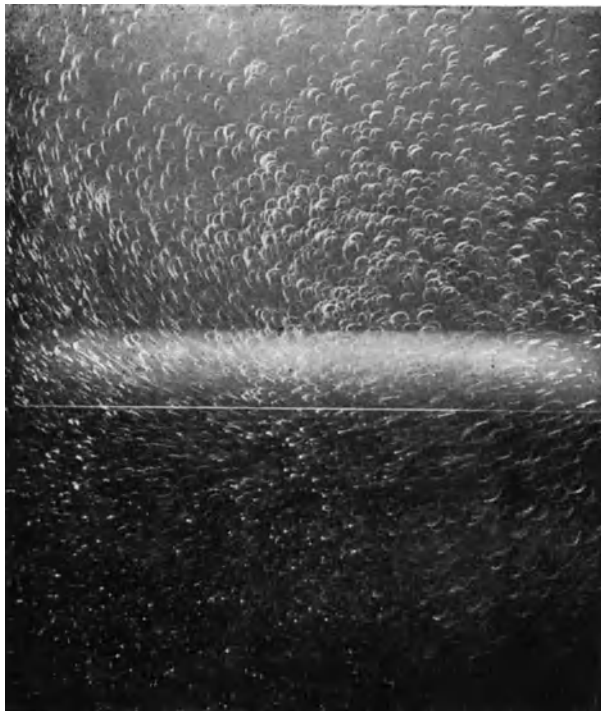


Fig. 10.
Schwingungslinien im Medium beim Vorübergang eines Luftschiffmodells.

II. Die Winde in Deutschland.

Von

Geh. Regierungsrat Dr. **Richard Aßmann**-Lindenberg.

Der Luftballon, der schon fast vom Tage seiner Geburt an in den Dienst der Wissenschaft vom Luftmeere, der Meteorologie, gestellt worden war, heischt heute als Gegenleistung die Dienste der Wissenschaft für sich, zumal seitdem er sich aus einer dem Winde bedingungslos anheimgegebenen Einzelzelle zu einem mit eigenen Bewegungsvorrichtungen versehenen Organismus entwickelt hat, und die „Aerologie“, wie man jetzt die Meteorologie der „freien“ Atmosphäre zu bezeichnen liebt, steht nunmehr im Dienste der Luftschiffahrt. Der Luftschiffer, sei er „lenkbar oder unlenkbar“, hat in erster Linie an den Strömungen der Luft, den Winden, Interesse, während ihm die übrigen meteorologischen Elemente von geringerer Wichtigkeit sind. So wurde gleich nach der Gründung der *M o t o r l u f t s c h i f f - S t u d i e n g e s e l l s c h a f t* in Berlin eine groß angelegte Untersuchung über die Winde in Deutschland in Angriff genommen, die sich auf die an sämtlichen deutschen meteorologischen Instituten seit langen Jahren angesammelten Aufzeichnungen über die Richtung und Stärke des Windes stützt. In Anbetracht der unkontrollierbaren Unsicherheiten, welche sich aus der mechanischen Registrierung des Windes durch Anemometer ergeben, empfahl es sich, nur die nach der üblichen *B e a u f o r t* schen Skala geschätzten Windstärken zugrunde zu legen, bei der 0 Windstille, 6 einen steifen Wind und 12 einen Orkan bedeutet.

Dem praktischen Zweck dieser ausschließlich dem Interesse der Luftschiffahrt zu dienen bestimmten Arbeit entsprach die Anordnung nach Stufen oder Schwellenwerten, deren höchster mit der bisher erreichten größten Eigengeschwindigkeit eines Luftschiffes zusammenfällt, die man auf 15 Sekundenmeter oder 54 Stundenkilometer beziffern muß, während die übrigen mit 10 bis 15, 5 bis 10, 2 bis 5 und unter 2 m per Sekunde den Bezeichnungen starker, frischer, mäßiger und schwacher Winde entsprechen. So wurde den meteorologischen Instituten die Aufgabe gestellt, aus tunlichst zuverlässigen, von engeren örtlichen Störungen freien langjährigen Beobachtungsreihen die prozentische Häufigkeit der nach diesen Stufen begrenzten schwachen, mäßigen, frischen, starken und stürmischen Winde auszählen zu lassen, und zwar nach den Himmelsrichtungen gesondert, aus denen sie geweht haben, und nach den Jahreszeiten geordnet.

So wurden von den 8 in Deutschland tätigen meteorologischen Zentralstellen 49 Stationen ausgewählt, die, zweckentsprechend über das ganze Gebiet verteilt,

ein Beobachtungsmaterial von zusammen 1020 Stationsjahren in 5100 Tabellen mit mehr als einer Million Einzelbeobachtungen einlieferten. Auf Grund dieses großen Materials durfte man hoffen, zu einer einigermaßen korrekten Darstellung der Windverhältnisse Deutschlands zu gelangen.

Die Arbeit zerfällt naturgemäß in drei Teile: die Windgeschwindigkeit ohne Rücksicht auf die Richtung, die Richtung ohne Berücksichtigung der Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit des Windes in den einzelnen Richtungen.

Indem man die Stationen zu natürlichen geographischen Gruppen vereinigte und die „Höhenstationen“ von mehr als 600 m Seehöhe ausschied, gelangte man zu dem nächsten Ergebnis, daß die meisten schwachen und mäßigen Winde in Südostdeutschland, demnächst in Süd- und Südwestdeutschland und dem südlichen Mitteldeutschland, weiterhin im nördlichen Mitteldeutschland, Westdeutschland, an der Nordseeküste, Ostseeküste, in Ostdeutschland und am seltensten in Nordostdeutschland wehen. Die Häufigkeit stürmischer Winde von mehr als 15 Sekundenmeter Geschwindigkeit erwies sich am größten an der Ostsee, der sich Ostdeutschland, Westdeutschland, Südwestdeutschland, die Nordseeküste, Nordost-, Süddeutschland, das nördliche und südliche Mitteldeutschland und als letztes Südostdeutschland anschließen. Berechnet man aus den Schwellenwerten die „Windwege“, d. h. die Anzahl der Kilometer, die der Wind ohne Rücksicht auf seine Richtung in einer Zeiteinheit über den einzelnen Stationen oder geographischen Bezirken zurücklegt, und trägt diese Werte in eine Karte ein, so stellt sich heraus, daß in Deutschland folgende gut definierte „Windgebiete“ vorhanden sind: die schwächsten Winde hat Mittel- sowie Südwest-, Süd- und Südostdeutschland, etwas stärkere Westdeutschland, die Fränkische Hochebene, die Ostseeküste, das südliche Sachsen und Hessen, erheblich stärkere die Nordseeküste, Mecklenburg, Ostpreußen und Posen, die stärksten die Danziger Bucht. Diesen „Windgebieten“ entsprechend werden sich die durchschnittlichen besseren oder schlechteren Chancen für die Leistungen der Luftschiffe gestalten, was besonders dann von Wichtigkeit werden dürfte, wenn der, wohl zurzeit noch nicht ganz reife Plan regelmäßiger „Luftschifflinien“ zur Ausführung kommen sollte.

Für den Bau von „Luftschiffhäfen“, den man jetzt allenthalben in Angriff zu nehmen sich anschickt, kommt aber weniger die mittlere Windgeschwindigkeit in Frage als die Häufigkeit von stürmischen Winden, die dem Luftschiff die Manöverierfähigkeit rauben oder doch stark beschränken. Zu einer „Sturmstatistik“ reichen aber die in den Tabellen gegebenen Beobachtungen von drei Tageterminen, meist 7 Uhr morgens, 2 Uhr mittags und 9 Uhr abends nicht aus, da sie alle zwischen diesen Terminen aufgetretenen Stürme unbeobachtet lassen. Es mußte deshalb eine besondere Auszählung der „Sturmtage“ erfolgen, d. h. aller der Tage, an denen ein- oder mehreremal der Wind mit mehr als 15 Sekundenmeter Geschwindigkeit geweht hatte. Diese Sturmstatistik ergibt folgende, hier nur auszugsweise mitgeteilte Reihenfolge: die wenigsten Sturmtage (0,6 %) hat Celle, Berlin (1,1 %), Kassel, Breslau, Torgau, München (1,5 %), Frankfurt a. M. (2,3 %), Bayreuth (4,3 %), Aachen, Leipzig (5,3 %), Ratibor, Bautzen, Schwerin (5,8 %), Friedrichshafen (6,6 %), Bromberg, Kiel, Straßburg i. E. (7,7 %), Münster i. W., Memel (8,8 %), Darmstadt (9,9 %), Hamburg (10,3 %), Posen (12,6 %), Borkum (15,8 %),

und Hela (18,6 %). Zieht man die Höhenstationen zur Vergleichung heran, so zeigt sich, daß Schmücke im Thüringerwalde (907 m Seehöhe) 4,0 %, Reitzenhain im Sächsischen Erzgebirge (772 m Höhe) 5,8, Höchenschwand im Schwarzwalde (1005 m Höhe) 7,0, der große Belchen in den Vogesen (1394 m Höhe) 13,3, der Brocken (1140 m) 25,4 und die Schneekoppe (1603 m) im Durchschnitt 26,1 % Sturmtage aufweisen. Der Winter ist im allgemeinen die sturmreichste Jahreszeit, nur in Hela und Posen hat der Herbst mehr Stürme; das Frühjahr ist vielfach sturmreicher als der Herbst, auch an den Höhenstationen. Die sturmärmste Jahreszeit ist meist der Sommer, ausgenommen die Ostseeküste, an der dieser mehr Stürme bringt als das Frühjahr, und in Berlin, Posen, Breslau, Darmstadt, Frankfurt a. M., wo er sturmreicher ist als der Herbst.

Eine analoge Untersuchung über die prozentische Häufigkeit der verschiedenen Richtungen des Windes ergibt ein ausgesprochenes Vorwiegen der Winde aus dem westlichen Quadranten über die des östlichen (33,4 gegen 18,7 %), sowie der südlichen gegen die nördlichen (24,1 gegen 18,6 %). An den Höhenstationen überwiegen die westlichen Winde noch stärker (38,8 %) die aller übrigen Richtungen.

Die Untersuchung über die Geschwindigkeit des Windes in den einzelnen Richtungen läßt zahlreiche interessante örtliche Eigentümlichkeiten erkennen, die durch „Windrosen“ dargestellt wurden und deshalb hier nicht wiedergegeben werden können.

In Anbetracht des Umstandes, daß Ballons wie Luftschiffe nur für kürzere Zeit ihre Fahrten in den untersten erdnahen Schichten auszuführen, vielmehr hierzu größere Höhen aufzusuchen pflegen, mußten die an den meteorologischen Stationen beobachteten Werte durch Heranziehung der höheren Luftschichten erweitert und vervollständigt werden, wozu, da auch für die „Höhenstationen“ nur die erdnahen Luftströmungen in Frage kommen, die Beobachtungen aus der „freien Atmosphäre“ Verwendung finden müssen, wie sie an den modernen „aerologischen“ Stationen, in unerreichter Vollständigkeit von dem Königl. Preussischen Aeronautischen Observatorium Lindenberg gewonnen werden, wo seit dem Jahre 1903 lückenlose Beobachtungen von jedem Tage vorliegen. Zur Betrachtung wurden die 5 Jahre von 1903 bis 1907 verwandt, aus denen 12146 Beobachtungen bis zu einer Höhe von 4000 m vorhanden sind, im Jahresdurchschnitt also 2429, die natürlich in den größeren Höhen erheblich sparsamer sind als in den tieferen und mittleren Schichten. Als einige allgemeine Züge seien die folgenden Ergebnisse hervorgehoben. Die Windgeschwindigkeit, die in der untersten Schicht die kleinste ist, nimmt bis zur Höhe von 500 m sehr stark zu, am stärksten im Winter, nur wenig geringer im Herbst, im Frühjahr und im Sommer nur etwa halb so stark. Im Winter und Herbst nimmt sie bis zu 1000 m Höhe wieder etwas ab, während diese Erscheinung im Frühjahr erst zwischen 1000 und 1500 m Höhe eintritt, im Sommer aber gänzlich fehlt. Über dieser Höhe nimmt die Geschwindigkeit zuerst mäßig, dann stärker zu, worauf im Winter eine zweite Verminderung der Zunahme zwischen 2500 und 3000 m Höhe erfolgt, die im Sommer erheblich kleiner ist, im Herbst unregelmäßig erfolgt und im Frühjahr gänzlich fehlt. Dieses Ergebnis dürfte für die praktische Luftschiffahrt nicht ohne eine gewisse Bedeutung sein.

Bis 2500 m Höhe überwiegen im Jahre die Westwinde, bei 3000 m erreicht der Südwest die gleiche, über 3000 m eine erheblich größere Häufigkeit. Im Winter ist in den unteren Schichten der Südwest der häufigste Wind, bei 500 m der West, bei 2500 m der Westsüdwest, von 3500 m an der Südwest. Im Frühjahr herrscht der West bis 1000 m, Westnordwest bei 1500, Westsüdwest bei 2000, Südwest von 2500 bis 3500, West von 4000 m an vor. Im Sommer überwiegt der West bis zu 3000 m Höhe, von 3500 bis 4000 m der Westsüdwest. Im Herbst herrscht der West nur bis 1000 m Höhe vor, bei 1500 m Südwest und Westsüdwest, bei 2000 m wieder West, von 2500 m an ganz beträchtlich der Südwestwind.

Die Ostwinde sind im Jahresmittel unten relativ häufig, bei 500 m Höhe Ostsüdost und Südost, bei 1000 bis 2000 m Südost und Ostnordost; darüber werden Ostwinde immer seltener und übertreffen nur wenig die Nord- und Südwinde. Im Winter und Frühjahr sind die Ostwinde in der untersten Schicht relativ häufig, mit zunehmender Höhe überwiegen Ostsüdost und Südost; bei 2500 m Höhe kommen östliche Winde kaum noch vor. Im Sommer fehlen die Ostwinde fast in allen Höhen, wogegen Westnordwestwinde in den tieferen, Nordwestwinde in den höheren Schichten hervortreten. Im Herbst kommen häufigere Ostwinde in den unteren, bis zu 3000 m Ostsüdost und Südost vor; in größeren Höhen fehlen fast alle östlichen Winde.

Der prozentische Anteil der 5 verschiedenen Geschwindigkeitsgruppen an den einzelnen Windrichtungen sowie der Anteil der 16 Richtungen an den 5 Geschwindigkeitsgruppen wurde durch Höhenstufen und Windrosen dargestellt, die sich in kurzen Worten nicht wohl wiedergeben lassen.

III. Über Lufterlektrizität.

Von

Professor Dr. H. Ebert - München.

Die Luftschiffahrt und die Ergebnisse der lufterlektrischen Forschung stehen in mannigfacher Beziehung zueinander. Es ist klar: wollen wir den Luftozean befahren, so müssen wir nicht nur unser Fahrzeug kennen, sondern vor allem auch das Fahrwasser mit allen seinen Eigenheiten und namentlich auch allen seinen Gefahren. Wind und Wetter hat auch der Seemann zu fürchten und darum genauestens zu studieren. Wohl hat der Blitz auch gelegentlich in ein Schiff eingeschlagen, doch ohne großen Schaden anzurichten, da ein Schiff mit dem elektrisch gut leitenden Meerwasser durch genügend vollkommene Leiter jederzeit verbunden, d. h. „geerdet“ ist, so daß dem Blitz ein vollkommener elektrischer Ausgleich durch eine geeignete Bahn von vornherein angewiesen ist. Aber bei einem Fahrzeuge, das sich frei in der Luft ohne Verbindung mit dem Erdboden bewegt, liegen so eigentümliche und abweichende Verhältnisse vor, daß ein genaueres Studium der lufterlektrischen Beeinflussungen dringend geboten ist. Gerät das Luftschiff in ein Gewitter, so erkennt jedermann die Gefahr ohne weiteres; denn die Gewaltigkeit, mit der sich die elektrischen Spannungsausgleiche im Gewitter zu vollziehen pflegen, ist uns von Jugend auf geläufig. Weniger bekannt ist aber in weiteren Kreisen die für unsere Frage so überaus wichtige Tatsache, daß auch bei völlig klarem Himmel, wenn nirgends eine Spur einer gewitterdrohenden Wolke zu sehen ist, die Atmosphäre doch dauernd der Schauplatz eines sehr kräftigen lufterlektrischen Spannungsfeldes ist; seine Spannungswerte können sich plötzlich so steigern, daß für Gebilde, welche mit großer Ausdehnung von der Erde her in den Luftozean hineinragen, Gefahren entstehen können, die nicht ohne weiteres zu erkennen sind. In der Tat ist ja der sogenannte „Blitz aus heiterem Himmel“ leider kein leerer Wahn, wie verschiedene Katastrophen, welche z. B. Fesselballons oder Freiballons im Momente der Landung ereilt haben, nur zu deutlich zeigen. Da wir, wie es wenigstens scheint, keine direkten Organe zur Wahrnehmung elektrischer Kräfte besitzen, so haben wir es hier mit einem unsichtbaren und darum nur um so gefährlicheren Feinde zu tun. Aber dieser Feind handelt ja zum Glück nicht nach eigener Willkür; er ist an ewige große Gesetze wie alle Naturkräfte gebunden. Wir brauchen daher diesen Gesetzen nur nachzuspüren, um uns vor seinem blinden Wüten beschützen zu können; ja vielleicht gelingt es sogar, auch diese Naturgewalt direkt in unseren Dienst zu zwingen, wenn wir ihre Gesetze erforscht haben, wie uns dies schon bei so vielen

anderen Naturkräften gelungen ist. Ich möchte daher versuchen, in Kürze wenigstens einen Ausschnitt aus der Lehre von den luftelektrischen Methoden und Forschungen zu geben, soweit sie für das Problem der Flugtechnik in Frage kommen.

Es handelt sich also zunächst darum: Was ist ein elektrisches Kraft- oder Spannungsfeld oder kurz ein „elektrisches Feld“, wie orientieren wir uns in ihm, wie messen wir seine Stärke an jeder Stelle aus? Um dies zu erläutern, wollen wir an ein einfaches uns von der Schule her geläufiges Beispiel anknüpfen. Der Kreis K Fig. 1 stelle den Durchschnitt einer Metallkugel, eines Konduktors, in der Zeichen-

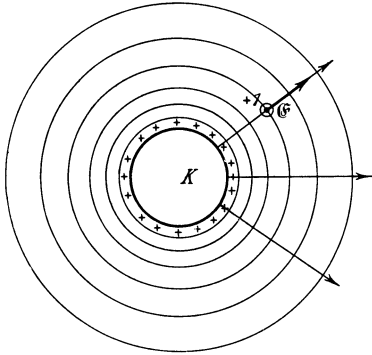


Fig. 1.

ebene dar. Der Konduktor sei isoliert aufgestellt entweder dadurch, daß er auf einem Glasfuße ruht oder an einer trockenen Seidenschnur hängt, oder daß er, — in Analogie mit später zu beschreibenden Anordnungen, — von rückwärts her von einer isoliert gelagerten, horizontalen Metallstange getragen wird; alsdann kann uns dieser Träger in der Ebene, in der wir das Feld zur Darstellung bringen wollen, am wenigsten oder gar nicht stören. Durch einen mit Leder geriebenen Glasstab bringen wir positive Elektrizität auf den Konduktor. Diese Ladung breitet sich, wie wir wissen, auf der Oberfläche aus. Aber ihre Wirkung ist nicht auf diese beschränkt;

sie greift vielmehr auf die Umgebung über und macht sich hier ringsum, sich gleichmäßig nach allen Seiten ausbreitend und mit der Entfernung an Stärke abnehmend, überall geltend. Wir können uns davon überzeugen, indem wir eine an einem Seidenfaden isoliert aufgehängte kleine Hollundermarkkugel gleichfalls positiv elektrisch laden und gegen die Kugel heranbringen; sie wird überall in der Richtung des Kugelradius abgestoßen. Die Richtung, in welcher die elektrische Kraft an jeder Stelle wirkt, wird durch die durch die betrachtete Stelle hindurchgehende „Kraftlinie“ gekennzeichnet. In unserem Falle sind die Kraftlinien also gerade Linien, die vom Kugelmittelpunkte allseitig ausstrahlen, gerade als ob der Sitz der Kraft im Mittelpunkte der Kugel gelegen wäre; an der Oberfläche der Kugel ist die Kraft am größten, sie nimmt ab umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkte. Der gesamte Wirkungsbereich, in welchem die elektrische Kraft nachweisbar ist, wird das „elektrische Feld“ der auf der Kugel versammelten Ladung genannt. Die an der positiven Einheit der Elektrizitätsmenge

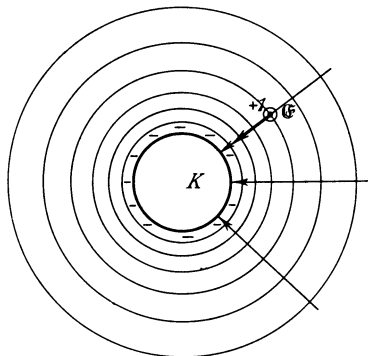


Fig. 2.

angreifende Kraft mißt an jeder Stelle nach Richtung und Größe die sogenannte „Feldkraft“ oder „Feldintensität“. Diese Feldkraft sei in Fig. 1 nach Richtung und Größe durch die Strecke C dargestellt. Hätten wir die Kugel

mittels einer geriebenen Hartgummistange negativ geladen, wie in Fig. 2 angenommen ist, so würde die elektrische Kraft auf die Kugel hinzeigen, \mathcal{E} ist demgemäß nach innen weisend aufgetragen.

Wir müssen jetzt noch den wichtigen Begriff der „elektrischen Spannung“ einführen. Man spricht von der elektrischen Spannung oder der elektromotorischen Kraft in demselben Sinne, wie man etwa von der Spannung oder Spannkraft einer Feder spricht: man meint nicht die Kraft selbst, welche die gedehnte Feder in jedem Augenblicke an ihren Enden ausübt, sondern vielmehr die „Arbeitsmenge“, welche in der gespannten Feder aufgehäuft ist. So versteht man unter elektrischer Spannung an einer Stelle z. B. des Feldes Fig. 1 diejenige Arbeit, welche nötig ist, um die Elektrizitätsmenge $+1$ aus großer Ferne gegen die Wirkung der elektrischen Ladung auf K an diese Stelle zu bringen. Wird diese Ladung an dieser Stelle festgehalten, so wohnt ihr wie der gespannten Feder die Fähigkeit inne, wiederum Arbeit zu leisten; das Wort „Fähigkeit“ übersetzen wir mit „Potential“ und sagen: die Ladung habe daselbst ein bestimmtes „Potential“. In der Tat können wir ja diese Arbeit sofort nutzbar machen, indem wir etwa einen Draht heranzuführen, durch den dann die herangebrachte Ladung $+1$ unter der Wirkung der elektrischen Feldkraft zur Erde abfließen wird, wobei sich die elektrische Arbeit z. B. in eine äquivalente Menge Wärme in dem Draht umsetzen wird. In Wirklichkeit kann es sich immer nur um eine Potentialdifferenz handeln. Sprechen wir vom Potential an sich, so meinen wir die Differenz des Arbeitsvermögens an der betrachteten Stelle des Feldes gegenüber der weiteren Umgebung, aus der wir die Ladung herangeschafft haben, und in die wir sie uns wieder abfließend denken. Das Vergleichsniveau stellt für unsere künstlich erzeugten Ladungen gewöhnlich die leitende Erdoberfläche selbst dar. Denn die Erde ist ja das große Reservoir, aus dem wir alle elektrischen Ladungen emporziehen, und in das schließlich alle freien Elektrizitätsmengen wieder zurückfließen. Man kann dem hier Gesagten ein anschauliches, mechanisches Bild zur Seite stellen, indem man die elektrische Strömung und ihre Arbeitsfähigkeit mit einer Wasserströmung vergleicht, welche etwa eine Mühle oder eine Turbinenanlage treibt. Der pro Zeiteinheit sich ausgleichenden Elektrizitätsmenge entspricht die von dem höheren nach dem niedrigeren Niveau übergehende Wassermenge, der Spannungs- oder Potentialdifferenz entspricht die Gefällshöhe zwischen Ober- und Unterwasserspiegel der Wasserkraftanlage. Das allgemeine Bezugsniveau ist hier der Meereshorizont.

Wir wollen, wie allgemein üblich, das Potential, dem der höhere Arbeitswert der positiven elektrischen Einheit entspricht, auch immer das höhere nennen, gleichgültig ob es im Raume oben oder unten liegt. Demnach liegen in Fig. 1 die höheren Potentialwerte innen, in Fig. 2 aber außen. Die Potentialdifferenz pro Längeneinheit in der Richtung der elektrischen Kraft nennt man das „Gefälle“. Da die Arbeit durch das Produkt von Kraft mal Weg gemessen wird, so entspricht das Gefälle unmittelbar der elektrischen Feldkraft oder der Intensität des Feldes an irgendeiner Stelle.

Wir messen elektrische Spannungs- oder Potentialdifferenzen bekanntlich in den Einheiten der sog. „Volt“, von denen 300 auf eine elektrostatische Einheit gehen. Die hier brennenden Glühlampen erfordern z. B. zu ihrer Speisung die Unter-

haltung einer Spannungsdifferenz von 120 Volt an den Enden ihrer Glühfäden, was von der Zentrale aus besorgt wird. Im Erdfelde wird das Gefälle durch Volt pro Meter gemessen.

Um die geladene Kugel Fig. 1 und 2 herum ist alles symmetrisch. Wir werden also in gleichen Abständen vom Kugelmittelpunkte auch gleich hohe Potentiale antreffen. Legen wir also durch die Punkte gleich hoher Potentialdifferenz gegen Erde eine Fläche, so erhalten wir wieder Kugelflächen, deren Spuren in unserer Zeichenebene als konzentrische Kreise erscheinen (solange wir uns wenigstens mit der geladenen Kugel genügend weit von der Erdoberfläche selbst entfernt halten). Diese Flächen gleichen Potentialwertes oder diese sog. „Äquipotentialflächen“ werden nun im folgenden eine Hauptrolle spielen. Sie haben eine sehr bemerkenswerte Eigenschaft: Überall stehen sie senkrecht zur wirkenden elektrischen Gesamtkraft. Denn da in ihnen das Potential dasselbe ist, d. h. der Arbeitsvorrat einer herangebrachten Ladung sich bei einer Bewegung in ihnen weder vermehrt noch vermindert, so kann in sie selbst hinein keine Komponente der Kraft mehr fallen, diese muß vielmehr genau senkrecht zu dieser Fläche an jeder Stelle verlaufen. Dies gilt ganz allgemein, nicht nur für den einfachen Fall, den wir hier zunächst vorausgesetzt haben. Haben wir in irgendeiner Weise die Äquipotentialflächen eines Feldes aufgefunden, so kennen wir auch sofort den Verlauf der elektrischen Kraft an jeder Stelle. Die Kraftlinien verlaufen überall senkrecht zu diesen Flächen.

Diese Eigenschaft teilen die eben eingeführten Flächen mit den Oberflächen ruhender Flüssigkeiten. Denn die leicht beweglichen Flüssigkeitsteilchen werden nur dann in Ruhe, d. h. im Gleichgewichte sein, wenn sie weder nach der einen noch nach der anderen Seite hin gezogen werden, wenn also in die Richtung der Oberfläche keine Kraftkomponente mehr fällt; Gleichgewicht besteht also nur, wenn die gesamte Kraft senkrecht zur Oberfläche an jeder ihrer Stellen steht. Man nennt bekanntlich solche im Gleichgewicht befindliche freie Flüssigkeitsoberflächen „Niveauflächen“ und spricht in diesem Sinne auch von den elektrischen Äquipotentialflächen als von „Niveauflächen“.

Wir können das Feld also durch Niveauflächen darstellen; in einer Zeichenebene erscheinen diese Flächen sodann als „Niveaulinien“; sie teilen ein elektrisches Felddiagramm ab, ähnlich wie die Linien gleicher Meereshöhen eine Landkarte. Diese sog. Isohypsen lassen durch ihren gegenseitigen Abstand ein unmittelbares Urteil über das Gefälle in dem dargestellten Terrain gewinnen. Ähnlich hier. Wir können uns dabei bequemerweise die Zeichnung sogleich so einrichten, daß die einzelnen von uns gezeichneten Niveaulinien immer demselben Potentialsprunge entsprechen, z. B. von gerade 1 Volt oder aber von 20 Volt usw. Da, wie schon erwähnt, die Arbeitsgröße, d. h. die Potentialdifferenz, durch das Produkt von Kraft mal Weg bestimmt ist, so werden bei dieser Darstellung nach gleichen elektrischen Arbeitswerten die Niveauflächen dort offenbar näher zusammenrücken, die Wege von einer zur nächsten um so kleiner ausfallen, je größer die elektrische Feldkraft dort ist. In der Nähe der Kugeloberflächen Fig. 1 und 2 ist die elektrische Kraft am größten. Hier liegen die Äquipotentialflächen näher aneinander, als weiter

von den geladenen Systemen entfernt. Durch die Niveaulinien bzw. ihre Bilder in der Ebene, die Niveaulinien, kann also nicht nur die Richtung, sondern auch die Größe der elektrischen Kraft zur unmittelbaren Anschauung gebracht werden: die Feldstärke ist den Abständen zwischen den gleichen Spannungsunterschieden entsprechenden Niveaulinien umgekehrt proportional.

Aber noch mehr können wir aus einem solchen Spannungsdiagramme herauslesen. Die Theorie zeigt, daß die an der Oberfläche der geladenen leitenden Flächen an den einzelnen Stellen versammelte Elektrizitätsmenge in einfachster Weise mit der oben erwähnten Feldstärke \mathcal{E} daselbst zusammenhängt; die Ladung pro Flächeneinheit, die sog. „Oberflächendichte“, ist an der betreffenden Stelle jederzeit proportional der Feldkraft selbst¹⁾.

Hierdurch ist aber noch eine andere für uns nun ganz besonders wichtige Größe mitgegeben. Die auf dem Leiter zusammengedrängten gleichnamigen Elektrizitätsteilchen stoßen einander ab; sie würden sich von der Leiteroberfläche entfernen, wenn die Isolationsfähigkeit der umgebenden Nichtleiter, insbesondere auch der umgebenden Luft, diesem Bestreben nicht einen unüberwindlichen Widerstand entgegengesetzte. Unbegrenzt ist aber diese „elektrische Festigkeit“ nicht. Der von der Gesamtheit der Teilchen auf jedes einzelne ausgeübte sog. elektrische Antrieb wächst sehr rasch mit der Oberflächendichte der angesammelten Elektrizitätsmenge, nämlich proportional dem Quadrate derselben und damit auch proportional dem Quadrate der elektrischen Feldkraft²⁾. Wenn dieser Antrieb den Wert von 30 000 Volt pro cm Länge oder 3000 Volt pro mm erreicht, vermag z. B. die Luft nicht mehr zu isolieren, sie wird von der elektrischen Ladung in Form einer Funken- oder Büschelentladung durchbrochen. Der Elektrotechniker rechnet die elektrische Durchschlagsfestigkeit der Luft sogar nur zu 1000 Volt pro mm, weil er mit größerer Sicherheit rechnen muß. Werden solche Spannungsgefälle an einer Stelle erreicht, was man, wie eben ausgeführt, aus dem Spannungsdiagramme mit Sicherheit ablesen kann, so ist Gefahr vorhanden, die augenscheinlich namentlich bei einem mit brennbaren Gasen, Wasserstoff, Leuchtgas oder Leichtgas erfüllten Luftschiff verhängnisvoll werden kann.

Wir haben seither nur den einfachsten Fall der geladenen Kugel betrachtet. Wir wissen aber

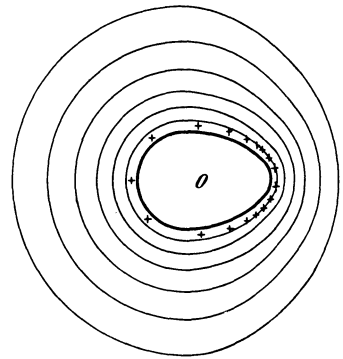


Fig 3.

¹⁾ Ist \mathcal{E} die auch an der Oberfläche des geladenen Konduktors, die ja aus den oben angeführten Gründen ebenfalls eine Fläche gleichen Potentials sein muß, sowie alle Elektrizitätsteilchen ins Gleichgewicht gelangt sind, jederzeit und allorten senkrecht stehende elektrische Kraft, σ die Oberflächendichte an der betreffenden Stelle, so ist $\mathcal{E} = 4\pi\sigma$.

²⁾ Der Antrieb a ist gleich $2\pi\sigma^2$, wenn σ die Dichte der elektrischen Ladung bedeutet; daher ist auch $a = 2\pi\mathcal{E}^2/16\pi^2 = \frac{1}{8\pi}\mathcal{E}^2$.

schon aus dem Elementarunterrichte über elektrische Vorgänge, daß sich bei Zuspitzung des Konduktors die Elektrizität an der stark gekrümmten Stelle besonders dicht anhäuft, daß hier die elektrische Kraft am stärksten ist, mithin hier die Niveaulinien dichter zusammenrücken, wie es Fig. 3 andeutet, bei der das Feld eines eiförmigen Konduktors, eines „Ovoides“, dargestellt ist. Wir wissen weiter, daß, wenn diese stark gekrümmte Stelle sich zur Spitze verjüngt (Fig. 4, eine Kugel K mit Spitze Sp darstellend), daß dann in der Tat das oben ge-

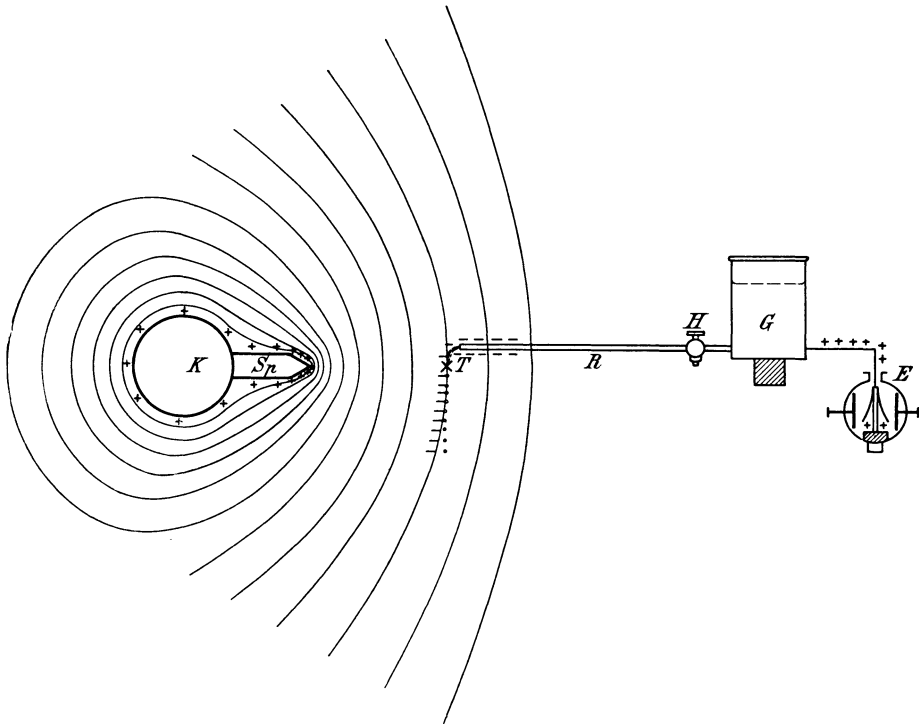


Fig. 4.

nannte kritische Gefälle bald erreicht wird, und die Elektrizität aus der Spitze entweicht. Darauf beruht ja die sog. Spitzenwirkung, wie wir sie bei der Elektrisier- und Influenzmaschine im Kleinen, beim Blitzableiter im Großen verwenden.

Wie können wir nun aber ganz allgemein und bei jeder beliebigen Gestalt des Konduktors den Verlauf der Äquipotentialflächen genau festlegen, aus denen wir dann alles übrige, was uns interessiert, nach dem soeben näher Auseinandergesetzten ablesen können? Glücklicherweise gibt es hierfür eine ausgezeichnete, bereits ältere und durchaus bewährte Methode, die von dem Vater der neueren luftelektrischen Methodik, Lord Kelvin, dem früheren Sir William Thomson, eingeführt worden ist. Denken wir uns in das elektrische Feld, Fig. 4, ein von einem mit Wasser gefüllten Gefäße G ausgehendes dünnes Röhren R mit Hahn H und einer feinen Öffnung vorne hineingebracht. In Fig. 4 ist das Gefäß G und das Röhren R von der Seite gesehen in der Diagramm-Ebene selbst gezeichnet

worden. In Wirklichkeit werden wir das Rohr R senkrecht zur Papierebene stellen, um den Verlauf der Niveaulinien in der Ebene, in der wir das elektrische Feld darstellen wollen, durch das Metall der Röhre nicht zu stören. Das Gefäß G ruht auf einem isolierenden Hartgummistopfen und ist mit einem Blättchen-Elektroskop E verbunden, dessen Gehäuse geerdet ist. Auf dem ganzen, aus R, G und E bestehenden isolierten Leitersystem wird durch die Gegenwart der Ladung auf K und dem dadurch bedingten Felde eine elektrische Verteilung oder „Influenz“ stattfinden, durch welche die —-Elektrizität zu den höheren Potentialwerten, in der Figur also nach links hin, gezogen wird, während die + - Elektrizität in der Richtung der abnehmenden Potentialwerte, also nach rechts hin, verschoben wird. Öffnen wir den Hahn H, so nimmt auch der austretende dünne Wasserstrahl an dieser verteilenden Wirkung teil. Jedes von ihm abfallende Tröpfchen nimmt einen Teil der negativen elektrischen Ladung mit fort. Das System (R, G, E) lädt sich zu immer höheren positiven Spannungswerten auf, die Blättchen in E spreizen weiter und weiter auseinander. Dies geht augenscheinlich so lange fort, bis kein Potentialunterschied zwischen der Stelle T, wo der Wasserstrahl sich in einzelne Tröpfchen auflöst, und seiner Umgebung mehr besteht. Alsdann ist aber das ganze, in das Feld hineingetauchte System und damit auch das Elektroskop bis zu einem Spannungswerte aufgeladen, welcher gerade demjenigen am Orte T des Feldes entspricht. Ist also das Elektroskop mit einer nach Volt geeichten Skala versehen, so kann man an ihr unmittelbar das an dem betreffenden Feldpunkte herrschende Spannungsniveau ablesen. Geht man zu anderen Stellen über, so wird der Blättchenausschlag wachsen, wenn man dabei die Tropfstelle T nach Gebieten höherer Spannungswerte verschiebt; die Blättchen sinken zusammen, wenn man zu tieferen Niveauwerten mit T hinabsteigt. Sie bleiben endlich in ihrer Divergenz ungeändert, wenn man mit T auf einer äquipotentiellen Fläche selbst fortschreitet. Der Verlauf einer solchen Fläche kann also in d e r Weise leicht und sicher verfolgt werden, daß man T so verschiebt, daß dabei die Blättchendivergenz unverändert bestehen bleibt. Wenn man dann zu bestimmten höheren oder tieferen Potentialwerten übergeht, kann man das ganze Kraftfeld abtasten und einen Schnitt der Niveaulinien mit einer bestimmten Ebene, in die man diese „Tropfelektrode“ einführt, also ein Diagramm der Niveaulinien in dieser Ebene entwerfen.

Man hat eine Vorrichtung, wie die eben geschilderte, einen solchen „Waterdropper“, einen „Kollektor“ genannt, weil es so aussieht, als sammle er Elektrizität und lade damit das mit ihm verbundene Elektroskop auf. In Wirklichkeit vollzieht sich der Vorgang, wie wir gesehen haben, etwas anders, so daß die Bezeichnung „A u s g l e i c h e r“ augenscheinlich besser paßt.

Wollen wir die Differenz zwischen z w e i Feldpunkten und damit das zwischen ihnen herrschende „Gefälle“ messen, ohne auf das Niveau der Erde zurückzugreifen, wie es z. B. im Freiballon nötig wird, so werden wir auch das Gehäuse des Elektroskopes isolieren und mit einem anderen Wassertropfapparat verbinden. Das Elektroskop zeigt dann die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Feldpunkten an, an denen sich die beiden Tropfstellen der Wasserausgleicher befinden. Es sei nur kurz erwähnt, daß es außer den eben beschriebenen noch andere Ausgleicher gibt, welche z. B. darauf beruhen, daß sie die umgebende Luft in ihrer un-

mittelbaren Nähe elektrisch leitend machen. Ihre Beschreibung würde uns hier aber zu lange aufhalten.

Welches ist nun der Befund, wenn wir diese Methode der Ermittlung von Spannungsdifferenzen auf das Luftmeer selbst in Anwendung bringen? Verbinden wir das Gehäuse eines Elektroskopes mit der Erde, und stellen wir den Ausgleicher in verschiedenen Höhen über den Erdboden isoliert auf, so finden wir normalerweise eine positive Potentialdifferenz, und zwar ist der Betrag der positiven Spannung, die wir gegenüber dem Erdboden konstatieren, um so größer, je höher wir uns in der Atmosphäre mit dem Ausgleicher, der durch einen dünnen Draht mit dem Innern des Elektroskopes in Verbindung steht, erheben. Auf ebenem Terrain und dann, wenn keine Niederschläge fallen, also bei ausgesprochenem „schönen Wetter“, ist das Potential an benachbarten Stellen in derselben Höhe über dem Erdboden gleich hoch, so daß also die Niveaulächen Ebenen sind, welche dem Boden im allgemeinen parallel verlaufen. In der Nähe des Erdbodens sind die gleichen Spannungserhöhungen entsprechenden äquipotentiellen Flächen dichter zusammengedrängt, die Feldkraft ist hier größer als weiter oben. Dies deutet darauf hin, daß hier ein wechselnder Überschuß an freier positiver Ladung in dem Luftraume verteilt ist ¹⁾.

Erst wenn wir in größere Höhen hinaufgehen, so ist an wolkenfreien Tagen die Feldkraft innerhalb weiter Höhenbereiche nahezu konstant, das Feld „homogen“. In der Nähe von Wolkenschichten findet man dagegen stets eine Unregelmäßigkeit in der Verteilung der Spannungen, ebenso dort, wo die Erdoberfläche Erhöhungen zeigt. Hier drängen sich die Niveaulächen zusammen, die Feldkraft wird größer als über der Ebene. Schon ein mäßig hohes Plateau zeigt größere Oberflächendichten als die niedrigere Umgebung. Diese Steigerung der Feldkraft wächst sehr stark auf Hügeln, Bergen, Spitzen; ja auch über Gebäuden, Häusern und Kirchtürmen findet schon normalerweise eine große Verdichtung der Niveaulächen statt, womit es augenscheinlich zusammenhängt, daß solche Punkte bei Steigerung der gesamten Feldkraft, z. B. bei einem Gewitter, vorwiegend gefährdet sind.

Aber auch abgesehen von den abnormen Steigerungen der elektrischen Kräfte bei Gewittern ist doch das elektrische Feld schon normalerweise recht beträchtlich. Bei uns im mittleren Deutschland stellen sich im Sommer Gefälle von 100—300 Volt für jeden Meter Erhebung über dem Boden ein. Im Winter sind die normalen Kräfte im allgemeinen stärker. Man hat hier auf 200—400 Volt pro Meter Erhebung zu rechnen. Bei einigermaßen unruhigem, namentlich bei böigem Wetter oder über schwachen Terrainerhebungen können diese Werte aber leicht auf 1000 Volt pro Meter steigen, und bei Gewitterregen ist an der Erdoberfläche tatsächlich bereits 30 000 Volt pro Meter beobachtet worden. Um zu erkennen, wie kolossal die hierdurch angedeuteten elektrischen Spannungen tatsächlich sind, wollen wir ein Beispiel betrachten: Ein Fesselballon sei bei 1000 Volt/m Gefälle, welches durch-

¹⁾ Die Änderung der elektrischen Feldkraft \mathcal{E} mit der Höhe h steht in der Tat in innigem Zusammenhange mit der Raumdichte ρ durch die sogenannte Poissonsche Gleichung:

$$d\mathcal{E}/dh = -4\pi\rho.$$

Da \mathcal{E} , wie oben erwähnt, mit der zunehmenden Höhe h abnimmt, $d\mathcal{E}$ also negativ ist, so deutet dieses also in der Tat auf eine positive Raumdichte ρ hin, die man aus Gefälle-Messungen in verschiedenen Höhen über dem Boden auch tatsächlich ermitteln kann.

aus noch nicht einer eigentlichen Gewitterstimmung entspricht, 300 m hoch emporgelassen; dann ist er noch immer durch die stählernen Haltekabel und die Ballonwinde mit der Erde leitend verbunden, befindet sich selbst also auf dem Potentialniveau 0 derselben. Ein Punkt in der Umgebung des Ballons hat aber in der Atmosphäre eine um $300 \times 1000 = 300\,000$ Volt höhere Spannung als der Ballon. Würde sich an einer in Form einer Spitze emporragenden Stelle dieses ganze Spannungsgefälle auf 1 dm zusammendrängen, so hätten wir hier bereits das kritische Spannungsgefälle von 30 000 Volt/cm, bei dem selbständige Entladung eintreten kann. Es macht sich dies gewöhnlich durch jenes unheimliche Singen und Sausen am Haltekabel bemerklich. Alsdann braucht die Spannung nur noch wenig zu steigen, und aus der Ballonwinde schlagen Büschel und Funken heraus. Findet die Funkenbildung oben am Ventil statt, und ist dies nicht ganz dicht, so ist das Unglück da.

Wir sehen also, wie wichtig es ist, daß wir

1. untersuchen, wie sich die Spannungen in der Umgebung unserer Luftfahrzeuge verteilen und sich bei gegebener Feldstärke steigern können;
2. Vorkehrungen treffen, um gefahrdrohende Spannungen rechtzeitig zu bemerken;
3. diese Spannungen womöglich zum Ausgleiche zu bringen, ehe sie diejenige Höhe erreichen, bei denen eine Katastrophe wahrscheinlich wird.

Die erste Frage ist für den **K u g e l f r e i b a l l o n** zunächst auf theoretischem Wege in Angriff genommen worden. Man kann berechnen, wie sich die Niveauflächen eines homogenen Feldes deformieren, wenn man in dasselbe ein gestrecktes leitendes Ellipsoid hineinbringt. Man substituierte nun für den Kugelballon ein gestrecktes Ellipsoid von geeigneten Dimensionen und berechnete sodann den Verlauf der Niveauflächen. Dieser Weg wurde zuerst von Herrn Dr. **S c h i ö t z** und dann von Herrn Dr. **L i n k e** in Frankfurt a. M. und schließlich in besonders eingehender Weise von Herrn Prof. Dr. **B e n n d o r f** in Graz mit Glück beschritten. Aber diese Methode versagt leider bei komplizierteren Gestaltungen, bei Lenkballons in den verschiedensten Lagen gegen den Horizont, bei Aeroplanen, Drachen usw., und doch ist es natürlich von Wichtigkeit, auch für diese Formen die Spannungsverteilung zu ermitteln. Auch war es ja wichtig, zu untersuchen, inwieweit die Vertauschung der Gestalt eines Kugelballons mit einem Ellipsoide sich der Wirklichkeit anpasse, und welche Größe einem Ellipsoide zuzusprechen sei, welches in der genannten Richtung einem Kugelballon von gegebenen Abmessungen entsprechen sollte. Man könnte nun versucht sein, die Messungen in der Natur selbst direkt an den genannten Fahrzeugen vornehmen zu wollen. Dieser Weg würde indessen höchst umständlich und zeitraubend sein und würde keine Auskunft darüber geben, wie sich das Feld in der Umgebung des betreffenden Luftschiffes bei den verschiedensten Spannungen des Erdfeldes gestaltet.

Wir haben daher in München einen etwas anderen Weg eingeschlagen und dabei einen schon länger bekannten Satz aus der Theorie der elektrischen Felder benützt, den Satz von der „elektrischen Ähnlichkeit“. Wenn zwischen irgendeiner Leiteranordnung durch elektrische Ladungen auf dieser ein Feld erzeugt wird, so lehrt dieser Satz, wie sich alle das Feld bestimmenden Größen, also der Abstand

der Niveaulflächen, die Verteilung der elektrischen Kraft, der Dichtewerte und damit der Antriebe an der Oberfläche der Leiter usw. verändern, wenn man alle Dimensionen der Leiteranordnung in bestimmtem Maßstabe verkleinert oder vergrößert. Es genügt also, die Luftfahrzeuge in genau bekanntem Maßstabe in Modellen getreu nachzubilden und in ein künstliches Feld, das dem Erdfelde entspricht, zu bringen und den Verlauf der Niveaulflächen etwa mit einem Wassertropfer in der oben geschilderten Weise abzutasten. Es fragt sich nur, aus welchem Material haben wir die Fahrzeuge nachzubauen, um mit der Wirklichkeit in Einklang zu bleiben? Sind sie also wirklich als Leiter der Elektrizität zu betrachten, oder sind die Hüllen derselben ausgesprochene Nichtleiter oder Isolatoren? Es ist nicht zu leugnen, daß der trockene Ballonstoff im allgemeinen als Nichtleiter zu betrachten ist, daß er sogar unter Umständen nicht unerhebliche reibungselektrische Ladungen annehmen und beibehalten kann. Aber langsamen Feldänderungen gegenüber, wie wir sie unter normalen Wetterbedingungen voraussetzen dürfen, verhalten sie sich insofern schon als Halbleiter, als die Elektrizität auf ihnen langsam von Stelle zu Stelle übergeht und sich der neuen Konfiguration der Niveaulflächen anpaßt. Sind sie ferner naß geworden oder, wie es vielfach geschieht, um sie leitend zu machen, mit einem Chlorcalciumanstrich versehen oder, um sie vor Strahlungseinflüssen zu schützen, mit Aluminiumpulver angestrichen, so sind sie direkt zu guten Leitern der Elektrizität gemacht worden. Das gleiche gilt von den Aeroplanen und Drachen. Ferner ist zu beachten, daß der umgebenden Luft selbst im allgemeinen immer ein bestimmtes „Leitvermögen“ zukommt. Wir dürfen also bei unseren Versuchen die Fahrzeuge in Metall nachformen.

Von den zahlreichen Felddiagrammen, welche in dieser Weise erhalten wurden, sollen nur 2 Serien in Fig. 6—10 und 11—15 hier mitgeteilt werden. Die eine bezieht sich auf den „Kugelballon Sohneke“ von 1440 cbm Inhalt, der im Maßstab von 1 : 140 nachgebildet und von Herrn Dr. C. W. L u t z untersucht wurde. Die andere Serie stellt den Lenkballon Z III im Maßstabe von 1 : 252 dar, und wurde von Herrn Kandidaten K. H o f f m a n n ausgemessen. Die Modelle wurden in ein Feld gebracht, welches aus einer geerdeten großen Blechtafel unten und einem in einem halben Meter Abstand isoliert darüber aufgestellten Drahtnetze bestand, welches dauernd mit dem + - Pole einer Batterie in Verbindung stand, deren anderer Pol geerdet blieb. In dem Raume zwischen diesen beiden leitenden Flächen war das Feld wenigstens in der Mitte homogen, so daß hier die gleichen Spannungssprünge (von etwa 20 Volt) entsprechenden Potentialflächen Horizontalebene darstellen. In dieses künstliche Feld wurden nun die Modelle gebracht, meist von rückwärts her an einem isolierten horizontalen Metallstabe gehalten. Es wurde genau geprüft, daß dadurch das Bild der Niveaulinien in einer durch die Mitte des Feldes gehenden vertikalen Ebene nicht wesentlich gestört wurde, welche senkrecht sowohl zu diesem Träger stand wie zu dem bis zu ihr hinreichenden Röhrechen des Wassertropfers. Die so erhaltenen Diagramme stellen Schnittflächen des Feldes mit dieser vertikalen Mittelebene dar. Das Raumbild erhält man, wenn man sich die Flächen nach vorn und rückwärts entsprechend ihrem Verlaufe in der Bildebene fortgesetzt denkt, bei den Figuren 6, 7 und 8 einfach dadurch, daß man sich diese Zeichnungen um eine durch die Mitte gehende vertikale Achse gedreht denkt, da hier alles ringsum symmetrisch ist.

Zu den Messungen wurde ein Elektrometer verwendet, welches sich besonders auch für Messungen im Freiballon empfiehlt, weil es keine feste Aufstellung erfordert, sondern im hohen Grade neigungsunempfindlich ist: das *Lutz-Edelmannsche Saitenelektrometer*. Es möge wegen seiner vorzüglichen Verwendbarkeit in der luftelektrischen Forschung daher hier ganz kurz beschrieben werden (vgl. Fig. 5). Ein sehr dünner Metallfaden F ¹⁾ von $\frac{1}{500}$ mm Dicke ist mit stärkeren Metallstiftchen S_1 und S_2 , an denen er festgelötet ist, zwischen Bernsteinstopfen b_1 und b_2 isoliert ausgespannt. Die Spannung kann durch die Spannschraube S_p verändert werden. Die Bernsteinstopfen werden durch den Träger T getragen, der außerdem die Schneide S_n hält, welche in verschiedenen Entfernungen von der „Saite“ F festgestellt werden kann. Um das Ganze ist zum Schutze ein Metallzylinder Z gelegt, welcher außerdem vorn ein Mikroskop M mit Okularteilung trägt, an der die Saitenstellung abgelesen werden kann. In der Figur 5 ist dieses Mikroskop sowie die Skala nur angedeutet. Wird die Saite F etwa von oben her geladen, die Schneide S_n mit dem Gehäuse Z aber geerdet, so influenziert die auf F befindliche Ladung an der Schneide die entgegengesetzte Elektrizität und zieht sich nach dieser hin mit einer um so größeren Kraft, je höher die zwischen F und S_n bestehende Potentialdifferenz ist. Das Gewicht der Saite selbst beträgt so wenig, daß es gegen die ablenkende Kraft der elektrischen Ladungen fast ganz verschwindet. Die Saitenstellung bleibt also ungeändert, wenn das Instrument auch größere Neigungen gegen die Vertikale erfährt. So kann man überall messen, wo Schwankungen nicht zu vermeiden sind, z. B. im Ballon oder auf Schiffen. Das Instrument kann gelegentlich sogar auf den Kopf gestellt oder im Rucksack transportiert werden, der bewegliche Teil ist so gut geschützt, daß sich die Einstellung dabei fast gar nicht ändert. Außerdem hat es noch einen sehr wichtigen Vorteil gegenüber anderen derartigen Instrumenten, insofern es gegen Temperaturänderungen kompensiert ist. Der Träger T besteht nämlich aus einer Kombination einer Stange mit einem Röhrchen aus anderem Metalle. Beide sind an einer solchen Stelle durch ein Schraubchen miteinander in Verbindung gesetzt, daß die Längenausdehnung, die der Metallfaden bei einer bestimmten Temperaturerhöhung erfährt, gerade so groß ist, als die Länge, um die sich der Träger dabei ausdehnt. Dies ist für die Messungen im Ballon sehr wichtig. Wenn wir bei großer Sommerhitze eine Hochfahrt machen, können wir am Erdboden $+ 20^\circ$ haben und in der Höhe eine Lufttemperatur von $- 40^\circ$ antreffen. Wir müssen also auf ca. 60 Grad Temperaturunterschied gefaßt sein, und dagegen muß das Meßinstrument völlig unempfindlich sein. Endlich können wir die verschiedensten Meßbereiche einstellen entweder durch Verstellung an der Spannschraube S_p oder durch Nähern oder Entfernen der Schneide S_n von der Saite. So können wir die einzelnen Volt oder Bruchteile derselben bei höherer Empfindlichkeit messen, aber

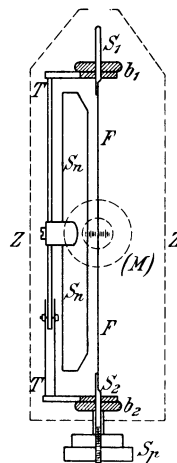


Fig. 5.

Wird die Saite F etwa von oben her geladen, die Schneide S_n mit dem Gehäuse Z aber geerdet, so influenziert die auf F befindliche Ladung an der Schneide die entgegengesetzte Elektrizität und zieht sich nach dieser hin mit einer um so größeren Kraft, je höher die zwischen F und S_n bestehende Potentialdifferenz ist. Das Gewicht der Saite selbst beträgt so wenig, daß es gegen die ablenkende Kraft der elektrischen Ladungen fast ganz verschwindet. Die Saitenstellung bleibt also ungeändert, wenn das Instrument auch größere Neigungen gegen die Vertikale erfährt. So kann man überall messen, wo Schwankungen nicht zu vermeiden sind, z. B. im Ballon oder auf Schiffen. Das Instrument kann gelegentlich sogar auf den Kopf gestellt oder im Rucksack transportiert werden, der bewegliche Teil ist so gut geschützt, daß sich die Einstellung dabei fast gar nicht ändert. Außerdem hat es noch einen sehr wichtigen Vorteil gegenüber anderen derartigen Instrumenten, insofern es gegen Temperaturänderungen kompensiert ist. Der Träger T besteht nämlich aus einer Kombination einer Stange mit einem Röhrchen aus anderem Metalle. Beide sind an einer solchen Stelle durch ein Schraubchen miteinander in Verbindung gesetzt, daß die Längenausdehnung, die der Metallfaden bei einer bestimmten Temperaturerhöhung erfährt, gerade so groß ist, als die Länge, um die sich der Träger dabei ausdehnt. Dies ist für die Messungen im Ballon sehr wichtig. Wenn wir bei großer Sommerhitze eine Hochfahrt machen, können wir am Erdboden $+ 20^\circ$ haben und in der Höhe eine Lufttemperatur von $- 40^\circ$ antreffen. Wir müssen also auf ca. 60 Grad Temperaturunterschied gefaßt sein, und dagegen muß das Meßinstrument völlig unempfindlich sein. Endlich können wir die verschiedensten Meßbereiche einstellen entweder durch Verstellung an der Spannschraube S_p oder durch Nähern oder Entfernen der Schneide S_n von der Saite. So können wir die einzelnen Volt oder Bruchteile derselben bei höherer Empfindlichkeit messen, aber

¹⁾ Sog. Wollastondraht von Heraeus in Hanau.

auch die Dekaden oder selbst Hunderte von Volt noch mit demselben Instrument bestimmen ¹⁾.

Fassen wir nun die Ergebnisse solcher Messungen selbst ins Auge. Fig. 6 zeigt einen Kugelfreiballon im freien homogenen Felde der Erde, nachdem er eine Gleichgewichtslage erreicht und längere Zeit in derselben gestanden hat, so daß er sich elektrisch mit seiner Umgebung vollkommen ausgeglichen hat. Wir bemerken hier ein eigentümliches Zusammendrücken der Niveaulinien unterhalb des Korbes, von dem das Schleppseil noch nicht herabgelassen ist. Hier finden wir also größere elektrische Kräfte als im freien Felde, d. h. ohne die Störungen, die der Ballonkörper selbst in dem elektrischen Felde durch seine Gegenwart hervorbringt. Die Feldkraft ist nach unten gerichtet. Es sieht also so aus, als ob sich am unteren Ballon-

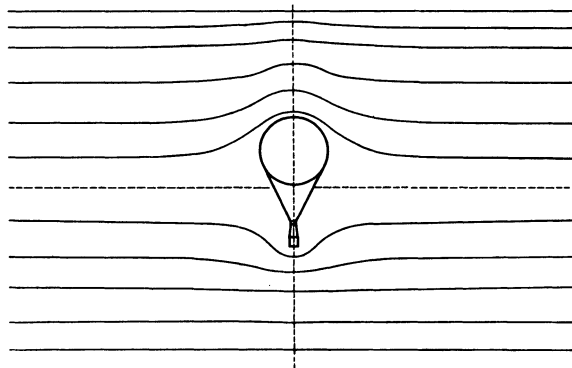


Fig. 6.

ende freie positive Ladung angesammelt hätte. Dies muß ja auch sein. Der der Influenzwirkung von seiten des Erdfeldes ausgesetzte Ballon wird durch elektrische Verteilung unten gegen die negativ geladene Erdoberfläche hin positiv elektrisch, oben aber negativ elektrisch. Hier erscheinen die Niveaulinien emporgehoben. Der Ballon nimmt ein beliebiges uns im allgemeinen nicht bekanntes Spannungsniveau an, welches zwischen dem Spannungsniveau unterhalb des Korbes und oberhalb des Ventiles liegt. Früher sind Messungen ausschließlich in der Weise vom Ballongondel aus unternommen worden, daß man zwei oder mehr „Kollektoren“ von der Ballongondel aus isoliert bis in verschiedene Tiefen unterhalb des Gondelbodens hinabhängte. Man sieht, daß die zwischen diesen Ausgleichern gefundenen Spannungsdifferenzen nicht die wahren sein können, d. h. diejenigen, welche man erhalten würde, wenn die Störung von seiten des Ballons nicht vorläge. Man erkennt auch aus dem Diagramm, daß hier leicht Fehler von mehr als 100% entstehen können, d. h. daß man das Feld als viel stärker einschätzt, als es in Wirklichkeit, im freien Erdfelde in gleicher Höhe sein würde.

¹⁾ Für verschiedene luftelektrische Messungen ist es außerdem von Wert, wenn das Instrument so eingerichtet werden kann, daß das Elektrometer selbst eine möglichst kleine Kapazität besitzt. Es ist gelungen, die Kapazität des ganzen Saitenelektrometers bis auf 2 cm herabzudrücken.

Viel schlimmer wird die Sache noch, wenn wir etwa Ballastsand auswerfen, und dadurch den Ballon veranlassen, seine Gleichgewichtslage zu verlassen und emporzusteigen. Der Sand wird dabei negativ elektrisch, der Sandsack, der ihn hält, und damit der ganze Ballon aber positiv elektrisch. Welche Deformationen dadurch mit den Niveaulächen eintreten können, wird durch Fig. 7 erläutert. Man sieht, daß der Ballon eine ganze Schar von Niveaulächen über sich treten läßt, so daß das Feld unter ihm jetzt viel schwächer als im freien Felde erscheint. Steigen wir in die

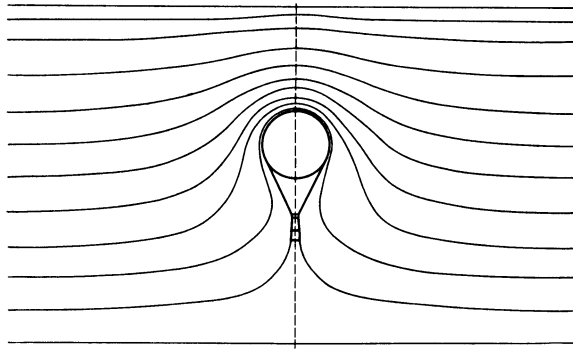


Fig. 7.

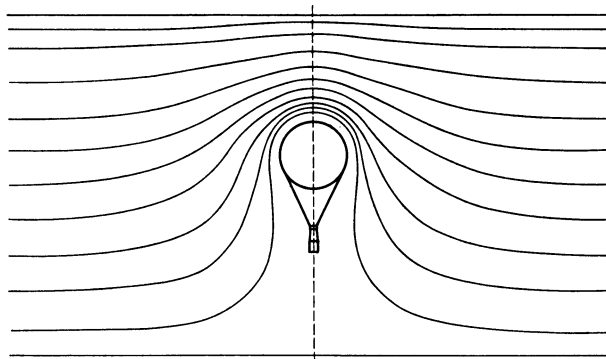


Fig. 8.

Höhe, so wird eine Niveauläche mitgenommen, die eigentlich einer sehr viel tieferen Lage entspricht, wie es Fig. 8 zeigt, die freilich insofern eine Abweichung von der Wirklichkeit aufweist, als ja hier im Modell die entsprechende negative Niveauläche nicht nachfolgen konnte, sondern durch die geerdete Blechplatte abgeschnitten wurde.

Ein außerordentlicher Fortschritt in der Ausmessung des erdelektrischen Feldes vom Ballon aus wurde durch die von Herrn Dr. F. L i n k e eingeführte „Methode des Ausgleichers“ erzielt. Wird unterhalb des Füllansatzes ein Wassertropfer unterhalten, so wird, genau wie es oben für die Anordnung (R, G, E) in Fig. 4 erläutert ist, der Ballon gezwungen, sich auf ein ganz bestimmtes Potentialniveau zu laden, nämlich dasjenige, welches der Abtropfstelle der Wasserstrahlen entspricht (vgl. Fig. 9).

In dem Modelle wurde dabei so verfahren, daß der den Ballon tragende Metallstab durch ein Metallröhrchen ersetzt wurde, welches von einem isoliert aufgestellten, Wasser enthaltenden Gefäße ausging. Wir sehen, wie dann die Niveaulächen herangezogen und unter der Gondel zwar zunächst verdichtet werden, wie aber seitlich ein Auflockern derselben stattfindet. Wird also statt mit Sandballast mit Wasserballast gearbeitet, und wird die Austropfstelle, wie es Fig. 10 zeigt, tiefer gewählt und etwas oberhalb des Korbringes angebracht, so tritt unterhalb der Ballon-

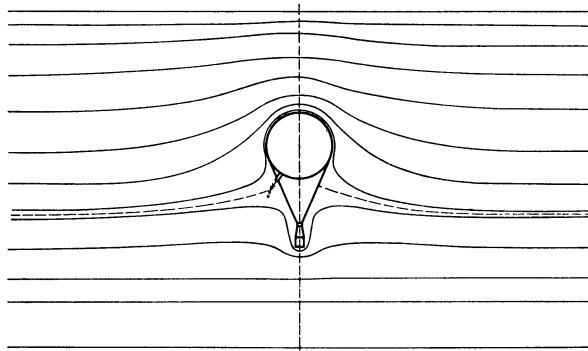


Fig. 9.

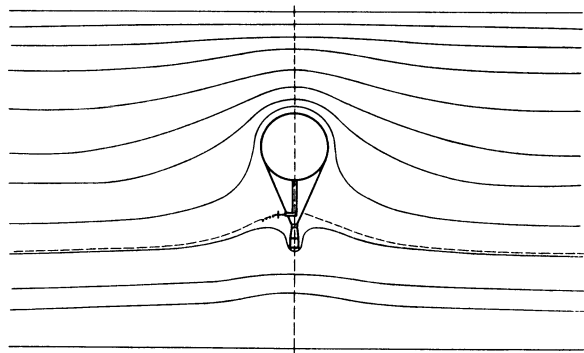


Fig. 10.

gondel wiederum eine Auflockerung der Niveaulächen ein, und dadurch kann erreicht werden, daß unterhalb der Ballongondel selbst eine störungsfreie Zone geschaffen wird. So sehen wir in Fig. 10, daß die zwei untersten Niveaulächen unterhalb des Korbbodens einen Abstand voneinander haben, der nicht mehr wesentlich verschieden ist von dem Abstände, den dieselben Niveaulächen im freien ungestörten Felde (am Rande des Bildes) besitzen. Bringen wir also zwei Wassertropfkollektoren hierher, verbinden wir den einen mit dem Gehäuse, den anderen mit der Saite unseres Elektrometers, so weichen die hierbei gemessenen Spannungsfälle nicht mehr von den wirklichen, im Erdfelde in der betreffenden Höhe tatsächlich bestehenden Gefällen ab. Wir haben die durch den Ballon herbeigeführten Störungen völlig umgangen.

Bei einem Lenkballon, Fig. 11, der sich eben von dem Erdboden erhoben hat, ziehen sich die Niveaulinien über demselben hin, als wenn ein Plateau aus der Erdoberfläche emporgewachsen wäre. Wenn nicht genügend rascher Ausgleich herbeigeführt wird, kann die Spannungsdifferenz oberhalb des Lenkballons stark anwachsen und an seinen Enden sehr erhebliche Beträge erreichen, wie es Fig. 12 zeigt. Erst wenn durch Spitzen oder die natürliche Leitfähigkeit der Luft ein Ausgleich herbeigeführt ist, kann sich bei ruhiger, glatter Fahrt ein normaler Verlauf

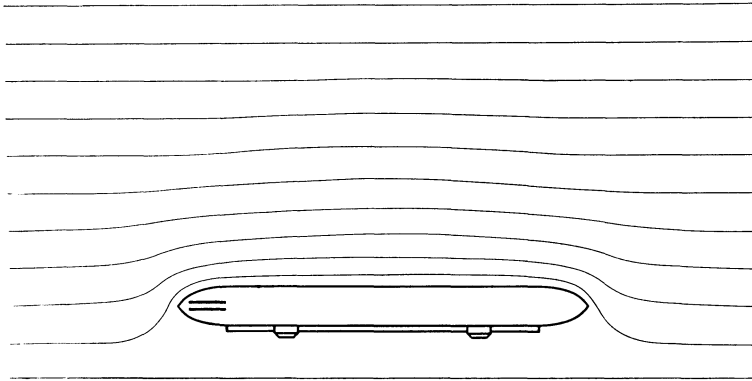


Fig. 11.

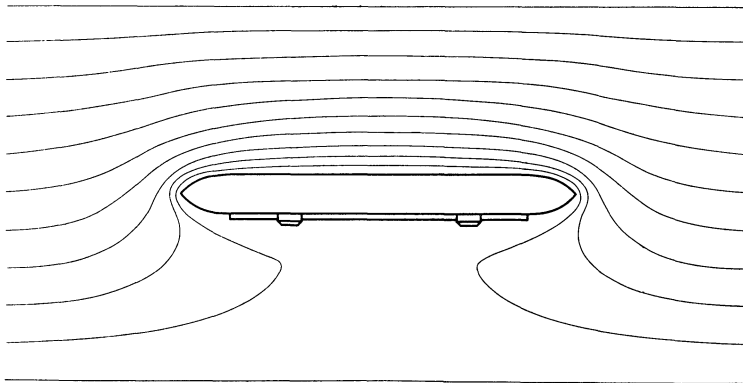


Fig. 12.

der Niveaulinien einstellen, wie ihn Fig. 13 zeigt, wo der Lenkballon gleichmäßig im elektrischen Felde der Erde dahingleitet. Besonders kritisch können die Spannungserhöhungen aber beim Sinken des Ballons werden. Hat sich der Ballon bei längerer Fahrt in gleicher Höhe mit den elektrischen Spannungen des Erdfeldes in Ausgleich versetzt, und sinkt er nun plötzlich herab (Fig. 14), so tritt eine starke Verdichtung der Niveaulinien und damit eine Erhöhung der elektrischen Spannungsfälle unterhalb des Ballonkörpers ein. Namentlich wenn er, wie es in Fig. 15 dargestellt ist, mit einem Ende, sei es durch ausgeworfene Taue oder dadurch, daß eine Spitze den Erdboden bereits berührt, Erdschluß gewonnen hat, während die andere Spitze noch in die Höhe ragt, so können an letzterer außerordentliche Span-

nungserhöhungen eintreten. Wir können, wie oben erläutert, aus den Diagrammen, wenn wir den Maßstab in Rechnung ziehen, unmittelbar die Feldkraft abgreifen, die in den einzelnen Fällen an den verschiedenen Stellen des Ballonkörpers eintreten. Ist z. B. das Gefälle, wie es bei Fig. 15 zugrunde gelegt ist, 400 Volt/m, so zeigt das Diagramm unmittelbar, daß in diesem Falle an der Spitze eine Erhöhung bis auf 5000 Volt/m eintreten kann ¹⁾. Bei Gefällen, wie sie bei Gewittern an der Erd-

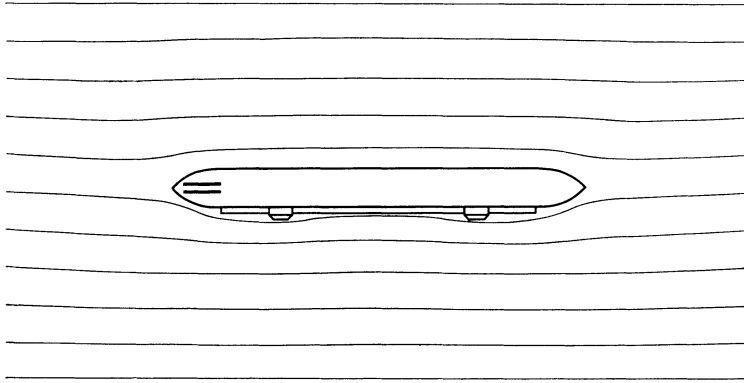


Fig. 13.

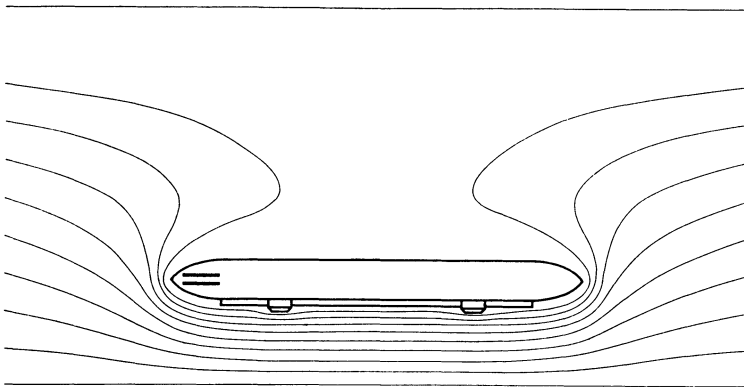


Fig. 14.

oberfläche in Göttingen beobachtet worden sind (vgl. oben S. 18), würde man 375 000 Volt/m erhalten.

Man sieht also, wo am ehesten gefahrdrohende luftelektrische Spannungen auftreten können und erkennt, daß diese Gefahr im Momente des Landens oder un-

¹⁾ Die einzelnen Niveaulinien der Figuren 11—15 entsprechen Spannungsdifferenzen von rund je 20 Volt. Die Figuren stellen die für das Modell erhaltenen Diagramme in einem Maßstabe von 1:10, also im Vergleich zur Wirklichkeit im Verhältnisse von 1:10 × 252 = 1:2520 dar. Während am Rande, also im ungestörten Felde, dieser Spannungsdifferenz 5 mm Distanz entspricht, hat sie sich in der Nähe der Spitzen des Fahrzeuges auf 0,4 mm vermindert, es ist also eine 12,5 fache Verdichtung der Niveaulinien, damit auch eine ebenso große Gefällssteigerung eingetreten.

mittelbar nachher am größten ist. Besonders wenn durch Sturm und aufgewirbelten Staub zu den natürlichen Spannungen noch abnorm erhöhte reibungselektrische Spannungen hinzutreten.

Man wird also darauf Bedacht nehmen, Mittel zu ersinnen, durch die das gefährvolle Anwachsen dieser Spannungen an den am meisten exponierten Stellen sofort erkannt wird. Dazu könnte man etwa vorn und hinten an einem Lenkballon Ausgleicher anbringen, welche mit einem Saitenelektrometer leitend verbunden sind. Die Elektrometer wären beim Steuermann anzubringen, der dann jederzeit ablesen kann, welche Gefälle in Volt pro Meter in der Umgebung seines Fahrzeugs wirklich herrschen. Wenn diese Gefälle sich der gefahrdrohenden Höhe nähern, so sind die elektrischen Kräfte aber so groß, daß man auch einen automatisch warnenden

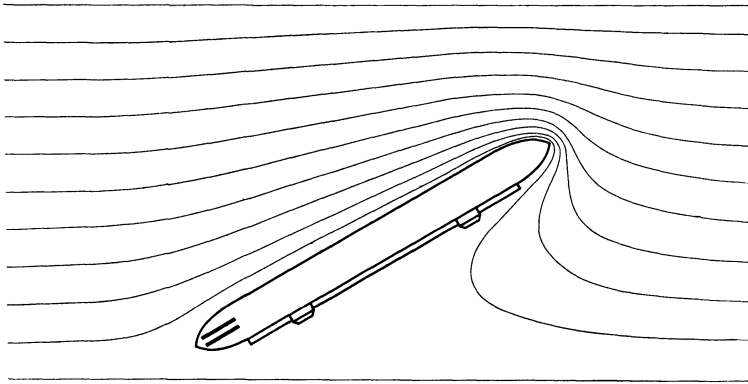


Fig. 15.

Apparat damit betreiben könnte. Hätte man es z. B. mit Gefällen von 30 000 Volt pro cm zu tun, so würden 2 Platten von 10 cm Radius mit einer Kraft von 127 g gegeneinander gezogen¹⁾, einer Kraft, welche leicht zur Überwindung einer Federkraft benutzt werden kann, die unter normalen Umständen die Platten auseinander hält. Im Falle jene gefährliche Spannungsdifferenz eintritt, könnte die Annäherung der Platten unter Zwischenschaltung eines Relais ein Läutewerk auslösen, welches den Leiter der Fahrt auf die unsichtbare Gefahr aufmerksam macht.

Wie aber soll man der Gefahr nun selbst entgehen, wie soll man die gefährlichen Spannungen unschädlich machen? Eine Anordnung nach Art des Blitzableiters würde hier nicht zum Ziele führen, weil uns die Verbindung mit der Erde fehlt, wohl aber kann man an einen Ausgleich der Spannungsdifferenzen denken, der unmittelbar der oben geschilderten Ausgleichswirkung des Wassertropfapparates nachgebildet ist. In den Lenkballons wird ja doch mit Wasserballast gefahren. Es könnte also unmittelbar ein kleiner Teil des immer vorhandenen Wasservorrates zum Betriebe eines geeigneten Ausgleichers verwendet werden. Man würde nicht wie bei unserem Wassertropfausgleichsgeräth eine einzige Tropfstelle verwenden, sondern

¹⁾ Ist O die Plattenoberfläche, \mathcal{E} das Gefälle zwischen beiden Platten in elektrostatischen Einheiten, so ist die Zugkraft zwischen den Platten:

$$P = O \frac{\mathcal{E}^2}{8\pi \cdot 981} \text{ gr.}$$

würde aus einer siebartig durchlöchernten Brause einen sanften Regen niedergehen lassen. Der Wasserausgleicher wäre mit demjenigen Teile des Fahrzeuges zu verbinden, welcher sich nach dem Diagramm als besonders gefährdet erweist.

Wie überraschend große Elektrizitätsmengen selbst durch geringe Wassermengen, wenn sie in feine Tröpfchen aufgelöst werden, herabtransportiert werden können, möge zum Schluß noch der folgende durch Fig. 16 erläuterte Versuch veranschaulichen. An die Wasserleitung ist das doppelt umgebogene Messingrohr R angeschlossen, welches oben die Brause Br trägt. Das von dieser herabfallende Wasser wird in der Schale S aufgefangen, welche auf Paraffinklötzchen P isoliert aufgestellt und mit einem absichtlich recht unempfindlich gewählten Elektrometer E, etwa der bekannten B r a u n schen Konstruktion mit Kippzeiger Z verbunden ist. Das Elektro-

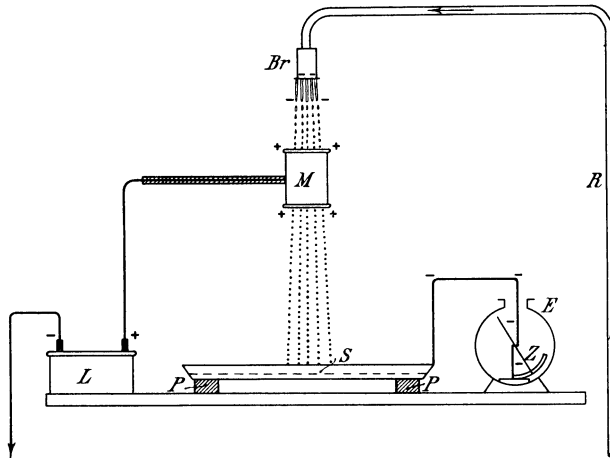


Fig. 16.

metergehäuse ist an Erde geschaltet. Da auch das Rohr R mit der Erde elektrisch leitend in Verbindung steht, so würde bei noch so langem Wasserlaufe keine Ladung bei E bemerkt werden. Nun lassen wir aber die Wassertropfen durch ein schwaches elektrisches Feld fallen. Ein solches erzeugen wir, indem wir die isoliert aufgestellte Metallmanschette M mit dem einen Pole einer kleinen Ladebatterie L verbinden, deren anderer Pol an Erde liegt. Die kleine, von Herrn Prof. Dr. F. K r ü g e r konstruierte, von der Firma S p i n d l e r & H o y e r in den Handel gebrachte Ladebatterie eignet sich hierfür sehr gut, da sie im vorliegenden Falle auf M nur eine gewisse Spannung aufrecht zu erhalten hat, aber nicht genötigt ist, Strom abzugeben. Haben wir M mit dem + -Pol verbunden, so influenziert diese Ladung am unteren Ende eines jeden Wasserfadens —-Elektrizität. Jedes Tröpfchen, welches sich hier lostrennt und durch die Manschette hindurch nach unten fällt, bringt eine gewisse Menge —-Ladung mit herunter, welche sich in der Schale S ansammelt. Wir haben hier den einfachsten und übersichtlichsten Fall einer sog. „Wasserinfluenzmaschine“ vor uns. Die Ladung wird immer größer, da wir aus dem unendlichen Reservoir der Erde immer neue Mengen von —-Elektrizität abzapfen, welche schließlich die Spannung von S und E so erhöhen, daß der Zeiger Z deutlich ausschlägt und Tausende von Volt anzeigt, während die an M angelegte Spannung

selbst bei weitem nicht imstande ist, wenn wir sie direkt auf E wirken lassen, den Zeiger auch nur um ein Merkliches aus seiner Ruhelage zu bewegen. Diese hier geschilderte einfache Anordnung ist in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Zunächst kann man sie (etwa auf Reisen) bequem als elektrostatischen Spannungsübersetzer benutzen. Steht nur die Spannung der kleinen Ladebatterie L, die man leicht in der Tasche transportieren kann, zur Verfügung, so bedarf es nur eines Wasserlaufes, um die Spannung auf beliebig hohe Beträge zu übersetzen, wie man sie etwa benötigt, um nach dem Vorgange von Elster und Geitel auf einem isoliert ausgespannten, aber negativ geladenen Drahte die in der Atmosphäre befindlichen radioaktiven Zerfallsprodukte des Radium, Thorium und Aktinium einzufangen, welche als die Hauptionisatoren der freien Atmosphäre anzusehen sind.

Zweitens zeigt uns der Vorgang, welche Elektrizitätsmengen auf einem Luftschiffe niedergeschlagen werden können durch Regen, der aus großen Höhen durch ein elektrisches Feld herabgefallen ist. Endlich illustriert die Anordnung Vorgänge, wie sie vielleicht bei den abnormen Spannungssteigerungen auftreten, welche die Gewitter begleiten. Man hat schon lange vermutet, daß dabei Prozesse im Spiele seien, welche nach dem Schema der Wasserinfluenzmaschine die gegebenen, an sich noch nicht allzu hohen natürlichen Spannungen bis zu der gefährlichen Höhe hinauftransformieren, die dann zu Blitzentladungen Veranlassung geben. In der Tat ist es ja eine bekannte und viel beobachtete Erscheinung, daß aus den drohenden Gewitterwolken erst in dem Momente, wo die Kondensation einsetzt und Regen herabfällt, die Blitze hervorzucken. Auch wird jedem wohl erinnerlich sein, daß bei einem Gewitter nach einem besonders heftigen Blitz und Donner der Regen mit erneuter Heftigkeit einsetzt, so daß es so aussieht, als habe der elektrische Entladungsschlag die himmlischen Schleusen aufs Neue geöffnet. Natürlich ist es umgekehrt. Jener vom Regenfall begleitete Prozeß, welcher die elektrische Spannung über den kritischen Betrag momentan hinaufgehoben hat, ist vorausgegangen, aber Blitz und Donner werden uns früher wahrnehmbar als die Wassermassen, welche bei seiner Bildung beteiligt waren, indessen langsamer zur Erde herabgelangen. Für unsere speziellen Zwecke führt uns aber der eben betrachtete Vorgang recht eindringlich vor Augen die Tatsache, daß durch fein verteilte Wassermassen enorme Mengen von Elektrizität fortgeschafft werden können. Wir können den oben erwähnten automatischen Spannungswarner zugleich so einrichten, daß er auf das Relais wirkend einen Schließungskreis betätigt, der den Wasserausgleicher selbst in Funktion treten läßt, um den Steuermann des Luftschiffes, dessen Aufmerksamkeit ja besonders bei bevorstehender Landung an sich schon in der verschiedensten Weise in Anspruch genommen ist, zu entlasten. Diesen Gedanken weiter zu verfolgen, würde an dieser Stelle zu weit führen. Es genüge der Hinweis, wie innig die Interessen der Flugtechnik mit denjenigen der lufterlektrischen Forschung verflochten sind. Gibt jene die Hilfsmittel an die Hand, die überaus wichtige Frage nach den lufterlektrischen Verhältnissen in größeren Höhen zu untersuchen, so gibt letztere der Luftschiffahrt ihrerseits wieder Methoden an die Hand, um einen gefährlichen, weil unsichtbaren und wetterwendischen Gegner zu erkennen und bis zu einem gewissen Grade unschädlich zu machen.

IV. Über die Verwendung flüssigen Wasserstoffs in der Luftschiffahrt.

Von

Professor Dr. **Hugo Erdmann**-Berlin.

Einer unsrer geistreichsten Zukunftsphantasten hat einmal das menschliche Hirn mit einer Knospe verglichen, die jetzt noch in fester Hülle eingeschlossen sei. Durch eine künftige Entwicklung des Menschengeschlechts werde die schützende Decke sich auftun, und dann erst werde der Mensch bei frei wachsendem Nervenzentrum eine ungeahnte Fülle neuer Gedanken produzieren. Aber das merkwürdige Paradoxon:

„Eng ist die Welt, und das Gehirn ist weit“

gilt ja ohne gesprengte Hirnschale schon seit hunderten von Jahren. Es gilt ganz besonders in unseren Tagen des Kampfes um den Raum, wo über den ganzen Erdball ein engmaschiges Ballonnetz von Eisenbahn- und Schiffahrtslinien geworfen ist; wo man in der Untertunnelung der Straßen und in der Aufeinandersetzung der Stockwerke bald bei den Grenzen der Möglichkeit angelangt sein wird.

Da erobert sich der Mensch zu dieser immer enger werdenden Welt ein schier unbegrenztes Gebiet: das Luftmeer. Soll auch von diesem mächtigen Luftraume das Wort gelten: „Hart im Raume stoßen sich die Sachen“?

Nirgends enger und heftiger als in dem Luftraume. Das liegt in der Natur der luftförmigen Körper. Die Gebirge treten aus ihren Grenzen nicht heraus, der jede Tiefe erfüllende Ozean tritt nicht über seine Oberfläche; warum kennt die Luft solche bestimmten Grenzen nicht? Warum füllt sie jeden Raum, den man ihr zur Verfügung stellt, gänzlich aus?

Die Antwort auf diese Frage gibt die naturwissenschaftliche Grundlehre eines Demokrit und Dalton, eines Maxwell und Boltzmann: die Lehre vom Atom und vom Molekül. Seit der Entdeckung der radioaktiven Körper mit ihren materiellen, gasbildenden Ausstrahlungen und seit den neuesten nicht minder merkwürdigen Beobachtungen an kolloidalen Stoffen, seit der Erfindung des Spinthariskops und Ultramikroskops sind endlich die etwas nervösen Zweifel verstummt, welche sich bei ängstlichen Gemütern immer regten, wenn von der Atomlehre die Rede war. Jetzt kann man ruhig behaupten: jeder Naturforscher ist auch ein überzeugter Atomist. So wird es auch für den Luftschiffer gut sein, etwas Näheres von den die Luftarten bildenden Teilchen oder Molekülen zu wissen.

Gesetzt den Fall, wir könnten die Luft in billionenfacher Vergrößerung darstellen, so würde sie sich uns belebt zeigen durch eine Art von Flug-

maschinen¹⁾ von etwa 200 m Längendurchmesser, die sich nach allen Richtungen mit einer absoluten durchschnittlichen Geschwindigkeit von 500 m in der Sekunde fortbewegen. Das sind die Moleküle des Stickstoffs. Daneben würden wir in vierfach kleinerer Zahl eine andere Sorte von Flugmaschinen wahrnehmen, welche vielleicht etwas größer, jedenfalls etwas schwerer sind und sich mit der etwas geringeren Durchschnittsgeschwindigkeit von 465 m in der Sekunde bewegen: die Sauerstoffmoleküle. Diese Flugmaschinen würden in einem durchschnittlichen Abstände von nur 1 km voneinander fliegen und daher nach verhältnismäßig kurzer Wegstrecke immer wieder gegeneinander stoßen. Durch jeden solchen Zusammenprall würden wir zwar die Richtung der Flugbahnen, nicht aber wesentlich die Geschwindigkeit dieser Flugmaschinen sich ändern sehen. Also auch im Luftraume stoßen sich in der Tat die Sachen sehr hart, und erst durch diese ständigen Stöße erkämpfen sich die einzelnen Teilchen den zu ihrer Bewegung notwendigen Raum.

Betrachten wir nun durch dasselbe Idealmikroskop von billionenfacher Vergrößerung statt der Luft das zu unsern Ballonfahrten benutzte Wasserstoffgas, so sehen wir etwa 15mal leichtere und wohl auch erheblich kleinere Flugapparate, die sich aber infolge ihrer außerordentlichen Geschwindigkeit (durchschnittlich 1860 m pro Sekunde) doch denselben Raum erkämpfen wie die schweren Moleküle, welche die Hauptbestandteile der gewöhnlichen Luft ausmachen. Also auch die leichten Flugapparate würden in dem gleichen durchschnittlichen Abstände (1 km) voneinander fliegen.

Wir sehen somit, daß die für den Luftschiffer wichtigste Eigenschaft des Wasserstoffgases: seine unübertreffliche Tragfähigkeit, im engsten Zusammenhange steht nicht nur mit seiner außergewöhnlich großen Raumerfüllung, sondern auch mit seiner Fähigkeit, mit äußerster Geschwindigkeit durch die feinsten Poren oder Ritzen zu entweichen. Diese beiden letzteren Eigenschaften verursachen aber die Hauptschwierigkeiten bei der technischen Verwendung des Wasserstoffgases in der Luftschiffahrt. Die leichte Diffundierbarkeit macht die Ballonfüllung nur wenig haltbar. Wenn man dann einer Nachfüllung bedarf, ist das Wasserstoffgas meist nicht in genügender Menge vorhanden, denn seine große Raumerfüllung erschwert die Aufbewahrung und vermindert die Transportfähigkeit in hohem Maße. Die eisernen Bomben, in denen jetzt das Wasserstoffgas unter einem Drucke von 100 und mehr Atmosphären aufbewahrt und nach den Verbrauchsstellen transportiert wird, sind doch nur ein ziemlich trauriger Notbehelf. Eine solche Bombe von einigen 30 Litern Wasserinhalt faßt bei stärkster Druckfüllung noch kaum 300 g Wasserstoffgas und wiegt das Hundertfache von dem Gewichte der darin transportierten Ware. Außerdem bringt ein Vorrat solcher Bomben im gefüllten Zustande immer eine nicht unbeträchtliche Gefahr mit sich, wie die bei dem Berliner Luftschiffer-Bataillon in den neunziger Jahren stattgehabte Explosion²⁾ beweist.

¹⁾ Über „Mechanismen, die im Atom selber sich finden“ und die Berechtigung, Gasmoleküle mit kompliziert gebauten Maschinen zu vergleichen, siehe auch Lenard, Annalen der Physik 1903, XII, 475; Sitzungsber. d. Heidelberger Akademie d. Wiss. 1909, 3. Abhandlung, S. 24; Becker und Baerwald, daselbst, 4. Abhandlung, S. 26.

²⁾ Martens, Mitteilungen aus den Kgl. Technischen Versuchsanstalten 1896, Heft I, Seite 2—36. Vgl. auch daselbst 1901, 217.

Ein radikales Mittel wäre es, den Wasserstoff gänzlich zu verlassen und zur Ballonfüllung einen luftförmigen Körper zu benutzen, der äußerst billig herzustellen und überall in beliebiger Menge zu haben ist: den Wasserdampf ¹⁾. Dazu ist nur notwendig, daß die in den letzten Jahrzehnten so außerordentlich vervollkommneten Wärmeschutzmittel in geeigneter Weise auf die Ballonhülle angewandt werden, um eine Kondensierung des heißen Dampfes während der Fahrt zu verhindern. Gelingt dies, so wird ein großer Fortschritt zu verzeichnen sein: wir haben dann ein wirklich billiges und dabei noch feuersicheres Füllgas zum Transport von Lasten jeder Art. Für schnellfahrende Personenluftschiffe wird man aber auch dann bei dem Wasserstoff bleiben da er etwa doppelt so viel trägt als das gleiche Volumen Wasserdampf.

Die zur Verfügung stehenden Wasserstoffmengen sind auch gar nicht so gering. Nach sehr mäßiger Schätzung ²⁾ entstehen allein in der deutschen Alkaliindustrie täglich 60 000 cbm Wasserstoffgas als ein bis jetzt nur zum ziemlich geringen Teile verwertetes Nebenprodukt. Allein die deutsche Industrie könnte also ohne irgendwelche Neuanlagen täglich mehrere Zeppelinballons mit neuer Füllung versehen, wenn man nur den Wasserstoff, den man jetzt zum großen Teile noch ungenutzt in die Luft entweichen läßt, in eine zur Aufbewahrung und zum Transport geeignete Form bringt. Dies muß, wie ich schon an anderer Stelle dargelegt und experimentell erläutert habe ³⁾, durch Verflüssigung des Wasserstoffes geschehen.

Ehe wir der technischen Lösung dieser Frage nähertreten, wird es zur Beurteilung der Sachlage zweckmäßig sein, den Vorgang der Verflüssigung eines vollkommenen Gases zunächst theoretisch etwas näher zu betrachten. Wir benutzen zur Erläuterung wieder unser Vergrößerungsbild mit den Flugmaschinen. Die Frage nach der Verflüssigung des Wasserstoffs verwandelt sich dann in die dem Aëronautischen Zeitalter näherliegende Frage: wie ist es möglich, eine ungeheure Zahl von Flugmaschinen, welche sich teilweise mit einer Geschwindigkeit von 2 km in der Sekunde bewegen, zum Stillstande zu bringen? Die Antwort lautet: wir entziehen ihnen ihre Energiequelle, das Benzin. Also um den Wasserstoff zu verflüssigen, müssen wir ihm seine Energiequelle, die *W ä r m e*, entziehen. Ein dafür geeigneter Apparat wäre der von mir konstruierte Stickstoffverflüssiger ⁴⁾, der in Fig. 1 abgebildet ist. Man hat nur nötig, durch das kupferne Schlangenrohr R das zu verflüssigende Gas in den Kupferkessel K unter einigen Atmosphären Druck hineinzuschicken und gleichzeitig das den Kessel K umgebende Weinhold'sche Gefäß W mit einer Kühlflüssigkeit anzufüllen, deren Siedepunkt nicht allzuviel höher liegt als derjenige des zu verflüssigenden Gases. Aus dem messingnen Syphon-

¹⁾ D.R.P. Nr. E. 214 019 vom 13. August 1908. Vgl. Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt 1909, Seite 318.

²⁾ Lepsius, Vortrag über die neuere Entwicklung der Sodaindustrie, gehalten auf dem Londoner Internationalen Kongreß für angewandte Chemie Pfingsten 1909.

³⁾ Die chemischen Grundlagen der Luftschiffahrt. Vortrag, gehalten vor dem Deutschen Aero-Klub am 25. Februar 1909, Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt, 1909, Seite 224—228 und 312—319.

⁴⁾ H. Erdmann, Über einige Eigenschaften des flüssigen Stickstoffs, Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1906, XXXIX, 1207.

rohr S kann man dann direkt mittels des Ventils V das verflüssigte Gas entnehmen. Beim Wasserstoff scheidet leider dieses sonst sehr allgemein anwendbare äußerst bequeme Verfahren an dem trivialen Mangel einer geeigneten Kühlflüssigkeit. Außer dem zu schwer kondensierbaren Helium ¹⁾ würde sich hierzu nur das flüssige Neon (Sdp. -243°) eignen. Neon findet sich nun in der Luft, aber leider nur in der recht geringen Menge von 12 cem im Kubikmeter, so daß seine technische Gewinnung vorläufig noch nicht in Angriff genommen ist. Wir müssen uns also einstweilen noch nach anderen Hilfsmitteln zur Wasserstoffverflüssigung umsehen.

Wir benutzen heute dazu den Joule-Effekt, d. h. die beim Ausströmen von Preßgasen eintretende Temperaturveränderung. Wenn wir unsere große Schar von Flugmaschinen, um in dem alten Bilde zu bleiben, in einen begrenzten Raum einschließen, der nur einen schmalen Ausgang hat, so können zwei Fälle eintreten: eine Vermehrung oder eine Verminderung der vorhandenen Geschwindigkeiten. Wenn nämlich die Flugmaschinen sehr lebenskräftig sind, werden sie sich alle beeilen, den Ausgang zu erreichen, indem sie von ihrer inneren Energie zusetzen. Gibt es unter ihnen dagegen schon solche, welche unter Benzinmangel leiden und keine Energie mehr zuzusetzen haben, so werden diese stehen bleiben. Ja wir werden sie sogar unter Umständen dazu veranlassen können, ihre Benzinreste an diejenigen abzugeben, welche besser ausgerüstet sind und nun mit vermehrter Geschwindigkeit das Weite suchen. Dies ist das vollendete Bild einer partiellen Verflüssigung unter dem Einflusse des negativ gewordenen Jouleeffektes. Wasserstoff mit seiner außerordent-

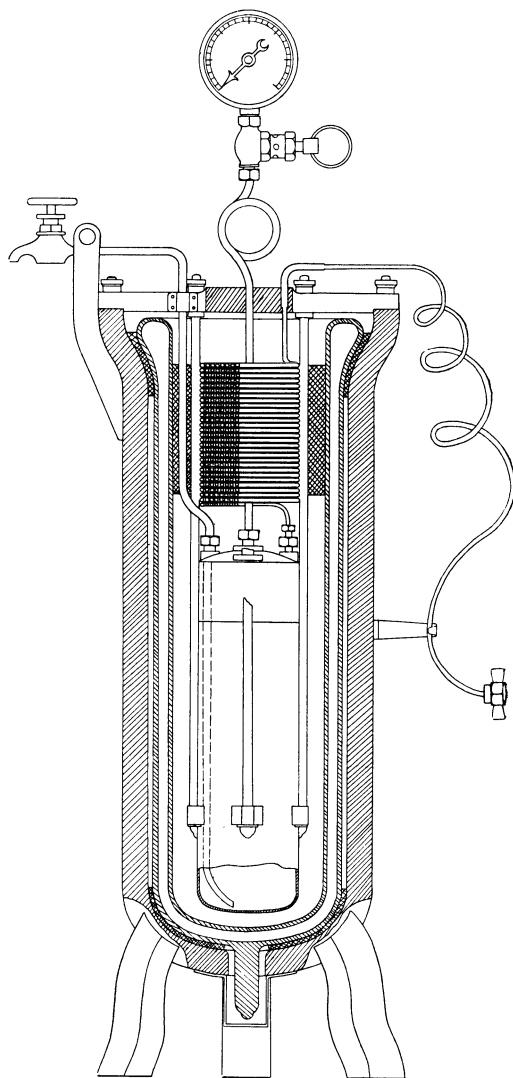


Fig. 1.

Stickstoffverflüssiger nach Erdmann.

¹⁾ Kamerlingh Onnes, Die Verflüssigung des Heliums. Mitteilungen a. d. Physikalischen Laboratorium der Universität Leiden 1908, Nr. 108. — Die Verwendbarkeit des Neons wird weiter verfolgt. Vgl. D. R. P. A., Nr. E 14965 v. 28. IX. 09.

lichen Molekulargeschwindigkeit ist eines der wenigen Gase, welches bei gewöhnlicher Temperatur einen positiven Jouleeffekt hat, so daß es sich also beim Ausströmen in den leeren Raum erwärmt; erst zwischen -70 und -110 Grad ¹⁾

liegt seine Inversionstemperatur, unterhalb welcher der Jouleeffekt normal, d. h. negativ wird. Diese Eigenschaft des Wasserstoffgases bringt es mit sich, daß sich Preßwasserstoff bei Verminderung des Druckes nach meinen Versuchen nur um sehr kleine Beträge abkühlt.

Ich will nicht näher auf meine eigenen Versuche eingehen, welche teilweise mit gütiger Unterstützung der chemischen Fabrik Griesheim a. M. ausgeführt worden sind. Denn diese haben zwar gezeigt, daß es theoretisch möglich ist, trotz der ungünstigen Lage des Jouleeffektes auf die einfache Expansion des Wasserstoffgases einen Verflüssiger zu begründen, aber die praktischen Schwierigkeiten der Ausführung haben sich als zu groß erwiesen. Auch die Idee von G. Claude ²⁾, Preßwasserstoff unter mechanischer Ausnutzung seiner Druckenergie in flüssigen Wasserstoff zu verwandeln, ist noch nicht spruchreif, denn sie hat nur dann Aussicht auf Verwirklichung, wenn sie in ungeheurem Maßstabe ausgeführt werden kann. Um in unserm Bilde zu bleiben: Claude will die Flugmaschinen alle vor schwere Güterzüge spannen, Lasten mit ihnen befördern und sie auf diese Weise allmählich zum Stillstand bringen. In einem späteren Stadium der industriellen Entwicklung kann diese Idee vielleicht von unberechenbarem Nutzen sein, da sie die Verflüssigung des Wasserstoffs fast kostenlos verspricht. Für die Gegenwart können wir uns aber nur an bereits erprobte Methoden halten,

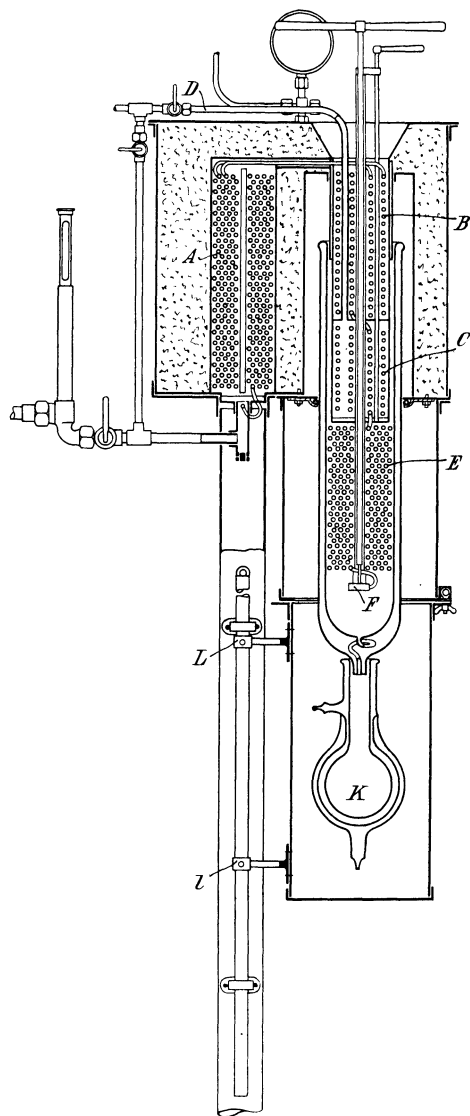


Fig. 2.

Wasserstoffverflüssiger nach Travers.

¹⁾ Neue Untersuchungen von J. P. Dalton (Mitteilungen a. d. Physikalischen Laboratorium der Universität Leiden 1909, Nr. 109) haben ergeben, daß die Inversionstemperatur mit wachsender Druckdifferenz abnimmt.

²⁾ Vgl. Comptes rendus de l'Académie des Sciences vom 20. November 1905 und vom 12. Oktober 1908.

welche auch vollkommen genügen, um Quanten bis zu 100 000 cbm täglich (und um größere wird es sich im nächsten Jahrzehnt kaum handeln) zu verflüssigen. Freilich bedarf es dabei einer Übertragung der bis jetzt nur in minimaler Ausführung konstruierten Apparate in einen technischen Großbetrieb von insgesamt etwa 15 000 PS.

Für die Verflüssigung des Wasserstoffs im Laboratorium sind bis jetzt drei verschiedene Systeme bekannt geworden und es gilt nun, von diesen das für technische Zwecke geeignete auszusuchen.

Fig. 2 zeigt den Wasserstoffverflüssiger von Travers¹⁾ in einer verbesserten Form, wie er gegenwärtig durch die British Oxygen Company in London in den Handel gebracht wird. Das auf 150—200 Atmosphären zusammgedrückte Wasserstoffgas tritt am unteren Ende der Kammer A in ein System von Schlangenrohren ein, welche durch kaltes Wasserstoffgas umspült werden, das aus dem Verflüssiger in expandiertem Zustande zum Gasbehälter zurückkehrt. Der so vorgekühlte Preßwasserstoff tritt oben in die Kammer B ein, die durch Einfüllen von flüssiger Luft auf eine Temperatur von etwa -190 Grad gebracht wird; dann in eine Kammer C, in welcher eine Temperatur von unter -200 Grad dadurch erhalten wird, daß man flüssige Luft unter vermindertem Drucke darin sieden läßt. Ist so durch die drei Spiralen in A, B, C der Preßwasserstoff genügend vorgekühlt, so läßt man ihn in die vierte Spirale E eintreten, an deren Ende sich das Ventil F befindet. Das verflüssigte Wasserstoffgas sammelt man in dem dreiwandigen Weinholdschen Gefäße K, während der nicht verflüssigte Wasserstoff durch einen Kompressor im Kreislauf immer wieder dem Verflüssiger zugeführt wird. Der Verflüssiger braucht etwa 5 Liter flüssige Luft für jedes Liter erzeugten flüssigen Wasserstoffs und kann mit einem Kraftaufwande von etwa 13 Pferdekraften wohl 2 Liter flüssigen Wasserstoffs in der Stunde machen, aber nicht kontinuierlich. Nach kurzer Zeit, spätestens nach einigen

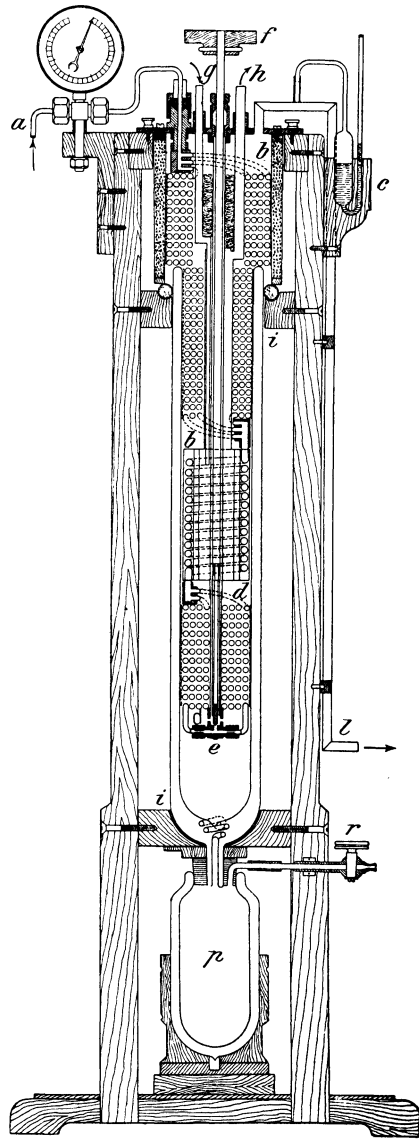


Fig. 3.

Wasserstoffverflüssiger nach Olszewski.

¹⁾ Travers, Experimentelle Untersuchung von Gasen (Braunschweig 1905), S. 204—217.

Stunden, tritt unfehlbar eine Verstopfung der engen Schlangenrohre ein. Es kann das nicht wundernehmen, wenn man bedenkt, daß der Luftstickstoff, welcher sich jedem im technischen Maßstabe erzeugten Gase, also auch dem Wasserstoffgase unvermeidlich in geringem Maße beimengt, bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs eine steinharte Krystallmasse bildet. Auch ist an dem Apparate auszusetzen, daß die Regulierung des Ventils V, welches das Zutropfen flüssiger Luft aus B. nach C vermittelt, ganz nach

Gutdüngen geschehen muß. Man hat kein Mittel, sich von dem Stande der in C befindlichen flüssigen Luft zu überzeugen, auch sind keine Thermolemente eingeschaltet durch welche man ein Bild von den in den verschiedenen Kammern herrschenden Temperaturen gewinnen würde. Diese Mängel verursachen naturgemäß eine Verschwendung sowohl hinsichtlich des Verbrauchs an flüssiger Luft als auch bezüglich des Energieverbrauchs.

Ein weiteres Verfahren zur Wasserstoffverflüssigung ist durch Olszewski ¹⁾ bekannt geworden (Fig. 3). Der Apparat ist sehr sauber und kompendiös gebaut, zeichnet sich auch durch Billigkeit aus. Er benutzt aber als Kühlmittel lediglich flüssige Luft unter gewöhnlichem Atmosphärendruck, deren Siedepunkt bei -190^0 liegt. Diese Temperatur liegt nicht weit genug unter der Inversionstemperatur des Wasserstoffs, der Jouleeffekt ist daher noch nicht kräftig genug negativ, und hiermit sind wieder Verluste an Energie verbunden. Olszewskis Apparat gibt daher auch keine günstigere Ausbeute als derjenige von Travers. Auch er leidet an dem Mangel, daß die minimalen Verunreinigungen, welche jedem Wasserstoffgase anhaften, wie man es auch bereiten möge, über kurz oder lang den Apparat immer verstopfen. Ein kontinuierliches Arbeiten über einige Stunden hinaus ist damit unmöglich, und damit scheidet auch dieser Apparat aus der Reihe derjenigen aus, mit deren Hilfe eine technische Verflüssigung des Wasserstoffgases erwartet werden kann.

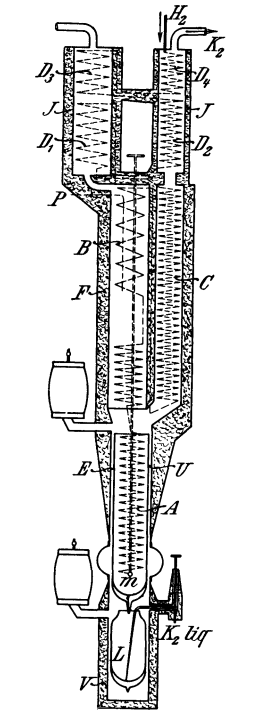


Fig. 4.

Wasserstoffverflüssiger
von
Kamerlingh Onnes
(Ältere Form).

Der einzige Apparat, welcher von diesen Mängeln frei ist und eine kontinuierliche Verflüssigung des Wasserstoffs gestattet ist derjenige von Kamerlingh Onnes ²⁾, der in Fig. 4 in seiner ursprünglichen und in Fig. 5 in seiner neuesten Form abgebildet ist. Auch Kamerlingh Onnes kühlt den Preßwasserstoff zunächst nach dem Gegenstromprinzip ab und zwar in dem oben seitlich angeschlossenen Vorkühler. Aus diesem Vorkühler tritt das Spiralrohr unten aus und oben in die Flüssige-Luft-

¹⁾ Die Verflüssigung der Gase, eine historische Skizze. Krakau 1908 (Extrait du Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, Sciences mathématique et naturelles, Mai 1908).

²⁾ Mitteilungen aus dem Physikalischen Laboratorium der Universität Leiden 1906. Nr. 94 ff; Verslagen van de Afdeeling Natuurkunde der Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam, 30. Juni 1906, p. 109—123.

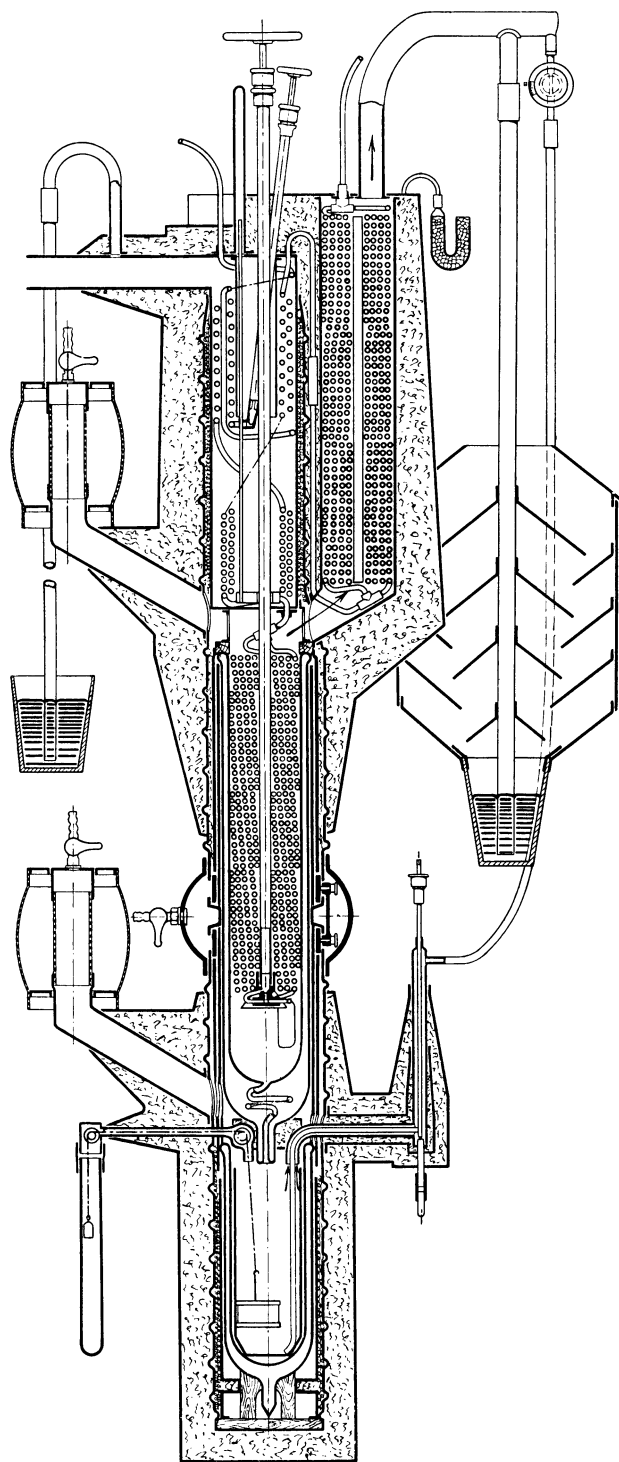


Fig. 5.

Wasserstoffverflüssiger von Kamerlingh Onnes.

Kammer ein, welche oben in der Mitte angeordnet ist. In dem unteren abgedrosselten Teile dieser Kammer siedet die Luft unter dem Drucke von nur wenigen Zentimetern; dieses hohe Vakuum wird durch eine Burckhardt-Weißsche Pumpe ¹⁾ aufrecht erhalten. Wenn also der Wasserstoff im weiteren Verlauf der Schlangenrohrwicklungen diese Vakuumkammer verläßt, um in den eigentlichen Verflüssiger einzutreten, der in einen Weinholdschen Zylinder eingebettet und wieder nach dem Gegenstromprinzip konstruiert ist, so wird seine Temperatur mindestens schon auf -220 Grad heruntergegangen sein. Die Expansion durch das Ventil am unteren Ende dieses Gegenstromapparates tut das übrige.

Was man sonst noch auf dem Bilde sieht, sind Nebensachen, die bei einer Übertragung in die Technik wohl noch eine Abänderung erleiden dürften. Der flüssige Wasserstoff läuft durch ein in die unteren Wandungen des Doppelzylinders eingeschmolzenes kleines Spiralarrohr (welches den Apparat sehr zerbrechlich macht) in einen zweiten Vakuumzylinder herab, der mit Schwimmer und Abzapfvorrichtung versehen ist.

Ein sehr wichtiger Teil der Anlage von Kamerlingh Onnes ist dagegen der in Fig. 6 dargestellte Wasserstoffreiniger. Aller in den Hauptapparat eintretende Wasserstoff wird vorher durch fraktionierte Destillation von sämtlichen Beimengungen gesäubert. Kamerlingh Onnes verlangt von seinem Wasserstoff eine Reinheit von mehr als 99,90%; die Verunreinigungen, wesentlich Stickstoff, hinterbleiben in dem Destillationsapparat (Fig. 6) als feste Krystallmasse, und es dürfte wohl keine besonderen Schwierigkeiten bereiten,

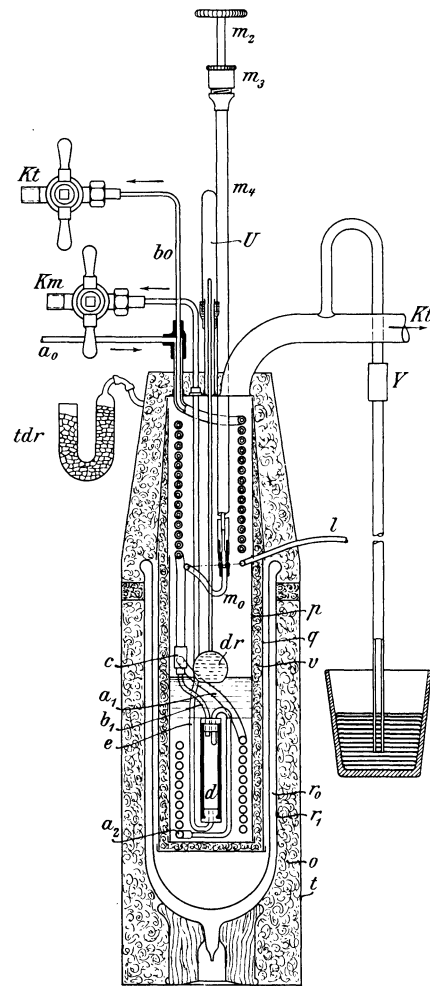


Fig. 6.

Wasserstoffreiniger nach
Kamerlingh Onnes.

diesen oder einen ähnlichen Destillationsapparat so einzurichten, daß er auch technischen Wasserstoff von geringer Reinheit noch zu verarbeiten vermag. Freilich muß man dafür Sorge tragen, daß die abgeschiedene Krystallmasse immer auf der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs bleibt, so lange sie nicht aus dem Apparate entfernt ist. Aber nur zu Anfang der Operation muß man eine größere Menge

¹⁾ Mitteilungen aus dem Physikalischen Laboratorium der Universität Leiden 1896, Nr. 23 und 1903, Nr. 83.

flüssigen Wasserstoffs in den Apparat hineingeben; später erzeugt er sich den flüssigen Wasserstoff nach dem Gegenstromprinzip immer wieder neu. Der Apparat von Kamerlingh Onnes arbeitet wesentlich ökonomischer als die bisher beschriebenen: pro Liter flüssigen Wasserstoff brauchen wir nur 3 PS und 2 Liter flüssige Luft zu rechnen.

Ehe wir nun zur Verwendung des flüssigen Wasserstoffs für die Ballonfüllung schreiten, wollen wir uns durch Wort und Bild ganz kurz seine wesentlichsten Eigenschaften in das Gedächtnis rufen. Flüssiger Wasserstoff nimmt nur den



Fig. 7.

Abwägen flüssiger Gase auf der Tarirwage.

achthundertsten Teil des Volumens des Wasserstoffgases ein; mit einem einzigen Kubikmeter davon können wir einen stattlichen Ballon füllen, der bequem drei Menschen und einen reichlichen Ballastvorrat zu tragen vermag. Dabei ist doch der flüssige Wasserstoff der leichteste von allen flüssigen Körpern; ein Mann kann einen Kubikmeter davon forttragen, denn er wiegt nur 60 kg. Aufbewahren läßt sich diese Flüssigkeit aber sehr gut in den gewöhnlichen versilberten Weinholdschen Flaschen, wenn diese nur sorgfältig genug evakuiert sind. Man deckt nur diese Flaschen, um das Hineinfallen von Luft zu vermeiden, lose mit Watte oder noch besser mit leichten Kappen aus Glas, Papier oder Celluloid zu. Da in diesen Gefäßen kein Druck herrscht, bieten sie nicht die Gefahren, welche die eiserne Bombe mit sich bringt. (Vgl. Seite 31.) Das Umfüllen und Abfüllen kann man indes bei einiger Gewandtheit ruhig in derselben einfachen Weise ausführen, wie wir es bei der flüssigen Luft gewöhnt sind (Fig. 7). Will man ganz besonders vorsichtig sein, so führt man das Umgießen unter einer Kappe aus (Fig. 8). Diese überaus einfache Operation

bewirkt gleichzeitig eine treffliche Reinigung des Wasserstoffs: alle möglichen Verunreinigungen des Wasserstoffs wie Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxyd, Eis liegen als ganz schwere sandige Pulver auf dem Boden der Flasche. Sie wirbeln selbst beim Umschütteln nicht auf und bleiben beim Abgießen der Flüssigkeit vollständig zurück. Die Verwendung flüssigen Wasserstoffs ist demnach das einzige Verfahren, welches dem Luftschiffer unter allen Umständen eine Füllung mit 100 prozentigem Wasserstoff garantiert. Der Gewinn, der dadurch

hinsichtlich des Auftriebes erzielt wird, ist namentlich für schnell fahrende Motorluftschiffe gar nicht hoch genug einzuschätzen.

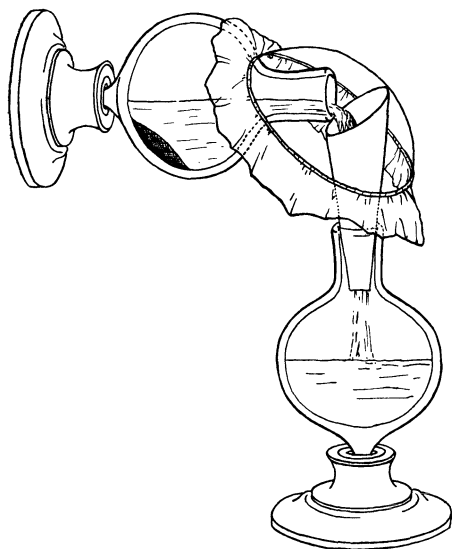


Fig. 8.

Umgießen von flüssigem Wasserstoff.

Was nun den Transport anbetrifft, so zeigt sich jedenfalls eine außerordentliche Überlegenheit gegenüber dem bisherigen Verfahren. Für einen ziemlich kleinen Ballon von 600 cbm (2—3 Mann) brauchen wir nach dem Druckflaschensystem 7 Wagen mit je 20 Stahlflaschen, in denen der Wasserstoff sich unter dem nicht ungefährlichen Drucke von 150 Atmosphären befindet. $\frac{3}{4}$ cbm flüssiger Wasserstoff, in Weinholdschen 10-Liter-Flaschen verpackt, würde dagegen nebst Verpackung insgesamt nicht mehr als 200 kg wiegen. Der Einwand, daß solche Flaschen zu leicht zerbrechlich wären, ist hinfällig. Neuerdings hat man solche Vakuumflaschen konstruiert, deren Wan-

dungen durch eine Reihe von Stützpunkten miteinander verbunden sind. Werden solche Gefäße von Tischhöhe auf den Boden geworfen, so zerbrechen sie nicht. Es ist also gar nicht einzusehen, warum in solchen Flaschen nicht flüssiger Wasserstoff versandt werden sollte, da doch weit weniger harmlose Flüssigkeiten, z. B. ätzende Säuren, zu vielen Zentnern täglich in Glasballons die Bahn passieren.

Die Wiedervergasung des flüssigen Wasserstoffs an der Verbrauchsstelle bietet gar keine Schwierigkeiten, da dieser Flüssigkeit eine sehr niedrige Verdampfungswärme eigen ist. Für kleine Mengen wird man sich des Apparates bedienen, den Fig. 9 in der Gesamtansicht und Fig. 10 im Durchschnitt zeigen. Dieser Apparat hat sich für Sauerstoff bereits bewährt und ist in erster Linie für die Atmung der Luftschiffer in großen Höhen bestimmt ¹⁾. Er kann aber ebenso gut für andere verflüssigte Gase, z. B. für Wasserstoff, benutzt werden. Handelt es sich um die Vergasung größerer Mengen flüssigen Wasserstoffs, z. B. um Ballonfüllungen, so wird man Beutel aus Ballonstoff benutzen, wie ich sie schon vor 6 Jahren

¹⁾ Der Apparat wird geliefert von R. Gradenwitz, Berlin, Dresdener Str. 38.

beschrieben habe ¹⁾. Solche Beutel können auch zu einem kurzen Transport des flüssigen Wasserstoffs, z. B. von dem Wagen mit Weinholdschen Flaschen bis zum Ballon, Verwendung finden.

Sollen derartige Beutel zum weiteren Transport des flüssigen Wasserstoffs dienen, so empfiehlt es sich ihnen eine Form zu geben, welche durch Fig. 11 und 12 erläutert wird ²⁾. B (Fig. 12) wird durch W mit dem flüssigen Wasserstoff gefüllt. Kann der Beutel so aufgehängt werden, daß er sich nicht umdreht, so ist es zweck-

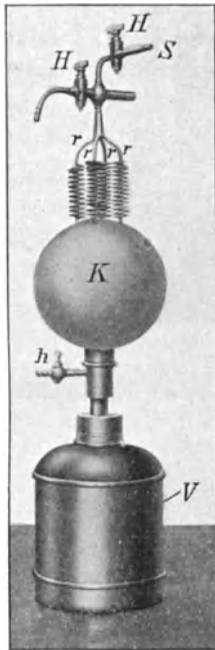


Fig. 9.

Erdmanns Apparat zur Erzeugung regulierbarer Gasströme aus flüssigen Gasen
(Gesamtansicht und Durchschnitt).

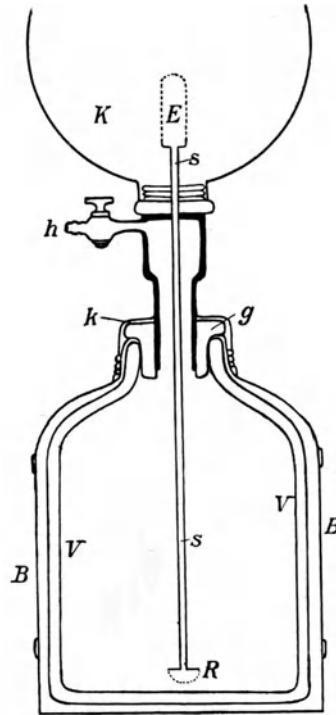


Fig. 10.

mäßig, die für flüssige Luft empfohlene Einbringung von Watte in B zu unterlassen, falls man nicht (infolge der spezifischen Wärme der Watte, die im Verhältnis zur Verdampfungswärme des Wasserstoffs beträchtlich ist) einen Teil des Wasserstoffvorrats gleich beim Umfüllen in Gasform zu erhalten wünscht. Flüssiger Wasserstoff neigt nämlich infolge seines niedrigen spezifischen Gewichtes ganz auffallend wenig zur Wellenbildung oder zum Verspritzen. Bei dem ersten größeren Versuche über den Eisenbahntransport von flüssigem Wasserstoff, den ich in der

¹⁾ Bericht des V. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie zu Berlin 1903, Band 1, 674.

²⁾ Kleine Abänderungen dieser Konstruktion bleiben vorbehalten. Vgl. Piccard, Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt 1909, XIII, 898.

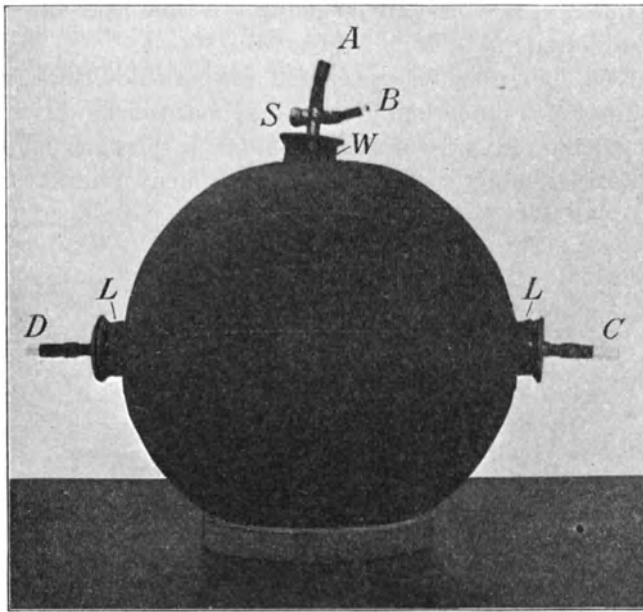


Fig. 11.

Beutel zum Transport und zur Vergasung von Wasserstoff (Außenansicht).

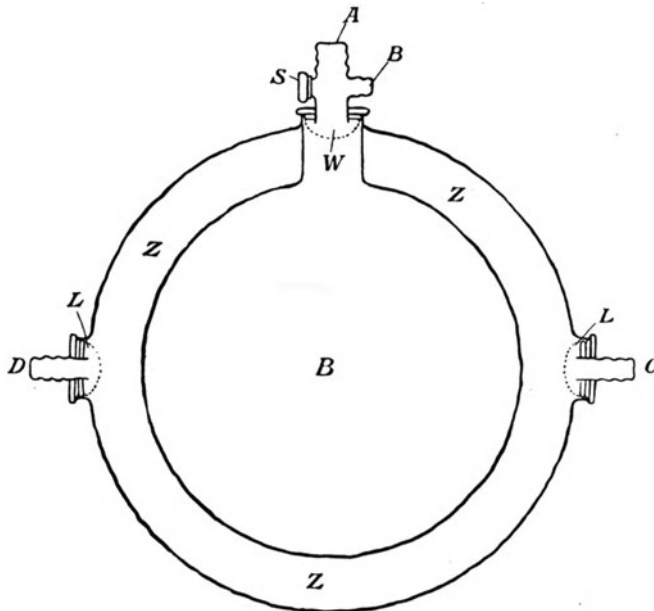


Fig. 12.

Beutel zum Transport und zur Vergasung von Wasserstoff (Durchschnitt).

Nacht vom 24. zum 25. Februar 1909 ausführte, wurden 4 Liter flüssiger Wasserstoff in zwei Gefäßen 685 km weit transportiert und dabei rund 3 Liter an Ort und Stelle gebracht. Die weitere Beobachtung der beiden zum Transport benutzten Weinholdschen Gefäße, von denen namentlich das eine keineswegs einwandfrei war, ergab dann, daß der flüssige Wasserstoff gegen Erschütterungen beim Transport entschieden weniger empfindlich ist als die flüssige Luft.

Nach dem Einfüllen des flüssigen Wasserstoffs in den Ball (Fig. 11 und 12) erhält man bei A einen regelmäßigen Strom von Wasserstoffgas, der beliebig verstärkt werden kann, wenn man durch den Zwischenraum Z des doppelwandigen Balles von C nach D Luft hindurch bläst, was mittels eines Gummihandgebläses oder eines Ventilators bequem geschehen kann. Wünscht man dagegen den flüssigen Wasserstoff in dem Balle möglichst lange zu erhalten, so schließt man A und verbindet B mit C, so daß sich der Zwischenraum Z mit kühlem trockenem Wasserstoffgase füllt. Unter diesen Verhältnissen wirken die in diesem Zwischenraume enthaltenen Eiderdaunen als gute Wärme-Isolatoren selbst gegenüber dem schroffen Temperaturabfall von der Lufttemperatur bis zu einer Innentemperatur des Balles von -253 Grad, denn dies ist die Siedetemperatur des flüssigen Wasserstoffs. Eine gewisse Menge Wasserstoffgas wird freilich auch bei dieser Anordnung stetig aus D austreten. Aber dies ist kein Fehler, denn erstens wird der Verlust relativ um so kleiner, je größer wir den Ball wählen, und zweitens ist dieser Ball in erster Linie zur Mitnahme flüssigen Wasserstoffs im Ballon bestimmt. Im Ballon hat man aber ohnehin mit ständigen Gasverlusten zu rechnen, für die hier ein willkommener Ersatz geboten wird.

Können wir denn aber ohne Gefahr des Erstarrens den flüssigen Wasserstoff auf erhebliche Höhen im Ballon mitnehmen? Auf diese Frage gibt Ihnen Fig. 13 die Antwort. Hier sehen Sie Wasserstoff, der im flüssigen Zustande in eine dreiwandige Flasche gefüllt und dann unter dem Einflusse eines stark luftverdünnten Raumes zu Krystallen erstarrt ist. Er zeigt nun beim Einsenken eines Thermometers eine Temperatur von -259 Grad. Indessen tritt dieses Festwerden erst bei Drucken unter 54 mm ein, beim Ballonfahren kann also hieraus eine Verlegenheit unter keinen Umständen erwachsen, da die Drucke in den höchsten von Luftschiffern erreichten Schichten nicht unter 200 mm heruntergehen.

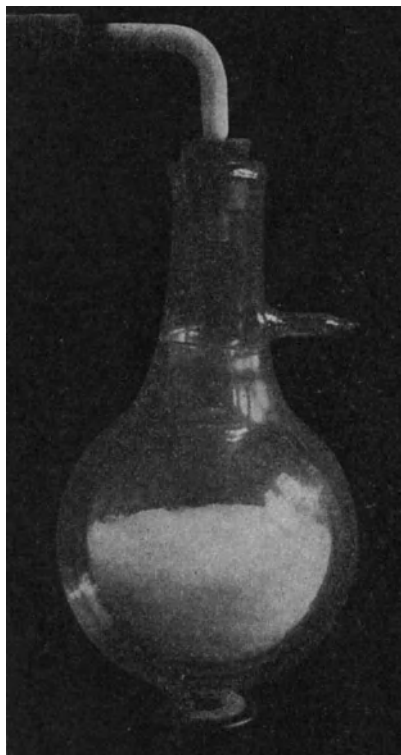


Fig. 13.
Fester Wasserstoff.

In einem vor dem Deutschen Aero-Klub gehaltenen Vortrage hatte ich bereits die Ehre, die Verwendung des flüssigen Wasserstoffs zur Erhaltung und Erhöhung der Tragfähigkeit von Luftschiffen während der Fahrt mittels eines Versuchsballons von 5 cbm Inhalt zu demonstrieren ¹⁾. Die dabei zur Verwendung gekommene Versuchsanordnung zeigt Fig. 14 im Durchschnitt. In die Weinholdsche Flasche F mit flüssigem Wasserstoff, welche an der Stelle des Ballonringes über dem Korb

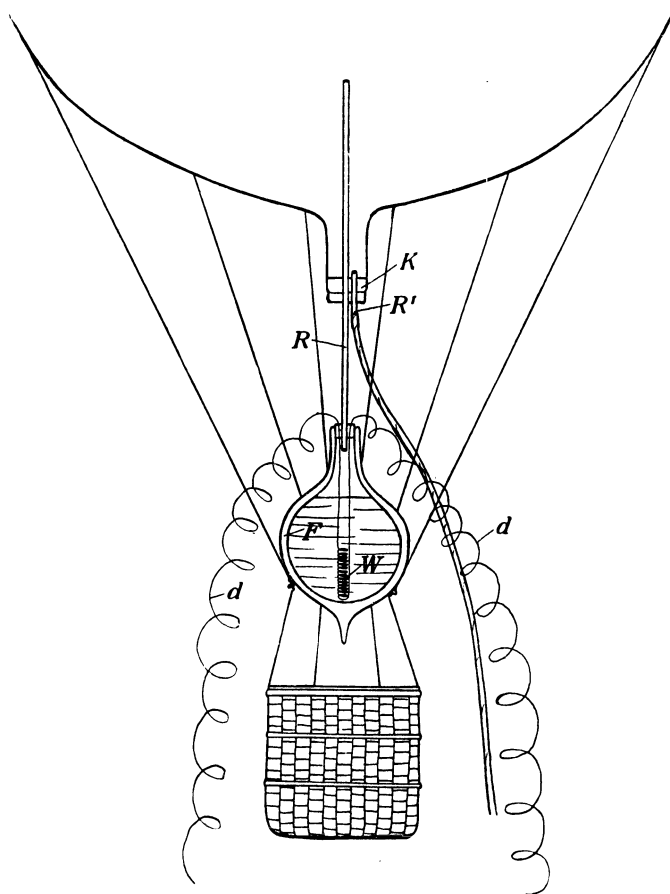


Fig. 14.

Erhaltung der Tragfähigkeit eines schwebenden Ballons durch Vergasung flüssigen Wasserstoffs.

des Versuchsballons befestigt war, wurde ein Widerstand W aus Konstantandraht als Heizkörper eingefügt. Wenn nun die Tragfähigkeit des Ballons erhöht werden sollte, wurde durch die Kupferdrähte dd ein elektrischer Strom gesandt, welcher den Widerstand W erhitzte und dadurch eine entsprechende Menge Wasserstoff zum Sieden brachte. Das so gebildete Wasserstoffgas wurde durch das Rohr R dem Ballon zugeführt und machte den schlapp gewordenen Ballon in kurzer Zeit

¹⁾ Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt 1909, Seite 224.

wieder prall. Die schlecht gewordenen schwersten Teile des Ballongases konnten durch das Rohr R abgelassen werden. Mein letztes Bild gibt ihnen ein Photogramm des in dieser Weise zum Steigen gebrachten, nunmehr frei schwebenden Versuchsballons.

Dies, meine Herren, waren nur Vorversuche im geschlossenen Raume, um die technische Ausführbarkeit meines Verfahrens zu erweisen. Aber in nicht zu langer Frist hoffe ich den ersten Flug im Freiballon mit flüssigem Wasserstoff zu unternehmen.

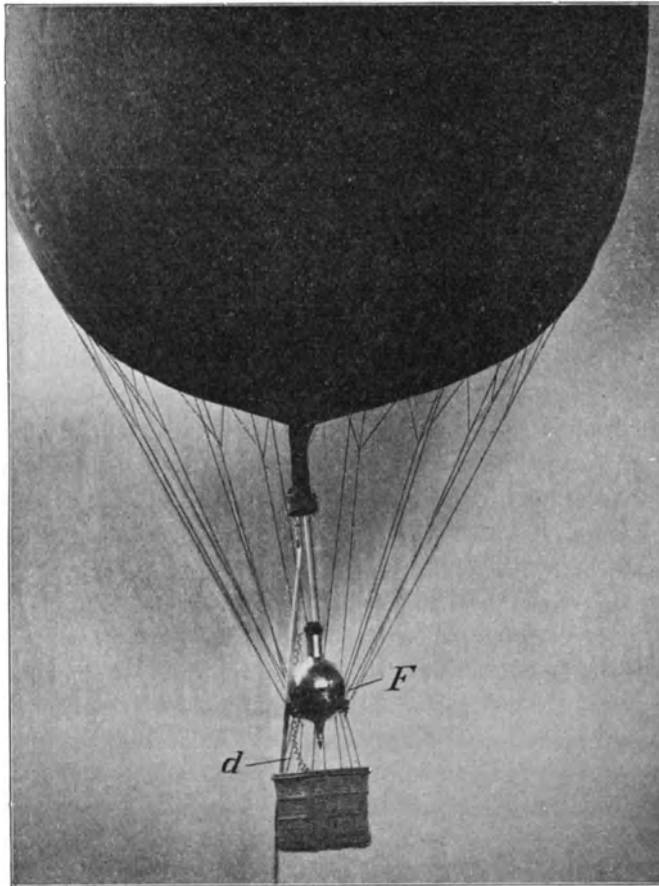


Fig. 15.

Erhaltung der Tragfähigkeit eines schwebenden Ballons durch Vergasung flüssigen Wasserstoffs. *F* Versilberte Weinholdsche Flasche mit flüssigem Wasserstoff; *W* Widerstandspule aus Konstantandraht; *d d* Zuleitungsdrähte von den Akkumulatoren.

V. Navigation in der Luft.

Von

Professor Dr. **Adolf Marcuse**-Berlin.

Bei der wahrhaft großartigen Entwicklung der Luftschiffahrt ist gegenwärtig die aeronautische Ortsbestimmung eine der wichtigsten Aufgaben geworden, ähnlich wie für die moderne Seeschiffahrt die Kunst der richtigen Navigierung dies schon seit langer Zeit ist. Nicht mit Unrecht hat man als Mutterwissenschaft der Schiffahrt die Astronomie bezeichnet, weil sie allein die Möglichkeit bietet, aus den Stellungen der Gestirne am Firmament Ortsbestimmungen, Zeitschätzungen und Richtungsermittlungen bei Fortbewegung auf der Erde auszuführen. War es doch schon seit den ältesten Zeiten dem Menschen zum Bewußtsein gekommen, daß jenes die Erde scheinbar konzentrisch umgebende Himmelsgewölbe eine große Uhr sei, deren Zifferblatt durch die Sterne, deren bewegliche Zeiger durch Sonne, Mond und Planeten gebildet werden. Aber für die Luftschiffahrt, den jüngsten und stolzesten Zweig menschlicher Technik, schien die Astronomie bis vor kurzem nur stiefmütterliche Gefühle zu haben, wie auch in der Aeronautik selbst eine astronomische Ortsbestimmung im Ballon noch bis vor wenigen Jahren für nebensächlich galt. Jetzt aber liegen die Verhältnisse anders, seit Hoch-, Weit- und Dauerfahrten im Freiballon über Wolken, Nebel und während der Nacht stattfinden, seit lange Fahrten im lenkbaren Luftschiff für strategische Zwecke über Land und Meer ausgeführt, ja sogar in Form aeronautischer Forschungsreisen nach polaren Erdregionen geplant werden. Nunmehr muß im Interesse der Sicherheit und Weiterentwicklung der Luftschiffahrt unbedingt gefordert werden, daß jeder Ballonführer außer mit der technischen Handhabung des Luftschiffes auch mit der vollständigen astronomisch-geographischen Orientierung des Ballons vertraut ist, ebenso wie es niemandem einfallen würde, sich einem Schiffe ohne astronomische Navigation anzuvertrauen.

Sehen wir nun zu, ob die Astronomie als Mutterwissenschaft leistet, was die Luftschiffahrt verlangt.

Eine Ballonfahrt mit Anblick der festen Erdoberfläche gleicht der Schiffahrt in Sicht der Küste, wo einfache, alsbald noch näher zu erörternde Orientierungen nach guten Karten mit gelegentlichen Peilungen auf kartographisch festgelegte Objekte genügen. Ist aber, wie so häufig, die Erdoberfläche für den Beobachter in der Gondel durch Wolken, Nebel oder Dunkelheit verdeckt, oder befindet sich der Ballon über dem Meere, so bleibt dem Luftschiffer ebenso wie dem Schiffsführer auf hoher See nichts weiter übrig, als sich mit Hilfe von Gestirnmessungen astronomisch zu orientieren. Derartige astronomische Positionsbestimmungen in be-

liebiger Höhe über der Erdoberfläche, auf welche gleichfalls noch näher eingegangen werden soll, sind nicht nur zur Entscheidung über eine etwaige Landung ohne unnütze Opfer von Gas und Ballast geboten, sondern dienen vor allem auch zur wichtigen Bestimmung der Fahrtrichtung im Freiballon, deren anderweitige Festlegung auch mit dem Kompaß einfach versagt, sobald die Orientierung nach unten aufhört. Denn nur in dem Falle, daß das ausgeworfene Schleppseil den Boden oder das Wasser berührt und dadurch die fortwährende Drehung des Freiballons um seine Längsachse aufhört, stellt sich die Gondel mit konstanter Vorwärtsrichtung ein, so daß alsdann der Kompaß auch ohne Orientierung nach unten die Fahrtrichtung angibt. In mancher Hinsicht ähnlich liegt die Sache bei unsichtiger Erdoberfläche auch für den Motorballon, der zwar stets mit bekannter Vorwärtsrichtung nach dem Kompaß gesteuert werden kann, dessen Windabtrift oder Versetzung aber, bei fehlender Orientierung nach unten, nicht mit Sicherheit zu bestimmen ist, wenn nicht eine astronomische Orientierung alsdann helfend eintritt und die wahre Fahrtrichtung sowie die Distanz gegen den Aufstiegsort festlegt. In diesem Falle ergibt sich unzweideutig die Resultante der Bewegung des Luftschiffes, und aus ihr in Verbindung mit der durch die Motorkraft gegebenen einen Bewegungskomponente läßt sich die andere Komponente, nämlich die jeweilige Windwirkung, einfach herleiten.

Es bleibt endlich in diesem einleitenden Überblick noch der letzte Fall zu betrachten übrig, daß weder die Erdoberfläche noch der Himmel sichtbar sind, daß also das Luftfahrzeug in einer nach unten wie oben undurchsichtigen Atmosphäre sich bewegt, ein Fall, der nicht so selten vorkommt. Alsdann kann man den Ballon auch, wenigstens in Richtung der geographischen Breite, orientieren, denn man vermag durch besondere erdmagnetische Messungen in der Gondel festzustellen, ob und mit welcher Geschwindigkeit das Luftfahrzeug nach Norden oder Süden sich bewegt. Diese im Notfalle mitten in Wolken oder Nebel anzuwendende magnetische Ortsbestimmung, über deren neueste erfolgreiche Durchführung gleichfalls noch näheres mitgeteilt werden soll, kann besonders in Deutschland sehr wichtig werden, um für Luftfahrten in nördlicher Richtung auch bei ganz undurchsichtiger Atmosphäre rechtzeitig eine Annäherung an die Küste der Ost- oder Nordsee zu merken.

Wir haben somit als Schlußresultat unserer bisherigen Überlegung im Luftfahrzeug drei Arten von Orientierungen: die kartographische, die astronomische und die magnetische, oder wir können in der Aeronautik von einer terrestrischen, einer astronomischen und einer magnetischen Navigation sprechen, deren Grundzüge und letzte Entwicklungen (bis Oktober 1909) nunmehr in den wichtigeren Zügen erörtert werden sollen, allerdings unter besonderer Betonung der beiden neuesten Zweige derselben, nämlich der astronomischen und magnetischen Aeronautik.

Die kartographische oder terrestrische Aero-Navigation kann unter normalen Verhältnissen für die einfachste gelten, wenn auch diese besondere Art von „Ballon-Geographie“ an Auge und Auffassung des Beobachters im Korbe recht erhebliche und meist erst durch längere Übung erfüllbare Anforderungen stellt. Sie beschränkt sich im Freiballon auf die Ortsbestimmung nach guten Übersichts- und Spezialkarten, wobei die Fahrtrichtung durch Ein-

zeichnen von Anfang an festgelegt und die Geschwindigkeit durch Absteckung der durchflogenen Distanz auf der Karte mit Beobachtung der Uhrzeiten möglichst genau ermittelt werden muß. Daß der Ballonführer im Unterschiede zum Seemann — abgesehen von der Führung des modernen Unterseeboots — hierbei auch auf die Bewegung seines Fahrzeuges in der vertikalen Richtung genau zu achten hat, ist eine selbstverständliche Forderung der Ballontechnik. Für die Führung von Luftschiffen kommt es bei der terrestrischen Navigation in erster Linie auf das Fahren nach Landmarken an, da man bei sichtbarer Erde ein gegebenes Ziel, allerdings stets auch mit Berücksichtigung der jeweiligen meteorologischen Verhältnisse, am einfachsten erreicht, wenn man nach der Karte den vom Winde beeinflussten Kurs regelt. Für die Navigation von Luftschiffen bei sichtbarer Erdoberfläche gibt es ein klares Grundgesetz¹⁾ über das Fahren eines Luftschiffes bei Wind, in welchem die drei maßgebenden Komponenten, nämlich der gesteuerte Kurs, der faktisch gefahrene Kurs und die Windrichtung gleichmäßig berücksichtigt sind. Dieses Grundgesetz für die Seitennavigation von Motorballons, welches bei allen Zielfahrten zu beachten ist, läßt sich folgendermaßen formulieren:

Der Ort des mit Eigenbewegung und bei bekanntem Winde für ein bestimmtes Zeitintervall geradeaus fahrenden Luftschiffes liegt auf einem Kreise. Der Halbmesser des letzteren ist gleich dem mit dem Motor in demselben Intervall zurückgelegten Wege des Luftschiffs, und sein Mittelpunkt liegt gegen den Abfahrtsort in der Richtung verschoben, nach welcher der Wind weht. Der Betrag dieser Verschiebung ist gleich der Wegstrecke, die der Wind in dem gleichen Zeitintervall zurückgelegt hat.

Im Anschluß an dieses Gesetz dient zur praktischen Navigation von Luftschiffen ein einfaches Hilfsinstrument²⁾, welches u. a. schon von Mr. Rotch, vom Grafen Zeppelin und von Oberleutnant Geerditz benutzt wurde. Dasselbe besteht aus einer gewöhnlichen Kompaßscheibe mit Windrose, auf welcher drei mit Maßeinteilung versehene Zeiger in demselben Zentrum drehbar angebracht sind. Einer stellt den im Luftschiff gesteuerten Kurs, der zweite den faktisch vom Luftschiff gefahrenen Kurs und der dritte die Windrichtung dar. Am Endpunkte des ersten oder Steuerkurs-Zeigers ist noch ein drehbarer und geteilter Schenkel angesetzt, während auf dem dritten oder Windrichtungs-Zeiger ausserdem ein verschiebbarer, mit dem ersten gleichlanger Schenkel befestigt ist. Mit diesem Instrument lassen sich alle faktischen Aufgaben der terrestrischen Navigation von Luftschiffen bei sichtbarer Erde und mit vorhandener Karte lösen, da man Steuerwinkel und Versetzungswinkel leicht einstellen kann.

Endlich liegt auch für die terrestrische Führung von Luftschiffen bei sichtbarer Erde, aber bei fehlendem Kartenmaterial, also z. B. bei Luftfahrten über das Meer oder etwa das Polareis, ein wertvolles Verfahren vor.³⁾ Bei demselben wird die in

¹⁾ v. Bassus, Aeron. Mitt. 1909, Heft 9; auch Moedebeck, Taschenbuch für Luftschiffer, Berlin 1904, S. 387ff.

²⁾ Dr. Eckener, Aeron. Mitt. 1908, Heft 11.

³⁾ Dr. Elias, Aeron. Mitt. 1909, Heft 5.

jenem Falle fragliche Richtung und Geschwindigkeit des ablenkenden Windes dadurch bestimmt, daß man den gesteuerten und den faktischen Kurs des Luftschiffes über der Erde bei zwei verschiedenen Kursen oder Geschwindigkeiten des Luftfahrzeuges mißt, wobei allerdings für Fahrten über Wasser, wenn markante Punkte fehlen, die betreffenden Winkel mit Benutzung z. B. eines nachschleppenden Wasserankers zu messen sind.

Am Schlusse dieses ersten Abschnittes, der nur ganz kurz über terrestrische Aero-Navigation handelt, sei noch auf einige neuere Einrichtungen und Vorschläge hingewiesen, die zur Sicherung und Erleichterung in der Führung von Luftfahrzeugen dienen. Der im Luftschiffe zu benutzende und vorher schon erwähnte Steuer-Kompaß, der zweckmäßig ein Fluid-Kompaß mit einer ziemlich weit vom Gefäßrande abstehenden Rose sein muß, um möglichste Stabilität bei den Drehungen des Luftschiffs zu gewährleisten, soll unter allen Umständen gegen den Einfluß der störenden Eisenmassen in der Gondel, also für die sogenannten Deviationsfehler, kompensiert werden. Die bis vor kurzem beliebte experimentelle Bestimmung der Deviationsfehler in verschiedenen Drehungsphasen des Luftschiffes am Lande und die Benutzung einer allein auf diesen Beobachtungen beruhenden Korrektions-tafel beim Steuern ist nicht ausreichend. Außerdem sollte der Steuerkompaß, wie an Bord von Seeschiffen, möglichst mit Einrichtungen versehen sein, die auch während der Fahrt eine astronomische Kontrolle der Deviation gestatten, was durch Anbringung geeigneter Peilvorrichtungen am Kompaß zu erzielen ist.

Ferner wurde in den letzten Jahren, insbesondere auf Anregung von Oberstleutnant M o e d e b e c k , mit der Herstellung besonderer aeronautischer Landkarten begonnen, die das Fahren wie Landen von Luftschiffen, Freiballons und Flugmaschinen möglichst gefahrlos machen sollen. Diese besonderen Luftschifferkarten, welche jedesmal die Generalstabskarte des Landes als Grundlage benutzen, sollen vor allem die Geländehöhen in verschiedenen Farben, Starkstromleitungen, hohe Türme, gefährliche Gelände usw. markieren. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß dadurch nicht etwa z. B. die durchaus notwendige direkte Bezeichnung von Starkstromleitungen auf der Erde z. B. durch farbiges Kennzeichnen der Masten überflüssig gemacht wird. Auch Dr. G a s s e r - Darmstadt hat zur Erleichterung der terrestrischen Navigation von Luftschiffen sehr wertvolle, auf eigenen Profilentwürfen beruhende, farbige aeronautische Landkarten mit erheblich größerem Maßstabe ausgearbeitet. Es wäre jedenfalls wünschenswert, wenn die hauptsächlich sportlichen und verkehrstechnischen Zwecken dienenden neuen Karten für Luftschiffer in einem einheitlichen und nicht zu kleinen Maßstabe hergestellt zur Verwendung kämen.

Außerdem ist an dieser Stelle noch der zur Sicherung der terrestrischen Navigation von Rittmeister von F r a n k e n b e r g gemachte und sehr beachtenswerte Vorschlag zu erwähnen, zur Orientierung für Luftschiffe und Freiballons bei nach unten sichtiger Luft an geeigneten Stellen der Erdoberfläche, z. B. auf Dächern, Türmen, Stationsgebäuden, Gasometern oder trigonometrischen Punkten den Ortsnamen in geeigneter Signatur deutlich zu kennzeichnen und nachts zu beleuchten.

Endlich sei noch der von Dr. L u x -Ludwigshafen geplanten „wellentelegraphischen Ortsbestimmung“ hier gedacht, bei welcher durch selbsttätig

ausgesandte Zeichen von einer größeren Reihe von Stationen eine genäherte Orientierung für solche Luftfahrzeuge beabsichtigt wird, die auch mit funken-telegraphischen Einrichtungen versehen sind.

* * *

Ich gehe nunmehr zum zweiten Abschnitte unseres Themas über, nämlich zur Besprechung der *astronomischen Aero-Navigation*, die bei nach unten versagender Orientierung, aber bei sichtbaren Gestirnen zur Ortsbestimmung des Luftfahrzeugs anzuwenden ist. Bis vor etwas über einem Jahre lag die „aeronautische Astronomie“ oder die Anwendung astronomischer Meß- und Rechenkunst auf die Luftschiffahrt noch immer in den Anfängen der Entwicklung trotz gelegentlich angestellter interessanter und auch teilweise gelungener Versuche, welche nach dieser Richtung hin von *Andrée, Berson, Elias, Favé, Lans, von Sigsfeld, de la Baume-Pluvinel, Scheimpflug, A. Wegener, Ramaldo* u. a. ausgeführt wurden, und obwohl sich selbst bereits vor fünf Jahren in meinem „Handbuch der geographischen Ortsbestimmung“ (Braunschweig, Viewegs Verlag) dieses wichtige Gebiet der aeronautisch-astronomischen Orientierung in einem besonderen Abschnitte nach der instrumentellen und methodischen Seite behandelt habe. Ich entschloß mich daher, im Sommer 1908 persönlich Ballonfahrten zum Studium der astronomischen Ortsbestimmung in der Gondel auszuführen, um meine früheren Vorschläge zur astronomischen Orientierung im Ballon auch für den praktischen Luftschiffer brauchbar, umfassend und doch möglichst einfach auszugestalten. Mit Genehmigung des Königl. Preuß. Kriegsministeriums stellte zu den hierfür notwendigen Tag- und Nachtfahrten der Kommandeur des Königl. Preuß. Luftschiffer-Bataillons, Herr Major *Groß*, die Militärballons in entgegenkommendster Weise zur Verfügung. Außerdem leistete der Offizier von der Versuchsabteilung der Königl. Verkehrstruppen, Herr Oberleutnant *F. Geerditz*, bei der praktischen und technischen Durchführung jener Arbeiten wichtige Hilfe. So entstand im Oktober 1908 die erste vollständige Anleitung zur astronomischen Ortsbestimmung im Ballon, welche Anfang 1909 mit 10 Rechentafeln und drei Übersichtskarten im Verlage von *Georg Reimer-Berlin* erschienen ist¹⁾. Im Frühling und Sommer dieses Jahres wurden alsdann mehrere Probefahrten mit Offizieren des Luftschifferbataillons ausgeführt; nachdem an einer derselben auch der Kommandeur Herr Major *Groß* teilgenommen hatte, richtete die Militärbehörde auf Vorschlag der Inspektion der Königl. Verkehrstruppen besondere Unterrichtskurse in astronomischer Aero-Navigation beim Luftschiffer-Bataillon ein, deren Abhaltung mir übertragen worden ist. Außerdem habe ich nach Möglichkeit auch für die astronomische Unterweisung von Zivil-Ballonführern Gelegenheit zu schaffen versucht, soweit dies ohne besondere offizielle Einrichtungen dieser Art überhaupt möglich ist, und zwar im Anschluß an meine akademischen

¹⁾ Das Buch „Astronomische Ortsbestimmung im Ballon“ sowie die zugehörigen Instrumente („Libellenquadrant“ von *Butenschön* und „Peilkompaß“ von *Bamberg* im *Parseval-Ballon*) waren vom Verleger und den betreffenden Mechanischen Werkstätten auf der „Ila“ zu *Frankfurt a. M.* auf meinen besonderen Wunsch „außer Wettbewerb“ ausgestellt.

Vorlesungen und Übungen über geographische Ortsbestimmungen im Wintersemester an der Universität (Institut für Meereskunde) und im Sommersemester an der Handelshochschule Berlin (Astronomische Beobachtungsstation). Im Sommer 1909 hatten sich auch bereits zehn Ballonführer an diesen Vorlesungen und Übungen beteiligt, die jedoch, besonders was den Instrumentenpark und die Beobachtungsstation im Institut für Meereskunde betrifft, erst noch viel weiter ausgestaltet werden müßten, damit sie vollen Nutzen bringen können. Auf der Handelshochschule Berlin reichen die räumlichen und instrumentellen Einrichtungen schon jetzt wesentlich besser aus.

Um zunächst das praktische, den Luftschiffer unmittelbar interessierende Resultat vorweg zu nehmen, sei erwähnt, daß bei den obengenannten militärischen Prüfungsfahrten eine vollständige astronomische Ortsbestimmung des Ballons in Breite und Länge sowohl am Tage als auch in der Nacht mit einem Gesamt-Arbeitsaufwand von ungefähr 5 Zeitminuten und mit einem mittleren Fehler von etwa 5 Bogenminuten gleich rund 8 km Genauigkeit geleistet werden konnte. Gegenwärtig dürfte es, wie wir alsbald sehen werden, gelungen sein, durch Vereinfachung der Rechnungen in der Gondel die Schnelligkeit und Sicherheit bei der Herleitung eines astronomischen Ballonortes noch etwas zu vergrößern. Doch bevor diese neuesten Verbesserungen besprochen werden, sei erst ganz kurz das Wesen jener astronomischen Orientierungsmethode im Ballon erörtert.

Nachts genügen Höhenmessungen an zwei hellen Fixsternen (Polarstern für Breite und Ostwest-Stern für Länge), gelegentlich auch am Monde und an den großen Planeten (Venus, Mars, Jupiter und Saturn) mit dem im Ballon erprobten Libellenquadranten (Beobachtungsfehler etwa 4') und nach einer zuverlässigen Taschenuhr, die während 24 Stunden mittlereuropäische oder bequemer Greenwicher Zeit (M.E.Z. — 1^h) bis auf mindestens 10 Sekunden festhält, eine von jeder leidlichen Ankeruhr erfüllbare Forderung.

Der Ballon-Libellenquadrant, welcher vom Mechaniker Butenschön (Bahrenfeld bei Hamburg) geliefert wird, ist neuerdings u. a. noch hinsichtlich der bequemen und wirksamen elektrischen Nachtbeleuchtung wesentlich verbessert worden. An dieser Stelle sei auch ein anderer Libellensextant als Balloninstrument erwähnt, der von Mix konstruiert und z. B. von de la Baumé-Pluvinel in der Gondel benutzt worden ist. Die Einrichtung dieses Instruments erscheint insofern vorteilhaft, als bei Schwankungen des Luftfahrzeuges die gespiegelte Libellenblase und das beobachtete Gestirn sich in demselben Sinne im Gesichtsfelde des Fernrohrs bewegen. Dagegen hat jenes nach Art des gewöhnlichen Spiegelsextanten konstruierte Instrument, abgesehen von größerer Unhandlichkeit und Kompliziertheit, den nicht unerheblichen Nachteil gegenüber dem Libellenquadranten, daß der variable Indexfehler jedesmal zu bestimmen ist, während er beim Libellenquadranten konstant bleibt. Außerdem wird beim Libellensextanten das Gestirn erst durch Drehen des großen Spiegels in das horizontal mit Einspielen der Libelle zu haltende Fernrohr gebracht, während beim Libellenquadranten das Fernrohr direkt auf das Gestirn gerichtet und alsdann die Blase zum Einspielen gebracht wird; letztere Beobachtungsart ist besonders für Sterne

wesentlich bequemer. Eine ähnliche, aber optisch wesentlich verbesserte Konstruktion wie der erwähnte Libellensextant weist auch der von Prof. S c h w a r z - s c h i l d - Göttingen angegebene Ballonsextant auf, der auf der „Ila“ in Frankfurt a. M. ausgestellt war. Gegenwärtig sind übrigens Versuche im Gange, um auch für den einfachen Libellenquadranten von B u t e n s c h ö n nicht nur ein etwas größeres Gesichtsfeld, sondern vor allem auch durch Anbringung geeigneter optischer Umkehrvorrichtungen eine gleichgerichtete Bewegung von Blase und Gestirn bei den Gondelschwankungen zu erzielen.

Am T a g e reichen, falls außer der Sonne gelegentlich noch der Mond sichtbar sein sollte oder etwa in der Dämmerung Mond und Venus zu sehen sind, gleichfalls Höhenmessungen an diesen Gestirnen aus. Im allgemeinen wird jedoch am Tage als einziges Gestirn nur die Sonne zur Verfügung stehen, so daß Höhenmessungen allein, je nach der Stellung der Sonne nahe dem Meridian oder dem Ost-West-Vertikal, entweder nur die Breite oder nur die Länge des Ballonortes ergeben. Alsdann gehören zu einer vollständigen Ortsbestimmung nach Breite und Länge (Differenz der beobachteten Ortszeit gegen mitgenommene Greenwicher Zeit) außer Höhenmessungen zugleich Azimut-Peilungen der Sonne, wobei letztere an einem besonderen, gleichfalls im Ballon erprobten Peil-Fluidkompaß auszuführen sind. Dieser Ballonkompaß wird in genauester und zweckmäßigster Ausführung von der Firma C. B a m b e r g (Berlin-Friedenau) geliefert, in einfacherer und wesentlich billigerer Herstellung auch von C. P l a t h (Hamburg). Neuerdings ist dieser Ballonkompaß noch dadurch verbessert worden, daß durch Anbringung einer Dosenlibelle stets die horizontale Lage der Peilscheibe beim Einstellen gesichert bleibt.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß früher die Ausführung brauchbarer Azimut-peilungen im Ballon deshalb nicht gelang, weil bei den fortwährenden Drehungen des Korbes stets auch ein Mitgehen der Rose stattfand. Dieser Übelstand ist jetzt durchaus vermieden, und unter allen Umständen wird bei Azimuteinstellungen mit dem besonderen Ballonkompaß die Lage des magnetischen Meridians festgehalten. Derselbe Kompaß dient im Motorluftschiff auch zur Steuerung des Kurses und kann, da er nach Art der Marinekompassse für Unterseeboote unten und oben durchsichtig, also mit einer von unten und oben ablesbaren Rose konstruiert ist, entweder vor dem Steuerrade aufgestellt oder auch über demselben im Luftschiff aufgehängt werden. Soll der Kompaß im Motorluftschiff am Tage gelegentlich zu einer astronomischen Ortsbestimmung nach der Sonne benutzt werden, so wird er aus seiner festen Aufstellung herausgenommen und auf ein zu diesem Zwecke hinter dem Steuerrade am Boden der Gondel aufstellbares, sonst zusammengeklapptes Stativ gesetzt. Auch dann kann nach ihm gesteuert werden, da die Mitschiffslinie am Kompaß genau festgehalten und markiert ist. In beiden Stellungen, sowohl zur Steuerung als auch zur Ortsbestimmung, besitzt der Kompaß eine besondere, seiner jeweiligen Anordnung in der Gondel entsprechende feste Kompensationseinrichtung zur Aufhebung der durch Eisenmassen im Luftschiff verursachten Deviation. Diese Einrichtungen beziehen sich zunächst ausschließlich auf die Gondeln der halbstarren und unstarren Luftschiffe, mit denen wir bisher allein zu tun hatten; bei den im Herbst d. J. von mir und Oberleutnant G e e r d t z im Parseval-Ballon aus-

geführten Motorfahrten haben sich jene Kompaßeinrichtungen des Bamberg-schen Fluidkompasses durchaus bewährt.

Die zur Auswertung aller dieser Beobachtungen nötigen Rechnungen werden in der Gondel selbst, während der Fahrt, zumeist unter Benutzung der in meiner Anleitung gegebenen abgekürzten Tafeln nebst zugehörigen magnetischen Isogonenkarten (zusammen 11 Seiten Großoktav) ausgeführt, damit die Ortsbestimmung dem Ballonführer auch sofort von Nutzen ist. Hierbei kommt es in erster Linie nur auf eine möglichst schnelle und sichere Herleitung des genäherten Ballonortes ungefähr auf höchstens $\frac{1}{10}^{\circ}$ oder 6 Bogenminuten gleich rund 10 km an. Es wäre sogar im Interesse der technischen Ballonführung ganz unzweckmäßig, wollte man etwa diese für die Aero-Navigation vollkommen ausreichende Genauigkeit auf Kosten der Beobachtungs- und Rechnungs-Einfachheit noch erhöhen. Selbst in den für aeronautische Forschungsreisen projektierten großen Motor-Luftschiffen, bei denen für Fahrten über das Meer Sextanten-Beobachtungen der Gestirne wie bei der Navigation auf See in Aussicht genommen sein sollen, dürfte es kaum möglich sein, die Genauigkeit der Ortsbestimmung wesentlich zu steigern. Wenn z. B. die natürliche Kimmlinie hierbei als Absehrmarke gewählt wird, kann schon die zugehörige Kimmtiefen-Korrektur allein durch Refraktions-Anomalien noch um mehrere Minuten falsch sein. Die Wirkung einer unregelmäßigen Kimmlagerung läßt sich erfahrungsgemäß z. B. dadurch vermindern, daß man bei Benutzung der Tafeln für Kimmtiefe auch auf den Temperaturunterschied für Luft und Wasser Rücksicht nimmt. Vom Luftschiff aus dürfte aber die Feststellung der Wassertemperatur, die an Bord leicht zu messen ist, fast unüberwindliche Schwierigkeiten machen. Auch das andere, auf See gebräuchliche Hilfsmittel, die jeweilige Lage der Kimmlinie direkt mit einem Kimmtiefenmesser (Pulfrich oder Koss-Teichgräber) festzustellen, dürfte vom Luftschiff aus bei Höhen über 150 m (Kimmtiefe etwa 22') grosse Schwierigkeiten mit sich bringen.

Die zur Reduktion der Gestirnmessungen nach den Tafeln der oben erwähnten Anleitung notwendigen astronomischen Daten sind dem „Nautischen Jahrbuche“ zu entnehmen; sie können aber vorteilhaft vor Antritt der Ballonfahrt, für mehrere Tage gültig, in das Beobachtungsjournal eingetragen werden. Alsdann genügt in der Gondel jene kurze Tafelsammlung zur astronomischen Ortsbestimmung, wo außer den Formeln und Beispielen auch die Rechnungs-Schemata zusammengestellt sind.

Was nun die eigentliche Herleitung des Ballonortes in Breite und Länge aus den Gestirnmessungen betrifft, so sind im großen und ganzen zwei verschiedene Wege gangbar. Einmal eine direkte und getrennte rechnerische Auswertung von Breite und Länge (in diesem Falle Unterschied der vom Stundenwinkel des Gestirns entnommenen Ortszeit gegen die an der Uhr mitgenommene Greenwicher Zeit). Zweitens im Anschluß an das Verfahren der modernen Nautik eine graphische Herleitung von Standlinien nach der sogenannten Sumner-Methode (Eintragung von Linien gleicher Gestirns Höhe in die Mercatorkarte u. s. w.), deren Schnittpunkt den gesuchten Ballonort gibt. So lange ich die astronomische Ortsbestimmung im Ballon mehr vom theoretischen Standpunkte aus betrieb, war ich der Ansicht, daß die graphische Methode der Standlinien, in der astronomischen Schiffsführung zweifellos das einheitlichste und beste Verfahren, auch in der Aero-Navigation die zweck-

mäßigste Auswertung astronomischer Ballonorte durch Höhenlinien darstelle. Als ich jedoch in der Praxis beim Ballonfahren selbst die wesentlichen Bedingungen einer schnellen und doch gesicherten Rechnung in der Gondel kennen lernte, erkannte ich, daß die Tag und Nacht sofort gebotene Auswertung aeronautisch-astronomischer Messungen im Korbe für den Ballonführer eine relativ viel größere Leistung darstellt, als die astronomische Schiffsrechnung für den Navigationsoffizier an Bord. Und ich erkannte ferner aus praktischen Versuchen bei den Ballonfahrten mit Oberleutn. Geerditz, daß die mit jener sonst so vorzüglichen graphischen Methode der Standlinien verbundenen konstruktiven Abtragungen und Zeichnungen in der Gondel bei nicht immer guter Beleuchtung und wenig vorteilhafter Arbeitstellung das Auge enorm anstrengten und zu Irrtümern führten. Außerdem versagt bekanntlich im Ballon am Tage die auf See gebräuchliche Standlinienmethode mit Sonnenhöhen allein fast völlig, da bei fehlender Orientierung nach unten keine Versegelung von der ersten zur zweiten, nach längerer Zwischenzeit auszuführenden Beobachtung angebracht werden kann. Ich entschloß mich daher zu der in meiner Anleitung ausgeführten, durch kurze Tafeln erleichterten direkten und getrennten Auswertung von Breite und Länge unter Zugrundelegung von Näherungswerten, nachts aus je einer Höhenmessung des Polarsterns (Breite) und eines Ost-West-Gestirns (Länge), am Tage aus Höhe nebst Azimut der Sonne, wobei nahe der Kulmination erstere Koordinate eine Breite, letztere eine Länge ergibt und sonst aus der Sonnenhöhe die Länge, aus dem Azimut eine Breite folgt. Auch in dem ungünstigen Falle, daß am Tage bei fehlendem Peil-Fluid-Kompaß nur Höhen der Sonne mit dem Libellenquadranten, aber keine Azimute gemessen werden können, empfiehlt es sich zumeist, entweder die Breite (Sonne näher dem Meridian) oder die Länge (Sonne näher dem ersten Vertikal) direkt auszurechnen und nach einiger Zeit eine neue Positionsbestimmung auszuführen. An Bord würde man, da stets die Versegelung aus dem Besteck bekannt ist, die erste auf die zweite Position des durch das Schiff dargestellten beweglichen Observatoriums reduzieren und so aus dem Schnittpunkte zweier auf die gleiche Epoche gebrachter Standlinien, z. B. den letzten Schiffsort unzweideutig ermitteln. In der Gondel aber kennt man, wie oben bereits erwähnt, bei fehlender Orientierung nach unten, also gerade dann, wenn astronomische Ortsbestimmungen in Frage kommen, eine Versegelung von der ersten zur zweiten Position nicht. Und selbst, wenn man eine einzelne Standlinie für die mutmaßliche Flugbahn finden würde, wäre man doch nicht sicher, ob dieselbe längere Zeit gilt, da der Ballon mit wechselnder Höhenlage oder bei drehenden Winden seine Flugrichtung erheblich geändert haben kann.

Ich bin weit entfernt zu glauben, daß damit etwa schon das letzte Wort hinsichtlich der besten, schnellsten und einfachsten Methode zur Auswertung astronomischer Ortsbestimmungen im Ballon gesprochen ist; beruhte doch meine, damals überhaupt erste, vollständige Anleitung zur astronomischen Aero-Navigation fast ausschließlich auf eigenen Erfahrungen. Ich freue mich daher, daß jetzt diese wichtige und aktuelle Aufgabe, den Ballon astronomisch zu orientieren, auch von anderen Fachleuten eine Bearbeitung gefunden hat und noch findet. Viele Wege führen nach Rom, alle sind zu prüfen, die besten zu wählen; ich

selbst werde der erste sein, der etwaige, allerdings stets im Ballon erprobte andere Beobachtungsinstrumente und Rechnungsmethoden auch anzuwenden bereit ist.

Aus der Zahl der veröffentlichten Arbeiten über astronomische Aero-Navigation sind mir bisher nur zwei wichtige bekannt geworden: „Ein Beitrag zur astronomischen Ortsbestimmung im Ballon“ von Dr. A. Brill¹⁾ - Frankfurt a. M. und „Tafeln zur astronomischen Ortsbestimmung im Ballon bei Nacht“ von Prof. Schwarzschild²⁾ und Dr. Birk - Göttingen. Von der ersten Arbeit liegt bisher nur eine Skizze vor, aus welcher hervorgeht, daß der Verfasser eine Verbindung von rechnerischem und graphischem Verfahren (Tabellen und Standlinien) vorschlägt. Von besonderem Interesse ist ein von Dr. Brill beschriebener Apparat, an dem auf einer in spezieller Projektion hergestellten Karte von Mitteleuropa durch Drehen zweier durchsichtiger Bänder bestimmte, der Beobachtung entsprechende Standlinien über den Kartenmittelpunkt gebracht werden. Der Schnittpunkt dieser vor und hinter der Karte vorbeibewegten Standlinien soll den gesuchten Ballonort ergeben. Der Apparat selbst, der in Frankfurt a. M. bei der wissenschaftlichen Kommission der „Ila“ eingereicht war, erscheint für den Ballongebrauch noch ziemlich groß und schwerfällig; er bedarf außerdem zur Einstellung während der Nacht einer sehr guten Beleuchtung. Es läßt sich daher erst nach längerer praktischer Erprobung im Ballon ein abschließendes Urteil über die aeronautische Brauchbarkeit dieses jedenfalls interessanten Apparates abgeben.

Die zweite vorliegende Arbeit von Prof. Schwarzschild und Dr. Birk ist als vollständige Tafelsammlung herausgegeben, in ihrer Anwendung aber nur auf Nachtbeobachtungen im Ballon und zunächst auf das Gebiet von Deutschland beschränkt. In interessanter Weise werden die üblichen Breitenbestimmungen aus Höhen des Polarsterns graphisch verbunden mit Herleitungen von Standlinien aus Höhenmessungen von im ganzen 16 helleren Ost-West-Sternen, für die am Schluß des Buches eine allerdings zu wenig übersichtliche Himmelskarte gegeben ist. Eine nur 12×15 cm große Karte von Deutschland, auf dünnem Pauspapier gedruckt, soll ganz genau jedesmal auf eine der 32 mit Millimeter-Teilung versehenen Tafeln aufgelegt werden, welche für den betreffenden Ost-West-Stern und die daraus folgende Längen-Standlinie gelten. Dieses einfache und sinnreiche Verfahren zur Herleitung einer Ortsbestimmung bis auf wenige Bogenminuten fast ohne Rechnung kann am ruhigen Schreibtisch bei guter Beleuchtung unbedingt empfohlen werden. Bei nächtlichen Ballonfahrten aber, wo die Beleuchtung nicht immer gut und die Lage des arbeitenden Ballonführers stets unbequem ist, dürfte nicht nur die kleine Millimeter-Teilung, sondern auch die zur graphischen Herleitung des Ballonortes gebotene präzise Auflagerung der Karte auf die Tafeln eine sichere Benutzung in der Gondel erschweren. Es muß daher das endgültige Urteil, ob diese interessante Tafelsammlung auch in der Gondel praktisch leicht verwendbar ist, bis zur weiteren Erprobung im Ballon hinausgeschoben werden. Eins ist aber schon jetzt klar, daß die vorliegenden Tafeln, da sie weder Mondhöhen noch Planetenhöhen mit-

¹⁾ Ila-Wochen-Rundschau, 17. Juli 1909.

²⁾ Göttingen 1909, Vandenhoeck & Ruprecht.

zunehmen gestatten, in manchen nicht unwichtigen Fällen im Ballon versagen, wenn nämlich, wie so häufig bei leicht bewölktem Himmel, eben noch der Mond oder ein heller Planet, als einzige Orientierungsmarken sichtbar sind.

Am Schlusse dieses zweiten Abschnittes über astronomische Aero-Navigation sei noch auf einige Neuerungen hingewiesen, die gegenwärtig im Interesse einer noch schnelleren und einfacheren direkten Auswertung und Ausnutzung der Ortsbestimmungen im Ballon von mir und Oberleutnant Geerditz im Zusammenarbeiten mit der Versuchsabteilung der Königl. Verkehrstruppen in die Wege geleitet sind. Einmal tritt an Stelle der in meiner Anleitung erwähnten Transformatoren die nur roh und ungenau die graphische Auflösung der Koordinaten-Beziehungen geben, eine andere viel genauere graphische Konstruktionslösung nach Art besonderer „Nomogramme“, deren Benutzung im Ballon auch wegen des bequemen Formats und der deutlichen Teilung praktisch sein dürfte. Dann sind in Verbindung mit einer großen kartographischen Anstalt spezielle schwarz-weiße Orientierungskarten von Deutschland in sechs Blättern im Maßstabe von 1:1 000 000 mit ganz durchgezogenem blauem Gradnetz hergestellt, so daß sogenannte Fehler-Rechtecke von je 5 Bogenminuten in Breite wie Länge überall deutlich hervortreten, in welche die im Ballon gefundenen astronomischen Positionen unmittelbar und ohne längeres Hinsehen eingetragen werden können. Aus diesen Fehler-Rechtecken geht man dann zum Zwecke etwaiger spezieller Orientierung auf das entsprechende Gebiet der Generalstabskarte über.

* * *

Nunmehr komme ich zum dritten und letzten Abschnitt unseres Themas, nämlich zur Besprechung der magnetischen Aero-Navigation, die bei nach oben wie unten versagender Orientierung, also ganz im Nebel oder in Wolken, zur Ortsbestimmung im Luftfahrzeug angewendet werden kann. Bereits in meinem Handbuche der geographischen Ortsbestimmung (1905), später in einem Aufsätze über Ballonorientierung¹⁾ und neuerdings in meiner Anleitung zur Ortsbestimmung im Ballon (1909) hatte ich auf die große Bedeutung jener magnetischen Orientierung hingewiesen. Schon vor etwa 10 Jahren schlug Prof. E s c h e n h a g e n - Potsdam vor, falls von der Gondel weder Gestirnsbeobachtungen noch Landmarken-Peilungen möglich sind, den Ballon wenigstens in Breite genähert zu orientieren durch Messung der erdmagnetischen Horizontalintensität in der Gondel und durch Vergleichung der hierfür gefundenen Zahlenwerte mit den bekannten, an der Erdoberfläche geltenden magnetischen Kraftlinien. Diese Linien gleicher magnetischer Intensität oder die sogenannten Isodynamen laufen nämlich, besonders über Mitteleuropa, ungefähr parallel den Breitenkreisen (von WSW nach ONO), so daß eine auch in Wolken oder Nebel mögliche magnetische Orientierung über die Nord-Süd-Bewegung des Ballons nach Richtung und Größe Aufschluß zu geben vermag. E s c h e n h a g e n hatte zu diesen Messungen ein magnetisches Ballon-Intensitätsvariometer mit zwei zueinander senkrechten Deklinations-Nadelsystemen vorgeschlagen, das später noch von Prof. E b e r t-

¹⁾ Ill. Aeron. Mitt. 1907, Heft 1.

München verbessert wurde, aber noch nicht zu befriedigenden Messungsergebnissen führte. Auch ich hatte mir vor etwas über einem Jahre ein nach ähnlichen Prinzipien konstruiertes magnetisches Balloninstrument vom Königl. Magnetischen Observatorium Potsdam zu Versuchen mit Oberleutn. Geertz im Ballon entliehen, das aber, wie schon damals Prof. Schmidt-Potsdam vermutete, keine zuverlässigen Resultate ergab. Es kam mir nun die naheliegende Idee, ob es nicht zweckmäßig sein würde, statt der magnetischen Horizontalintensität die gleichfalls ungefähr mit den Breitengraden variierende magnetische Inklination¹⁾ im Ballon zu messen.

Besonders in Deutschland verlaufen die Linien gleicher magnetischer Inklination oder die Isoklinen fast genau parallel einer durch Nord- und Ostsee-Küsten gelegten Küstenlinie, ferner nehmen die Werte der Inklination mit wachsender Breite zu, mit fallender Breite ab, und endlich liegen die auf einer Übersichtskarte von Deutschland eingetragenen Isoklinen (von WSW nach ONO) nahezu parallel sowie ziemlich äquidistant zueinander. Wenn es also gelang, schnell und sicher in der Gondel den jeweiligen Betrag der magnetischen Inklination (für Süddeutschland jetzt etwa $63^{\circ}5$, für Schleswig ungefähr $68^{\circ}5$, entsprechend einer Breitenänderung von rund 48° bis 55°) zu messen, und zwar zunächst nur differentiell gegen den Aufstiegsort, so konnte die Nord-Süd-Verschiebung des Ballons gegen jenen Aufstiegsort einwandfrei und fast ohne Rechnung nach Richtung und Größe unmittelbar beobachtet werden. Änderten sich die beobachteten Werte der magnetischen Inklination nicht, so bewegte sich das Luftfahrzeug nahezu in ostwestlicher Richtung oder genauer auf der entsprechenden, von West-Süd-West nach Ost-Nord-Ost verlaufenden Isoklinie; nahm die in der Gondel beobachtete Inklination zu, so fuhr der Ballon in nördlicher, nahm sie ab, so flog er in südlicher Richtung um Beträge, die in einfachster Beziehung zu den Inklinationsänderungen stehen und unmittelbar auf einer Isoklinenkarte abgelesen oder differentiell gerechnet werden können. Hierbei sei gleich erwähnt, daß nach der Theorie kein merklicher Unterschied besteht zwischen dem Verhalten der magnetischen Linien an der Erdoberfläche und in Höhen der Atmosphäre, bis zu denen bemannte Ballons kommen.

Seit Juli 1909 sind wir nun, unterstützt durch die wertvollen Ratschläge von Prof. Schmidt-Potsdam, im Besitz eines magnetischen Ballon-Inklinometers, das im Auftrage der Versuchsabteilung der Königlichen Verkehrstruppen hergestellt wurde und ausgezeichnete Messungsergebnisse lieferte. Auf mehreren Fahrten im Sommer und Herbst d. J. z. B., welche ich wie immer unter Mitwirkung von Oberleutnant Geertz und in den hierfür zur Verfügung gestellten Freiballons des Luftschiffer-Bataillons unternahm, bewährte sich das auch am Lande bei Ortsveränderungen vorher erprobte Inklinatorium so gut, daß nicht nur größere südliche Verschiebungen sondern auch selbst kleinere nord-südliche Abweichungen östlicher Fahrtrichtung, stets von

¹⁾ Vor dem Druck dieser Mitteilungen erhielt ich Kenntnis davon, daß schon früher Hauptmann von Sigsfeld, de la Baume-Pluvinel-Paris und Professor Straubel-Jena an eine Verwendung der Inklination dachten.

der Gondel durch Sicht auf die Erde kontrolliert, am magnetischen Instrument gemessen werden konnten. Eine einzelne magnetische Orientierung in Breite ergab sich durchschnittlich bei einem Gesamt-Arbeitsaufwande von kaum einer Minute mit einer Genauigkeit von ungefähr 7 km. Außerdem zeigte das Ballon-Inklinatorium nach vorangegangener Eichung auf der erdmagnetischen Hauptstation Potsdam (Inklination für 1909 und 1910: $66^{\circ}.3$) auch im absoluten Sinne richtige, der terrestrischen Verschiebung entsprechende Werte der Inklination im Ballon. Hierbei sei erwähnt, daß die bekannte tägliche Variation der erdmagnetischen Inklination, welche nur zwischen 1 und 2 Bogenminuten beträgt, unterhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegt; die mit der Zeit fortschreitende, gelegentlich erhebliche Säkular-Variation der erdmagnetischen Inklination kommt bei der differentiellen Anordnung der Messungen überhaupt nicht in Frage. Endlich, und das ist sehr wesentlich für die weitere Anwendung magnetischer Inklinationsmessungen im Luftschiff, waren die Beobachtungen an dem neuen Ballon-Inklinatorium unabhängig zu machen von Einflüssen des eisernen Ballonringes und sogar des oben im Ballonringe aufgehängten großen Steuer-Fluidkompasses oder eines unterhalb des Inklinatoriums zur Einvisierung des magnetischen Meridians auf dem Boden der Gondel aufgestellten besonderen, ganz leichten Trockenkompasses. Damit kann nunmehr auch die magnetische Ortsbestimmung im Ballon als gelöst gelten. Es ist jetzt möglich, speziell in Deutschland sogar im Nebel z. B. bei Fahrten nach Norden rechtzeitig von der Gondel aus eine Annäherung an die Meeresküsten zu erkennen, sicherlich ein großer Vorteil für die Aero-Navigation. Hinzugefügt sei noch, daß gelegentlich eine sehr vorteilhafte Kombination dieser magnetischen Breitenbestimmung mit der aus Höhenmessung eines Gestirns z. B. der Sonne folgenden astronomischen Längenermittlung im Ballon sich ergeben hat.

Während der Abfassung dieser Mitteilungen, also etwa zwei Monate nach der ersten Erprobung des oben erwähnten neuen Ballon-Inklinatoriums, erhielt ich Kenntnis von der erfolgreichen Durchführung einer anderen magnetischen Ortsbestimmung im Ballon, die Herrn Dr. Bidlingmaier-Wilhelmshaven mit neuen Messungen der oben erwähnten Horizontalintensität, also im weiteren Verfolg der Arbeiten von Eschenhagen und Prof. Ebert gelang. Es freut mich, daß auch dieser wichtige Zweig der Aero-Navigation nunmehr ebenfalls von anderer fachmännischer Seite in Angriff genommen ist und auf verschiedenen Wegen eine Lösung gefunden hat. Dr. Bidlingmaier benutzte zur Messung der erdmagnetischen Horizontalintensität seinen auch sonst bei der See-Navigation bewährten Doppelkompaß mit zwei senkrecht übereinander angeordneten Rosen, deren Spreizungswinkel mit der jeweilig herrschenden erdmagnetischen Horizontalintensität variiert. Die auf einer Probefahrt im Ballon am 25. Juli d. J. von Dr. Bidlingmaier erhaltenen Messungen sind, wie der Verfasser selbst angibt, stark durch Eisenteile am Freiballon beeinflußt worden. Dieselben lassen trotzdem erkennen, daß in der Zeit von 1 bis 2 Minuten eine magnetische Standlinie mit einer Genauigkeit von 5 bis 10 km wohl erzielt werden kann. Ob die von Herrn Dr. Bidlingmaier selbst aufgestellte Forderung, daß alle mit dem Doppelkompaß anzustellenden erdmagnetischen Beobachtungen vollkommene

Eisenfreiheit des Ballonkorbes und seiner Umgebung unbedingt voraussetzen, die erfolgreiche Verwendung jenes Doppelkompasses im Luftschiff zur Messung der Horizontalintensität in einfacher Weise ermöglicht, muß vorläufig noch dahingestellt bleiben. Das neue magnetische Inklinatorium aber läßt sich infolge von besonderen Einrichtungen und nach Versuchen, die neuerdings im Auftrage der Versuchsabteilung der Königl. Verkehrstruppen von mir und Oberleutnant Geertz bei mehreren Motorfahrten im Parseval-Ballon sowie in der Gondel des Militärluftschiffs angestellt worden sind, auch im Luftschiff zur magnetischen Ortsbestimmung verwenden.

* * *

Ich bin nunmehr am Schlusse dieser Darlegungen, die einen wenn auch nur skizzenhaften Überblick über die Fortschritte der „Navigation in der Luft“ bis zum Herbst 1909 geben sollten. Möge dieses neue Gebiet astronomischer und geophysikalischer Meßkunst leisten, was die großartige Entwicklung der gesamten Luftschiffahrt verlangt.

VI. Ballons, Flugmaschinen, Luftschiffe und die Jurisprudenz.

Von

Professor Dr. F. Meili-Zürich.

Einleitung.

Es gibt in der modernen Welt kaum interessantere und erfrischendere Dinge als die heutige Technik. Sie rüttelt alles auf, und jede Wissenschaft erhält von ihr neue Impulse: das Still-Leben ist deswegen heute speziell auch an den Universitäten eine Kunst der Seltenheit geworden. Von ganz besonderer Bedeutung aber ist die Verkehrstechnik, die auf dem Erdenrunde die Distanzen verringert, und die uns alle seine Teile und speziell auch den Himmel in die Nähe rückt. Die Verkehrstechnik zeigt uns weiter in einer wunderbaren Widerspiegelung die ganze Entwicklung des Menscheinges, so sehr, daß man sagen kann: wenn gewisse Erfindungen früher gemacht worden wären, so hätte die Weltgeschichte eine andere Figur angenommen. Die Neuschöpfungen der Technik haben ganz besonders auch auf die Jurisprudenz eingewirkt, und ich übertreibe nicht, wenn ich sage, daß sie in deren Begriffskreise zum Teil eine Art Veredelungsprozeß eingeführt haben. Die Spezialgebiete des modernen Verkehrsrechts (Eisenbahn-, Telegraphen-, Telephon-, Automobil-Recht) riefen nämlich mehrfach eine Läuterung der Rechtsideen hervor: die Tunnels griffen den starren Eigentumsbegriff in der Tiefe an, und die elektrischen Drähte zeigten handgreiflich, daß er auch in der Höhe eine von der Vernunft und dem verständigen Interesse diktierte Grenze hat.

Eine kleine friedfertige Revolution bereitet aber der Rechtswissenschaft vollends die mit der Luft vorgenommene neueste Technik. Jahrtausende spielte sie in der Jurisprudenz — wenn auch nicht im Leben — eine ziemlich untergeordnete Rolle ¹⁾. Und heute ist sie zur Operationsbasis einer neuen Unternehmungslust

¹⁾ Das Luftrecht wurde bisher nur vereinzelt im Privatrechte und Gewerberechte wichtig. Vgl. dazu Kloess: Die allgemeinen Sachen Luft und Wasser nach geltendem Rechte, unter Berücksichtigung des Gemeingebrauches, der Rauchbekämpfung- und Abwässerungsfrage (Halle a. S. 1907). Der genannte Jurist gibt jetzt seit 1909 eine Zeitschrift für das gesamte technische und gewerbliche Recht heraus und bezeichnet sie als eine Sammlung für Wasserrecht einschließlich Fischereirecht, Luftrecht, Energienrecht an Elektrizität usw., Verkehrsrecht einschließlich Telefunken-, Kleinbahn-, Automobil-, Luftschiffahrts- und internationales Recht, gewerbliches Recht und Rechtsschutz.

geworden. Lange ersehnt und fast plötzlich erschienen ist nunmehr das lenkbare Luftschiff, und um der Menschheit zur gefälligen Auswahl zu gleicher Zeit e i n i g e Einrichtungen zu überlassen, wurden auch die Flugmaschinen geschaffen, so daß wir jetzt dank der früher schon gekannten Ballons vor einem technischen Dreigestirn stehen: Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffe.

Sobald diese Einrichtungen in das praktische Leben übertreten, beginnt auch die Aufgabe der Jurisprudenz, die sich naturgemäß darauf bezieht, alle aus dem Baue und Betriebe der erwähnten Anstalten hervorgehenden rechtlichen Folgen zu erfassen, in den Rechtsstoff einzugliedern und zu erläutern; denn nach einem alten und schönen Ausspruche besteht unsere Wissenschaft in der Kenntnis aller menschlichen und göttlichen Dinge. Ohne die Juristen geht es in der Welt nirgends ab; mag man sie lieben oder hassen: man bedarf ihrer. Und es hat mich gefreut, daß auch an diesem festlichen Orte, wo jetzt der Geist der Technik seine Triumphe feiert, ein Appell an die moderne Jurisprudenz gerichtet wurde.

I.

Ich beginne bei meinen sachlichen Ausführungen mit einer kleinen Vorfrage: Was hat denn die Jurisprudenz mit den Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffen zu tun, und wo ist die Rechtsquelle, die hier fließt, wenn rechtliche Fragen auftauchen? ¹⁾

1. Sobald die neuen Einrichtungen in den Verkehr übertreten und sich namentlich zu gewerbsmäßigen Betrieben ausgestalten, was speziell bei den Luftschiffen bald geschehen wird, muß der Staat im Interesse der allgemeinen Ordnung intervenieren. Die Ballons und Flugmaschinen bedürfen gleichfalls spezieller Normierung, wenn auch in letzterer Hinsicht das Bedürfnis kaum so dringlich ist. Das Hauptinteresse der Juristen konzentriert sich freilich ganz besonders auf die Luftschiffe; allein es ist doch sehr geboten, sich auch die Ballons und Flugmaschinen stets vor Augen zu halten; denn diese bilden eine Art von Kontrollbild, das stets zu neuer Prüfung oder zur Probe derjenigen Ergebnisse herausfordert, zu denen man bei den Luftschiffen gelangt. Auf der Seite darf man aber hier die wissenschaftlichen Registrierballons lassen,

¹⁾ Der Beantwortung dieser Fragen ist meine Broschüre: Das Luftschiff im internen Recht und Völkerrecht (Zürich 1908) gewidmet. Ich verweise auch auf meine Artikel, die in der Allgemeinen Zeitung (München) 1908 S. 392 und 393; 414 und 415; 455 unter dem Titel: Juristische Gedanken über die Eroberung der Luft und über das neue Recht der Luftschiffahrt erschienen sind, sodann auf meine Abhandlung: Die Luft in ihrer Bedeutung für das modernste Verkehrs- und Transportrecht in der Z. Seufferts Blätter für Rechtsanwendung (München 1909), 74. Jahrg. S. 1; 41, ferner auf meinen Berliner Vortrag: Das Luftschiff und die Rechtswissenschaft, abgedruckt in den Blättern für vergleichende Rechtswissenschaft und Volkswirtschaftslehre IV, S. 238—253; ferner auf meinen Artikel in der Frankfurter Zeitung vom 9. April 1909 (Nr. 99): Die Aeronautik und die Rechtsbildung und endlich auf meinen Artikel in der Zukunft (Berlin 1909) XVII, S. 121: Die Luftschiffahrt und das Recht. — Meine Broschüre: Das Luftschiff — ist ausgezogen und analysiert worden von Chessex im Journal du droit international 36, S. 78—89, unter dem Titel: La navigation aérienne selon le droit privé et le droit des gens.

die zur Messung der Luft und Temperatur von Zeit zu Zeit in die himmlischen Höhen gesandt werden, und auch jene verdächtigen Spielzeugballons, welche im Monat Mai 1909 in England eine kleine Verwirrung der Geister herbeigeführt haben, bleiben an dieser Stelle von weiterer Betrachtung ausgeschlossen.

Die Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffe sind juristisch betrachtet graduell allerdings erheblich verschieden, aber in der Zeit ihres Betriebes erwecken sie alle das Interesse der Rechtswissenschaft. Sie bieten den Anlaß zu neuen Fragen im Privatrechte. Man wird von luftrechtlichen Passageverträgen, von luftrechtlichen Warentransportverträgen, von luftrechtlichen Dienstverträgen mit den Angestellten reden können. Spezifisch neue Schädigungen werden in der Luft auftreten, wenn Zusammenstöße erfolgen unter Luftschiffen oder unter Flugmaschinen und Ballons, wobei sich Kollisionen wieder in den verschiedensten Gestalten unter diesen Einrichtungen denken lassen. Dann aber können wir Erdbewohner, die wir sonst schon allen möglichen Gefahren ausgesetzt sind, aufs neue und dieses Mal von der Luft aus bedroht werden, und zwar hinsichtlich unserer persönlichen und materiellen Rechtsgüter.

Von der Höhe der Luft aus können aber auch Verbrechen begangen werden, und es ist hier nötig, sich juristisch Klarheit darüber zu verschaffen, wer eingreifen hat.

Endlich ist das internationale Recht hier intensiv beteiligt. Jeder Staat findet es ganz begreiflich, daß er die Luftgebiete des anderen mit Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffen durchkreisen könne, aber er macht sofort eine ernste Miene, wenn dann andere Staaten sich das gleiche bei ihm erlauben. Und vollends dann wird die Sache bedenklich, wenn ein Krieg ausbricht; mit ihm werden wir trotz aller achtbaren Friedensbestrebungen noch lange zu rechnen haben.

Unter diesen Umständen fehlt es nicht an einer reich besetzten Traktandenliste von Fragen, welche einer sorgfältigen Prüfung bedürfen. Aber bei der hier vorgetragenen Skizzierung ließ ich extra weitere Fragen weg, z. B. die Frage, ob für Aufflug- und Abflugstätten die Expropriation zu bewilligen sei, ob nicht die Normen über Zivilstandsverhältnisse ergänzt werden müssen, weil in Luftschiffen auch Geburten vorkommen können, und weil Passagiere auf Ballons (wie am 6. Juli 1909 von Neapel über den Ballon „Pacific“ berichtet wurde) verschwinden können, ohne daß man die Leichen findet (Luftverschollenheit), ferner die Frage, ob die Finder von Registrierballons einen regulären Finderlohn beanspruchen können, ferner die Frage, welche Gerichte bei zivilrechtlichen Fragen kompetent sein müssten und andere mehr. Auch das Patentrecht spielt eine Rolle, wenn, wie gerade in Frankfurt, eine Ausstellung der neuen Verkehrseinrichtungen stattfindet.

2. Wenn es sich nun weiter darum handelt, die Rechtsquelle anzugeben, aus welcher die Antwort auf die Fragen dieses modernsten Rechtszweiges geschöpft werden kann, so ist es ja richtig, daß ein in Paragraphen gesetztes

Recht hier noch nicht besteht. Allein trotzdem stehen die geschilderten Vorgänge unter den Gesichtspunkten des Rechtes, und es ist die Aufgabe des Juristen, hier mit rechtsähnlichen Schemata und Formeln auszuhelfen, die im Arsenal der Wissenschaft liegen. Bei der Lösung dieser Arbeit kann er das Anpassungstalent an neue Verhältnisse zeigen und weiter den Beweis leisten, daß er einen großen über die Felder der Gesetzbücher hinausragenden Horizont besitzt, — er kann zeigen, daß er kein bloßer juristischer Mechaniker ist. Es haben sich denn auch jetzt schon mehrere Juristen an die Arbeit gemacht ¹⁾. Will man zu praktischen Ergebnissen gelangen, so müssen in der Tat gewisse Analogien aufgesucht werden, bei denen dann freilich wieder genau zu erwägen ist, in welcher Weise (ganz oder zum Teil) sie auf die modernsten Verkehrsmittel angewandt werden können. Namentlich ist hier an das Seerecht zu denken; denn zwischen dem Meere und dem Luftmeere bestehen gewisse Beziehungen, die man freilich nicht übertreiben darf. Aber es können auch einzelne Anleihen beim Eisenbahnrechte gemacht werden. Dieser Entwicklungsprozeß im Rechte ist sehr beachtenswert; denn er weist aufs neue darauf hin, daß das Recht ein feiner und einheitlicher Organismus ist, der sich in allen einzelnen Teilen ergänzt, so sehr, daß man fast von einem Austausch der Rechtsideen vom Lande zur See und von der See zum Lande sprechen darf. In der Tat gibt es einzelne Rechtsinstitute, welche ursprünglich zum Landrechte gehörten, dann speziell zum Seerechte herübergenommen wurden und jetzt eine Reise zum Luftrechte antreten: auch die Jurisprudenz macht etwa eine Art von Völkerwanderung, und sie liefert den Beweis, daß auch i h r Leben z. T. ein „corso“ und ein „ricorso“ ist.

¹⁾ Besonders verdient hat sich um die Materie der französische Jurist Fauchille gemacht. Er legte dem Institut de droit international ein Referat vor, das im *Annuaire* dieser Gesellschaft XIX, S. 18—86, abgedruckt ist. Vgl. auch die Abhandlung von Fauchille: *Le domaine aérien et le régime juridique des aérostats* in *Revue générale de droit international public* VIII, S. 414. Ein weiteres Referat hielt Nys, das abgedruckt ist im *Annuaire* XIX, S. 86. Fauchille gab sich die Mühe, ein detailliertes Reglement auszuarbeiten, das in meiner Schrift: *Das Luftschiff* S. 55—61 abgedruckt ist.

In Deutschland beschäftigte sich zuerst (wie ich erst nachträglich sah) eine Doktor-dissertation mit der Materie: F. v. Grote publizierte Beiträge zum Recht der Luftschiffahrt (1907). Sodann ist hinzuweisen auf: Grünwald: *Das Luftschiff in völkerrechtlicher und strafrechtlicher Beziehung* (Hannover 1908), Chr. Meurer: *Luftschiffahrtsrecht* (1909), Separatabdruck aus den *Annalen des Deutschen Reiches* 1909, Heft 3, Alex Meyer: *Die Erschließung des Luftraumes in ihren rechtlichen Folgen*. Ein Vortrag (Frankfurt a. M. 1909), und C. Hilty: *Die rechtlichen und politischen Folgen der Luftschiffahrt für die schweizerische Eidgenossenschaft* (Bern 1909). Lesenswert ist natürlich ganz besonders auch die Broschüre von Zeppelin: *Die Eroberung der Luft* (1908). Der Artikel in *Pall Mall Magazine*, Juni 1909, S. 644—655 ist in der Hauptsache eine Übersetzung der vorhin erwähnten Broschüre. Ich mache weiter aufmerksam auf einen Artikel von Gareis: *Juristische Ausblicke in die Zukunft des Luftschiffbetriebes* als Beilage der *Münchener Neuesten Nachrichten*, 17. Febr. 1909. Über *F l u g - m a s c h i n e n* ist zu vergleichen: W. Kress: *Aviatik. Wie der Vogel fliegt, und wie der Mensch fliegen wird* (Wien 1905), v. Parseval: *Motorballon und Flugmaschine* (Wiesbaden 1908), F. Ferber: *Les progrès de l'aviation par le vol plané* (1907), F. Ferber: *L'aviation, ses débuts, son développement* (Paris 1909), Guglielmo N. da Pra, *Navigazione aerea e progetto dettagliato di aeroplano* (Milano 1908).

II.

Wenn wir nun nach der vorgeführten Orientierung an das Einzelne herantreten und sehen, wie die bei den Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffen vorkommenden und vorhin kurz angedeuteten Rechtsfragen einer Lösung entgegengeführt werden können, so möchte ich zunächst einige Bilder herausgreifen, wie sie im *internen* staatlichen Leben auftreten werden.

1. **Der Staat wird vor allem dafür sorgen müssen, daß die Benutzung des Luftraumes und der Luft mit gewissen Garantien umgeben wird.** Und in dieser Beziehung wird er anknüpfen an gewisse Reglemente und Vorschriften, die er anlässlich der Automobile und der Wegepolizei überhaupt erlassen hat.

Allerdings kann die Bureaucratie nicht wörtlich einzelne schon bestehende Vorlagen herübernehmen, weil die neuen Verkehrsmittel zu eigenartig sind. Aber es ist nötig, in bestimmter Weise vorzugehen. Wie hat dies zu geschehen?

Vor allem muß von den zu bildenden Unternehmungen um die Gewährung einer staatlichen Konzession nachgesucht werden. Darin hat der Staat namentlich Bestimmungen darüber aufzustellen, daß das Luftschiff luftmeertüchtig sei, ähnlich wie das Seeschiff die Seetüchtigkeit verlangt, daß es mit allen den Betrieb sichernden Eigenschaften ausgerüstet werde, daß es die nationale Flagge des Ausfahrtstaates trage. Und das Vorhandensein der aufgestellten Requisite muß durch eine sog. Kollaudation (ähnlich wie im Eisenbahnrechte) untersucht und festgestellt werden.

Sodann müssen besondere Erfordernisse hinsichtlich der Qualifikation der Leiter und des Steuerpersonals sowie der Angestellten statuiert werden. Dies ist ein sehr ernsthaftes Kapitel; denn für Unberufene gibt es hier keinen Platz. Die physikalischen und meteorologischen Institute werden eine besondere Abteilung für die Ausbildung der Kommandanten und Angestellten einrichten müssen, und es ist ein glänzender Beweis für das Verständnis der Zeit, daß im Monat Juni dieses Jahres Herr Deutsch de la Meurthe der Universität Paris eine halbe Million und einen jährlichen Beitrag von 150 000 Frs. schenkte für die Gründung eines aerotechnischen Instituts, und daß der Grieche Herr Basil Zakaroff, gleichfalls in Paris, einen Lehrstuhl für Luftschiffahrt mit 700 000 Frs. ausstattete. Es ist nur zu wünschen, daß solche Beispiele die Begeisterung auch in andere Staaten hintragen, damit ein edler Wettstreit unter den Gelehrten und Sachverständigen entzündet werde.

Ferner ist das Luftstraßenrecht zu ordnen, da an die unfehlbar eintretende Begegnung von Luftschiffen und Ballons und Flugmaschinen zu denken ist. Infolgedessen müssen Vorschriften erlassen werden über das Ausweichen und Platzmachen, damit Kollisionen nicht entstehen oder möglichst vermieden werden.

Der Internationale Luftschiffer-Verband hat durch seine Satzungen und Reglemente in diesen Richtungen schon tüchtig vorgearbeitet, so daß die staatlichen Instanzen darauf gestützt und in Anlehnung an das Seerecht schnell die nötigen Anordnungen treffen können.

2. In den Fragen des Privatrechtes kann ohne große Schwierigkeit an den Inhalt des modernen Verkehrsrechtes oder (eventuell) des Seerechtes angeknüpft werden.

Von besonderer Bedeutung ist zunächst der *Luftpassagevertrag*, und hier zeigt sich namentlich der Unterschied in den drei Institutionen. Wer eine Fahrt in Ballons oder auf Flugmaschinen als Reisender umsonst oder gegen Entgelt mitmacht, wird nach der zurzeit bestehenden Auffassung auf sein eigenes Risiko handeln.

Anders liegt die Sache bei den Luftschiffen nach dem Typus von Zeppelin sowie auch bei den Luftschiffen, die auf einem anderen der verschiedenen Systeme beruhen. Sobald das Publikum eingeladen werden wird, gegen Entgelt Fahrten auf bestimmte Strecken, zumal mit vorher bezeichneten Stationen, zu machen, tritt auch das Verkehrsrecht in Funktion, und dann muß die betreffende Unternehmung, wenn sie gewerbsmäßig auf den Plan tritt, nach Rechtsregeln haften, sei es, daß man dabei das Eisenbahnrecht oder das Seerecht zur Grundlage nimmt. Sobald die nicht lenkbaren Ballons und die Flugmaschinen, wenn ich kurz sagen kann, einen Teil des Kursbuches ausmachen werden, so ändert sich auch bei ihnen die rechtliche Situation: auch sie werden dann zivilrechtlich verantwortlich.

Neben dem Passagevertrage kommen aber noch andere Verhältnisse in Betracht. Schädigungen können auf die denkbar verschiedenartigste Weise zugefügt werden, teils infolge Absicht, teils infolge Nachlässigkeit, teils infolge Zufalls. Sie können von der Höhe der Luft aus oder beim Heruntersteigen oder anlässlich der Landung entstehen. Und hier wird zum Teil an die produktive Kraft der Gesetzgebung appelliert werden müssen. So lange es sich um die bloße Beschädigung von einem Baume handelt, auf dem der Ballon oder die Flugmaschine oder das Luftschiff landet, gewinnt die Frage keine große Bedeutung, und vielleicht wird sogar der Landwirt sich mit dem Stolze begnügen, daß auf seinem Gute eine so moderne Einrichtung vorübergehend Domizil genommen hat. Ganz sicher ist dies zwar nicht, aber jedenfalls kann man ihm nicht übelnehmen, wenn der Grundeigentümer sich damit nicht abfindet, wenn er durch das Hinunterwerfen von Ballast, durch Herabstürzen der Ballons usw. schwere Schädigungen am Dache, an dem Hause, am Grundeigentum erleidet¹⁾. Im Falle des Notstandes kann der Grundeigentümer gegen die Landung nicht auftreten, aber auch abgesehen davon, wäre es sehr schwer, das ihm zustehende Recht des Verbots aufrecht zu erhalten.

¹⁾ Vgl. dazu Kipp: Luftschiffahrt und Grundeigentum in Juristische Wochenschrift 1908, S. 643, und Linkelmann, das. 1909, S. 8 u. 9.

Soweit es sich hier nun um die erwähnten Schädigungen am Eigentum handelt, ist die Pflicht, Ersatz zu bezahlen, juristisch ganz klar. Die Ersatzsumme kann aber sehr bedeutend werden dann, wenn z. B. bei einer Landung eine tausendköpfige Volksmenge sich auf Feldern und Fluren ansammelt. Hier läßt sich freilich sagen, daß die Neugierde des Publikums kein rechtlicher Grund sei, um den aus seiner Befriedigung entstandenen Schaden dem Ballonführer aufzuladen. Allein ebenso unbefriedigend wäre es für das moderne Rechtsempfinden, wenn der Grundeigentümer an die paar tausend Personen verwiesen würde. Erfolgen solche Schädigungen bei Ausstellungen, Wettfahrten und bei bestimmten öffentlich angesagten Tagen, muß die Unternehmung entschieden Schadenersatz entrichten — sie hat ihn wenigstens veranlaßt. Dieser Satz muß neu aufgestellt werden.

Es können aber auch ganz andere Gefahren und Schädigungen viel ernsterer Natur eintreten; z. B. kann vermöge der Öffnung des Ventils beim Hinuntersteigen Gas in Häuser entrinnen und eine Explosion entstehen. Dieser Fall scheint in Belgien praktisch geworden zu sein; denn anlässlich der Beratung über das Automobilgesetz zitierte der Justizminister Lantsheere am 8. Juni 1909 dieses Beispiel im belgischen Senate ¹⁾. Die juristische Frage der Haftpflicht ist eine sehr kritische; indessen muß die Unternehmung hier haften, sobald man ihre Verantwortungspflicht ernsthaft auffaßt: sie hat die Schädigung geschaffen und veranlaßt.

3. Bei den Gefahren, welche mit den neuen Verkehrsmitteln verbunden sind, spielt die Versicherung eine nicht unerhebliche Rolle. Hier ist natürlich ein Anschluß an das hochentwickelte Versicherungsrecht nicht schwierig.

Bis in die jüngste Zeit waren die Unfallversicherungsgesellschaften darüber einig, die Ballonfahrten von der Versicherung auszuschließen, und jetzt ist es sehr wahrscheinlich, daß später Spezialpolicen geschaffen werden, die sich den besonderen Bedürfnissen der Luftschiffahrt noch weit mehr anpassen, ähnlich wie sie bei den Eisenbahntransportversicherungen bestehen. In der Schweiz war es namentlich das kommende Gordon-Bennet-Wettfliegen,

¹⁾ Vgl. Annales Parlementaires 1909, S. 221. Der Fall ist so eigenartig, daß ich die Ausführung hier hinzusetze: Un aéroplane voit son ballon se dégonfler; il se propose d'aller descendre dans un petit bois qu'il aperçoit plus loin; seulement il passe au dessus d'une ville; les habitants, croyant lui rendre service se mettent a fixer les cordes qui pendent de la nacelle, malgré les protestations de l'aéroplane; on force ainsi le ballon à descendre dans une rue étroite. L'aéroplane est obligé d'ouvrir la soupape; le gaz s'échappe, pénètre dans les maisons, à la fenêtre de l'une d'elles un monsieur fume une cigarette. Explosion, morts, blessés. L'aéroplane est déclaré responsable, parce qu'il a créé un risque.

Anderer Meinung ist in dem erwähnten Falle der Justizminister gewesen, und in der Tat sind die konkreten Umstände sehr eigentümlich. Der Minister führte aus: il est clair que l'aéroplane n'était pas seul a avoir créé ce risque et que les gens qui tiraient les cordes et que le monsieur qui fumait à sa fenêtre y avait contribué pour leur part.

das den Gesellschaften den Anlaß gab, der Frage näher zu treten. Es gibt dabei zwei Wege der Versicherung: ¹⁾

- a) sie wird als Ergänzung einer schon bestehenden gewöhnlichen Unfallversicherung für Unfälle aller Art (des Berufs und des täglichen Lebens) genommen: es handelt sich dann um einen Nachtrag zur Police. Dabei ist es nicht nötig, das Risiko der Versicherung der Luftschiffunfälle genau zu umgrenzen. Ein Unfall, der sich nicht bei der Luftballonfahrt im eigentlichen Sinne ereignet, wird sich ohne weiteres als ein entschädigungspflichtiger Unfall im Sinne der gewöhnlichen Unfallversicherung darstellen. Wenn beides in gleicher Weise versichert ist: Unfälle aller Art und Luftschiffunfälle, so ist eine Unterscheidung nicht mehr erforderlich.
- b) sie wird als Spezialversicherung ausschließlich für Luftschiffahrten genommen, und diese kann sich auf eine einzelne Fahrt oder auf Fahrten während eines längeren Zeitabschnittes beziehen. Hier ist eine Umgrenzung nötig. Ganz speziell werden auch die Unfälle beim Fertigmachen des Ballons (Abfahrt) eingeschlossen; dagegen wird gesagt, daß die Versicherung endige mit der erfolgten endgültigen Landung des Ballons bzw. mit dem Verlassen der Gondel und dem Wiederbetreten des festen Bodens. Immerhin wird noch hinzugefügt, daß Unfälle nach erfolgter Landung beim Verpacken des Ballons und dessen Transport bis zur nächsten Bahnstation gedeckt seien. Der Versicherte wird dabei pflichtig erklärt, den Tag des Antritts der Luftballonfahrten unter Angabe der Bezeichnung des Ballons und dessen Aufstiegsortes und womöglich des in Aussicht genommenen Reisezieles der Versicherungsgesellschaft vorher rechtzeitig anzuzeigen.

Bei der Prämienberechnung machen die Gesellschaften einen Unterschied zwischen nicht lenkbaren Fahrzeugen (Ballons) und lenkbaren Fahrzeugen (Luftschiffen); diejenige für die erstere Klasse ist etwas höher. Diese Differenzierung zwischen lenkbaren und nichtlenkbaren Fahrzeugen ist vielleicht nicht ganz gerechtfertigt. Wenigstens stehen sachkundige Sportsleute heute noch auf dem Standpunkte, daß vorläufig das Risiko der Fahrten mit lenkbaren Luftschiffen noch mindestens ebenso groß oder größer sei als mit nichtlenkbaren Luftballons. Dies ist vielleicht eine Frage, die in Frankfurt anläßlich der Ausstellung entschieden werden wird.

Personen, die sich an **P r o b e f a h r t e n** beteiligen, haben das $2\frac{1}{2}$ fache der regulären Ansätze zu entrichten.

Öffentliche **W e t t f a h r t e n** (Dauer- und Weitfahrten) erfordern die 5 fache Prämie der Einzelfahrten.

¹⁾ Ich habe von den Direktionen der Unfallversicherungsgesellschaften Winterthur und „Zürich“ in Zürich in freundlichster Weise Auskunft erhalten.

Für die Aufstiege in den an das Meer grenzenden Ländern kann die Prämie eine Erhöhung erfahren.

Die Gesellschaften gewähren den Ballonbesitzern auch eine Versicherung der gesetzlichen Haftpflicht gegenüber Drittpersonen aus der Veranstaltung von Luftballonfahrten. Die Versicherung erstreckt sich auf die Deckung der gesetzlichen Haftpflicht des Ballonführers und eventueller Ersatzleute, nicht aber auf die Haftpflicht gegenüber den aufsteigenden Personen.

Bemerkenswert ist nun weiter, daß sich die Gesellschaften in bezug auf Flugmaschinen (Aeroplane) noch ablehnend verhalten. Trotzdem neuestens von dem Projekte gesprochen wurde, einen Flug über den Atlantischen Ozean zu wagen, wäre es also nicht möglich, für diese Fahrt eine Versicherung einzugehen. Der Versicherungsvertrag wäre aber beinahe wichtiger und klüger als die Ausführung dieser Fahrt. Die erwähnte versicherungsrechtliche Auffassung bestätigt auch die früher ausgesprochene privatrechtliche Auffassung, daß Dritte, welche sich einer Flugmaschine anvertrauen, im Falle des Verunglückens einen Rechtsanspruch gegen den Flugmaschineneigentümer nicht erheben können: es liegt ein Handeln auf eigene Gefahr vor.

4. **Von der Höhe der Luft aus können auch Verbrechen und Vergehen begangen werden, und es entsteht dann die Frage, welches Strafrecht kommt hier zur Anwendung, und welche strafgerichtliche Gerichtsbarkeit ist kompetent?** Es steht freilich fest, daß der Einheimische oder Ausländer, der innerhalb eines Staatsgebietes ein Delikt begeht, dem internen Strafrechte und der internen Jurisdiktion unterworfen ist. Es scheint deswegen einfach zusein, daß die in Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffen befindlichen Personen strafrechtlich nach dem Gesetze verantwortlich sind, unter dessen Herrschaft das Verbrechen begangen wird. Allein die praktische Durchführung dieses Satzes bietet Schwierigkeiten: wo ist das Luftpolizeikorps, das den Verbrecher verfolgt und abfaßt? Bei vielen Delikten, die in den Lüften begangen werden, ist der Grundstaat gar nicht interessiert, so daß er sich die Mühe nicht geben wird, sie zu verfolgen.

In dieser Gruppe von Fragen wird man richtigerweise den Spuren des Seerechts folgen und sagen müssen, daß das Strafrecht und die Gerichtsbarkeit von der Luftflagge bestimmt werden. Die Analogie ist hier durchaus natürlich und sachlich geboten.

Dem internen Strafrechte müssen aber vorbehalten sein alle diejenigen Straftaten, bei welchen das Luftschiff mehr als Objekt des Delikts denn als selbständige Örtlichkeit erscheint; man denke an Eigentumsschädigungen, Diebstahl, Entführung von der Land- und Hafenanlage aus. In dieser Beziehung ist zu erwähnen, daß der Entwurf des schweizerischen Strafgesetzbuches (Fassung Juni 1903) unter dem Titel „Verbrechen gegen die Sicherheit des öffentlichen Personen-, Güter- und Nachrichtenverkehrs“ auch eine Bestimmung über die Luftschiffahrt aufgenommen hat. Art. 155 lautet folgendermaßen:

Wer die Sicherheit des öffentlichen Verkehrs, insbesondere auf Straßen, Wegen oder Plätzen, oder die Sicherheit der Schifffahrt oder der Luftschifffahrt vorsätzlich so gefährdet, daß dadurch das Leben von Menschen in Gefahr kommt, wird mit Gefängnis bestraft.

Die Vorschrift, die ganz modern ist, wird auch noch für den Fall der fahrlässigen Handlung wiederholt. Indem das projektierte Gesetzbuch so vorgeht, schafft es einen besonderen Schutz zugunsten der Luftschiffe, ähnlich wie wir ihn schon zugunsten anderer Verkehrsmittel besitzen. Es wird sich dabei nur noch darum handeln, ihn auch zugunsten der Ballons und Flugmaschinen auszudehnen.

III.

Ich gehe über auf die Fragen, welche die Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffe auf dem Gebiete des internationalen Rechtes hervorrufen: dies ist wohl der schwierigste und wichtigste Teil der ganzen Materie¹⁾. Denn hier kommen neue Beziehungen zum Völkerrecht, sowohl nach der Seite des friedlichen Verkehrs als des Kriegsrechts, vor.

Hier machten sich zwei verschiedene Meinungen geltend, die staatsrechtlich und völkerrechtlich wichtig sind.

1. Es wurde gesagt, die Luft und der Luftraum seien frei, und der Staat habe dem gegenüber nur diejenigen Rechte, welche zu seiner Selbsterhaltung nötig seien, zu beanspruchen. Diesen Grundsatz sprach speziell auch das Institut für internationales Recht 1906 aus, indem es folgende Resolution annahm:

L'air est libre. Les États n'ont sur lui, en temps de paix (et en temps de guerre) que les droits nécessaires à leur conservation.

Diesen Satz habe auch ich verfochten, aber nicht ohne sofort hinzuzufügen, daß es sich dann weiter darum handle, die Details zu ordnen und sich gegenseitig in vernünftiger Weise und so entgegenzukommen, daß die Luftschifffahrt ausgeführt werden kann, zu welchem Zwecke ein Staatsvertrag abzuschließen sei. Man bemühte sich, den Inhalt der dem Grundstaate zustehenden Rechte durch eine Abteilung und Ausscheidung von Luftzonen abzugrenzen; z. B. indem man sagte, eine Luftzone von 1500 m sei als Schutzzone des Grundstaates anzusehen. Andere sprachen von der Analogie mit der Schußweite oder mit der Weite des Küstenmeeres oder mit der photographischen Gesichtswerte. Allein eine solche ziffernmäßige Abtrennung ist nicht praktisch und nicht durchführbar.

¹⁾ Über die anlässlich der Luftschifffahrt auftauchenden völkerrechtlichen Fragen vgl. Meurer: Luftschifffahrtsrecht, S. 21 ff., und A. K. Kuhn: Aerial navigation in its relation to international law (1909). A paper read at the international law session of the American political science association held at Richmond, Dec. 31, 1908.

2. Es wurde gesagt, jeder Staat sei kraft seiner Souveränität in der staatsrechtlichen Regulierung des Luftschiffahrtwesens innerhalb seines Gebietes frei, dazu gehöre auch der entsprechende Luftraum und zwar ohne Höhengrenze. Jeder Staat sei berechtigt, nur seine Interessen dabei wahrzunehmen. Das Völkerrecht könne seinerseits nur die Interessen des Grundstaates wie die Beschränkungen näher festlegen und gegen die Interessen des Verkehrs und die Forderungen der Luftschiffahrt „abgleichen“¹⁾.

Es mag richtig sein, daß die zweite Formulierung rein theoretisch zutreffender ist, allein es hat gar keinen Zweck, darüber hier ernsthaft zu diskutieren, da auch ich der Ansicht war und bin, daß jeder Staat bei der Wahrung seiner Interessen vollständig und umfassend geschützt werden muß. Diese Interessen beziehen sich auf alle möglichen Seiten, — man denke an die Verteidigung und den Schutz des Staates, an die Zollinteressen, an die Abwehr der Spionage, an sanitäre Interessen. Die Zollinteressen versteht speziell jetzt schon Frankreich zu wahren, indem es die dort landenden Ballons dem Zolle unterwirft²⁾. Ich gebe also durchaus zu, daß der Grundstaat in jeder Höhe staatliche, verwaltungsrechtliche, polizeiliche, sanitäre Bestimmungen erlassen kann, — ob er sie in jeder Höhe auch auszuführen in der Lage ist, ist eine andere Frage. In erster Linie muß also der Grundstaat geschützt werden. Allein daran reiht sich sofort die weitere Betrachtung, daß auch die anderen Staaten Rechte am Luftraum haben müssen, um die Luft mit Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffen zu durchqueren, nötigenfalls auf die Erde herunterzufliegen und zu stationieren, — auch abgesehen von der Landung in der Not (*droit de relâche forcée*).

Welche Schutzmaßnahmen hier bei den zum Teil kollidierenden Interessen auf internationalem Boden getroffen werden müssen, ist eine

¹⁾ Diese Ausführung ist namentlich in der Broschüre Ch. Meurer: Luftschiffahrtsrecht, S. 18—27 enthalten. Vergleiche hiergegen die treffenden Bemerkungen in der Broschüre von Alexander Meyer.

²⁾ Das Zirkular des Ministeriums des Innern vom 12. März 1909 lautet folgendermaßen:
La fréquence des atterrissages des ballons étrangers en France a amené le Gouvernement a s'occuper de cette question. Il a été reconnu que ces ballons étaient soumis au paiement des droits de douane et il a été décidé en conséquence qu'il y avait lieu, en pareil cas, de prendre des mesures suivantes:

Chaque fois qu'un ballon étranger descendra sur le territoire français, les maires, commissaires de police, ou commissaires spéciaux devront en informer et prévenir sans retard les agents des contributions indirectes, afin d'assurer la perception des droits de douane. Le ballon devra être retenu jusqu'au paiement des droits.

D'autre part, les aéronautes seront tenus de déclarer leur nom, prénoms, qualité et domicile. Si ce sont des militaires, ils devront indiquer le grade qu'ils occupent dans l'armée, ainsi que le corps ou le service auquel ils appartiennent.

En outre, les maires et les commissaires de police devront s'assurer que l'ascension a été entreprise dans un but purement scientifique et que les aéronautes ne se sont livrés à aucune investigation préjudiciable à la sécurité nationale.

Vous aurez soin de me transmettre ces renseignements par la voie télégraphique, en m'avisant de l'atterrissage du ballon.

Allein richtigerweise muß doch hier der Fall von *relâche forcée* reserviert werden, was (wie zu hoffen ist) gegenüber dem schweizerischen Ballon „Cognac“ auch geschehen wird.

Sache der gegenseitigen Verständigung. Da die Völker miteinander leben müssen, ist eine Ausgleichung der beiderseitigen Berechtigungen und Interessen durchaus notwendig. Die Limitierung der auf dem internationalen Boden nötigen Anordnungen deckt sich zum Teil mit denjenigen, welche intern aufzustellen sind. Besser wird es aber sein, das Detail in erster Linie international zu ordnen und daraus dann zu abstrahieren, was für den internen Staat anzuordnen geboten ist. Es wird sich also hier darum handeln, Bestimmungen zu treffen über die Luftschiffahrt im allgemeinen und speziell über den Betrieb, also über die Konzessionierung, über die Führung einer Flagge, über Luftschiffkarten¹⁾, über das Ausweichen, über das Zeremoniell, über die Qualifikation der Betriebsleiter und Angestellten und die internationale Geltung der Diplome (oder Zeugnisse). Vielleicht wird man dazu gelangen, ein Weltluftamt zu schaffen.

Was die kriegsrechtlichen Fragen anbetrifft²⁾, so hat man sich über das Verbot, Geschosse und Sprengstoffe aus Luftschiffen zu werfen, auf der II. Friedenskonferenz nicht zu einigen vermocht: Deutschland, Frankreich, Italien, Rußland, Spanien, Japan lehnten es ab. Die Hauptbedeutung des Verbotes ist damit beseitigt, auch wenn es andere Staaten (bis zur III. Friedenskonferenz) annehmen. Immerhin ist in der Konvention über die Gesetze und Gebräuche des Landkrieges untersagt, unverteidigte Städte, Dörfer, Wohnstätten oder Gebäude, mit welchen Mitteln es auch sei, anzugreifen oder zu beschießen.

Vorläufig liegt die Sache so, daß jeder Großstaat hofft, er repräsentiere die größte Stärke im Gebiete der Ballons und Luftschiffe, und daher will er sich nicht beschränken lassen. Man wird deswegen gut tun, die kriegsrechtliche Abteilung dieser Materie vorläufig noch ruhen zu lassen. Ich meine aber doch auch jetzt wiederholen zu dürfen, was ich in meiner Broschüre von 1908 sagte, daß die Luftschiffe die größten Pazifisten sind, gerade deswegen, weil sie so unendlich viel Unheil anstellen können.

S c h l u ß b e m e r k u n g .

Um ein praktisches Resultat herbeizuführen, muß ein Staatsvertrag vorbereitet und abgeschlossen werden, wie ich von Anfang an (1908) ausgeführt habe. Im Dezember 1908 hieß es denn auch, daß die französische Regierung diesen Plan in die Hand nehme, und neuestens wird berichtet, daß sie auf den Herbst 1909 Einladungen zu einem „Congrès international de la navigation aérienne“ an die

¹⁾ Der deutsche Geographentag sprach in diesem Jahre aus, es sei für die Sicherheit des Verkehrs der Luftfahrzeuge sehr erwünscht, Luftschiffkarten anzufertigen (Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik, III. Jahrg. 1909, S. 760). Die Ausstellung in Frankfurt war, wie ich zu meiner Freude konstatieren kann, schon in der Lage, eine „Seekarte der Luft“ (herstammend aus der Sammlung des Oberstleutnants Moedebeck — eines berühmten Aeronauten) vorzuführen.

²⁾ Vgl. dazu Chr. Meurer a. a. O. S. 36.

anderen Staaten erlassen habe¹⁾. Auf diesem Kongresse haben natürlich die Techniker, Militärs und sonstige Sachverständige das erste Wort, und die Juristen müssen hier bescheiden in den Hintergrund treten. Ich habe keinen Zweifel, daß die Bemühungen zu einem richtigen Ziele führen werden. Günstig wirkt hier die Tatsache ein, daß die Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffe in der Welt von Anfang an sehr freundlich, ja mit Begeisterung aufgenommen worden sind, was wichtig ist, wenn man an die zum Teil entgegengesetzten Begleiterscheinungen denkt, die bei den Eisenbahnen, Telegraphen, Telephonen, Automobilen auftraten. Eine weitere Garantie des Gelingens bildet aber der *G e i s t d e s I n t e r n a t i o n a l i s m u s*, der in der Neuzeit sich so kräftig zeigt, und der nicht ruhen wird, bis diejenigen Schöpfungen erreicht sind, welche den solidaren Interessen der Weltwirtschaft entsprechen werden. Und endlich gilt von dem modernen Techniker gegenüber allen Hindernissen der Satz, den Th. C u r t i in seinem neuesten dramatischen Gedichte, wenn auch in einem anderen Zusammenhange, verkündet hat: ²⁾

.
Doch überwindet,
Ob auch der Kampf währt,
Jegliche Feinde
Machtvoll der Mensch.

Und so darf ich wohl an diesem Orte die Hoffnung aussprechen, daß die Ausstellung von Frankfurt neben allen anderen Erfolgen auch dazu dienen werde, dem Luftschiffahrtsinteresse, speziell dem Gedanken eines Staatsvertrages über Ballons, Flugmaschinen und Luftschiffe, neue Anregung zu verschaffen, wie es auch Frankfurt war, das 1891 eine Art Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der Starkstromindustrie wie des elektrischen Rechtes wurde.

¹⁾ Weiter ist der 4. internationale Kongreß der Luftschiffahrt („Congrès international aéronautique“) auf den 18.—24. September 1909 in Nancy angeordnet.

²⁾ Vgl. Th. Curti: Das Fest des Empedokles (Zürich 1909) S. 10.

VII. Photographie vom Ballon aus.

Von

Professor Dr. A. Miethe-Charlottenburg.

Auf den ersten Blick erscheint die Aufgabe, eine Aufnahme aus dem Korbe eines Freiballons zu machen, nicht wesentlich verschieden von der, die gleiche Arbeit vom Erdboden aus auszuführen. Die vielfach mangelhaften Erfolge, die bei Ballonphotographien erzielt werden, lassen aber schon erkennen, daß hier eigenartige Schwierigkeiten vorliegen müssen, auf die selbst sonst geübte Liebhaberphotographen nicht von vornherein vorbereitet sind. In Wirklichkeit sind solche Schwierigkeiten vorhanden und lassen sich aus zwei Quellen herleiten, einerseits aus der Eigenart der Ballonaufnahmen insofern, als es sich bei ihnen stets um Bilder handelt, die ohne jeden Vordergrund und Mittelgrund aufgenommen werden müssen, zweitens aber bedingt der Standpunkt des Photographen in der im Raum bewegten Gondel gewisse Rücksichtnahme auf diese Bewegung selbst.

Wir wenden uns zunächst zu der ersten Schwierigkeit. Zwischen dem aufzunehmenden Objekt, d. h. also einem Teil der Erdoberfläche, die für die Aufnahme ausgewählt wird, und dem Korbe selbst befindet sich stets eine mehr oder minder dicke Luftschicht. Gewöhnlich wird man Aufnahmen aus geringerer Höhe als 800—1000 m kaum jemals machen. Die dicken Luftschichten haben aber nun in optischer Beziehung Eigentümlichkeiten, welche berücksichtigt werden müssen, wenn man sich über das Resultat einer Aufnahme im voraus klar werden will. Wie man bei Gelegenheit von Sonnen-Auf- und Untergängen jederzeit feststellen kann, absorbieren dicke Luftschichten wesentlich die blauen und violetten Strahlen; daher kommt es, daß die Sonnenscheibe in der Nähe des Horizontes mehr oder minder rot gefärbt erscheint. Ein weißes Objekt muß daher, durch eine dicke Luftschicht gesehen, an blauen und violetten Strahlen verarmen, und wie die tägliche Erfahrung z. B. an fernen Schneebergen zeigt, einen mehr oder minder gelblichen oder orange-farbenen Ton annehmen. Abgesehen aber von dieser Absorption der Luft ist dieselbe auch in gewissem Sinne als ein getrübtetes Medium anzusehen; ungleich einem absolut durchsichtigen farblosen oder gefärbten Medium nämlich reflektiert sie einen Teil des auf sie fallenden Lichtes und zwar sind es vorzüglich die blauen und violetten Strahlen, welche zurückgeworfen werden. Dies erkennt man beispielsweise daran, daß der klare Himmel nicht schwarz erscheint, wie er erscheinen müßte, wenn die Luft absolut klar wäre, sondern mehr oder minder tiefblau, eine Färbung, die durch das unregelmäßig reflektierte, wesentlich aus blauen und violetten Strahlen bestehende Licht bedingt wird.

Wenn daher ein dunkler Gegenstand sich in erheblicher Entfernung befindet, so wird derselbe durch dieses, von den zwischen dem Auge und dem Gegenstande befindlichen Luftschichten zurückgeworfene Licht mehr oder minder erhellt und nimmt eine blaue Farbe an.

Da nun die photographische Platte, wie allgemein bekannt, wesentlich für die blauen und violetten Strahlen empfindlich ist, so muß durch die schon für das Auge auffallende Anreicherung der dunklen Gegenstände an blauen Strahlen und die Verarmung der hellen Gegenstände an blauen Strahlen schließlich bei genügend großer Entfernung ein Moment eintreten, wo auf der photographischen Platte der Unterschied zwischen den hellen und den dunklen Gegenständen nicht mehr zum Ausdruck kommt, sondern ein allgemeiner Schleier entsteht, der gewissermaßen die Lokalfarbe vollkommen zudeckt. Das Mittel, um diesem Übel entgegenzutreten, ist allein in der Verwendung solcher Platten zu sehen, welche wesentlich für das weniger brechbare Licht, d. h. das rote, gelbe und grüne Licht empfindlich sind und welche daher ähnlich wie das Auge den weißen, durch die Luftperspektive gelblich gefärbten Gegenstand immer noch stärker wirken lassen als den dunklen, durch die Luftperspektive bläulich gefärbten Gegenstand. Da aber unsere besten farbenempfindlichen Platten zwar neben der auch den gewöhnlichen Platten eigenen Blauempfindlichkeit eine gewisse, immerhin aber beschränkte Empfindlichkeit auch für die weniger brechbaren Strahlen besitzen, so würde zwar die Verwendung farbenempfindlicher Platten einen gewissen Vorteil darbieten, derselbe würde aber nicht in dem Maße sich geltend machen, wie man zunächst erwarten sollte. Um eine möglichst gute Differenzierung der Lokalhelligkeit und Farbe entfernter Gegenstände photographisch zu erreichen, muß man dahin streben, die Wirkung der blauen und violetten Strahlen bei der Aufnahme ganz auszuschließen. Dies erreicht man bekanntlich in der Technik dadurch, daß man die farbenempfindliche Platte in Verbindung mit einer Gelbscheibe benutzt, welche das blaue und violette Licht möglichst vollkommen absorbiert, ohne die weniger brechbaren Lichtarten merkbar zu schwächen. Solche Gelbscheiben sind heute im Handel erhältlich; es sind die sogenannten Massivgelbscheiben, die einen willkommenen und vollwertigen Ersatz für die früher benutzten aus zwischen Gläsern eingeschlossenen farbigen Schichten bestehenden Filter darbieten. Diese Massivgelbfilter haben den großen Vorteil, abgesehen von ihrer Absorption, optisch wesentlich indifferent zu sein, d. h. die Güte des von der Linse entworfenen Bildes nicht zu beeinträchtigen, auch wenn sie, wie es aus Bequemlichkeitsgründen zweckmäßig ist, direkt vor oder im Objektiv benutzt werden.

Sehr eigentümlich gestalten sich die Verhältnisse bei der Entwicklung jeder auch unter Benutzung der eben genannten Hilfsmittel hergestellten Ballonaufnahme. Ein einfaches Experiment beweist uns, daß ferne Gegenstände, auch an sich dunkle oder schwarz gefärbte, erhebliche Mengen Licht uns zusenden. Stellt man sich in der Gondel des Ballons so auf, daß der Körper eine in der Hand gehaltene weiße Visitenkarte beschattet, und vergleicht deren Helligkeit mit der Helligkeit entfernter dunkler Objekte, so erkennt man, daß die Visitenkarte immer noch wesentlich dunkler gefärbt erscheint als die dunkelsten Punkte an der Erdoberfläche. Wenn man daher eine photographische Aufnahme mit richtiger Exposition vom Ballon aus macht, so kann man nicht erwarten, daß bei der Entwicklung auf der Platte Stellen vorhanden sind, die überhaupt keine Lichtwirkung zeigen, vielmehr müssen alle Punkte der Platte Licht in einer solchen Menge erhalten haben, daß eine chemische Wirkung eintritt. Die Platte muß daher naturgemäß bei der Entwicklung

schleierig aussehen, und speziell in der Aufsicht wird man häufig bei der Entwicklung überhaupt keine Details sich bilden sehen, sondern die Platte wird scheinbar gleichmäßig sich mit einem dichten Schleier bedecken. Da die Helligkeitsunterschiede am Objekt überhaupt sehr gering sind, darf man nicht etwa die Belichtungszeit soweit verkürzen, daß die dunkelsten Objekte keine Wirkung mehr ausüben, weil sonst die chemische Wirkung der lichten Objekte viel zu gering sein würde. Man muß vielmehr den Schleier vollkommen außer acht lassen und sich daran gewöhnen, die Entwicklung nicht in der Aufsicht, sondern in der Durchsicht vorzunehmen, und zwar wenn, wie es in den meisten Fällen sein wird, der Schleier sehr stark ist, ohne Rücksicht auf die Undurchsichtigkeit der verschleierte Platte. Als Wegweiser für den Anfänger wird es sich empfehlen, die Entwicklung solange fortzusetzen, bis auch von der Glasseite der Platte hindurchgesehen dieselbe verschleiert ist bzw. deutliche Details zeigt. Da man bei allen Ballonaufnahmen, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, mit verhältnismäßiger Flauheit und Kontrastlosigkeit der Platten zu kämpfen haben wird, so werden für die Entwicklung von Ballonaufnahmen diejenigen Gesichtspunkte maßgebend sein, welche auf die Erzeugung möglichst großer Kontraste im Bilde wirken. Man muß daher nicht, wie es vielfach absolut fehlerhaft geschieht, mit stark verdünnten Entwicklern, etwa gar auf dem Wege der sogenannten Standentwicklung die Platten hervorrufen, sondern im Gegenteil einen möglichst konzentrierten, äußerst kräftig arbeitenden Hervorrufener benutzen, der unbeschadet des Oberflächenschleiers der Platte die Kontraste in der Tiefe derselben entwickelt und daher nach der Fixierung ein wenn auch verschleiertes, aber doch kontrastreiches Negativ liefert, welches durch die einfache Operation des Abschwächens zu einem normalen, vielleicht sogar vorzüglichen Negativ gemacht werden kann. Man wird nie befürchten müssen, daß durch überlange Entwicklung oder zu konzentrierten Hervorrufener ein hartes Negativ entsteht, und muß alle Mittel anwenden, um die Kontraste möglichst zu steigern.

Die weitere Schwierigkeit, Ballonaufnahmen zu machen, liegt in der Bewegung des Aufnahmepunktes. Sowohl in vertikaler, als auch in horizontaler Richtung wird in fast allen Fällen der Korb des Ballons gegen die Erdoberfläche sich in Bewegung befinden. Durch sein Schwimmen im Winde und durch sein Streben, das Gleichgewicht im vertikalen Sinne zu erhalten, werden diese Bewegungen bedingt. Man kann aber leicht zeigen, daß bei einigermaßen großen Ballonhöhen diese Bewegungen ziemlich gefahrlos für die Schärfe der Aufnahme sind und daß nur unter ganz extremen Umständen, d. h. bei ganz außerordentlich großen Windgeschwindigkeiten Verwendung langbrennweitiger Objektive und rapiden Höhenänderungen Unschärfen entstehen können. Einerseits wird man aber bei schnellem Steigen oder Fallen des Ballons im allgemeinen überhaupt nicht photographieren, weil die Insassen des Ballons dann gewöhnlich durch die Navigation genügend beansprucht sind, andererseits wird man bei großen Windgeschwindigkeiten schlimmstenfalls ebenfalls auf photographische Aufnahmen verzichten müssen, solange nicht die Höhe so groß ist, daß von dieser Seite keine Gefahr für die Schärfe der Aufnahme besteht.

Viel gefährlicher aber sind die Schwankungen des Ballons, die durch Verschiebungen der Massen innerhalb des Korbes auftreten und die erhebliche Winkel-

werte und verhältnismäßig kurze Schwingungszeiten erreichen können. Man wird daher die Aufnahme nur in solchen Fällen vornehmen, wo diese Schwingungen zur Ruhe gekommen sind, oder, wenn es nicht gelingt, einen Moment der Ruhe abzapfen, wenigstens für die Aufnahme denjenigen Zeitpunkt wählen, an welchem die Winkelgeschwindigkeit ihre geringsten Werte erreicht hat, d. h. also den Moment, wo die Pendelung ihren Sinn ändert.

Ebenso stark können die Drehungen des Ballons um seine vertikale Achse auf die Schärfe der Aufnahme einwirken. Gewöhnlich pflegen Ballons, solange sie sich nicht im absoluten Gleichgewicht befinden, langsame oder schnellere Drehungen um ihre vertikale Achse auszuführen, indem sie gelegentlich langsam in einer Richtung rotieren oder auch abwechselnd nach rechts und dann wieder nach links sich drehen, wobei sie häufig ganze Drehungen oder wenigstens große Teile ganzer Umdrehungen ausführen. Auch diese Drehungen können natürlich die Schärfe beeinflussen; sie sind aber im allgemeinen viel weniger gefährlich als die Pendelungen, da die Drehungen meist in langen Perioden verlaufen und daher die Winkelbewegung in diesem Fall so klein wird, daß sie speziell bei der Verwendung kurz-brennweitiger Objekte ohne Einfluß ist.

Da die gewöhnlichen Ballonaufnahmen häufig nicht gerade übermäßig gut lesbar sind, und da die photographische Wiedergabe der Details oft so eigenartig ist, daß man die Natur der dargestellten Gegenstände nicht leicht erkennen kann, so wird man sich bei Ballonaufnahmen wesentlich bessere und instruktivere Bilder dadurch verschaffen, daß man anstelle von Einzelaufnahmen Stereoskopbilder macht. Mit einem gewöhnlichen Stereoskopapparat aber würde diese Arbeit ziemlich aussichtslos sein, da schon bei niedrigen Ballonhöhen die stereoskopische Wirkung fast oder ganz null werden müßte; längere Basen aber zu verwenden, hat vom Ballon aus seine Schwierigkeiten. — Dagegen kann man mit großem Vorteil so verfahren, daß man die zu einem Stereoskoppaar gehörigen Aufnahmen in solchen Zeitintervallen nacheinander macht, daß die durch den Wind bewirkte horizontale Translation des Ballons eine genügend lange Basis zwischen beiden Aufnahmen gewährleistet. Bei mittleren Ballonhöhen zwischen 500 und 1000 m sind Basislängen von 5—50 m als gute Mittelwerte zu betrachten. Man wird daher zeitlich nacheinander zwei Aufnahmen derartig auf dasselbe Objekt machen, daß das perspektivische Zentrum sich um diesen Betrag zwischen beiden Aufnahmen verschiebt.

Schließlich sei hier noch auf die Möglichkeit der Herstellung farbenphotographischer Aufnahmen vom Ballon aus hingewiesen. Diese Möglichkeit ergibt sich aus der Tatsache, daß man in diesem Fall das gewöhnliche Dreifarbenverfahren unter Benutzung einer Kamera mit drei Objektiven ausführen kann, während dies vom Erdboden aus mit Rücksicht auf die Nähe des Vordergrundes nicht möglich ist. Derartige farbige Ballonaufnahmen sind bereits von mir wiederholt mit Erfolg ausgeführt worden und haben die außerordentliche Schönheit der hier zu erreichenden Resultate ergeben. Das Lumièreverfahren dagegen läßt sich vom Ballon aus momentan noch nicht benutzen, weil die Belichtungszeit zu lang ist und mit Rücksicht auf den bewegten Standpunkt vom Ballon aus daher scharfe Aufnahmen sich nicht bewerkstelligen lassen.

VIII. Die Photographie mit Brieftauben.

Von

Hofapotheker Dr. **Julius Neubronner**-Cronberg.

Die Brieftaube als Rezeptbote, Arzneimittelträgerin und Photograph.

Die Verwendung der Brieftauben zur Überbringung von Nachrichten ist uralte.

Sehen wir von der Sündflut ab, bei welcher ja auch eine Taube dem alten Noah den meteorologischen Bericht in Gestalt eines Ölblattes übermittelte, so lehrt uns doch die Geschichte, daß **Brutus** 43 v. Chr. bei der Belagerung von Modena den **Markus Antonius** durch Tauben zu Hilfe gerufen hat. Die römischen Gladiatoren zeigten ihre Siege ihren Landsleuten durch gefiederte Boten an. Ägypten und Syrien waren 1167 durch Brieftauben-Post miteinander verbunden. Im 16. Jahrhundert finden wir ihre Verwendung in Nord- und Süd-Europa, Italien und Harlem. Eine raffinierte Verwendung machte **Rothschild** 1815. Er hatte die Nachricht von der Schlacht bei Waterloo drei Tage früher als die englische Regierung, und ungeheure Vorteile wurden durch Börsenmanöver daraufhin erzielt. Bis zur Erfindung der elektrischen Telegraphie 1850 haben große Banken, Kaufleute und namentlich die Kölnische Zeitung die Tauben zur Übermittlung von Börsen- und anderen Nachrichten verwendet.

Die ausgedehnte Verwendung von Brieftauben in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts regte meinen Vater, den damaligen Amts-Apotheker des Amts-Bezirks Königstein, an, die Brieftauben zur Überbringung von Rezepten nach der Apotheke zur Zeit einer Seuche zu benutzen.

Cronberg besaß damals die einzige Apotheke im Amts-Bezirk, was sich bei einer Epidemie in unangenehmer Weise fühlbar machen mußte. Oberursel, Soden und Eppstein bekamen erst nach 1848 Apotheken. Man kann sich denken, wie umständlich und langwierig die Anfertigung der auswärtigen Rezepte dazumal war. Die Kranken im Amts-Bezirk wurden von einem einzigen Arzte behandelt. Dieser wohnte in Cronberg und mußte für die Sache interessiert werden. Mein Vater richtete ihm eine kleine Mappe ein, mit deren Hilfe jedes Rezept, welches auswärts verschrieben, gleichzeitig auf Seidenpapier kopiert wurde. In den Orten, die der Arzt hauptsächlich besuchte, wurden Brieftauben, die nach Cronberg dressiert waren, deponiert. Sämtliche Rezepte, die an einem Orte — nehmen wir Oberursel und Eppstein an — verschrieben wurden, waren durch die Mappe auf einem Blatte

Seidenpapier als Kopien vereinigt. Dieses Blatt wurde zusammengelegt, gerollt und, nachdem es die Gestalt einer kleinen Zigarette angenommen hatte, in einen schmalen Glacéhandschuhfinger gesteckt, den die Taube nach Art eines kleinen Rucksackes beständig auf dem Rücken trug (Fig. 1). Sodann ließ man die Taube fliegen; sie legte den Weg nach der Apotheke in Cronberg in wenigen Minuten zurück. Sobald sie sich auf das Flugbrett des heimischen Schlages niederließ, löste sie durch ihr Gewicht eine Weckvorrichtung im Nebenzimmer der Apotheke aus. Der Hausdiener begab sich dann gleich nach dem Schlage und nahm dem Tiere die Rezepte ab. Alles konnte in der Zeit angefertigt werden, die der Bote aus dem Orte, der die Originalrezepte besaß, zu seinem Weg nach der Apotheke brauchte.



Fig. 1.

Die Taube zum Dienst ausgerüstet.

Wenn er ankam, konnte er die fertigen Arzneien und die Brieftaube gleich wieder mitnehmen. Sehr häufig wurde beides durch den Hausdiener der Apotheke dem Boten ein großes Stück entgegengetragen. Kam es bei starkem Nebel einmal vor, daß eine Taube sich verspätete oder ganz ausblieb, so überreichte der Bote die Originalrezepte und mußte eben warten. Später wurden Apotheken errichtet in Oberursel und Eppstein; da war die Brieftauben-Rezeptpost nicht mehr nötig und geriet in Vergessenheit. Anfangs des Jahres 1902 erschien in der „Umschau“ folgende Notiz:

Die findigen Amerikaner haben für die Brieftauben eine neue Verwendung ausgemacht. Ein Bostoner

Arzt nimmt zu jedem weiteren Besuche einen Korb voll Brieftauben mit, denen er das Rezept anheftet; der Taubenschlag befindet sich in der Apotheke. Sobald die Brieftaube ankommt, wird das Rezept angefertigt, und ein Austräger auf einem Zweirad befördert es schnellstens zu den Kranken. Die Franzosen nehmen übrigens die Erfindung für sich in Anspruch. Die „Nature“ behauptet, daß ein Docteur Kaplan in Janville schon seit 1898 eine oder zwei Tauben bei seinen Kranken läßt, die ihn über das Befinden benachrichtigen oder dem Apotheker Bestellungen vermitteln.

Durch einen Freund sogleich auf diese Mitteilung aufmerksam gemacht, bat ich die Schriftleitung dieses Blattes, auf Grund einiger Briefe und im Hinweis auf eine Anzahl angesehener Persönlichkeiten, deren Zeugnis zur Verfügung stehe, um eine Berichtigung. Ich teilte dem Schriftleiter mit, daß mein Vater bereits anfangs der vierziger Jahre einen lebhaften Rezeptverkehr mit Brieftauben begonnen und jahrelang erfolgreich betrieben habe, und zwar nicht mit einzelnen

Patienten, sondern mit ganzen Gemeinden entfernter Ortschaften. Das Jahr 1848 habe dann freilich zwei neue Apothekenanlagen gebracht, eine im Westen und eine im Osten von Cronberg, durch die selbstredend eine Brieftaubenpost überflüssig geworden sei. Mit der Zeit sei die Sache in Vergessenheit geraten. Habe man später anderwärts hiervon erzählt, so sei man meist einem ungläubigen Lächeln begegnet und habe es daher unterlassen, davon zu reden. Weiter teilte ich dem Schriftleiter mit, die Einrichtung sei noch vorhanden und könne besichtigt werden. Hiernach sei es weder ein amerikanischer, noch ein französischer Arzt, dem die Priorität der Idee, die nun zu Ehren zu kommen scheine, gebühre, sondern ein deutscher Apotheker. Ich bat, dieselbe meinem Vater bis auf weiteres zuzusprechen und bezüglich der Nationalität die Erfindung einstweilen für Deutschland festzulegen.

Dem Wunsche wurde mit großer Bereitwilligkeit entsprochen. Auch die politischen und Tageszeitungen, welche die Notiz inzwischen aufgenommen hatten, brachten Berichtigungen und längere Beschreibungen von der Einrichtung meines Vaters und knüpften auch teilweise Vorschläge hieran.

Angeregt durch diese Ereignisse, entschloss ich mich, die Brieftauben-Rezeptpost zwischen der Apotheke in Cronberg und der Heilanstalt für Lungenkranke in Falkenstein versuchsweise wieder einzuführen. Die Sache hat drei Jahre tadellos funktioniert und erst mit dem Eingehen der Anstalt ihr Ende erreicht. Für mich hatte es den Vorteil, daß ich eine Stunde früher im Besitze der ärztlichen Verordnung war, für die Leitung der Anstalt war es angenehm, den Boten ohne längeren Aufenthalt in Cronberg zurückerwarten zu können. Die Patienten der Anstalt zeigten lebhaftes Interesse für die originelle Einrichtung und gaben der Brieftaube den Beinamen „der Giftadler“.

Da in der Apotheke des öfteren kleine Quantitäten seltener oder neuer Arzneimittel zum Anfertigen der Rezepte nötig sind, und der Überbringer nicht gerne lange wartet, habe ich es später versucht, mir nicht Vorhandenes von meinem Lieferanten in Frankfurt per Brieftaube zu beschaffen. Ich bestellte das Mittel per Telephon bei dem Drogisten, nachdem ich einige meiner Tauben dort deponiert hatte, mit dem Bemerkten, mir einige Gramm per Brieftaube, den Rest später per Post oder Boten zuzusenden. Im Zeitraum von $\frac{1}{2}$ Stunde konnte Bestellung, Effektivierung und Zusendung erledigt sein. Bei meinen Versuchen kam mir die von meinem Vater seinerzeit erfundene Befestigungsmethode sehr zugute. Während man heutzutage noch allgemein die Extremitäten der Tauben, Flügel, Schwanz und Füße mit Depeschenträgern belastet, ging mein Vater von der Voraussetzung aus, man müsse das Tier da belasten, wo es am stärksten ist, das ist der Rücken. Diese Theorie hat sich glänzend bewährt. Ich habe systematische Belastungsversuche angestellt und bin zu dem Ergebnis gelangt, daß man eine Brieftaube bis zu 75 Gramm, das ist $\frac{1}{3}$ ihres Eigengewichtes, bei gleichmäßiger Verteilung der Last belasten kann ohne merkliche Beeinträchtigung ihrer Fluggeschwindigkeit. Das Ergebnis legte den Gedanken nahe, Versuche auch nach der Richtung hin anzustellen, die Brieftaube als Arzneimittelträgerin für Orte zu benutzen, die eine eigene Apotheke nicht besitzen. Bei Gelegenheit des Nassauischen Städtetages in Cronberg konnte ich den Besuchern des Kongresses, die sich am Spaziergang nach

Mamolshain beteiligten, die Tauben vorführen, wie sie nicht nur drei von einem anwesenden Arzte verschriebene Rezepte nach der Apotheke in Cronberg trugen, sondern auch fertige Medikamente, ein Glas Diphterieheilserum, ein Fläschchen mit 30,0 Chinatropfen und drei Schachteln mit je 10 Pulvern à 1,0 Gramm in die Apotheke zurückbrachten.

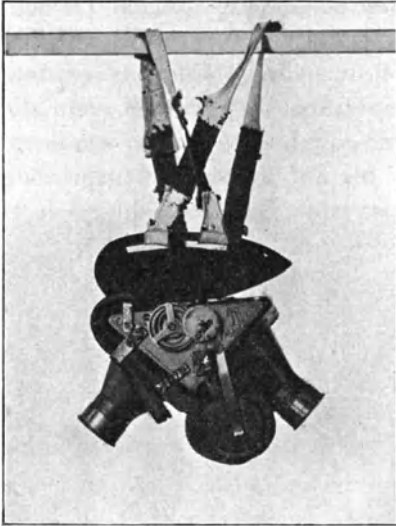


Fig. 2.

Die erste Brieftauben-Kamera mit „Tika“-Optik versehen.

Eine regelmäßige Verbindung zwischen dem Dorfe Niederhöhnstadt und der Apotheke in Cronberg, die ich als Versuchsstation einrichten wollte, um durch meine Tauben die dort verschriebenen Rezepte zu erhalten und durch die in Niederhöhnstadt stationierten Tauben die fertigen Arzneimittel nach Niederhöhnstadt senden zu können, kam leider nicht zustande. Ich hatte aus Bequemlichkeitsrücksichten den Niederhöhnstadter Taubenschlag im Eisenbahn-Stationsgebäude eingerichtet. Das war ein Fehler. Diese Wohnung war den Brieftauben zu geräuschvoll. Sie zogen aus in entferntere Schläge, bevor die Versuche begonnen worden waren. Ich werde später, wenn es meine Zeit erlaubt, auf diese Versuche zurückkommen. Sonst habe ich wenig Verluste zu beklagen. Mein Taubenbestand erhielt sich

recht gut in den sechs Jahren, die ich mich damit beschäftige. Um so auffallender war es, daß eine meiner besten Tauben, zwar ohne Botschaft, aber mit dem charakteristischen Handschuhfinger-Ränzchen versehen, an einem nebligen Tage ausblieb.



Fig. 3.

Das erste Bild, welches von einem Vogel im Fluge aufgenommen wurde. Originalgröße.



Fig. 4.

Doppelte Linearvergrößerung des ersten Bildes aus der wahren Vogelschau.

Genau nach 4 Wochen kam sie zurück. Am 1. Juni verschwand sie, am 1. Juli war sie wieder da. Es ist wohl begreiflich, daß ich vom lebhaften Wunsche erfüllt war, zu wissen, wo in aller Welt das Tier, welches wohlgenährt war, sich herumgetrieben

haben könnte. Das brachte mich, den langjährigen Anhänger der Liebhaber-Photographie scherzhaft auf den Gedanken, daß wohl nur durch einen kleinen photographischen Apparat, der in gewissen Zeitabschnitten selbsttätig eine Be-

Konstruktion besserer Apparate.

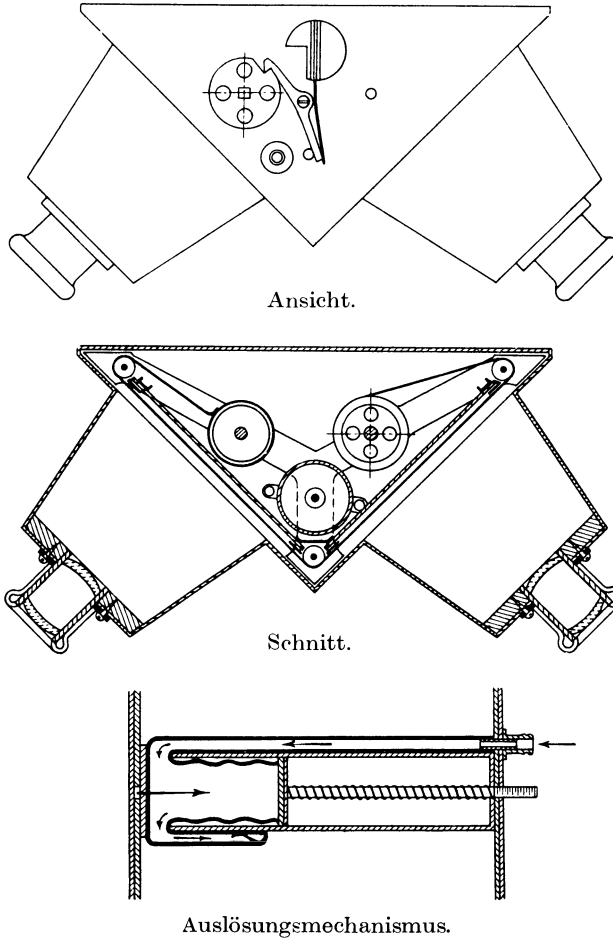


Fig. 5.

Doppel-Kamera für zwei Aufnahmen, Brennweite 4 cm.

Die Lage der Platten bedingt ein Vor- und Rückwärtsaufnahmen. Der Auslösemechanismus für den Schlitzverschluß befindet sich zum Teil im Innern des Apparates und besteht aus einem federnden Kolben, welcher mittels Druckluft in eine zu bestimmende Lage gebracht wird. Ein Haarröhrchen bewirkt wieder einen langsamen Rückgang des Kolbens. In Verbindung mit dem Kolben steht eine einfache Sperrvorrichtung. Die an dem Kolben befindliche Stange ist mit einer Skala versehen, um die Zeit der Exposition zu bestimmen.

lichtung erführe, die Möglichkeit eines derartigen Nachweises denkbar sei. Da die Brieftaube nach meinen Erfahrungen ein größeres Gewicht wohl zu tragen in der Lage war, so trat ich der Frage näher, ob photographische Aufnahmen aus der Vogelschau mit Hilfe von Brieftauben möglich seien, und stellte Versuche an.

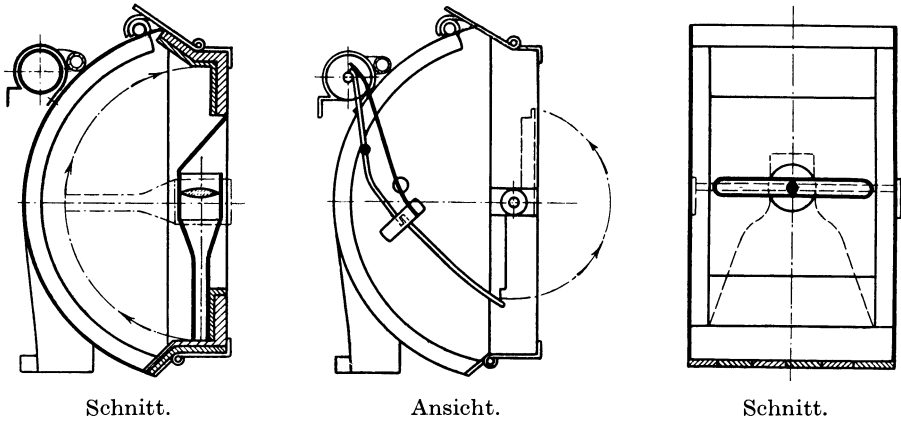


Fig. 6.

Kamera für Panoramabilder.

Das Objektiv beschreibt bei diesem Apparat eine Drehung von 180° um seine Achse und nimmt demgemäß ein Stück Gelände auf. Die Auslösung des Objektivs wird, wie die Auslösung des Schlitzverschlusses (Fig. 5), welcher hier in Wegfall kommt, bewerkstelligt.

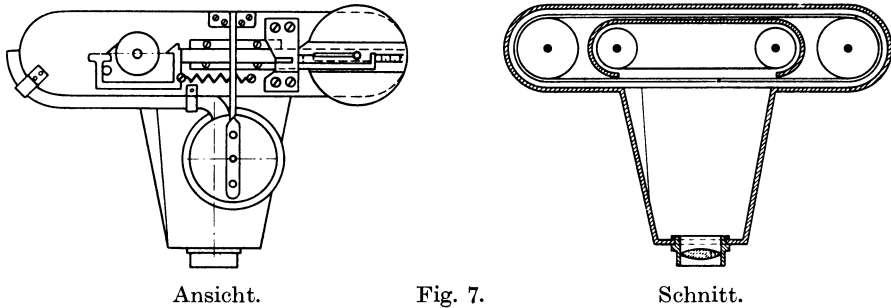


Fig. 7.

Kamera für mehrere Aufnahmen.

Das Objektiv ist direkt nach unten gerichtet. Ein laufender Filmstreifen nimmt die Aufnahmen einzeln in zu bestimmenden Zeitabschnitten auf. Die Auslösung des Schlitzverschlusses ist wie bei Fig. 5. In Verbindung mit der pneumatischen Auslösung steht noch die jeweilige Auslösung des Filmstreifens.

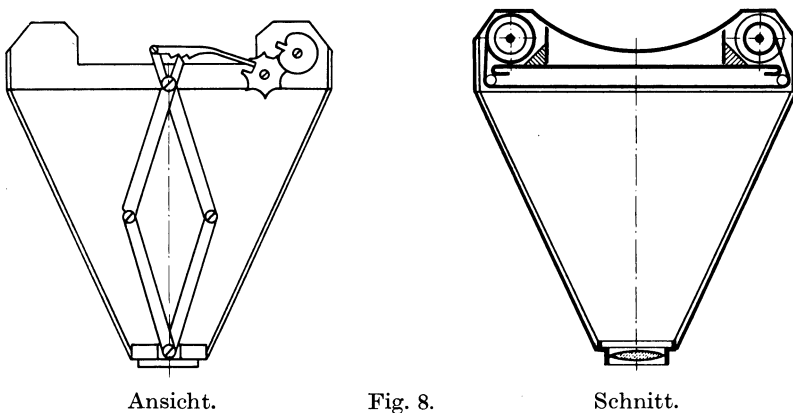


Fig. 8.

Kamera für Aufnahmen 6×9 cm, Brennweite 8,5 cm.

Das Objektiv ist an einem zusammenklappbaren Balg befestigt und nach unten gerichtet. Die Auslösung des Balges ist derart eingerichtet, daß sofort nach Exposition der Platte das Objektiv sich dicht an den Apparat anlegt. Die Auslösung des Schlitzverschlusses ist wie bei Fig. 5.

Aufnahmen, von Briefftauben hergestellt,
in doppelter linearer Vergrößerung.

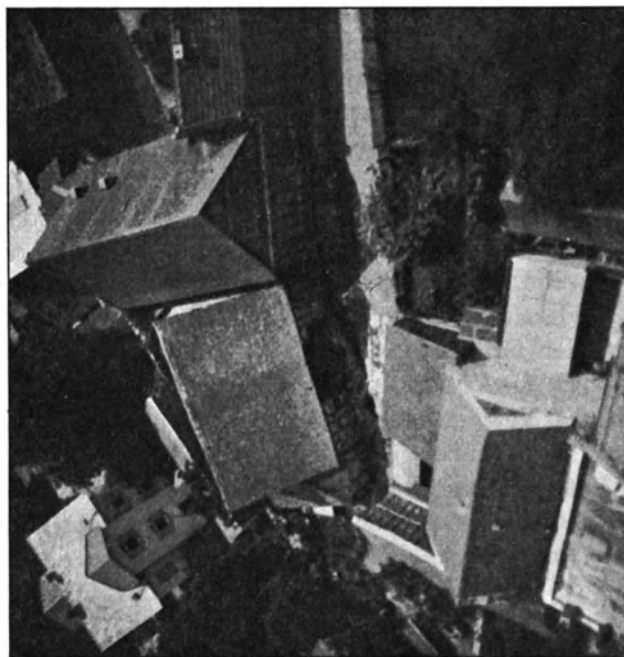
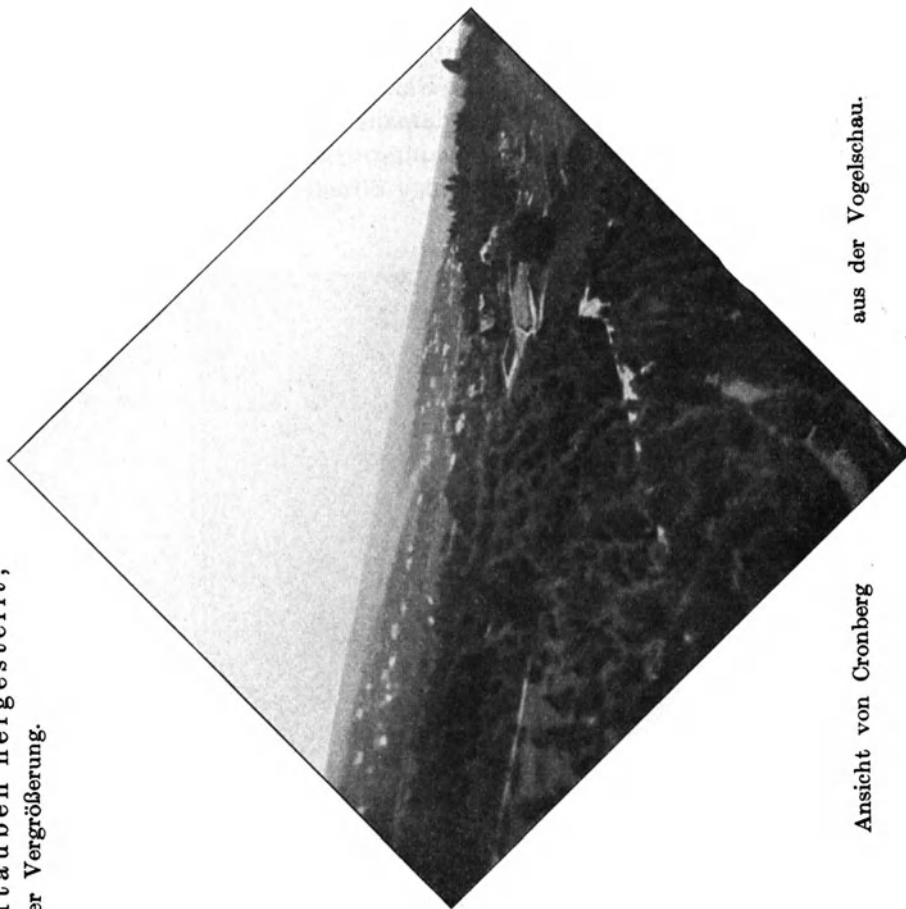


Fig. 9.
Häusergruppe in Cronberg.



aus der Vogelschau.

Ansicht von Cronberg

Fig. 10.

Wie es im Leben geht, ein Jahr, nachdem ich bereits Bilder auf obige Weise hergestellt hatte, erfuhr ich ganz zufällig, aber mit großer Bestimmtheit, daß meine Taube, erkenntlich an dem Handschuhfinger-Ränzchen, am 1. Juni 1906 in Wiesbaden im Kölnischen Hof abgestiegen war. Der damalige Küchenchef Karl August habe sie, da er sich selbst für Brieftaubenflug interessiere, eingesperrt gehalten. Als er nach 4 Wochen zum ersten Male den Schlag öffnete, sei sie auf Nimmerwiedersehen verschwunden.

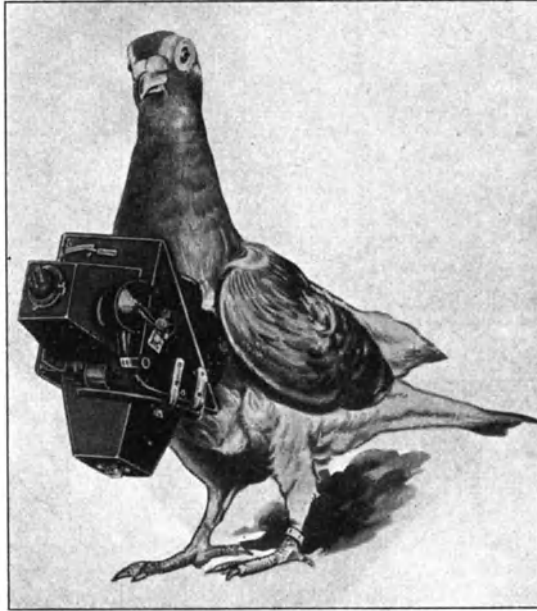


Fig. 11.

Taube mit Doppelapparat.

Für meine Versuche war es günstig, daß gleichzeitig ein neues Modell eines sehr kleinen, lichtstarken photographischen Apparates auf den Markt kam, die sog. „Tika“-Kamera in Gestalt einer Taschenuhr. Mit diesem Apparate habe ich Aufnahmen im Schnellzug und auf dem Rodelschlitten gemacht. Die Taube fliegt etwa 20 m in 1 Sekunde, 1,2 km in der Minute. Um sicher zu sein, entweder nach der einen oder anderen Seite ein Bild zu bekommen, wurde der Tauben-Apparat mit einem Objektiv nach vorn und einem Objektiv nach hinten konstruiert. Die Taube trug somit nicht einen, sondern 2 Apparate (Fig. 2). Die Kosten für die Optik waren keine großen, sie stellten sich im einzelnen auf 2—3 Mark. Freilich konnte man auch nicht viel Schärfe verlangen. Nach mühevollen Versuchen gelang es mir, ein Bild von Cronberg, von der Königsteiner Chaussee aus gesehen, zu erhalten. Das Bild läßt an Schärfe und Deutlichkeit ja sehr zu wünschen übrig, andererseits glaube ich, nachdem die Methode des Photographierens durch Brieftauben in den ersten Kulturstaaten anstandslos als neu zum Patent angenommen wurde, mit gutem Gewissen behaupten zu dürfen, daß dieses Bild das erste auf unserer Erde ist,

welches von einem Vogel im Fluge hergestellt wurde, und welches die so häufig genannte Vogelschau verwirklicht (Fig. 3 und 4).

Nachdem die Möglichkeit der Ausführung des neuen Verfahrens nachgewiesen war, traten meine Mechaniker S c h r ö d e r & C o. Nachf., denen großes Verdienst gebührt in dieser Angelegenheit, und ich an die Herstellung größerer Apparate mit besserer Optik heran.

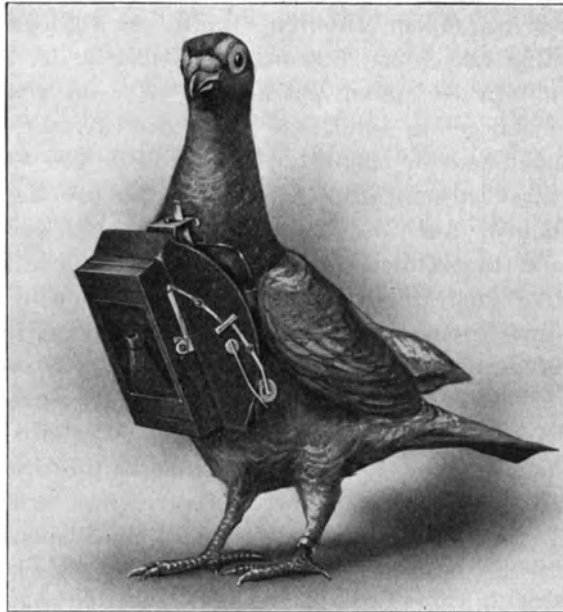


Fig. 12.

Taube mit Panorama-Apparat.

Ausführung.

Als erstes Erfordernis kommt das Brustschild in Betracht. Ein nach dem Körper der Taube modelliertes Aluminiumblech wird mit vier schmalen Riemchen aus weichem Leder und Gummilitze durch Druckknöpfe kreuzweise am Rücken festgehalten. An dieses wird der Apparat oder das Holzmodell durch Bajonettverschluss befestigt (Fig. 11 und 12). An die ausgewachsene Taube befestigt man zunächst, am besten in einem eigenen Raume und nicht Schlage, das Holzmodell. Sehr bald wird sie versuchen, damit herumzugehen und dann auch damit herumzufliegen. Die Modelle sind so eingerichtet, daß man das Gewicht bequem steigern kann. Dann läßt man die Tauben aus mäßiger Entfernung nach dem Schlage zurückfliegen und entfernt dort sofort wieder das Modell. Zum bequemen Ausflug muß das Flugbrett geräumig sein. Das Einflugloch muß möglichst groß und breit sein. Eine leichte Drahtportiere macht es der Taube unmöglich, den Schlag wieder zu verlassen. Die Bedienung der Apparate ist sehr einfach. Nachdem man in der Dunkelkammer Films oder Glasplatten eingelegt und den Apparat wieder geschlossen

hat, spannt man den Schlitzverschluß ebendasselbst durch mehrmaliges Umdrehen des Schlüssels. Es erübrigt nun noch den Zeitpunkt der Auslösung zu regeln. Dies geschieht unmittelbar vor dem Abflug. Am Apparat befindet sich ein kleiner Aluminiumknopf; über diesen stülpt man einen Gummischlauch, an dessen Ende sich eine Gummibirne befindet. Durch einen Druck auf letztere dringt Luft in den Apparat und diese läßt an gleicher Stelle einen Stift heraustreten. Der Stift besitzt eine Einteilung in Minuten und deren Teile. Je länger er hervorsteht, desto länger dauert es, bis die Auslösung erfolgt. Die belasteten Tauben läßt man, besonders in der ersten Zeit, am besten von einem erhöhten Punkte aus abfliegen. Hierdurch wird den Tierchen der Anflug erleichtert, und man ist selbst in der Lage, den Flug beobachten zu können. In der ersten Zeit kommt es wohl einmal vor, daß eine Taube sich nicht sicher genug fühlt, die ganze Strecke auf einmal zu durchfliegen. Darum belastet man sie zuerst mit dem Modell. Die Gefahr des Verlustes einer Taube mit Apparat ist keine große. Mir ist in den drei Jahren e i n e Taube mit Apparat ausgeblieben. Auch der Raubvogel scheint sich an die Tauben, welche Apparate oder Modelle tragen, nicht recht heranzuwagen. Die Sache ist ihm nicht geheuer. Ich habe zweimal Gelegenheit gehabt, zu beobachten, daß ein Raubvogel meine Taube mit Apparat angreifen wollte. In beiden Fällen ließ er nach einigen Versuchen davon ab. Ob es das Glitzern der Metallteile war, das ihn abschreckte, oder ob er den Angriff, der an der Brust geschieht, des Brustblechs wegen nicht wagen wollte, kann ich nicht entscheiden. Der eine oder andere Grund scheint mir sehr wahrscheinlich. Raben verfolgen gerne die Brieftauben mit Apparaten oder Modellen. Sie scheinen es auf den vermeintlichen Bissen abzusehen. Sobald sie sich überzeugt haben, daß die Taube ihre Bürde nicht fallen läßt, ziehen sie sich zurück.

Verwendung.

Nachdem wir die Methode des Photographierens mit Hilfe von Brieftauben kennen gelernt haben, fragen wir uns, welche Verwendung die Neuheit im praktischen Leben finden könnte? Meines Erachtens kommen hierbei vier Gebiete in Betracht: Die Kriegskunst, der Sport, die Wissenschaft und die Presse.

Beginnen wir mit der Kriegskunst.

Die Brieftaubenphotographie für strategische Zwecke.

Es lag bei der Ausführung die Annahme nahe, daß, wenn es sich verwirklichen ließe, das neue Verfahren des Photographierens aus der Vogelschau in erster Linie eine strategische Bedeutung haben dürfte. Dieser Umstand veranlaßte mich, über meine Versuche Stillschweigen zu bewahren und die Probeaufnahmen möglichst unauffällig auszuführen. Tatsächlich ist auch während der beiden Jahre keine Notiz in die Öffentlichkeit gelangt. — Frühjahr 1907 konnte die Sache beim Kaiserlichen Patentamte angemeldet werden. Letzteres verhielt sich anfangs ablehnend, da die Möglichkeit der Ausführung bezweifelt wurde. Nach Einsendung der Bilder und einer eidesstattlichen Erklärung eines meiner Freunde wurde die neue Methode in allen Teilen patentiert.

Die Bilder wurden in den ersten Tagen des Jahres 1908 dem Kgl. Preußischen Kriegsministerium eingesandt mit einer Anfrage, ob Aussicht auf Verwendung im deutschen Heere bestände und eine Geheimhaltung der Erfindung erwünschenswert sei. Im Antwortschreiben war die Erfindung als interessant bezeichnet und mir anheimgestellt, mich mit der Abteilung des Luftschifferkommandos Reinickendorf in Verbindung zu setzen. Mit meinem Mechaniker begab ich mich bald darauf zum Chef der Luftschifferabteilung, Herrn Major G r o ß , um demselben über das neue Verfahren Vortrag zu halten. Der Herr Major zeigte augenscheinlich Interesse für die Neuheit. Er glaubte, daß sie für die Erforschung einer belagerten Festung von Wert sein dürfte, und war sogleich bereit, mir eine diesbezügliche Aufgabe zu stellen, und zwar, die Tegeler Wasserwerke, die mit einem Festungswerke Ähnlichkeit haben, aus der sehr günstig bemessenen Entfernung von 2 km aufzunehmen. — Die Verwendung eines vorhandenen Taubenschlags in der Umgebung des Aufnahmeobjektes mußte er von der Aufgabe ausschließen, da im Falle eines Krieges ein solcher selbstverständlich nicht zur Verfügung stehe. Seiner Überzeugung nach gehöre die Neuheit auch mehr zum Betrieb der Brieftaubenstation in Spandau, als zur Luftschifferabteilung in Reinickendorf. Er gab uns die Adresse des Ingenieurkomitees und empfahl uns, auch mit diesem in Verbindung zu treten. — Nachdem wir die Wasserwerke von Tegel einer Besichtigung unterzogen und uns von der Ausführbarkeit der gestellten Aufgabe überzeugt hatten, begaben wir uns zum Chef des Ingenieurkomitees, Herrn Oberstleutnant B ö l s c h e .

Dieser liebenswürdige Offizier hatte bereits von der Erfindung gehört, aber, wie er uns lächelnd mitteilte, nicht daran geglaubt. Er prüfte alles aufs gewissenhafteste und forderte uns auf, am folgenden Tage nach Spandau zu kommen, um Versuche mit unsern Apparatmodellen mit seinen Tauben anzustellen. Diese Proben der Tragfähigkeit hatten einen befriedigenden Erfolg. Wir vereinbarten, gleich nach Ostern nach Spandau zu kommen, um mit den Apparaten Aufnahmen unter Verwendung seiner Tauben zu machen. Einige der letzteren sollten zu diesem Zweck vorher mit den Modellen etwas trainiert werden. — Unterdessen war die Frist, über die hinaus die Geheimhaltung eines Patentes keine Verlängerung mehr erfahren kann, nahezu abgelaufen. Sollte dem preußischen Staat an der Geheimhaltung gelegen sein und er auf die neue Erfindung Wert legen, so mußte eine Entscheidung getroffen werden. Ich berichtete in diesem Sinne an das Kgl. Preußische Kriegsministerium, erklärte mich bereit, die mir gestellte Aufgabe zu lösen, und zwar mit Hilfe eines fahrbaren Taubenschlages, auf den ich unten ausführlich zu sprechen kommen werde. — Kurz vor dem letzten Termin wurde ich in einem Schreiben im Auftrag des Kriegsministeriums aufgefordert, umgehend mich nach Spandau zu begeben; es handle sich nur darum, den Nachweis der Ausführbarkeit der Erfindung zu erbringen. — Dieser Aufforderung leistete ich sofort Folge. Die Ergebnisse waren, wie auch von Herrn Oberstleutnant B ö l s c h e anerkannt wurde, gute. Ich legte meinem Bericht an das Ministerium zwei Bilder und eine Photographie des fahrbaren Schlages bei (Fig. 13).

Es ist eine bekannte Tatsache, daß wandernde „Künstler“, Karussellbesitzer usw. des öfteren Brieftauben in einem auf den Wohnwagen gestellten Kasten auf

ihren Reisen mitführen. Die Tiere gewöhnen sich an ihr bewegliches Heim und können nach einiger Zeit sogar auf größere Entfernung gesetzt werden.

Bei Benutzung der Taube für Kriegszwecke dürfte es sich, soweit Festungsaufnahmen in Betracht kommen, um Entfernungen handeln, die bei Brieftauben, wie man zu sagen pflegt, keine Rolle spielen. Einige Kilometer vor, einige Kilometer hinter dem abzubildenden Gegenstand und einige Kilometer Entfernung kommen



Fig. 13.
Fahrbarer Taubenschlag.

gar nicht in Betracht. Die Taube sieht bei ihrem Aufstieg noch vollkommen scharf auf eine Entfernung von 35 km. Werden Tauben in solch fahrbarem Schlage mitgenommen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß sie ihren Weg sicher und schnell wieder zurückfinden. Der Schlag ist oben mit einem Verdeck von Netzwerk versehen, das den Tauben gleich einen freien Ausblick gewährt. Nach kurzem Aufenthalt am selben Platze kann man die Kapuze zurückschlagen und den Tauben das

Umkreisen ihres Heims in neuer Umgebung gestatten. Läßt man sie dann aus kurzer Entfernung einige Male fliegen, so darf man versichert sein, daß sie auch aus weiterer Entfernung in gerader Linie das zwischen dem Auffliegeplatz und ihrem Schlege gelegene Terrain überfliegen. — Der Schlag wurde mit einer Nürnberger Schere versehen, die es gestattet, den Taubenbehälter beim Transport auf Wagenhöhe herabzulassen und wiederum am Flugplatze auf etwa 6 m in die Höhe zu heben. Außerdem wurde ein Abteil hinten am Wagen angebaut. Dieses dient als photographische Dunkelkammer zur sofortigen Entwicklung der von den Tauben mitge-

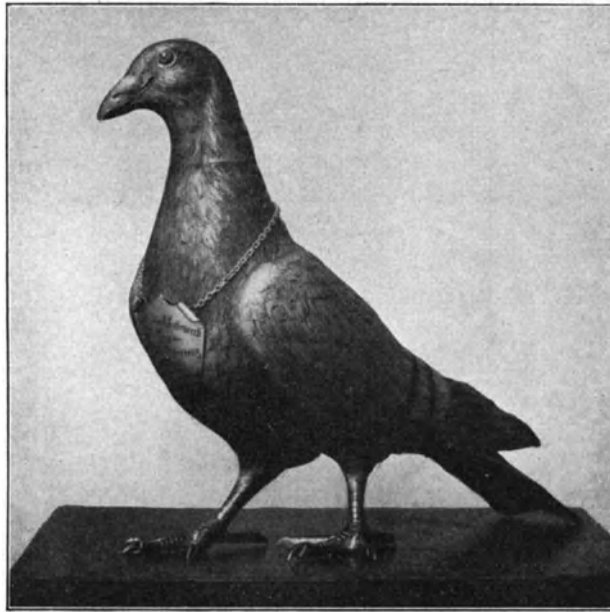


Fig. 14.

Der Ehrenpreis der „Ila“, Silberne Brieftaube in Lebensgröße.

brachten Bilder. Es enthält alles zur Fertigstellung der Aufnahme nötige Zubehör und kann als Wohn-, Speise- und Schlafzimmer benutzt werden. Die Ankunft der Tauben meldet eine elektrische Klingel an. — Wenige Tage vor dem Termin der Veröffentlichung erhielt ich von Berlin die Nachricht, daß vom Königl. Kriegsministerium auf die Geheimhaltung des deutschen Patentbesitzes betreffend Photographieren mit Hilfe von Tauben verzichtet würde. Die Mitteilung der Ergebnisse und Erfahrungen weiterer Versuche wurde mir anheimgestellt, an das Ingenieur-Komitee gelangen zu lassen.

Über die Verwendbarkeit der photographierenden Taube im Kriegsdienst liegt noch die Ansicht einer französischen militärischen Autorität aus Lille vor. Dieser hohe Offizier äußerte sich gegenüber dem Vertreter des „Echo du Nord“ in nachstehender Weise über die Erfindung: „Das französische Heer benutzt die Brieftaube nicht als Kundschafter, sondern nur als Boten. Der photographische Nachrichtendienst, auf den Sie anspielen, wäre im Falle eines Krieges gesichert durch Kastendrachen, welche Apparate tragen, analog denen des

Dr. Neubronner, und außerdem in einer viel früheren Zukunft, als man gewöhnlich annimmt, durch Aeroplane. Ich unterschätze es darum keineswegs, daß eine bestimmte Anzahl photographierender Tauben, z. B. ein Dutzend, über eine Strecke von 12 km fliegend, eine wichtige Rolle spielen könnte. Eine von ihnen mindestens hat Aussicht, eine wertvolle Aufnahme heimzutragen. Im Feldkriege könnte man es versuchen, auf diese Weise die Stellung der Reserve des Feindes kennen zu lernen und weitergehend in Erfahrung bringen, auf welchem Punkt der

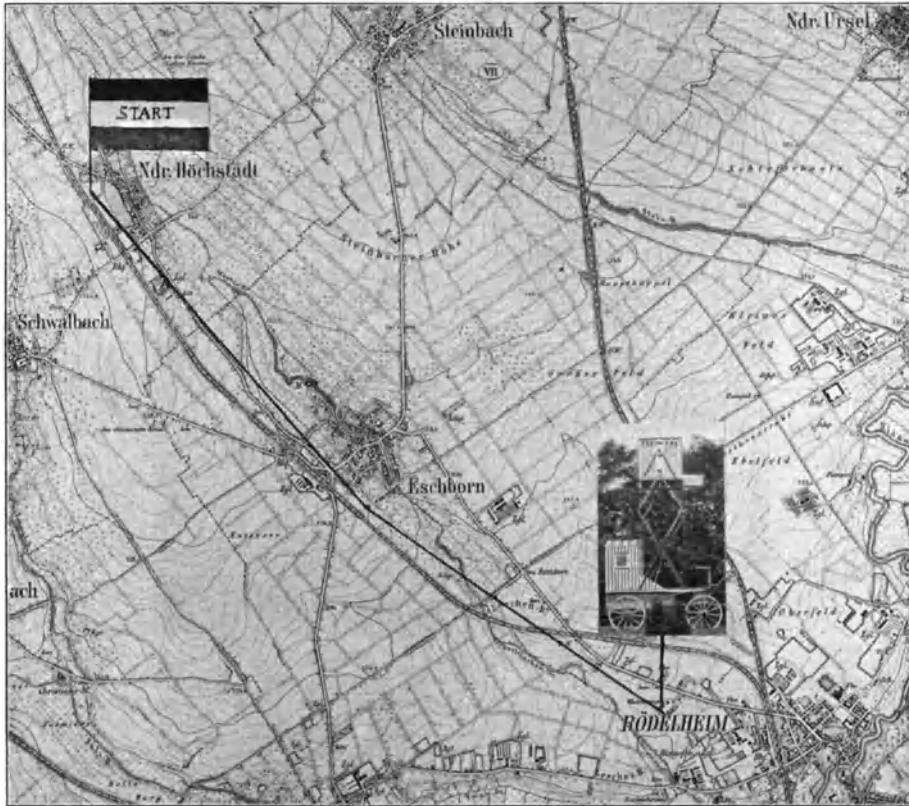


Fig. 16.

Ausschnitt aus der Generalstabskarte, Fluglinie der Taube der schwarze Strich.

Stellung ein Angriff die meiste Aussicht auf Erfolg haben würde. Beim Belagerungskrieg könnte man die Stellung aufdecken und die Art der verborgenen Arbeiten.“

Ich selbst hatte die Ansicht, es werde sich empfehlen, in den Grenzfestungen Taubenschläge zu errichten, die Tauben mittels Ballons in große Höhe hinter die feindliche Front tragen zu lassen und dieselben dann aus der Höhe mit den Apparaten auszusetzen. Es ist sicher anzunehmen, daß nach einigen Versuchen die Tiere in ihre übliche Flughöhe von 50 bis 100 m sich herablassen und von da aus in geraden Linien in ihren Schlag zurückfliegen werden.

Mit der Vervollkommnung der Luftfahrzeuge halten die Mittel zu ihrer Vernichtung gleichen Schritt. Der Brieftaube ist schwer beizukommen. Die Kleinheit

des Zieles gibt wenig Hoffnung auf das Treffen mit der Kugel; für den Schrotschuß fliegt sie zu hoch. Dazu kommt, daß nur ein geübtes Auge den Apparat im Fluge zu erkennen in der Lage ist.

Als letztes Gebiet der Verwendbarkeit der Taube im Kriege möchte ich die belagerte Festung bezeichnen: Wenn jeder Verkehr nach außen abgeschnitten ist, da greift man nach allem, was Kunde bringen könnte über die Vorgänge in der Umgebung.

Zum Überbringen von bildlichen Nachrichten würde sich in diesem Falle die Tümmelertaube eignen; diese kreist einige Zeit und kehrt dann in ihren Schlag zurück. Gelingt es, die Zahl der Aufnahmen auf 20 bis 30 zu steigern, oder entschließt man sich, eine größere Anzahl Tauben täglich fliegen zu lassen, so wird man, gutes Licht vorausgesetzt, wichtige Anhaltspunkte über das Tun und Treiben der Belagerer erhalten können. Die Bilder lassen sich mit dem Projektionsapparat einer großen Zahl von Zuschauern leicht vorführen.

Durch die Liebenswürdigkeit eines Herrn aus Frankfurt wurde bei Gelegenheit der Internationalen Luftschiffer-Ausstellung ein Ehrenpreis in Gestalt einer in Silber getriebenen Brieftaube (Fig. 14) für denjenigen gestiftet, der ein vorher bezeichnetes Objekt aus der Entfernung von 2 km durch fliegende Brieftauben photographisch aufnimmt. Der Schlag durfte gleichfalls nicht weniger als 2 km vom letzten Hause des Ortes entfernt und durfte kein fester sein. Als Aufnahmeobjekt wurde das Dorf Eschborn bestimmt. Unter sehr ungünstigen Bedingungen bin ich am 7. August an die Lösung der Preisaufgabe, die sich mit der mir von Major Groß gestellten deckt, herangetreten. Von den Tauben im fahrbaren Taubenschlag, die hierbei allein in Frage kommen durften, waren deren nur 2—3, auf die ich mich in der bereits begonnenen Zeit der Mauserung verlassen konnte. Auch die Apparate waren noch nicht genügend für bestimmte Zeitabschnitte ausprobiert. Um so erfreulicher war es, daß gleich beim ersten Versuch von einer der wenigen Tauben ein Bild mitgebracht wurde, das die Bedingungen erfüllte. Der Preis wurde mir auch von den Preisrichtern, den Herren: Generalleutnant Excellenz Scholz, Professor Dr. Spieß und Major von Tschudi zugesprochen.



Fig. 16.

Das Preisbild, die Paulstraße in Eschborn.

Die Brieftaubenphotographie als Sport.

Der Brieftaubensport ist weit älter als der photographische. Bis jetzt beruht das Interesse des Brieftaubenliebhabers darauf, die Tiere dahin zu bringen, daß sie auf möglichst große Entfernungen ihren Heimatschlag in kürzester Zeit fanden. Hierbei müssen die Brieftaubenzüchter mit bedeutenden Verlusten rechnen, und die Freude wird gar manchem am Ende der Saison sehr beeinträchtigt. Die Überbrin-

gung von Nachrichten spielt beim Briefftaubensport keine große Rolle; was würde sie auch bezwecken? Der Telegraph arbeitet rascher; die heimkehrende Taube selbst ist die froheste Botschaft für den Amateur. — Die photographierende Briefftaube dürfte dem Briefftaubenliebhaber ganz neue Gesichtspunkte eröffnen. Sehr nett schreibt der Korrespondent des *Echo du Nord*: „In diesem Punkte glaube ich den Mitgliedern des Taubenklubs des Nordens nicht umsonst neue Freuden in Aussicht stellen zu können, den Züchtern und den Wettfliegern, die das Hauptvergnügen des Briefftaubenliebhabers vereinigt; letzterer kann dann künftig ersteren veranlassen, den Expresßboten die Landschaften, über die er geflogen ist, aufnehmen zu lassen. Für den Liebhaberphotographen, dem es nur selten vergönnt ist, Panoramen von größerer Höhe aus aufzunehmen, wird die neue Methode mit der Taube ein ungeahntes Hilfsmittel sein. In kurzer Zeit werden die Anfertiger photographischer Apparate, überhäuft mit Aufträgen, die nötigen Kameras zu recht guten Preisen absetzen.“

Beim Briefftaubenliebhaber ist die ganze Einrichtung vorhanden; einzelne kleine Änderungen kommen kaum in Betracht. Seine Lieblinge muß er nicht weit in die Welt hinausschicken, er behält sie gleichsam unter den Augen. Entfernungen von 10—15 km kommen nicht in Betracht; meist wird die Strecke kürzer sein. Während es sich bei dem Preisfliegen um einige aufregende Tage handelt, kann er mit einer einzigen photographierenden Taube jeden schönen Tag benützen, um sich die amüsantesten Stunden zu bereiten. Dabei ist er in der Lage, sich eine Sammlung ganz origineller Bilder anzulegen, die jedermann interessieren werden. Heutzutage, da der photographische Sport eine solche große Verbreitung gefunden hat, kann man wohl annehmen, daß unter den Briefftaubenliebhabern sehr viele auch Liebhaberphotographen sind, und daß auch in dieser Beziehung die Bedingungen zur Ausübung dieses Doppelsports gegeben sind. Es hat schon einen eigenen Reiz, den kleinen Apparat, den man kurze Zeit vorher in der Dunkelkammer mit Platten füllte, hoch in den Lüften schweben zu sehen und dann denselben wieder sicher und unverletzt, mit Aufnahmen versehen, in den Händen zu halten. Das Entwickeln der Aufnahmen bietet einen ganz besonderen Reiz. In der ersten Zeit wird man sich bei diesem Sport nicht auf ein ganz bestimmtes Terrain beschränken. „Was hat die Taube mitgebracht? ist es ein hübsches interessantes Bild?“ wird man fragen. Erscheint das Bild auf der Platte, so bedarf es erst eines eingehenden Studiums und Kopfzerbrechens, von wo die Aufnahme gemacht wurde, und mit freudigem Empfinden erkennt man die oft ganz veränderte Physiognomie der Gegend, aus der Vogelschau gesehen. — Die Bilder sind teilweise mit reicher Perspektive versehen und gleichen einer Aufnahme aus großer Höhe; teilweise sind sie direkt aus dem Zenith aufgenommen und dann schwer zu erkennen. — Das Lesen der Photogramme ist ein äußerst interessantes Studium und bei Bildern, die aus geringerer Höhe aufgenommen wurden, wie die in Rede stehenden, oft eine Kunst. Die Bilder sind oft so grundverschieden von denen, die wir zu sehen gewohnt sind, daß es große Mühe kostet, sich zurecht zu finden. — Dieses übt einen ganz eigenartigen Reiz aus, den freilich nur wenige kennen.

Das Entwickeln der Bilder ist für den richtigen Liebhaberphotographen das, was für den weidgerechten Jäger die Suche zu sein pflegt. Dieser interessante Vor-

gang gewinnt an Reiz, je fesselnder das aufgenommene Objekt, je weniger man auf das Ergebnis vorbereitet ist. Ich glaube, wer es auf diesem Gebiete einmal mit der Brieftaubenphotographie versucht hat, der wird so leicht nicht wieder davon ablassen. Die Bilder selbst können leicht vergrößert und einem Album eingereiht werden. Interessanter dürfte es sein, sie auf Diapositivplatten oder Films zu kopieren und sie für Projektionszwecke zu benutzen. Die Bilder kommen bei der Projektion am besten zur Geltung und sind so am leichtesten vorzuführen.

Für den photographierenden Brieftaubenliebhaber ist die Sache freilich einfacher als für den Liebhaberphotographen, der bis dahin von dem anderen Sport kaum einen Begriff hatte. Die Anforderungen sind jedoch keine großen. Ein paar gute Brieftauben bekommt man für 10 Mark. Ein Taubenschlag kann gemietet werden. Die Futterkosten sind unbedeutend. Jedes neue Verfahren verursacht ja bekanntlich Mühe und Ausgaben.

Außer dem Brieftaubenliebhaber und Liebhaberphotographen kommt wohl noch der Vertreter des Luftschiffsports in Betracht. Aus dem Doppelsport würde hier ein Sport in dreifacher Art.

In der ersten Periode der Luftschiffahrt war die Benutzung der Briefftaube im Ballon gang und gäbe. Später kam man davon ab. Jetzt ist wieder eine bedeutende Neigung wahrzunehmen für die Sache. Der photographische Sport spielt eine große Rolle im Freiballon. Warum sollte man nicht auch die Briefftaubenphotographie in das Bereich dieses herrlichen Sports ziehen? Die Briefftaubenbilder werden aus einer Höhe aufgenommen, in die der Ballon wohl selten herabsteigt. Ihr Gesichtsfeld kann sich mit denen der Ballonaufnahmen nicht messen. Dafür gleichen sie mehr den Momentaufnahmen des Liebhaberphotographen mit dem Unterschiede, daß sie in vertikaler anstatt in horizontaler Richtung aufgenommen wurden. Zu ihrer Herstellung bedarf man ja des Ballons nicht, doch halte ich es nicht für unmöglich, daß die Briefftaubenbilder mit ihren deutlichen Einzelheiten geeignet sein könnten, in der Ballonphotographie eine Lücke auszufüllen. Jedenfalls würde die Taube mit dem Apparat die Insassen des Freiballons in die Lage versetzen, überflogenes Gebiet später noch photographisch aufzunehmen. Die Strecke zwischen dem Ballon und dem Heimatschlag der Taube bleibt den Luftschiffern als Aufnahmeobjekt erhalten. Ein Verlust der Taube und des Apparates wird nicht zu befürchten sein, wenn man nur eine solche Taube benutzt, welche in dieser Richtung trainiert wurde.

Vielleicht bietet die Briefftaubenphotographie den Anhängern des Freiballons ein neues Gebiet sportlicher, wissenschaftlicher und strategischer Betätigung. Die Erfahrung hat es bewiesen, daß sehr häufig Neuerungen ihre Verwendung im praktischen Leben dem Sport zu verdanken haben. Letzterem blieb es überlassen, die Brauchbarkeit des Gegenstandes vorher nachzuweisen. Gerade die vorhin erwähnte Kriegskunst liefert uns hierfür das beste Beispiel. Erst nach längerer Zeit entschloß sich unsere Heeresleitung dazu, die Briefftauben, die Fahrräder die Automobile und die Luftschiffe in ihren Dienst einzustellen.

Die Brieftaubenphotographie in wissenschaftlicher Beziehung.

Über die wissenschaftliche Bedeutung der neuen Erfindung muß ich mich kurz fassen. „Die Auswertung der aus der Vogelperspektive gewonnenen Bilder für topographische Zwecke“, schreibt Hildebrandt, „ist eine besondere Wissenschaft: Photogrammetrie, deren Grundlagen unter anderem auch durch den Münchener Professor Finsterwalder in einigen sehr bemerkenswerten Aufsätzen festgelegt sind.“

In der letzten Zeit ist auf diesem Gebiete auch der derzeitige Rektor der Technischen Hochschule in Wien, Prof. Dr. Doležal, erfolgreich tätig gewesen. Die ziemlich neue Wissenschaft verlangt zu ihrem Verständnis ein eingehendes Studium. Ein Urteil kann daher nur der abgeben, welcher sich mit der Sache ernsthaft beschäftigt hat. Die Hoffnung, daß die Brieftaubenphotographie Aussicht hat, auch auf diesem Gebiete nutzbringend zu wirken, verdanke ich einer Mitteilung des Herrn Prof. Doležal, der in einem Schreiben an mich wörtlich sagt: „Da nun die Photographien, welche durch die Brieftauben erhalten werden, auch für photogrammetrische Zwecke verwendet werden können, mich die ganze Frage sehr interessiert, so wende ich mich an Sie mit dem Ersuchen, mir gütigst bestellen zu wollen: Beschreibung, Abbildungen, eventuell ausgeführte photographische Aufnahmen.“ Das äußerst liebenswürdige Schreiben schließt mit der Absicht, die Sache im Internationalen Archiv für Photogrammetrie, welches der Herr Professor redigiert, besprechen zu wollen. Ich habe hierauf sogleich ein Dutzend Projektionsbilder an die Adresse des Herrn Professors geschickt und nachstehendes Antwortschreiben erhalten: „Die Projektionsbilder, welche die Brieftaube als Photograph bzw. Photogrammeter darstellen bzw. von mir in dem Vortrage „Über Ballonphotogrammetrie“ geschildert worden sind, haben das allergrößte Interesse hervorgerufen. Die Bilder sind in mehreren Vorträgen in Wien gebracht worden. Allgemeine Überraschung und höchstes Lob. Ich wäre Ihnen zu großem Dank verpflichtet, wenn Sie mich in Ihren Arbeiten auf dem Laufenden erhalten würden usw.“

Dieses Urteil einer Autorität auf obigem Gebiete dürfte das günstigste Prognostikum sein für die Möglichkeit der Verwendung der neuen Methode im Dienste der Wissenschaft.

Die Brieftaubenphotographie im Dienste der Presse.

Auf diese Art der Betätigung wurde ich erst aufmerksam, als die Firma A. S c h e r l sich an mich wandte mit dem Anerbieten, die Neuheit unter der Gruppe „Die Photographie im Dienste der Presse“ auf die Dresdener Ausstellung zu bringen. Die Verwendung der Brieftaube im Dienste der Presse ist ja an sich nicht neu. Vor der Erfindung des Telegraphen war die Brieftaube die schnellste Überbringerin von Nachrichten für die damaligen Zeitungen. Auch in der letzten Zeit, seit der Einführung der Zelluloidfilms als Schichtträger beim photographischen Aufnahme-prozeß, fand sie Verwendung als Überbringerin von Illustrationen vom Sportplatz nach dem Redaktionsbureau und ermöglichte auf diese Weise die Veröffentlichung von Bildern, die wenige Stunden vorher meilenweit entfernt aufgenommen worden

waren. Die geniale Erfindung von Professor K o r n , der Photographien telegraphiert, hat dieser Art der Tätigkeit der Tauben ein rasches Ziel gesetzt. — Wer, wie der Verfasser, jahrelang sich mit Photographie beschäftigt und die Schwierigkeiten kennen gelernt hat, die eine aktuelle Aufnahme meistens bietet, wird es freudig begrüßen, wenn Aussicht auf ein neues Hilfsmittel erscheint. Dem Fach- wie dem bewährten Liebhaberphotographen wird man ja wohl für seine Zwecke in den meisten Fällen Entgegenkommen zeigen durch Überlassung eines Standortes für seine Aufnahmen. Der Vertreter der Presse aber, dem seine Stellung große Beweglichkeit vorschreibt, wird nur bei besonderer Gelegenheit eine rasche, seinen Zwecken genügende Aufnahme machen können. Selbst bei großer Unverfrorenheit wird er über die Köpfe der Menschen hinweg nur schwer und mit wenig Aussicht auf Erfolg seines Amtes walten. — Die Briefftaube besitzt aber eine Eigenschaft, die seine Tätigkeit unterstützen dürfte. Da, wo sie sich nicht vollkommen auskennt, kreist sie anfangs mehrere Male, bevor sie die Richtung nach der Heimat einschlägt. Von ihren immer größer werdenden Kreisbahnen aus könnte die Taube eine Reihe von Aufnahmen in kurzen Zeitabschnitten von den verschiedensten Punkten aus herstellen. Unter diesen Bildern dürfte sich doch wohl eins befinden, welches für die Zeitung von Wert wäre, und wenn es auch nur dem Zeichner als Anhalt diene.

Die Taube selbst mit ihrem kleinen Apparat kann der Reporter schlimmstenfalls in der Tasche seines Überrockes in einer Papierdüte tragen. Ist das Bureau der Zeitung nicht allzu fern, so bringt die Taube die Aufnahme auf die Redaktion, wo sie entwickelt und veröffentlicht wird. Erfolgen die Aufnahmen in weiter Ferne, so wird die Zeitung sich zur Beschaffung eines leichten fahrbaren Taubenschlags entschließen müssen, der einige Tage vor der Feierlichkeit in nächst erlaubter Nähe des Festplatzes Aufstellung finden kann, oder der Vertreter muß sich mit einem Briefftaubenliebhaber in der Umgebung wegen Überlassung einiger Tauben in Verbindung setzen. Mehrmaliges vorheriges Probieren mit einem Modell ist dann freilich nicht zu vermeiden. So wird alsdann, was kurz vorher noch als Scherz betrachtet wurde, vielleicht sehr bald schon sich in eine ernste Sache verwandeln.

Wie dem auch sei, die Aussichten auf Verwendung der Briefftaube als Photograph sind mannigfache. Welcher Art die Verwertung der Neuheit sein wird, kann erst die Zukunft lehren. Es ist bei dem gegenwärtigen Kampfe um die Eroberung der Luft weit eher anzunehmen, daß die Methode verbessert wird und die Apparate vervollkommenet werden, als daß das Ganze wieder in Nichts zurückfällt.

Ich schließe mit den hübschen Worten, die Dr. E p p s t e i n seiner kleinen Schrift „Die Luftschiffahrt“ mit auf den Weg gegeben hat: „Jeder Fortschritt liefert der Menschheit zugleich Mittel und Werkzeuge, neue schwierigere Aufgaben zu bewältigen“.

Als Nachtrag erlaube ich mir noch ein Bild beizufügen, welches erst später aufgenommen wurde. Über dem Dach des Frankfurter Eisenbahndirektions-Gebäudes fliegt eine Briefftaube. Dieser Vogel im Flug wurde von einem hinterherfliegenden Vogel, einer photographierenden Briefftaube, aufge-

nommen. Die Flügel des photographierten Tieres sind leider noch unten gerichtet, wodurch es das Aussehen eines Taschenkrebses erhalten hat. (Vgl. Skizze unten.)



Fig. 17.

Dieses Unikum glaube ich den Lesern des vorstehenden Artikels nicht vorenthalten zu dürfen.

IX. Die militärische Bedeutung der Luftschiffahrt.

Von

Generalmajor **Neureuther** - München.

Hohe Versammlung!

Es geschieht nicht aus Besorgnis um das Ansehen meiner Person, wenn ich meinen Ausführungen einige Vorbemerkungen vorausschicke, die ja als Vorbehalte oder Verwahrungen aufgefaßt werden könnten. Es geschieht vielmehr im Interesse der Sache, die wir alle hier zu fördern bestrebt sind:

Die Anschauungen über die militärische Bedeutung der Luftschiffahrt gehen nach sehr verschiedenen Richtungen auseinander, und es ist dies naturgemäß darin begründet, daß trotz aller Errungenschaften auf diesem Gebiet noch vieles im Ungewissen schwebt und die Frage nach manchen Möglichkeiten noch nicht geklärt ist. Vor allem fehlt es uns fast ganz an ausschlaggebenden Kriegserfahrungen hierüber.

Es gibt noch keine im Kriegsdienst ergraute Luft-Flotten-Admirale. Wir verfügen noch nicht über Autoritäten im Luftkrieg, deren Meinung als beweiskräftig für irgendeine Anschauung anzurufen wäre.

Die Bewertung und Abwägung der mancherlei Grundlagen, Versuchsergebnisse, Einzelerfahrungen, technischen Anhaltspunkte, Zahlen-Zusammenstellungen usw. zu einem voraussichtlich richtigen Zukunftsbild ist noch etwas rein Persönliches, etwas Individuelles.

Jeder mit dem Stoff Beschäftigte ist noch darauf angewiesen, sich seine Meinung selbst zu bilden, und wenn er diese ändern gegenüber vertreten will, so kann er sich nur stützen auf Darlegung der Erwägungen, die ihn leiteten.

Eine so entstandene Meinung wird in demselben Maße Anspruch auf Beachtung erheben dürfen, je mehr es gelang, auf dem Weg zu ihrer Gewinnung sich von irgend einer Voreingenommenheit fern zu halten, also modern gesagt: „voraussetzungslos“ zu erwägen.

So zu verfahren war mein Bestreben und ich kann daher auch auf die Gefahr hin sprechen, nicht als ein Mann nach dem Herzen aller Zuhörer befunden zu werden.

Mit dieser Gefahr muß ich schon deshalb rechnen, weil ich gegenüber dem jetzt erreichten Stand der Luftschiffahrt gar manche weitere Fortschritte vom militärischen Standpunkt aus noch als unumgänglich nötig bezeichnen muß.

In den letzten Jahrzehnten und besonders den letzten Jahren ist mit wachsender Anspannung so außerordentlich viel gedacht, gearbeitet, erprobt,

verbessert und geschaffen worden, daß die weit verbreitete Ansicht verzeihlich erscheint, wir hätten nicht nur Riesenschritte zur Lösung des alten Flugproblems gemacht, sondern es sei tatsächlich ohne Rest gelöst.

Bekanntlich gibt es aber keine strengere und anspruchsvollere „P r ü f u n g a u f s E x e m p e l“, als den Versuch der Anwendung menschlicher Einrichtungen und Errungenschaften für kriegerische Zwecke. Es klingt unangenehm, aber es ist so auf allen Gebieten.

Da jede Kriegführung zum Ausdruck der Gesamt-Kraft eines Volkes werden muß, so muß man auch aus jedem Kriegsmittel an Leistung herausbringen, was nur herauszubringen ist. Und gerade weil die möglichen Leistungen der Luftschiffahrt für Kriegszwecke ganz außerordentlich hoch zu veranschlagen sind, so muß das natürliche Bestreben, von militärischer Seite sich dahin richten, auch hier die Möglichstleistung zu erreichen.

Der Krieg verlangt immer das Alleräußerste und — immer mehr als da ist.

Die Möglichkeit einer ausgiebigen kriegerischen Verwendung von Luftfahrtgeräten hat eingesetzt mit den Bestrebungen, von der Windrichtung immer unabhängiger zu werden, und sie hält Schritt mit den Erfolgen dieser Bestrebungen.

Denn vom einfachen Freiballon, der vom Wind vollständig abhängig bleibt, sind nur ausnahmsweise gelegentlich noch Dienstleistungen zu erwarten.

Ein hoch zu schätzendes Ergebnis der bisherigen Luftschiffahrts-Bestrebungen liegt in der deutlich gewordenen Trennung der Wege, auf denen die Lösung des Flugproblems weiterhin verfolgt wird.

Die eine Hauptrichtung arbeitet an Vervollkommnung der „lenkbaren Luftschiffe“, also der mechanisch bewegten Fahrzeuge mit tragendem Gaskörper. Die andere benutzt die Eigenschaft der Luft, ausgedehnten in ihr sich bewegenden starren Flächen einen sehr großen Widerstand in der Richtung senkrecht zur Flächenerstreckung entgegenzusetzen, einen verschwindend kleinen dagegen in der Richtung dieser Flächen-Erstreckung selbst. Hier wird also mit mechanischer Fortbewegung ohne tragenden Gaskörper gearbeitet. Alle Unterschiede und Abstufungen innerhalb dieser beiden großen Gruppen betrachtet der Soldat mit gleicher Aufmerksamkeit, um sie auf Brauchbarkeit für seine Zwecke zu prüfen.

Entscheidend für eine Bewertung vom militärischen Standpunkt aus bleibt nur die Verwendbarkeit für bestimmte Zwecke.

Wird eine Vorrichtung als brauchbar für verschiedene Zwecke erkannt, so wird praktisch erwogen, ob es lohnender ist, für verschiedene Zwecke verschiedene Mittel vorzusehen oder mit der Verwendungsart einer Vorrichtung zu wechseln.

Die natürlichste Gruppierung für militärische Beurteilung von Flugvorrichtungen ist daher jene nach dem Zweck, also nach den Anforderungen.

Wir können von diesem Gesichtspunkt aus drei Hauptgruppen unterscheiden, nämlich Verwendung

1. für Erkundung und Berichterstattung
2. „ Waffenwirkung
3. „ Transport.

Ich lege meinen weiteren Ausführungen den Feldkrieg zugrunde, weil von dem hier Erörterten aus sich die Sonderanwendungen auf Festungs- und Seekrieg in ungezwungener Weise ableiten lassen.

Behandeln wir zuerst die **E r k u n d u n g**:

Den Fessel-Ballon können wir übergehen, nicht etwa weil er gering einzuschätzen wäre, sondern weil die Art seiner wertvollen Dienstleistungen, die ihm als dem Träger eines erhöhten Beobachtungsstandpunktes zukommen, so unmittelbar einleuchtend ist, daß sie eingehender Erörterung nicht bedarf.

Wir beschäftigen uns also mit den vor die Armee-front ausgesendeten Luftfahrzeugen. Man begegnet zuweilen der Anschauung, der Wert und die Bedeutung der Kavallerie sei durch solche Luftschiffaussendung wesentlich herabgemindert. In solcher Allgemeinheit und so voraussetzungslos abgegeben, ist diese Beurteilung keineswegs richtig, denn es muß zugegeben werden, daß nicht nur das Luftschiff vieles leisten wird, was der Kavallerie versagt bleibt, sondern daß auch das Umgekehrte vorliegt.

Es genügt zu bedenken, daß Vorbedingung für die Erkundungsleistungen des Luftfahrzeugs **d a s S e h e n** ist, und zwar wie sich zeigen wird, ein Sehen aus sehr bedeutenden Höhen. Für die meisten Vorgänge auf dem Kriegsschauplatz ist dieses Erkundungsmittel daher von der Abend- bis zur Morgendämmerung ausgeschaltet, bei Nebel ebenso; bei zerteilter Bewölkung sind seine Ergebnisse lückenhaft.

Bestehen solche Behinderungen nicht, handelt es sich um hellen klaren Tag, dann kommen die Vorzüge des Luftfahrzeugs zur Geltung, die darin bestehen, daß es unabhängig von Straßen und Bahnen und unbeeinflußt durch Bodenhindernisse irgendwelcher Art in kurzer Zeit beliebige Punkte erreichen, dabei zu Übersicht gewährender Höhe aufsteigen und vom Gesehenen Nachricht geben kann. Diese Vorzüge werden in umso höherem Maße wirksam werden, je längere Fahrten sicher gemacht, je genauere und zusammenhängendere Beobachtungen durchgeführt und je rascher Meldungen erstattet werden können.

Und hieraus leiten sich unmittelbar jene Anforderungen ab, die ein Luftfahrzeug erfüllen muß, wenn es Aufklärungsergebnisse von besonderem Werte liefern soll. Die zu solchem Dienst berufenen Fahrzeuge müssen rasch in schußsichere Höhen (ca. 2000 m) aufsteigen, dort nach Bedarf sich lange aufhalten können, unabhängig von Witterungseinflüssen, auch wenig empfindlich gegen Temperaturwechsel sein, genügend Betriebsmittel mit sich führen können, um erst nach tage- oder nächtelanger Fahrt zu deren Ersatz genötigt zu sein. Sie müssen diese Bedarfs-Ergänzungen durch rasches Zurück- und Herabgehen zu kurzer Landung (oder auch zu niedrigem Schwebeflug nahe über dem Erdboden) vornehmen können, um zu neuem Dienst aufzusteigen, und müssen diese bedeutenden Höhenwechsel ohne besondere Einbuße an Flugfähigkeit durchmachen. Die Fahrzeuge dürfen nicht gegen vereinzelte Geschößtreffer empfindlich sein und müssen kleinere Schäden und Störungen mit Bordmitteln zu beheben vermögen. Es muß Raum für eine so bemessene Besatzung gegeben sein, daß gefährlicher Übermüdung durch Ablösung vorgebeugt werden kann; ebenso muß dem Beobachtungspersonal ausreichender Raum zu ungestörtem Dienst, auch zum Kartengebrauch verfügbar bleiben. Die Fahrzeuge müssen verlässige Funkspruch-Einrichtung mit eigenem zugehörigen Personal tragen.

Die Erfüllung dieser weitgehenden Anforderungen ist um so notwendiger, je mehr es sich um Erkundungen in strategischem Sinne handelt, denn die Aufgabe besteht dann darin, die gegnerischen Vorkehrungen, Bewegungen und Einrichtungen, die Märsche, Truppen- und Material-Transporte und Ansammlungen, größere Anlagen usw. schon an solchen Stellen zu beobachten und schon in solchen Gegenden zu verfolgen, die noch Tagemärsche weit von jenen Landstrichen entfernt liegen, in denen es sich voraussichtlich um einen Kampf handeln wird.

Aus der Art der hier gestellten Anforderungen geht hervor, daß für den Dienst der strategischen Aufklärung in der Regel nur das mit einem tragenden Gaskörper ausgestattete lenkbare Luftschiff in Betracht kommt.

Geben wir uns ohne Selbsttäuschung Rechenschaft über das, was uns gegenwärtig verfügbar ist, so müssen wir zugestehen:

Ein Luftschiff, das allen hier aufgestellten Anforderungen mit der für Kriegsgebrauch erforderlichen Zweifellosigkeit vollkommen entspricht, haben wir noch nicht; aber daß wir es bekommen werden, ist sicher. Dafür sprechen triftige Gründe:

Einmal, weil gerade die jetzt bereits erreichte hohe Stufe des Ausbaues derartiger Luftfahrzeuge uns schon bestimmt jene Richtungen erkennen läßt, in denen die weitere Vervollkommnungsarbeit anzusetzen hat — und dann weil die verschiedenen Zweige der Technik, welche anfangs mehr nebenbei auch für Luftschiffahrts-Bedürfnisse tätig waren, nach und nach mit zunehmender Erkenntnis und Bestimmtheit sich eigens auf Arbeiten für diese Zwecke verlegt und sich in die einschlägigen technischen Aufgaben einzuleben begonnen haben.

Unter den nach dem gegenwärtigen Stand der Technik verfügbaren Arten von lenkbaren Luftschiffen ist dasjenige, welches den meisten der aufgestellten Anforderungen nachkommt und welches auch im weitest bis jetzt erreichten Maße ihnen entspricht, das starre Luftschiff, zur Zeit vertreten durch die Zeppelinischen Luftschiffe. Von den allgemein bekannten Eigentümlichkeiten dieses starren Luftschiffs erhalten für unsere militärischen Zwecke außer der großen Tragkraft und der erhöhten Betriebssicherheit durch Einstellung von mehr als einem selbständigen Bewegungsmechanismus noch besondere Bedeutung: Die Unabhängigkeit der Erhaltung der starren Außenform, also auch der Lenkbarkeit, vom Innendruck des Gaskörpers und dann die geringere Empfindlichkeit gegen Verletzungen, dank der Trennung des Tragkörpers in mehrere selbständige Teile.

Aber auch für dieses hochentwickelte Luftfahrzeug ergeben sich vom Standpunkt des unersättlichen praktischen Kriegsmenschen aus gleich wieder eine Reihe von Vervollkommnungs-Anforderungen:

Wenn ich gleich damit beginne, noch größere Geschwindigkeit zu verlangen, so handelt es sich nicht um einen leichten Herzens hingeworfenen Wunsch, vielmehr um eine Forderung, die selbst angesichts der großen und naturgesetzlich begründeten Schwierigkeiten, die sich der Erfüllung entgegenstellen, aufrecht zu erhalten ist. Wir müssen mit allen Mitteln versuchen, die Zahl jener Tage zu vermehren, an denen der eben herrschende Wind die Ausnützung des Luftschiffes noch gestattet.

Denn wir dürfen uns der Erkenntnis nicht verschließen, daß ein Verlust, ein Ausfall, ein Entgang oder Mangel an Erkundungs-Ergebnissen im Augenblick des Bedarfs ganz die gleiche Bedeutung und Wirkung hat, ob er verursacht ist durch

Zerstörung oder Verlust eines Aufklärungsschiffes oder aber dadurch, daß dieses in seiner Halle brach liegen muß, weil es gegen den gerade herrschenden Wind nicht aufzukommen vermag.

Man muß, ganz allgemein gesprochen, zugeben, daß der gleiche Verlust an Arbeitsleistung sich ergibt, ob ein hierfür nötiges Werkzeug nicht da ist oder ob es nicht arbeitet.

Ob die Technik diesem Verlangen nach größerer Eigengeschwindigkeit (etwa durch Umformung der Konstruktionslinien, der Außengestalt, durch Steigerung der Glätte und Starrheit der äußeren Haut, durch Verminderung der Luftstauungen an vorspringenden Teilen, durch Erhöhung der Schraubenwirkung oder auf sonstige Weise) wird entsprechen können, bleibt der Zukunft, vielleicht einer nicht zu fernem, vorbehalten.

Wir verlangen mehr Raum, mehr Tragkraft, längere Schwebezeit und gesicherten größeren Höhenwechsel. Und die Technik beschäftigt sich auch bereits mit Erleichterung der Gerippkonstruktionen, mit Herstellung noch leichter gasdichter Hüllen, wetterbeständiger, gegen Nässe unempfindlicher und doch leichter Spannungsstoffe usw.

Wir verlangen ferner eine ganz wesentlich zu vergrößernde Dauersicherheit des Motorbetriebes, wie auch der Steuer-Vorrichtungen, damit allen scheinbar nebensächlichen, in ernster Lage aber verhängnisvoll störenden Versagern oder Brüchen von Maschinenteilen, allen Klemmungen, Reibungen, Verwicklungen, Verbiegungen und sonstigen sogenannten „Tücken des Objekts“ vorgebeugt ist.

Es wird der ganze mechanische Aufbau so beschaffen sein müssen, daß die empfindlichsten Teile leicht und rasch auswechselbar sind und daß das Eindringen von Fremdkörpern in Getriebe, Gelenke, Ventile und Behälter ebenso ausgeschlossen ist, wie Störungen in der Betätigung der Schmier- Speisungs- und Kühlungs-Vorrichtungen, denn solche Fürsorge ist heutzutage ganz unbedingt möglich.

In dem Bestreben, diese Vorbedingungen der Kriegsbrauchbarkeit zu erfüllen, wird die Technik alles bis ins Kleinste mit gleicher Liebe zu umfassen haben, denn mit Recht sagt der Praktiker: „Jede arbeitende Maschine ist im ganzen nicht stärker als der schwächste ihrer unentbehrlichen Teile.“

Ein dringender, wenn auch nie ganz erfüllbarer Wunsch ist der nach geräusch- und erschütterungslosem Arbeiten der Propeller. Mehr Aussicht auf Erfüllung hat das Verlangen nach Schaffung derartiger Verankerungs-Vorrichtungen, die eine nötig werdende Landung vom Aufgebot ansehnlicher Hilfskräfte unabhängig machen.

Daß große starre Luftschiffe für den Ruhezustand wie auch zu Wiederherstellungsarbeiten große Schutzhallen brauchen, ist etwas Selbstverständliches. Ebenso daß man solche Hallen über ein Landgebiet in solcher Anordnung verteilen muß, daß ein durch übermächtigen Wind abgetriebenes Luftschiff während längerer Fahrt noch der einen oder anderen Halle zusteuern kann.

Diese Notwendigkeit als eine Schwäche des Systems gegen dieses ins Feld führen zu wollen, wäre insofern ungerechtfertigt und unrichtig, als man eben in der Welt nichts ohne Gegengabe bekommt, am wenigsten große Dinge und große Leistungen.

Wenn solche Hallen besonders nahe den Landesgrenzen und zwar innerhalb befestigter Orte angelegt werden, so hängt das mit dem Umstand zusammen, daß in gespannten Lagen verschiedene Kriegsvorbereitungen getroffen zu werden pflegen, bevor eine Kriegserklärung erfolgt, und daß man derartige Vorbereitungen bei Grenznachbarn zu überwachen hat.

Man wird natürlich von verschiedenen Seiten versuchen, derartige vorsorgliche Erkundungen völkerrechtlich durch Verbote zu verhindern; doch wird solchen Versuchen ungefähr der gleiche Wert beizumessen sein, wie den auf Abschaffung aller Kriege gerichteten Bestrebungen, der Wert zweifellos schöner Wünsche.

Die Notwendigkeit der Hallen mußte bald das Verlangen nach transportablen Schutzvorrichtungen nahelegen und zu einschlägigen Konstruktionen führen, und eine besondere militärische Erwägung spricht hierfür vor Allem: Erfahrungsgemäß muß nämlich auch ein Verteidigungskrieg, wenn er dauernd sichernde Erfolge zeitigen soll, bald in die Form des Angriffskrieges übergehen, die mit dem Vorrücken in Feindesland verbunden ist.

Für Luftschiffe, die im Bedarfsfalle bis zu heimischen Schutzdächern zurückgehen müssen, ergibt sich hieraus ein stetig zunehmender Abstand, also eine Zeit- und Betriebsmittel-Bedarfszunahme, welcher entgegenzuwirken ist.

Auch die Konstruktion solcher transportabler Hallen wird Wandlungen durchmachen, und man kann jetzt schon sagen, daß sie ihren Zweck um so eher erfüllen werden, je mehr es gelingt, ihre Zelthüllen so straff und starr und in solcher Flächenlage zu spannen, daß einfallender Wind mit möglichst geringem Widerstand über sie hinweggleiten kann, — während man weniger davon erwarten darf, durch Gewicht ihre Standfestigkeit erhöhen zu wollen.

Nehmen wir nun an, der geforderte Vervollkommnungszustand des starren Luftschiffes sei erreicht, so wird wie bei jedem Kriegswerkzeug mit Verlust und mit ausgiebiger Vorsorge für vollwertigen Ersatz zu rechnen sein, und solcher Ersatz muß in jedem Zeitpunkt eintretenden Bedarfs vollzogen werden können, soll nicht der bis dahin erreichte Erkundungserfolg wieder gefährdet werden.

Die Heeresleitung muß daher fortlaufend Kenntnis davon haben, ob das hinausgesendete Riesenauge noch sieht oder ob ihm die Lider geschlossen wurden, ob ihm weitere Fragen und Aufträge zugehen können, ob weitere Nachrichten von dort zu erwarten sind oder nicht. Vorbedingung hierfür ist stete Verbindung der Heeresleitung mit der Funkspruchstation der Luftschiffe.

Die Landstriche in Feindesgebiet, welche strategisch zu erkunden sind, haben im allgemeinen solche Ausdehnung, daß eine dieser entsprechende Zahl von Luftschiffen in verschiedenen je nach der Landesbeschaffenheit ihnen zuzuweisenden Abschnitten anzusetzen ist.

Die strategische Aufklärungsarbeit der Luftschiffe wird eine fortwährende, eine dauernde sein, und es wird sich hieraus auch eine ständige Beziehung zur Aufklärungs-Kavallerie ergeben.

Denn gerade aus dem, was das aufklärende Luftschiff sieht und meldet, werden sich wieder große und einschneidend wirkende Aufgaben für die Kavallerie folgern lassen, Aufgaben, die sie dann aufgreifen kann, ohne vorher Zeit und Kräfte mit langwierigem Suchen und Tasten vergeudet zu haben.

Neben der weitausgreifenden strategischen Aufklärung sind jene Erkundungen von gleicher Wichtigkeit, bei denen es sich um besondere Vorgänge in nicht zu weiter Entfernung von den Gefechtsfeldern und von den Aufmarsch-Räumen der Truppen handelt, um Aufgaben, für deren Erledigung man Luftschiffe in unmittelbarer Fühlung mit den Truppen bereit haben will, Aufgaben, welche die Fähigkeit der Luftschiffe, an gewissen, oft auch wechselnden Stellen beobachtend schweben zu können, voraussetzen, und welche der an die Truppenstellungen gebundene Fesselballon nicht mehr lösen kann. Außer der Beobachtung von Vorgängen beim Gegner zählt hier auch noch die Beobachtung der Wirkungen des eigenen Artillerie-Feuers zu den sich bietenden Aufgaben.

Für Luftfahrzeuge zu derartigen Diensten ist es erforderlich, daß sie immer zur Hand sind, daß sie in kurzer Zeit in und außer Betrieb gesetzt werden können, daß man ihr ganzes Material mit allem Betriebsbedarf auf eigenen Trains den Truppen mitgeben kann, während es sich weniger um lange Dauerflüge handelt. Den so gearteten militärischen Anforderungen paßt sich unter den gegenwärtig zur Verfügung stehenden Luftschiff-Arten am besten das unstarre Luftschiff an, wie es zur Zeit vertreten ist durch das Parsevalsche Luftschiff; doch herrscht auch über den zur Zeit erreichten Entwicklungsstand dieser Fahrzeuge noch nicht ungetrübte Freude im Kriegslager; denn wir stoßen uns auch hier vorläufig noch an Dingen, die man solange als Kleinigkeiten bezeichnen darf, als es gelingt, Abhilfe zu schaffen; die aber militärisch recht störend werden können, wenn dies nicht der Fall ist.

So ist z. B. der Höhenwechsel innerhalb recht weit gesteckter Grenzen militärisch sehr wichtig, somit auch eine Höhensteuerung, die noch über die erwähnte Gefahrzone hinaus einen ausgiebigen Spielraum umfaßt. Der leitende Grundgedanke für die Höhensteuerung der ganz unstarren Luftschiffe sieht bekanntlich in der vorderen und der rückwärtigen Hälfte des langen tragenden Gaskörpers je ein Luftballonet vor, so daß die Schrägstellung des Langballons dadurch bewirkt werden kann, daß man dem einen oder anderen Ballonet mehr Luft zuführt, also das tragende Gas mehr nach der entgegengesetzten Ballonhälfte hinüberschiebt. Demnach funktioniert diese Höhensteuerung, solange als ein Unterschied in der Luftfüllung der beiden Ballonets hervorgebracht werden kann. Das Luftschiff darf daher nicht so hoch steigen, daß die Ausdehnung des Füllgases beide Ballonets leer drückt, weil schon die Schrägstellung zum Wiederhinabgehen dann mit einem Gasverlust zu erkaufen ist, der später sehr unbequem werden kann. Denn bei Verkleinerung des Gasvolumens unter dem zunehmenden Luftdruck beim Niedergehen könnte man leicht genötigt sein, beide Ballonets vollzupumpen, bevor man den Boden erreicht hat, womit dann die Höhensteuerung aufhört. Verzichtet man dagegen auf dieses Vollpumpen, so hört die Prallzeit und somit die Lenkbarkeit auf.

Innerhalb des Bereiches feindlicher Feuerwirkung, also unterhalb ca. 2000 m Höhe, ist außerdem mit dem Luft- und Gasvorrat noch aus dem Grunde besonders haushälterisch zu verfahren, weil der zur Prallhaltung erforderliche Innendruck es mit sich bringt, daß schon geringe Verletzungen durch Infanteriegeschosse in kurzer Zeit Störungen in der Steuerbarkeit vorbereiten, die schwerwiegende Folgen haben können.

Wie die rastlos schaffende Technik diese Eigentümlichkeiten günstiger gestalten kann und wird, entzieht sich hier weiterer Erörterung.

Voraussetzung der Ausnützung des Hauptvorzuges des unstarren Systems, nämlich beim Landen rasche Gasentleerung, Verpackung und Abtransportierung zu gestatten, muß natürlich sein, daß es stets gelingt, entweder beim zugehörigen Wagenpark selbst zu landen oder an Stellen, die diesem leicht zugänglich sind.

Es ist hier hervorzuheben, daß der eben erwähnte Hauptvorzug des Systems selbst dann noch gewahrt bleiben wird, wenn Gebrauchserfahrungen Veranlassung geben sollten, etwa noch weitere nicht zu große Einzelteile des Fahrzeuges in starre Form zu bringen.

Wir verfügen zurzeit über eine dritte Art von lenkbaren Luftschiffen, das halbstarre Luftschiff.

Es ist bekanntlich in verschiedenen Ländern bei verschiedenen Armeen in mannigfachen Formen aufgetaucht.

Der Grundgedanke des Baues ist immer das Bestreben, einen unter dem Langballon angebrachten Rahmen oder eine starre Fläche entweder unmittelbar oder durch Verspannungs-Vorrichtungen derart mit diesem Ballonkörper zu verbinden und die zu tragende Last möglichst so auf dessen Längen-Erstreckung zu verteilen, daß der zunächst gefährlichsten Bedrohung der Prallhaltung der Ballongestalt entgegengewirkt wird, nämlich der Einknickung infolge ungleicher Belastung.

Technisch haben halbstarre Luftschiffe vor den ganz unstarren die Möglichkeit voraus, an den Versteifungsvorrichtungen verschiedene Lenkungsorgane wie Höhensteuer usw. in gesicherterer Führung tragen zu können, somit weniger von der Ballonetwirkung abhängig zu sein.

Militärisch werden sie sich den unstarren bezüglich des Hauptvorzuges derselben nähern, wenn ihre Versteifungsvorrichtung so ausgeführt wird, daß sie ein Zusammenklappen oder eine Trennung in verladbare Teile gestattet und wenn solche Einrichtungen sich bewährt haben.

In bezug auf Abhängigkeit der Lenkbarkeit von der Erhaltung der prallen Gestalt durch Innendruck der Füllung und demnach auch auf Empfindlichkeit gegen irgendwelche Verletzungen der Hülle stehen beide Systeme sich gleich.

An dem weiteren vervollkommnenden Ausbau beider besteht schon deshalb ein sehr hohes militärisches Interesse, weil es nicht wirtschaftlich wäre, statt ihrer auch für die angedeuteten Verwendungen zu mehr taktischen Zwecken noch eine weitere Anzahl von großen starren Luftschiffen zu bauen und dabei noch auf die verschiedenen Erleichterungen zu verzichten, welche die Handhabung unstarren Luftschiffe bei der Truppe bietet.

Eine Reihe von Erkundungs-Aufgaben, die von der Truppen-Kommando-Führung aus auf dem Kampfgebiete zu taktischen Zwecken zu stellen sind, können auch erledigt werden mittelst jener Fahrzeuge, die der zweiten großen Gruppe von Luftfahrt-Geräten angehören, jenen rein mechanisch ohne einen Gastragekörper im Flug zu haltenden Vorrichtungen, die uns unter dem Namen ein- oder mehrdeckiger Aeroplane, Gleitflieger, Drachenflieger usw. begegnen, und die wir unter der Gesamtbenennung „Fl u g z e u g e“ zusammenfassen wollen.

Die aufgetauchten Formen sind ja ganz außerordentlich mannigfaltig, aber die militärische Verwendbarkeit hängt mit dem allen gemeinsamen Grundzug ihres Wesens zusammen, der darin besteht, daß ihr Flug, ihr Verbleiben in der Luft von der Arbeit der Motoren abhängt, die ihre Fortbewegungsorgane treiben.

Für eine vergleichende Bewertung der Verwendbarkeit zu kriegerischen Dienstleistungen haben wir uns an die Ergebnisse der praktisch angestellten Erprobungen zu halten, und wir verdanken es der rastlosen und einsichtsvollen Betriebsamkeit, mit der in den letzten Jahren geschafft worden ist, und gewiß auch der sportlichen Anregung, daß sich diejenigen Formen allmählich herausheben, welche Aussicht auf verlässige Leistungen bieten. Nach den bisherigen Ergebnissen ist für militärische Zwecke am meisten zu erwarten von den Gleitflugvorrichtungen, die den Flug dadurch erreichen, daß mit Hilfe von Luftschrauben große starre Flächen mit solcher Geschwindigkeit ungefähr wagerecht durch die Luft geführt werden, daß sie immer wieder auf neue tragende Luftmassen gelangen, bevor die eben überflogenen Zeit hatten, auszuweichen und sich so ihrer Trageleistung zu entziehen.

Die hier einschlägigen Apparate weisen mancherlei Vorzüge auf: Sie haben meist nicht sehr große Ausdehnung; manche können zusammengefaltet oder leicht zerlegt oder wieder aufgebaut werden, sind leicht tragbar und verursachen wenig Verladungsschwierigkeiten.

Bei den bestentwickelten Modellen ist ein Aufstieg unmittelbar vom Boden ohne besondere Abflugvorrichtungen, auch ohne wesentlichen Bedarf an Bedienungsmannschaft möglich. Die Empfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse, ebenso gegen Temperaturwechsel ist gering, und Feuersgefahr besteht nur in geringstem Maße. Verhältnismäßig gering sind auch die Beschaffungskosten, besonders bei Massenanfertigung nach ausgewähltem Modell.

Die Geschwindigkeit, mit der wir schon jetzt rechnen können, ist sehr groß, über 1 km per Minute.

Feindlichen Schüssen bieten diese Fahrzeuge ein kleines, sehr schwer zu fassendes Ziel, von dem nur zwei Teile von entscheidender Empfindlichkeit sind: die Besatzung und der Motor; denn Löcher in den Tragflächen stören kaum merklich. Über längere Bewegung in bedeutenderen Flughöhen liegen noch nicht genügende Erfahrungen vor. Hierüber wird die Betriebssicherheit der Motoren und die hierauf gestützte Übung und Handhabungsfertigkeit entscheiden.

Letzteres ist unentbehrlich, denn obwohl nachgewiesen ist, daß eine Landung auch bei stillstehendem Motor in weit ausgreifendem Gleitflug ohne Beschädigungen durchführbar ist, so setzt doch ein Erheben über 1500 m oder höher mit einem Flugzeug, das keinen tragenden Gaskörper besitzt, einen gewissen Grad von Todesverachtung voraus wie er auf dem neuen und fremden Gebiet vorläufig nicht beim Durchschnittsmenschen in Aussicht steht. Technisch besteht ein Hindernis gegen Flüge in bedeutende Höhen nicht.

Sehr willkommen wird sein, daß solche Flugzeuge wegen ihrer wenig hervortretenden Gestalt dem Gegner bis zum Zeitpunkt eines Aufstieges verborgen gehalten werden können, wie sie auch seinem Auge nach der Landung wieder entschwinden.

Von größter militärischer Bedeutung wird stets die mögliche Flugdauer bleiben, die abhängig ist von dem Verbrauch an Betriebsstoff (Benzin usw.), also vom Gewicht des mitzuführenden Vorrats, demnach wieder von der Tragkraft des Ganzen und so mittelbar vom Verhältnis des Motorgewichts zu dessen Kraftentwicklung.

Hiermit hängt dann weiter zusammen, daß der Lenker des Fahrzeugs sich nur mit der Lenkung selbst befassen kann, während für die Beobachtungstätigkeit ein eigener Insasse mitzuführen ist, der mit Karte und Glas und vor allem mit der Gabe rascher Auffassung und eines verlässigen Gedächtnisses ausgestattet sein muß; denn zum Notizenmachen wird ihm kaum Zeit bleiben.

Für Verwendung solcher Flugzeuge zum Erkundungsdienste ist ein ziemlich großer Spielraum gegeben. Denn außer Erkundungen im näheren taktischen Bereich können ihnen auch solche zufallen, die neben den Luftschiffen als ergänzend auszuführen sind. Ich sage ergänzend, nicht ersetzend, weil ihre Schwebefähigkeit nur im Bewegungszustand vorhanden ist. An einem geeigneten Beobachtungspunkt unter Einhaltung einer bestimmten Orientierung zum Gelände schwebend zu bleiben und von dort aus den Verlauf von Vorgängen im Zusammenhang zu verfolgen vermag man mittelst des Flugzeuges nicht, und hierfür kann auch ein raubvogelartiges Kreisen an solchen Beobachtungsstellen keinen Ersatz bieten.

Ausnahmsweise kann es möglich werden, das Flugzeug einem Wind von passender Stärke gegenüber eine zeitlang auf dem Fleck zu halten, doch wird hiermit nicht regelmäßig zu rechnen sein.

Es wurde schon vorgeschlagen, durch Einbau vertikal wirkender, also tragender, Luftschrauben abzuhefen, jedoch man bekommt nichts umsonst, und eine Vorrichtung, die sich durch Schraubendruck stillschwebend erhält, kann zwar für militärische Zwecke als Ersatz für einen Fesselballon in Betracht kommen, aber ihr zugleich die Fähigkeit der Horizontal-Flugleistung mit großer Geschwindigkeit zu bewahren, wird nicht gelingen.

Trotz diesem einen im Wesen des Flugzeugs begründeten Mangel wird sich der mit seiner Hilfe durchzuführende Aufklärungsdienst voraussichtlich sehr mannigfaltig und ausgedehnt gestalten, denn diese Apparate werden nicht nur bei den Truppen und Kommandos, sondern auch bei der Heeresleitung bereit zu stellen sein, weil sie auch für Herstellung der Verbindung zwischen getrennten Heeresteilen, wie zwischen Heeresteilen und Festungen usw. in Gebrauch kommen können. Aufträge verschiedenster Art werden sich aneinander reihen können; denn diese Flieger werden in der Regel die Meldungen über Vollzug und Ergebnis selbst zurückbringen. Sie werden nach Ergänzung des Betriebsmaterials sofort zu neuem Flug bereit sein.

Wo sie etwa für havarierte Luftschiffe eingeschaltet werden, da wird in bemessenen Zeitabschnitten ihr Flug in steter Wiederholung über die zugewiesenen Geländestrecken gehen, und ihre Meldungen werden sich ergänzend aneinanderzureihen haben. Manche unerwartet auftauchende Zweifel werden durch kurze eingeschaltete Flüge zu lösen sein usw.

Eine nicht unwichtige Leistung kann dem Flugzeug auch für Befehlsübermittlung dann zufallen, wenn für Meldereiter Hindernisse vorliegen, wie z. B. Sumpfstrecken, dichte Waldungen, Wasserläufe, ausgedehnte ungangbare Kultur-

bedeckungen, während die Zeit drängt und andere, z. B. telegraphische, Verbindungen noch nicht eingerichtet sind — oder versagen.

Das Gesamtbild dieser möglichen und erforderlichen Dienstleistungen des Flugzeugs läßt schon bestimmte Richtungen erkennen, in denen auch hier wieder trotz des schon erreichten hohen Grades von Leistungsfähigkeit noch Vervollkommnungen erforderlich sind, wenn einer Hauptbedingung militärischer Verwendbarkeit Genüge geleistet werden soll, nämlich der *Verlässlichkeit*.

Vor allem muß eine noch viel weitergehende Entlastung des Fahrzeug-Lenkers erreicht werden.

Dieser hat bei den großen Fluggeschwindigkeiten, dem hieraus folgenden raschen Wechsel der Eindrücke, bei der gebotenen Anspannung der Aufmerksamkeit, bei der erforderlichen Raschheit der Entschlüsse auf Grund der erhaltenen Weisungen, des Wetter-Verhaltens und anderer äußerer Einwirkungen so ganz vollkommen genügend zu tun, daß ihm jedenfalls alle Balanzier-Kunststücke erspart werden müssen. Sein Fahrzeug muß demnach so beschaffen sein, daß es jede von außen kommende Störung des Gleichgewichtszustandes im Flug ohne Einwirkung des Lenkers selbsttätig wieder ausgleicht, und zwar bei jeder Lage der Flugbahn. Dabei darf aber die Steuerung nach freiem Willen des Lenkers in keiner Weise behindert sein.

Die Motore müssen unter vollständiger Selbstbedienung in bezug auf Benzin-Zufuhr, Schmierung und Kühlung eine tagelange nur kurz unterbrochene Tätigkeit ohne merkliche Abnützung zulassen. Sie müssen trotzdem und unbeschadet der Verlässlichkeit so leicht sein, daß das Fahrzeug außer der Besatzung noch Betriebsvorrat für einige Stunden tragen kann. Der Ersatz des Verbrauchten muß so vorgesehen sein, daß er in ein paar Minuten durch Umwechslungen sich vollzieht. Die Handhabung der verschiedenen Flugzeuge muß so einfach und so gleichartig sein, daß ein Wechsel unter den eingelernten Lenkern keine Störungen verursachen kann. Der ganze Bau muß rasche Auswechslung beschädigter Teile gestatten.

Der mitzuführende Beobachter muß so untergebracht sein, daß er während des Fluges freies Gesichtsfeld hat. Die Möglichkeit, zwei Beobachter mitzuführen, ist anzustreben. Der Flug soll so erschütterungsfrei sein, daß auch die Beobachtung mittelst Fernglas nicht gestört wird.

Den Befehl über das im Dienst befindliche Flugzeug wird der mit dem Erkundungs-Auftrag betraute Beobachter zu führen haben, während der Lenker für die technische Ausführung des Fluges verantwortlich bleibt. Eine irrumsfreie Verständigung beider ist daher vorzusehen.

Bedenkt man, daß einerseits die Flugsicherheit des Flugzeugs zwar von der Motorarbeit abhängt, daß aber andererseits bei dem jetzigen Stand der Maschinenteknik eine verlässige, ungestörte Dauerarbeit der Fortbewegungsmaschinerie unbedingt erreicht werden kann, und also auch muß, so wird man von den Flugzeugen sehr große und mannigfache Erkundungs-Leistungen erwarten dürfen.

Ein Rückblick auf alle von der Luftschiffahrt im ganzen zu erwartenden Leistungen für Erkundungszwecke überhaupt führt zu der Anschauung, daß die verschiedenen Richtungen dieser Leistungen zwar eine allgemeine Ähnlichkeit in der Wirkungsweise der Vorrichtungen voraussetzen, daß aber doch je nach Art der

vorliegenden Aufgaben ein so verschiedener Grad der Eignung für deren Lösung besteht, daß sich auch der weitere Ausbau der verschiedenen Arten von Luftfahrtgeräten vollkommen rechtfertigt.

Gehen wir nun zur Verwendung von Luftfahrzeugen für Ausübung einer Waffenwirkung über:

Ich habe diese Verwendung an zweiter Stelle der zu treffenden Erwägungen gestellt, und muß auch gleich darauf vorbereiten, daß diese Verwendungsrichtung selbst bei weitgehender Vervollkommnung der Luftfahrzeuge meiner Überzeugung nach sich nicht in der Ausdehnung, und nicht in dem Sinne ausgestalten kann, wie es vielleicht auf Grund gewisser anregender Literatur-Erzeugnisse angenommen werden möchte.

Ein Mitführen von geschützartigen Vorrichtungen, wobei erhebliche Geschöswgewichte und das mehr als Hundertfache an Geschützrohrgewicht in Frage kämen, bleibt außer Erwägung. Und auch beim einfachen Fallenlassen schwerer Geschosse ist nicht mit Wirkungen auf begrenzte Objekte wie Batterien, einzelne Gebäude, Brücken, Schiffe usw. zu rechnen.

Wir brauchen uns nur daran zu erinnern, welche Munitionsmengen schon die sehr genau schießende Festungs- und Belagerungs-Artillerie verbraucht, wenn ein bestimmtes enger begrenztes Objekt zerstört werden soll.

Zunächst ist zu bedenken, daß schon auf mäßige Entfernungen bei der besten Positions-Artillerie der Welt ein genau sitzender Treffer beim ersten Schuß nie etwas anderes ist als ein Zufall, aus dem einfachen Grund, weil die sogenannten Tageseinflüsse erraten sein wollen oder ausprobiert werden müssen, und daß daher die wirklich verdienstliche Kunstleistung des Artilleristen in der richtig durchgeführten Korrektur auf Grund der ersten Schußergebnisse besteht. Dabei ruht sein Geschütz auf unveränderter Stelle auf festem Boden, zwei Dinge, ohne die eine Korrektur keinen Ausgangspunkt hat.

Ein Luftschiff nach dem ersten Geschößabwurf wieder genau auf dieselbe Stelle in gleicher Höhe zu bringen, dann den zweiten Wurf genau so wie den vorhergegangenen und unter Anwendung der nötigen Korrektur auszuführen, ist ein Kunststück, für dessen Gelingen wenig Wahrscheinlichkeit besteht. Dieses Kunststück dann so oft zu wiederholen, bis die Wirkung erreicht ist, würde die Tragfähigkeit von Luftschiffen für schwere Geschosse im allgemeinen um ein recht Vielfaches überschreiten.

Wir werden also mit Geschossen zu rechnen haben, die weniger durch ihr am Treffpunkt einschlagendes Gewicht als vielmehr durch Explosionskraft wirken. Ihre Wandungen brauchen nur stark genug zu sein, um gefahrlose Bedienung zu sichern und um noch Sprengstücke zu liefern, die Gegner außer Gefecht setzen können. Solche Geschosse sind bedeutend leichter als Geschützgranaten, können also in größerer Zahl mitgeführt werden, womit Dauer und Ausdehnung der erreichbaren Einwirkung wächst. Größere, torpedoartige Sprenggeschosse, können derartige Wirkungen ins Ungeheure steigern und auch auf Anwendung von Bomben, die erstickende oder mephitische Gase verbreiten, wird nicht zu verzichten sein.

Es kann sich für solche Einwirkung aber nur um ausgedehntere Ziele handeln, wie Truppen-Ansammlungen, Munitions-, Geschütz- und Vorrats-Parks, Befestigungs-Anlagen, Hafenplätze, Bahnhöfe usw., denen gegenüber es möglich ist, ohne künstliche Ziel- und Korrektur-Manipulationen Zerstörungen und vor allem Beunruhigungen beim Gegner zu erreichen, Einwirkungen, für welche es nicht einmal großer Geschoßmengen bedarf. Das Moment der Beunruhigung muß ich besonders hervorheben, da dessen Bedeutung häufig unterschätzt wird.

Auch die beste Truppe der Welt bedarf bekanntlich sowohl in der Zeit der Vorbereitungen, der Zusammenziehung, des Aufmarsches als auch in den Zwischenzeiten nach größeren Marsch- und Gefechtsleistungen der Ruhe und zwar der ungestörten Ruhe. Am wirksamsten sind Störungen dieser Ruhe zur Nachtzeit. Unser Wacht- und Sicherungsdienst ist ja vorwiegend darauf gerichtet, diese Ruhe vor störenden Überraschungen zu bewahren.

Die ganze retablierende Wirkung eines gut gewählten und gut bewachten Biwaks in schöner warmer Sommernacht oder eines bequemen Kantonnements kann durch ein paar Geschoßexplosionen vernichtet werden, und mehrfache Wiederholungen können jede Truppe mürbe machen.

Die Möglichkeit und Ausdehnung solcher Einwirkungen setzt die Fähigkeit der Luftfahrzeuge voraus, über den in Aussicht genommenen Zielen wenigstens für kurze Zeit günstige Stellungen einhalten zu können und die Wucht möglicher Einwirkung steht im geraden Verhältnisse zur Tragkraft der Fahrzeuge für Geschosse.

Wir müssen daher für solche eindringliche Wirkungen auf die „Flugzeuge“ verzichten, die nur während der Bewegung schweben und wenig Tragkraft geben.

Dagegen ist hierfür auf die lenkbaren Luftschiffe jeden Typs zu rechnen. Je tragfähiger und je weniger empfindlich gegen Verletzungen sie sind, desto sicherere Erfolge werden sie haben. Wenn demnach das starre Luftschiff zunächst in Betracht kommt, so werden doch die wechselnden Gelegenheiten einer Waffeneinwirkung ebenso die anderen Arten von Luftschiffen zur Verwendung gelangen lassen. Die sehr einfachen Vorbereitungen für diesen Dienst lassen sich ja bei jedem Luftschiff treffen.

Es mag überrascht haben, daß ich auch den Transport, wenn auch in dritter Reihe als Verwendungsart von Luftfahrzeugen in Aussicht genommen habe. Dies ist jedoch für vereinzelt Anwendungen durchaus nicht von der Hand zu weisen.

Daß mir hierbei ausgiebige Truppen-Invasionen vorschweben, wird keiner der geehrten Zuhörer glauben, wenn nicht etwa die Wurzeln seiner Anschauungen jenseits des Kanals zu suchen sind. Den Nachweis der Berechtigung dieses Unglaubens zu führen, ist Ihnen gegenüber nicht nötig, den jenseitigen verängstigten Gemütern gegenüber wäre es dagegen aussichtslos.

Es bleiben aber noch genug andere Transportleistungen möglich. Auch hier kommen die „Flugzeuge“ nicht weiter in Frage, denn wenn sie auch Beobachter tragen und etwa gelegentlich ein Bündel Schriften oder selbst ein paar Patronenschachteln überbringen, so deckt sich dieses noch nicht mit dem Begriff Transport.

Zweifellos kann aber ein lenkbares Luftschiff einen Teil seines Ballastes durch lebende oder tote Last ersetzen. Kommt doch schon die besprochene Mitführung von Munition beim Gebrauch als Angriffsmittel in diesem Sinne in Betracht.

In den Kampf- und Kriegsläufte sind gar mancherlei Fälle denkbar, in denen die Besetzung von Punkten wichtig wird, die ihrer Lage und Beschaffenheit nach dem Gegner schon durch schwache Abteilungen verwehrt werden können. Es kann sich um Punkte handeln, die aus örtlichen Gründen weder durch Kavallerie, noch mittelst Wagentransport rasch und sicher genug zu erreichen wären und auf deren Besetzung man daher sonst verzichtet hätte. Es kann nötig werden, zu Zerstörungszwecken kleine Abteilungen, etwa technischer Truppen, an einen sonst schwer erreichbaren Platz zu schaffen. Es kann bei Besetzungen wichtiger, auf anderem Weg nicht mehr erreichbarer Punkte, z. B. kleiner Sperrforts, von Überflutungen eingeschlossener Schanzen usw. Mangel an Lebensmitteln, Munition usw. eingetreten sein, es kann dort ärztliche Hilfe, eine Entlastung von Kranken oder Verwundeten, eine Ablösung nötig geworden sein, Fälle, in denen schon das Erscheinen eines Luftschiffes Mut und Ausdauer beleben kann durch das Bewußtsein, nicht abgeschnitten und aufgegeben zu sein.

In Feindes Nähe wird zur Durchführung solcher Unternehmungen allerdings die Nacht oder unsichtiges Wetter zu benützen sein, schon weil die Verringerung des verfügbaren Ballastes die Wahl der Flughöhe einschränkt. Welche Einrichtungen dann für Signalverständigung und Orientierung zu treffen sein werden, bleibt von den Einzel-Umständen abhängig.

Für alle angedeuteten Transportleistungen werden alle Luftschiffe geeignet sein, die großes Tragvermögen besitzen, gut dem Steuer folgen, so daß ihre Gondeln in günstiger Lage zur Ein- und Ausschiffung und zu etwa nötigem Ballast-Ersatz zu zu halten sind und die auch für solche Manöver nicht viele Hilfsmannschaften brauchen.

Bei den bisherigen Betrachtungen ist nur gelegentlich die Frage gestreift worden, was denn ein gut vorbereiteter Gegner unseren Luftunternehmungen entgegenstellen kann. Wir müssen auch dem näher treten!

Setzen wir zunächst Luftfahrzeuge auf beiden Seiten voraus und die Absicht, sich mit diesen gegenseitig zu bekämpfen, so wird bei mechanischen Flugzeugen sich nichts Wesentliches ergeben, denn ein gegenseitiges Anrennen vernichtet voraussichtlich beide Kämpfer und es kommt ganz auf die Kriegslage an, ob dieses Ergebnis gerade einer der beiden Parteien zum Vorteil gereicht. Eher anzunehmen sind Erfolge von Flugzeugen gegen Luftschiffe, denn diese haben unstreitig eine angreifbare Schwäche, die in der oberen Wölbung ihres Tragballonkörpers zu suchen ist. Setzen wir die Möglichkeit des Gebrauches von Handfeuerwaffen oder ähnlichen Schießgerätes während der Fahrt voraus, so leuchtet ein, daß von der Gondel eines Luftschiffes aus ein Gegner nur so lange beschossen werden kann, bis er sich über das Luftschiff erhoben hat und durch dessen eigenen Ballonkörper gegen die Insassen der Gondel gedeckt ist.

Bei der großen Geschwindigkeit und der rasch wirkenden Höhensteuerung, wie sie dem „Flugzeug“ zur Verfügung stehen, wird ihm in vielen Fällen diese Position zu einem Angriff von oben erreichbar sein.

Ein ähnliches Verhältnis ergibt sich, wenn Luftschiff gegen Luftschiff steht. Wer über eine verlässig und rasch wirkende Höhensteuerung verfügt, wird im Vorteil sein, ebenso das Luftschiff, das seiner Bauart nach nicht unmittelbare Zerstörung seiner ganzen Tragkraft durch vereinzelte Verletzung zu gewärtigen hat.

Die feindliche Einwirkung selbst können wir uns denken als eine mechanische Verletzung durch Aufreißen, wofür sich verschiedene Vorrichtungen erfinden lassen, wie z. B. an Leinen hängende Schneidehacken und Ähnliches.

Eine Anwendung von Brand- oder Explosionsgeschossen wird nur unter ganz besonderen Umständen in Frage kommen, da eine hochauflammende Gasentzündung den eigenen wertvollen Leib des Angreifers in gleiche Gefahr mit dem Gegner bringt. Von einem „Flugzeug“ aus wäre ein derartiger Feuer-Angriff eher durchzuführen, weil ihm ein sehr rascher Vorüberflug möglich ist.

Doch wollen wir uns nicht auf zu wenig fundierte Phantasiegebilde werfen!

Viel brauchbarere Grundlagen bestehen für Beurteilung voraussichtlicher Wirkung von Gewehr- und Geschützfeuer gegen Luftfahrzeuge vom festen Boden aus.

Für Gewehr-Wirkung besteht die Schwierigkeit, daß eine praktische Art der Einübung des Schießens gegen derartig sich bewegende Ziele sich schwer finden läßt, weil für die Einzel-Ausbildung des Schützen etwas sehr Wesentliches fehlt, nämlich das Erkennen des Treffpunktes des einzelnen Schusses. Zufallstreffer einzelner Schüsse aber haben für unsere hier anzustellenden Betrachtungen keine Bedeutung.

Bei dem raschen Wechsel der Richtung, der Höhe, der Geschwindigkeit, der Entfernung der Ziele und bei der Schwierigkeit, Gewehr-Visiere der Änderung der Flugbahngestalt beim Steilfeuer anzupassen, kann man einige Aussicht auf Erfolg nur annehmen bei Anwendung von Salven mit verteilten Haltepunkten. Die Anordnungen des Feuerleitenden bezüglich Aufsatz, Seitenverlegung des Zielpunktes, Vorhalten in der Bewegungsrichtung usw., die einer solchen Feuer-Verteilung zugrunde zu legen sind, bauen sich nur auf persönliche Abschätzung und Erwägung auf.

Die Möglichkeit einer Wirkung besteht für solche Art der Beschießung gewiß, da ein 8 mm Geschoß ungefähr 2300 m hoch getrieben wird und dabei in etwa 1800 m angelangt immer noch Ballonstoff oder Ähnliches zu durchschlagen vermag. Die Wahrscheinlichkeit des Treffens aber bleibt gering, denn die geringsten Bewegungsänderungen des fliegenden Gegners machen immer neue Feuer-Anordnungen nötig, die immer wieder auf neuer Schätzung beruhen.

Dabei ist die Spanne Zeit, innerhalb deren die Möglichkeit der Wirkung gegeben ist, recht kurz.

Es kann als Widerspruch empfunden werden, wenn ich eine Wirkung des Infanterie-Feuers als so wenig wahrscheinlich bezeichne, während in vorhergehenden Erörterungen Gewicht darauf gelegt wurde, die bis auf etwa 2000 m zu rechnende Gefahrzone möglichst zu meiden. Wenn es sich aber um so wertvolle Dinge handelt wie die Leistungen, die wir vom Luftschiff erwarten und verlangen, so genügt es nicht, die Wahrscheinlichkeit einer Gefahr gering schätzen zu dürfen, sondern es ist auch der Möglichkeit soweit erreichbar aus dem Wege zu gehen. Dies mutet zwar als ein von militärischer Seite ausgesprochenes Verlangen sonderbar an; aber es hat praktischen Grund, denn es handelt sich bei Meidung einer Gefahr

hier nicht um eine Besorgnis für Leib und Leben der Luftfahrenden, und auch weniger um Bewahrung kostspieligen Materials, sondern in erster Linie um Fernhaltung eines Verlustes am Erfolg der Fahrt, also einer Gefahr, die verhängnisvolle Wirkung haben kann.

Anders als mit dem Infanterief Feuer verhält es sich mit der Geschützwirkung. Wenn man sich schon wiederholt davon überzeugt hat, daß man einen Fesselballon durch Schrapnells zum Sinken zu bringen vermag, so beruht dies darauf, daß man sich auf dieses Ziel einschießen kann. Gegenüber allen mit Eigenbewegung ausgestatteten Luftfahrzeugen aber ist dies nahezu ausgeschlossen.

Mit gewöhnlichem Feldgeschütz sind wegen dessen begrenzter Elevation solche Ziele überhaupt nur bei niederem Flug und größerer Entfernung mit einiger Treffer-Aussicht zu fassen; denn wenn auch bei etwa 20° Elevation Geschosse im Scheitel ihrer Bahn noch bis etwa 700 m hoch kommen, und wenn es zufällig gelingen sollte, Sprengpunkte zu bekommen, die man bezüglich ihrer Lage zum Ziel richtig beobachten und abschätzen konnte, so ist doch das Ziel-, Korrektur- und Tempier-Verfahren selbst dann noch sehr unsicher.

Als eine bedeutende Erleichterung der Schuß-Korrektur wird sich die Anwendung von Brandgeschossen erweisen, die so eingerichtet sind, daß sie ihre Flugbahn durch eine deutlich sichtbare Rauchlinie bezeichnen. Eine solche Linie ist leichter mit dem Ziel in Verbindung zu bringen, wenn auch hier noch bedeutende Beobachtungsfehler möglich bleiben. Als ganz verfehlt müßte man es aber bezeichnen, die Munition unserer bestehenden Feldbatterien etwa durch Beigabe derartiger Geschosse zu komplizieren. Ebenso wäre es aus taktischen wie organisatorischen Gründen verfehlt, unser Feldgeschützmaterial solchen Sonderverwendungen zuliebe so umzuändern, daß höhere Elevationen möglich werden oder etwa gar die Lafettierungen für Drehungen einzurichten. Die Feldbatterien würden nur ohne entschiedenen Nutzen in der Erfüllung ihrer eigenen bestimmten Gefechts-Aufgaben beeinträchtigt.

Die Kriegstechnik beschäftigt sich daher schon seit längerer Zeit mit dem Bau eigener Geschütze für steiles Feuer, die sich zum Mitführen ins Feld auf Lafetten oder auf Kraftwagen eignen. In schwereren Formen sind sie für Festungskrieg und Marine aufgetaucht.

Die bisher bekannten Muster gestatten Erhöhungswinkel bis zu 60° , solche ohne Lafette bis zu 75° . Sie sind leicht in vollem Horizontalkreis drehbar, für rasches Feuer eingerichtet, und ihre Schußweite nach Höhe kann zu 7000 m, bei den schweren Geschützen zu 11000 m angenommen werden. Aber auch für Geschützfeuer ist die Friedens-Einübung sehr behindert. Sie beschränkt sich auf Beschießung frei fliegender Ballons, am besten an Küstenpunkten, wo die freie Wasserfläche, auf der die Geschosse wieder herabgelangen, leicht zu übersehen ist. Man bleibt dabei auf Benützung günstig liegender Winde angewiesen. Wie aber selbstständig fliegende Ziele mit ihren unvorhergesehenen wechselnden Bewegungen zu behandeln sind, wird wohl erst im Kriege selbst einzuüben sein.

Welchen Anforderungen die Hochfeuer-Geschütze entsprechen müssen, wenn wenigstens das möglichst Erreichbare von ihnen zu erwarten sein soll, läßt sich übrigens trotz allem voraussagen:

Wir brauchen möglichst gestreckte Flugbahnen, also große Anfangsgeschwindigkeiten, also lange Rohre. Die Richtvorrichtungen müssen gestatten, mit einfachen Handgriffen stetig und ununterbrochen den Bewegungen des Zieles zu folgen. Die Zielvorrichtungen müssen selbsttätig dem Umstand Rechnung tragen, daß, je steiler die Schußrichtung wird, um so mehr auch die Flugbahn sich streckt, d. h. an Krümmung verliert. Keine Sekunde darf mit Rechnungen, Regulierungen, Tabellengebrauch usw. verloren gehen. Neben dem Richten und Zielverfolgen muß das Laden und Feuern ohne eine Unterbrechung hergehen können, weil die verfügbare günstige Zeit sehr kurz zu sein pflegt.

Wir werden Geschosse brauchen, die neben der erwähnten Bezeichnung ihrer Flugbahn durch Rauchlinien auch noch jeden wirklichen Treffer erkennen lassen, auch wenn er noch nicht zerstörend gewirkt hat. Dagegen wird auf Schrapnell-Geschosse wegen Gefährdung der eigenen Truppen bei steilem Feuer zu verzichten sein.

Unbedingt nötig ist es, daß die Munition mit nahezu mathematisch genauer Gleichmäßigkeit wirke, weil der Erfolg auf sehr klein bemessenen Korrekturen beruht. Empfehlenswert wäre der Bau von Doppelgeschützen, deren beide Rohre parallel fest verbunden sind, aber einzeln geladen und abgefeuert werden können und die vollkommen genau gleiche Leistung haben. Einer richtig beobachteten Flugbahn sofort eine berichtigte folgen zu lassen, wäre dadurch sehr erleichtert.

Bestimmt können wir aber sagen, daß noch viele und verschiedene derartige Vervollkommnungsgedanken auftauchen und durchgeprobt werden müssen, bis man behaupten kann, das Flugschiff sei die sichere Beute des Ballongeschützes. Am wenigsten wird ein Luftschiff von den auf Schiffen aufgestellten Geschützen zu befürchten haben.

Es war schon wiederholt im Laufe meiner Erörterungen Anlaß gegeben, einzelne Besonderheiten hervorzuheben, die sich im Festungskrieg gegenüber dem Feldkrieg ergeben; doch erscheint es angezeigt, noch auf weitere eigentümliche Beziehungen zwischen Festungskrieg und Luftschiffahrt einzugehen:

Im allgemeinen ist der Belagerte in Ausnützung der Luftschiffahrt verschiedentlich im Nachteil, obwohl sie für ihn vom höchsten Wert wäre, weil Kavallerieverwendung zum Nachrichten-Dienst für ihn wegfällt, während sein Bedürfnis nach Nachrichten von außen ein sehr großes ist. Vollziehen sich doch außerhalb einer Festung unverhältnismäßig mehr militärisch wichtige Vorgänge, als innerhalb derselben.

Die Ausübung des Nachrichtendienstes durch Luftschiffe ist beim Belagerten erschwert, weil die Auswahl für einen Wechsel in den Landungs- und Aufstiegsstellen eine sehr beschränkte ist. Der Belagerer kann allzuleicht Kunde von der Lage der Ballonhallen und ähnlicher Vorrichtungen erlangen und diese dann durch Feuer beunruhigen.

Vorräte und Materialien zur Fertigung und Instandhaltung von Luftfahrzeugen, sowie die Bemannungen für diese können in Festungen nur in begrenztem Umfange vorhanden sein, und ein Ersatz ist nur wieder auf dem Luftwege von außen zu bekommen. Jede Havarie eines Luftfahrzeuges außerhalb des beherrschten Festungs-

gebietes, die zu einer Landung zwingt, bedeutet im allgemeinen den Verlust des Fahrzeugs. Aufstiege und Landungen werden auf die Nachtzeit zur Überfliegung der Einschließung angewiesen sein, so daß die Meldungen, welche über das unter Tags Gesehene rasch zu machen sind, nur durch Funkspruch erfolgen können. Ein Überblick über diese verschiedenen Einzelheiten legt nahe, daß im Dienste der Festung die leichter zu schützenden und in größerer Zahl unterzubringenden unstarren Luftschiffe vorteilhafte Verwendung versprechen, wenn sie für Funkspruch, für hohen Flug eingerichtet und mit einiger Tragkraft ausgestattet sind.

Vom Flugzeug werden gute Dienste zu erwarten sein, da es seine Meldungen meist selbst zurückbringen wird; doch ist seine Verwendung auf den hellen Tag beschränkt und mit Verlusten wird immer zu rechnen sein. Dafür ist aber die Unterbringung einer größeren Reserve an solchen Geräten erleichtert.

In bezug auf die Abwehr-Wirkung durch schwere Hochfeuer-Geschütze stehen die beiden gegnerischen Parteien sich in den Mitteln zwar gleich gegenüber, doch wird der Belagerte durch Treffer empfindlicher geschädigt.

Können wir so in allgemeinen Umrissen ein Bild von den Besonderheiten gewinnen, die im Festungskrieg Einfluß erlangen, so sind wir bezüglich Verwendung der Luftschiffahrt und ihrer Geräte für Kriegszwecke in der Marine wieder mehr auf Erwägung und Vorstellung angewiesen. Hier erhalten zwei Dinge grundlegenden Einfluß: Einmal die Verschiedenheit der Bewegungsbedingungen der Seeschiffe und Luftfahrzeuge und dann die freie Übersichtlichkeit der Meeresfläche bis zum Horizont und den Küsten-Linien.

Unsere Seeschiffe sind ja schon sehr unabhängig vom Wind geworden, denn zu ihrer Fortbewegung steht ihnen als Stütze der Widerstand der schweren Wassermasse zur Verfügung, die abgesehen von örtlichen Strömungen als ruhend anzusehen ist, so daß die Fortbewegung nach beliebiger Richtung meist mit jener Geschwindigkeit erfolgen kann, welche die Maschinen leisten.

Ganz im Gegensatz hierzu verschieben sich sämtliche von einem Luftfahrzeug ausgeführten Bewegungen immer in der Richtung und mit der Geschwindigkeit des gerade herrschenden Windes.

Je nach Lage der Windrichtung zu der beabsichtigten Bewegungsrichtung kann es sich daher ergeben, daß die Geschwindigkeit, mit der die Luftschiffe gegenüber einem Punkt auf der Seefläche vorwärts zu kommen vermögen, eine außerordentlich geringe wird im Vergleich zu jener der Seeschiffe, mit denen sie zusammenwirken sollen, und ebenso auch umgekehrt eine übermäßig große.

Dieser Umstand wird ungeheuren Einfluß gewinnen auf die Lösung der den Luftfahrzeugen zufallenden Hauptaufgabe, die in der Entlastung der Kreuzer im Aufklärungsdienst besteht, denn diese Entlastung tritt nur ein, wenn das Luftfahrzeug rascher oder mindestens ebenso rasch Beobachtungsergebnisse liefert wie die Kreuzer.

Überlegen ist ein Luftfahrzeug immer durch Ausnützung eines höher gelegenen Beobachtungs-Standpunktes, da dem Kreuzer nur die Beobachtung von seinen Gefechtsmasten bis zum Horizont möglich ist. Aber die Ausnützung dieser Überlegenheit bleibt stets abhängig von möglichst rascher Erreichung des geeigneten

Standpunktes und von der raschen Übermittlung der Meldungen, sei es durch Funk-
spruch oder durch Signale.

Wir müssen den Küstendienst der Marine als die Ausnahme betrachten und
uns daher fragen, wie man sich die Dienste von Luftfahrzeugen auf langer Fahrt
und auf hoher See sichern kann.

Eine Unterbringung und Mitführung auf Seeschiffen kann zwar für unsere
unstarren Luftschiffe nebst Füllgas, Betriebsmaterial und Bedienungs-Bedürf-
nissen als möglich zugegeben werden.

Aber wer die Bordverhältnisse eines Kriegsschiffes mit der sorgfältigst auf
den Gefechtsdienst berechneten Raum-Ausnutzung kennt, wird sich nicht ent-
schließen, mit einer solchen Gefährdung des Gefechtswertes eines Schiffes zu rechnen,
wie sie eine derartige Veranstaltung mit sich brächte.

Es müßten also eigene Luftschiffdampfer mitgeführt werden, welche wegen
der dauernden Notwendigkeit des Erkundungsdienstes besonders eingerichtet sind
für Bereitstellung, für vorübergehende Wiederaufnahme, Nachfüllung, Reparatur
der Luftschiffe, eine Sache, die im Zusammenhalt mit dem Dampftrieb des
Schiffes wieder verschiedenartige Probleme der Technik bietet. Auch eine Ein-
richtung solcher Dampfer zum Schleppen von Luftschiffen könnte unter Umständen
nützlich werden, ebenso Einrichtung zur Betriebsmittel-Ergänzung von Bord aus,
etwa ähnlich wie jene zum Kohlen der Schiffe auf hoher See.

Weit leichter als Luftschiffe lassen sich mechanische Flugzeuge mitführen,
in Gebrauch setzen und wieder aufnehmen; dagegen sind die Verwendungs-
Richtungen für sie vermindert.

Zunächst sind nicht die deckenden Gelände-Objekte vorhanden, über die
hinweg man im Landkrieg spähende Blicke werfen will und wenn nicht gerade
Inselgruppen oder etwa ein Kampfgetümmel der Schiffe die Umsicht nach einzelnen
Richtungen hin einschränkt, so liegt ein Bedürfnis nach einem höheren Beobachtungs-
standpunkt für die unmittelbar gegebenen Kampfzwecke nicht vor.

Erfolgreich wird sich dagegen die Verwendung des Flugzeuges zu solchen
Erkundungen erweisen, deren Gegenstand jenseits des von Schiffen aus zu über-
sehenden Horizontes liegt, also zu Erkundungsflügen, die von den vorausgeschickten
Kreuzern aus unternommen werden. Die Ergebnisse solcher Flüge werden so weit-
reichende sein können, daß die Meldungserstattung durch die rückkehrenden Flieger
selbst genügt, um dem Kreuzer Stoff für wertvolle Signalisierung an die Haupt-
macht zu liefern; denn mit Flügen, die 50 und mehr Kilometer über die Linie der
Kreuzer hinausgehen je nach Wind age, und in Höhen, die weiten Vorblick
gestatten, darf ohne besonderen Optimismus schon für nahe Zukunft gerechnet
werden.

Die Eigenart des Flugzeuges, nicht an einem Ort stillstehend die Beobachtung
fortsetzen und von dort aus fortlaufend Meldung senden zu können, bringt es mit
sich, daß die Erledigung des Erkundungsdienstes sich auch hier aus einer Reihe
aufeinanderfolgender Erkundungsflüge zusammensetzt. Welche Anzahl von Flug-
zeugen demnach in Anspruch zu nehmen, ob auch hier eigene Fahrzeuge für
deren Mitführung einzustellen sind, wie lange auf den Erkundungsdienst der ein-

zelen Flugzeuge vor einem Zusammenbruch zu rechnen sei, wird wohl nur seinerzeit durch kriegsmäßig angestellte Erprobungen zu erkennen sein.

Alle vorgeführten Erwägungen über kriegerische Verwendung der Luftschiffahrt mußten unwillkürlich Gedanken auftauchen lassen über eine Frage, deren eingehende Behandlung Stoff für einen eigenen Vortrag bieten würde, nämlich die Frage der Beschaffung des luftfahrenden Personals. Hierüber kann ich mir nur einige allgemeine Bemerkungen gestatten:

Wir wissen alle, daß die besten Waffen, die allergenialst und mit eingehendstem Raffinement angelegten Festungen und auch die gewaltigsten Kriegsschiffe erst ihren kriegerischen Wert durch die Menschen bekommen, die sie zum Kampf benützen. Denn wenn die kämpfenden Menschen nicht auf der Höhe ihrer Kriegsaufgabe stehen, so helfen ihnen auch die wunderbarsten Kampfmittel nichts.

Auch die militärische Bedeutung der Luftschiffahrt steigt und sinkt mit der Tüchtigkeit der Bemannungen der Luftfahrzeuge. Die Heranbildung dieser Leute wird sich zu einer hohen und schweren Aufgabe gestalten, sowohl bezüglich der Unterweisung der einzelnen in den unentbehrlichen Kenntnissen und Fertigkeiten, als auch wegen der Zahl der auszubildenden Mannschaften.

Überblicken wir die verschiedenen Verwendungen der Luftfahrtgeräte, wie ich sie in kurzen Umrissen vorführte, so fühlen wir unmittelbar, daß es sich bei Auswahl für die Bedienungsmannschaften um ganz besondere bestimmte persönliche Beanlagungen handeln muß, ohne die auch eine vorzügliche technische Ausbildung nicht das Erforderliche zeitigt.

Ich meine damit nicht etwa nur Mut, Todesverachtung, Kaltblütigkeit, Verlässigkeit, Hingabe und Ausdauer, sondern auch die Gabe raschen, viel umfassenden Blicks, des Gesamtempfindens einer Situation, die Fähigkeit, verschiedene nebeneinander herlaufende Vorgänge zugleich zu verfolgen, die Fähigkeit raschen Denkens, Entschließens und Handelns. Sonst ganz vorzügliche Leute, die diese Begabungen nicht besitzen, Leute, die, wie man in der Marine so treffend sagt, „eine lange Leitung haben“, werden nicht leistungsfähig zu machen sein.

Ich hege ernste Zweifel, ob bei jungen Leuten, die sich zu Luftschiffer-Schulen anmelden, bereits genügende Anzeichen dafür sich bieten, ob ihnen die erwähnten Gaben verliehen sind. Selbst beim Aushebungsgeschäft dürfte hierüber im allgemeinen vollständige Unsicherheit bestehen.

Die zweckentsprechendste Beobachtung der Leute, nämlich jene bei der Truppe, würde erst sehr verspätet Anhaltspunkte zur Wahl liefern.

Könnte man es aber einrichten, daß schon die heranwachsende Jugend in den Schulen, den Turn- und Schwimmanstalten, auf den Spielplätzen und bei Ausflügen auf Entwicklung der erwähnten Eigenschaften hin geprüft und beurteilt werde, so wäre dies nicht nur für den hier vorliegenden Zweck nützlich, denn es handelt sich da um Eigenschaften, die nicht nur für den Kriegs-Luftfahrenden, sondern für manch andere Lebensbetätigungen recht wertvoll sind.

Eines möchte ich jedoch bezüglich der eigentlichen Unterweisung hervorheben, nämlich daß es für die zur Lenkung von Luftfahrzeugen Berufenen unumgänglich sein wird, sie vor allem in der Führung des gewöhnlichen Freiballons

auszubilden, weil die Gesamtheit der hierbei zu gewinnenden Eindrücke und Beurteilungs-Grundlagen nicht durch theoretische Erläuterungen ersetzt werden kann. Auf diesem Wege kommt unser alter Freiballon auch militärisch wieder zu wohlverdienten Ehren.

Es mag unbehaglich empfunden worden sein, daß die kalte Abwägung zwischen dem, was auf dem Luftschiffahrtsgebiet schon jetzt als erreichbar erscheint und deshalb auch militärisch gefordert wird, und andererseits dem, was wir zurzeit bereits verfügbar haben, noch einen so weitgedehnten Spielraum für unbefriedigte Wünsche erkennen ließ.

Aber ich muß dieser Unbehaglichkeit gegenüber rückhaltlos den militärischen Standpunkt in einem Satze kennzeichnen, mit dem ich schließe, und der lautet:

Wenn die großartigen Einzel-Erfolge, die wir auf dem Luftschiffahrtsgebiet schon jetzt anerkennend und freudig erregt bewundern, einst nicht mehr als etwas Erstaunliches und Wunderbares anzusehen sind, dann ist jener Stand der Beherrschung des Luftmeeres erreicht, auf den wir eine verlässige kriegerische Ausnützung gründen können. Dann ist aber auch eine Fahrt nach den Polen oder ins Innere undurchforschter Erdteile kein himmelstürmendes Wagnis mehr.

Daß dieser Stand erreicht wird, davon bin ich selbst allerdings fest überzeugt. Möge mir die Zukunft baldigst Recht geben!

X. Das Flugproblem in Mythos, Sage und Dichtung¹⁾.

Von

Professor **Friedrich Panzer**-Frankfurt a. M.

Meine Damen und Herren!

Männer der Wissenschaft und Technik haben in den letzten Wochen das Problem der Luftschiffahrt und die Möglichkeiten seiner praktischen Ausführung vor Ihnen ernsthaft erörtert, und unsere Ila hat Tag für Tag einer schon kaum mehr staunenden Menge in zahllosen Proben vor Augen geführt, daß dies Problem im Grunde tatsächlich gelöst, daß dem Menschen die Fähigkeit des Fliegens gegeben, neben Erde und Meer auch die Luft ihm erobert ist. Als eine um so glänzendere Erfindung aber wollen all diese Luftballons, lenkbaren Luftschiffe und Flugmaschinen jeder Art uns erscheinen, als ihre ernsthafte Geschichte nur wenig über ein Jahrhundert zurückreicht. Denn was vor den achtziger Jahren des XVIII. Jahrhunderts an Vorschlägen und Versuchen in dieser Kunst ans Licht trat, blieb ein unsicheres, kindliches Tasten, das eben erst mit den Montgolfier und Charles praktisch wurde. Aber freilich: lange ehe Wissenschaft und Technik befriedigende Ergebnisse erzielten, hat Phantasie, „die edle Treiberin“, Trösterin in aller Notdurft beschränkten Daseins, in kühnen, sinnvollen Bildern, in Mythen, Sagen, Märchen und Liedern vorausgenommen, was erst den Geschlechtern von heute annähernd zu erreichen gelingen sollte. Sie haben die großen Erfolge der Gegenwart gesehen und mannigfach erläutert bekommen, da mag es Ihnen wohl Vergnügen machen, auch einmal für eine Stunde zurückzuschauen in die lange Vergangenheit, wie sie dichtend und träumend das stolze Heute vorbereitet hat.

Fliegen zu können ist die alte, vieltausendjährige Sehnsucht der Menschheit, „ach, daß kein Flügel mich vom Boden hebt!“ der Seufzer nicht bloß faustischer Naturen. Hier mußte der Staubgeborene früh und schmerzlich die Grenzen seiner Menschheit empfinden, fühlen, daß er mit Göttern sich nicht messen dürfe. Konnte er die Erde und bald wohl auch Fluß und See zu seinem Reiche rechnen, der Äther blieb ihm verschlossen. Und doch war auch der Himmel wegsam: das lehrte der fliegende Vogel, die eilende Wolke, die wandelnden Gestirne. Und verehrend neigte der frühe Mensch sich vor diesen Seglern der Lüfte und dachte auch die Gestirne sich in Menschengestalt, in der sie wandernd das Firmament durchmessen, oder, wie die Griechen von ihrem Helios erzählten, im roßbespannten Wagen donnernd

¹⁾ Der Vortrag war von Lichtbildern begleitet, von denen im folgenden einige wiedergegeben werden.

durchheilen, oder in der Barke sanft durchschiffen, wie die Ägypter wohl sich dachten.

Fand aber der Mensch sich ausgeschlossen vom Himmel, so mußte der ihm um so geeigneter scheinen als Sitz der Götter zu dienen, denen der freie Verkehr auch durch die Lüfte zu göttlicher Allgegenwart, helfender und strafender, gerne zugestanden wird. Ausgebildete Religionen geben ihnen dazu nicht gerne Flügel, lieber Fahrzeuge und Beförderungsmittel, die aus menschlichen Dingen emporgesteigert sind: Wagen von Tauben, Pfauen, Adlern, Böcken gezogen, Rosse mit Flügeln oder acht Füßen und dergleichen; wenn die nordische Freyja fliegt, so legt sie doch auch erst ein besonderes Federgewand dazu an. Notwendiger mußte für den Götterboten als den berufsmäßigen Vermittler zwischen Götterhimmel und Menschenerde die äußerliche Betonung seiner Flugfähigkeit erscheinen, daher denn die Griechen ihren Hermes mit Flügeln an Füßen, Schultern, Kopf oder Hut, ja wohl gar an seinem Heroldsstabe zu bilden pflegten, während der Odin der Skandinavier geradezu zwei Raben aussendet, um zu erfahren, was in aller Welt sich ereignet. Auch die christliche Mythologie und Kunst denkt und bildet ihre Engel wenigstens seit dem IV. Jahrhundert stets geflügelt.

Häufiger als die Götter selbst denkt man die untergeordneten göttlichen Wesen sich mit Flügeln ausgestattet. So hatte die Antike die große Schar ihrer Genien durchweg mit Flügeln gebildet, und so manche von diesen Gestalten sind dauernder Besitz der abendländischen Kultur geblieben und werden in gleicher Gestalt noch täglich gebildet. Sichtlich darum, weil man leicht einen tieferen Sinn in ihrer Beflügelung finden konnte, wie bei Nike-Victoria, die, angefleht von Freund und Feind, doch dem einen nur sich kranzpendend herabsenkt aus ungewisser Höhe, oder Fortuna, der eilenden, schwer zu fassenden, die beflügelt auf rollender Kugel entschwindet, ehe die atemlose Schar ihrer Verfolger sie faßt, oder bei Eros-Amor, der aus Himmelshöhen so überraschend in Sinn und Seele fällt, dem göttlichen und ach so flatterhaften. Auch germanische Mythologie hat ihre Kriegs- und Siegesgöttinnen fliegend gedacht. Die Überlieferung zeigt Odins Wunschtöchter, die Walküren, vielfach als Schwanjungfrauen, in engem Zusammenhange also mit einem Motive, das Ihnen aus einer Szene des Nibelungenliedes wie aus zahlreichen Sagen und Märchen nicht bloß der germanischen Völker wohlbekannt ist. Es gibt Frauen, die ein Schwanenkleid oder -hemd — auch andere Vögel, Tauben besonders werden genannt — besitzen. Darin durchmessen sie die Luft und senken nur, in Teichen und Seen zu baden, sich nieder. Wer da nun eine von ihnen belauscht und ihres Flugkleids sich bemächtigt, der hat sie in seiner Gewalt und darf die Herrliche als Braut nach Hause sich führen. Aber er hüte ihres Kleides! Wohl wird die Elbin eine gute Hausfrau und liebende Mutter, aber unauslöschlich lebt in ihrer Brust die Sehnsucht nach der seligen Freiheit der Lüfte. Der Mann ist nur einmal aus dem Hause, da weiß sie das alte Schwanenkleid aus dem Kasten zu holen, darin es verwahrt lag, und wie sie es umlegt, schwingt sie schon aus dem Fenster davon und läßt Mann und Kind in verzehrender Sehnsucht zurück. Und auch sonst pflegt der Glaube aller Völker und so auch der Germanen die Luft mit Dämonen zu bevölkern: die wilde Jagd, Frau Holda, Frau Perchta mit ihrem Heere ziehen bei uns im Sturme der heiligen Nächte.

Dem Menschen ist nicht gestattet, diesen göttlichen oder dämonischen Wesen in ihr Reich zu folgen. Der Gott erhebt sich in Christus zum Himmel, und wenn göttlich fromme Menschen dorthin gelangen, Maria von Engeln emporgetragen, ohne Tod Henoch von der Erde entrückt wird, Elias im feurigen Wagen gen Himmel fährt, so kehren sie eben nicht wieder zur Erde zurück. Das Mittelalter sagte ja wohl einigen Heiligen, indische Tradition frommen Büßern nach, daß sie mit aufgehobener Schwerkraft ihre Kleider, Handschuhe, Geräte in die Luft, an einen Sonnenstrahl hängen, ja selbst in der Luft schwebend bleiben konnten. Das geschah eben mit göttlicher Hilfe; als der Magier Simon sich mit Zauberkraft vom Boden erhob, genügte das Gebet des Apostelfürsten, ihn herabstürzen zu machen.

Den gewöhnlichen Menschen bindet die irdische Schwere seines Körpers an den Boden: Traum und Tod jedoch haben ihm früh die Gewißheit gegeben, daß sein Dasein sich nicht im Körperlichen erschöpft, daß ein anderes, Höheres, feiner und leichter Organisiertes in ihm lebt, das beschwingt sich erheben wird, wenn nur erst der Tod es seines ungleichen Genossen wird entbunden haben. Über die ganze Erde hin findet sich darum der Glaube, daß die Seele fliege, daß sie geradezu Vogelgestalt besitze, und mancherlei Erzählungen gründen sich darauf. Als weiße Taube fliegt die Seele des Frommen, des unschuldig oder reuig Gerichteten, des Erlösten gen Himmel, in Rabengestalt zeigt sich die Seele des Bösen. Als Ente schwimmt in einem bekannten Märchen die ertränkte Königin zu ihren Kindern. Der Vogel, der Aschenbrödels Wünsche erfüllt, ist eigentlich die Seele der Mutter, als schöner Vogel fliegt im Märchen vom Machandelboom die Seele des gemordeten Brüderchens davon: „Kiwitt, kiwitt, wat fürn schön Vagel bin ick“. — Auch als Biene, Fliege, Mücke, zarter noch als Schmetterling, wird sie gedacht und Psyche von den Griechen mit Schmetterlingsflügeln gebildet. „In des Papillons Gestalt“ denkt der jugendliche Goethe nach seinem Tode die Stätten einstiger Liebesfreuden wieder zu besuchen:

In des Papillons Gestalt
Flattr' ich nach den letzten Zügen
Zu den vielgeliebten Stellen,
Zeugen himmlischer Vergnügen,
Über Wiesen, an den Quellen,
Um den Hügel, durch den Wald.

Aber dem Lebenden will Gleiches nicht gelingen, „des Geistes Flügeln wird so leicht kein körperlicher Flügel sich gesellen“, und doch wäre gerade dies dringendes Bedürfnis der Sehnsucht des Liebenden in die Ferne. Er sendet denn den Vogel als Boten aus:

Es steht eine Lind in jenem Tal,
Darauf da sitzt Frau Nachtigall.

Ich wollt, Du solltst mein Bote sein
Und fahren zu der Herzallerliebsten mein.

Frau Nachtigall schwang ihr Gefieder aus,
Sie schwang sich für eines Goldschmieds Haus usw.

Das jetzt geläufigere Lied Bäuerles von 1822 „Kimmt a Vogerl geflogen“ verleiht demselben Gedanken Ausdruck. So wirbt in alter Sage Salomo durch einen Wiedehopf, der heil. Oswald durch einen Raben, der Brief und Ring überbringt, um die ferne Geliebte. Und wie gerne hätte der Liebende selbst wohl Schwingen, dem Gegenstande seines Sehnsens rasch und verschwiegen zu nahen! „Wenn ich ein Vöglein wär“ geht Gretchens Gesang tagelang, halbe Nächte lang. Auch diese Sehnsucht hat dichterische Phantasie in ein Geschehen umgesetzt. Es gibt ein weitverbreitetes Märchen — L'oiseau bleu heißt es bei der Gräfin d'Aulnoy — das von einem in engem Gewahrsam gehaltenen Mädchen erzählt, zu dem doch ein Jüngling den Weg und Gelegenheit seligen Beisammenseins findet, weil er in Vogelgestalt sich wandelnd zu ihr dringt. Marie de France, die älteste uns bekannte französische Dichterin, hat in ihrem Lai von Ywonec eine zierliche Verserzählung daraus gestaltet, die Wilhelm Hertz in seinem Spielmannsbuch prächtig verdeutscht hat. In indischen Fassungen des viel erzählten Märchens von den kunstreichen Brüdern ist öfter vom Garudavogel die Rede, einem hölzernen, durch eine Schraube lenkbaren Vogel, darauf oder darin der Held zu der Geliebten fliegt. Auch sonst werden Sagen- und Märchenhelden wunderbare Luftvehikel gegeben: ein Drachenwagen trägt den Triptolemos durch die Luft wie die Zauberin Medea, auf einem geflügelten Rosse vollbringt Bellerophon seine Taten: das ist der Pegasus, den neuere Zeiten zum Dichterroß gemacht haben. Aber auch ganz phantastische Gegenstände erscheinen da.

Auf einem Zaubermantel fliegt Faust mit dem Teufel, im Volksbuch hebt er sich auch auf einem beinernen Sessel gen Himmel, fliegt mit der ganzen Burse auf einer Leiter in den Keller des Erzbischofs von Salzburg, reitet nach anderem Berichte aus einem Faß aus Auerbachs Keller; auf Besen, Stöcken, Ofengabeln, Böcken reiten und fliegen die Hexen durch die Luft, fliegende Koffer, Pantoffeln und hundert andere Wunderdinge tragen namentlich orientalische Märchenhelden vom Boden empor.

Es fehlt dabei nicht an Erzählungen, die, etwas weniger phantastisch, sich darin mehr an die Wirklichkeit halten, daß sie nur die in ihr enthaltenen Möglichkeiten steigern. Der Baron von Münchhausen benutzt die abgeschossene Kanonenkugel zu einer Luftfahrt; frühere Zeiten bemühen dafür den natürlichsten Flieger, den Vogel.

Durch die babylonischen Ausgrabungen der letzten Zeit sind eine Reihe von Tontafeln ans Licht gekommen, die den sogenannten Etana-Mythos überliefern. Die Tafeln stammen aus der Bibliothek Assurbanipals, ein Fragment reicht vielleicht in die Zeit Hammurabis zurück. Die Tafeln sind leider nur Bruchstücke, und Sinn und Zusammenhang des gesamten Mythos ist nicht überall zu erraten. Für uns genügt festzustellen, daß nach diesen Tafeln dem Etana ein Sohn geboren wird, der zu Großem bestimmt ist. Die Geburt will nicht rechtzeitig vonstatten gehen. Etana erbittet von Schamasch, dem Sonnengott, das Heilkraut der Geburt. Schamasch weist ihn an den Adler. Diesem hat Etana früher in seinem Kampfe gegen die Schlange Dienste geleistet, und zum Danke trägt der starke Vogel ihn wirklich zum Himmel empor, von wo das Kraut geholt werden muß, stürzt aber, anscheinend dem Ziele nah, mit Etana, den Furcht überfällt, auf die Erde herab.

Das allmähliche Aufsteigen über die immer mehr entschwindende Erde wird in diesem uralten Texte in interessanten Versen dramatisch geschildert:

Eine Doppelstunde trug er ihn empor.
Der Adler spricht zu ihm, zu Etana:
„Schau, mein Freund, das Festland, wie es ist,
Das Festland erkenne als Berg, das Meer ist geworden zu kleinen Wassern!“

Eine zweite Doppelstunde trug er ihn empor.
Der Adler spricht zu ihm, zu Etana:
„Schau, mein Freund, das Festland, wie es ist:
Als des Festlands Gürtel erscheint das Meer!“

Eine dritte Doppelstunde trug er ihn empor.
Der Adler spricht zu ihm, zu Etana:
„Schau, mein Freund, das Festland, wie es ist:
Das Meer ist geworden zum Bewässerungsgraben des Gärtners usw.



Fig. 1.

Altbabylonischer Siegelzylinder im Berliner Museum.

(Nach: Berichte über die Kgl. Preuß. Kunstsammlungen 1907.)

Mehrere babylonische Siegelzylinder (s. Fig. 1 und 2) enthalten Gravierungen, die augenscheinlich Etanas Himmelfahrt auf dem Rücken des Adlers darstellen, ohne daß die Umgebung dieser Szene — man meint Betende, einen Hirten, einen Töpfer, einen Bäcker zu erkennen — aus dem überlieferten Texte sich erklärt. Die typische Wiederholung zeigt, daß die Darstellung beliebt war und eine feste Form ausgebildet hatte, deren Kern — Etana auf dem Adler — in manchen antiken Darstellungen des vom Adler getragenen Ganymed noch nachzuwirken scheint. Man hat Anspielungen auf den Etana-Mythus in verschiedenen Stellen der Bibel wiederfinden wollen. Übersehen scheint bisher von den Assyriologen, daß in dem weitverbreiteten Märchen vom Bärensohn, das auch in Deutschland vielfach aus dem Volksmund aufgezeichnet ist, der genaueste Nachklang dieses Mythus begegnet, indem hier der Held von einem Adler, dessen Junge er gegen ihren Erbfeind, die Schlange, beschützt hat, zwar nicht in den Himmel, aber aus der Unterwelt auf die Oberwelt getragen wird.

Ein Forttragen der Märchenhelden durch Vögel über Land und Meer ist auch mehreren anderen Typen geläufig. Eine eigentümliche Wendung hat das Motiv in unsrer alten Sage vom Herzog Ernst genommen. Von Lebermeer und Magnetberg mit seinem Schiffe festgehalten und rettungslos dem Hungertode preisgegeben, dem schon viele der Genossen verfallen sind, näht der Herzog sich und den treuen Wetzeln in Pferdehäute; Greifen packen sie und tragen sie weit weg in ihr Nest, dort schneiden die Helden sich heraus und sind gerettet. Es ist bekannt, daß dies Motiv orientalischer Tradition entstammt: in 1001 Nacht erlebt Sindbad der Seefahrer das gleiche Abenteuer.

Neben diesen ausschweifenden Erzählungen, in denen überall fremde Kraft in Anspruch genommen wird für die Luftfahrt, stehen doch schon alte Geschichten, nach denen der Mensch aus eigener Kraft, mit planvoller Überlegung und Nutzung des Möglichen eine Lösung des Problems versucht. Auch in diesen Geschichten schon finden sich eigentliche Aviatiker neben Erbauern von Luftschiffen.



Fig. 2.

Altbabylonischer Siegelzylinder im Britischen Museum.

(Nach: Orient. Literatur-Ztg. 1906, S. 480.)

Die bekannteste Erzählung dieser Art bietet die griechische Überlieferung. Daidalos, der hochbegabte, aber leidenschaftliche und verbrecherische Künstler, ein Cellini des Altertums, hat, da er den Neffen aus Kunstneid gemordet, Athen verlassen müssen und in Kreta Schutz gefunden. Dort aber ward er vom König Minos schließlich in demselben Labyrinth gefangen gehalten, das er vordem kunstvoll für den Minotaurus erbaut. Aber wenn Minos Erde und See verschlossen hielt, die Luft konnte er nicht verschließen. „*Omnia possideat, non possidet aera* Minos“, läßt Ovid den Gefangenen bemerken und bezeichnet damit zugleich treffend das neue juristische Grundproblem der Luftschiffahrt. Der Künstler nimmt denn Vogelfedern, reiht sie aneinander, zu den kleinen immer größere fügend, wie die wachsenden Röhren einer Hirtenflöte, und gibt dem Ganzen eine sanfte Krümmung. Dann legt er die Schwingen an, und leicht erhebt er sich in die Luft. Nun rüstet er den geliebten Sohn Ikaros mit gleichem Flügelpaar, zitternd vor Angst und Liebe, und warnt ihn eindringlich, nicht zu hoch zu steigen, daß die Sonne das Wachs nicht schmelze, nicht zu tief, daß das Meer die Schwingen nicht feuchte. Dann schwingen sie von einem Hügel sich hinaus übers Meer, ein staunenerregender Anblick den Fischern und Hirten, der Vater wegweisend voran, der Sohn hinterdrein. Schon ist Samos, Delos und Paros zur Linken vorbeigezogen, rechts Lebynthos und die honigreiche Kalymne, da lockt den Sohn die unwiderstehliche Lust dieser fröhlichen Freiheit zu höherem Fluge. „*Coeli cupidine tactus*“ strebt er empor, und schon zerschmelzt die Sonne das Wachs, die Federn fallen, mit leeren Armen schlägt er die Luft und stürzt schwindelnd in grausiger Schnelle hinunter ins Meer. Wohl wendet der Vater auf seinen Wehruf sich zurück, aber er sieht nur mehr die Federn auf den Fluten schwimmen. Er begräbt den angespülten Toten, ihn selbst trägt sicherer Flug nach Sizilien.

Einen ganz ähnlichen Bericht gibt deutsche Sage von Wieland dem Schmied. Die Geschichte seines Fluges überliefern uns allerdings nur nordische Quellen, am ausführlichsten die sog. Thidrekssaga, ein großes Sagensammelwerk, das um die Mitte des XIII. Jahrhunderts in Norwegen auf Grund deutscher Berichte entstand.

Aus dem Berge Ballova in Niedersachsen, wo er bei den Zwergen schmieden gelernt. ist Wieland entflohen und, eingeschlossen in einen kunstvoll gehöhlten



Fig. 3.

Pompejanisches Wandgemälde: Daidalos und Ikaros.

(Nach: Archaeolog. Ztg. 1877.)

Baumstamm, die Weser hinabgetrieben ins Meer. Er landet in Jütland, wo König Nidung ihn freundlich aufnimmt. Wieland leistet seinem Herrn wesentliche Dienste, für die er doch nur Undank erntet. Bei einem Versuche, den König zu vergiften, wird er gefaßt, und Nidung läßt ihm am Knie und Fuß die Sehnen durchschneiden. Trübe Monate sitzt er in seiner einsamen Schmiede im Walde, Geschmeide für den König fertigend, über seiner Rache brütend. Und die Rache gelingt. Er lockt des Königs Söhne in sein Haus, tötet sie und wirft die Leichen unter die Schmiedebälge; aus ihren Schädeln fertigt er Becher, aus ihren Knochen Messerhefte, Pfeifchen, Kerzenstöcke und allerlei Gerät, damit der unglückliche Vater vor seinen Gästen prunkt. Der Zufall führt ihm endlich auch die Königstochter zu, und er überwältigt sie in der verschlossenen Schmiede, dann sinnt er auf Flucht. Sein Bruder

Egil ist an den Hof gekommen, der trefflichste aller Schützen, und der König hat auch ihn gekränkt, da er ihn, wie Geßler den Tell, einen Apfel von des Sohnes Haupt hat schießen lassen. Egil muß für den Bruder Vögel jagen, aus deren Federn fertigt Wieland sich ein Federhemd. „Da machte Wieland ein Flughemd. Und als er fertig war, da sah es dem sehr ähnlich, als ob es das abgestreifte Federhemd wäre von einem Greif oder von dem Vogel, der Strauß heißt.“ Er heißt Egil den Flugapparat probieren, und auch hier zeigt sich, daß die Landung den schwierigsten Teil



Fig. 4.

Eine Seite des Runenkästchens („Frank's Casket“) im Britischen Museum.

(Nach: Wadstein, The Clermont Runic Casket, Upsala 1900.)



Fig. 5.

Eine zweite Seite desselben Kästchens.

(Nach demselben Werk.)

der Luftfahrt darstellt: denn Egil fliegt zwar leicht und lustig damit in die Luft, „als er sich aber setzen wollte, da stürzte er mit dem Haupt zu Boden, und er fuhr heftig zur Erde, und beinahe wußte er nichts von sich, so sauste es in seinen Ohren und Schläfen.“ Aber das kam daher, daß ihm Wieland absichtlich falsch angegeben, wie er landen sollte. Er hatte ihm nämlich gesagt, er müßte gegen den Wind sich emporheben und fliegen, aber mit dem Winde sich setzen. Das war unrichtig, denn: „das magst Du wissen, daß sich alle Vögel gegen den Wind setzen und ebenso sich emporheben.“ Hätte Egil gewußt, daß das Federkleid so tadellos funktionierte, so hätte er es voraussichtlich behalten und wäre damit davon geflogen: das wollte Wieland verhüten. Er legt nun selbst die Flügel an, fliegt auf den höchsten Turm der Königsburg und sagt Nidung, was er getan, sich zu rächen. Nidung heißt Egil

auf ihn schießen; der zielt unter den linken Arm, wo der Bruder, wie er weiß, eine mit Blut gefüllte Blase trägt. Das Blut tropft auf die Erde, und Nidung glaubt Wieland getötet. Der aber fliegt übers Meer in seine Heimat Seeland. Dorthin folgt ihm Nidungs Tochter nach des Vaters Tod und gebiert ihm einen Sohn, den sagenberühmten Widga-Wittich.

Die Sage ist uns auch in einem der ältesten Edda-Lieder, der sog. Völundarkvida, überliefert. Leider wird dort aus dem fragmentarischen Liede nicht klar, wodurch Völund in die Luft sich erhob, aus der er zum König herunterspricht:

Zur Werkstatt geh, die Du Völund bautest,
Dort wirst Du die blutigen Bälge finden;
Die Köpfe schnitt ich den Knaben herunter
Und barg unterm Herde beider Füße.
Die Schädel jedoch, die der Schopf bedeckte,
Faßt' ich in Silber und sandte sie Nidhod;
Aus den Augen schuf ich Edelsteine
Und schickt' sie der klugen Königin zu.

Aus der zwei Brüder Zähnen macht' ich
Blitzenden Brustschmuck, den ich Bodvild sandte,
Und Bodvild geht, Euer beider einz'ge
Tochter, belastet mit Leibesfrucht.

Nidhod:

Nie hört' ich ein Wort, das mich heftiger schmerzte,
Das ich strenger, Völund, zu strafen wünschte:
Doch reicht zu Dir kein Reiter hinauf,
So geschickt ist kein Schütz, der Dich schieße herab,
Da Du weit entfernt zu den Wolken schwebst.

Lachend hob in die Luft sich Völund,
Vernichtet von Schmerz blieb Nidhod zurück.

Wie des Daidalos-Ikaros unglückliches Abenteuer von der antiken Kunst in Reliefs und Bildern (vgl. Fig. 3) häufig dargestellt wurde, so hat auch germanische Kunst früh der Wielandsage sich angenommen. Ein Kästchen aus Walfischknochen im Britischen Museum zeigt an der einen Seite (Fig. 4) — wunderlich genug neben die Anbetung der Könige gestellt — den Schmied bei der Arbeit, unter den Bälgen die Leichen der Königssöhne, vor ihm die Königstochter mit einer Begleiterin; rechts sieht man Egil beim Vogelfang. Leider bezieht sich die Runenumschrift nicht auf die Bilder, und wenn auf einer anderen Seitenplatte (Fig. 5) der Bogenschütze durch die Runenbeischrift wieder als Egil bezeichnet ist, so bleibt doch die Szene selbst unklar, und keinesfalls kann in der wagrechten Figur oben, wie wohl versucht wurde, der fliegende Wieland erkannt werden.

Neben diesen Aviatikern der Sage stehen nun die Erbauer eigentlicher Luftfahrzeuge. Eine sehr alte Überlieferung dieser Art treffen wir im Schahname, dem Königsbuche des persischen Dichters Firdausi, das in den ersten Büchern nach schriftlichen Quellen die Geschichte der ersten legendären Herrscher Persiens

erzählt. Es berichtet auch vom Schah Kei Kaus, dem der berühmte Held Rostem dient. Er hat alle Welt, auch die bösen Geister, die Dewen, sich unterworfen und eine herrliche Stadt aus Silber und Edelsteinen auf dem Berge Albors von ihnen bauen lassen. Den Schah zu stürzen und sie zu befreien, beruft Iblis, ihr Fürst, eine Versammlung; sie wollen Kaus von Gott ablenken und beschließen, ihn aufzureizen, daß er, der die ganze Erde unterworfen, auch den Himmel sich zueigne. Einer der Dewen verwandelt sich in einen Jüngling und macht sich an den Fürsten:

Er wartete, bis der Schehriar
 Einst ausgegangen zu jagen war.
 Da kam er, küßte vor ihm den Staub,
 Bot einen Strauß ihm von Blumen und Laub
 Und sprach: „So groß ist die Herrlichkeit Dein,
 Der drehende Himmel Dein Sitz muß sein.
 Dir zu Wunsch ist das Antlitz der Erde,
 Du bist der Hirt und Fürsten die Herde . . .
 Nur eines fehlt, daß auf der Welt
 Dein Denkmal auf ewig sei festgestellt.
 Was birgt vor Dir noch die Sonne sich,
 Woher sie kam und wohin sie entwich?
 Was ist der Mond? Was Tag und Nacht?
 Wer hat ob dem kreisenden Himmel die Macht?
 Du hältst von der Erde den Wunsch in der Hand,
 Der Himmel sei auch in Deinem Band!“

Der Same des Verführers fällt in fruchtbares Erdreich, rasch schlägt der Gedanke, gen Himmel zu fahren, auch den sich zuzueignen, Wurzel in der Seele des Schahs: aber wie diese wunderbare Kriegsfahrt beginnen?

Die Seele des Schahs ward gedankenvoll,
 Wie er flügellos kommen zum Himmel soll.
 Nicht ließ er die Weisen mit Fragen verschont:
 „Wie weit ist's von hier aus dem Staube zum Mond?“
 Sie sprachen, und er hörte sie an,
 Dann macht' er einen unsinnigen Plan,
 Befahl, daß Leute gingen im Forst
 Zur Schlafenszeit zu dem Adlerhorst
 Und viele Jungen nähmen daraus,
 Verteilten je zwei in jedes Haus.
 Da ließ er sie füttern Jahr und Tag
 Mit Hühnern und Lämmern nach ihrem Behag.
 Als jeder nun war so stark gediegen,
 Daß er ein Reh konnt' unterkriegen,
 Macht er aus Aloeholz ein Gestell,
 Die Planken beschlug er mit Goldblech hell,
 Setzt' an die vier Seiten Stangen hoch,
 Wie wohl bedacht' er alles doch!
 Lammschenkel er an die Stangen hing,
 Sein ganzes Sinnen darauf ging.
 Dann nahm er vier Adler stark und schnell
 Und band sie fest ans Throngestell.
 Kei Kaus setzt' auch auf den Thron sich hinein,

Und vor ihm stand ein Becher Wein.
 Als hungrig wurden die Aare darauf,
 Strebten sie all nach dem Fleisch hinauf,
 Huben den Thron von der Erd' empor
 Und bargen ihn hoch in der Wolken Flor.
 So lang' als ihnen Kraft verblieb,
 Immer empor nach dem Fleisch war ihr Trieb.
 So, hört' ich, fuhr er zum Himmel empor
 Und wollt' es tun den Engeln zuvor.
 Auch heißt es, er sei zum Himmel geflogen,
 Um dort zu streiten mit Pfeil und Bogen.
 Vielfältig geht davon die Sag',
 Und Gott allein es wissen mag.
 Sie flogen lang und wurden dann matt;
 So geht's, wer Lust am Hohen hat.
 Als ihnen ausging die Kraft der Glieder,
 Setzten sie traurig in Schweiß ihr Gefieder,
 Senkten sich aus der Welt, der hoh'n,
 Nachziehend Stangen und Schahes Thron.
 Sie kamen herab in den Wald von Tschin,
 Bei Amul brachten zur Erde sie ihn.

Die Erzählung von Kei Kaus' Himmelfahrt begegnet außer bei Firdausi auch bei anderen persischen Autoren, Yaqut, Dinawari, möglicherweise sogar schon in Anspielungen in der avestischen Literatur; es kann kein Zweifel sein, daß sie auf sehr alter Tradition beruht trotz der recht modernen Züge, die sie gelegentlich aufweist. In Yaquts Erzählung z. B. verlangt der durstige Luftschiffer, nachdem er im Lande Siraf am persischen Golf übel genug gelandet, Milch und Wasser von den Eingeborenen, und danach soll das Land seinen Namen bekommen haben (shîr — „Milch“, âb „Wasser“). Er ließ dann seine Maschine reparieren („fit réparer sa machine“ heißt es wörtlich im übersetzten Texte) und damit nach Babylonien sich transportieren bis zur Stadt Rai. Dort sagte das Volk: „Kei Kaus ist mit seinem Rade (oder Wagen) gekommen“, und danach ward die Stadt Rai genannt, denn rey bedeutet im Persischen „Rad“ oder „Wagen“. Auch unsere „Zeppelin-Straße“ also ist vor Jahrtausenden schon von den Persern vorausgenommen.

Bei Firdausi wird also erzählt, Kei Kaus sei zu seiner Himmelfahrt von Dewen verlockt, die er gezwungen, ihm eine wunderbare Stadt zu bauen. Der arabische Historiker Tabari, der um die Wende des IX. und X. Jahrhunderts in Bagdad lebte, berichtet mit geringer Abweichung, Kei Kaus sei zum Himmel gestiegen, nachdem die Engel auf Gottes Befehl ihm eine wunderbare Stadt zerstört hatten; die war von den Dewen erbaut worden, nachdem Salomon sie dem Schah zu Diensten gestellt. Diese Stadt war eine Tochter des babylonischen Turms. Von hier bedurfte es eines kleinen Schrittes, um die ganze Sage auf denjenigen zu übertragen, dem die Tradition die Erbauung des babylonischen Turmes zuschrieb, und in der Tat wird bei Tabari selbst schon die Himmelfahrt von Nimrod erzählt.

Abraham hat Nimrods Götzen zerstört und soll deshalb auf dem Scheiterhaufen verbrannt werden, aber Gott rettet ihn aus den Flammen. Nimrod beschließt darauf, sich an Gott zu rächen. Er läßt einen viereckigen Kasten bauen mit aufrechten Spießen an den Ecken, an die je ein Stück Fleisch gesteckt ist. Dann spannt

er vier Geier an, die, immer nach dem Fleische schnappend, ihn drei Tage und drei Nächte emportragen. Die Erde entschwindet seinen Blicken. Nimrod ist dem Himmel nahe. Er schießt nun drei Pfeile gegen ihn ab, die blutig zurückkehren. Da glaubt er Gott vernichtet zu haben und wendet sich zur Erde zurück, die er unverletzt erreicht.

In dieser Erzählung sehen wir also einen Kampf gegen Gott ausdrücklich mit der Himmelfahrt verbunden, wie auch eine andere jüdische Überlieferung aus dem XII. Jahrhundert, das „Buch des Gerechten“, von der Spitze des babylonischen Turmes Pfeile gegen den Himmel schießen läßt. Eine Andeutung dieses törichten Kampfes finden wir auch in Firdausis Versen von Kei Kaus:

Auch heißt es, er sei gen Himmel geflogen,
Um dort zu streiten mit Pfeil und Bogen.

Es ist dies eine uralte Sage, vermutlich chinesischen Ursprungs. Schon von dem chinesischen Kaiser Wou-y, der 1198—1194 v. Chr. regierte, wird Ähnliches erzählt. Er glaubte Ursache zu haben, sich über Gott zu beklagen, und beschloß, sich zu rächen. Er schoß daher beständig Pfeile gen Himmel. Um sein Volk an den Erfolg glauben zu machen, ließ er heimlich Blasen von Blut aufhängen, schoß auf sie und gab vor, das herabträufelnde Blut sei das Zeichen seiner gelungenen Rache.

Berichten arabische Sagen bei Tabari und sonst die Himmelfahrt von Nimrod, so wissen jüdische Überlieferungen, die noch in der volkstümlichen Tradition Rußlands nachklingen, dieselbe Geschichte von Salomon zu erzählen, im jerusalemischen Talmud aber ist ihr Held Alexander der Große.

Hier also wird die fabelhafte Luftfahrt von einer unzweifelhaft historischen Persönlichkeit unternommen, einer Persönlichkeit freilich, der früh die Sage ihren immergrünen Kranz ums Haupt gewunden.

Wer hätte dazu auch mehr herausgefordert als dieser Jüngling, der aus unscheinbaren Anfängen herauswuchs, um in unerhörtem Siegeslauf das gewaltigste Reich der alten Welt in Trümmer zu schlagen, der in sich den doppelten Ruhm der größten äußeren Macht und höchster persönlicher Heldenschaft vereinigte, den die Götter selbst als ihren Liebling gezeichnet, da sie in strahlendem Jugendglanz ihn hinweggenommen? Kein Wunder, daß er nicht bloß alle Augen der Mitwelt auf sich gerichtet, daß Jahrtausende ihm nachsahen, der ihnen vorgeglänzt wie ein Meteor, jäh aufleuchtend in blendendem Glanz und jäh vom Dunkel verschlungen.

Im III. Jahrhundert v. Chr. band ein Unbekannter in Alexandria alle Blumen, die die Sage unter seinen Tritten hatte aufsprießen lassen, in einen großen Strauß. Es entstand so ein Roman von Alexanders Leben, den man gern als den Pseudo-Kallisthenes bezeichnet, weil seit dem Ausgange des Mittelalters Kallisthenes, der Philosoph von Olynth, der Alexander zeitweilig auf seinen Zügen begleitete, fälschlich als sein Verfasser ausgegeben wurde. Er sollte eine Biographie des Königs sein und ruht auch wirklich in den Hauptzügen auf geschichtlichem Grunde, aber der Sage wird daneben breiter Raum gegönnt. Alexanders Eroberungszug ist zu einer Wunderfahrt mit fabelhaften Abenteuern geworden, wobei vielfach orientalische Überlieferungen auf ihn übertragen werden. So wird hier schon von ihm die Himmelfahrt erzählt. Bis ans Ende der Welt ist Alexander auf seinem Zuge gekommen. Nun reizt ihn die Neugier zu erforschen, ob hier wirklich Erde und

Himmel zusammenstoßen. Er hat dort zufällig große, starke, aber zahme Vögel getroffen, von ihnen läßt er zwei fangen und drei Tage lang hungern. Am dritten Tage heißt er ein Joch herrichten, an dem eine Art Korb befestigt wird. Es wird den Vögeln aufgelegt, Alexander steigt hinein und faßt zwei Speere von sieben Ellen Länge, an die oben eine Pferdeleber gesteckt wird. Die hungrigen Vögel schnappen nach der Lockspeise und heben sich so in die Luft. In der Höhe begegnet dem Könige ein Vogel in menschlicher Gestalt und fordert ihn drohend auf, zurückzukehren zur Erde. Alexander blickt schauernd hinab: tief unter sich sieht er eine große in einen Kreis eingerollte Schlange und in ihrer Mitte eine ganz kleine Tenne. Der begegnete Vogel erklärt ihm, die Schlange sei das Meer, die Tenne die meerumschlossene Erde, und heißt ihn, die Speere senken. Die Vögel stoßen darauf schleunigst hinab, und Alexander gelangt zur Erde. Er ist unbeschädigt, aber weit von seinem Ausgangspunkt gelandet, und erst nach großen Strapazen findet er zu seinem Heere zurück.

In der Schilderung des gebrauchten Apparates ist die Übereinstimmung mit den jüdisch-arabisch-persischen Berichten von Nimrod-Kei Kaus deutlich; in der Schilderung des Hinabblickens auf die verlassene Erde aber zeigt sich eine Übereinstimmung mit dem Etanamythus, die nicht auf Zufall beruhen kann.

Aus dem Pseudo-Kallisthenes ist die Anekdote übergegangen in die lateinischen Bearbeitungen der Alexandersage, vorzüglich in die sog. *Historia de proeliis*, die im X. Jahrhundert in Unteritalien entstand, und von da in die Dichtungen in der Volkssprache. In Deutschland ist sie schon im Anfange des XII. Jahrhunderts dem Anno-lied und der Kaiserchronik bekannt, ausführlich berichtet sie im XIII. Ulrich von Eschenbach in seiner *Alexandreis*, in Österreich Jans Enikel in seiner *Weltchronik*, und zahlreiche jüngere Bearbeitungen in Versen und Prosa wissen von ihr zu sagen; noch Fischart ist die Geschichte geläufig. Als Vorspann werden gewöhnlich die fabelhaften Greifen genannt.

An die Alexandersage hat das ganze Mittelalter sich mit dem lebhaftesten Interesse gehängt. Aber ihre Beurteilung, der Sinn, in dem sie aufgenommen ward, war zwiespältig. Die führende Gesellschaft, d. h. für diese Zeit die ritterlich-höfischen Kreise, folgten ihr mit ungeteiltem Beifall, mit unbedingter Sympathie: ihnen wurde Alexander geradezu das Vorbild eines glänzenden *roi chevalier*. Die Dichter versäumen nie, besonders seine Freigebigkeit zu unterstreichen, die denn sprichwörtlich geblieben ist bis auf Goethe herab. Ganz anders aber lautete die Auffassung der Kirche. Für sie wurde Alexanders Tun vorbildlich im negativen Sinne. Sein ganzes Leben erscheint ihr als eklatantes Beispiel der Hinfälligkeit irdischen Seins, der Unentrinnbarkeit des engen Menschenloses, das an Alexander eben besonders früh und drastisch sich erfüllte: auch er, dem einst die Welt zu enge gewesen, mußte schließlich mit sieben Fuß Erde sich begnügen. Am verwerflichsten aber erschien sein gigantisches Tun, wie die Sage es schildert. Mittelalterliche Weltauffassung mußte es unverzeihlich finden, daß er über die Grenzen dieser Erde hinausstrebte, eine Fahrt zum Paradies unternahm, in einer Art Taucherglocke auf den Grund des Meeres sich senkte, die Wunder der Tiefe zu schauen und endlich gar nach dem Himmel sich wagte. Ihr ward Alexander durch solches Unterfangen zum Typus törichter Hoffart. Schon bei Pseudo-Kallisthenes ward der Luftfahrer, wie wir hörten, von dem Menschenvogel zurückgewiesen, bei Enikel wird sein Tun als ein

„streben wider die gotheit“ bezeichnet; man konnte seine Geschichte geradezu empfinden als eine Illustration zum XIV. Kapitel des Jesaja: „Wie bist Du vom Himmel gefallen, Du schöner Morgenstern? Wie bist Du zu Erden gefället, der Du die Heiden schwächtest? Gedachtest Du doch in Deinem Herzen: Ich will in den Himmel steigen und meinen Stuhl über die Sterne Gottes erhöhen . . . ich will über die hohen Wolken fahren und gleich sein dem Allerhöchsten. Ja, zur Hölle fuhrest Du, zur Seite der Grube.“

Wir wundern uns nicht, daß diese allgemein bekannte Luftfahrt Alexanders nicht bloß in Handschriften, die von ihr erzählten (Fig. 6), sondern auch sonst sehr häufig in Malereien, Stickereien, Emails, Elfenbeinschnitzereien usw. Darstellung fand. Die eigentümliche Ausdeutung, die dem Abenteuer von der Kirche gegeben ward, erklärt uns auch die zunächst erstaunliche Tatsache, daß es in unseren mittelalterlichen Kirchen gar nicht selten sich findet: am Rheine zeigen die Münster von Basel (Fig. 7) und Freiburg wie das bekannte Tor in Remagen die Szene, und die typisch sich wiederholende Auffassung beweist, daß die künstlerische Gestaltung ebenso aus fester, im griechischen Kulturbereich gebildeter Tradition (Fig. 8) stammt wie die literarischen Fassungen.

Dies Abenteuer Alexanders war diejenige Luftfahrt, mit der die Dichtung des Abendlandes bis ins XVI. Jahrhundert hinein sich beschäftigte. Von da an tritt eine völlige Wandlung ein. Die gewaltige Fortentwicklung der Naturwissenschaften seit den Tagen der Renaissance, der vollständige Umsturz der Anschauungen von der physikalischen Verfassung des Weltgebäudes durch die Begründung des Kopernikanischen Systems bringt auch hier einen grundsätzlichen Umschwung. In den sog. Planetenromanen des XVII. Jahrhunderts ist vielfach von Luftfahrten zunächst nach dem Monde die Rede. Was in England Godwin, nach ihm durch Vermittelung einer französischen Übersetzung Grimmelshausen in seinem Roman „Der fliegende Wandersmann nach dem Mond“, in Frankreich Cyrano de Bergerac von solchen Abenteuern zu erzählen wußte, ist schon stark von naturwissenschaftlichen Interessen erfüllt, und wenn bei Godwin und Grimmelshausen die Luftfahrt noch ganz mittelalterlich-phantastisch durch vorgespannte Vögel bewirkt wird, so dienen bei Cyrano, in Vorahnung eines richtigen Prinzipes, schon mit Tau gefüllte Flaschen zur Beförderung. Das XIX. Jahrhundert hat — ich brauche nur Jules Verne zu nennen — diese Planetenromane auf gefestigterer wissenschaftlicher Grundlage wieder aufgenommen.

Die Dichtung des XVIII. Jahrhunderts hatte die Beschäftigung mit dem Flugproblem zunächst ganz aufgegeben, um es dann mit den 80er Jahren, als die Ver-



Fig. 6.

Miniatur aus einer Münchener Handschrift des 14. Jahrh., enthaltend Enikels Weltchronik.

suche der Brüder Montgolfier die Geister erregten, wieder mit Lebhaftigkeit zu ergreifen. Montgolfier selbst, dann Pilâtre de Rozier, der erste Märtyrer der neuen Kunst, besonders oft Blanchard, der sie uns Deutschen in zahlreichen Aufstiegen vorführte, werden auch in Deutschland vielfach in Versen gefeiert. Unsere Großen, Wieland, Klopstock, Goethe, Kleist nehmen lebhaften Anteil an ihr, Jean Paul besonders hat sie dichterisch verwertet. Epische und lyrische Poesie bemächtigt sich



Fig. 7.

Relief aus dem Münster in Basel.

ihrer, noch im achten Jahrzehnt des XVIII. Jahrhunderts hat sie in Oper, Ballett, Singspiel und Marionettentheater auch schon die Bühne erobert. Jakob Minor hat dafür im letzten Hefte der Zeitschrift für Bücherfreunde eine Fülle von Belegen zusammengetragen. Seit den 30er Jahren des XIX. Jahrhunderts aber verschwindet das Problem aus der Dichtung, Adalbert Stifters bekannte Erzählung „Der Kondor“ von 1840 steht fast allein in ihrer Zeit. Einen Aufschwung bringen erst die 90er Jahre, und vor allem sind es die Erfolge Zeppelins gewesen, die eine erneute dichterische Beschäftigung mit dem Problem hervorgerufen haben; gegenwärtig hallen alle Gattungen der Poesie, Schauspiel und Satire, Roman und Novelle, die Lyrik bis herab aufs Kinderlied, von ihm wieder.

Allerdings waren früh auch Befürchtungen hervorgetreten, daß durch die Luftschiffahrt auch der Himmel, die letzte Domäne heiliger Stille, entpoetisiert werden könnte. Justinus Kerner hatte 1845 in einem Gedichte „Unter dem Himmel“ solche Beklemmung geäußert.

Laßt satt mich schau'n in dieser Klarheit,
In diesem stillen, sel'gen Raum:
Denn bald könnt' werden ja zur Wahrheit
Das Fliegen, der unsel'ge Traum.

Dann flieht der Vogel aus den Lüften,
Wie aus dem Rhein der Salmen schon,
Und wo einst singend Lerchen schifften,
Schifft grämlich stumm Britannias Sohn.

Schau' ich zum Himmel, zu gewahren,
Warum's so plötzlich dunkel sei,
Erblick' ich einen Zug von Waren,
Der an der Sonne schifft vorbei.

Fühl' Regen ich beim Sonnenscheine,
Such' nach dem Regenbogen keck,
Ist es nicht Wasser, wie ich meine,
Wurd' in der Luft ein Ölfaß leck.

Satt laßt mich schau'n vom Erdgetümmel
Zum Himmel, eh' es ist zu spät,
Wann, wie vom Erdball, so vom Himmel,
Die Poesie still trauernd geht.



Fig. 8.

Relief aus S. Marco in Venedig.

(Nach: La Basilica di S. Marco in Venezia. Venezia, F. Ongania 1881. Portafoglio V, 1.)

Gegen diese Auffassung hat doch sogleich Gottfried Keller in einem bekannten Gedichte Protest erhoben. Dem wahren Dichter kann die neue Zeit nicht bange machen, denn die Poesie ist angeboren, und sie erkennt kein Dort und Hier. Ja, ihm will scheinen, als ob ihre Zeit jetzt eben erst recht gekommen sei, da der Geist sich Sturmesschwingen schafft und Eliaswagen anspannt. Und schon malt ihm, dem leidenschaftlichen Zecher, Phantasie ein fröhliches Bild an den Horizont:

Und wenn vielleicht in hundert Jahren
Ein Luftschiff hoch mit Griechenwein
Durchs Morgenrot käm' hergefahren —
Wer möchte da nicht Fährmann sein?

Dann bög' ich mich, ein sel'ger Zecher,
Wohl über Bord, von Kränzen schwer,
Und gösse langsam meinen Becher
Hinab in das verlass'ne Meer.

Mag nun auch dies lockende Bild dem Dichter sich nicht erfüllen: der Poesie, der Kunst überhaupt sind mit der neuen Erfindung ein neues Reich, neue Möglichkeiten erschlossen, die sie mit Begier ergreifen wird und muß. Nicht umsonst hat der Dichter sich immer dem heiligen Äther verwandt gefühlt, nicht umsonst ward sein Roß geflügelt gedacht, nicht umsonst hat die Sprache — man denke an lat. animus gleich griech. *ἄνιμος*, an lat. spiritus u. a. — nur ein Wort für Geist und Luft. Diese neue Erfindung ist gerade eine eminent geistige und künstlerische, bei der das körperliche und geistige Sicherheben in eins verschmolzen sind. Nicht mehr als ein Streit wider die Gottheit wie den Völkern des alten Orients erscheinen uns diese Luftfahrten, nicht mehr als sträfliche Überhebung wie dem kirchlichen Mittelalter. Die Glocken unserer Kirchen durften vor wenigen Wochen das Luftschiff unseres großen Landsmannes grüßen, denn andere Empfindungen wie die Geschlechter von einst beseelen uns freier Gewordene, wenn wir hinauf und vorwärts dringen, strebend und hoffend hinan uns wagen. Fromme und heilige Gefühle werden in den Menschen von heute ausgelöst, wenn sie, der irdischen Schwere entbunden, seliger Freiheit froh, schönheitstrunken in die Wolken sich heben, die Gefühle des Goetheschen Ganymed:

Hinauf, hinauf strebt's!
Aufwärts an Deinen Busen,
Allliebender Vater!

XI. Der Parseval-Ballon, seine Ausführungsformen und sein Verwendungsgebiet.

Von

Major Dr. von Parseval-Berlin.

Der Parseval-Ballon stammt seiner Entstehung nach aus dem Jahre 1902. Zu dieser Zeit wurde der Entwurf fertiggestellt und das Schiff in den Hauptteilen, Ballon und Gondel, ausgeführt. Zu einer Fertigstellung gelangte das Schiff jedoch damals nicht, und die Versuche ruhten mehrere Jahre. Erst als im Jahre 1905 eine neue Gondel mit einem zuverlässigeren Motor eingebaut war, konnte das Schiff im Frühjahr und Sommer 1906 beim Luftschiffer-Bataillon vorgeführt werden. Bereits damals wies es die Vorzüge auf, welche es noch heute charakterisieren; geändert hat sich in der Zwischenzeit außer einer Anzahl kleiner Verbesserungen hauptsächlich die Form des Ballons. Dieser letztere ähnelt nunmehr einem Fische, er hat wie dieser einen kurzen stumpfen Kopf und ein langes, spitz auslaufendes Hinterteil.

Am Hinterteile sind die Stabilisierungsflächen angebracht, welche den Zweck haben, den Ballon in einer geradlinigen Bahn zu führen, ganz ähnlich wie es bei den Federn eines Pfeiles der Fall ist. Diese Flächen bestehen aus einem Rahmen von Stahlrohren und sind auf beiden Seiten mit Stoff überzogen. Durch eine Art Maul, welches sich bei der Fahrt dem Winde entgegen öffnet, strömt Luft zwischen die Stoffwände und spannt dieselben straff aus, so daß die Flächen als feste Steuer wirken. Anfangs waren die Flächen aus Holzstäben gebildet; dabei kam es vor, daß ein Windstoß einen dieser Stäbe zerbrach. Die Trümmer der Fläche wurden vom Winde hin und her geweht und rissen ein großes Loch in den Ballon, so daß er unfreiwillig in der Villenkolonie Grunewald landete. Es war dies um so unangenehmer, als an diesem Tage das Schiff Sr. Majestät dem Kaiser vorgeführt werden sollte. Seit dieser Zeit sind die Seitenflächen aus Stahl.

Im Innern des Ballons sind zwei große Luftsäcke, und zwar an den beiden Enden. Dieselben können mittels eines Gebläses und einer entsprechenden mit Ventilen versehenen Schlauchleitung nach Bedarf mit Luft gefüllt werden. Wird der Ballon anfangs mit Gas gefüllt, so liegen sie fast leer am Boden. Verliert der Ballon aber Gas, d. h. durch Abkühlen oder Ventilziehen oder Undichtigkeit, so wird Luft hineingeblasen, und der Gaskörper bleibt äußerlich stets ganz prall voll. Dabei kann man leicht so stark aufblasen, daß alle Falten verschwinden und der

Ballon stramm und gerade wird. Man kann dann die schwere Gondel an ihm aufhängen, ohne daß er sich verzieht.

Durch die Luftsäcke kann man aber auch dem Ballon eine schiefe Stellung geben, indem man einen Sack mehr als den andern füllt, und auf diese Weise wird das Schiff auf oder abwärts gelenkt. Will man z. B. aufwärts fahren, so stellt man die Spitze hoch, und der Ballon fährt unter dem Druck seiner Luftschaube von selbst in die Höhe. Ist er dabei zufällig einmal etwas zu schwer, so schadet das nicht; der Wind strömt infolge der Aufrichtung der Spitze gegen die Unterseite an und trägt ihn in die Höhe. Auf diese Weise kann man Gewichtsunterschiede von mehreren 100 kg ausgleichen.

Um die Luft nach Bedarf in die Säcke lenken zu können, hat jeder Sack eine Einstromklappe und ein Ausströmventil, die von unten mittels Leine geöffnet und geschlossen werden können. Wenn die Säcke fast ganz leer sind, so ist die Einrichtung getroffen, daß sich eine Leine ausspannt, und das Gasventil sich öffnet; denn ohne dies könnte es vorkommen, daß der Ballon platzt. So aber wirkt die Einrichtung beim Leerwerden der Säcke wie ein Sicherheitsventil. Ein Stangengerippe, um den Ballon gerade zu halten, wie etwa bei dem *Z e p p e l i n*-Luftschiff oder bei den anderen lenkbaren Ballons, ist nicht vorhanden. Das hat den großen Vorteil, daß man das Schiff leicht auf zwei Wagen verpacken und über Land transportieren kann.

Die Gondel ist nicht starr am Luftschiff aufgehängt, sie kann vielmehr wie eine russische Schaukel nach vorwärts und rückwärts pendeln, da sie an senkrechten Seilen an der Mitte des Ballons aufgehängt ist. Damit hierbei die überstehenden Spitzen des Ballons nicht in die Höhe gebogen werden, werden sie durch Seile, die über Rollen laufen, an der Gondel gehalten. Wenn also die Gondel eine pendelnde Bewegung ausführt, fährt sie mit ihren Rollen auf diesen Seilen hin und her. Die Gondel selbst ist aus Stahl und enthält den Motor mit der Luftschaube und den Raum für die Passagiere.

Auch die Luftschaube, welche dem Schiff seine Vorwärtsbewegung erteilt, ist von einer besonderen Konstruktion. Sie besteht aus einer Nabe von ziemlich bedeutendem Durchmesser. An dieser Nabe sind vier Stoffflügel lose angehängt, welche mit schweren Gewichten versehen sind. Wenn sich nun die Nabe dreht, so werden die Stoffflügel durch die Zentrifugalkraft herausgeschleudert, die Schraube breitet sich aus und nimmt die Form einer Windmühle an. Dabei müssen die Schwunggewichte in den Flügeln derart verteilt sein, daß die Flügel die für ihre Wirkung nötige schraubenförmig verdrehte Form von selbst annehmen. In der Regel besitzen die Luftschiffe nur eine solche Schraube; große Schiffe jedoch, welche mit zwei Motoren versehen werden, haben dann auch zwei Schrauben. Der Theorie nach sollte die Schraube ungefähr 3 m über der Gondel angebracht sein, damit sie möglichst wenig Schwankungen am Ballon verursacht. Deswegen ist sie auch bei den ersten Ausführungen oberhalb der Gondel gelegt. Bei kleineren Ballons jedoch wurde von dieser Einrichtung abgegangen und die Schraube hinter die Gondel gelegt, weil auf diese Weise eine bequemere Bauart der Gondel und ein geringeres Gewicht erzielt wurde. Der Druck der Schrauben nach vorne ist ein ganz bedeutender. Beispielsweise drückt eine Schraube von 4,3 m Durchmesser, wenn sie von dem

100 pferdigen Motor mit voller Kraft getrieben wird, mit einer Kraft von ca. 400 kg. Bei der Fahrt allerdings ist der Druck ein geringerer, weil die Luft hierbei von vorn nach hinten mit bedeutender Geschwindigkeit die Schraube durchstreicht. Bei einem großen Schiffe, welches mit zwei Schrauben und zwei Motoren zu 100 Pferden versehen ist, beträgt der Axialdruck beider Schrauben zusammen bis 700 kg.

Von den übrigen Teilen der Gondel ist noch zu erwähnen der Kühler, welcher eine zu starke Erhitzung des Motors verhütet und dieselbe Einrichtung besitzt wie ein gewöhnlicher Automobilkühler, und der Benzintank, der je nach der Größe des Ballons Benzin für 6 bis zu 20 Stunden enthält.

Das Seitensteuer des Ballons wird von der Gondel aus wie bei einem Schiffe durch ein Steuerrad bedient. Die Ballons steuern sich überraschend leicht. In dieser Beziehung verhalten sie sich günstiger wie die allzu langen geraden Schiffskörper des Grafen Z e p p e l i n , welche einen großen Überschuß an Fahrtstabilität besitzen, während die kürzeren Luftschiffe dem Punkte der Labilität viel näher sind und deshalb auch leichter zum Wenden gebracht werden können.

Die Instrumente in der Gondel bestehen wie bei gewöhnlichen Ballons aus zwei Barometern; dann kommen drei Druckmesser hinzu, welche den Druck des Gases im Ballon und den Druck der Luft in den Luftsäcken ersehen lassen. Außerdem ein Instrument, um die Schräglage des Schiffs zu messen und danach die Führung des Ballons einzurichten.

Es sei mir gestattet, das Bild eines Aufstieges kurz zu skizzieren. Der fahrfertige Ballon wird aus der Halle gebracht, mit der Spitze gegen den Wind gestellt und demnächst durch Anlassen des Motors, welcher den Ventilator antreibt, mit Luft aufgeblasen, so daß er die zur Fahrt erforderliche pralle Form erhält. Gleichzeitig wird die Luft in den Säcken so verteilt, daß das Schiff mit dem Kopf etwas höher steht; und zwar gibt man mehr Aufrichtung, wenn man rasch eine größere Höhe ersteigen will. Beabsichtigt man aber, sich von Anfang an niedrig zu halten, so muß man unter schwachem Neigungswinkel aufsteigen. Ist alles in Ordnung, so wird mittels der Reibungskuppelung die Luftschaube mit dem Motor verbunden. Dieselbe treibt den Ballon vorwärts, man setzt den Motor auf volle Kraft, um rasch in Gang zu kommen und das Schiff von der Erde loszubringen. Will man den weiteren Aufstieg beenden und horizontal weiterfahren, so läßt man Luft aus dem vorderen Luftsack heraus und in den hinteren einströmen, das Schiff verliert dadurch seine Aufrichtung und hört auf zu steigen. Man kann auf diese Weise das Schiff leicht um 4—500 m ansteigen machen, ohne Ballast auszugeben. In einem bestimmten Moment kommt aber dann das Hauptventil zum Spielen, und das Luftschiff verliert an Tragkraft. Das ist dann der Fall, wenn die Luftsäcke fast ganz leer sind und Gas aus dem Ballon ausgelassen werden muß, damit er nicht platzt. Auch dann kann man den Anstieg ohne Ballastausgabe noch fortsetzen vermöge der Kraft des Motors; wird aber der Motor abgestellt, so kommt das Schiff augenblicklich ins Fallen.

Die Bewegungen des Schiffes sind im allgemeinen sehr sanft, namentlich in größerer Höhe ist die Fahrt absolut ruhig. Nur in den am Boden auftretenden Wirbeln ist sein Gang weniger ruhig und die Bewegung eine verlangsamte. Besonders unangenehm können aufsteigende Luftströmungen werden, wie sie nament-

lich bei schönen Sommertagen um die Mittagszeit vorhanden sind. Diese können das Schiff in kurzer Zeit unfreiwillig hunderte von Metern heben, trotzdem der Motor entgegenwirkt. Diese Erscheinungen haben sich weit stärker gezeigt, als man anfangs glaubte. Es ist indessen möglich, solchen Windströmungen unter Umständen seitlich auszuweichen. Ferner können auch in der abendlichen Abkühlung die niedergehenden Luftströmungen und der Auftriebsverlust durch die Kühle eine unbeabsichtigte Landung herbeiführen. Will man zur Landung schreiten, wird das Schiff mit der Spitze nach abwärts gestellt und mittels des Motors in die Nähe des beabsichtigten Landungsplatzes so tief heruntergebracht, daß ein ausgeworfenes Seil von den bereit stehenden Bedienungsmannschaften ergriffen werden kann. Es gilt als Regel, das Schiff durch Ballastausgabe und auch durch Auswerfen eines schweren Schleppseils so leicht zu machen, daß es nicht auf den Boden aufstößt. Obwohl ein *P a r s e v a l*-Luftschiff wegen seiner verhältnismäßig kleinen Gondel einen stärkeren Puff verträgt als andere Systeme, kann man doch die Schiffe nicht so fest bauen, wie etwa ein Automobil. Die größte Geschwindigkeit des Schiffes beträgt 14—15 m pro Sekunde, ungefähr 52 km in der Stunde. Auf die Dauer aber wird man sich, wenn möglich, mit einer etwas kleineren Geschwindigkeit begnügen, um den Motor nicht zu überanstrengen.

Die größte Höhe, welche bisher erstiegen wurde, war 1600 m. Der Umstand, daß die Schiffe kein schweres Versteifungsgerüst zu tragen brauchen, bewirkt, daß sie trotz soliderer Bauart und geringerer Größe eine verhältnismäßig große Nutzlast mit tragen können und somit einen für ihre Größe beträchtlichen Aktionsradius haben. Ein *P a r s e v a l*-Luftschiff von etwa 4000 Kubikmeter kann bei Windstille ungefähr 700 km mit einer Geschwindigkeit von 40 km laufen.

Die Schiffe werden je nach dem Gebrauchszweck in verschiedenen Größen gebaut. Die kleinsten sind Promenadenschiffe für Sportsleute; diese können bei einem Inhalt von ca. 1200 m³ 3—4 Personen tragen und erreichen ca. 40 km Geschwindigkeit. Von dieser Type ist ein Schiff in Ausführung begriffen.

Der für militärische Erkundungen bestimmte Ballon besitzt einen Motor von 100—120 PS, hat 4000 cbm Inhalt und kann Benzin für 20 Stunden tragen. Ein noch größeres Schiff ist das für die Ila bestimmte Luftschiff; dasselbe hat 6500 cbm Inhalt, besitzt zwei Motoren zu 100 PS und erreicht eine Geschwindigkeit von 14—15 m in der Sekunde. Der Benzinvorrat reicht ca. 20 bis 24 Stunden. Wollte man noch größer bauen, so müßte man wohl, wie es auch *Z e p p e l i n* getan hat, die Last auf zwei Gondeln verteilen; dann hätte es keine Schwierigkeit, unstarre Schiffe von 10—15000 cbm Inhalt herzustellen. Ein solches Schiff würde auch nur zwei Motoren zu 100 oder 150 PS erhalten und könnte eine Nutzlast von 3 bis 4 Tonnen tragen. Sollte es dahin kommen, daß eine Nordpolexpedition den Versuch macht, den Pol im Luftschiff zu erreichen, so müßte wohl ein solcher Typ dazu gewählt werden. Auch für Luftschiffe, welche eine größere Anzahl Vergnügungsreisende befördern sollen, ist ein Schiff mit zwei Gondeln zweckmäßig. Mit Rücksicht auf den Lärm und die Erschütterungen des Motors empfiehlt es sich, bei Vergnügungsschiffen die Motorgondel von der Passagiergondel zu trennen. Ein Luftschiff von 8000 cbm würde imstande sein, ungefähr 30 Personen zu transportieren. Leider würde das kein besonders billiges Vergnügen werden, weil die Abnutzung der teuren

Ballonhüllen eine sehr große ist, und weil auch das Wasserstoffgas im Preise ziemlich hoch steht. Es ist aber zu hoffen, daß die Preise bei größerem Bedarf sinken. An Dichtigkeit und Haltbarkeit lassen die Ballonhüllen schon jetzt nur wenig zu wünschen übrig. Die wichtigste Verbesserung wäre eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, doch scheinen hier Grenzen von der Natur gesteckt zu sein. Denn wenn es auch möglich ist, dem Ballon noch stärkere Motoren aufzuladen, so kann er doch nicht die Benzinmengen tragen, die solche Maschinen verbrauchen. Bei längeren Fahrten ist auch die nächtliche Orientierung recht schwierig. Wenn nicht besondere Geländegegenstände, wie Flüsse, Seen, Bahnstrecken, das Zurechtfinden im Dunkeln erleichtern, kann man sich leicht regelrecht verirren. In neuerer Zeit hat man Verfahren ausgebildet, sich nach den Himmelskörpern zu orientieren; doch ist auch dieses Auskunftsmittel bei ungünstigen Witterungsverhältnissen erfolglos. So angenehm demnach für den Ballonfahrer die Nacht ist, weil sich die Tragkraft des Ballons in der gleichmäßigen Kühle besser hält, so hat sie doch Tücken, welche den nächtlichen Gebrauch der Schiffe sehr erschweren. Im Kriege wird man aber auch deswegen sich keine großen Erfolge versprechen, weil man nachts schlecht beobachten kann, und das Luftschiff in seiner Haupttätigkeit — der Aufklärung — stark behindert ist.

Wenn also die Nacht keines Menschen Freund ist und auch nicht der Freund des Luftschiffs, so wird doch am Tage die Tätigkeit der Luftschiffe eine zunehmende Bedeutung gewinnen in dem Maße, als ihre Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit wächst, und das ist mit großer Wahrscheinlichkeit binnen kurzem zu erwarten.

XII. Betrachtungen über das Flugproblem.

Von

Professor Dr. L. Prandtl-Göttingen.

M. H. Wenn ich es hier unternehme, Ihnen hier einige Gedanken über das Flugproblem vorzutragen, so will ich mich, um mein Thema innerhalb des bereits recht umfassenden Gebiets einigermaßen abzugrenzen, von den folgenden Gesichtspunkten leiten lassen: Ich möchte in kurzen Zügen dem Verständnis näher bringen, welche Mittel der Mensch besitzt, um sich ohne Zuhilfenahme des Auftriebs leichter Gase in die Luft zu erheben; dabei werden hierzu untaugliche Mittel als solche zu kennzeichnen sein. Zugleich wird gezeigt werden, welche Ursachen die Entwicklung der Flugmaschine auf den Weg geführt haben, den sie wirklich gegangen ist. Es wird ferner auch auf die Schwierigkeiten hinzuweisen sein, die bei der Anwendung unserer Mittel auftreten, und es wird zu zeigen sein, welche Möglichkeiten zu ihrer Überwindung bestehen.

Wenn ich im folgenden mich mehrmals der mathematischen Formelsprache bedienen werde, so bitte ich diejenigen unter meinen Zuhörern, die dieser Sprache nicht in dem genügenden Maße mächtig sein sollten, solange Geduld zu üben, bis hinterher die Folgerung der Rechnung in Worte gekleidet werden wird. Die Formeln werden für das Verständnis des Zusammenhangs nicht unumgänglich notwendig sein, andererseits aber möchte ich dem Kundigen den schärferen Ausdruck der Gedanken, den sie allein geben können, nicht vorenthalten. Meine Ansprüche an mathematische Kenntnisse werden übrigens, wie ich gleich bemerken will, sich in sehr bescheidenen Grenzen halten.

M. H. Das erste, was uns näher beschäftigen mag, sei die Frage, was man ganz allgemein beginnen muss, um ein gegebenes Gewicht — es sei G genannt — ohne Anwendung eines Ballons in der Luft schwebend zu erhalten. Es leuchtet ein, daß das erreicht werden kann, wenn man ständig auf die Luft eine Kraft P senkrecht nach unten ausübt, deren Größe mit dem Gewicht G übereinstimmt; denn die Reaktion der Kraft P hält dann gerade der Schwere das Gleichgewicht.

Das einfachste Mittel hierfür scheint auf den ersten Blick zu sein, große Flächen senkrecht nach abwärts zu bewegen, denn dadurch werden in der Tat Kräfte der verlangten Art ausgeübt. Um diese Flächen immer von neuem abwärts drücken zu können, muß man sie in irgendwie umgeklapptem oder zusammengefaltetem Zustande wieder in die Höhe heben, so zwar, daß sie beim Heben nur geringen Luftwiderstand ergeben.

Das Zahlenmäßige dieser Krafterzeugung wird aus folgender einfacher Rechnung gut hervorgehen: Ist P die Gesamtkraft der durchschnittlich abwärts bewegten Flächen und v die Geschwindigkeit, mit der sie senkrecht abwärts bewegt werden, so ist die hierbei zu verrichtende Arbeitsleistung durch das Produkt $P \cdot v$ gegeben; wird P in kg und v in m/sec. angegeben, so ergibt sich die Anzahl der Pferdestärken (PS.) zu

$$N = \frac{1}{75} P v;$$

da $P = G$ (Gewicht) sein soll, ergibt sich für das Gewicht, das je von einer Pferdestärke getragen wird, die Beziehung:

$$\frac{G(\text{kg})}{N} = \frac{75}{v(\text{m/sec})}$$

d. h. durch 1 PS kann um so mehr Gewicht getragen werden, mit je geringerer Geschwindigkeit die Flächen bewegt werden.

Um zu sehen, wie es um die Ausführbarkeit unserer Idee steht, nehmen wir folgende Zahlen: Es gibt heute Benzinmotore, die pro PS etwa 2 kg wiegen (sehr zuverlässig sind diese extrem leichten Motore allerdings noch nicht). Denkt man an das Gewicht der Getriebe, der Flügelkonstruktion, des Untergestells, der Betriebsstoffe und schließlich des Lenkers, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die Flugmaschine 10—15 kg pro PS wiegen wird (das entspricht wenigstens ausgeführten Maschinen). Für diesen Wert ergibt nun die obige Formel:

$$\frac{75}{v} = (\text{mindestens}) 10 \sim 15, \text{ also } v = (\text{höchstens}) 7,5 \sim 5 \text{ m/sec!}$$

Wie groß müssen nun die Flächen werden? Der Luftwiderstand ebener Flächen ist annähernd durch die Formel

$$P = 0,6 \cdot F \gamma \frac{v^2}{g}$$

gegeben, wo F die Fläche in qm, γ das Raumgewicht eines cbm und g die Beschleunigung der Schwere bedeutet; also wird die Kraft, die von einem qm Fläche erzielt wird:

$$\frac{P}{F} = 0,6 \frac{\gamma v^2}{g} \cong 0,075 v^2.$$

Für $v = 7,5$ m/sec ergibt dies: $\frac{P}{F} \cong 4 \text{ kg/m}^2$.

Um eine Flugmaschine mit 50 PS. und 500 kg Gewicht zu bauen, hätte man also $500 : 4 = 125$ qm abwärts bewegte Flächen nötig; ungefähr ebensoviel müßten gleichzeitig aufwärts bewegt werden, wenn keine Unterbrechung der Hebewirkung eintreten soll. Man kann sich nun leicht von der Unmöglichkeit überzeugen, die notwendigen 200—250 qm bewegter Flächen samt Getriebe mit den 250 kg zu bauen, die vom Gesamtgewicht von 500 kg höchstens noch dafür verfügbar sind; um sich davon

zu überzeugen, braucht man nur daranzugehen, irgend einen derartigen Mechanismus wirklich durchzukonstruieren; er wird entweder so schwer, daß er sich nicht erheben kann, oder aber er wird so schwach, daß er bei der Ingangsetzung zusammenbricht.

Bei der ganzen vorstehenden Berechnung sind nun in keiner Weise die verschiedenen Widerstände berücksichtigt, weder die Getriebewiderstände, noch der Luftwiderstand der aufwärtsbewegten Flächen; wenn man dies alles noch berücksichtigt, so ergibt sich die Aussichtslosigkeit des besprochenen Verfahrens erst in ihrer vollen Größe.

Zum großen Glück für die Flugtechnik gibt es nun aber ein weit besseres Mittel, um auf die Luft Kräfte auszuüben. Dies besteht in der s c h r ä g e n B e w e g u n g v o n e b e n e n o d e r n o c h b e s s e r v o n g e w ö l b t e n F l ä c h e n .

Die Beobachtung zeigt, daß wagerechte Flächen, die während des Herabsinkens wagerecht verschoben werden, langsamer sinken bzw. bei gleicher Sinkgeschwindigkeit mehr tragen als bei senkrechter Bewegung.

Versuch: Durch geeignete einseitige Beschwerung gelingt es, eine ebene Fläche in schräger Bahn abwärts gleiten zu lassen. Eine solche Fläche (Fig. 1) durchmißt eine bestimmte Höhe in derselben Zeit wie eine zentrisch beschwerte Fläche (Fig. 2), deren Gesamtgewicht ein Viertel von dem der ersten Fläche ist.

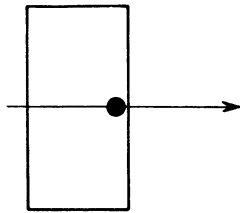


Fig. 1 a.

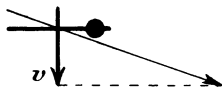


Fig. 1 b.

Da die Verschiebung der Fläche in ihrer Ebene nur die sehr kleine Arbeit erfordert, die zur Überwindung der Reibung an der Luft nötig ist, so ist durch diese Vergrößerung des Trageffekts, die nach Versuchen bei geeignet gewölbten Flächen bis auf das Achtfache heraufgeht, ein außerordentlicher Gewinn erzielt; hierdurch erst ist der mechanische Flug möglich geworden.

Eine Erklärung für diese Wirkung der schrägen Bewegung ist in folgendem gegeben:

Man kann nur dadurch andauernd eine Kraft P auf die Luft ausüben, indem man fortgesetzt immer neuen Luftmassen eine Geschwindigkeit v in der Richtung dieser Kraft erteilt. Ist m die sekundlich in Bewegung gesetzte Luftmasse, so ist direkt:

$$P = m \cdot v.$$

Nun wird offenbar beim schiefen Fall in der gleichen Zeit weit mehr Luft in abwärts gerichtete Bewegung gesetzt, als beim senkrechten Fall, daher der größere Trageffekt.

Daß gewölbte Flächen mehr tragen als ebene, ist ebenfalls aus diesem Gesichtspunkt zu erklären. Die gewölbte Fläche wirft mehr Luft und diese mit größerer Geschwindigkeit nach unten als die ebene, ohne dabei, wie Versuche zeigten, wesentlich mehr Widerstand wie diese zu ergeben.

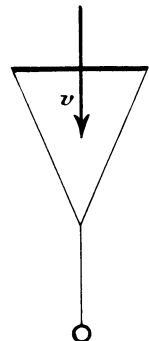


Fig. 2.

Aus der besprochenen schrägen Bewegung kann man jetzt auch eine wagrechte erhalten, indem man die Bewegungsrichtung sowohl wie die Fläche um den Winkel β dreht, den erstere vorher mit der Wagrechten einschloß, vgl. Fig. 3. Dadurch wird natürlich auch die resultierende Kraft um den Winkel β gedreht. Da bei dieser Bewegung die Fläche nicht mehr sinkt, kann sie nun fort dauernd in Wirkung bleiben und es brauchen infolgedessen nicht wie bei der früheren Anordnung Reserveflächen hinzugenommen zu werden; dagegen ist, wie leicht ersichtlich, hier eine besondere Vortriebskraft erforderlich.

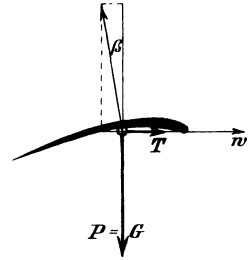


Fig. 3.

Für diese wagrechte Bewegung einer Tragfläche ergibt sich nun folgende Rechnung. Ist die wagrechte Fortschrittggeschwindigkeit w , so ist die entwickelte Tragkraft (d. h. die senkrechte Komponente des Luftwiderstandes) im Fall der günstigsten Flächen-gestaltung etwa

$$P = 0,4 F \frac{w^2 \gamma}{g} \quad ^1)$$

— also etwa $\frac{2}{3}$ des Betrages, der sich ergäbe, wenn die Fläche F mit der Geschwindigkeit w senkrecht gegen die Luft bewegt würde!

Die Kraft T , die zur Vorwärtsbewegung erforderlich ist, ist ungefähr $\frac{1}{8}$ der andern, also $T = 0,05 F \frac{w^2 \gamma}{g}$. (Will man sich etwa mit $T = \frac{P}{5}$ begnügen, so kann man den Koeffizienten von P fast bis auf den Wert für die senkrechte Bewegung steigern.)

Die nötige Arbeitsleistung ist hier in PS:

$$N = \frac{Tw}{75} = \frac{Gw}{600},$$

wenn für T der Wert $\frac{P}{8} = \frac{G}{8}$ eingesetzt wird. Mit einem Gewicht pro Pferde-stärke $\frac{G}{N} = 15 \text{ kg/PS}$, was ungünstig gerechnet ist, bekommt man hier $\frac{G}{N} = \frac{600}{w} = 15$, also wird der Höchstwert von w

$$w_{\max} = 40 \text{ m/sec,}$$

was allerdings wegen Nichtberücksichtigung der Widerstände noch zu günstig gerechnet sein dürfte²⁾.

¹⁾ Die hier angegebenen Zahlenwerte sind noch nicht als endgültig anzusehen. Sie wurden teils aus der Literatur, teils durch Berechnung aus den bekannt gewordenen Zahlen über die bisher erfolgreichen Flugmaschinen entnommen.

²⁾ Diese ganzen Abschätzungen treffen die Sache nur von ungefähr. Eine feinere Untersuchung müßte von einer genaueren Analyse des Gewichts ausgehen. Nur im Interesse der Einfachheit wurde hier Proportionalität des Flugmaschinengewichts mit der Motorleistung angenommen.

Die Tragfähigkeit von 1 qm wird hier

$$\frac{G}{F} = 0,4 n^2 \gamma \cong 0,05 w^2,$$

also mit obiger Höchstgeschwindigkeit

$$\frac{G}{F} \cong 80 \text{ kg/m}^2$$

Bei einer Geschwindigkeit von 20 m/sec ergeben sich immer noch 20, bei 15 m/sec noch 11,3 kg/m², also alles Zahlen, die wesentlich günstiger lauten als in dem erstbetrachteten Fall.

Dieses Mittel der schnellbewegten schrägen, gewölbten Flächen läßt sich nun in sehr verschiedener Weise zur Konstruktion der Flugmaschinen verwenden.

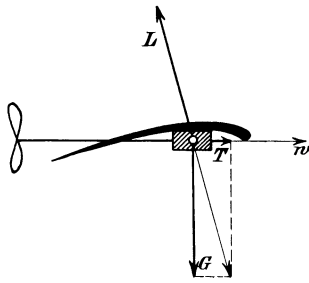


Fig. 4.

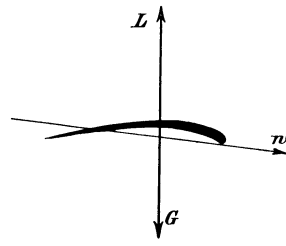


Fig. 5.

Da man ja eine hohe Reisegeschwindigkeit der Flugmaschinen geradezu wünscht, kann man einfach Tragflächen anordnen, die mit dem Gestell der Flugmaschine unbeweglich verbunden sind; man hat dann nur nötig, durch Anordnung von einer oder mehreren Vortriebschrauben — die selbst wieder nach dem Prinzip der schiefen Fläche wirken — für die Erzeugung der nötigen Triebkraft zu sorgen. Man erhält so den *Aeroplan* oder *Drachenflieger*.

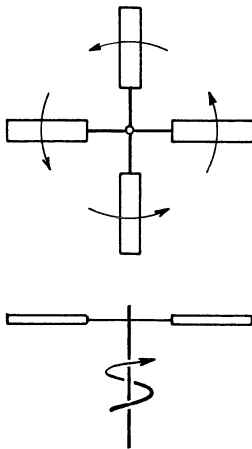


Fig. 6.

Die Kräfte an ihm sind durch das Schema Fig. 4 veranschaulicht: *G* ist das Gewicht, *T* die Triebkraft, *L* der resultierende Luftwiderstand.

Läßt man die Schraube weg (oder stellt man den Motor ab, was ungefähr auf dasselbe hinauskommt), dann ist noch immer eine Bewegung möglich, nämlich jene flach abwärts geneigte Bewegung, bei der der resultierende Luftwiderstand lotrecht gerichtet ist und die Schwerkraft an Stelle des Motors die Arbeit verrichtet.

Man erhält so den „Gleitflieger“, dessen Kräfte-schemata aus Fig. 5 ersichtlich ist.

Versuch: Vorführung eines Gleitfliegermodells.

Ordnet man mehrere kleinere Aeroplanflächen um eine lotrechte Achse drehbar an und versetzt diese Achse durch einen Motor in schnelle Drehung, so

erhält man den Gyroplan oder Schraubenflieger, Fig. 6. Mit dem Schraubenflieger könnte man senkrecht in die Luft steigen, während der Aeroplan einen Anlauf am Boden nötig hat, der seiner praktischen Verwendbarkeit heute noch enge Schranken setzt. Daß trotz dieses Vorzugs die Schraubenflieger bis heute noch keinen Erfolg aufzuweisen haben, dürfte hauptsächlich daran liegen, daß es offenbar nicht möglich ist, mit dem gleichen Gewicht eine Schraube von 30 qm Gesamtflügelfläche einschließlich des erforderlichen Lagergestells zu bauen wie eine gleichwertige Aeroplanfläche, die als unbewegliche Konstruktion verhältnismäßig leicht gebaut werden kann. Man kann, wie hier erwähnt werden mag, mit diesen „Hubschrauben“ neben der Hebewirkung auch eine Vortriebskraft erzielen, wenn man die Schraubenachse etwas vornüber neigt.

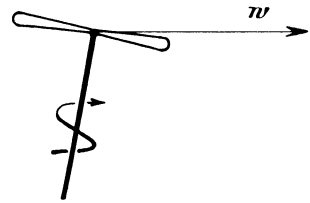


Fig. 7.

Versuch: Ein Hubschraubenmodell wird mit vorgeneigter Achse von Hand abgesehnt (vgl. Fig. 7) und setzt sich in ungefähr wagerechter Richtung in Bewegung. Durch die hierbei auftretenden Kreiselwirkungen geht die Bewegung allerdings in eine Pendelung über. Um bei ausgeführten Schraubenfliegern diese Pendelungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, zwei gegenläufige Hubschrauben anzuwenden.

Eine dritte Art von Flugmaschinen sind die mit schlagenden Flügeln ausgerüsteten Schwingenflieger. Man könnte fürs erste versucht sein, die Schwingenflieger hier nicht gelten zu lassen, da ihre Arbeitsweise in der von uns verpönten Art des senkrechten Schlagens gegen die Luft bestehe. Andererseits sehen wir die Natur nur nach diesem Prinzip arbeiten!

Sieht man näher zu, so zeigt sich zunächst, daß das von uns für Flugmaschinen aufgestellte Hindernis für die kleinen Flügler nicht besteht. Diese besitzen nämlich durch ihren raschen Stoffwechsel einen vergleichsweise großen Kraftüberschuß, außerdem lassen sich bei kleinen Abmessungen die zum Flug nötigen Flächen leichter ohne Gewichtsüberschreitung schaffen. So sehen wir in der Tat Mücken, Schmetterlinge und selbst kleine Vögel flügelschlagend in der Luft stille stehen! Ganz anders bei den großen Vögeln; diese vermögen nur unter rascher Vorwärtsbewegung zu fliegen, so daß die Relativbewegung zwischen Flügel und Luft wieder die Form der schrägen Bewegung annimmt.

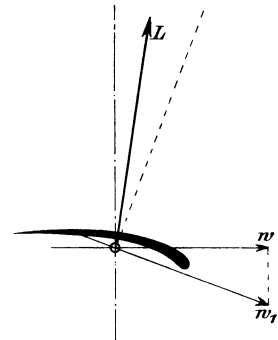


Fig. 8.

Die Vorgänge, die sich hier abspielen, und die auch für eine flügelschlagende Flugmaschine vorbildlich sein können, lassen sich schematisch folgendermaßen darstellen. Es sei angenommen, daß die Hälfte der Zeit für den Niedergang, die andere für den Aufgang der Flügel verwendet werde.

Werden beim Niedergang die Flügel so gedreht und so bewegt, daß — bei einer resultierenden Geschwindigkeit w_1 (vgl. Fig. 8) — die lotrechte Komponente des Luftdrucks den Mittelwert $2G$ aufweist und dazu noch eine nach vorn gerichtete Komponente zur Überwindung der Widerstände vorhanden ist, so genügt es beim

Aufgang, die Flügel so zu bewegen, daß sie mit möglichst wenig Widerstand nach oben gelangen (vgl. Fig. 9). Der Schwerpunkt des Systems wird so, da ständig das Gewicht G an ihm wirkt, die Hälfte der Zeit mit der Kraft $2G - G = G$ nach oben, die andere Hälfte der Zeit mit G nach unten beschleunigt, kann also im Mittel auf einer Höhe bleiben. Der nötige Vortrieb wird dabei durch die vorwärts gerichtete Kraftkomponente beim Niedergang der Flügel erzeugt. Im ganzen sind bei der raschen Folge der Flügelschläge die Abweichungen der Schwerpunktsbahn von der gleichförmigen geradlinigen Bewegung sehr gering.

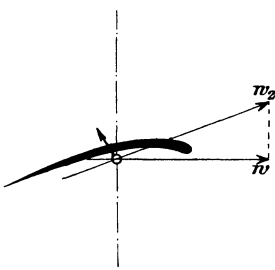


Fig. 9.

Die Vorgänge beim Vogelflug sind natürlich wegen der verschiedenen Geschwindigkeit, die die einzelnen Stellen der Flügel besitzen, und wegen der verschiedenen, abweichenden Arten des Flügelschlags wesentlich verwickelter als das hier mitgeteilte einfache Schema; doch mag ein näheres Eingehen auf diese Dinge hier unterbleiben.

Statt die Flügel in einer lotrechten Ebene auf und ab zu bewegen, kann man ihnen auch eine Kreisbewegung oder dergl. erteilen und kommt so zu einem *S e g e l r a d e*, das als Abart des Schwingenfliegers betrachtet werden kann.

In Fig. 10 sind die Geschwindigkeits- und Kraftverhältnisse für ein solches Segelrad angedeutet.

Die Konstruktionsschwierigkeiten sind beim Schwingenflieger wohl noch größer als beim Schraubenflieger, da der Bewegungsmechanismus sich wesentlich unbequemer baut als bei der letzteren Art. Als besonders erschwerend kommt hinzu, daß für den Anlauf, der hier wie bei den Aeroplanen nötig ist, noch besondere Hilfsmittel herangezogen werden müssen. Es ist daher kaum verwunderlich, daß — abgesehen von Schlagflügelmechanismen, die nach dem von uns verurteilten System des senkrechten Schlagens arbeiten — Schwingenflieger, soviel bekannt, bisher nicht versucht worden sind.

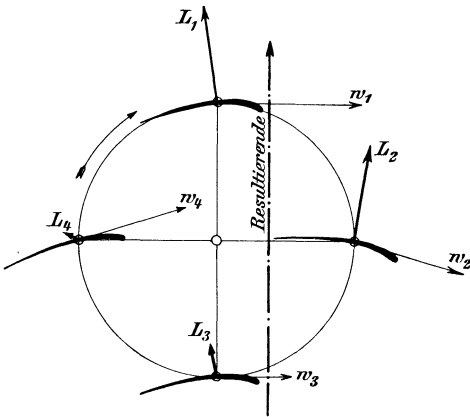


Fig. 10.

Mit dem Vorstehenden ist, soweit man nicht Verbindungen der aufgezählten Flugmaschinensysteme als selbständige Arten rechnen will, die Zahl der Möglich-

keiten nach dem heutigen Stande der Technik erschöpft. Es zeigt sich auch übereinstimmend mit der Erfahrung, daß der Aeroplan den anderen Systemen in Beziehung auf Flugfähigkeit erheblich überlegen ist; dies schließt allerdings nicht aus, daß mit dem Fortschreiten der Technik einstens noch die ersehnte, vom Platz aufsteigende Flugmaschine (etwa als Schraubenflieger) kommen wird.

Die bisherigen Überlegungen über die Wirkungsweise der Flugmaschinen waren alle verhältnismäßig einfach; wenn damit alles erledigt wäre, so müßten wir

heute schon ungefähr ebenso sicher in der Flugmaschine reisen wie im Automobil. Aber wie bekannt, ist man noch recht weit von diesem Ziel entfernt; es gehört heute noch eine sehr bedeutende Geschicklichkeit, die nur durch mühseliges Üben erreicht wird, zum Lenken einer Flugmaschine, auch sind die Flüge nur durchführbar wenn die Luft verhältnismäßig ruhig ist. Die zwei großen Probleme, die da herantreten, deren Lösung noch große Opfer und Anstrengungen erfordern wird, heißen *S t a b i l i t ä t* und *S t e u e r u n g*.

Unter Stabilität versteht man die Eigenschaft einer Flugmaschine, ihr Gleichgewicht zu erhalten und nach jeder beliebigen Störung wieder herzustellen. Diese Störungen werden hauptsächlich durch Windstöße und überhaupt Unregelmäßigkeiten der Luftbewegung verursacht. Aber selbst in ruhiger Luft eine stabile Bewegung zu erhalten, ist nicht ganz einfach. Die Luftkräfte haben in der Regel geradezu die Tendenz, die vorhandene Bewegung fortdauernd abzuändern. Ich erinnere nur an die Bewegung eines fallenden Papierblattes, das niemals gleichmäßig sinkt, sondern meist ganz unregelmäßig umherflattert.

Versuch: Ein Kartenblatt fängt bei wagrechter Anfangslage bald zu schaukeln an und überschlägt sich schließlich. Die am meisten regelmäßige Bewegung des Blattes ist ein schräges Fallen unter fortwährendem Überschlagen. Stabile Bewegungen waren die der vorher gezeigten Apparate, ferner die Fallbewegung eines stumpfen Kegels aus Papier.

Bei den 6 Freiheitsgraden, die ein freier starrer Körper besitzt (3 Verschiebungs- und 3 Drehungsmöglichkeiten, die gleichzeitig betätigt werden können) sind auch sehr viele Arten des Abweichens aus der geraden Bahn möglich¹⁾. Beim Aeroplan z. B. finden sich viererlei Arten von Schwingungen vor: zwei gehen in der Vertikalenebene vor sich, die die Fahrtrichtung in sich enthält, nämlich eine Schwingung, bei der der Schwerpunkt langgestreckte Wellen durchfährt und die Geschwindigkeit stark schwankt — wir wollen sie die Hauptschwingung nennen — und eine zweite Schwingung, bei der die Hauptbewegung eine Drehung um die Querachse ist. Dazu kommen zwei Seitenschwingungen, von denen bei der einen die Drehung um die Vertikalachse, bei der andern die seitliche Schwerpunktsverschiebung im Verein mit Drehung um die Längsachse die Hauptbewegung darstellt. Nur wenn alle vier Schwingungen gedämpft verlaufen (d. h. von selbst erlöschen, wenn die störende Ursache vorüber gegangen ist), ist Stabilität vorhanden, sonst erfolgt in der einen oder andern Art ein Umstürzen oder Überschlagen.

Eine einfache gewölbte Tragfläche ist — selbst bei ziemlich tiefer Schwerpunktslage — nicht in stabiles Gleiten zu bringen. Dies gelingt allerdings mit geeignet beschwerten, ebenen oder schwach S-förmigen Flächen; doch sind diese gegen größere Störungen nicht stabil. Dagegen läßt sich eine große Anzahl Flächen *k o m b i n a t i o n e n* angeben, die völlig stabil sind, d. h. die nach jeder beliebigen Störung wieder ins Gleichgewicht kommen, vorausgesetzt, daß sie die dazu nötige, manchmal recht beträchtliche Fallhöhe zur Verfügung haben. Eine Hauptregel ist bei all diesen Systemen immer, daß die vorangehenden Flächen stärker belastet sein müssen als die nachfolgenden. Es läßt sich leicht zeigen — worauf aber hier nicht näher eingegangen werden soll — daß die Stabilität der zweiten

¹⁾ Dieser Gesichtspunkt wird von der großen Schar der „Erfinder“ meist gänzlich außer acht gelassen.

der oben aufgezählten Schwingungen (Drehung um die Querachse) gerade durch diese Maßnahme erreicht wird.

Versuch: Vorführung von stabilen und instabilen Gleitfliegermodellen. Die stabilen kommen aus jeder beliebigen Stellung zum richtigen Gleiten. Ein sehr stabiles Modell — aus steifem Papier verfertigt — ist in Fig. 11 abgebildet (S bedeutet den Schwerpunkt).

Diese Art von Stabilität genügt aber für die praktischen Flugmaschinen nur unvollkommen, wie man an den vielen anfänglichen Mißerfolgen der französischen Luftschiffer erkennen kann, die größtenteils Apparate verwenden, die im vorgenannten Sinn stabil sind. Diese Apparate suchen nämlich — gerade wegen ihrer stabilen Eigenschaften — automatisch immer dieselbe Relativgeschwindigkeit gegen die Luft auf, bei der der Auftrieb ihrem Gewichte gleich ist und werden daher von jeder Änderung der Windgeschwindigkeit veranlaßt, hochzusteigen oder zu sinken. Das Fliegen in der Nähe des Erdbodens bei Wind wird so fast zur Unmöglichkeit.

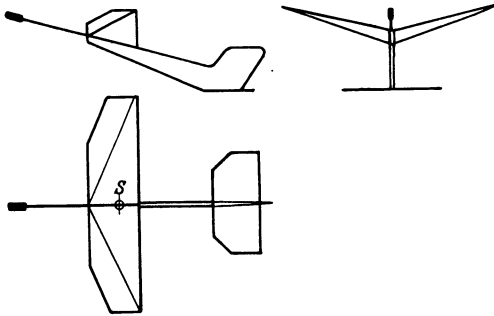


Fig. 11.

Was man für eine ideale Flugmaschine fordern müßte, ist vielmehr eine höhere Art von Stabilität, die darin besteht, daß die Flugmaschine auch in unruhiger Luft ihre Bahn trotz der fortwährend vorhandenen störenden Einflüsse unbeirrt fortsetzt. Diese Flugmaschine müßte also automatisch jede Geschwindigkeitsschwankung der durchfahrenen Luft, jeden seitlichen Windstoß, jeden auf und absteigenden Luftstrom so parieren, daß die Bahn ihres Schwerpunktes dadurch keine wesentliche Ablenkung erfährt. Dieses Ziel dürfte sich, soweit es sich um m ä ß i g e Störungen handelt, immerhin erreichen lassen. Allerdings zeigt die nähere Untersuchung, daß einige der Bedingungen für diese Stabilität zweiter Art, wie ich die Stabilität bei unruhiger Luft nennen will, das Gegenteil von dem zu verlangen scheinen, was man für die Stabilität erster Art, die Erhaltung des Gleichgewichts, als nötig ansieht. Dies schließt nicht aus, daß noch Anordnungen gefunden werden, die beiden Forderungen in genügendem Maße gerecht werden. Eine Möglichkeit, sich diesen Forderungen anzunähern, besteht in folgendem: Macht man durch irgend eine passende Anordnung die Schwingungszeit der Schwerpunktschwingungen („Hauptschwingung und zweite Seitenschwingung“) möglichst groß, die der beiden anderen, der Drehschwingungen, möglichst klein, oder was dasselbe ist, die stabilisierenden Kräfte für die ersten beiden Schwingungen sehr klein, die der anderen groß, so dreht sich die Flugmaschine bei Wechseln in der Windrichtung schnell der neuen Richtung zu und wird währenddessen in ihrer Schwerpunktsbahn nur sehr wenig abgelenkt. Die langsamen Schwingungen des Schwerpunkts lassen dem Führer reichlich Zeit, mit dem Steuer einzugreifen. Sollten sich bei der Ausführung dieser Idee Schwierigkeiten ergeben, so dürfte es wohl zweckmäßiger sein, die Stabilität zweiter Art

auf Kosten der ersten Art zu bevorzugen, da das Balanzieren in einer ein wenig labilen Gleichgewichtslage wohl leichter ist, als der Kampf mit den unsichtbaren Windstößen. Der Flugapparat von W. und O. Wright, der im gewöhnlichen Sinne nicht stabil ist, scheint diesen Gedanken zu verwirklichen; wenn es wahr ist, daß die Wrights bei größeren Windstärken noch fliegen, als die „stabilen“ Maschinen, beispielsweise des Voisinschen Typs, so wäre dies aus dem genannten Gesichtspunkte verständlich.

Wie man sich dem vorhin aufgestellten Ideal der völligen Stabilität praktisch nähern kann, dafür möchte ich noch ein Beispiel vorführen. Man kann dem Vorerwähnten entsprechend eine Verbesserung der Gangart in unruhiger Luft dadurch erzielen, daß man die Tragflächen verstellbar, z. B. elastisch nachgiebig macht. Macht man sie gerade so nachgiebig, daß infolge der Abnahme der Wölbung bei den größeren Geschwindigkeiten der Auftrieb sich innerhalb eines weiten Bereiches von Geschwindigkeiten nur wenig ändert, so kann der Flugapparat seine wagerechte Bahn fast unabhängig von den Wechslen der Windstärke fortsetzen¹⁾.

Versuch mit einem Gleitfliegermodell mit elastischen Tragflächen aus Papier, vgl. Fig. 12. Die Flugbahn ist bei großer und kleiner Abfluggeschwindigkeit fast eine Gerade, während sie bei einem Modell mit starren Flächen bei zu großer Geschwindigkeit nach oben konkav, bei zu geringer konvex ist (sie setzt sich hier, falls Stabilität vorhanden, als eine Wellenlinie mit abnehmender Wellenhöhe fort; beim elastischen Flieger ergibt sich eine ungemein langgestreckte Welle, wie sie im Vorerwähnten gefordert wird.

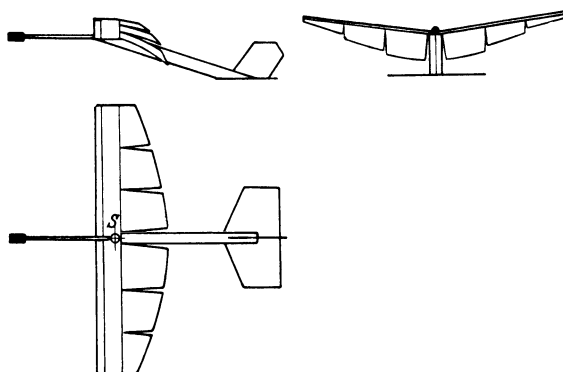


Fig. 12.

Das richtige Verhalten bei seitlichen Windstößen läßt sich durch geeignete Anordnung der senkrechten Flächen, für die die Maschinen von Wright und Blériot als Musterbeispiele genannt werden können, ebenfalls einigermaßen erreichen.

Vorführung des Verhaltens bei seitlichem Windangriff: Die Modelle werden so abgeworfen, daß ihre Längsachse gegen die Abwurfrichtung seitlich verdreht ist. (Dies entspricht dem Eintritt der Flugmaschine in eine seitliche Windströmung, wo auch die Flugmaschinenachse mit der Relativbewegung zur Luft einen Winkel bildet.) Der vorher gezeigte elastische Gleiter der auch dieser Bedingung gut genügt — er hat nur hinten eine größere lotrechte Fläche, behält seine Richtung fast ganz bei, das vorher gezeigte stabile Modell wird gänzlich abgelenkt.

Leider zeigt sich, daß — wenigstens bei den bisherigen Anordnungen — Verbesserungen der Stabilität meist mit Verschlechterungen der Tragfähigkeit, also auch der Ökonomie verbunden sind; dies rührt davon her, daß es zur Erreichung der Stabilität nötig ist, die verschiedenen Flächen ungleich stark zum Tragen heran-

¹⁾ Die Idee stammt m. W. von den Herren v. Sigsfeld und v. Parseval.

zuziehen, ja selbst die Luft von oben auf sie drücken zu lassen, während es ökonomisch wäre, alle Flächen mit ihrer besten Tragfähigkeit wirken zu lassen. Wieder ist hier der instabile Wrightsche Apparat zu nennen, bei dem alles Ökonomie ist, wie schon an der im Vergleich zu den gleich großen französischen Apparaten viel geringeren Motorstärke deutlich zu erkennen ist.

Daß die Wrights ihren Apparat trotz seiner Instabilität so sicher meistern können, liegt, außer an der erforderlichen großen Übung, wesentlich an den richtig gewählten Steuerorganen, wie denn überhaupt betont werden muß, daß wirksame und gut zu handhabende Steuer einen noch weit größeren Anteil an dem guten Funktionieren einer Flugmaschine haben, als gute Stabilitätseigenschaften.

Über Steuerung mögen nun folgende Bemerkungen hier genügen. Man unterscheidet Höhensteuerung und Seitensteuerung. Die erstere hat Bezug auf die Abänderungen der Fahrtrinie innerhalb der durch die Fahrtrichtung gelegten senkrechten Ebene, letztere auf das Heraustreten aus dieser Ebene. Die Höhensteuerung wird meist durch Flächen bewirkt, die um eine wagerechte Achse drehbar sind, und die dem Apparat zum Höher- oder Tiefersteigen verschiedene Neigung gegen die Fahrtrichtung geben; die Seitensteuerung spaltet sich bei den vollkommeneren Apparaten noch in zwei, von denen die eine den Apparat bei der Ausführung von Wendungen um die lotrechte Achse dreht, die andere dagegen gestattet, den Apparat um die Längsachse zu neigen oder solche Neigungen zu beseitigen. Bei einigen Apparaten werden diese beiden Vorgänge durch dasselbe Steuer bewirkt bzw. die Einstellung der Seitenneigung den stabilisierenden Kräften überlassen (die Voisin-Maschinen sind z. B. von dieser Art). Es ist ersichtlich, daß mit einer besonderen Steuerung für die Seitenneigung, die durch Verwindung der Flügelspitzen (Wright) oder Drehung von dort angebrachten Klappen (Antoinette, Farman usw.) u. dergl. bewirkt wird, die Kurven sicherer genommen und die seitlichen Windstöße schneller pariert werden können, als ohne solche Einrichtungen.

Wie schwierig es übrigens sein muß, mit den drei Steuern gleichzeitig zu balancieren, geht daraus hervor, wie lange die Schüler Wrights mit dem völlig ausprobierten Apparat lernten und übten, bis sie selbständig seine Führung übernahmen. Die Steuerung würde aber sofort leicht zu erlernen sein, wenn eine selbsttätige Einrichtung dem Führer das Balancieren und das Kurshalten in unruhiger Luft abnähme, so daß ihm nur noch das eigentliche „Lenken“ übrig bliebe. Vielleicht bringen die nächsten Jahre eine derartige Erfindung; dann allerdings wäre das Zeitalter der Flugdroschke wirklich angebrochen.

XIII. Die Entwicklung des Tierfluges.

Von

Professor Dr. **August Pütter**-Göttingen.

Ein fundamentaler Fortschritt, den der Mensch den Tieren gegenüber gemacht hat, liegt darin, daß er, um Leistungen zu vollbringen, die ihm seine gegebene körperliche Organisation nicht ermöglicht, sich Werkzeuge, Maschinen baut, während im ganzen übrigen Organismenreich eine neue Leistung durch Umbildung der körperlichen Organisation, durch Erwerbung neuer Organe oder doch einseitige Ausbildung vorhandener Organe möglich gemacht wird.

Ist eine derartige Organisationseigentümlichkeit einmal erworben, so hält es schwer und erfordert gewaltige Zeiträume, um sie abzuändern oder durch neue Einrichtungen zu ersetzen, während der Mensch in der Lage ist, seine Maschinen stets mit neuen, als zweckmäßiger erkannten, zu vertauschen.

Wir befinden uns gegenwärtig in der merkwürdigen Epoche, in der der Mensch etwas ganz Neues lernen will, sich ein Organ schaffen will für eine Fähigkeit, die er seit den ältesten Zeiten früher Menschenbildung mit Neid betrachtet hat. Wir stehen unter dem Zeichen des Erlernens des Fluges und die großen Resultate, die die letzten Jahre gebracht haben, lassen uns kühne Hoffnungen an die Entwicklung knüpfen, deren Anfang wir miterleben durften, deren Abschluß erst späte Generationen sehen werden.

In einer solchen Zeit, wo wir bereits eine Ahnung von den Schwierigkeiten des Fluges bekommen haben, richtet sich naturgemäß die Aufmerksamkeit wieder in erhöhtem Maße auf die Virtuosen des Fliegens, die wir so oft in ihren Leistungen angestaunt haben, auf die fliegenden Tiere; und die Frage, wie diese Fähigkeiten erworben wurden, gewinnt für uns mehr als nur ein abstrakt-wissenschaftliches Interesse. Wir dürfen hoffen, daß die Natur uns in den Flugtieren Modelle zeigt, die wir in einzelnen Zügen mit Erfolg werden nachahmen können, und jedenfalls muß der Einblick in die Vielgestaltigkeit der fliegenden Tierformen nicht nur dem Biologen von Fach lehrreich sein, sondern vor allem dem Flugtechniker zeigen, welche verschiedenen denkbaren Möglichkeiten für fliegende Apparate realisierbar sind.

In dem engen Rahmen eines Vortrages müssen wir natürlich eine Auswahl aus der Fülle der Probleme treffen, die das Studium des Tierfluges und der Flugtiere uns aufdrängt, und so soll es heute meine Aufgabe sein, mit wenigen Strichen die Wege zu skizzieren, auf denen die Natur die Schwierigkeiten überwunden hat, die der Bewegung in der freien Atmosphäre entgegenstehen.

Die Fähigkeit zu fliegen ist im Tierreich ungemein weit verbreitet, viel mehr, als man auf den ersten Blick denkt. Wenn wir die Gesamtzahl der lebenden Tierarten auf ca. 420 000 ansetzen (M ö b i u s), so befinden sich unter ihnen etwa 260 000 Flieger und nur 160 000, die dieser Bewegung unfähig sind (D ö d e r l e i n). Die Flieger verteilen sich auf die einzelnen Tierklassen etwa in folgender Weise:

Insekten	ca. 250 000
Vögel	ca. 13 000
Fledermäuse	ca. 600
Flugfische	ca. 60

Es können also etwa 62 % aller lebenden Arten fliegen.

Bei Tieren, die gewöhnlich im Wasser leben, trifft man die Fähigkeit zu fliegen kaum an, wie der einzige interessante Ausnahmefall der Flugfische zeigt. Im allgemeinen haben nur Landtiere das Fliegen erlernt: 75 % aller Landtiere können fliegen.

Es sind unter den Landtieren diejenigen zum Fliegen gekommen, die eine genügend rasch arbeitende Muskulatur besitzen: nur l e b h a f t e Tiere können fliegen; eine Schnecke wird das nie zustande bringen, wie die ganze ungeheure Formenfülle der Mollusken lehrt, unter denen keine einzige Art zu treffen ist, die auch nur die spärlichsten Ansätze des Flugvermögens zeigte.

Dementsprechend sind es nur zwei Stämme von den zehn großen Stämmen, in die man das Tierreich einzuteilen pflegt, in denen Flugtiere vorkommen, nur die Stämme der G l i e d e r f ü ß l e r und auch hier nur die Klasse der Insekten, und der Stamm der W i r b e l t i e r e.

Wir können eine große Anzahl tiefgehender Unterschiede zwischen fliegenden Insekten und fliegenden Wirbeltieren dadurch charakterisieren, daß wir die Insekten als Kleinflieger, die Wirbeltiere als Großflieger hinstellen.

Das ist nur eine grobe Schema-Einteilung, denn wir wissen, daß es libellenartige Insekten gegeben hat, bei denen die Spannweite der Flügel ca. 60 cm betrug, soviel wie bei einer Taube oder einem kleinen Falken, und andererseits sinkt die Größe der fliegenden Wirbeltiere in der Ordnung der Kolibris auf Dimensionen, die die Abmessungen einer Hummel nicht mehr übertreffen.

Trotzdem wird es zweckmäßig sein, die Frage, wie das Flugvermögen erworben wurde, für diese beiden großen Tiergruppen getrennt zu behandeln, und wir wollen zunächst für die Wirbeltiere den Entwicklungsgang zu verfolgen suchen.

Die Urkunden der Entwicklung brauchen wir nicht in den spärlichen Resten der Tierwelt vergangener Erdperioden zu suchen, sondern finden noch heute zahlreiche Formen, die erst die ersten Schritte in der Richtung der Erwerbung des Flugvermögens gemacht haben, und diese Anfänger sind uns für unsere Fragestellung heute interessanter, als die Meister des Fluges selbst.

Zwei wesentliche Bestandteile eines Flugtieres sehen wir getrennt zur Entwicklung gelangen: die S e g e l f l ä c h e n und die Motoren für den Flug, die F l u g m u s k e l n.

Die primitivsten Formen von Wirbeltieren, die die Luft auf eine gewisse Strecke zu durchmessen vermögen, sind „G l e i t f l i e g e r“, d. h. Tiere, bei

denen Segelflächen vorhanden sind, die ihnen gestatten, von erhöhten Stellen abgleitend, oft nicht unbeträchtliche Strecken zu fliegen.

Man hat diese Tiere vielfach als „Fallschirmtiere“ bezeichnet, aber unter einem Fallschirm verstehen wir etwas ganz anderes, wie die Segelflächen dieser Gleitflieger es sind. Mit Recht dürfen wir eine Reihe von Einrichtungen im Pflanzenreich als „Fallschirme“ bezeichnen, die je nach der Form ihrer Flächen und der Lage ihres Schwerpunktes gewöhnliche oder Rotations-Fallschirme darstellen, in mannigfachster Ausgestaltung, wie Dinglers Monographie uns gezeigt hat.

Betrachten wir das Entwicklungsstadium des Gleitfliegers, so sehen wir, daß es bei den Wirbeltieren in vier verschiedenen Gruppen zur Ausbildung gelangt ist.

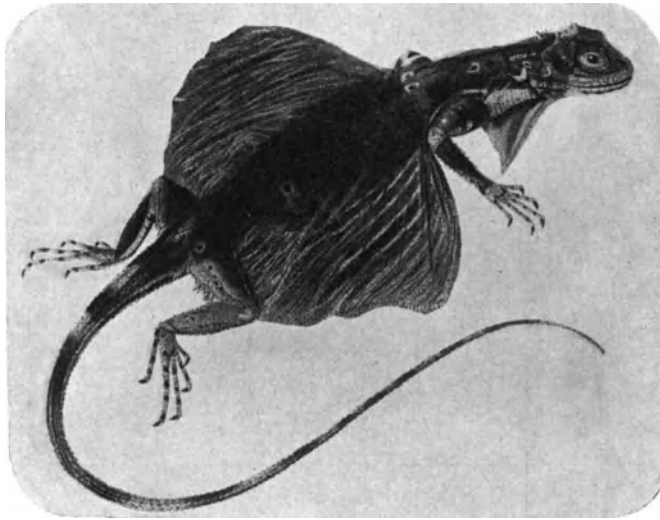


Fig. 1.

Da haben wir zunächst unter den Reptilien den kleinen javanischen Flugdrachen (Fig. 1). Das Tier ist kaum größer als unsere gewöhnlichen Eidechsen, denen es in der allgemeinen Gestalt gleichet. An beiden Körperseiten aber kann eine breite Flughaut ausgespannt werden, eine Segelfläche, die durch bedeutend verlängerte Enden der Rippen gestützt ist. Bewegungen, die einem aktiven Fluge dienen könnten, führt der Flugdrache nicht aus; Zusammenfalten und Ausbreiten sind die einzigen Bewegungen dieser Haut. Ob ein dreieckiger Hautlappen an der Kehle, der im Geitflug anscheinend gleichfalls ausgespannt wird, als vertikale Steuerfläche dient oder irgendwelche andere Bedeutung hat, ist unbekannt.

Unter den Säugetieren sind es die Flugeichhörnchen, die Flugbeutel und die Flugbilche (Döderlein), Tiere von der Größe einer Maus, bis zu der eines Marders, bei denen zwischen den Vorder- und Hinterextremitäten Flugflächen ausgespannt sind, die es den Tieren ermöglichen, von Baum zu Baum weite Strecken zu durchsegeln.

Alle diese Gleitflieger sind **Baumtiere**, **Klettertiere** (Döderlein), und das lehrt uns sogleich, woher sie die Energie nehmen, die nötig ist, um die Schwebegeschwindigkeit zu erreichen.

Eine Aeroplanfläche trägt bei einer bestimmten Geschwindigkeit schwebend ein gewisses Gewicht. Wir können rechnen, daß 1 m² Fläche bei 1 m/sec.: 60 g zu tragen vermag, und daß diese Tragfähigkeit mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Der kleine Flugdrache wiegt z. B. 5 g und hat etwa 20 cm² Segelfläche, d. h. auf 1 m² würden 2,5 kg Belastung entfallen, und um diese schwebend

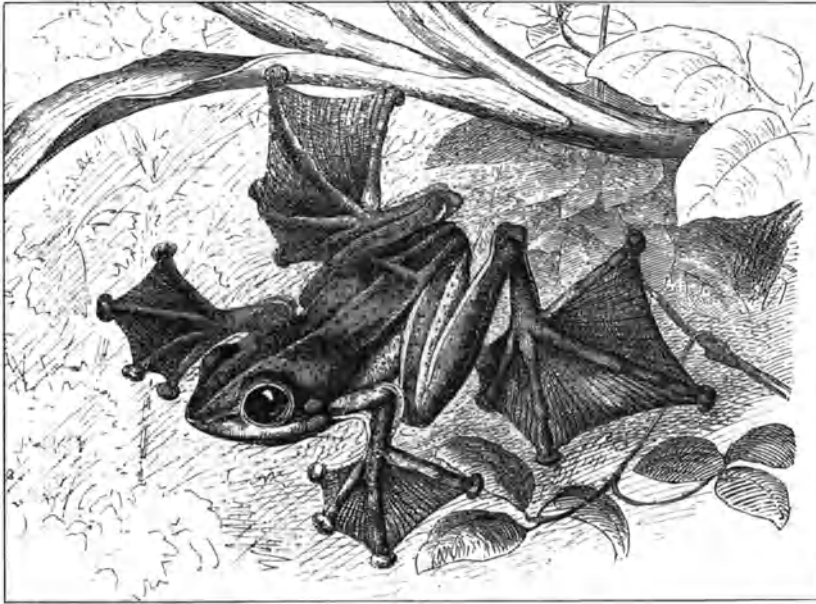


Fig. 2.

zu erhalten, müßte er eine Fluggeschwindigkeit von 6,5 m/sec haben. Wie erteilt er sich diese Geschwindigkeit?

In ganz der gleichen Weise, wie die Begründer des Schwebefluges beim Menschen, wie Lilienthal, wie die Gebr. Wright es getan haben: Durch Ableiten von einem erhöhten Punkt. Und diese erhöhten Punkte erreicht der Flugdrache, sowohl wie alle anderen Gleitflieger, durch Klettern.

Auf diesem ersten Stadium des reinen Gleitfliegers fehlt es noch völlig an Flugmuskulatur. Die Tiere klettern und springen gewandt, erteilen sich so eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit, und in dem Maße, wie der Luftwiderstand ihre Bewegung bremst, sinken sie herab.

Es ist schon ein nennenswerter Fortschritt, wenn durch Bewegungen der Segelflächen ein Flatterflug zustande kommt; der zwar in seiner Leistung weit hinter dem Vogelfluge zurücksteht, aber doch dem reinen Gleitflug gegenüber eine Erhöhung der Leistung bedeutet.

Als Beispiel hierfür können wir den Flugfrosch der Sundainseln (*Rhacophorus reinwardtii*) anführen (Fig. 2). Von seinen Verwandten, die das

Fliegen nicht erlernt haben, unterscheidet sich der fliegende Frosch durch die auffallend starke Entwicklung von Schwimm- oder vielmehr Flughäuten, zwischen den verlängerten Phalangen der Vorder- und Hinterextremitäten. Während des „Fluges“ spannt er dieselben breit aus und hält die Extremitäten so an den Körper, daß dadurch der Umfang stark vergrößert wird. Das wären Einrichtungen für einen gewöhnlichen Gleitflug. Weiter aber führt er, und das ist ein Fortschritt gegenüber dem Flugdrachen, rasche und kräftige Bewegungen mit seinen Flughäuten aus, wodurch seine Flugbahn schwächer geneigt verläuft und auch — durch ungleich



Fig. 3.

starke Betätigung der Flughäute beider Seiten — spirale Form annehmen kann (Siedlecki).

Unter den Flattertieren hat es der *Flattermaki* (Fig. 3) am weitesten gebracht. Die Entwicklung seiner Segelflächen erinnert schon an jene der Fledermäuse und ziemlich ausgiebige Flugbewegungen gestatten dem Tier bereits, weitere Strecken zu durchmessen. Um schweben zu können, müßte sich der Flattermaki eine Geschwindigkeit von 12,6 m/sec. erteilen, wozu offenbar seine Muskeln doch zu schwach sind, so daß sein Flug ein sehr stark vergrößertes Abgleiten ist.

An der Grenze zwischen den Gleitfliegern und Flatterfliegern einerseits, den wirklich tüchtigen Fliegern andererseits steht eine kleine Gruppe fliegender Wirbeltiere, die des Interessanten so viel bietet, daß sie nicht ganz übergangen werden können: die fliegenden Fische. Zwei Gruppen von Fischen — stammesgeschichtlich

nicht näher miteinander verwandt — haben die Fähigkeit gewonnen, eine oft nicht unerhebliche Strecke weit über den Wellen fliegend dahinzugleiten (Fig. 4).

Man hat angenommen, daß es sich hierbei nur um einen Gleitflug handele, und daß die Tiere, indem sie aus dem Wasser herausspringen, sich die Geschwindigkeit erteilen, die nötig ist, um die fragliche Strecke in der Luft zu durchmessen, aber davon kann keine Rede sein.

Bei der geringen Entwicklung der Flugflächen der Fische würde ein Schweben erst bei ca. 15 m/sec. möglich sein, und wenn man bedenkt, daß die Eigengeschwindigkeit, mit der die Fische sich im Wasser bewegen, kaum 6—8 m erreicht, so ersieht

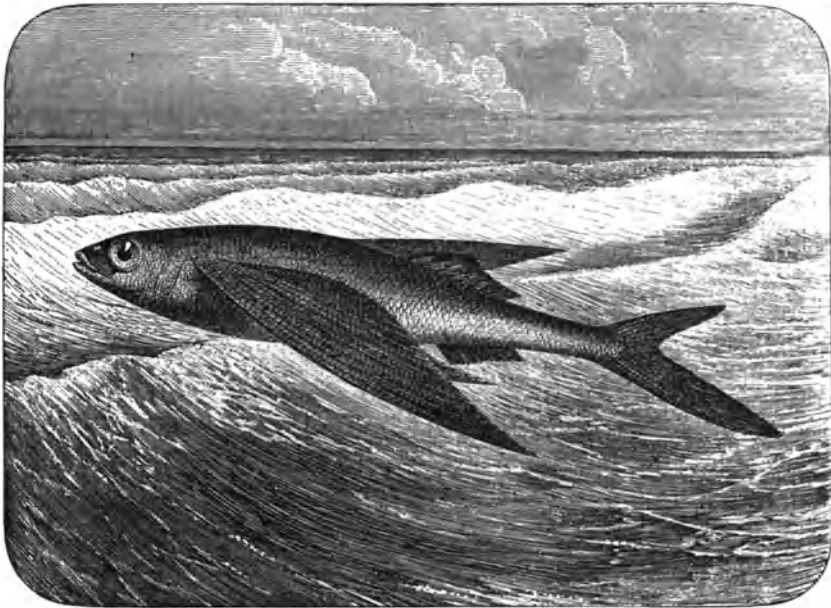


Fig. 4.

man, daß solche Flüge, wie sie tatsächlich ausgeführt werden, keine Gleitflüge sein können, daß die Fische einen *M o t o r* haben müssen, der ihnen in der Luft eine erhebliche Geschwindigkeit erteilt.

Es ist nun sicher beobachtet, daß die Flugfische nicht mit ihren Flügeln schlagen, wie etwa eine Taube, sondern man nimmt nur zitternde Bewegungen der Flügel wahr und hört ein von dieser Bewegung herrührendes Geräusch, ein *Schwirren*. Es ist diesen letzteren Tatsachen keine besondere Bedeutung beigemessen worden, aber offenbar haben wir in diesen Schwirrbewegungen die Energiequelle für den Flug zu sehen. *E x n e r* hat gezeigt, daß sehr rasche Flügelschläge, auch wenn sie nur mit recht geringer Amplitude ausgeführt werden, einen bedeutenden mechanischen Effekt erzielen können, und wir werden vorläufig gut tun, die Flugfische als *Schwirrflieger* anzusehen. Sehr groß ist die Flugleistung allerdings nicht, denn entweder ermüdet die Flugmuskulatur sehr rasch, oder sie reicht überhaupt nicht aus, um die recht hohe Schwebegeschwindigkeit hervorzubringen, und

daher fallen die Tiere nach 50, 100, 150 m wieder ins Wasser ein. Daß es sich um ein Phänomen des aktiven Fluges handelt, daran kann man kaum zweifeln, wenn man die Flugfische in der Natur beobachtet hat und ihre Leistungen mit denen von Gleitfliegern vergleicht. Hier bei den Flugfischen sehen wir eine Möglichkeit angedeutet, zu einer sehr vollkommenen Form des Fluges zu gelangen. Würde die Muskulatur der Flugfische stärker werden, so könnten sie allmählich immer weitere Strecken durchschwimmen und sich so vielleicht zu Lufttieren ausbilden, falls ihre übrige Organisation sich diesem Wandel anzupassen vermöchte. Der Abflug vom Wasser, wie ihn jetzt *Parseval* für seinen Motorflieger benutzen will, ist aber bei der Entstehung der gut fliegenden Wirbeltiere, bei den Vögeln, den Fledermäusen und der ausgestorbenen Gruppe der fliegenden Reptilien, der Flugsaurier, nicht benutzt worden. Die Tiergruppen, die sich zu Fliegern umgestalteten, lebten alle außerhalb des Wassers.

Die Erfahrungen über die Gleitflieger und Flattertiere, als Vorstufen vollendeter Formen des Fluges, weisen uns die Richtung, in der wir die Entstehung des Flugvermögens zu suchen haben: es ist nicht zu kühn, wenn wir ganz allgemein sagen: Die Vögel, Fledermäuse und Flugechsen haben sich aus Baumtieren, aus Klettertieren entwickelt, und die Vorstufe des freien Fluges war auch bei ihnen der Gleitflug und der Flatterflug. Bei den Fledermäusen sehen wir noch jetzt, daß sie sich, wenn sie nicht fliegen, nur kletternd geschickt bewegen können. Legt man eine Fledermaus auf den Boden, so ist sie außerordentlich unbehülflich, unfähig, aufzufliegen, und zeigt sich erst gewandt, wenn sie Gelegenheit hat, von den Krallen Gebrauch zu machen, die ihre Daumen tragen. Bei den Flugechsen sind vier Finger jeder Hand noch mit starken Krallen bewehrt, nur der fünfte, der „kleine Finger“ ist zur Stütze der Flughaut umgestaltet und gewaltig verlängert. Tiere mit solchen Flughäuten können natürlich nicht laufen; auch ihnen war nur die Alternative zwischen Klettern oder Fliegen gestellt.

Bei den Vögeln haben wir gleichfalls zwei deutliche Spuren, daß auch sie sich einst wie Fledermäuse kletternd bewegt haben: Der Urvogel, der *Archaeopteryx* aus dem Solenhofener-Schiefer, hat eine Krallenbewehrung wie die Flugechsen, und außerdem lebt noch heute ein Vogel in Brasilien (*Opisthocomus hoazim*), dessen Junge an den Flügeln Krallen tragen und mit ihnen gewandt auf den Bäumen herumklettern (*Döderlein*). Einen erwachsenen Vogel, der mit Hilfe seiner Vorderextremitäten kletterte, kennen wir nicht, bei den Klettervögeln ist eine besondere Ausbildung der Hinterextremitäten erfolgt, eine spätere Erwerbung, die mit der Ausbildung des Flugvermögens nichts zu tun hat.

Was sich bei den guten Fliegern gegenüber den Gleitfliegern weiter entwickelt hat, ist nicht so sehr die Größe der Flugflächen, als die Flugmuskulatur.

Der kleine javanische Flugdrache hat eine relativ ebenso große Segelfläche wie eine Krickente und eine viel größere wie ein Kolibri, aber ihm fehlt die Muskulatur, um seine Flughaut zu bewegen.

Die Muskelmassen, die den Flügel bewegen, erreichen bei guten Fliegern ein im Vergleich zum ganzen Körper nicht unerhebliches Gewicht. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, können wir sagen, daß die Flugmuskulatur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des gesamten Körpergewichtes ausmacht; dadurch wird es den Vögeln möglich, mit ihren

Flügeln die sehr verwickelten Bewegungen auszuführen, die ein Flügelschlag darstellt.

Die Figuren 5 und 6, die dem Werke des Meisters der graphischen Methoden *Mareys* entnommen sind, zeigen für die Möve die einzelnen Phasen des Flügelschlages aufs beste. Man erkennt, wie der Flügel nicht einfach als Ganzes auf- und abbewegt wird, sondern durch Bewegung in den einzelnen Gelenken die Luft gewissermaßen unter dem Körper des Vogels zusammenpreßt.

Tritt die Entwicklung der Muskulatur als das wesentlich Neue bei den Schwingen-Fliegern gegenüber den Gleitfliegern hervor, so geht daneben auch eine weitere Ausgestaltung der Segelflächen vor sich: die guten Flieger, Möve, Weihe, Falke,

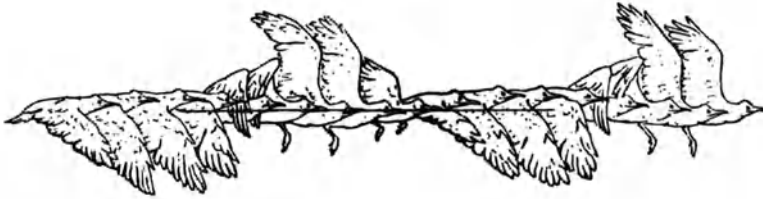


Fig. 5.



Fig. 6.

Adler, Kondor, Albatros sind nicht nur ausdauernde Flieger, sondern auch ohne Flügelschlag, d. h. bei reinem Gleitfluge übertreffen ihre Leistungen weit diejenigen der Anfänger im Fliegen.

Eine kleine zahlenmäßige Übersicht zeigt diese Verhältnisse wohl am deutlichsten:

Wenn wir uns die verschiedenen Vögel, deren Gewicht von wenigen g bis zu mehreren kg schwankt, alle auf eine solche Größe verkleinert bzw. vergrößert denken, daß sie 1 kg wiegen, so können wir berechnen, wie groß ihre Flügelflächen sein würden, und der Vergleich lehrt, wie die nebenstehende Tabelle zeigt, daß hier Unterschiede um das 13—14 fache vorkommen.

Flügelfläche verschiedener Vögel bei Umrechnung auf 1 kg Gewicht.

Kolibri	280 cm ²
Sperling	1420 cm ²
Schwalbe	1540 cm ²
Lerche	2100 cm ²
Rabe	2830 cm ²
Sperber	3300 cm ²
Storch	3700 cm ²

Fig. 7 zeigt dasselbe graphisch dargestellt, wie die Zahlen der Tabelle, indem hier die Umrisse von Storch und Kolibri — den beiden Extremen der Zusammenstellung — bei gleicher Größe dargestellt sind.

Die tatsächlichen Unterschiede in den Leistungen sind noch größer, als diese Zahlen zeigen, denn während die Flügel der kleinen Flieger fast eben, kaum gewölbt sind, nimmt bei den großen die Wölbung immer mehr zu, und eine gewölbte Fläche leistet in bezug auf Luftwiderstand sehr viel mehr wie eine ebene; es würde z. B. die gewölbte Fläche so wirken, wie eine ebene Fläche, die etwa 1,5 mal so groß wäre.

Wir sehen aber gleichzeitig noch etwas Weiteres aus der Tabelle: die relative Größe der Segelflächen nimmt zu, je größer, je schwerer die Tiere werden. Diese Beobachtung führt auf eins der interessantesten Probleme des Tierfluges: Auf die Tatsache, daß die Flugtiere einander nicht *g e o m e t r i s c h* oder *m e c h a n i s c h* ähnlich sind. Nach physiologischen Gesetzen, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, wächst nämlich die Arbeit, die ein Vogel zu leisten vermag, nicht in demselben Maße wie sein Gewicht, sondern nur in dem Maße wie seine Oberfläche. Ist ein Tier 8 mal so schwer wie ein anderes, so kann es nur vier mal so viel Arbeit leisten und muß daher, um trotzdem schweben zu können, eine viel größere Segelfläche haben, die Flächenbelastung muß geringer werden. Diese Erwägung zeigt, daß die *z u n e h m e n d e*, *a b s o l u t e* *G r ö ß e* Veränderungen der für ein fliegendes Wesen notwendigen Proportionen erfordert.

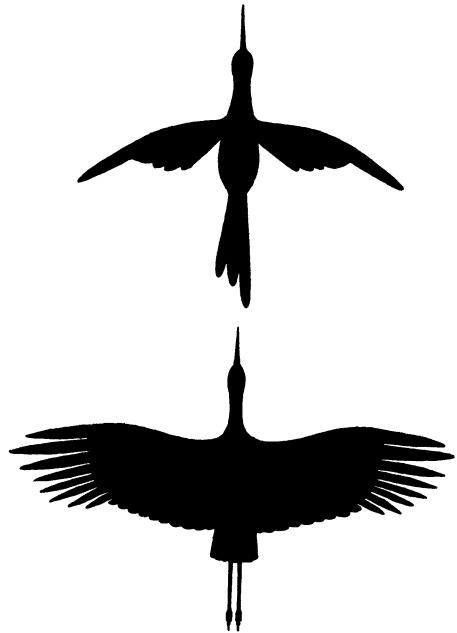


Fig. 7.

Die wachsenden Anforderungen an die Muskelleistung und die Entwicklung der großen Segelflächen stellen offenbar ein Hindernis für eine zu starke Größen- oder Gewichtszunahme der Flugtiere dar. Der große vorweltliche Flieger (Ornithostoma), der den Kondor, unseren größten lebenden Vogel an Spannweite um das Doppelte, an Segelfläche wohl um das 3—4 fache übertraf, dürfte ihn an Gewicht um kaum mehr als 40 % überboten haben und damit (ca. 42 kg) kaum das halbe Gewicht eines fliegend gedachten Menschen erreicht haben.

Diese Erkenntnis führt uns auf die alte Frage, ob es nicht dem Menschen durch geeignete Mechanismen gelingen könnte, durch eigene Muskelkraft zu fliegen.

Ein Storch von 3 kg Gewicht hat etwa $0,5 \text{ m}^2$ Segelfläche. Ein fliegender Mensch, der mit Flugflächen 80 kg wiegen soll, würde dann $4,5 \text{ m}^2$ Segelfläche haben müssen. Während aber der Storch bei etwa 10,5 m/sec. schwebt, würde der Mensch erst bei 17,2 m/sec. seine Schwebegeschwindigkeit erreichen. Will er auch

nur 10—11 m/sec. Schwebegeschwindigkeit haben, so muß seine Segelfläche viel größer sein, nämlich 12 m².

Wenn es nun wirklich dem Menschen einmal möglich würde, durch geeignete mechanische Vorrichtungen in vollkommenster Weise seine Muskelarbeit zum Betrieb eines Flugmechanismus auszunutzen, so würde die Arbeit, die er leisten kann, doch absolut unzureichend zum Fliegen sein. Der Storch leistet pro Sekunde im Fluge 1,7 mkg, der Mensch müßte, um schweben zu können, 64 mkg/sec. leisten, d. h. 0,85 PS. Nun beträgt aber die Leistung deren wir auf etwas längere Zeit bei angestrenzter Arbeit fähig sind, nur 8—10 mkgsec., also nur $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{6}$ der allermindestens unter günstigsten Bedingungen erforderlichen Leistung: Nicht eine günstige Ausnutzung der Körpermuskulatur konnte zum Fliegen führen, sondern nur die

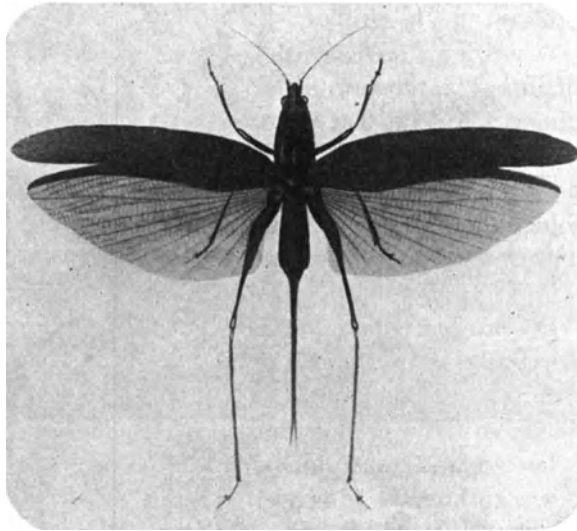


Fig. 8.

überlegene Kraft der Explosionsmotoren, deren Leistung pro Gewichtseinheit die Leistung der Muskulatur der Vögel wie der Menschen ganz gewaltig übertrifft.

Derartige Schwierigkeiten, die aus der bedeutenden absoluten Größe entspringen, sind im Stamme der Insekten nicht zu überwinden gewesen, und entsprechend den geringen Dimensionen, um die es sich hier im allgemeinen handelt, ist die Art des Erlernens des Fluges eine andere als bei den Wirbeltieren gewesen. Wir haben keinerlei Anzeichen dafür, daß die Insekten auf dem Wege über die Klettertiere zu Flugtieren geworden sind, vielmehr finden wir hier einen Modus, der bei Wirbeltieren gar nicht vorkommt.

Bei den Heuschrecken können wir die primitive Form des Abfluges noch heute sehen: mit einem gewaltigen Sprunge beginnt die Bewegung. In der Höhe werden rasch die Flügel ausgebreitet, und dadurch würde, selbst ohne Bewegung der Flügel, ohne Flügelschlag eine ganze Strecke durchsegelt werden können. Eine Heuschrecke schwebt bereits bei einer Geschwindigkeit von $3\frac{1}{4}$ m/sec., eine Geschwindigkeit, die sie sich beim Sprunge wird nahezu erteilen können.

Sie sehen, wir haben es bei dieser Art des Abfluges mit einer Startvorrichtung zu tun, die eine deutliche Ähnlichkeit mit jener der Gebrüder Wright hat; die aber in der Natur nur bei Insekten vorkommt. Kein Wirbeltier verlängert seine Sprünge durch das Ausbreiten von Segelflächen, selbst wenn die Sprünge weit und hoch sind wie etwa beim Känguruh, und wir haben gute Gründe, anzunehmen, daß das wiederum daran liegt, daß die Schwierigkeiten einer derartigen Startvorrichtung mit zunehmender absoluter Größe gewaltig wachsen.

Noch ein Novum zeigt uns die Entwicklung der Flugeinrichtungen bei den Insekten gegenüber jener der Wirbeltiere.

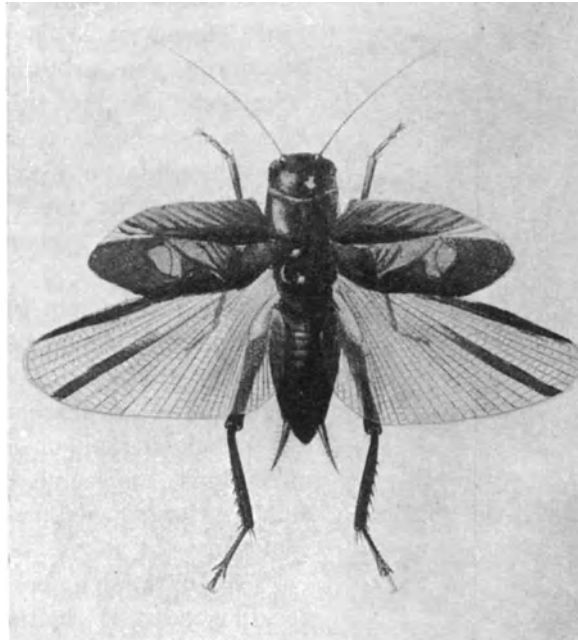


Fig. 9.

Bei letzteren ging aus dem Gleitflieger der Schwingenflieger hervor, wir fanden bei den guten Fliegern niemals Tiere, die außer ihren Schwingen noch Flächen haben, die unbeweglich als Segelflächen ausgebreitet werden; d. h. der Typus des Drachenfliegers, wie er bei unseren Flugmaschinen gegenwärtig der einzige erfolgreiche Typus ist, ist bei den Wirbeltieren nicht realisiert. Wohl aber bei den Insekten. Bei den Heuschrecken und Grillen (Fig. 8 und 9) z. B. werden von den 2 Paar Flügel­flächen nur ein Paar, das hintere Paar, zu Flugbewegungen benutzt, die Vorderflügel sind mehr oder minder starr, werden beim Fluge nur ausgebreitet und dann still gehalten als Segelflächen. Auch bei den Käfern haben wir in den starren Flügel­decken, die den Vorderflügeln entsprechen, dieselbe Einrichtung.

Alle diese Drachenflieger haben gemeinsam, daß ihre Horizontalsteuerung sehr schlecht ist. In der Vertikalen können sie sich leicht und sicher bewegen, die Steuerung in der Horizontalen ist auffallend schwerfällig, während diejenigen

Insekten, bei denen Vorder- und Hinterflügel als Motoren ausgestaltet sind, die Schmetterlinge, Bienen, Wespen, Libellen, auf das feinste zu steuern vermögen. Wir würden danach die Regel aufstellen, daß nur diejenigen Insekten gut gesteuert fliegen, die zwei Paar Flugorgane haben. Da scheinen die Fliegen und Mücken eine Ausnahme zu bilden, denn sie haben, wie schon der Ordnungsname Dipteren, Zweiflügler andeutet, nur 2 Flügel, allerdings auch keine Segelflächen.

Bei den Dipteren aber findet sich gerade eine Einrichtung, die die Bedeutung des zweiten Paares der Flugorgane für die Steuerung aufs deutlichste illustriert. An der Stelle der Hinterflügel tragen die Fliegen und Mücken die sogenannten Schwingkolben oder Halteren, kleine unscheinbare Gebilde, die als Flugorgane ganz ungeeignet erscheinen, aber für die Steuerung von größter Bedeutung sind. Schneidet man sie ab, so können die Fliegen nur noch schräg abwärts fliegen und überschlagen sich im Fluge leicht, horizontaler Flug und Flug nach aufwärts sind unmöglich, ebenso das seitliche Steuern.

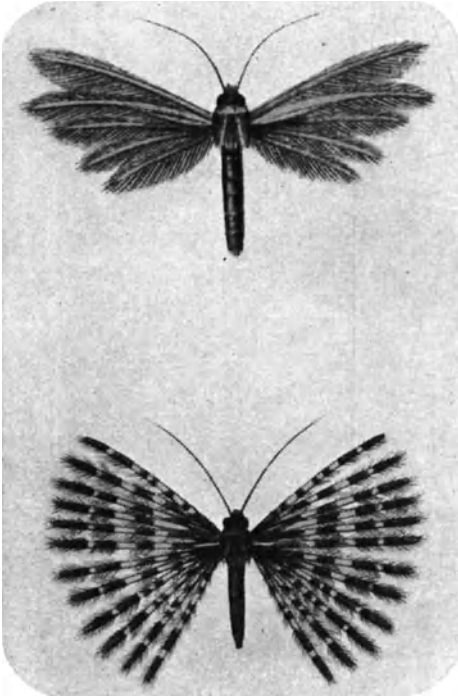


Fig. 10.

Hängt man ein kleines Gewicht an den Hinterleib der Fliege, so ist sie wieder imstande, horizontal und aufwärts zu fliegen. Der Mechanismus der Wirkung dieser Schwingkolben ist noch durchaus nicht klar, und seine Erforschung dürfte dem Aviatiker näher liegen als dem Biologen.

Drängte sich bei der Betrachtung der fliegenden Wirbeltiere die Frage auf, ob es wohl eine obere Grenze für die Größe eines fliegenden Tieres gäbe, die aus physikalischen oder physiologischen Gründen kaum überschritten werden kann,

so müssen wir bei den Insekten fragen, ob es nicht auch eine untere Grenze der Größe für fliegende Tiere gibt.

Bei den Wirbeltieren war die Begrenzung der Größe gegeben durch die wachsenden Anforderungen an die Muskulatur, denen diese schließlich nicht mehr gerecht werden konnte, also in einem physiologischen Moment. Bei den Insekten ist das anders: Je kleiner die Tiere sind, desto günstiger stellt sich das Verhältnis zwischen dem Arbeitsaufwand, den der Flug erfordert, und demjenigen, der von der Muskulatur geleistet werden kann. Bei kleinen Dimensionen aber und geringen Geschwindigkeiten spielt eine Eigenschaft der Luft eine Rolle, die wir im gewöhnlichen Leben nicht kennen: Die Zähigkeit der Luft. Es würde zu weit führen, auf diese Eigenschaft und die Formeln, nach denen sich ihre Größe berechnen läßt, hier näher einzugehen, ich möchte nur zeigen, daß

wir durch gewisse Beobachtungen dahin geführt werden, eine Bedeutung dieses Faktors anzunehmen.

Die Flügel der Geisteschen (Federmotten) sind, wie Fig. 10 zeigt, höchst sonderbar gestaltet, und wir können daran denken, daß diese zerschlissenen Flächen, die ja in Natur recht klein sind, infolge der Zähigkeit der Luft noch ebenso wirken, als wären es lückenlose Flugflächen. Ob es aber eine Grenze der Flügelgröße bzw. eine Grenze für das Produkt von Flügelgröße und Geschwindigkeit der Flügelbewegung gibt, bei der infolge der Zähigkeit kein Effekt im Sinne des Fliegens mehr zustande kommt, das ist eine Frage, zu der verschiedene Beobachtungen bei kleinen und kleinsten Flugtieren wohl anregen, die zu beantworten ich mich aber nicht kompetent fühle.

Bei allen Einrichtungen zum Fliegen, die wir bei Tieren finden, handelt es sich um Flugapparate, die schwerer als Luft sind. Nirgends ist die geringste Andeutung einer Entwicklung zu erkennen, die in der Richtung auf den Lenkballon oder auch nur auf die durch Gasauftrieb entlastete Flugmaschine hin läge. Dieser Satz widerspricht einer landläufigen Anschauung, die noch immer nicht ganz begraben ist, der Anschauung, daß die Luftsäcke der Vögel, die ja mit körperwarmer Luft, d. h. Luft von ca. 40°, gefüllt sind, aerostatisch wirken, also das spezifische Gewicht der Tiere verminderten, daß das Fliegen ihnen angeblich leichter würde als ohne diese Luftsäcke. Eine einfache Überschlagsrechnung lehrt, wie absolut verschwindend dieser Auftriebsgewinn ist. Eine Taube von 400 g Gewicht würde im günstigsten Falle etwa 10 mg ($\frac{1}{100}$ g) Auftrieb auf diese Weise erhalten, ein Wert, der für die Flugarbeit vollständig zu vernachlässigen ist. Selbst wenn die Luftsäcke mit Wasserstoff gefüllt wären, würden sie nur ca. $\frac{1}{10}$ g Auftrieb geben und damit auch noch nichts leisten. Die Luftsäcke stehen nun allerdings in naher Beziehung zum Fliegen, aber nur in derselben Weise, wie die möglichst ökonomische Bauart des Vogelkörpers im allgemeinen. Das Problem mit möglichst geringem Gewicht einen maximal haltbaren Flieger zu bauen, an dem unsere Flugtechniker heute mit mehr oder minder Erfolg arbeiten, ist im Vogelkörper in hervorragender Weise gelöst. Dahin gehört die Lehre von den pneumatischen Knochen der Vögel, von dem Verlust der Zähne usw. Dahin gehören auch die Luftsäcke, die eine vortreffliche Ventilation der Lungen ermöglichen, die ja bei raschem Fluge gewaltig belastet sind. Aber auf alles dieses können wir hier nicht näher eingehen.

Wir haben versucht, in skizzenhafter Kürze zu zeigen, auf wie verschiedene Art die Natur es verstanden hat, das Problem zu lösen, Körper „schwerer als Luft“ zum Fliegen zu bringen. Es liegt für den Biologen nichts Geheimnisvolles in den Leistungen, die von Flugtieren vollbracht werden. Diese Leistungen sind uns *p r i n z i p i e l l* recht wohl aus unseren allgemeinen physiologischen Erfahrungen verständlich. Das soll freilich nicht heißen, daß alle Probleme des Tierfluges gelöst wären, noch manche Kontroverse schwebt, noch mancher Punkt bedarf der Aufklärung; aber wir dürfen behaupten, daß die Flugierte keine prinzipiell anderen Mittel zu ihrer Bewegung in der Luft verwenden, wie andere Tiere sie zum Schwimmen und Klettern, zum Laufen und Springen benutzen, und daß in allmählicher Vervollkommnung aus diesen Bewegungsformen sich die Fliegekunst der Tiere entwickelt hat.

Wenn der Größenentwicklung fliegender Tiere ein Hindernis im Ver-
sagen der Muskulatur entgegenstand, so hat der Mensch durch die leichten
und starken Motoren diese Klippe heute überwunden: Um eine Pferdestärke einige
Stunden hindurch zu leisten, würden etwa 300 kg menschlicher Muskulatur erforder-
lich sein. Der Taubenmuskel ist pro Gewichtseinheit wesentlich leistungsfähiger,
so daß bereits 30—40 kg eine Pferdekraft leisten können, aber auch diese Leistung
bleibt weit zurück hinter unsern modernen Motoren, deren Gewicht, wenn man den
Brennstoff und das Schmieröl für einige Stunden hinzurechnet, doch erst 4—6 kg
pro Pferdekraft beträgt.

So ist vorläufig nicht zu befürchten, daß auch wir mit unsern Flugmaschinen
zu bald an die Grenze ihrer Größe und Tragfähigkeit gelangen werden.

Das Studium der fliegenden Tiere zeigt so günstige Verhältnisse in bezug auf
die Gestalt der Flieger, die Verteilung der Last des Körpers, in bezug auf auto-
matische Stabilität und was dergleichen Erfordernisse eines sicheren Fluges mehr
sind, daß wir hieraus immer von neuem den Antrieb zu Verbesserungen unserer
Flugmaschinen schöpfen können.

XIV. Quelques notes sur les ascensions en ballon libre.

Von

Oberst **Schaeck**-Bern.

Mesdames, Messieurs!

Lorsqu'en 1783 les premiers ballons se sont élevés dans les airs, l'enthousiasme fut partout indescriptible et l'on crut que l'homme pourrait dans un avenir prochain se mouvoir librement dans l'atmosphère. Mais le problème de la navigation aérienne était plus difficile à résoudre qu'il n'avait paru au premier abord et il était réservé à une autre époque, à la nôtre, de voir le succès récompenser les efforts immenses faits pour la conquête de l'air. Nous applaudissons chaque jour aux merveilleux voyages que les ballons dirigeables font en Allemagne et en France; nous lisons avec émotion les récits des vols remarquables par lesquels on arrive à parcourir, un jour, 100 kilomètres, le jour suivant 120, puis 150 et enfin 180 km; de sorte que nous pouvons croire que nos espérances les plus audacieuses seront bientôt réalisées.

Cependant, à notre admiration sans limites, se mêle pour nous, vieux aéronautes, une certaine mélancolie; nous craignons de voir abandonner, dans un avenir pas trop éloigné, le ballon sphérique, auquel nous devons tant d'émotions et de joies, ce fidèle véhicule qui nous a si souvent transportés au-delà des nuages. Mais ces craintes sont chimériques, car rien ne saurait remplacer ces magnifiques voyages du ballon libre. Les dirigeables sont trop bruyants, trop agités et si l'on vante la douceur du vol des aéroplanes, ceux-ci ne sauraient cependant encore s'élever à de très grandes hauteurs, ni faire des raids d'une longue durée. L'agrément de l'ascension en ballon libre réside dans l'équilibre parfait, le calme dont on jouit, la possibilité d'admirer en tout repos les paysages magnifiques qui se présentent à nous. De plus, l'ignorance où l'on est du parcours que l'on suivra, l'imprévu qui surgit à chaque moment, ne sont pas l'un des moindres charmes de ces voyages et ceux-là seuls, qui plusieurs fois ont erré ainsi à l'aventure dans l'océan aérien, peuvent en éprouver toutes les jouissances, même si, ensuite ils ne savent pas trouver toujours les mots nécessaires pour exprimer leurs impressions. Mais ce n'est pas le sport seul qui fait la valeur de ces ascensions; elles sont utiles à tous ceux qui veulent augmenter leur connaissance du domaine aérien, à

l'homme instruit qui cherche à voir de près les phénomènes de l'atmosphère, au savant qui veut étudier plus exactement les lois de la météorologie. Elles leur sont indispensables, car seules, elles leur permettent de pénétrer dans les profondeurs de l'air dans les conditions les plus favorables. Elles sont aussi utiles à celui qui veut apprendre à conduire les nouvelles nefs aériennes et se familiariser avec les différents états du milieu dans lequel elles doivent naviguer. Aussi malgré les prévisions pessimistes, l'avenir du ballon libre paraît être assuré pour longtemps.

Pour le profane la conduite du ballon libre paraît être des plus simples : on jette du lest et l'on ouvre la soupape ; oui, mais il faut savoir quand, pourquoi et dans quelle mesure on doit le faire.

Comme le sphérique n'est pas dirigeable, qu'il va au gré du vent, le pilote doit s'occuper surtout de l'équilibre dans le sens vertical et cet équilibre est obtenu en réglant le poids du ballon. Celui-ci est très grand et c'est souvent un sujet d'étonnement que de constater que des poids aussi considérables peuvent se mouvoir si facilement dans l'air. Un ballon de 1700 mètres cubes entièrement équipé pèse environ 500 kilogrammes ; il faut compter encore à peu près 300 kilos pour quatre voyageurs et de plus le lest. Combien prend-on de lest dans un ballon ? demande-t-on souvent ; autant que l'on peut en prendre. Cette quantité varie suivant le cube de l'aérostat, la nature et la qualité du gaz, l'état de l'atmosphère, le matériel employé et l'altitude du lieu de départ. Il faut considérer ici le principe d'Archimède ; il est remarquable qu'il y a eu un intervalle de plus de deux mille ans entre le jour où ce principe a été découvert pour l'eau et celui où l'on a pensé à l'appliquer à l'air. Il est vrai que les propriétés des gaz ont été longtemps inconnues et que l'on manquait du matériel nécessaire pour conserver ceux-ci.

Un corps plongé dans l'air perd un poids égal à celui de l'air qu'il déplace ; c'est ce principe qui règle l'aérostation. Un ballon de 1700 m. c., par exemple, déplace 1700 m. c. d'air pesant 1293 grammes, soit environ 2200 kg. Il faut en déduire le poids du matériel et celui des passagers, c'est-à-dire environ 800 kg ; il reste donc 1400 kg. Mais ceux-ci ne sont pas tous disponibles, car il n'a pas encore été tenu compte du poids du gaz employé au gonflement et qui n'est nullement négligeable. Pour le gaz d'éclairage, de qualité ordinaire, nous pouvons admettre environ 590 grammes au mètre cube, ce qui pour ce ballon fera à peu près 1000 kg. Il nous reste donc environ 400 kg qui seront utilisés pour le lest. Si le gonflement avait eu lieu au moyen de l'hydrogène, dont le mètre cube, lorsqu'il n'est pas pur, pèse environ 200 gr, le poids du gaz serait de 340 kg, ce qui nous permettrait de prendre 1060 kg de lest. L'altitude du lieu de gonflement a une grande importance, car la diminution de pression des gaz amène une perte de force ascensionnelle assez considérable pour les lieux élevés ; tous les chiffres précédents se rapportent au niveau de la mer. Lorsque l'on veut calculer ainsi un peu exactement, il faut examiner aussi avec soin le matériel et l'état de l'atmosphère. Le premier est souvent un peu plus lourd que l'on pensait et il suffit d'un peu d'humidité pour

l'alourdir encore davantage; et de plus, les variations de la pression barométrique, d'un jour à l'autre, peuvent avoir une assez grande influence sur le poids de l'air et celui du gaz.

La différence entre le poids de l'air déplacé par le ballon et le poids du gaz qui le remplit, soit, dans notre exemple, pour le gaz d'éclairage, 2200 kg moins 1000 kg, donne ce que l'on nomme la force ascensionnelle totale du ballon. Si cette force ascensionnelle totale est entièrement contrebalancée par le poids du matériel, des passagers et du lest, soit dans notre exemple, 500 plus 300 plus 400 kg, le ballon reste en équilibre, il ne quitte pas le sol; pour le faire monter, il faut sacrifier une partie du lest, 10 ou 20 kg; c'est ce que l'on nomme souvent la force ascensionnelle au départ ou plus exactement la rupture d'équilibre.

La qualité du matériel a une grande importance; chaque détail doit être étudié avec soin et le pilote doit connaître la valeur de chacune des parties de son aérostat. Sans vouloir entrer dans une étude approfondie, nous pouvons faire, sur les différentes parties qui constituent l'aérostat, les observations suivantes:

La soupape est, quoiqu'on ne l'emploie que fort peu pendant une ascension, un organe essentiel du ballon, mais sa construction laisse encore à désirer. Aucune de celles que je connais ne m'a encore entièrement satisfait; l'une s'ouvre trop facilement, une autre présente trop de résistance, une autre refuse de se refermer et laisse au sommet du ballon une ouverture béante qui force à atterrir rapidement; une autre laisse passer des torrents d'eau. Il y aurait là une belle tâche pour les inventeurs: chercher à améliorer différentes parties du matériel aérostatique au lieu de vouloir, comme il arrive souvent, construire des machines qui bravent toutes les lois de la physique et de la mécanique et . . . du bon sens.

L'enveloppe du ballon doit être absolument sphérique et faite d'une étoffe d'une résistance suffisante. Celle qui convient le mieux est l'étoffe caoutchoutée à fil biais, qui est incontestablement supérieure aux étoffes vernies, comme étanchéité, comme résistance, comme légèreté et même comme durée. Au début on craignait qu'au bout de peu d'années elles soient hors d'usage, mais ces craintes n'étaient pas fondées. Nous possédons des ballons qui ont été mis en service, il y a huit ans, employés par tous les temps et sans aucun ménagement et qui servent encore maintenant à des ascensions libres.

L'appendice doit avoir un diamètre suffisant pour assurer l'écoulement du gaz; sa longueur doit être telle qu'il puisse s'ouvrir facilement et aussi se fermer pour empêcher les rentrées d'air lorsque le ballon est flasque. On a cherché divers moyens de le fermer automatiquement, mais aucun n'a donné de bons résultats; il est même, dans certains cas, utile que l'appendice reste bien ouvert, pour que l'air puisse pénétrer dans le ballon.

Du filet, il n'y a rien à dire; il ne faut pas craindre de le faire un peu fort, car son usure est quelquefois plus rapide que celle de l'enveloppe. La suspension doit être longue, très longue; elle donne ainsi plus de stabilité au ballon, ce qui n'est pas à dédaigner quand il est pris dans un tourbillon. Elle facilite aussi l'atterrissage dans une forêt, car la nacelle arrive ainsi plus près

du sol et elle empêche aussi que l'aéronaute soit incommodé par le gaz qui s'échappe. La suspension courte a d'autre part l'avantage que le ballon étant moins haut, il est plus facilement à l'abri du vent derrière une forêt ou dans un vallon.

Le cercle de suspension ne doit pas être placé trop loin de la nacelle; sa hauteur au-dessus de celle-ci doit être telle que l'on puisse l'atteindre facilement.

La nacelle ne doit pas être trop petite; la faible différence de poids que l'on perd en prenant une nacelle un peu grande est largement compensée par la commodité que l'on y trouve. Celles qui sont allongées sont aussi préférables aux carrées; elles permettent de s'installer facilement pour dormir.

L'ancre n'a pas d'utilité; la plupart des ascensions se font maintenant sans la prendre; sur 70 ascensions que j'ai faites, ce n'était que pour les 10 premières que j'ai employé une ancre. Elle est remplacée avec avantage par la bande de déchirure qui devrait ne manquer dans aucun ballon. La bande de déchirure seule permet un atterrissage rapide et sûr; il faut l'ouvrir lorsque le ballon est en équilibre avec la nacelle au plus à 10 mètres au-dessus du sol et ne pas craindre de l'ouvrir fortement. C'est une faute que l'on a la tendance à commettre, que de vouloir ouvrir lentement la bande de déchirure. Il faut se garder de l'employer trop tôt, lorsque le ballon est encore à une hauteur trop grande, mais lorsque celui-ci est suffisamment abaissé, il ne faut pas craindre de l'ouvrir largement. Son action sera d'autant plus intense que le vent est plus fort, car il presse le gaz par l'ouverture béante. Quelquefois on ouvre la bande de déchirure très faiblement, pour l'employer au lieu de la soupape, afin de faire descendre le ballon; c'est une pratique qu'il faut éviter, car elle n'est pas sûre. Il est vrai que lorsque le ballon est très flasque, on éprouve quelquefois une grande difficulté à tirer la soupape, car sa corde ne glisse plus sur l'étoffe de l'enveloppe, à cause du grand nombre de plis qu'elle forme; on peut éviter cet inconvénient dans une certaine mesure, en ayant soin, avant de laisser tomber le ballon de bien fixer au cercle de suspension les cordelettes du cercle de l'appendice. On l'empêche ainsi de remonter quand le ballon devient flasque, l'étoffe a moins de plis et ne peut plus faire voile, ce qui facilite aussi l'atterrissage.

Le guide-rope est un organe essentiel, il ne devrait jamais manquer, car il agit comme un ressort au moment où le ballon s'approche du sol. Il permet d'équilibrer facilement l'aérostat à une petite hauteur, car lorsqu'il tombe, quelques mètres du guide-rope s'allongent sur le terrain et produisent un délestage. Si au contraire le ballon monte, une partie de ce cordage est soulevée et provoque un alourdissement. De cette manière le ballon est en quelque sorte captif à une certaine hauteur et peut voyager ainsi assez longtemps. Mais, à cause des dégâts que l'on peut commettre, il est prudent de ne pas marcher au guide-rope dans des régions très habitées. Sur les fleuves, les lacs, la mer, le guide-ropage peut se faire facilement, au risque de perdre du gaz si la manche d'appendice ne se ferme pas automatiquement. Les guides-ropes en fibre de coco sont les plus recommandables, car ils flottent sur

l'eau et permettent d'équilibrer là aussi le ballon. Cependant cette manière de voyager a un grand inconvénient qui est l'alourdissement considérable qui résulte pour le guide-rope de son séjour dans l'eau; l'an dernier, celui de l'Helvétia, de 60 kilos pesait encore, après 5 semaines de séjour à l'air, 95 kilos.

Lorsque l'on veut faire des ascensions de longue durée il est prudent d'avoir des instruments bien éprouvés et même de les posséder à double.

Le barographe enregistre les hauteurs du baromètre; il est fort utile, car l'aéronaute voit d'un coup d'œil avec quelle vitesse le ballon monte ou descend; il est cependant nécessaire d'avoir pour le contrôler un bon anéroïde, de dimensions assez grandes et d'une lecture facile. De plus, comme ces instruments sont assez lents à donner leurs indications, l'emploi d'un statoscope ou d'un varioscope, qui servent à reconnaître, avec une grande sensibilité, les mouvements suivant la verticale, est absolument indispensable. Le thermomètre, l'hygromètre ne sont pas nécessaires, mais leurs indications sont intéressantes et souvent fort utiles.

Dans les petites ascensions ou dans certaines contrées, l'orientation est facile, aussi n'y a-t-il aucune nécessité de se munir d'instruments pour déterminer la direction de marche et le lieu où l'on se trouve. En Suisse, sauf par le très mauvais temps, il est facile de s'orienter ou tout au moins de savoir approximativement où l'on est, car il y a toujours quelques sommets des hautes Alpes qui émergent au-dessus des nuages et peuvent servir de points de repère; la mesure de deux angles au moyen du sextant suffirait pour faire exactement le point. Ailleurs, il n'en est pas de même; il est donc nécessaire d'avoir une bonne boussole et un instrument pour mesurer la hauteur des astres. De plus, il faut posséder une bonne collection de cartes; les meilleures sont celles à l'échelle du 500 000^e ou du 750 000^e; plus petites elles ne donnent pas des indications suffisantes, plus grandes, elles seraient fort utiles, mais elles forment une bibliothèque encombrante.

Une fois gonflé et gréé, le ballon est prêt à partir; il faut procéder à l'opération du pesage, qui consiste à régler la quantité de lest que l'on emporte de telle façon que la force ascensionnelle du ballon soit nulle, qu'il ne tende, ni à s'élever, ni à s'abaisser. Puis, on enlève une quantité de lest, variable suivant les circonstances; les uns ne font qu'un délestage très faible, de manière à ce que l'aérostat ne s'élève que très peu, d'autres prennent une force ascensionnelle au départ plus grande, de sorte que l'aérostat fait immédiatement un grand bond dans les airs. Cette dernière manière se recommande lorsque l'on a près de la place de gonflement quelque obstacle à franchir, l'autre, lorsque le terrain est bien dégagé et que l'on veut faire une ascension de longue durée et aller aussi loin que possible. Lorsque le le départ a lieu près de hautes tribunes, dans une foule nombreuse, ou près d'une rivière dont l'action se fera facilement sentir sur le gaz, il sera prudent de donner immédiatement un peu plus de lest.

On a souvent discuté, si au départ, le ballon doit être gonflé seulement en partie ou entièrement. Dès qu'il s'élève, il arrive dans des couches d'air dont la pression est plus faible; par conséquent comme le volume des gaz est

en raison inverse des pressions, le gaz du ballon se dilatera et arrivera bientôt à le remplir entièrement, s'il ne l'était déjà. Tout l'excès de gaz doit s'échapper de la manche d'appendice, et l'on en a conclu avec quelque apparence de raison qu'il n'y a aucune utilité à remplir complètement un aérostat puisqu'il doit perdre une partie de son gaz, presque immédiatement après le départ. Si le raisonnement était juste, il suffirait de calculer la pression atmosphérique de l'altitude que l'on veut atteindre, d'en déduire la dilatation du gaz et par suite le volume qu'il prendra et de déterminer ainsi le nombre de mètres cubes nécessaires. On peut procéder de cette manière, mais d'autres considérations empêcheront d'agir ainsi. Cette méthode peut être employée pour les ascensions en hauteur, où par raison d'économie, on ne remplit pas entièrement le ballon. Mais pour toutes les autres ascensions, on ne peut agir de même. Un ballon entièrement gonflé, ayant une faible rupture d'équilibre au départ, montera lentement en perdant du gaz de sorte que la force ascensionnelle diminue jusqu'à ce qu'elle devienne nulle; là le ballon atteint la zone d'équilibre, dans laquelle il pourra se maintenir plus ou moins longtemps. Un ballon flasque partant avec la même rupture d'équilibre montera aussi, mais au commencement sans perte de gaz; car celui-ci, en augmentant de volume ne s'échappera pas de l'appendice, mais remplira le ballon jusqu'à ce qu'il soit entièrement gonflé; ensuite les conditions sont les mêmes que dans le premier cas; il perd du gaz, par ce fait, la rupture d'équilibre qui était restée constante, devient plus faible jusqu'à ce qu'elle soit nulle et le ballon a atteint sa zone d'équilibre. Mais cette zone est plus haut que celle du cas précédent, car à toute la hauteur qui est nécessaire pour obtenir la réduction à zéro de la force ascensionnelle, vient s'ajouter l'altitude que le ballon doit atteindre pour être entièrement rempli. Le ballon flasque atteint ainsi plus rapidement une plus grande hauteur, il lui reste donc dans sa première zone d'équilibre moins de lest que n'en a le ballon plein et par conséquent la durée et la longueur de son voyage en seront abrégées. Aussi les aéronautes pour se maintenir plus longtemps en l'air partent avec leur aérostat entièrement gonflé et avec une force ascensionnelle aussi faible que possible. La zone d'équilibre une fois atteinte, les conditions sont les mêmes pour les deux ballons. Si les circonstances sont exceptionnellement favorables, ils pourront voguer un certain temps sans déplacement vertical, mais en général des causes nombreuses viendront troubler l'équilibre et nécessiteront l'intervention de l'aéronaute. Si l'ascension a été un peu rapide, le ballon dépassera la zone d'équilibre, par le fait de l'inertie, sans s'y arrêter, pour retomber peu après et peut-être remonter ensuite. D'autres causes encore pourront le porter au-dessus de cette zone; l'échauffement par les rayons solaires, une perte de poids provenant de l'évaporation de l'humidité condensée sur le matériel, le passage à travers des couches atmosphériques plus chaudes, quelquefois, mais rarement un courant ascendant. La chute du ballon sera amenée par la pénétration dans des couches plus froides, par l'ombre d'un nuage, la condensation de l'humidité sur l'enveloppe et les cordages, la diffusion du gaz. L'influence du terrain est très forte, elle se fait même sentir à une grande

hauteur. Dans une ascension où le ballon était poussé avec une très faible vitesse, l'action d'une petite mare s'est fait sentir à près de mille mètres de hauteur et l'hygromètre enregistreur a indiqué quelques centièmes d'humidité de plus. Les forêts, les prairies humides, les rivières, les lacs refroidissent l'air qui se trouvent au-dessus, tandis que les champs de blé, les terrains secs, les toits des maisons le réchauffent. Il en résulte la formation de courants locaux ascendants et descendants dont l'action se fait très bien sentir sur le ballon lorsqu'il n'est pas poussé par un fort vent. En laissant l'aérostat les suivre, on arrive souvent à des constatations intéressantes. En passant une fois près d'une petite forêt dont l'intérieur était fort marécageux, notre ballon fut attiré sur elle, puis tomba lentement, et lorsqu'il fut à une centaine de mètres au-dessus des arbres, il fut rejeté en dehors, sur des prairies fortement chauffées par le soleil, de sorte qu'il remonta rapidement. La circulation de l'air était ainsi la suivante; à environ 800 mètres au-dessus du sol, un courant horizontal dirigé vers le centre de la forêt, s'infléchissait bientôt pour devenir descendant, puis au-dessus des arbres, l'air s'écoulait radialement en dehors pour être réchauffé ensuite par les prairies et prendre alors un mouvement ascendant. D'autres fois, j'ai pu constater un mouvement analogue, mais en sens contraire, parce qu'il était produit par un sol surchauffé par le soleil. Sur les bords des rivières, il se forme une circulation de l'air tout-à-fait semblable. Une fois, pour atterrir, je tirai la corde de soupape à environ 1 kilomètre d'un cours d'eau et à 1500 mètres d'altitude; bientôt le courant descendant prit le ballon et l'amena au-dessus de l'eau, puis le courant froid le rejeta en dehors des taillis du rivage. Au lieu d'agir sur la soupape, je laissais le ballon arriver sur les prairies sèches, où le courant ascendant le prit et l'amena à 1500 mètres de hauteur; là, l'aspiration de la rivière se fit de nouveau sentir, le ballon retomba et, à une centaine de mètres au-dessus du sol, fut rejeté sur la rive droite. Comme ici, le terrain, à cause de nombreux fils de téléphone et de transport de force électrique, ne se prêtait guère à un atterrissage, je laissais remonter le ballon. Et de nouveau, en haut le courant descendant le fit retomber sur la rivière, et l'écoulement de l'air froid le rejeta cette fois sur la rive gauche; dès que la zone de taillis fut traversée un bon coup de soupape empêcha le ballon de remonter et amena l'atterrissage. C'est dans les ascensions faites au milieu de l'été par les belles journées où l'on mesure en centimètres par seconde le chemin parcouru, que l'on peut faire ces observations sur la circulation de l'air dans le sens vertical.

D'une manière générale nous pouvons dire que l'action des cours d'eau en pays de montagne, ou même dans un terrain légèrement vallonné se fait sentir comme une aspiration, de sorte que le ballon est attiré par l'eau; cette influence est assez importante, et il faut en tenir compte, si l'on ne veut pas être pris dans une gorge où l'atterrissage serait très difficile. De même, il faut tenir compte dans les petites vallées à pentes assez fortes des courants locaux qui jettent le ballon tout-à-coup dans une direction toute différente; de plus dans ces vallées l'action du sol est fort différente, suivant que le soleil réchauffe

l'une ou l'autre des pentes. Par suite de l'action de toutes ces causes variées, l'aéronaute est exposé à des surprises qui demandent toute son attention et une grande rapidité de décision.

Nous avons vu que lorsque le ballon a atteint sa zone d'équilibre, au bout de peu de temps, des causes diverses le font monter ou descendre. S'il monte il trouve une nouvelle zone où il pourra s'équilibrer pour quelque temps. Lorsqu'il descend, le ballon devient flasque, et si aucune action extérieure n'agit, il ne s'arrêtera que lorsqu'il aura atteint le sol. Aussi l'aéronaute doit intervenir; il doit arrêter la chute au moyen du lest, car plus il attendra, plus il lui faudra en employer. Si cette descente est celle qui précède l'atterrissage, il devra de même en régler la vitesse par des projections de sable pour éviter qu'elle devienne trop considérable. Ainsi, en général, dans une ascension, on cherchera à maintenir le ballon dans des zones d'équilibre, dont l'altitude sera de plus en plus grande et on l'empêchera de descendre. Cependant, il peut arriver qu'un mouvement de descente s'arrête de lui même assez rapidement et que l'aérostat remonte pour redescendre peu de temps après. Si les circonstances sont favorables on a ainsi une espèce d'oscillation dans le sens vertical, d'une amplitude de 100 à 200 mètres, pouvant durer quelque fois une ou deux heures pendant lesquelles aucune dépense de lest n'est nécessaire. L'aéronaute reconnaîtra bien vite s'il a affaire à une chute véritable ou à une de ces variations en hauteur.

On a cherché par quels moyens on pouvait donner au ballon une certaine stabilité dans le sens vertical, pour le maintenir à une hauteur inférieure à celle qu'il a atteinte précédemment. La plupart de ceux que l'on a proposés sont encombrants et lourds; on ne peut obtenir quelque succès que par l'amélioration des détails du matériel, par l'emploi du ballonnet et du guide-rope. Pour le matériel, un des meilleurs procédés, lorsque'on l'aura rendu pratique sera certainement l'emploi d'une housse établissant en dehors de l'enveloppe une couche d'air isolante, pour soustraire le gaz à l'action directe des rayons du soleil.

Le ballonnet, qui a déjà été employé plusieurs fois, a l'inconvénient d'être lourd et de nécessiter l'emploi d'un ventilateur; mais, s'il a la grandeur nécessaire, il permet d'équilibrer l'aérostat à des hauteurs inférieures à celle de la zone de plénitude, car il réduit le volume du ballon et, d'un ballon flasque, il fait, à une plus petite altitude, un ballon plein.

Nous avons vu précédemment quelle est l'action du guide-rope; elle est, pour ce but, assez restreinte. Un autre moyen consiste à utiliser les rentrées d'air qui agissent de la même manière que le ballonnet. Lorsque le ballon descend lentement et que la manche est largement ouverte, l'air pénètre à l'intérieur et le remplit au fur et à mesure de la condensation de manière qu'il ne devient pas flasque. Il en résulte que l'on peut équilibrer le ballon à une hauteur bien inférieure à celle qu'il a atteinte précédemment; il est aussi plus sensible, car, dans sa partie inférieure, l'air est mélangé à du gaz qu'il entraîne avec lui lorsqu'il est expulsé par la manche pendant l'ascension de l'aérostat, de sorte que la force ascensionnelle diminue et que la zone d'équilibre est bientôt atteinte. Cette méthode est surtout bonne de nuit; elle m'a permis d'équilibrer

facilement l'Helvétia pendant une partie de la première nuit de voyage au-dessus des plaines de l'Allemagne et pendant les deux nuits suivantes à un peu plus d'une centaine de mètres au-dessus de la mer du Nord. Pendant la dernière nuit, je pus même constater d'une manière très intéressante l'action de la température sur le ballon. Une couche de brouillards d'environ deux cents mètres couvrait la mer; le ballon qui avait été quelque temps au guide-rope, remonta ensuite, traversa cette couche et nous vîmes de nouveau le ciel étoilé; mais l'action du refroidissement se fit bientôt sentir, le gaz devint plus lourd, le ballon retomba, et passa de nouveau les brouillards. La mer était assez chaude, car elle est dans cette région traversée par le Golfstream; aussi le gaz bientôt réchauffé devint plus léger, le ballon remonte à travers les brouillards, revoit le ciel et est de nouveau exposé à l'action du rayonnement de la nuit; il retombe et ces oscillations se succèdent ainsi avec beaucoup de régularité, de 10 heures et demie du soir à 4 heures et demie du matin, avec une amplitude de 250 mètres au début et de 500 mètres à la fin, sans qu'il fût nécessaire de donner du lest.

Ces rentrées d'air remplacent ainsi l'action du ballonnet, avec l'avantage d'éviter la surcharge qui résulte du poids de celui-ci. Mais elles ont l'inconvénient de ne pouvoir guère être utilisées que de nuit et de faciliter la diffusion de l'air dans le gaz, car la surface par laquelle le contact a lieu est beaucoup plus grande.

L'ascension se poursuit ainsi, l'aéronaute attentif à tout se qui peut agir sur le ballon et enrayant par le lest toute chute un peu importante. L'aérostat atteint ainsi des régions de plus en plus élevées.

De même que dans le sens vertical, le ballon ne s'élève par d'une manière constante et régulière, de même sa marche dans le sens horizontal est aussi soumise à beaucoup de variations. Le vent n'agit pas uniformément mais plutôt par à coups, de sorte que la vitesse, qui pendant un certain temps est faible, s'accroît subitement, pour diminuer ensuite. En outre la direction n'est pas constante, le ballon suit souvent une ligne sinueuse, quelquefois avec des coudes brusques ou même la ligne de marche forme des boucles qui s'entremêlent d'une façon fantaisiste. Celui qui fait sa première ascension est en général étonné de la stabilité absolue de l'aérostat; quelle que soit la force du vent, dès que toutes ses parties ont quitté le sol, il est en équilibre parfait, il n'est plus soumis à aucune oscillation; on peut seulement constater une certaine rotation autour de l'axe vertical, qui provient du manque de symétrie du matériel. Mais il y a là aussi des exceptions, car dans les ascensions en pays de montagne, lorsque le ballon se trouve sous l'action de courants obliques ou quand il arrive dans la zone de contact de deux courants de direction différente, il peut être violemment agité, de sorte que la nacelle est fortement secouée; ces oscillations sont d'autant plus faibles que la suspension est plus longue. Du reste, si le matériel est bon, c'est-à-dire suffisamment résistant, elles ne présentent pas de danger et cessent bientôt. Cependant il faut avouer que, la première fois, elles causent aux aéronautes une vive surprise et même, quelquefois, une sensation assez désagréable.

Ainsi, soumis à toutes ces causes qui modifient son équilibre, l'aérostat poursuit son ascension et atteint des zones d'équilibre de plus en plus élevées, jusqu'au moment où il faut penser à la descente définitive et à l'atterrissage. Là aussi, il faut que l'aéronaute ait du coup d'oeil et une grande rapidité de décision. De même qu'il faut éviter une descente prématurée qui interromprait l'ascension à un moment où elle pourrait sans inconvénient être encore continuée, de même il faut surtout se garder d'attendre trop longtemps pour provoquer la chute du ballon et risquer ainsi un atterrissage dans une région difficile, telle que terrain avec de fortes pentes rocheuses, ville étendue, surface de la mer. L'aéronaute doit savoir calculer combien de temps son ballon mettra pour atteindre le sol et quel chemin il parcourra pendant ce temps, de sorte qu'il puisse savoir exactement à quelle distance de l'obstacle, il doit commencer à laisser tomber son aérostat. La vitesse de chute doit être continuellement réglée par l'aéronaute; il consultera son barographe, le statoscope et le variomètre, et lorsqu'il constatera que la vitesse prend une trop grande accélération, il l'enrayera au moyen de projections de lest. En général, on ne devrait, sauf les cas d'urgence, pas dépasser une vitesse de 3 mètres à la seconde et même, il faudra chercher à la diminuer par l'action du lest dès que l'on s'approchera du sol; car le délestage par le guide-rope ne suffit pas, si la vitesse de chute est grande, pour éviter que la nacelle heurte violemment la terre. Aussi faut-il toujours avoir pour la descente une certaine quantité de lest, de lest de sûreté, d'autant plus forte que le cube du ballon est plus grand. Elle varie aussi suivant le temps; si le ciel est couvert et si le gaz n'a pas été chauffé par le soleil, une quantité moindre suffira; tandis que si le gaz a été fortement réchauffé et que plus bas se trouve une couche épaisse de nuages, où l'on peut s'attendre à une forte condensation et par conséquent à une descente assez rapide, il faut avoir beaucoup plus de lest. Mais il faut éviter de le jeter en quantité trop grande pour ne pas que le ballon remonte dans les airs. Il en est de même s'il l'on est au-dessus d'un terrain semé de beaucoup d'obstacles, tels que forêts, pièces d'eau, lignes électriques à haute tension. L'aéronaute doit toujours contrôler la vitesse de la descente et ne pas croire que le seul fait de traverser un nuage amènera une condensation. Le cas contraire peut aussi se présenter. Une fois, par un temps fortement orageux, me trouvant à près de 3000 mètres, je décidai d'atterrir. En-dessous, une couche de nuages flottait entre 1200 et 2000 mètres. Comme la descente jusqu'à 2000 mètres avait été rapide, je m'attendais à avoir une grande vitesse de chute pour la traversée de la nuée, mais c'était une erreur, car après un moment, le ballon se mit à remonter rapidement et ce ne fut que par de nombreux coups de soupape que je pus l'arrêter. Le nuage avait une température plus élevée que l'air qui se trouvait au-dessus; peu après, un violent orage, accompagné de grêle, éclata dans la région.

Il arrive aussi lorsque la chute sur le nuage n'est pas trop rapide, que le ballon s'arrête sur celui-ci et paraît flotter. Ce phénomène fut très marqué le soir de la deuxième journée que je passai au-dessus de la mer du Nord

et comme le soleil couchant projetait, sur le brouillard qui formait des crêtes et de vallées, l'ombre du ballon accompagnée de l'aurole des aéronautes, ce fut l'un des plus beaux spectacles qu'il m'ait été donné de contempler.

Lorsque le ballon est descendu près du sol et qu'une partie du guide-rope traîne à terre, on cherchera, si le terrain le permet, à prolonger l'ascension en marchant au guide-rope. Il m'est arrivé de le faire quelquefois sur des cours d'eau dont les rives étaient formées de falaises escarpées; c'est là un voyage plein de charme. Pour atterrir, on équilibrera le ballon assez près de terre et l'on agira, nous avons déjà vu de quelle manière, au moyen du guide-rope et de la corde de déchirure.

L'atterrissage est souvent très doux, si doux, qu'il ne se répandrait pas une goutte d'un verre rempli d'eau que l'on tiendrait à la main. D'autres fois, il est plus heurté et l'aéronaute a besoin de toute son énergie et de tout son sang-froid pour éviter les suites fâcheuses d'un contact trop brusque avec le sol ou d'un trainage trop rapide. Il lui faut dans ce cas avoir toujours à portée de la main, les deux cordes essentielles pour l'atterrissage, la corde de soupape et celle de la déchirure. Il lui faut aussi reconnaître d'un coup d'oeil le terrain, voir s'il est favorable ou présente des obstacles qu'il faut éviter à tout prix, soit en sautant par-dessus, ce que l'on obtient par une projection de lest, soit par l'arrêt immédiat du ballon au moyen d'une forte action de la bande de déchirure.

Enfin le ballon s'arrête; si le vent a été faible, il peut flotter encore au-dessus de la nacelle; si la violence du vent a obligé de l'ouvrir, il gît à côté, éventré, encore à moitié plein, ou entièrement vidé étalé sur le sol en forme de cercle. Lorsque l'aérostat n'a plus de force ascensionnelle, le passager peut quitter la nacelle, et celui qui vient de terminer son premier voyage dans les airs, est en général étonné de la sécurité qu'il y a trouvée et de la facilité avec laquelle le contact avec la terre a été rétabli.

Mais tous, quels qu'ils soient, passagers novices ou aéronautes expérimentés, après chaque voyage, ils auront la satisfaction, quelles qu'aient été sa durée et la distance parcourue, d'avoir eu les jouissances les plus grandes que le sport puisse procurer. Rien ne peut les remplacer; ni de longues chevauchées, ni une longue navigation sur mer ou sur des fleuves aux rives pleines de poésie, ni les ascensions des hauts sommets des Alpes aux panoramas magnifiques ne sauraient donner un impression égale à celle qu'éprouve le voyageur aérien. Elle provient de l'équilibre parfait de l'aérostat, du calme qui l'entoure, de l'effet de l'isolement au milieu de l'air, en quelque sorte aussi d'une sensation de détachement de la terre, de la beauté de la vue dans toutes les directions et surtout du recueillement que l'homme le plus blasé éprouve à ces hauteurs. Il en résulte pour tout être qui sait penser et sentir, une jouissance infinie qui persiste jusque dans les situations les plus difficiles; même, lorsque à quelques centaines de kilomètres des côtes, loiu de toute aide humaine, perdu au-dessus de l'immensité des mers, il ne voit que l'infini du ciel et n'entend, à plus de 5000 mètres d'altitude, que le bruit des vagues, qu'il se demande, lorsque le soleil disparaît à l'horizon, s'il aura le bonheur de voir encore

luire la prochaine aurore, même dans cette situation, l'aéronaute ne peut se laisser aller au découragement. Il croit encore à l'avenir, car il jouit d'un magnifique spectacle, des émotions les plus pures et les plus belles que l'on puisse éprouver. Son âme s'élève, il se sent en communion intime avec la nature et l'infini, sa confiance en Dieu augmente et il attend sans crainte le sort qui lui est réservé.

Mesdames et Messieurs, je ne puis vous décrire la beauté des voyages aériens, ma parole est impuissante à le faire; seul un poète pourrait chanter leurs merveilles. Mais je vous souhaite, à ceux qui ont déjà fait des ascensions, de pouvoir en faire encore de nombreuses, à ceux qui n'en ont pas fait de vous élancer bientôt dans les airs et à tous d'y jouir du charme immense que nous procure le ballon libre.

XV. Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonial-Vermessung.

Von

Hauptmann Scheimpflug - Wien.

1. Einleitung.

Wir sind alle voll der Eindrücke, die wir täglich auf dieser Ausstellung empfangen.

Wo so viel Schönes, Neues, Wunderbares zu sehen ist, wird der Maßstab, den man an die Dinge anlegt, unwillkürlich ein anderer, der Gesichtskreis ein weiterer, und es wird daher etwas, was sonst als Utopie verlacht worden wäre, ein klein wenig Aussicht haben, hier ernst genommen zu werden.

Die Karten und Atlanten, die wir heute haben, sind derart künstlerisch ausgeführt, daß der Laie den Eindruck bekommt, als wenn die Vermessung der Erde bereits eine abgeschlossene Tatsache wäre. Dem ist aber leider nicht so. Tatsächlich beruhen unsere Kartenwerke auf dreierlei untereinander höchst verschiedenem Grundmaterial.

Erstens auf exakten Landesvermessungen, wo solche schon existieren; das ist aber eigentlich nur in Europa, mit Ausnahme der Türkei, eines Teiles von Spanien und der nördlichsten Teile von Rußland, sowie in Ostindien der Fall. In vielen andern Ländern sind Landesvermessungen teils begonnen, teils bereits im Zuge, z. B. in Britisch-Nordamerika, in der Union, in Mexiko und in Japan. Auch Deutschland läßt in seinen Kolonien ziemlich viel arbeiten. Zweitens auf genauen Aufnahmen aller Küstengebiete der Erde, die von den seefahrenden Nationen im Laufe der Zeiten im Interesse der Schifffahrt gemacht wurden. Es ist selbstverständlich, daß auf diesem Gebiete die Engländer das meiste geleistet haben.

Drittens haben wir für das Innere der Kontinente, insbesondere Asiens, Afrikas, Südamerikas und Australiens eigentlich nichts anderes als Routenaufnahmen und die Berichte von Forschungsreisenden, sowie eine Unsumme stets sich häufenden statistischen Materials. Dieses, wie wir sehen, recht heterogene Material hat der Kartograph zu sichten, in Zusammenhang zu bringen und, so gut er kann, zeichnerisch zu verwerten.

Heutzutage aber, wo der Verkehr alle Völker verbindet, wäre es nicht bloß in wissenschaftlicher Beziehung, sondern auch aus unzähligen praktischen Gründen

ein Bedürfnis und Kulturerfordernis, daß wir von jedem Punkte der Erde eine gute Karte hätten.

Tatsächlich würde aber bei Anwendung der bis heute üblichen Methoden eine exakte Aufnahme der ganzen Erdoberfläche ganz unerschwingliche Kosten verursachen und viele Jahrhunderte dauern.

Wenn wir zurückblicken, wie das heutige Vermessungswesen geworden ist, so erkennen wir deutlich zwei Arten von treibenden Kräften.

Einerseits bringt jede neue einschlägige Erfindung die Menschen technisch vorwärts, andererseits steigert die kulturelle Entwicklung der Menschheit stetig das Bedürfnis nach guten Karten.

Wenn wir von dem Altertum, das für unsere Betrachtungen zu weit zurückliegt, absehen, können wir die ersten ernstesten kartographischen Bestrebungen in die Zeit zurückdatieren, wo der Kompaß im Abendland bekannt wurde. Mit Hilfe des Kompasses schufen insbesondere die Italiener für ihre Zeit sehr gute Kompaßkarten, außerdem war das Bekanntwerden des Kompasses der Ausgangspunkt für das große Zeitalter der Entdeckungen, für die Umschiffung Afrikas und für die Entdeckung Amerikas und im Gefolge davon der unwiderleglichen Bestätigung der alten, von Aristoteles stammenden und im 13. Jahrhundert wieder bekannt gewordenen Lehre von der Kugelgestalt der Erde. Darauf begründet, ergab sich wieder die Schaffung der Globen und einer hochentwickelten Projektionslehre, insbesondere der Mercatorischen Projektion, die noch heute für die Seeleute von größter Wichtigkeit ist.

Es war sicher kein Zufall, daß diese Zeit der Entwicklung der geographischen Kenntnisse und des Kartenwesens im allgemeinen zusammenfällt mit der sogenannten Renaissance.

Gegen das Ende dieser großen Epoche begannen schon die ersten Versuche regelrechter Landesaufnahmen in Sachsen, Flandern, Bayern und Preußen. Dieselben zeigten aber noch ganz den Charakter von *à la vue*-Zeichnungen, d. h. sie stellten die Gegenden so dar, wie man sie von Aussichtspunkten aus zu sehen pflegt. Mit dem wachsenden Umfange des darzustellenden Geländes stieß dies aber auf immer größere Schwierigkeiten und führte zu ganz wunderlichen Schematisierungen und symbolischen Darstellungen.

Im wesentlichen kann man beobachten, daß der Augpunkt der Darstellung mit dem Fortschreiten der Zeichentechnik mehr und mehr in die Höhe rückte. Schwierigkeiten schaffen aber Ideen.

Am Ende des 16. Jahrhunderts wurden diejenigen drei Erfindungen gemacht, durch welche die Grundlage für die heute üblichen Vermessungsmethoden geschaffen wurde. Es war das die Erfindung des Meßtisches durch Prätorius in Nürnberg im Jahre 1590, die 10 Jahre später erfolgte Erfindung des Fernrohres durch einen Holländer unbekanntens Namens, welches sehr bald darauf durch Galilei und Kepler bedeutend verbessert wurde und endlich die Erfindung der Triangulierung durch Willibrord Snellius in Leyden und deren sofortige versuchsweise Anwendung zur Messung eines Meridiangrades.

Die religiösen Streitigkeiten dieser Zeit und der durch sie bedingte 30 jährige Krieg bereiteten aber dem weiteren Fortschritt vorläufig ein Ende. Erst viel später,

in den Jahren 1750—1793 unternahmen Jacques und Cäsar Cassini die große Triangulation von Frankreich und die darauf begründete topographische Aufnahme dieses Landes, und damit beginnt die Zeit der großen, systematischen Landesaufnahmen, da in rascher Folge alle anderen Staaten Europas, hauptsächlich aus militärischen Gründen, dem Beispiele Frankreichs folgten.

Bemerkenswert ist hierbei, daß die französischen Karten und alle späteren bereits in streng orthogonaler Projektion entworfen waren, und zwar anfänglich mit schiefer Beleuchtung.

Nur wenig später, nämlich in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts, begründete der sächsische Major Lehmann die klassische Schraffenmethode, die, auf Schichtenlinien aufgebaut, mehr oder minder heute in den meisten offiziellen Kartendarstellungen verwendet wird. In den 50er Jahren, kaum daß die Photographie bekannt geworden war, machte Laussedat seine ersten photogrammetrischen Versuche, und seit dieser Zeit gewinnt die Photogrammetrie stetig mehr und mehr an Boden.

Es war im Jahre 1884, daß mein alter Lehrer, Professor der praktischen Geometrie an der Marineakademie in Fiume, Ernst Mayer, anschließend an eine praktische Übung, des Abends am Wirtshaustisch uns die erste Kunde von der Photogrammetrie brachte, die damals noch nicht im Lehrplan enthalten war. Mächtig angeregt durch diese Wirtshausplauderei, grübelte ich in den nächsten Tagen viel über die Sache nach und wagte sofort die naseweise Bemerkung: Der Gedanke, die Photogrammetrie zu Vermessungszwecken anzuwenden, ist zwar genial, wird aber noch recht unbeholfen angepackt. Die Photographie ist ein vollendetes Bild der Gegend, wie man es schöner nicht wünschen kann. Die Karte soll ein ebensolches sein. Warum zerreißt man also die Photographie in unzählige Punkte, um ihre Positionen umzurechnen und sie dann wieder mühsam zeichnerisch zu verbinden. Die Arbeit muß uns das Licht besorgen. Gesagt, getan! Ich machte mich an die Arbeit, und was Sie sehen, ist das Produkt derselben.

Scheinbar war ich aber mit meinen Ideen zu früh daran. Denn solange ich an der Erde kleben mußte, waren und blieben meine Transformationsmethoden unrationell.

Erst die großartige Entwicklung der Luftschiffahrt der letzten Jahre gestattete es mir, mich von der Erde zu erheben, das Gelände aus der Vogelperspektive aufzunehmen und mir damit ein Rohmaterial zu schaffen, das mit meinen Methoden und Apparaten zu einer Karte verarbeitet werden kann, die tatsächlich ein photographisches Bild des Geländes ist und daher mit Fug und Recht Photo-Karte genannt werden kann.

So greift ein Ding ins andere, und heute erhoffe ich mir von den großen technischen Fortschritten, die wir auf der „Ila“ zu bewundern Gelegenheit haben, und von dem rapiden allgemeinen Kulturfortschritt der Menschen eine weitere mächtige Förderung in dem Sinne, daß die Photo-Karte der ganzen Erde, einmal möglich, auch in Bälde Wirklichkeit werde.

Denn, wie ich hoffe, zeigen zu können, ist die Photo-Karte nicht nur ein Fortschritt in qualitativer Beziehung, sondern es ist auch möglich, sie bedeutend billiger und rascher herzustellen als die bisherigen Karten.

Die Landesaufnahmen in den europäischen Militärstaaten sind seit mehr als 100 Jahren im Gange, werden nie fertig und müssen stets von vorne begonnen werden, weil in der Regel die Arbeit so langsam vonstatten geht, daß, wenn ein Elaborat fertig ist, das darin Enthaltene nicht mehr den Tatsachen voll entspricht und daher wieder der Verbesserung bedarf, wobei auch die fortwährende Steigerung der Anforderungen, die man an eine Karte stellt, im gleichen Sinne wirkt.

In den Kolonien aber, wo man es mit weitaus ausgedehnteren Ländergebieten zu tun hat als in Europa, wo man nicht jahrhundertlang warten kann, bis eine Karte fertig ist, und wo auch die militärischen Rücksichten es nicht ganz gleichgültig erscheinen lassen, wieviel eine Karte kostet, wäre auf dem bisherigen Wege und in der bisherigen Arbeitsweise das Ende kaum abzusehen.

Auch bedingt der Umstand, daß bei rein zeichnerischer Handarbeit und mit symbolischen Darstellungen kein Aufnahmemaßstab denkbar ist, der allen technischen Bedürfnissen genügt, eine ganz enorme Arbeitersplitterung, indem jede einzelne Fachgruppe, wie das Militär, die Eisenbahningenieure, Kulturingenieure, Bergleute, Forstleute und Geometer, gezwungen ist, auf eigene Faust und in einem andern Maßstabe zu arbeiten, weil die verschiedenen Interessen nicht unter einen Hut zu bringen sind.

Im Gegensatz hierzu ist jede Photographie und folgerichtig auch die Photo-Karte von ihrem Maßstabe ungleich weniger abhängig als die Genauigkeit und Richtigkeit einer Handzeichnung.

Man hat es daher in der Hand, innerhalb weiter Grenzen eine photographische Aufnahme durch einfache Vergrößerung oder Verkleinerung den verschiedensten Bedürfnissen anzupassen.

Es unterliegt deshalb auch gar keiner Schwierigkeit, daß die verschiedenen Fachleute sich aus einer Originalaufnahme, die auf photographischem Wege hergestellt wurde, fallweise das herauszeichnen, was sie für ihre Bedürfnisse brauchen, und das übrige weglassen.

Ich gebe schließlich gerne zu, daß in den alten Kulturstaaten, für welche wir bereits genaue Karten haben, und in denen eine große Anzahl von Vermessungstechnikern lebt, die weiter leben will und daher von der Photo-Karte eine empfindliche Verschiebung ihrer Erwerbsverhältnisse befürchtet, ein dringendes Bedürfnis nach einer neuen, leistungsfähigeren Aufnahmemethode eigentlich nicht besteht.

Ganz anders aber liegt der Fall, wenn wir mit der neuen Aufnahmemethode gleich in die Kolonien hinausgehen, wo das Bedürfnis nach guten Karten tatsächlich ein dringendes und mit den heutigen Methoden schwer zu befriedigendes ist.

Hier werden keine von altersher bestehenden materiellen Interessen geschädigt, vielmehr wird ein Problem der Lösung näher gebracht, dem die bisherige Vermessungstechnik eigentlich machtlos gegenübersteht, nämlich die topographische Vermessung der ganzen Erdoberfläche, die mit den heutigen Mitteln ganz unerschwinglich teuer wäre und deshalb hinter anderen, scheinbar wichtigeren und dringenderen Aufgaben der Menschheit zurückstehen muß.

Durch eine solche Perspektive werden aber auch alle früher angedeuteten Befürchtungen unter den Herren Vermessungsfachleuten grundlos, weil die älteren Herren unter ihnen durch den neuen Fortschritt praktisch nicht berührt werden,

während anderseits den jungen und unternehmenden Kräften ein neues, weites, ganz ungeheuer großes Gebiet der Tätigkeit eröffnet würde, das auf viele Jahrzehnte hinaus jede Gefahr ausschließt, daß ein tüchtiger Vermessungstechniker nichts zu tun haben könnte.

2. Technik der Ballonphotogrammetrie.

Von den vielen und immer zahlreicher werdenden Hilfsmitteln, einen photographischen Apparat in die Luft zu heben, möchte ich für Vermessungszwecke nur nachstehende ernstlich in Betracht ziehen:

1. den Fesselballon, bei stärkerem Wind ersetzt durch den Fesseldrachen,
2. den bemannten Freiballon,
3. den Lenkballon.

Der bemannte Gleitflieger, gleichgültig, welchen Systems, steht erst in den Anfängen seiner Entwicklung und kommt daher vorläufig nicht in Betracht. Er schreitet aber mit Riesenschritten der Vollendung entgegen, und dürfte die Zeit daher nicht fern sein, wo er in erster Linie für Vermessungszwecke in Betracht kommen wird, da er sowohl in Anlage als Betrieb nur einen Bruchteil dessen kosten dürfte, was heute der Lenkballon kostet, und voraussichtlich auch weitaus unabhängiger von Wind und Wetter sein dürfte als dieser.

In geodätischer Beziehung sind bei der Vermessung aus der Vogelperspektive drei voneinander verschiedene Systeme zu unterscheiden.

Bei System 1 wird jede einzelne Ballonaufnahme für sich mit Hilfe von Fixpunkten im Gelände durch Rückwärtseinschneiden im Raume orientiert, d. h. der Ort der Aufnahme und die Neigung des Bildes im Momente der Aufnahme bestimmt.

Dieses ziemlich zeitraubende, mühsame und kostspielige System muß angewendet werden, wenn man mit Fesselballons und Drachen arbeitet, weil bei diesen die Bewegungen zu unregelmäßige und zu heftige sind, um eine Horizontalstellung des photographischen Apparats in der Luft zu gestatten.

Das zweite System besteht in der Anwendung der Stereo-Photogrammetrie für die Vermessung aus der Vogelperspektive.

Es wurde vielfach vorgeschlagen und auch bereits versucht, an einem Träger von 4—5 m und mehr Länge (Fig. 1) 2 photographische Apparate starr und mit parallelen optischen Achsen zu befestigen, diese Kombination in die Luft zu heben und mit ihr stereo-photogrammetrische Aufnahmen zu machen.

Für jeden, der die Fehlertheorie der Stereo-Photogrammetrie kennt, ist es klar, daß der Versuch, in dieser Art ausgeführt, wenig Aussichten des Erfolges hat, wenn man auch nur aus 500 m Höhe arbeitet; denn bei einem Verhältnis der Basis zur Distanz gleich 1 : 100 spielen sowohl die Montagefehler der beiden Apparate auf dem Träger als die Schwingungen des Trägers selbst eine so große Rolle, daß die Messungsergebnisse unbrauchbar werden müssen.

Ganz anders steht der Fall, wenn man auf einem Lenkballon des starren Systems (Zeppelin) das starre Gerüst des Ballons selbst als Träger für die beiden Apparate benützt und mit einer Basis von über 100 m Länge arbeitet.

Wie ich höre, besteht die Absicht, bei den geplanten Polarforschungen dieses System anzuwenden, und ich hege nicht den geringsten Zweifel, daß die Sache gelingen wird. Allerdings kann der Lenkballon nicht immer horizontal fahren, er kann bei seinen Manövern auch nicht auf den Photographen Rücksicht nehmen; die stereophotogrammetrischen Aufnahmen werden daher im allgemeinen schiefe sein, und die Umwertung schiefer Steroskopaufnahmen in horizontale kartographische Darstellungen wird eine etwas mühsame Arbeit werden.

Da aber jede einzelne solcher Stereoskopaufnahmen für sich ein Ganzes darstellt, welches auf Grund der gegebenen Basis unabhängig von jeder Messung im Gelände ist und auch unabhängig von seinen Nachbarbildern ausgewertet werden kann, so ist diese Methode insbesondere bei Polarforschungen wichtig, wo man

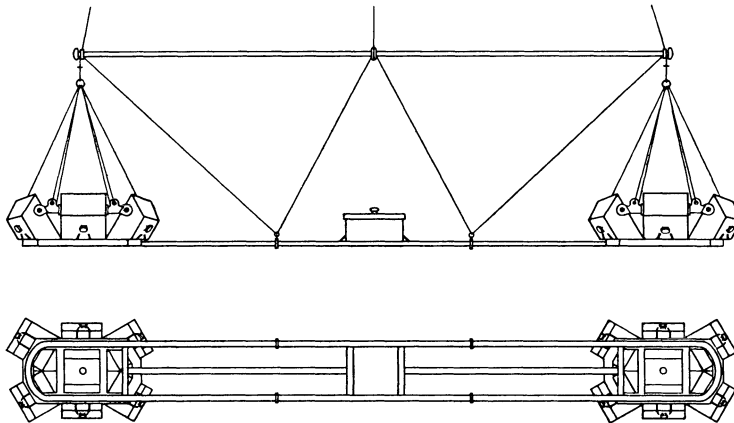


Fig. 1.

Stereo-Panoramograph, System R. Thiele.

jeden Moment zum Abbruch seiner Arbeiten gezwungen sein kann, wo man auch oft weite Wasser- und Schneeflächen überfliegen wird, ohne sie der Aufnahme wert zu achten. In solchen Fällen ist es ein besonderer Vorzug des Systems, daß man die photographischen Apparate erst dann wieder in Tätigkeit zu setzen braucht, wenn man sich über Objekten befindet, die ein wissenschaftliches Interesse haben.

Andererseits darf nicht vergessen werden, daß die Anwendung dieser Methode tatsächlich ein Monopol des Lenkballons des starren Systems ist und weder von Fesselballons noch von Freiballons, noch von Lenkballons des unstarren Systems, noch von Gleitfliegern aus ohne besondere Schwierigkeiten anwendbar sein dürfte.

Das dritte System, als dessen geistigen Urheber ich mich betrachte, möchte ich das System der sich übergreifenden horizontalen Panoramenaufnahmen nennen.

Bei diesem System wird vor allem, um mit jeder einzelnen Aufnahme ein möglichst großes Terrain zu überblicken, prinzipiell nur mit Panoramengeräten gearbeitet. Ein solcher Panoramengerät (Fig. 2, 3) besteht aus einer Mittelkamera, deren optische Achse bei der Aufnahme vertikal nach unten gerichtet und deren Platte bei der Aufnahme horizontal gestellt sein soll, und einem Kranz von Seitenkameras, welche gegen die Mittelkamera unter einem fixen Winkel angeordnet sind

und die Aufgabe haben, die weitere Umgebung des Ballonortes, insoweit sie von der Mittelkamera nicht mehr abgebildet wird, bis nahe an oder sogar über den Horizont hinaus aufzunehmen.

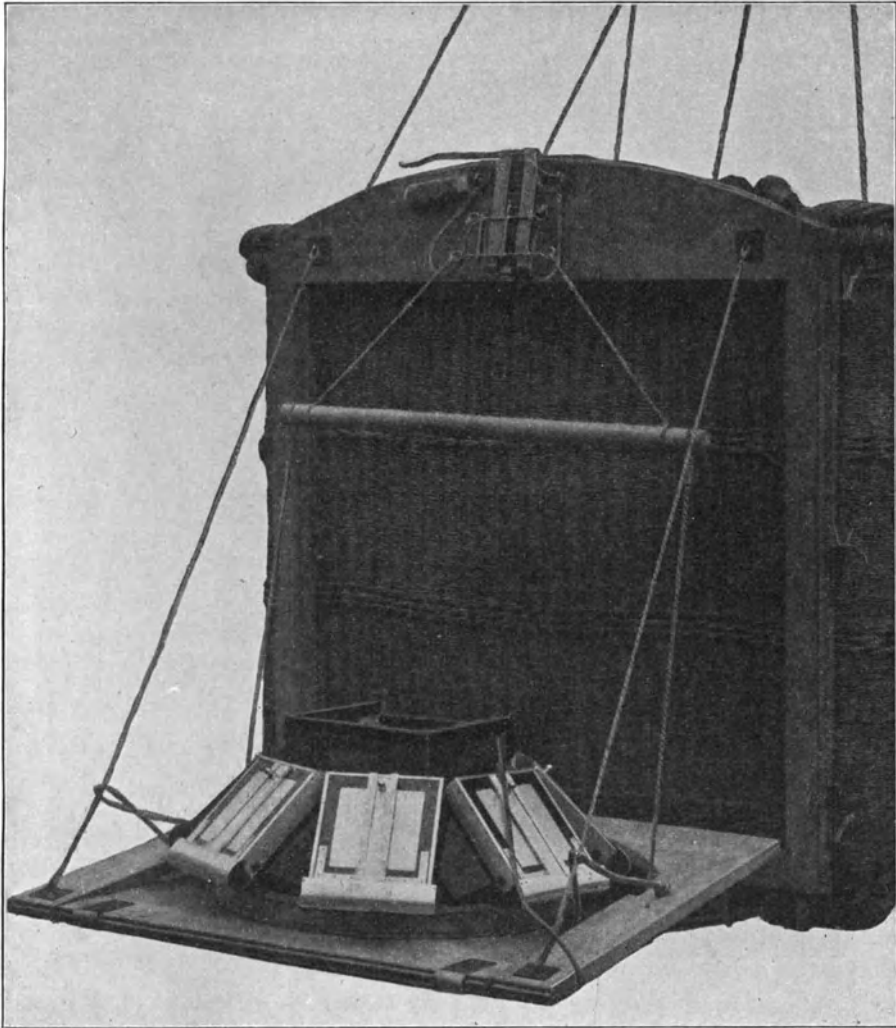


Fig. 2.

Montierung meines Panoramen-Apparates am Korbe eines Freiballons.
Der Apparat in Aufnahme-Stellung.

Meine Ballonapparate dieser Art haben einen Gesichtswinkel von 140 Grad, es gibt aber deren auch solche (Thiele), die ein Gesichtsfeld von ca. 190 Grad besitzen.

Das Wesentliche an diesen Apparaten sind aber nicht die Konstruktionsdetails, sondern ihre photogrammetrische Adjustierung und ihre genaue Rektifikation.

Letztere ist mit einer solchen Genauigkeit möglich, daß mit solchen Instrumenten Winkelmessungen bis zu einer Genauigkeit von etwa 20 Bogensekunden denkbar werden. Durch diese Rektifikation werden demnach solche Panoramenapparate zu ganz ausgezeichneten Winkelmeßinstrumenten, jedoch bin ich meines Wissens der einzige, der eine solche Rektifikation seiner Instrumente tatsächlich

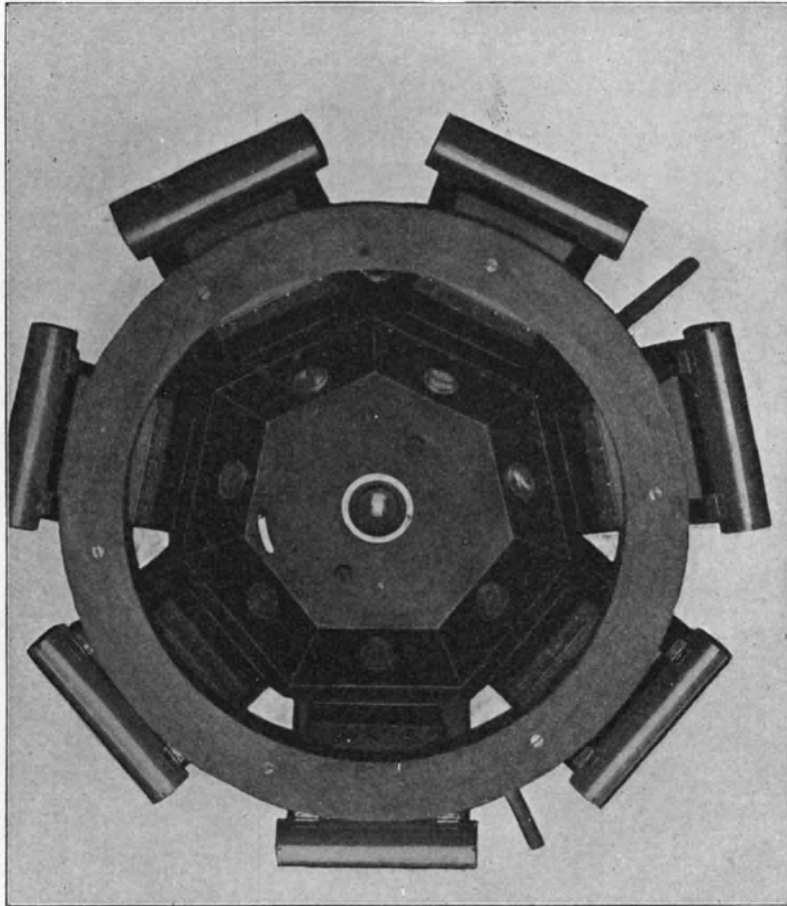


Fig. 3.

Der Panoramen-Apparat in Frontalansicht.

durchgeführt hat; für ein Instrument, welches die Grundlage für die Vermessung aus der Vogelperspektive bildet, scheint mir aber eine derartige Fehlerbestimmung unerlässlich zu sein. Auch garantiert nach Durchführung der Rektifikation die bei diesen Instrumenten erreichbare Winkelmeßgenauigkeit eine allgemeine Genauigkeit der Geländeaufnahme, welche für die bisherigen geodätischen Methoden ganz unerreichbar war.

Der Apparat, so wie er heute konstruiert ist, deckt, wenn er gut horizontal gestellt ist, ein regelmäßiges Polygon, dessen Durchmesser etwa dem 5 fachen der Höhe gleichkommt, aus der die Aufnahme gemacht wurde, d. i.

aus	300 m	relativer Höhe	über dem Gelände	zirka	1,8 km ²
„	500	„	„	„	5
„	1000	„	„	„	20
„	1500	„	„	„	45
„	2000	„	„	„	80
„	3000	„	„	„	180

Nachdem die Verarbeitungskosten eines Panoramas dieselben bleiben, ob dasselbe viel oder wenig deckt, im Gegenteil, die gegenseitige Verknüpfung der Panoramen viel leichter ist bei raumgreifenden Bildern als bei solchen, die nur wenig überblicken, folgt aus diesen Zahlen, daß man trachten wird, die Aufnahmen aus möglichst großen Höhen zu machen.

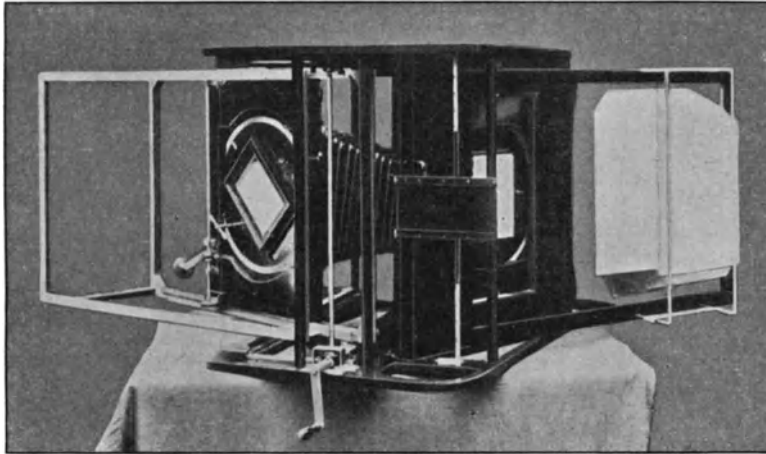


Fig. 4.

Photo-Perspektograph, Modell II.

Die so gewonnenen Panoramenaufnahmen werden späterhin in der Weise verarbeitet, daß man mit Hilfe der von mir konstruierten Transformationsapparate (Photo-Perspektographen) (Fig. 4) die Seitenbilder auf die Ebene des Mittelbildes reduziert und sie sodann, sei es mit Hand, sei es wieder mit einem eigenen Paß-Apparat, mit dem Mittelbild zu einem einzigen Bilde vereinigt (Fig. 5).

Die Theorie dieser Transformation ist bereits wiederholt publiziert worden, und es dürfte genügen, wenn ich sie hier an der Hand eines Bildes kurz streife (Fig. 6).

Es ist klar, daß jene Teile des Geländes, welche sich senkrecht unter dem Ballonort befinden, dem Objektiv des Aufnahmeapparates viel näher sind als die Partien in der Nähe des Horizontes und daher auf dem Bilde viel größer erscheinen als letztere. Diese Maßstabverschiedenheit kann durch eine schiefe Reproduktion ausgeglichen werden, indem man gleichzeitig das, was auf dem Ballonbild zu groß ist, verkleinert und was zu klein ist, vergrößert. Selbstverständlich nimmt das ursprünglich rechteckige Ballonbild dadurch eine trapezförmige Form an. Ich erlaube mir, eine Originalaufnahme mit meinem Ballonapparat (Fig. 7 auf Tafel I)

und ein zusammengefügtes Panorama (Fig. 8 auf Tafel II) vorzuführen; solche sind ja auch auf der „IIa“ in größerer Zahl ausgestellt.

Zum Schlusse bringe ich die bisherige Karte desselben Geländes zum Vergleich (Fig. 9 auf Tafel II).

Die so hergestellten horizontalen Vogelperspektiven zeigen natürlich noch, je nachdem sie aus größeren oder geringeren Höhen aufgenommen wurden, einen kleineren oder größeren Maßstab. Das kann aber durch eine einfache Reproduktion

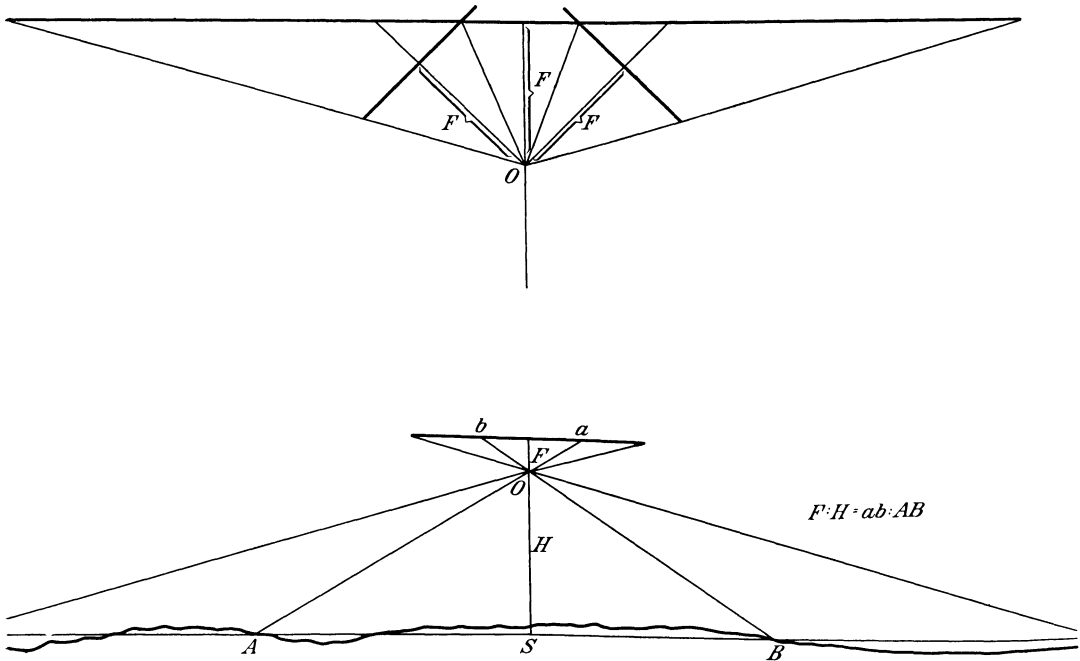


Fig. 5.

Reduktion der Seitenbilder des Panoramen-Apparates auf dem Mittelbild.
(Schematische Darstellung.)

ausgeglichen werden, was unter einem mit der Umformung der perspektivischen Bilder in orthogonale geschieht, welche ich wegen der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit bloß kurz streifen kann.

Außerdem muß darauf geachtet werden, daß die Mittelplatte im Momente der Aufnahme möglichst genau horizontal gestellt sei, wofür am Apparat eigene Vorrichtungen vorgesehen sind.

Versuche im Freiballon haben gezeigt, daß sich diese Horizontalstellung auf wenige Bogenminuten genau erreichen läßt.

Es scheint mir wahrscheinlich, daß dies auch im Lenkballon und möglicherweise im Drachenflieger in gleicher Weise möglich sein wird.

Diese horizontalen Vogelperspektiven haben die angenehme Eigenschaft, daß sie bezüglich der Horizontalwinkel, die vom Nadirpunkte (Ballonorte) aus auf ihnen gemessen werden, streng winkeltreu sind. Selbst kleine Neigungsfehler beeinträchtigen diese gute Eigenschaft nicht wesentlich, man kann sie daher dazu

benützen, um mit ihrer Hilfe, genau so, wie es bisher bei Meßtischaufnahmen in der Natur geschehen ist, auf ihnen den Lageplan des Geländes zu entwickeln. Und zwar kann dies geschehen, sowohl wenn eine Karte

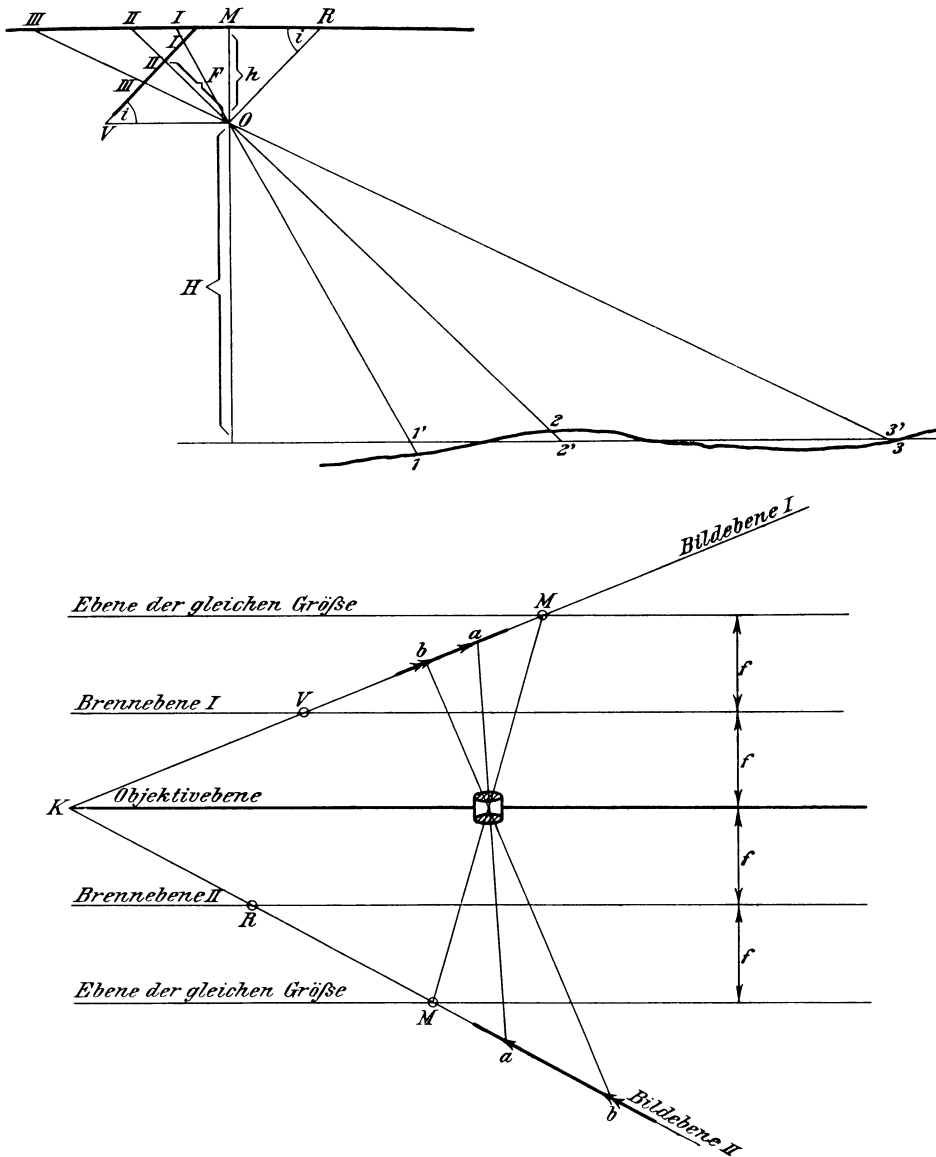


Fig. 6.

Theorie der schiefen Abbildung in deren Anwendung auf die Ballonphotogrammetrie.

bereits vorhanden ist, als auch, wenn noch gar keine Vermessungen vorangegangen sind.

Im Falle eine Karte bereits vorhanden ist, kann die obenerwähnte Tatsache, daß in einer Photographie die Horizontalwinkel vom Nadirpunkt aus auch im

unebenen Gelände streng richtig sind, dazu benützt werden, ein beliebiges photographisches Bild des Geländes in die vorhandene Karte einzupassen.

Bei Verwendung geneigter Photogramme muß vorerst auf Grund der als bekannt vorausgesetzten Brennweite und der gegebenen Neigung des Bildes die Horizontalprojektion der einzelnen Sehstrahlen abgeleitet werden. Für diesen Zweck existieren in der Photogrammetrie bereits eine Reihe geeigneter Methoden, deren Erläuterung hier zu weit führen würde.

Meine Ballonpanoramen hingegen repräsentieren direkt die horizontalen Strahlenbüschel und können daher ohne weiteres verwendet werden. Ist ein solches in die vorhandene Karte zu orientieren, so werden zu diesem Zweck eine Anzahl von Geländepunkten zwischen Karte Fig. 9 und Ballonpanorama Fig. 8 identifiziert. Sodann werden auf Pauspapier oder Ölpapier, in der Sprache der Kartographen einer sogenannten Oleate, die über das Ballonpanorama Fig. 8 gespannt wird, vom Ballonort (Nadirpunkt) aus die zu den vorher identifizierten Punkten führenden Strahlen gezogen. Das so erhaltene Strahlenbüschel, welches auf transparentes Material gezeichnet ist, wird jetzt auf die Karte gelegt und verschoben, bis jeder Strahl über den ihm entsprechenden Geländepunkt der Karte geht und derart die Lage des Ballonortes auf der Karte durch Rückwärtseinschneiden ermittelt.

Sobald das geschehen ist, wird man sofort gewahr werden, daß wohl die einzelnen Bildpunkte mit den ihnen entsprechenden Punkten der Karte je auf demselben Radius-Vektor (Horizontalprojektion des Sehstrahls) liegen, jedoch in der Richtung dieses Radius-Vektors mehr oder weniger große Abweichungen, teils im positiven, teils im negativen Sinne, zeigen.

Diese Abweichungen sind den Höhenunterschieden Fig. 10 der einzelnen Geländepunkte zwischen jedem Geländepunkt und dem Niveau der horizontalen Bildebene direkt proportional und können aus diesen Abweichungen, wie dies Fig. 10 sowie Fig. 12 und 16 auf Tafel III schematisch anzeigen, die Höhen-Unterschiede Δ Ballonort-Geländepunkt auf graphischem Wege ermittelt werden.

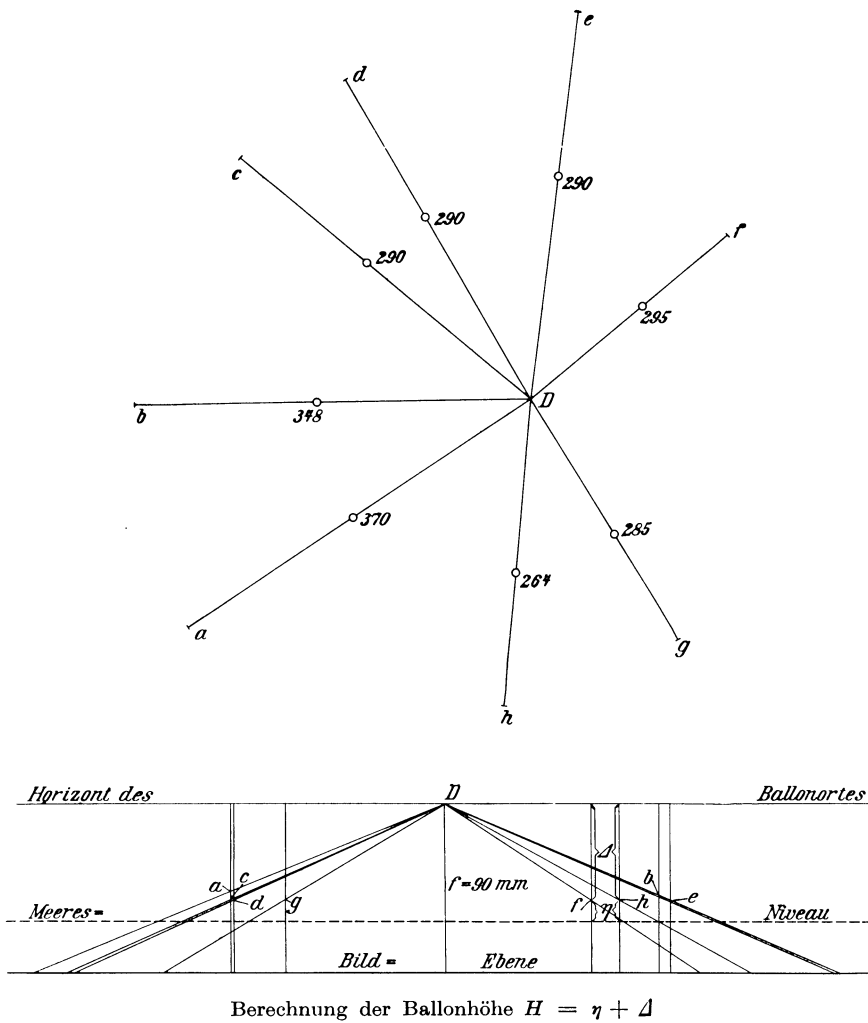
Tut man das, fügt man zu den erhaltenen Zahlen die für jeden einzelnen Geländepunkt der Karte zu entnehmende Höhenkote η desselben hinzu, so erhält man ebenso viele Werte für die Höhe des Ballonortes H , als Geländepunkte der Messung und Rechnung unterzogen worden waren. Das Mittel derselben ist die wahrscheinliche Ballonhöhe H .

Das so orientierte Panorama kann jetzt entweder für sich allein oder im Verein mit anderen benachbarten Ballonpanoramen zur Kontrolle, Ergänzung und Berichtigung der vorhandenen Karte verwendet werden.

Wenn man aber Neuland aufnimmt, ist damit wenig getan, da eine alte Karte ja nicht existiert. In diesem Falle ist es unbedingt nötig, daß die einzelnen Ballonpanoramen sich so stark übergreifen, daß auf jedem einzelnen Ballonpanorama die Nadirpunkte der Nachbarbilder aufgefunden werden können. Sobald das der Fall ist, enthalten die Ballonpanoramen vollauf genügende Anhaltspunkte, um aus ihnen mit Hilfe der eingangs betonten Winkeltreue vom Nadirpunkt aus eine graphische Triangulierung des noch unvermessenen Geländes zu bewerkstelligen, welche dann der weiteren Verarbeitung des Bildmaterials zugrunde gelegt werden kann.

Additional material from *Denkschrift der ersten internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung (ILA) zu Frankfurt A/M. 1909*,
ISBN 978-3-662-00262-9 (978-3-662-00262-9_OSFO1),
is available at <http://extras.springer.com>





Zeichen - Erklärung:

	η	Δ	H
a	370	+ 1175	= 1545
b	348	+ 1220	= 1568
c	290	+ 1267,5	= 1557,5
d	290	+ 1275	= 1565
e	290	+ 1300	= 1590
f	295	+ 1282,5	= 1577,5
g	285	+ 1267,4	= 1552,5
h	264	+ 1280	= 1544
Mittel			1562,475 m

- 370 Punkt der Karte mit Höhenkote 1 : 25 000.
- Punkt der Vogelperspektive $f = 90$.
- η Höhenkoten aus der Karte.
- Δ Höhenunterschiede Ballonort-Gelände-punkt laut Diagramm.
- H Kote des Ballonortes.

Fig. 10.

Orientierung eines Ballon-Panoramas in eine bereits vorhandene Karte.

Additional material from *Denkschrift der ersten internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung (ILA) zu Frankfurt A/M. 1909*,
ISBN 978-3-662-00262-9 (978-3-662-00262-9_OSFO2),
is available at <http://extras.springer.com>



Zu diesem Zwecke wird am Reißbrett vor allem eine Gerade gezogen (Fig. 11 auf Tafel III); auf dieser Geraden werden ganz willkürlich zwei Punkte a und c angenommen, welche als Nadirpunkte zweier benachbarter Ballonpanoramen zu gelten haben. Auf der beigegebenen Tafel waren das die Panoramen A und C . Es wird sodann die Oleate des Panoramas A mit ihrem Nadirpunkte A auf a gelegt und mit der Richtung $A C$ längs der Geraden $a c$ auf c gerichtet. Desgleichen wird die Oleate des Panoramas C mit ihrem Nadirpunkte C auf den Punkt c gelegt und mittels der Richtung $C A$ längs der Geraden $c a$ auf a gerichtet. Sobald das geschehen ist, werden sich die beiden Richtungen $A B$ und $C B$ in irgend einem Punkte b des Meßtischblattes schneiden. Auf diesen Punkt b legt man jetzt die Oleate des Panoramas B mit ihrem Nadirpunkt B und richtet sie mit Hilfe der auf ihr enthaltenen beiden Richtungen $B A$ und $B C$ auf die beiden zu Beginn angenommenen Punkte a und c .

Wären nun die Panoramen streng horizontal gewesen und die Arbeit vollkommen fehlerfrei gemacht worden, so wären die drei Panoramen bereits streng richtig gegen einander orientiert, wenn auch in einem wilden Maßstabe.

Da die Voraussetzung der strengen Horizontalität der Ballonpanoramen und vollkommen fehlerfreien Arbeit jedoch nicht zutrifft, ist es nötig, die Orientierung der Ballonpanoramen gegen einander noch einer scharfen Kontrolle zu unterwerfen und, wenn nötig, zu berichtigen, was, wie folgt, geschieht, und zwar sei diese Arbeit an Hand der beigegebenen Tafel erläutert.

Man identifiziert auf den einander übergreifenden Ballonpanoramen eine größere Anzahl von Geländepunkten (I—XVI), welche über das ganze Gelände möglichst gleichmäßig verteilt und auf allen Bildern scharf erkennbar sind. Man zeichnet auf die schon früher erwähnten Oleaten (Pauspapier), die über die einzelnen Panoramen gespannt sind, die Strahlen, die von jedem Ballonort (Nadirpunkt) zu jedem einzelnen Bildpunkt führen, und zwar für jedes einzelne Panorama gesondert.

Man bringt die Oleaten dreier Ballonpanoramen in der bereits geschilderten Weise mit Hilfe der Bilder ihrer Nadirpunkte übereinander zur Deckung (Fig. 11 auf Tafel III). Wäre nun alles richtig, so müßten die einander entsprechenden Strahlen jedes einzelnen Geländepunktes sich ohne Fehlerdreieck in je einem Punkte schneiden. Das gelingt natürlich infolge der zahlreichen unvermeidlichen Fehler nicht vollständig. Insbesondere sind eventuelle Fehler den unvermeidlichen Neigungsfehlern der Ballonpanoramen zur Last zu legen. Es ist jedoch nach den gemachten Erfahrungen nicht schwierig, die drei Oleaten durch minimale Verschiebungen in Übereinstimmung zu bringen, wodurch die gegenseitige Lage der Horizontalprojektionen der drei Ballonorte festgelegt wird. An diese drei Ballonpanoramen können nun sukzessive die Ballonpanoramen der weiteren Umgebung in ähnlicher Weise angegliedert werden, woraus sich eine graphische Triangulierung, wenn auch in einem wilden Maßstabe, ergibt, welche innerhalb der gewöhnlich gesteckten Genauigkeitsgrenzen genügt,

Diese graphische Triangulierung, resp. die gegeneinander orientierten Oleaten kann man aber weiter dazu benützen, die Orientierung der Ballonorte der Höhe nach zu bestimmen.

Die nach Fig. 12 und 16 auf Tafel III erfolgende Berechnung der Höhen der einzelnen zur Orientierung der Oleaten verwendeten Geländepunkte ergibt für jedes einzelne Panorama den Höhenunterschied zwischen dem betreffenden Ballonort und dem betreffenden Geländepunkt. Wurde dieser Höhenunterschied für ein und denselben Geländepunkt aus mehreren Ballonpanoramen berechnet, so ist, da sie sich alle auf ein und denselben Geländepunkt, aber auf verschiedene Ballonörter beziehen, die Differenz der Resultate offenbar nichts anderes als die Höhendifferenz der Ballonorte; allerdings in einem noch unbekanntem, wilden Maßstab (Fig. 12 auf Tafel III).

Da diese Höhendifferenzen aus jedem einzelnen Geländepunkte gesondert ermittelt werden können, man aber, wie eingangs gesagt wurde, solche Geländepunkte in größerer Zahl in die Rechnung einbezog, so können die erhaltenen Resultate wieder gemittelt werden, und dann ergeben sich die Höhendifferenzen der einzelnen Ballonorte mit großer Genauigkeit (± 10 — 12 m).

Ist das geschehen, so sind die verwendeten Ballonpanoramen ihrer Lage und Höhe nach gegeneinander orientiert, und kann sofort, wenn auch vorläufig noch in einem wilden Maßstabe, der Lage- und Schichtenplan des Geländes aus ihnen abgeleitet werden.

Vor Jahren hat schon Prof. F i n s t e r w a l d e r - München den Versuch gemacht, aus drei Ballonaufnahmen, die dasselbe Gelände deckten, einen Schichtenplan von Gars und Umgebung zu konstruieren.

Die Aufnahmen waren aber geneigte, ihre Nadirpunkte mit bei weitem geringerer Genauigkeit bekannt als bei meinen Bildern, und das Gesichtsfeld der einzelnen Aufnahmen ein weit geringeres als das meiner Ballonaufnahmen. Auch suchte Prof. F i n s t e r w a l d e r das Problem noch mit Hilfe der H a u c k schen Kernpunkte zu lösen, was als ein ganz enormer Umweg bezeichnet werden muß.

Die Folge war, daß er das Problem zwar löste, aber einen solchen Aufwand von mathematischem Scharfsinn und gelehrtem Können sowie mechanischer Rechenarbeit dazu nötig hatte, daß er selbst zu dem Ergebnis kam, daß der Versuch in dieser Form wohl ein interessantes wissenschaftliches Experiment war, aber sein Vorgehen in die Praxis kaum Eingang finden könnte, weil dabei niemand auf seine Kosten käme. Dadurch nun, daß ich nicht mit geneigten Ballonaufnahmen arbeite, sondern nur mit horizontalen oder in die Horizontalebene transformierten Bildern, daß ich nicht willkürlich herausgerissene Einzelbilder, sondern ganze Rundsichten verwende, und daß ich meine Nadirpunkte (Ballonorte) mit großer Genauigkeit schon bei der Aufnahme festlege, hat es gar keinen Sinn mehr, mit H a u c k schen Kernpunkten und ähnlichen gelehrten Dingen zu operieren, sondern können meine horizontalen Vogelperspektiven von jedermann, der mit einem Meßtisch arbeiten gelernt hat, nach den ihm geläufigen Methoden des Vorwärts-, Seitwärts- und Rückwärtseinschneidens ausgewertet werden. Jedoch möchte ich mich davor verwahren, daß man glaube, daß die Handarbeit meiner Weisheit letzter Schluß sei. Mit Hand sollen bloß die Schichtenpläne ausgearbeitet werden, weil es ein einfacheres und billigeres Verfahren hierzu nicht gibt. Sobald der Schichtenplan des Geländes fertig ist, tritt wieder die Photographie in ihre Rechte, und werden die

horizontalen Vogelperspektiven auf Grund dieses Schichtenplans auf photographischem Wege in strenge Orthogonalprojektionen übergeführt.

Für diese letzte Überführung der horizontalen Vogelperspektiven in Orthogonalprojektionen habe ich ein eigenes Instrument, den Zonentransformator, konstruiert, dessen Details ich aber hier übergehen möchte.

Um wieder zur Hauptsache, nämlich zur Schilderung der Methode, wie ich mir die Vermessung eines großen Kolonialgebietes vorstelle, zurückzukehren, nehme ich an, daß das Kolonialgebiet, das zu vermessen wäre, vor der photographischen Aufnahme aus der Vogelperspektive mit einem Triangulierungsnetz

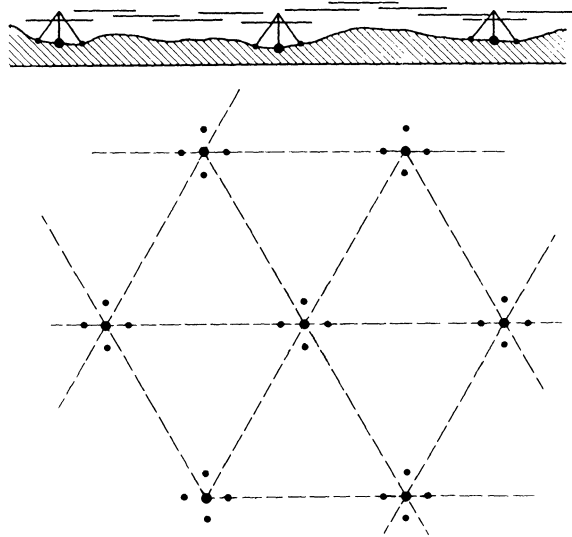


Fig. 17.

Einbindung der Ballon-Aufnahmen in ein vorhandenes Triangulierungsnetz I. Ordnung.
(Schematische Darstellung.)

erster Ordnung überspannt werde. Dieses Netz kann so weitmaschig sein, als nur immer die Sichtweite moderner Fernrohre es gestattet. Tatsächlich dürften die Seiten ca. 30—50 km lang werden.

In dieses Triangulierungsnetz erster Ordnung werden dann mit Hilfe von Oleaten, wie schon früher geschildert, also im wesentlichen durch eine graphische Triangulierung, die Ballonaufnahmen eingebunden.

Fig. 17 zeigt ein solches Triangulierungsnetz. Wie weiter die Figur zeigt, denke ich mir um jeden dieser Triangulierungspunkte in einem Umkreis von etwa 2—3 km Radius noch vier Nebenpunkte bestimmt. Selbstverständlich möglichst gleichmäßig verteilt, so daß sie mit dem Triangulierungspunkte, den sie umgeben, eine Art Kreuz bilden. Diese 5 Punkte, nämlich der eigentliche Triangulierungspunkt erster Ordnung und die ihn umgebenden vier Nebenpunkte, werden nun, jeder in einem Umkreis von ca. 3 m, durch Auslegen des Bodens mit weißen Steinen oder durch einen Kalkanstrich oder ähnliche Mittel deutlich sichtbar gemacht, während der Punkt selbst als Zentrum dieser weißen Kreisfläche durch einen schwarzen Markstein bestimmt ist.

In dieser Form hergerichtet, bilden sich die Triangulierungspunkte auf den Photographien sehr deutlich ab und können infolgedessen unzweifelhaft erkannt und sehr scharf eingemessen werden.

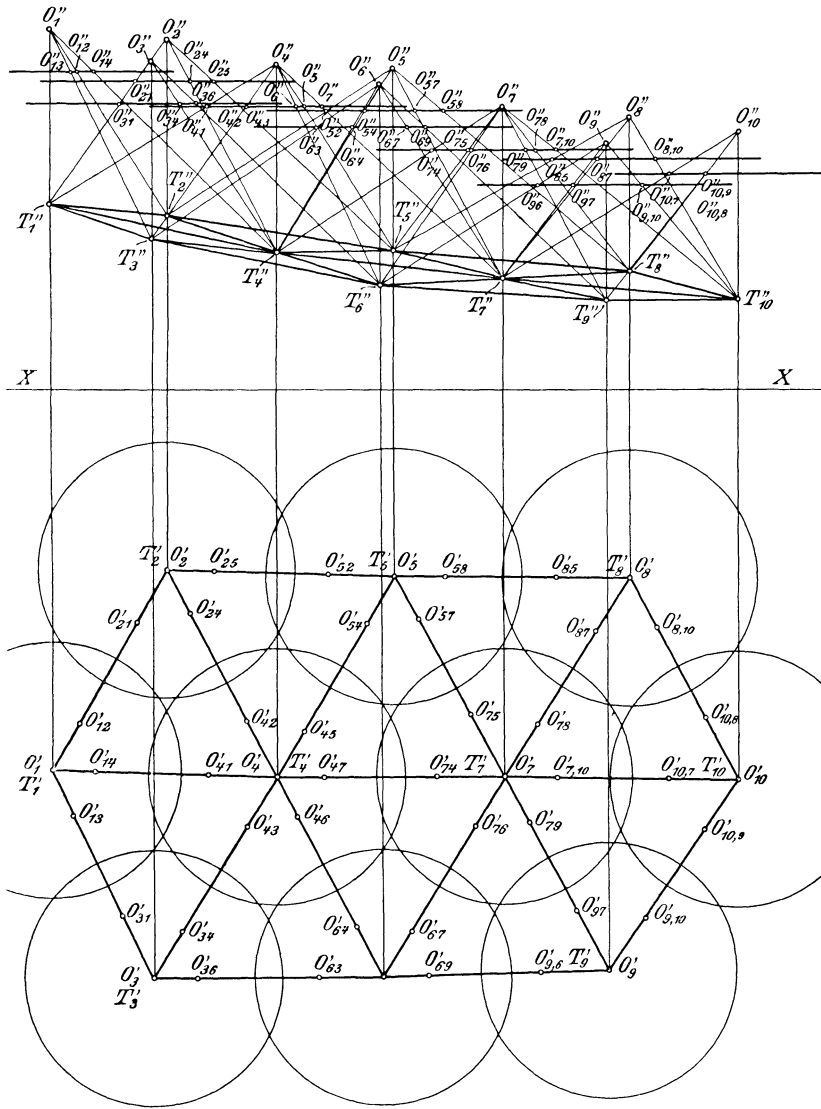


Fig. 18.

Eine Anzahl einander übergreifender Ballon-Panoramen, mit Hilfe der im Text geschilderten graphischen Triangulierung auf Grund der Daten, die sie selbst enthalten, aneinander gefügt.

Eine Ballonaufnahme, in deren Gesichtsfeld diese 5 Punkte erscheinen, läßt sich durch Rückwärtseinschneiden genauestens im Raume festlegen, und zwar werden absichtlich hierzu 5 Punkte statt des theoretischen Minimums von 3 Punkten verwendet, um diese Positionsbestimmung zu einer völlig zuverlässigen und genauen zu gestalten. Übrigens trägt auch schon der Umstand, daß der Ballonapparat 140 Grad

Gesichtsfeld hat und die einzelnen Neben-Punkte bei Aufnahmen aus 1000 m etwa 4 km weit, bei Aufnahmen aus 2000 m etwa 8 km weit auseinanderliegen sollen, sehr wesentlich dazu bei, um diese Art der Positionsbestimmung zu einer sehr genauen zu machen; denn die Genauigkeit einer Positionsbestimmung durch Rückwärtseinschneiden wächst mit dem Quadrate der Winkel, unter denen die Stützpunkte erscheinen. Populär gesprochen, eine hohe Pyramide mit kleiner Basis wird wanken. Eine niedere Pyramide mit breiter Basis wird unverrückbar feststehen.

Denkt man sich das Gelände mit Hilfe eines Lenkballons, Freiballons oder Drachenfliegers in einer mittleren Höhe von 1000—2000 m überflogen und hierbei mit Hilfe eines Panoramenapparates in Abständen von etwa 2—4 km photographiert, und zwar bei möglichst genauer Horizontalstellung des Ballonapparates im Momente jeder Aufnahme, so übergreifen sich die Bilder in vollkommen genügender Weise und bilden in ihrer Gesamtheit eine geschlossene Decke, einem Gewölbe vergleichbar, welches über jedem Triangulierungspunkte durch eine Säule gestützt ist. Die Säulen des Gewölbes bilden die Strahlenbüschel jener Ballonpanoramen, welche über den einzelnen Triangulierungspunkten erster Ordnung durch Rückwärtseinschneiden orientiert wurden.

Die übrigen Bilder werden mit diesen Stützbildern mit Hilfe der oben angedeuteten graphischen Triangulierung in Zusammenhang gebracht, deren Genauigkeit für diesen Zweck vollkommen genügt.

Da sich laut Voraussetzung die einzelnen Vogelperspektiven mehr als zur Hälfte übergreifen müssen, so finden sich auf jeder einzelnen Vogelperspektive auch die Ballonorte aller dasselbe umgebenden Nachbarbilder, und diese dienen in erster Linie dazu, zunächst die das Stützbild umgebenden Ballonaufnahmen mit diesem nach der bekannten Methode des Seitwärtseinschneidens zu verbinden und dann an diese wieder die weitere Umgebung anzuschließen, so lange, bis man mit den an die Nachbartriangulierungspunkte angeschlossenen Bildern in Fühlung kommt, worauf dann eventuell sich ergebende kleine Widersprüche ausgeglichen werden müssen. Fig. 18 zeigt eine Anzahl von Ballonpanoramen in der geschilderten Weise zusammengefügt.

In gleicher Weise können eventuelle kleine Neigungsfehler der Ballonpanoramen, von den Stützbildern ausgehend, ermittelt und beseitigt werden.

Ist das alles geschehen, so kann aus diesem das ganze Gelände überdeckenden Bildermaterial ohne Schwierigkeit ein genauer Schichtenplan der ganzen Gegend und schließlich die Photo-Karte selbst abgeleitet werden.

Während die Verwertung vereinzelter schiefer Ballonphotographien durch bloße Handarbeit derart ungenügend und mühsam ist, daß sie den alten Vermessungsmethoden entschieden nicht ebenbürtig ist, gewinnt durch eine derartige systematische Arbeit die Aufnahme aus der Vogelperspektive eine ganz enorme Überlegenheit über die alte Vermessungsmethode.

3. Wirtschaftliche Fragen der Ballonphotogrammetrie.

Um Vergleiche anstellen zu können, will ich versuchen, abzuschätzen, was die heutige Art der Landesaufnahme an Zeit, Arbeit und Geld kostet, und dann versuchen, abzuschätzen, was eine Aufnahme aus der Vogelperspektive kosten würde. Die beiden Daten werde ich dann vergleichen, und werden dieselben eines Kommentars nicht bedürfen.

Allerdings möchte ich dabei betonen, daß sowohl die Schätzungen der Kosten des alten Verfahrens als die des neuen ganz rohe und unverbindliche sind, da mir für die Beurteilung des ersteren keine authentischen Daten zur Verfügung standen und zur Beurteilung des letzteren überhaupt alle Erfahrungen fehlen.

Es ist deshalb ganz leicht möglich, daß die Herren, die an der Quelle sitzen, bezüglich des alten Verfahrens meine Ziffern einer scharfen Kritik unterziehen werden, und dasselbe bezüglich des neuen Verfahrens durch die Erfahrung geschehen wird. Um mich aber vor Trugschlüssen zu bewahren, habe ich die das alte Verfahren betreffenden Kostenpunkte möglichst niedrig angesetzt, so daß nur Korrekturen nach oben wahrscheinlich sind, und die Ziffern für das neue Verfahren reichlich hoch gegriffen, so daß sich dabei wird voraussichtlich sparen lassen.

Solcherart dürften trotz der unsicheren Grundlagen wirkliche Trugschlüsse vermieden worden sein.

Soviel ich erfahren habe, rechnet man als mittlere Jahresleistung eines Topographen in Deutschland etwa 100 km² im Maßstab 1 : 25 000, jedoch nicht etwa eine Neuaufnahme vollkommen unerforschten Gebietes, sondern die Wiederaufnahme eines Gebietes, welches bereits vermessen ist, für das schon Karten existieren, wenn sie auch bereits veraltet sind. Rechne ich das Jahreseinkommen eines Topographen auf ca. 6000 M, die Löhnungen und Verpflegungskosten seiner Handlanger sowie die Reisespesen ungefähr ebenso hoch, so sind das weitere 6000 M, es kosten also 100 km² 12 000 M oder der km² 120 M.

Nach meinen Informationen rechnet man in Österreich für die gleiche Leistung 150—200 K auf den km², je nachdem, ob der Topograph im Flachlande oder im Gebirge zu arbeiten hat. Nachdem in Deutschland das Flachland und Hügelland vorherrscht, so stimmen die 120 M und die 150 K pro km² für die gleichen Leistungen ziemlich gut überein, und würde nur der Umstand, daß man in Deutschland im allgemeinen höhere Gehalte bezahlt, als in Österreich, darauf schließen lassen, daß ich die Kosten mit 120 M pro km² zu niedrig einschätze. Daß der km² im Gebirgsterrain bedeutend mehr kostet, ist nicht zu verwundern.

Ich möchte nun für die ganzen späteren Berechnungen Deutsch-Südwestafrika als Beispiel wählen und daran meine Betrachtungen knüpfen. Wie bekannt, liegt dasselbe zwischen 17 Grad 20' und 29 Grad südlicher Breite, hat ein Areal von rund 831 000 km² und ist im wesentlichen ein Hochland mit aufgesetzten nicht unbedeutenden Gebirgszügen und tief eingeschnittenen Flußtäälern. Es besitzt im allgemeinen ein subtropisches Klima, scheidet sich aber klimatisch in zwei Gebiete, das Innere und die Küste.

Das Innere hat rein kontinentalen Charakter und eigentlich nur zwei Jahreszeiten, den Sommer mit anfangs heißen Winden, später reichlichem Gewitterregen und den Winter, Mai—September, nahezu regenlos, aber mit großen Temperaturschwankungen. Die Küste ist durch die kalte Benguela-Strömung beeinflusst, die von Süd nach Nord streicht, und hat infolgedessen einen weniger heißen Sommer und die Regenzeit im Winter. Daraus ergibt sich, daß man eigentlich in Deutsch-Südwestafrika das ganze Jahr hindurch arbeiten kann: im Winter im Innern und im Sommer an der Küste.

Eine Landesaufnahme im Maßstab 1 : 25 000 dürfte in Deutsch-Südwestafrika schwerlich zu denselben Preisen durchgeführt werden können, wie eine Wiederaufnahme oder Reambulierung in Deutschland oder Österreich, denn abgesehen davon, daß es etwas anderes ist, ob man ein Land neu aufnimmt, oder ob man vorhandene Karten nur umzeichnet und berichtigt, so ist es auch ein Unterschied, ob man in einem Kulturlande arbeitet, wo einem alle möglichen Verkehrsmittel und sonstigen Hilfsmittel zur Verfügung stehen, oder in einem völlig unkultivierten Lande, wo nahezu das einzige Verkehrsmittel der achtspännige Ochsenwagen ist und man mit einer feindseligen Bevölkerung rechnen muß.

Außerdem darf nicht vergessen werden, daß Deutsch-Südwestafrika gebirgig ist. Man wird deswegen nicht fehlgehen, wenn man den österreichischen Satz für gebirgiges Terrain per 200 K also 160 M pro km² der Rechnung zugrunde legt, aber mindestens 50, wenn nicht 100 Proz. wegen der sonstigen Schwierigkeiten zuschlägt. Das führt zu einer Schätzung in der Höhe von 240—300 M pro km². Multipliziert man diesen Satz mit dem Areal von Deutsch-Südwestafrika per 831 000 km², so kommt man zu dem Resultat, daß die Vermessung von Deutsch-Südwestafrika im Maßstab 1 : 25 000 etwa 200—250 Millionen Mark kosten würde.

Hierbei ist die Triangulierung nicht mitgerechnet, weil mir erstens hierzu die Daten fehlen, und weil zum mindesten eine weitmaschige Triangulierung erster Ordnung sowohl bei dem von mir in Aussicht genommenen System der sich übergreifenden horizontalen Ballonpanoramen (System 3) als auch beim kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb (System 1) nötig ist. Allerdings brauchen die bisherigen Vermessungssysteme auch eine Triangulierung zweiter und dritter Ordnung, welche bei Vermessungen aus der Vogelperspektive nach System 3 bereits durch die Bilder besorgt wird, während sie bei System 1, Drachen- und Fesselballonbetrieb, von mir in die Berechnung der Vermessungskosten einbezogen wurde.

Wenn ich daher bei Vergleich der alten Vermessungsmethoden mit denen aus der Vogelperspektive die Triangulierung, da in beiden Fällen notwendig, als aus der Rechnung fallend betrachte, so arbeite ich wieder mit großen Sicherheitskoeffizienten, da ich über die Kosten der Triangulierung zweiter und dritter Ordnung hinweggehe, die bei den bisherigen Vermessungsmethoden unerlässlich ist und ziemliche Kosten verursacht, während sie bei der Vermessung aus der Vogelperspektive bereits in der Kostenberechnung enthalten ist.

Die Zeit, die eine Vermessung Deutsch-Südwestafrikas nach den bisherigen Vermessungsmethoden beanspruchen würde, hängt natürlich wesentlich davon ab, wieviel Arbeitskräfte man gleichzeitig verwendet. Unter der Annahme aber, daß

20 Triangulatoren und 100 Topographen gleichzeitig arbeiten, schätze ich die zur Aufnahme ganz Deutsch-Südwestafrikas nötige Zeit auf ca. 150—170 Jahre.

Würde man sich entschließen, Deutsch-Südwestafrika mit Fesselballons, fallweise unterstützt von Drachen, aufzunehmen, so würden sich die Rentabilitätsverhältnisse, wie folgt, stellen: Wie die angestellte Berechnung zeigt, ist zur Ausrüstung einer Abteilung für kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb ein Kapital von rund 80 000 M nötig. Eine solche Fesselballonabteilung dürfte im ganzjährigen Betrieb ungefähr 100 000 M jährlich kosten. Sie kann im Jahre etwa 5000—6000 km² im Maßstab 1 : 5000 aufnehmen. Daraus berechnen sich die Kosten der Aufnahme von ganz Deutsch-Südwestafrika im Maßstab 1 : 5000, nicht 25 000, wie bei der alten Vermessungsmethode, inklusive Kleintriangulierung auf etwa 75—80 Millionen Mark.

Um die richtige ökonomische Mitte zu halten, d. h. um einerseits nicht übermäßige Kapitalien für diesen Zweck binden zu müssen, anderseits doch in einer absehbaren Zeit fertig zu werden, wird es sich empfehlen, ca. 10 solche Abteilungen gleichzeitig arbeiten zu lassen, und könnten dieselben sodann mit der Vermessung von ganz Deutsch-Südwestafrika in ca. 16 Jahren fertig werden. Wenn man in Betracht zieht, daß die Aufnahme hier im Maßstabe 1 : 5000 erfolgt, so kann man die Methode eigentlich weder als teuer noch als langsam bezeichnen. Da man aber bei einer ersten Kolonialvermessung einen Maßstab 1 : 5000 nicht braucht, vielmehr mit dem Maßstab 1 : 25000 vollkommen zufrieden sein kann, ergibt sich von selbst der Schluß, daß man bei Kolonialvermessungen zu Methoden greifen muß, deren natürlicher Maßstab ein kleinerer ist, und die dementsprechend auch billiger und rascher arbeiten.

Nachdem der natürliche Maßstab jeder Aufnahme aus der Vogelperspektive eine Funktion der Höhe, aus der man die Aufnahmen macht, und der Brennweite der Objektive, die man verwendet, ist, die Brennweite der Objektive aber durch die Bedingungen der Handlichkeit usw. bereits festgelegt ist, so ergibt sich daraus, daß man, wenn man im Maßstab 1 : 25 000 arbeiten will, die Aufnahmen aus einer Höhe von ca. 2000—2500 m machen sollte.

Aus dieser Höhe dürfte man in Deutsch-Südwestafrika ohne Schwierigkeit klare und reine Bilder erhalten, nachdem die atmosphärischen Verhältnisse dort wahrscheinlich sehr günstige sind. Man wird daher auf Luftfahrzeuge angewiesen sein, die in der Lage sind, Menschen und photographische Apparate in solche Höhen zu bringen. Das sind derzeit bloß der Freiballon und der Lenkballon. Drachenflieger werden dieses Ziel vielleicht einmal erreichen, heute aber erreichen sie es noch nicht, und auch Lenkballons erreichen diese Höhe nur in ihren größten Ausführungsformen, mit großen Gasverlusten und unter ganz bedeutenden technischen Schwierigkeiten.

Es ist zweifellos möglich, eine derartige Kolonial-Vermessung auch mit Freiballons durchzuführen. Ja, es ist wahrscheinlich sogar derzeit noch rationeller, Freiballons hierzu zu verwenden, als Lenkballons. Es schien mir aber nicht den Tendenzen der „I l a“ entsprechend, dieser Anschauung mehr wie unbedingt nötig, Ausdruck zu geben. Ich habe daher meinen Berechnungen, die Verwendung eines Lenkballons zugrunde gelegt, und zwar eines Lenkballons des unstarren

Systems, erstens deshalb, weil die Luftfahrzeug-Gesellschaft die große Güte hatte, mir authentische Daten zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihr hiermit Dank sage, und weil ich andererseits weiß, daß Herr Geheimrat Hergesell an dieser Stelle selbst über die Verwendung des Zeppelinballons für Polarforschungszwecke sprechen will, und ich ihm daher in diesem Punkte nicht vorgreifen möchte.

Auch kann ein Lenkballon des unstarren Systems im Falle einer unfreiwilligen Landung leichter zerlegt und transportiert werden.

Um nun zur Sache zu kommen, so zeigt die angestellte Kostenberechnung vor allem, daß es einen großen Unterschied macht, ob man einen kleinen oder einen großen Lenkballon verwendet. Ich habe daher die Berechnung gesondert durchgeführt, einerseits für den kleinsten Typ, den mir die Luftfahrzeug-Gesellschaft als noch für meine Zwecke brauchbar bezeichnet hat, andererseits für die bereits vielfach erprobte große Type, die wir hier auf der „Ila“ zu bewundern Gelegenheit haben.

Es ergibt sich aus dieser Berechnung, daß bei Verwendung der kleinen Type ein Anlagekapital von etwa 700 000 M, bei Verwendung der großen Type ein Kapital von etwa 1 200 000 M erforderlich ist, daß ferner die jährlichen Betriebskosten beim kleinen Typ ca. 500 000 M betragen, beim großen Typ 850 000 M, daß der kleine Typ gezwungen ist, in einer mittleren Höhe von 1000 m zu arbeiten und höchstens 5 Stunden im Tag tätig sein kann, während der große Lenkballon in 2000 m Höhe und 10 Stunden täglich arbeiten kann. Die natürliche Folge ist, daß unter sonst gleichen äußeren Bedingungen sich mit der kleinen Type 64 000 km², mit der großen Type 156 000 km² jährlich aufnehmen lassen, und daß infolgedessen die Vermessung von ganz Deutsch-Südwestafrika mit der kleinen Type ca. 42 Millionen kostet und 13 Jahre dauert, allerdings im Maßstab 1 : 10000, während die Vermessung mit der großen Type bloß etwa 13 Millionen Mark kosten würde und in ca. 3—4 Jahren fertig sein könnte, und zwar im Maßstab 1 : 20 000, der dem von der Praxis geforderten Maßstab von 1 : 25 000 ziemlich nahekommt.

Interessant ist bei diesen Berechnungsergebnissen die Anstellung der Probe mit Hilfe der Faustregel, daß die Kosten einer Aufnahme im Quadrat mit dem Maßstab wachsen müssen. Wir finden tatsächlich, daß der Geld- und Zeitaufwand bei der kleinen Type des Lenkballons, der vermöge seiner Größenverhältnisse gezwungen ist, im Maßstabe 1 : 10 000 zu arbeiten, ungefähr viermal so groß ist, als der Geld- und Zeitaufwand bei der großen Type, mit der man im Maßstab 1 : 20 000 arbeitet. Nicht so gut stimmt die Probe, wenn man auch den kombinierten Drachen- und Fesselballonbetrieb zum Vergleich heranzieht; denn hier ist der Kostenaufwand beim doppelten Maßstab nur ungefähr das Doppelte, während der Zeitaufwand ungefähr das Zwölfwache ist wie beim kleineren Lenkballon. Hier liegen also offenbar so sehr veränderte technische Bedingungen vor, daß ein ziffermäßiger Vergleich nach dieser Faustregel nicht gut zulässig ist, ebensowenig wie ein ziffermäßiger Vergleich zwischen einer Vermessung, die nach den bisherigen Methoden durchgeführt werden muß und einer Vermessung mit Hilfe von Luftballons aus der Vogelperspektive bei Anwendung dieser Faustregel zu richtigen Resultaten führen würde.

Zum Schluß ist es nicht uninteressant, ein wenig nachzusehen, wie das Etablissement beschaffen sein müßte, welches das enorme Bildermaterial, das die Flugfahrzeuge liefern, zu verarbeiten hätte.

Eine grundlegende Forderung hierfür ist und muß sein, daß das betreffende Institut mit den Leistungen der Luftfahrzeuge Schritt halten könne, weil sonst sofort eine Stauung des fortwährend einlaufenden Bildermaterials und eine heillose Verwirrung Platz greifen würde.

Ein roher Vergleich mit den Einrichtungen, die ich mir aus meinen Privatmitteln ganz allein geschaffen habe, zeigt, daß bei Verwendung der kleinen Type des Lenkballons das mit der Verarbeitung zu betrauende Institut meine Einrichtungen in ungefähr fünffacher Ausführung besitzen und ca. 70 geschulte Arbeitskräfte beschäftigen müßte, was in der Anlage etwa 400 000 M und im jährlichen Betrieb alles in allem etwa 2 Millionen Mark ausmachen würde; bei Verwendung der großen Type des Lenkballons müßte das mit der Verarbeitung zu betrauende Institut meine Einrichtungen etwa in zehnfacher Ausführung besitzen und etwa 150 geschulte Arbeitskräfte beschäftigen, was in der einmaligen Anlage etwa 800 000 M und im Betrieb (Amortisation, Steuern, Miete, Stromspesen, Platten, Löhne usw. usw., kurz alles inbegriffen) etwa 4 Millionen Mark jährlich verbrauchen würde.

Nachdem die jährlichen Betriebskosten dieses Instituts aber bereits bei meinen früheren Aufstellungen der Kosten einer Aufnahme von Deutsch-Südwestafrika mit eingerechnet sind, kommt eigentlich für die Finanzierung bloß das für das Institut aufzuwendende Anlagekapital in Betracht.

Wie man sieht, ein Staat wie Deutschland, der flugtechnisch alles zur Verfügung hat, was für den vorliegenden Zweck erforderlich ist, dem es auch an Fachleuten für die Verarbeitung nicht mangelt, bedarf bloß des Entschlusses, seine Kolonial-Vermessung auf eine moderne Basis zu stellen und dadurch sowohl an Geld als an Zeit enorm zu sparen, um die Sache sofort in die Praxis umzusetzen. Denn sein Reservoir an Intelligenz, Kapital und Arbeitskraft ist so reich, daß er nur mit vollen Händen daraus zu schöpfen braucht, um ohne nennenswertes Risiko viel Zeit und Geld zu sparen, um einem neuen, fruchtbaren Gedanken den Weg zu bahnen. Ja, noch mehr; durch ein solches Unternehmen würden die hauptsächlich für militärische Zwecke angelegten Summen, welche die flugtechnischen Versuche heute kosten, sofort in reichstem Maße wirtschaftlich nutzbar.

Wie Sie sehen, fehlt heute der Sache nichts mehr als das Vertrauen irgendeiner Regierung in die Sache, ein größerer Vermessungsauftrag sowie das nötige Kapitalsfundament, um einen solchen Auftrag auch glatt und klar auszuführen.

System III.
Einander übergreifende Einzel-Aufnahmen mit einem Lenkballon.
Anlagekapital.

Lenkballon des unstarren Systems	Kleine Type	Große Type
Rauminhalt	3200 m ³	6600 m ³
Steighöhe maximal	1500 m	2500 m
Maximalgeschwindigkeit	10 m p. Sek.	14 m p. Sek.
Mögliche Fahrtdauer	6 Stunden	20 Stunden
Anzahl der Motoren	1	2
Lebensdauer (abgeschätzt von der Gesellschaft)	3—4 Jahre	4—5 Jahre
Anschaffungspreis	210 000 M	325 000 M
Zweite Hülle und sonstige Reserveteile	90 000 M	175 000 M
Ballonhalle, womöglich zerlegbar und transportabel	110 000 M	130 000 M
Gasflaschen à 60 M per Stück oder eine entsprechende leistungsfähige Gasgenerator-Anlage in ungefähr gleicher Preislage	180 000 M (3000 Stück)	420 000 M (7000 Stück)
2 Ballonapparate samt Zubehör	10 000 M	10 000 M
Sonstige Ausrüstung der Zentralstation	100 000 M	140 000 M
Summe	700 000 M	1 200 000 M

Ganzjährige Betriebskosten.

Amortisation des Lenkballons à 33 %	100 000 M	170 000 M
.. der Ballonhalle à 20 %	22 000 M	26 000 M
.. der Gasflaschen bzw. des Gasgenerators à 20 %	36 000 M	84 000 M
.. der übrigen Anlagen à 20 %	22 000 M	30 000 M
Reparaturen	30 000 M	60 000 M

Gaskosten.

Das Gas kostet loco Bitterfeld pro m ³	15 Pf.
Transport Bitterfeld-Hamburg	23 Pf.
Seetransport Hamburg-Swakopmund pro m ³ ca.	5 Pf.
Bahntransport Swakopmund-Windhoek ca.	47 Pf.
Summe loco Windhoek	90 Pf.
Eventl. Weitertransport mit Ochsenwagen mindestens	30 Pf.
Summe	1.20 M

Da es wahrscheinlich ist, daß die Erzeugung des Gases an Ort und Stelle mit einer Gasgeneratoranlage, falls man sich nur Orte für die Zentralstation auswählt, wo genügend Wasser ist, z. B. in der Nähe von Flüssen, kaum mehr als 1 M pro m³ kosten dürfte, wurde dieser Gaspreis der weiteren Berechnung zugrunde gelegt.

Transport	210 000 M	370 000 M
-----------	-----------	-----------

	Kleine Type	Große Type
Transport	210 000 M	370 000 M
Erste Füllung	3 200 M	6 600 M
10 % täglicher Gasersatz für 365 Tage	116 800 M	240 900 M
Benzin, Öl usw.	5 000 M	10 000 M
Gehalte, kleine Type:		
1 Ingenieur	12 000 M	
2 Photographen à 6000 M	12 000 M	
2 Chauffeure à 6000 M	12 000 M	
2 Ballonmeister à 6000 M	12 000 M	
1 Schlosser	5 000 M	
60 Schwarze à 500 M	30 000 M	
Summe ...	83 000 M	
Gehalte, große Type:		
1 Ingenieur	12 000 M	
2 Photographen à 6000 M	12 000 M	
4 Chauffeure à 6000 M	24 000 M	
3 Ballonmeister à 6000 M	18 000 M	
2 Schlosser à 5000 M	10 000 M	
100 Schwarze à 500 M	50 000 M	
Summe ...		126 000 M
Verwaltungs- und sonstige Spesen	82 000 M	96 500 M
Totale Betriebskosten pro Jahr	500 000 M	850 000 M

Leistungsfähigkeit eines Lenkballons.

Mittlere Aufnahmehöhe	1000 m	2000 m
Arbeitsstunden pro Tag	5 Stunden	10 Stunden
Maximalgeschwindigkeit, relativ gegen die Luft	36 km pro Std.	50 km pro Std.
Normale Arbeitsgeschwindigkeit, absolut über dem Gelände	20 km pro Std.	40 km pro Std.
Aktionsradius für eine Tagfahrt, abends muß stets wieder die Zentralstation mit der Halle erreicht werden	50 km pro Std.	200 km pro Std.
Abstand der parallelen Hin- und Rückfahrtkurse	4 km pro Std.	8 km pro Std.
Fahrten von einer Station aus	12—15	50—60
Tagesleistung an Panoramen	50	100
Von einer Station können aufgenommen werden	8 000 km ²	128 000 km ²
In einem Jahre können an Stationen erledigt werden	8	2
Jahresleistung	64 000 km ²	156 000 km ²

XVI. Hygiene der Aeronautik.¹⁾

Von

Dr. phil. et med. **Hermann von Schrötter**-Wien.

Motto: Um die hygienischen Verhältnisse im Korbe des Luftballons richtig zu würdigen, ist es notwendig, daß der ärztliche Beobachter selbst „ins Reich der Cirren“ emporsteige.
H. v. S.

M. H. — Bei dem weiten Blicke, mit welchem diese epochale Ausstellung ins Leben gerufen und auch der wissenschaftlichen Seite der Aeronautik Rechnung getragen wurde, hat es mich nicht verwundert, daß der Vorstand der Wissenschaftlichen Kommission auch die medizinische Seite des Gegenstandes berücksichtigt hat. — Gefreut hat es mich, und ich fühle mich besonders geehrt, daß man sich in letzterer Richtung meiner Person erinnert und mir die Mission übertragen hat, unter den offiziellen Vorträgen auch einen solchen über „Hygiene der Aeronautik“ zu halten. Ich bin dieser freundlichen Berufung um so lieber gefolgt, als ich mich bereits seit 14 Jahren mit diesem Gegenstande auf Grund eigener Erfahrungen beschäftigt und darüber bereits wiederholt — so gelegentlich der Tagung der Aeronautischen Kommission in Berlin 1901 und an anderen Orten — vorgetragen habe.

War damals vielleicht noch Manches unklar, besonders was die Symptome von Seite unseres Körpers in großen Höhen anlangt, so kann ich Ihnen heute über ein vollständig abgeschlossenes Lehrgebäude berichten, welches imstande ist, alle Erscheinungen, auch jene in den größten Höhen, in klarer, einwandfreier Weise zu deuten. Es gibt nur sehr wenige Kapitel der Physiologie, welche derartig wohlfundiert sind wie die Beziehungen der Luftverdünnung, des Sauerstoffmangels in seiner Wirkung auf den menschlichen Körper. Die von **Mosso** und **Kronecker** gegen die Sauerstofftheorie gerichteten Angriffe sind siegreich zurückgeschlagen, glänzend hat diese das Feld behauptet. Gerade die Erfahrungen im Ballon ergeben sinnfällig die Bedeutung des Sauerstoffes für das organische Leben auf unserem Planeten.

Das Thema ist zu groß, um im Rahmen eines kurzen Vortrages ausführlich diskutiert zu werden. Ich kann mich daher hier nur darauf beschränken, in aller Kürze das Wesentlichste hervorzuheben, und verweise bezüglich genauerer Infor-

¹⁾ Dieser Aufsatz kann gewissermaßen als eine gekürzte, aber nach dem letzten Stande der Forschung mehrfach ergänzte Neuauflage meiner unter dem gleichen Titel bei **Grettlein & Co.**, Leipzig 1908, erschienenen Broschüre gelten.

mationen auf mein Werk: „Der Sauerstoff in der Prophylaxe und Therapie der Luftdruckerkrankungen, A. Hirschwald, Berlin 1906“ sowie auf meine vor kurzem erschienene Schrift: „Hygiene der Aeronautik“, Grethlein & Co., Leipzig 1908. Ich kann mich außerdem um so präziser fassen, als ich hier vor einem Kreise berufener Fachleute, vor Aeronauten, zu sprechen die Ehre habe.

Entfallen bei Hochfahrten im Ballon jene Schädigungen unseres Organismus, welche wie bei Erklímmung der Eisregionen in den Anden oder im Himalaja aus der anstrengenden Betätigung des Körpers, aus erschöpfender Muskelarbeit resultieren, so treten uns die Erscheinungen bei Luftverdünnung im Ballon in sozusagen reiner Form entgegen. Sie sind lediglich Folge der Änderung in der Dichte der uns umgebenden Atmosphäre, bzw. der Sauerstoffspannung.

Außer diesen „spezifischen“ Schädigungen, wie sie — gemäß einer von mir gewählten Bezeichnung — durch die *Hyp-* oder *Anoxybiose* der Gewebe verursacht werden, sind auch noch andere medizinisch beachtenswerte Einwirkungen zu besprechen, die bei jeder Ballonfahrt, auch bei solchen in geringen oder mittleren Höhen, zur Geltung kommen können. Endlich ist auch noch die *technische Seite der Hygiene* (Sicherungsmittel der Fahrt und Landung usw. sowie der dynamische Flug) in Kürze zu besprechen. — Gehen wir zunächst auf jene bei jeder Ballonfahrt beachtenswerte Momente ein.

Dem Neuling fällt zunächst die *Windstille* auf, ein Umstand, der bezüglich der Beschaffenheit der Korbatmosphäre zu berücksichtigen ist. Dieser werden ja austretende Ballongase (Kohlenoxyd) sowie die Ausatemluft der Aeronauten (Kohlensäure) beigemischt (s. u.). Die den Korb umgebende Luftschicht erfährt, wenn der Ballon im Gleichgewichte schwimmt, nur eine sehr allmähliche Veränderung. — Ängstliche Gefühle, Sensationen, wie man sie beim raschen Auf- oder Niedersteigen eines Lifts wahrnimmt, machen sich beim Korbinsassen nicht geltend. *Schwindel* wird auch bei solchen Personen vermißt, die unter anderen Umständen, wie im Gebirge, daran leiden. Dem Luftschiffer erscheint die Landschaft wie etwas Fremdes, aus reinster Vogelperspektive, so daß die das Schwindelgefühl auslösende Höhenschätzung entfällt. Der Ballon verändert fortwährend seinen Ort, ohne daß das Auge durch sinnverwirrende Eindrücke, wie beispielsweise bei der Besteigung eines Turmes, beeinflußt wird. Die Empfindung, daß die Situation eine gefährliche sei, kommt gar nicht auf, während die Bergsteiger so leicht vom Schwindel erfaßt werden, wenn sie „..... voient sous eux se profiler immobiles les murs et les parois des précipices“.

Bekannt sind die Erscheinungen seitens des *Gehörorgans*: schmerzhaftige Spannung im Ohre, verbunden mit Brummen, Sausen und anderen Gehörstörungen. Das Gehörorgan kann geradezu als ein empfindlicher Apparat bezeichnet werden, der darauf aufmerksam macht, daß der Ballon sich nicht mehr im Gleichgewichte befindet. Die Erscheinungen rühren von entstehenden Druckdifferenzen zwischen dem Mittelohre und der äußeren Atmosphäre her und können meist leicht durch Schlucken oder Pressen bei verschlossenem Munde und zugehaltener Nase, durch Gähnen beseitigt werden. Schwieriger gelingt der Druckausgleich, wenn die Schleimhaut des Rachens bzw. der Ohrtrompete katarrhalisch geschwollen ist. Ebenso können sich bei Schwellung der Nasenschleimhaut Druckunterschiede

zwischen der äußeren Atmosphäre und der Luft in den benachbarten Knochenhöhlen einstellen und zu Symptomen seitens dieser (Stirnkopfschmerzen) führen. Bei beträchtlichen Druckdifferenzen, namentlich wenn diese rasch zustande kommen, sind Blutungen möglich. Auf ähnliche Weise erklärt sich das Auftreten von Hämorrhagien in den pneumatischen Räumen bei Vögeln, wenn diese raschen Druckveränderungen ausgesetzt werden. Erinnerung sei schließlich daran, daß das Statoskop, welches wir in neuerer Zeit bei den Landungen benützen, nach Art unseres Gehörapparates eingerichtet ist, wobei das Zeigerwerk des ersteren mit unserem Trommelfelle und der Gehörknöchelchenkette verglichen werden kann.

Weiter bedarf das Verhalten der Darmgase Beachtung, die sich ja bei Luftverdünnung proportional dem Grade derselben ausdehnen müssen. Wenn nun auch ein Teil der Gase durch die natürliche Öffnung entweichen wird, so kann es doch bei ungenügender Peristaltik oder infolge von Gasbildung in umschriebenen Darmanteilen zu stärkerer Dehnung dieser bzw. zu größeren Volumsveränderungen des Bauchinhaltes kommen. Namentlich bei straffen Bauchdecken ist hierdurch vermehrter Druck auf das Zwerchfell, eine Nachaufwärtswölbung dieses möglich, wodurch die *Vitalkapazität* der Lunge verringert und die Atemexkursionen derselben beeinträchtigt werden. Solche Einflüsse sind nun, wie auch *Zuntz* wieder betont, ganz besonders in großen Höhen nachteilig, wo es gerade von Wichtigkeit ist, daß eine möglichst ausgiebige *Lungenventilation* stattfinde, um den erforderlichen Sauerstoffbedarf zu decken. Es empfiehlt sich daher, vor einer Hochfahrt für möglichste Entleerung des Darmes Sorge zu tragen und die Einnahme blähender Speisen zu vermeiden. — Daß unser Körper bei der Erhebung in hohe Luftschichten und proportional derselben an (gelöstem) *Stickstoffe* verarmt, der dann während des Abstieges wieder aufgenommen wird, ist ohne Bedeutung.

Wiederholt wird über den lästigen Gasgeruch (bei Leuchtgasfüllung des Ballons) geklagt, namentlich, wenn dieser im Steigen ist. Das dem Appendix entströmende Gas verschlechtert die den Aeronauten umgebende Atmosphäre und wirkt durch ihren *Kohlenoxydgehalt* nachteilig auf dessen Befinden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß Beschwerden, wie Stirnkopfschmerzen, Druck in den Schläfen, Übelkeit (Erbrechen), allgemeine Mattigkeit, welche nicht so selten schon in solchen Höhen beobachtet werden, wo die Verminderung des Sauerstoffdruckes nicht in Frage kommen kann, auf den genannten Faktor zu beziehen sind. Die Beimischung des Kohlenoxydgases zur Atmungsluft wird um so bedenklicher, je niedriger die Sauerstofftension der Atmosphäre bzw. der Lungenluft ist, so daß dort, wo die Sauerstoffbindung des Blutfarbstoffes bereits merklich herabgesetzt ist, schon Mengen von 0,01 % Kohlenoxyd deletäre Wirkungen auf den Korbinsassen hervorrufen könnten. — Daß sich auch gegen die genannten Symptome Sauerstoffrespiration vorteilhaft erweisen kann, mag hier nur angedeutet sein. — Wie schon oben bemerkt, ist die Luftzirkulation in der Umgebung des Korbes sowie in diesem selbst eine geringe, die Ventilation jedenfalls viel ungünstiger, als man von vornherein vermuten würde. „L'air est très viciée dans la nacelle“, betont auch *Soubiez* mit Bezug auf diese Verhältnisse. Analysen der *Korbatmosfera* ergaben einen nicht unbedeutenden Gehalt an Kohlensäure. Genauere Daten über den

Gehalt der „Luftaureole“ an Kohlenoxyd stehen noch aus. Aber jedenfalls unterscheidet sich (zeitweise) die vom Aeronauten eingeatmete Luft merklich von jener des ihn umgebenden Luftmeeres. In dieser Richtung ist auch auf die Distanz von Korb und Appendix, die Verminderung der Luftzirkulation durch das enge Maschenwerk des Korbes bzw. die Korbauskleidung Rücksicht zu nehmen; es empfiehlt sich, Öffnungen an der Korbwand oder am Boden anzubringen, um den Luftwechsel zu erleichtern. Auch der Ausgleich der Temperatur der Korbluft mit jener der äußeren Atmosphäre kann, wenn der Ballon im Gleichgewichte schwebt, nur langsam (Konvektionsströme) erfolgen usw. Mit Rücksicht auf das eben Gesagte wird man der *G a s e r z e u g u n g s f r a g e* erhöhte Bedeutung zuwenden. Der Ersatz des Leuchtgases durch ein leichteres Ballongas, wie es dermalen von verschiedener Seite aus Wassergas hergestellt wird, erscheint hygienisch nicht ganz einwandfrei, indem diese Gasarten ebenfalls hohe Kohlenoxydwerte (zirka 6 %) besitzen können. Füllung mit, und zwar elektrolytisch erzeugtem, Wasserstoffgas wäre natürlich das beste. Wasserstoff auf dem alten Wege (Eisen-Schwefelsäure) hergestellt, kann die Gefahr der Bildung von Arsenwasserstoff mit sich bringen. — Um die Luft höherer Atmosphärschichten zu analysieren, empfiehlt es sich, dieselbe zu aspirieren, während der Ballon im Fallen ist.

Erinnert sei hier ferner an die anderen meteorologischen Komponenten — außer der Druckveränderung —, welche bei Ballonfahrten von Einfluß auf unseren Körper sind. Zunächst die niedrige *L u f t t e m p e r a t u r*. So waren Luftschiffer schon wiederholt Kältegraden von minus 30—40° C und darunter ausgesetzt. Die Kälte wird jedoch im Ballon viel leichter ertragen als auf der Erde, da ja Windstille herrscht; außerdem entzieht verdünnte Luft viel weniger Wärme usw. Vor allem aber kompensiert die wesentlich höhere Strahlung die Effekte der Temperaturabnahme der Atmosphäre. So können mittels des Schwarzkugelthermometers aktinometrische Differenzen von 50° C und darüber beobachtet werden. Trotz minus 30° bedarf man eben wegen des hohen Wertes der gestrahlten Wärme, die wenigstens dem Oberkörper des Aeronauten zugute kommt, keiner Handschuhe, um die Instrumente bedienen zu können, während die Beine sorgfältig vor dem Einfluß der Kälte (Pelze) zu schützen sind. Ebenso wie die *W ä r m e s t r a h l u n g* ist die *L i c h t s t r a h l u n g*, die *I n s o l a t i o n* eine wesentlich erhöhte, wobei vor allem die violetten und ultravioletten Strahlen in den hohen Regionen einen mächtigen Zuwachs ihrer Intensität erfahren (*A n d r e s e n u. A.*)¹⁾. Die kurzwelligen Strahlen kommen

¹⁾ *A n d r e s e n* hat das Verdienst, die *E x t i n k t i o n s g r ö ß e* unserer Atmosphäre durch Beobachtungen am Mont Blanc festgelegt und gezeigt zu haben, daß die der Höhe von zirka 4500 m entsprechende Luftschicht ungefähr 40% der kurzwelligen, 17% der optisch hellen Strahlen absorbiert. Auf die Wichtigkeit bezüglichlicher Studien im Luftballon habe ich schon vor Jahren und wiederholt hingewiesen (vgl. u. a. Sitzungsber. d. III. Tagung d. Internationalen Aeronautischen Kommission Berlin 1902 sowie Virchows Archiv, Bd. 183, H. 3, S. 343. 1906) ohne jedoch zu ausgedehnten Untersuchungen dieser Art Gelegenheit oder Unterstützung — ein bezügliches Gesuch an die K. Wiener Akademie der Wissenschaften blieb ohne Erfolg — gefunden zu haben. Immerhin aber konnten wir gelegentlich der Juni 1903 mit *B e r s o n* unternommenen Hochfahrt *p h o t o m e t r i s c h e* Messungen ausführen, welche eine Bestätigung des genannten Verhaltens, nämlich eine wesentliche Steigerung der Intensität der kurzwelligen, einen nur unbedeutenden Zuwachs der langwelligen Strahlung ergaben. Bei einer

oberhalb der Grenze von 4000—5000 m nahezu voll zur Wirkung, da die Absorption derselben durch den Wasserdampf entfällt. Bedeutend sind gegebenenfalles die von den weißen Wolkenbänken oder Kumulustürmen auch nach aufwärts reflektierten Lichtmengen. Gesteigerte Insolation ist einerseits direkt auf die Haut und deren Gefäße, andererseits indirekt auf den Kreislauf und reflektorisch auf den gesamten Nervenapparat von Einfluß; schließlich kommt die bakterizide Wirkung derselben in Betracht. Die starke Lichtstrahlung wirkt reizend auf die Bindehaut des Auges und ermüdend auf den Sehapparat, so daß neben den Erscheinungen des Gletscherbrandes mit nachfolgender Pigmentierung der Haut auch die Symptome der Schneeblindheit beobachtet werden ¹⁾. Die Trockenheit der oberen Schichten (1 cbm Luft in der Höhe von 6000 m enthält ja nur ca. 0,1 g Wasserdampf) ist hinsichtlich ihrer austrocknenden Wirkung auf die Haut und Schleimhäute (Lippen) beachtenswert, die jene des Lichtes steigert. Ferner muß der genannte Faktor bei der Beurteilung der Perspirationsverhältnisse, der Wasserdampfabgabe seitens der Lunge und Haut, berücksichtigt werden. Durch die gleichzeitige Kälte mit ihrer Wirkung auf die Körperoberfläche, Kontraktion der Gefäße, blasse Haut, fällt der Wasserverlust geringer aus, als man mit Rücksicht auf die Trockenheit der Atmosphäre zunächst erwarten würde. Daß die hohen Luftschichten ozonreicher sind, mag vermerkt sein. Die Ionisation ist vermehrt, eine erhebliche Elektrizitätszerstreuung gefunden, sowie hohes Potentialgefälle festgestellt worden (Eber t), ohne daß diesen Veränderungen jedoch ein irgend erkennbarer Einfluß auf die vitalen Vorgänge zukommen dürfte²⁾. Die Atmosphäre ist positiv geladen, ein am Schleifgurt fahrender Ballon ladet sich mit negativer Elektrizität. — Der Bakteriengehalt höherer Schichten, über 3000 m, ist, ebenso wie dies für die Gletscherwelt festgestellt wurde, ein geringer. Genauere Untersuchungen hierüber, bei welchen auch die übrigen

anderen Fahrt konnte ich beobachten daß die relative Intensität von Ober- zu Unterlicht über Wolken ein Verhältnis von 1 : 0,7—0,8 annehmen kann. Aus jüngster Zeit liegen nunmehr nähere Studien von S a m e c aus Wien vor, der außer der direkten Sonnenstrahlung auch die Stärke des diffusen Lichtes bis zu einer Höhe von ca. 4000 m untersucht hat. Auch er konnte sich von der Zunahme der Gesamtintensität der chemisch wirksamen Strahlung überzeugen und im Besonderen hohe Werte für die direkte Insolation gegenüber dem diffusen Lichte feststellen. Als mittlere Zunahme der Intensität der kurzwelligen Strahlung — welche ausschließlich gemessen wurde — fand er eine solche von 0,2—0,25 pro 1000 m Erhebung. — Auch in Zukunft wäre neben Messung der einzelnen Strahlenarten der (biologisch-bedeutsamen) Relation von diffusem und direktem Lichte (J. v. Wiesner) Aufmerksamkeit zu schenken. Bolometrische Bestimmungen im Ballon sind noch ausständig.

¹⁾ Es erscheint uns auf Grund eigener Erfahrung verständlich, wenn F l e m m i n g und S t e y r e r, die den Kopf und Nacken während 6 Stunden in Höhen von 4000—8000 m unbedeckt ließen, unter der intensiven Strahlung eine ausgesprochene Dermatitis mit Schwellung der Gesichtshaut davontrugen, welche erst nach drei Tagen zurückging. Conjunctivitis und Schneeblindheit konnten bei einem der Beobachter durch eine sogenannte Euphosbrille aus grünelbem Glase verhindert werden. — B e r s o n und mir gewährte seinerzeit unsere Kopfbedeckung einen genügenden Schutz vor der Strahlung, so daß wir nicht sonderlich seitens der Augen litten.

²⁾ Auch die letzten Messungen des Ionengehaltes hoher Schichten (F l e m m i n g 7500 m) ergaben hohe Werte der induzierten Aktivität, die mit zunehmender Sonnenhöhe und Temperatur anzusteigen scheint; nach der Abklingkurve dürfte es sich hiebei um Zerfallsprodukte des Radiums handeln.

meteorologischen Faktoren berücksichtigt wurden, sind außer von Harz sowie (mit verbesserter Methodik) von Hahn zuletzt namentlich von Flemming angestellt worden, der noch in der Höhe von 4000—4500 m, und zwar 0,2—0,5 Keime in 1 l Luft, vorwiegend Farbstoffbildner, feststellen konnte. Zwischen 7000 und 8000 m wurden keine Keime gefunden¹⁾.

Bis zu Höhen von 3- bis 4000 m wirkt die Summe der geänderten meteorologischen Faktoren im allgemeinen anregend auf unseren Körper, steigend auf die Lungen- und Herztätigkeit. Immerhin erscheint aber, mit Rücksicht auf bezügliche Vorschläge aus neuester Zeit, die Schaffung von Höhen-Sanatorien im Luftballon überflüssig. Viel günstigere Effekte für den Organismus lassen sich in entsprechenden Stationen auf der Erde, und zwar in mittleren Höhen von 500—1200 m, erzielen, namentlich wenn man gleichzeitig für zweckmäßige körperliche Betätigung Sorge trägt, da Muskelarbeit in gesunder Umgebung ein viel wirksameres Anregungsmittel für die Respiration bildet, durch welches auch der Stoffwechsel längere Zeit angeregt bzw. gesteigert wird, als dies im Korbe eines Luftballons möglich wäre. — Nachdrücklich muß schließlich betont werden, daß eine gesteigerte Blutbildung, eine vermehrte Hämatopoese während einer Ballonfahrt nicht zustande kommt. Eine Hyper- oder Polyglobulia vera besteht nur für länger dauernden Aufenthalt in entsprechenden Höhen zu Recht. Richtig ist, wie kürzlich wieder von den Franzosen — für den Ballon — besonders festgestellt worden ist, daß man im Blute der Körperperipherie eine Vermehrung der Blutkörperchen beobachten kann; sie ist aber nur eine relative. Licht, Kälte, Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre wirken auf die peripheren Gefäße, den Tonus derselben und dadurch auf die Blutkonzentration, wodurch die erhöhten Zahlenwerte verständlich sind. Es handelt sich also um einen Vorgang vorübergehender Erythrotaxis. — Eine wahre Zunahme der Blutkörperchen (Viault) findet dagegen nach längerem Aufenthalte in der Region von 3000—4000 m statt, wie dies für das Andengebiet, die europäischen Alpen sowie das asiatische Hochplateau festgestellt worden ist. Es unterliegt hierbei keinem Zweifel, daß die vermehrte Blutbildung in der Tat durch die verminderte Sauerstoffspannung angeregt wird, worüber jüngst wieder Kuhn²⁾ zusammenfassend berichtet hat.

¹⁾ Des Näheren noch Folgendes: Während auf 1 l Luft bis zur Höhe von 500 m zirka 13 Keime kommen, fallen auf gleiche Mengen in den Höhenlagen bis zu 4000 m ca. 0,4 Keime. Sonnenstrahlung, Sedimentierung sowie auf- und niedersteigende Luftströme sind auf die Keimzahl von Einfluß. Ob die Farbstoffbildung der gefundenen Bakterien als ein Schutzmittel gegen die Lichtstrahlung aufzufassen ist, muß einstweilen dahingestellt bleiben. Die Keimzahl scheint mit dem Feuchtigkeits- und Staubgehalte parallel zu gehen. Auch über die Wirkung der gesteigerten Insolation auf Bakterien hat Flemming in hohen Luftschichten Versuche angestellt, durch welche er sich von der bakteriziden Kraft der Strahlung überzeugen, aber auch den gleichzeitigen Effekt der Lufttemperatur feststellen konnte. — Eingehende Untersuchungen über den Einfluß der verschiedenen Lichtarten auf Mikroorganismen, im besonderen die „Sonnendesinfektion“ in der freien Atmosphäre, hat zuletzt R. v. Wiesner im K. k. pathologisch-anatomischen Institute in Wien (Archiv für Hygiene Bd. 61) angestellt.

²⁾ Kuhn, E., Die ausschlaggebende Bedeutung der verminderten Sauerstoffspannung der Gewebe für die Anregung der Blutbildung. Deutsche medizin. Wochenschrift 1909, Nr. 45.

Wenn bemerkt wurde, daß sich in der Höhe von 4000 m im allgemeinen noch keine nachteiligen Einflüsse der Druckverminderung auf den Aeronauten bemerkbar machen, wie dies im Gebirge beim Bergsteiger der Fall ist, die Leistungsfähigkeit des Ersteren gewöhnlich keine Verminderung zeigt, so sind doch schon bei manchen Menschen Erscheinungen, wie Müdigkeit, Trägheit, verminderte Arbeitslust bemerkbar, die wir auf den verminderten Sauerstoffgehalt der Atmosphäre beziehen dürfen. Dies ist namentlich dann der Fall, wenn es sich um Individuen handelt, deren Regulationsapparate, wie die Atmung, ungenügende sind, oder die in anderer Weise (siehe später) besonders disponieren. An der Grenze von 5—6000 m betritt man aber bereits pathologisches Gebiet. Wir befinden uns in einer Umgebung, in welcher mehr oder weniger rasch Symptome verschiedener Intensität in Erscheinung treten. Sehr richtig und in Übereinstimmung mit unserer medizinischen Auffassung definieren Linke¹⁾, de la Vaulx u. A. heute jene Aufstiege als Hochfahrten, bei welchen die Höhe von 5000 m überschritten wird. Allmählich machen sich geistige Depression und physische Mattigkeit geltend; das Heben eines Sandsackes fällt beschwerlich und ist von Schwindel und dem Gefühle der Erschöpfung gefolgt. Auch das Bücken macht Mühe, bewirkt Schwere im Kopfe und Unsicherheit; Unlust zur Arbeit, mangelnde Initiative machen sich geltend. Dabei besteht das Gefühl von Unbehagen im Magen, Übelkeit, auch Erbrechen (letzteres seltener); der Puls ist meist beschleunigt, später klein oder arhythmisch; zusehends schwinden die physischen Kräfte, gleichzeitig Schlagsucht und Unbesinnlichkeit.

Der Ballon steigt weiter empor. Die Schwäche der Beine ist von vollständiger Paralyse gefolgt. Man vermag nicht mehr die Arme zu heben, dabei können vorübergehend Krämpfe einzelner Muskelgruppen auftreten; die Eindrücke der Umgebung schwinden, Abnahme des Seh- und Hörvermögens, Unfähigkeit zu sprechen, Zittern der Glieder, Ataxie; Atemfunktion und Herztätigkeit lassen mehr und mehr nach, der Puls wird unfühlbar. Die verminderte Erregbarkeit des Gehirnes und der Medulla oblongata geht in vollständiges Koma über. Die anfängliche Blässe weicht zunehmender Zyanose. Es sei noch besonders bemerkt, daß wir keine Empfindung für die Dichte der Luft besitzen, daß das Gefühl des Luftmangels nach passiver Beförderung wie im Luftballon fehlt, daß keine Atemnot fühlbar wird, wie dies bei Erstickung aus anderen Ursachen sowie unter dem gleichzeitigen Einfluß forcierter Muskelarbeit (Bergsteigen) der Fall ist. Dyspnoe im engeren Sinne tritt vielmehr dann auf, wenn bei erschwerter oder minderwertiger Einatmung gleichzeitig auch die Expiration und die Abgabe der Kohlensäure mit ihrer Wirkung auf den Respirationsapparat und die Vasomotoren behindert ist, Bedingungen, welche im Ballon nicht gegeben sind.

Einige der wichtigsten Aufstiege in große Höhen sind in umstehenden Kurven, Fig. 1, graphisch dargestellt; genannt seien ferner die von Gross-Berson, Berson-Stanley Spencer, Süring, Elias, Biedermann-Heim-Maurer-Spelterini, Maison-de la Vaulx unternommenen Hochfahrten. — Hierzu kommt noch ein Aufstieg aus letzter Zeit, Mai 1909, von zwei

¹⁾ In seinem schönen, 1903 erschienenen Werke: „Die moderne Luftschiffahrt“, S. 162. IIa, I. Band.

ärztlichen Beobachtern, Fleming und Steyrer ausgeführt, bei welchem nach ca. 6 Stunden zweimal die Höhe von 8000 m überschritten wurde¹⁾. Die genannten Forscher hatten dieserart Gelegenheit, sich davon zu überzeugen, daß sich merkliche Beschwerden schon nach Passierung von 5000 m geltend machen; ebenso konnten sie auch an sich selbst beobachten, wie anstrengende Muskelbetätigung — der Ballast wurde in der üblichen Weise aktiv befördert — oder (öfter absichtliches) Aussetzen der Sauerstoffatmung rasch die bedrohlichen Symptome, frequenten schwachen Puls, Muskelkrämpfe, Bewußtlosigkeit auslösen. — Daß

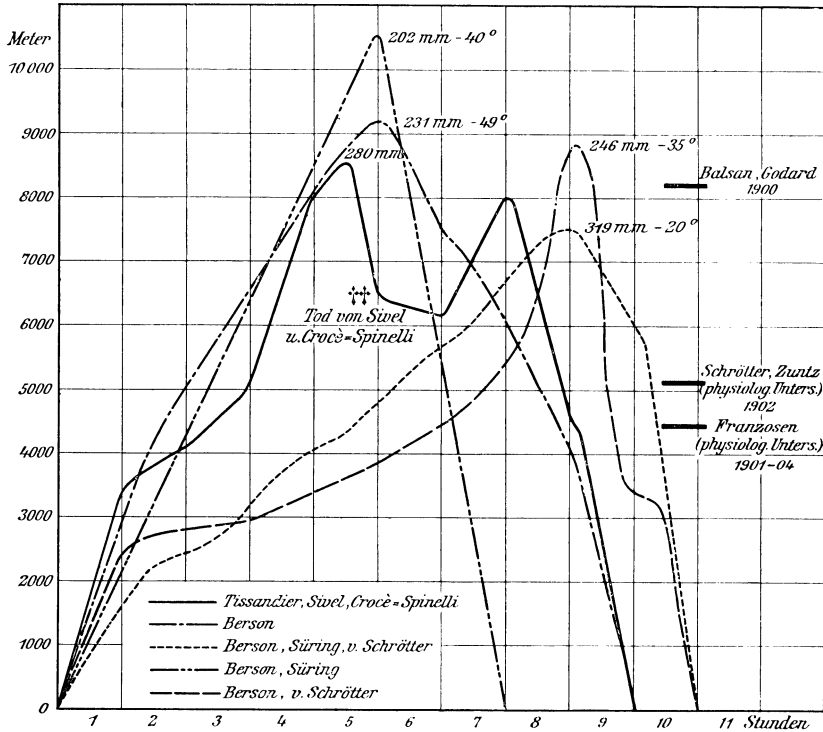


Fig. 1.

bei Fleming und Steyrer mehrfach so schwere Erscheinungen, wie Krämpfe bestanden, hängt, abgesehen von den genannten Umständen, auch damit zusammen, daß diese Forscher die kritische Höhe von 7000 m relativ rasch, schon nach ca. 4 Stunden überschritten, während Berson und ich bei unserem letzten Aufstiege, Juli 1908, diese Schicht erst in ca. 8 Stunden erreichten und, da wir mit den Verhältnissen wohl vertraut waren, kontinuierlich Sauer-

¹⁾ Über eine Hochfahrt von Uselli und Piacenza mit dem „Albatros“ August 1909, bei welcher in vierstündiger Fahrt angeblich die Höhe von 11 800 m bei -38° C erreicht worden sein soll, sind bisher verlässliche Daten nicht bekannt geworden; der Sauerstoffvorrat soll nur 1000 l betragen haben. — Ein, aber eben nur vorübergehendes, Vordringen in hohe Schichten mag ja gegebenenfalls selbst mit solcher Ausrüstung gelingen können. (Vgl. jedoch S. 209!)

stoff atmeten, um unsere Beobachtungen bei möglichstem Wohlbefinden auszuführen.

Über die Ätiologie, das Zustandekommen der beschriebenen Erscheinungen wurden verschiedene Theorien aufgestellt, die in Kürze aufgezählt seien. Nach v. Haller sollten die Störungen auf mechanischem Wege durch Verschiebungen der Blutverteilung, Anämisierung der inneren Organe, entstehen. v. Liebig nahm eine veränderte, engere, Lungenstellung unter dem verminderten Drucke an. Kronecker sowie Germe wollten Blutstauung der Lungen für die Beschwerden verantwortlich machen; Colin und d'Alfort diese auf die Wirkung der Dilation der Darmgase beziehen. Alle diese Theorien können als widerlegt gelten. — Schwieriger war es, die Unhaltbarkeit jener Auffassung zu beweisen, die seit etwa einem Dezennium von Mrosso propagiert und unter dem Namen der Akapnie-Theorie bekannt geworden ist. Nach diesem Forscher sollte Verminderung der Kohlensäure-Mengen des Blutes und dadurch bedingte Herabsetzung der Erregbarkeit des Gehirnes und der medullären Reflexzentren Ursache der Höhenkrankheiten sein. So wertvoll die bezüglichlichen Studien dieses Autors auch sind, indem sie uns die Bedeutung der Kohlensäure als Atemreiz neuerdings zu würdigen veranlaßt haben, so kann auch diese Lehre sowohl von theoretischen Gesichtspunkten wie auch insbesondere durch die Ergebnisse der experimentellen Forschung als widerlegt betrachtet werden. Nach einer von Guillaumod und Moog vertretenen Ansicht sollten die Erscheinungen in großen Höhen als solche urämischer Natur angesehen werden, indem die herabgesetzte Nierenarbeit zur Retention toxischer Produkte in den Körpersäften Veranlassung geben würde. Es liegt kein Grund zu dieser Auffassung vor; wohl aber ist es gewiß richtig, daß unter chronischem Sauerstoffmangel auch die Niere leiden und solcherart eine Beeinträchtigung deren Funktion erfolgen kann. Schon die Raschheit, mit welcher die Symptome im Luftballon eintreten, läßt den von den genannten Autoren ausgesprochenen Gedankengang unbegründet erscheinen.

Gegenüber all den genannten Anschauungen erklärt die von Paul Bert zuerst wissenschaftlich fundierte Theorie des Sauerstoffmangels einwandfrei und überzeugend alle Erscheinungen und hat trotz vielfacher Angriffe siegreich das Feld behauptet¹⁾. Ich darf mir hier vielleicht die Bemerkung gestatten, daß ich selbst schon vor Jahren für die Richtigkeit der Theorie der Anoxyhämie auf Grund eigener Erfahrungen eingetreten bin, noch bevor sich die deutsche Schule derselben vollinhaltlich angeschlossen hat. — Wir glauben, nicht fehl zu gehen, wenn wir das Andenken an P. Bert, der sich durch seine Arbeiten ein bleibendes Verdienst um die Luftschiffahrt erworben hat, durch sein Bild (Fig. 2) wach erhalten. — Die Theorie Berts besagt in Kürze: Nicht die Abnahme des Druckes, sondern die Verminderung der Partialspannung des Sauerstoffes der Respirationsluft verursacht die Symptome, die als Folgen der Sauerstoffverarmung des Blutes bzw. der Gewebe zu betrachten sind.

¹⁾ Ein in letzter Zeit von Seite Kroneckers durch Frumina sowie Rosendahl unternommener Versuch, die Gültigkeit der Sauerstofftheorie für große Höhen anzugreifen, ist noch besonders durch N. Zuntz zurückgewiesen worden.

Die Zufuhr genügender Sauerstoffmengen zu letzteren ist an den roten Blut-farbstoff, das Hämoglobin, geknüpft, mit welchem das Gas eine chemische Verbindung eingeht; der Bestand dieser ist von einer ausreichenden Sauerstoff-tension abhängig. Experimente des Laboratoriums zeigen nun, daß das Oxyhämoglobin erst bei einer Druckverminderung auf 250 mm Hg, also entsprechend einer Höhe von ca. 8000 m, deutlicher zu dissoziieren beginnt. Die pathologischen Sym-



Fig. 2.

ptome beim Menschen treten aber, wie wir gehört haben, schon unter viel höheren Druckwerten ein. Dieses scheinbare Mißverhältnis wurde vielfach gegen die Richtigkeit der in Rede stehenden Lehre angeführt. Heute jedoch stimmen die Erfahrungen des Laboratoriums mit jenen im Hochgebirge und im Ballon gewonnenen überein. Der genannte Gegensatz schwindet nämlich, wenn wir die Bedingungen berücksichtigen, unter welchen die Sauerstoffzufuhr in die atmende Lunge und die Sättigung des zirkulierenden Blutes stattfindet.

Schon B e r t hatte beobachtet, daß das Blut von Tieren, welche man unter einem Luftdrucke entsprechend einer Höhe von 5000 m hält, eine merkliche Abnahme des Sauerstoffgehaltes erkennen läßt. Die besondere Einrichtung des Respirationsapparates bringt es mit sich, daß die S a u e r s t o f f s p a n n u n g i n d e n L u n g e n b l ä s c h e n , von welchen die Diffusion des Gases ins Blut abhängt, wesentliche Differenzen — man vergleiche hierzu wie im folgenden die bestehende t a b e l l a r i s c h e Z u s a m m e n s t e l l u n g I — gegenüber der Sauerstoffspannung der äußeren Atmosphäre, der Einatemungsluft, aufweisen muß. Durch die intrabronchiale Wasserdampfspannung, das Vorhandensein eines schädlichen Raumes, den steten Sauerstoffverbrauch liegt die Alveolarspannung des Gases niedriger als jene der äußeren Luft. Die bezüglichen Unterschiede können, wie namentlich Z u n t z und seine Schule (L ö w y u. A.) gezeigt haben, $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ zu ungunsten der Lungenluft beitragen, diese also beispielsweise statt 10,5 % nur 8 % Sauerstoff enthalten u. a. (Siehe Tabelle S. 214.)

Hiermit hängt es zusammen, daß sich bereits unter einem Drucke von $\frac{1}{2}$ Atm. = 380 mm Hg Erscheinungen von Sauerstoffmangel einstellen können und die Leistungsfähigkeit unseres Organismus in geistiger und physischer Beziehung nicht mehr die volle ist. Eine Alveolartension von 55 oder 45 mm Quecksilber reicht für gesteigerte Inanspruchnahme nicht mehr aus. Namentlich ist es lokaler Sauerstoffmangel einzelner Organe, wie des Hirnes, des Herzens, der Muskeln, der sich bereits fühlbar macht. In der Tat konnten in Übereinstimmung mit der praktischen Erfahrung durch die experimentelle Forschung im Ballon (v. S c h r ö t t e r - Z u n t z, Tissot-Hallion u. A.) in diesen Höhen Befunde erhoben werden, welche mit der verminderten Sauerstoffzufuhr zusammenhängen: Steigerung der geatmeten Luftmengen sowie des Sauerstoffverbrauches, Erhöhung des respiratorischen Quotienten, Ergebnisse, die auch auf bereits tiefer greifende Störungen der Oxydationsvorgänge hinweisen. — Ungünstig liegt die Sauerstoffversorgung bei flacher Atmung; durch gesteigerte Ventilation, tiefe Atmung und rascheren Blutumlauf kann die oft wesentliche Differenz zwischen Sauerstoffspannung der äußeren Atmosphäre und der Lungenluft vermindert werden. Je nachdem nun die R e g u l a t i o n s m i t t e l wirksam sind, verschiebt sich die Toleranzbreite. Erfährt die Respiration keine Anregung, oder treten Mehranforderungen an den Organismus heran, so wird der in der Höhengrenze von 5—6000 m meist nur l a t e n t e Sauerstoffmangel bemerkbar. Im Gebirge, wo die Chemie und Dynamik der Muskelarbeit ursächlich eingreifen, wird die ungenügende Sauerstoffversorgung schon viel früher (3500—4000 m) manifest. Leichte Muskelaktion kann insofern förderlich sein, als sie die Betätigung der Atmung anregt und damit die Sauerstoffzufuhr begünstigt. Bis zu 6000 m entsprechend einem Luftdrucke von 320 mm Hg und einer Sauerstoffspannung von 67 mm oder 8,8 % ist noch eine gewisse Kompensation möglich. Aber das Bücken, namentlich das Heben und Kippen eines Sandsackes oder die während der Beobachtung eines Instrumentes zeitweise Unterbrechung der Respiration vermögen schon deutliche Erscheinungen auszulösen. — Oberhalb der genannten Grenze wächst die Gefahr rasch an. Der Sauerstoffmangel, der früher vielleicht nur ein teilweiser war, wird allgemein; die Respiration reicht nicht mehr aus, um den notwendigen Bedarf zu liefern. Dieses ist um so mehr der Fall, als infolge der ungenügenden Sauer-

I. Gewöhnliche Atmung im Luftballon.

Atm.	Höhe	Sauerstoffspannung der äußeren Luft		Sauerstoffspannung der Lungen- bzw. Alveolarluft		Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft	Blutgase (Gehalt an Sauerstoff in Vol.-%)	Anmerkung
		mm	%	mm	%			
1	0	760	21	120—110	18—17	Kohlensäureauscheidung konstant oder infolge gesteigerter Ventilation sowie größerem Säuregehalt des Blutes vermehrt. — Erhöhung des respiratorischen Quotienten weist auf qualitative Veränderung des Stoffwechsels. (Kohlensäure ist ein wichtiges Anregungsmittel für die Atmung.)	20	Die Alveolarspannung des Sauerstoffes liegt infolge von Wasserdampfspannung, schädlichem Räume, CO-Gehalt der Lungenluft tiefer als die O ₂ -Tension der äußeren Atmosphäre. Erhöhte Lungenventilation und Je nach der Atmung (Herzarbeit sowie bessere Ausnutzung des Sauerstoffes seitens der Gewebe kompensieren ganz oder teilweise die Dichtigkeitsabnahme des Sauerstoffes der Atmosphäre; gesteigerte Ventilation kann Differenzen von $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ gegenüber der Tension der äußeren bis zu $\frac{1}{5}$ oder 30 mm der Sauerstoffspannung ausgleichen, kompensieren usw.)
	2 500	550	16	aber auch 95	ab. auch 13 u. darunt.			
	3 000	520	15	Bei zweckmäßiger Muskulararbeit höher.				
	3 500	480	14	Bei guter Ventilation noch genügend.				
	4 000	450	12,5	90	12,5			
1/2	4 500	421	90	70	10	Können schon um 10 % und mehr in ihrer Menge herabgesetzt sein. Arterieller Sauerstoffgehalt gleich jenem der Venen unter normalen Verhältnissen. Lebens.	Bei Mehranforderungen können schon Erscheinungen als Folge von, bes. lokalem, Sauerstoffmangel auftreten. Schon bei 50 mm Alveolarspannung beginnt merkbare Dissoziation des Oxyhämoglobines. Daher: Um vollkommenes Befinden zu erreichen, wird Sauerstoffatmung notwendig.	
	5 000	410	85	Am Mt. Rosa ca. 60—40 mm beobachtet. Relativer Sauerstoffmangel. Im Ballon ca. 60 mm beobachtet.				
	5 500	380	80	Hier Abnahme auf 35—30 mm oder 6 % schon möglich.				
1/3	6 000	350	75	35—30	6	Beginn des absoluten Sauerstoffmangels , da die Alveolarspannung bloß 25 mm oder 4 % sein kann.	Atmung in diesen Höhen im Ballon flach; daher können leicht Tensionen von 35 mm = 5 % in der Lungenalveole bestehen. Diese Spannung für die Hämoglobinversorgung des Blutes auch bei Ruhe nicht mehr ausreichend.	
	7 000	310	66	25	4			
	8 000	270	59	Genügende Alveolar tensionen können überhaupt nicht erreicht werden; Atemmuskeln und Herz beanspruchten an sich hohen Bedarf.				
1/5	8 500	265	57			Noch höher tritt starke Dissoziation des Oxyhämoglobines ein. Die Sauerstoffrespiration hat mittelst einer Maske zu erfolgen.	Die Sauerstoffatmung hat mittelst einer Maske zu erfolgen.	
	9 000	240	50					
	10 000	217	46					
1/5	11 000	190	45			Noch höher tritt starke Dissoziation des Oxyhämoglobines ein. Die Sauerstoffrespiration hat mittelst einer Maske zu erfolgen.	Die Sauerstoffatmung hat mittelst einer Maske zu erfolgen.	
	12 000	170	40					

II. Sauerstoffatmung in großen Höhen.

Atm.	Höhe	Sauerstoffdruck der Atmungsluft (bei künstlicher Respiration)		Alveolartension nach obigem		Physiologisches	Anmerkung
		mm	%	mm	%		
1	0	760	100			Druckbedarf. Die Alveolarluft muß enthalten an mm: 46 entsprechend Wasserdampfspannung 32 Kohlensäure-Partialdruck 40 Hg ₂ -Vorsorgung (gegen Dissoziation) 44 Druckverlust durch Sauerstoffverbrauch seitens der Gewebe. Summa 162 mm entsprechend einer Höhe von 12 500 m; da aber unter diesem Grenzwerte das Leben ein pathologisches ist, da überdies der Sauerstoff nicht rein sein, gesteigerte Anforderungen eintreten können (bei flach bleibender Atmung), Kältewirkung usw., so soll der Grenzwert, bis zu welchem die kontinuierliche Sauerstoffatmung mittelst Zylinder und Maske durchgeführt werden darf, mit 11 000 bzw. 10 000 m = ca. 220 mm Barometerdruck praktisch angesetzt werden; dann wird der geschlossene Korb (s. oben) zur Notwendigkeit.	Druckbedarf. Die Alveolarluft muß enthalten an mm: 46 entsprechend Wasserdampfspannung 32 Kohlensäure-Partialdruck 40 Hg ₂ -Vorsorgung (gegen Dissoziation) 44 Druckverlust durch Sauerstoffverbrauch seitens der Gewebe. Summa 162 mm entsprechend einer Höhe von 12 500 m; da aber unter diesem Grenzwerte das Leben ein pathologisches ist, da überdies der Sauerstoff nicht rein sein, gesteigerte Anforderungen eintreten können (bei flach bleibender Atmung), Kältewirkung usw., so soll der Grenzwert, bis zu welchem die kontinuierliche Sauerstoffatmung mittelst Zylinder und Maske durchgeführt werden darf, mit 11 000 bzw. 10 000 m = ca. 220 mm Barometerdruck praktisch angesetzt werden; dann wird der geschlossene Korb (s. oben) zur Notwendigkeit.
1/3	8 000	250	30	35 mm oder 6 % und weniger (theoret.)			
1/4	11 000	190	25				
1/5	12 500	160	17,6				
	13 000	141					
1/6	14 500	122	16			Bei 160 mm Bestand der Sauerstoffrespiration bei Ruhe noch theoretisch möglich. Der Wert 116 entspricht nicht mehr dem wegen Wasserdampfspannung, Kohlensäuregehalt, Hämoglobinversorgung nötigen Druckanteile.	
1/6	15 000	116					
1/8	17 000	90	12				

stoffversorgung der Nervenzentren auch die entsprechende Aktivierung der Atemmuskulatur ausbleibt¹⁾. Die geistige Depression, das physische Unvermögen nehmen zu, der Bestand der vitalen Funktionen ist gefährdet. — Entsprechend einer Höhe von 8—9000 m mit einer Sauerstoffspannung von ca. 5 %, erfolgt bereits merkbare Dissoziation des Blutfarbstoffes bzw. des Oxyhaemoglobines. Aus den oben kurz angeführten Momenten in ihrer wechselnden Kombination geht hervor, daß dieser Spannungswert, ca. 40—35 mm Hg, in der atmenden Lunge (wie bei flacher Respiration) schon viel früher erreicht sein kann. — Die Schwelle des Lebens liegt mithin bei ca. 240 mm Barometerdruck, wie auch die traurige Fahrt des Ballon „Zenith“ 1878 gezeigt hat.

Noch möchte ich mit einigen Schlagworten jene Befunde nennen, welche die experimentelle Forschung über die Wirkung chronischen Sauerstoffmangels ergeben hat, Befunde, die wieder bezüglich des Verständnisses der Akklimatisation an hohe Luftschichten von Bedeutung sind. Der Sauerstoffverbrauch ist einerseits durch erhöhte Atemarbeit, andererseits durch den Sauerstoffmangel der Gewebe mit Bildung intermediärer Stoffwechselprodukte gesteigert. Ferner bewirkt durch Kälte hervorgerufenes Muskelzittern erhöhten Energieverbrauch. Die Muskelarbeit in der Hochregion erfordert einen größeren Sauerstoffkonsum als eine gleiche Leistung unter normalem Drucke. Der respiratorische Quotient kann infolge gesteigerter Kohlensäureproduktion erhöht sein, aber auch subnormale Werte zeigen. Als Ausdruck der Insuffizienz der Oxydationsvorgänge treten saure Verbindungen (Milchsäure, Aminosäuren) im Blute auf. Die Nierentätigkeit ist geschädigt, die Diurese vermindert; es findet eine Retention der Salze statt. Außerdem zeigt der Harn stärkeres Reduktionsvermögen; auch Eiweiß wurde beobachtet. Als Zeichen des gestörten Zellchemismus findet sich fettige Degeneration des Herzens, sowie der Körpermuskulatur bei Versuchstieren, wie Fig. 3 erkennen läßt. (Osmiumpräparat.) Bei starker Luftverdünnung erfahren auch die Blutelemente degenerative Veränderungen u. a.²⁾

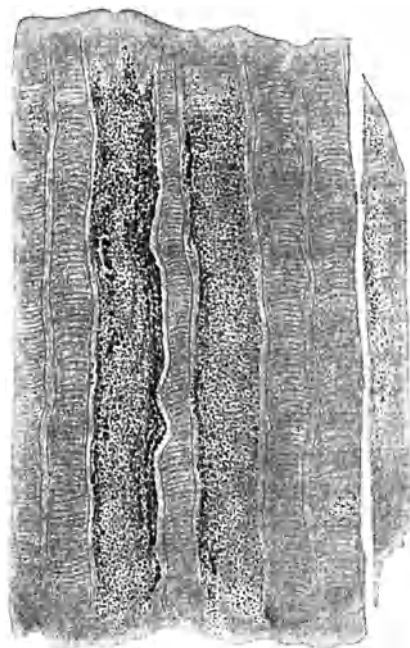


Fig. 3.

Degeneration der Muskelfasern des Zwerchfelles von einem Meerschweinchen, das ich durch 74 Stunden unter einem Drucke von ca. 330 mm Hg leben ließ.

¹⁾ In welcher Weise der wechselnde Sauerstoffgehalt auf die medullären Reflexzentren einwirkt, ist kürzlich wieder von Haldane und Douglas (s. Literaturverzeichnis) untersucht worden. — Die herabgesetzte Erregbarkeit unter niederen Druckwerten hängt nicht, wie Mosso meint, mit einer Verminderung der Kohlensäuretension sondern mit der unzureichenden Sauerstoffversorgung zusammen.

²⁾ Versuchstiere, die Fleming und Steyrer bei ihrer Hochfahrt auf 8000 m mitgeführt hatten, nachdem die Tiere in verschiedener Weise durch Infektionen geschädigt

Eine schematische Darstellung von Ursache und Wirkung bei Luftverdünung unter den verschiedenen Umständen (passive und aktive Beförderung — Ballon, Hochgebirge) habe ich in meinem Buche: „Hygiene der Aeronautik“, Seite 18 gegeben. Bemerkt sei, daß trotz der pathologischen Erscheinungen, welche beim raschen Übergang in eine Höhenlage von 6000 m eintreten und dann bald deletäre Bedeutung gewinnen, dennoch bei allmählichem Vordringen eine Akklimatation selbst bis zur Höhe von 7000 m möglich ist. Die Erfahrungen in den Anden — Akonkagua —, Besteigungen des Ehepaars Bullock-Workman sowie die jüngste Expedition des Herzogs der Abruzzen im Himalaja-Gebiete 1909 — erreichte Höhe am Staircase Peak 7493 m! — liefern Beispiele hierfür.

Noch mag mit einigen Worten der Bedeutung prädisponierender Umstände sowie individueller Differenzen gedacht sein, Fragen, die ja auch für den Luftschiffer von praktischem Interesse sind. So können die Respiration und Zirkulation temporär durch der Ballonfahrt vorausgehende Schädlichkeiten ungünstig beeinflusst werden, wodurch dem Ausbruche von Störungen Vorschub geleistet wird. Es sind dies geistige Überanstrengung, Ermüdung, schlaflose Nacht, Diätfehler, die Einnahme stark blähender Speisen, Alkohol, Genuß schwerer Zigarren u. a. — Es erscheint wünschenswert, vor einer Hochfahrt leichte Diät (Milch, Milchspeisen) zu befolgen und für Regelung des Stuhles Sorge zu tragen. Im Ballon kann, wie schon bemerkt, angestrenzte Beobachtung mit ihrem ungünstigen Einfluß auf die Atmung, sowie Muskelarbeit: das Heben eines Sackes, anstrengender Zug am Ventile zu Störungen führen und in Höhen von 7000 m verhängnisvoll werden. — Bezüglich des Verhaltens verschiedener Personen, der individuellen Disposition sei auf die Bedeutung des verschiedenen Atemtypus, flache oder tiefe (günstige) Respiration, Schnelligkeit der Blutströmung, Akkomodationsbreite des Herzens, Blutmenge, Unterschiede in der Dissoziationsspannung des Oxyhämoglobines, endlich auf verschiedene Erregbarkeit des Nervenapparates (Temperament), der Vasomotoren sowie die Kombination der genannten Momente hingewiesen, wodurch sich die Toleranz einzelner Personen innerhalb bestimmter Grenzen unterscheidet ¹⁾. Über 7000 m treten aber bei allen Menschen Störungen bedrohlichen Charakters ein, namentlich wenn der Übergang in die hohen Schichten rasch erfolgt. Die Eignung für Hochfahrten ist demgemäß nur eine beschränkte, ein Training dafür gibt es nicht. Es bedarf kaum der Betonung, daß man Personen, die bezüglich ihres Herzens und Gefäßapparates nicht in Ordnung sind, von Fahrten über 4000 m ausschließen wird.

Wir haben bei der vorigen Betrachtung vorausgesetzt, daß der Sauerstoffmangel in der Tat Ursache der oben geschilderten Störungen sei. Der Beweis, daß diese Anschauung richtig ist, das experimentum crucis, wird dadurch erbracht,

worden waren, ließen diesen Einflüssen gegenüber „eine durch die Höhenwirkung herabgesetzte Widerstandskraft“ erkennen.

¹⁾ Daß Schwankungen in der Empfindlichkeit des Respirationszentrums gegenüber dem Reize verminderter Sauerstoffspannung bestehen, ist (Haldane u. A.) kaum zu bezweifeln. — Ob bezüglich der individuellen Unterschiede auch der aktiven (gassekretorischen) Tätigkeit des Lungengewebes (Bohr) eine Bedeutung im Sinne einer besseren Anpassungsfähigkeit an niederen Luftdruck zukommt, muß noch dahingestellt bleiben.

daß sämtliche Beschwerden prompt durch *Sauerstoffrespiration* beseitigt, bzw. vermieden werden, wenn der Übergang in das verdünnte Medium passiv, ohne erschöpfende Muskelarbeit wie mittels des Ballons erfolgt ist.

Bezügliche Versuche wurden in Ergänzung älterer von P. Bert von H. v. Schrötter im Vereine mit Berson und Süring in der pneumatischen Kammer bis zum Druckwerte von 230 mm herab ausgeführt. Man beobachtet dabei Folgendes: Die Sauerstoffrespiration verlangsamt und kräftigt die beschleunigte Herztätigkeit, die Pulszahlen werden geringer, der gesunkene Blutdruck steigt zu normalen Werten an, die (erhöhte) Lungenventilation nimmt wieder ab; Muskelschwäche und Zittern schwinden, man befindet sich im Vollbesitz seiner physischen Kräfte und bei voller geistiger Leistungsfähigkeit. Wird die künstliche Atmung auch nur für Momente unterbrochen, oder setzt man mit derselben absichtlich aus, so tritt unter entsprechendem Druck oder in Höhen von 8000 m sofort und oft unbemerkt der bedrohliche Symptomenkomplex wieder ein. Der Sauerstoffrespiration ist es allein zu danken, daß jene Hochfahrten im Ballon durchgeführt werden konnten wie sie oben schematisch wiedergegeben wurden. Die unglückliche Fahrt des „Zenith“ 1875, bei welcher Sivel und Crocé-Spinnelli zugrunde gingen — der dritte Teilnehmer Tissandier trug eine bleibende Taubheit davon — spricht nicht gegen die Richtigkeit der Sauerstofftheorie. Die Sauerstoffversorgung dieser Aeronauten war vielmehr eine ungenügende und nicht imstande, das Defizit an Alveolartension auszugleichen, das in der Höhe von 8000 m notwendig eintreten mußte. Die Aufstiege der 90 iger Jahre von Berson und Gross haben dann weitere untrügliche Beweise für die Richtigkeit der Sauerstofftheorie geliefert, wie ich zuerst betont habe; die Praxis ist hier in der richtigen Erkenntnis der Theorie (Hüfner u. A.) vorausgegangen.

Ich selbst hatte namentlich bei meiner letzten Hochfahrt mit Berson (Fig. 4) auf die Höhe von rund 8800 m Gelegenheit, die sozusagen feineren Details der Sauerstoffrespiration kennen zu lernen und damit (siehe unten) auch die Grenze der Leistungsfähigkeit dieses Hilfsmittels festzulegen. — Ich nehme hier neuerdings Anlaß, Herrn Geheimrat Dr. R. Assmann, dem Begründer der wissenschaftlichen Aerologie, meinen Dank für sein so verständnisvolles Entgegenkommen zu wiederholen, wodurch es mir ermöglicht wurde, die diesbezüglichen Studien bei den Hochfahrten des Königl. Preuß. Aeronautischen Institutes anstellen und damit die Frage nach den Lebensbedingungen in großen Höhen zu einem, wie ich annehmen darf, endgültigen Abschlusse bringen zu können ¹⁾.

¹⁾ In dem neuesten Werke von Fr. Linko — vgl. das Literaturverzeichnis bzw. S. 198 bis 204 seines Buches — fehlt leider ein Hinweis auf die präzise Erklärung, die ich über den Eintritt schwerer Erscheinungen trotz Sauerstoffrespiration bei Berson und Süring anlässlich ihrer Hochfahrt auf 10 500 m gegeben habe. Ich verweise in dieser Richtung auf mein Buch: „Der Sauerstoff in der Prophylaxe und Therapie der Luftdruckerkrankungen“, A. Hirschwald, Berlin 1906, S. 155—161, wo die Verhältnisse ausführlich begründet sind. Nach der Darstellung Linkes scheint noch manches unsicher, was heute (s. S. 221 dieses Vortrages) tatsächlich klaggestellt ist.

Soll der Sauerstoff seinen prophylaktischen Nutzen voll und ganz entfalten, so kommt es auf das „W a n n“ und „W i e“ der S a u e r s t o f f r e s p i r a t i o n an. Einzelheiten sind hier von Bedeutung, die früher nicht gehörig gewürdigt wurden. Der bedrohliche Zustand kann leicht übersehen werden; denn schleichend, ohne präzise Vorboten bricht die Gefahr herein. Wohl ist es möglich, namentlich bei gut funktionierender Regulation, also mittels gesteigerter Lungenventilation, vermehrter Herztätigkeit ohne Sauerstoffatmung für kurze Zeit in Höhen von 7000 m empor zu dringen; doch ist der Zustand kein normaler mehr, es ist ein fortwährendes



Fig. 4.

Unsere Hochfahrt am 24. Juni 1903 nach einer photographischen Aufnahme von A. L a w r e n c e R o t c h , der damals in Berlin weilte.

Pendeln um die physiologische Gleichgewichtslage. Da man aber doch in Höhen über 5000 m im Vollbesitze seiner geistigen und physischen Kräfte sein will, die Fahrt ja zum Zwecke wissenschaftlicher Beobachtung angestellt hat, so wird man nicht erst warten, bis deutliche Symptome in Erscheinung treten, sondern die Sauerstoffrespiration in Anwendung ziehen, sobald die kritische Höhe von 5000 m erreicht ist. Der rechtzeitige Gebrauch des Gases ist namentlich dann von Wichtigkeit, wenn man beabsichtigt, höher zu gehen. Es ist bedauerlich, daß von einer Seite, K r o n e c k e r , noch immer nicht die lebenswichtige Bedeutung der Sauerstoffatmung gewürdigt wird, jedoch zu begrüßen, daß heute wohl alle praktischen Aeronauten in ihren schriftlichen Berichten (zuletzt F l e m m i n g und

S t e y r e r) nachdrücklich auf den hohen Wert dieses Hilfsmittels und dessen rechtzeitige sowie ausreichende Verwendung aufmerksam machen.

In welcher D i c h t e und M e n g e sollen wir das Gas anwenden? Dem hier richtigen Satz: „Lieber zu viel, als zu wenig“ folgend, empfiehlt es sich, den Sauerstoff auch schon in geringeren Höhen unverdünnt anzuwenden, ebenso ist es zweckmäßig, gleich von vornherein 5 l Sauerstoff pro Minute in Anschlag zu bringen, wobei man in der Breite von 6—7000 m noch etwas sparsamer umgehen mag. Für größere Höhen, über 7500 m, wird man 10 l pro Minute veranschlagen, um den Bedarf der Lungenventilation und der Sauerstoffspannung voll zu decken. Zur Realisierung dieser Forderung erscheint es mit Rücksicht auf die Expansion des Gases in den genannten Höhen erforderlich, eine S a u e r s t o f f q u e l l e mitzuführen, die unter normalem Drucke die Menge von 3,5 l pro Minute liefert. Am besten eignen sich hiezu die bekannten Stahlflaschen, in welchen das Gas komprimiert mitgeführt wird. Ein Sauerstoffzylinder von 1000 l Inhalt (rund 12 kg Gewicht) kann als ausreichend angesehen werden, um den Sauerstoffbedarf einer Person während der Zeit von drei Stunden im Bereiche der gefährlichen Region zu decken. — Daß die Atmung von r e i n e m Sauerstoffgas (bei normalem Atmosphärendruck) unschädlich ist und dieses „die Lunge“ nicht „mehr angreift als gewöhnliche Luft“, mag noch zur Richtigstellung einer solchen Angabe aus letzter Zeit besonders vermerkt sein.

Nicht empfehlenswert erscheint die Verwendung flüssigen Sauerstoffes als Gasquelle für die Sauerstoffrespiration. Mir selbst und B e r s o n hat Juli 1903 eine Vorrichtung dieser Art durch ungenügende Sauerstofflieferung zirka 1000 m Höhe gekostet, indem wir trotz ausreichender Ballastmengen die Grenze von 9000 m nicht mehr überschreiten konnten. Auch der neueste, von E r d m a n n verbesserte und empfohlene Sauerstoffapparat (flüssiges Gas mit Verdampfungskugeln) erscheint zu umständlich, um den präzise funktionierenden Zylinder mit komprimiertem, gasförmigen Sauerstoff zu verdrängen. Das Gewicht desselben spielt bei Hochfahrten keine Rolle. Auch die Benützung von Kaliumnatriumsuperoxyd zur Sauerstoff-erzeugung, wie sie die Firma D r a e g e r für den Aeronauten adaptiert hat, erscheint zu kompliziert, um die bewährte S a u e r s t o f f - F l a s c h e zu verdrängen. Ebenso vermag ich den Apparaten mit Regenerationssystem (kleiner Sauerstoffzylinder und Kohlensäure-Absorption), wie sie u. a. die Berliner Firma O x y g e n i a liefert, nicht das Wort zu reden ¹⁾, die ökonomischen Vorteile wiegen jene des einfachen Sauerstoffzylinders mit Armatur nicht auf. Dieser, mit den entsprechenden Nebenapparaten wie Finimeter, Manometer (für Kontrolle des Literverbrauches) sowie einem Sparbeutel ausgestattet, damit das ausströmende Gas in genügender Menge dem inspiratorischen Zuge folgen kann, bietet das beste und in seiner Bedienung einfachste Mittel zur Sauerstoffversorgung ²⁾. Als zweites wichtiges Postulat

¹⁾ Immerhin kann ja — mit Rücksicht auf deren Empfehlung durch W e r n e r - B l e i n e s — wegen Gewichtersparnis ein Apparat der genannten Art für Einzelfahrten mit kleineren Ballons Verwendung finden. Bei Berechnung der für die Respiration notwendigen S a u e r s t o f f m e n g e n muß aber stets die Abnahme des Partialdruckes in den entsprechenden Höhen beachtet werden.

²⁾ Daß durch Versehen schon V e r w e c h s e l u n g e n von Sauerstoff- mit Stickstoff- oder Kohlensäurezylindern vorgekommen sind, wie ein solcher Fall eben

derselben muß für Höhen über 8000 m der Gebrauch einer *M a s k e* betont werden, welche Mund und Nase deckt und vor Erreichung der fraglichen Höhe am Kopfe befestigt wird. Eine Verdünnung des Sauerstoffes durch gleichzeitige Aspiration der umgebenden Luft muß in solchen Regionen strengstens vermieden werden. Jeder *i n h a l t s a r m e* Atemzug rächt sich nur zu leicht am Befinden. Die Maske ist nicht Sache der Bequemlichkeit, sondern der Notwendigkeit. In dieser Richtung nochmals das Folgende aus meinem Buche:

„Wir besitzen, wie ich schon vor Jahren betont habe, keine direkte Empfindung für die Dichte der Luft, kein Anzeichen dafür, wie rasch für uns die Abnahme des Druckes gefährlich zu werden beginnt; wir haben keine Schätzung dafür, daß die eingatmete Luft minderwertig ist. Die Atmung mittels eines einfachen Schlauches bildet den Gegenstand fortwährender Sorge. Kleine und unbeachtete Unterlassungsfehler, wie das zeitweise Entfallen des Schlauches, können verhängnisvoll werden. Ein Gefühl des Erstickens gibt es ja nicht, da die Respiration aus mechanischen Gründen von statten geht. Immer wieder läßt man sich, durch scheinbares Wohlbefinden verführt, verleiten, die Sauerstoffrespiration für Momente auszusetzen. Oder es sind tiefe Atemzüge, die bei nur schwachem Sauerstoffstrom den Tensionswert der Lungenluft vermindern, was ebenso der Fall ist, wenn neben der Respiration mittelst Schlauch durch den Mund gleichzeitig frei durch die Nase geatmet wird. Bei der bestehenden Lethargie oder bei Beobachtung eines Instrumentes vergißt man vom Schlauche Gebrauch zu machen. Noch bedenklicher ist es, wenn, wie bei Entleerung eines Sackes, erhöhte Ansprüche an den Sauerstoffverbrauch zur Geltung kommen. Austretende Ballongase verschlechtern dabei noch gegebenenfalles die den Aeronauten umgebende Luft; der Sauerstoff selbst kann nicht vollwertig, sondern etwa bloß 95proz. sein usw.“

Derartige Umstände können aber rasch gefährlich werden, indem man den richtigen Zeitpunkt versäumt. Man muß die Verhältnisse im Korbe unter tiefen Druckwerten *s e l b s t* miterlebt haben, um die Wichtigkeit der genannten sowie der noch folgenden Maßnahmen entsprechend würdigen zu können. In dieser Hinsicht war mir gerade die vorerwähnte letzte Hochfahrt mit *B e r s o n* auf 8800 m von besonderem Werte, um die Details der Sauerstofffrage erschöpfend zu verstehen.

Bei einem Barometerdruck von 350 mm und darunter hat deshalb der Sauerstoffschlauch, wie dies in Fig. 5 abgebildet ist, *u n t r e n n b a r*, also durch eine den Mund und die Nase deckende *M a s k e* mit dem Aeronauten verbunden zu sein. Die Maske, wie sie gegenwärtig von verschiedenen Firmen in befriedigender Ausführung geliefert wird, soll leicht und mit einem gut anschließenden elastischen Rande versehen sein. Das Ein- und Ausströmungsventil sollen derart spielen, daß sie bei der Respiration keinen merkbaren Widerstand bewirken. Der Schlauch darf die Beweglichkeit des Luftschiffers nicht beeinträchtigen. — Ich freue mich, daß die genannte Forderung, für welche ich seit mehreren Jahren eingetreten bin, nunmehr ihre volle Anerkennung erfahren hat. Diese Art der Sauerstoffrespiration mit Schlauch und Maske hat nun auch in dem von Dr. *F l e m m i n g* bearbeiteten Kapitel des vor kurzem erschienenen Buches: „Wir Luftschiffer“ (s. Literaturverzeichnis) Betonung und entsprechende Darstellung (Aeronaut mit dem Sauerstoffapparat im Korbe) gefunden. — Da es aber auch bei Ballonfahrten, die nicht als Aufstiege in

von *R o s e n t h a l* (Münchener medicin. Wochenschrift 1909, Nr. 48, S. 2483) mitgeteilt worden ist, sei noch aus besonderer Vorsicht erwähnt. In einem zweifelhaften Falle wird man sich vor einer Hochfahrt durch einen glimmenden Span ja leicht von dem gewünschten Inhalte des Zylinders überzeugen können.

größere Höhen geplant sind, durch verschiedene Umstände (Wetterlage, Gebirge u. a.) veranlaßt, vorkommen kann, daß gelegentlich die kritische Grenze überschritten und der Aufstieg vorübergehend zu einer Hochfahrt wird, so soll es sozusagen zum Inventare jedes ordnungsmäßig ausgerüsteten Korbes gehören, daß in demselben eine Sauerstoff-Flasche (Stahlzylinder von kleineren Dimensionen) mit der entsprechenden Armatur untergebracht ist. Ein solcher Vorrat an lebensspendendem Gase kann sich ja auch bei Übelbefinden durch Leuchtgaseinwirkung während der Fahrt



Fig. 5.

(s. S. 205) vorteilhaft erwiesen und überdies nach der Landung (s. S. 226) gegebenenfalls segensbringend sein.

Eine weitere Frage ist die, wie hoch kann man schließlich mit dieser Art der künstlichen Sauerstoffversorgung in die Atmosphäre unbeschadet empordringen? Genügt diese für Höhen über 10000 m, oder sind andere Behelfe notwendig? Hierbei kommt, worauf ich zuerst aufmerksam gemacht habe, der Umstand in Betracht, daß die Verdünnung des umgebenden Luftmediums ja auch den Sauerstoff betreffen muß, der dem Zylinder entströmt und zur Veratmung gelangt. Das Gas erleidet ja proportional der Erhebung eine Verminderung seiner Dichte, und es kann mithin

in höheren Regionen trotz Respiration von reinem Sauerstoffgas die unserem Körper zugeführte Menge unzureichend werden. So hat beispielsweise der Sauerstoff in der Höhe von 14500 m nur mehr $\frac{1}{6}$ von der Dichte an der Erdoberfläche, er würde demnach statt 21% nur mehr 3,5% wert sein. Infolge der schon einleitend genannten Momente, im Besonderen der Wasserdampfspannung in unseren Luftwegen, der Expansion der durch die Lebenstätigkeit produzierten Kohlensäure, des Druckverlustes für den Übertritt des Sauerstoffes ins Lungenblut, des steten Sauerstoffverbrauches seitens der Gewebe liegt aber die Höhengrenze, bei welcher die Sauerstoffversorgung insuffizient wird, wesentlich tiefer, theoretisch — wie vorstehende Tabelle II, S. 214 unten, zeigt — bei etwa 12500 m, entsprechend einem Barometerdrucke von ca. 160 mm. Für die Praxis jedoch hat man, wenn man ferner noch die Bedeutung der Dilatation der Darmgase, ungenügende Ventilation, die

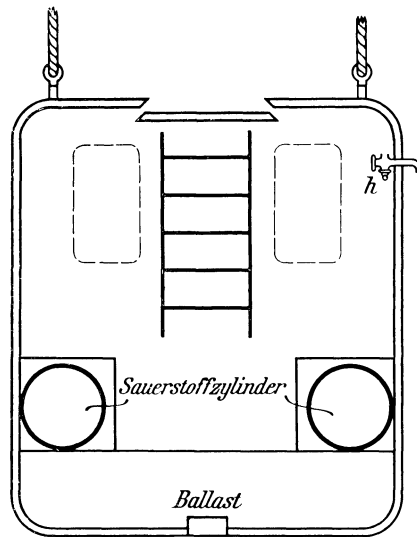


Fig. 6.

Wirkung der Kälte mit ihrem höheren Sauerstoffverbrauch, (die Verschlechterung der Luft durch Ballongase) in Berücksichtigung zieht, die Grenze mit 10—11000 m festzulegen, ein Wert, welcher ältere bezügliche Annahmen von Müllenhoff berichtigt und mit einer jüngst auch von Etienne gemachten Angabe übereinstimmt.

Wenn man also höher empordringen will, eine Möglichkeit, die heute physiologisch und technisch erfüllbar ist, so muß das Sauerstoffgas den Lungen unter einem höheren Drucke zugeführt werden, als ihn das umgebende Luftmedium besitzt. Da durch Verwendung einer nach Art eines Taucherhelmes konstruierten Vorrichtung Druckdifferenzen im Körper mit ihrem nachteiligen Einfluß auf die Blutverteilung bewirkt werden könnten, erscheint ein hermetisch geschlossener Korb mit erhöhter Sauerstoffspannung erforderlich, in welchen sich der Beobachter begeben wird, sobald er die Höhe von 10000 m überschreiten will. Ich habe schon gelegentlich eines vor 6 Jahren in Berlin gehaltenen Vortrages auf die Herstellung eines solchen „Korbes“ aus Aluminium unter Bezugnahme auf beistehende

Skizze, Fig. 6, hingewiesen und möchte heute gelegentlich der Tagung der „Ila“ diesen Vorschlag um so nachdrücklicher betonen, als ja die Industrie mittlerweile wieder so bedeutend vorgeschritten ist, daß der Realisierung dieses Projektes keine Schwierigkeiten begegnen können. Die Zylinder zur Regelung des Sauerstoffdruckes mag man vielleicht, statt wie in diesem Schema, besser außerhalb des Korbes anbringen. Die expirierete Kohlensäure wäre durch Natriumhydrat zu absorbieren, der Korb durch Thermophore zu erwärmen; die Abgabe des Ballastes (Wasser, Eisenfeilspäne) kann von innen aus erfolgen. Der Kasten wäre zweckmäßig mit einem (elastischen) Geflechte aus dem üblichen Materiale zu umgeben, das nach oben hin fortgesetzt, Raum für den Aufenthalt während der Fahrt in mäßigen Höhen schaffen würde ¹⁾.

Ich hoffe, mit dem Vorgetragenen hinreichend gezeigt zu haben, daß durch die Sauerstofftheorie in der Tat eine befriedigende Erklärung nicht nur der beobachteten Störungen, sondern auch ein Mittel gegeben ist, weitere aussichtsreiche Unternehmungen zu ermöglichen. Der Satz P. B e r t s: „La pression d' oxygène et tout la pression barométrique en elle même ne fait rien ou presque rien“ besteht nach wie vor voll zu Recht. Warnen muß ich hier davor, etwa das Heil für größere Höhen nach dem Vorschlage von A g g a z z o t t i suchen zu wollen, der in Verfolgung der M o s s o - sehen Theorie für die Erreichung größerer Höhen — er schreibt von solchen bis zu 14500m — die Respiration eines Gasgemisches von 63% Sauerstoff, 13% Kohlensäure und 20% Stickstoff empfiehlt. Er schreibt sogar: „Les aéronautes ne connaîtront plus que la limite à laquelle la force ascensionnelle de leur ballon pourra les mener.“ Richtig ist, daß die Kohlensäure ein wertvolles Stimulans zur Betätigung der Respiration bildet, und daß gegen einen geringen Zusatz dieses Gases zum Sauerstoff nichts einzuwenden wäre. Bei hinreichender Sauerstoffversorgung und dadurch garantierter Zelltätigkeit genügen aber die vom Organismus gebildeten Atemreize (Kohlensäure, Milchsäure), um den Bestand der vitalen Funktionen zu sichern. Eine nähere Widerlegung der von M o s s o bzw. A g g a z z o t t i versuchten Einwände habe ich meiner „Hygiene der Aeronautik“, S. 29 gegeben. — Nochmals sei betont: Was wir für Höhen über 12000 m brauchen, ist S a u e r s t o f f , und zwar Sauerstoff von ausreichender Dichte.

Kehren wir aus den besprochenen Regionen wieder in bescheidene Höhen zurück.

Außer der spezifischen Therapie, haben wir, wie schon einleitend bemerkt, noch hygienische Maßnahmen anderer Art zu berühren, die einerseits das körperliche B e f i n d e n des Aeronauten vor und während der Fahrt betreffen, andererseits in b a l l o n t e c h n i s c h e r Richtung wichtig sind. Ich will mich vor Ihrem Forum nur mit einigen Schlagworten begnügen.

Vor dem Aufstiege wird man sich vor Schädlichkeiten hüten, in welcher Richtung ungenügender Schlaf, nervöse Erschöpfung, Alkoholgenuß, blähende

¹⁾ Auf meinen Vorschlag hat mittlerweile W e r n e r - B l e i n e s aufmerksam gemacht, der daran bereits weitere Details in technischer Richtung über die Herstellung des geschlossenen Korbes anknüpft. — Als Material könnte vielleicht die neuestenens von der chemischen Fabrik Griesheim hergestellte Aluminium-Legierung „Elektron“ (spez. Gew. 1,8), die sich durch wertvolle Qualitäten auszeichnet, benützt werden.

Speisen zu vermeiden sind. S o u b i e z empfiehlt überdies Milchdiät und kochsalzarme Nahrungsmittel. Um während der Fahrt nicht durch Urindrang gestört zu werden, was namentlich für Damen lästig ist, rät G o c h t eine prophylaktische Entwässerung des Körpers durch möglichste Flüssigkeitsbeschränkung vor dem Aufstiege sowie die Anwendung eines Abführmittels an. — Wichtig erscheint sorgfältige B e k l e i d u n g wegen entsprechenden Wärmeschutzes: poröse Flanellstoffe, leichte, schmiegsame Pelze, Hose und Überrock von einander getrennt. Auch Papierkleider sowie Kautschukstoffe wegen Durchnässung werden empfohlen. Die wertvollen Thermophore wird man am besten in Fußsäcken unterbringen oder in die Taschen nehmen, um die Hände zeitweise besonders erwärmen zu können. Man erinnere sich, daß Kältewirkung den Sauerstoffverbrauch steigert und ungünstig auf die Blutzirkulation peripherer Gebiete einwirkt. Auch für genügende E r n ä h r u n g ist Sorge zu tragen, wobei hauptsächlich Kohlehydrate und Fette, weniger eiweißhaltige Nahrung in Betracht kommen. Vorzüglich bewährt als Anregungsmittel empfiehlt sich gezuckerter Tee, welcher mittels der Thermosflaschen lange Zeit warm erhalten werden kann. Vor Alkohol wäre namentlich bei Hochfahrten zu warnen. Hinreichende Ausrüstung in bezug auf Kleidung und Proviant ist namentlich für Dauerfahrten, Nachtfahrten im Winter von Wichtigkeit. Gegen die strahlende Wärme und die so wesentlich gesteigerte L i c h t w i r k u n g empfiehlt es sich, wie bei Gletschertouren im Hochgebirge, die Haut exponierter Teile durch Fette vor Austrocknung zu schützen. Schne Brillen können namentlich bei Fahrten über geschlossenen Wolkendecken (starke Lichtreflexion) zweckmäßig sein; besser noch als die gebräuchlichen rauchgrauen Gläser dürften sich hiezu die sogenannten Euphosbrillen eignen (F l e m m i n g), deren grünelbes Glas die ultravioletten Strahlen vollständig absorbiert. Daß im Korbe das Rauchen verboten ist, bedarf kaum der Erwähnung. Die notwendige Beleuchtung erfolgt mittels elektrischer Lampen. Da bei Höhen über 5000 m jede körperliche A n s t r e n g u n g möglichst v e r m i e d e n werden soll, erscheint es geboten, den Ballast für die Hochregion derart anzuordnen, daß man nur eine Leine zu durchschneiden hat, um ein Umkippen des Sackes zu bewirken; es könnte dies auch mittels einer elektrischen Vorrichtung (W e r n e r - B l e i n e s) bewirkt werden. Das schwere Schlepptau wird man schon in niederen Höhen auslegen. Die Arbeitsleistung beim Ventilziehen könnte durch Anwendung eines Flaschenzuges verringert werden. Die Beobachtungsinstrumente sind derart zu disponieren, daß sie leicht von einer Stelle aus übersehen und bedient werden können. Hochfahrten sollen am besten nicht allein, sondern von 2—3 Aeronauten unternommen werden, die sich gegenseitig in die Arbeit teilen. Bei Dauerfahrten ist für eine bequeme Bank Sorge zu tragen.

Ist in der Aeronautik meist auch die Landung der „springende Punkt“¹⁾, so sind doch auch w ä h r e n d d e r F a h r t Maßnahmen beachtenswert, welche die Sicherheit der Insassen gewährleisten. Der Luftschiffer soll bis zu einem gewissen Grade mit der Meteorologie vertraut sein, gefahrdrohende Zustände der

¹⁾ P ö s c h e l schlägt jüngst zur Vermeidung des harten Auftreffens bei scharfen Landungen vor, G u m m i s c h l a u f e n in halber Höhe des Korbinnern anzubringen, in welche die Insassen bei der Landung treten sollen, wodurch eine größere Elastizität erzielt und die Gefahr eine Verletzung der Beine beseitigt würde.

Atmosphäre (Luftwirbel, Gewitter) richtig erkennen, die Orientierung über die Geschwindigkeit und den Verlauf der Fahrt stets im Auge behalten. Die Überschreitung von Gebirgen wird besondere Dispositionen veranlassen; die Nähe des Meeres kann verhängnisvoll werden. Dank den Arbeiten der letzten Zeit ist auch über geschlossenen Wolkendecken eine genaue, astronomische Ortsbestimmung (M a r c u s e, W e g e n e r u. A.) möglich. Dem Führereines Ballons sollen seine Obliegenheiten genau bekannt sein, da diesem auch das Wohl der Teilnehmer anheimgegeben ist.

Bei einer Freifahrt beachte man, daß die Leinen stets klar sind und genügenden Durchhang besitzen. Der Appendix muß vor dem Hochlassen offen sein. Man wird sich vom richtigen Funktionieren des Ventiles überzeugt haben. Durch mangelnden Verschuß desselben sind ebenso wie beim Platzen des Ballons unangenehme Zufälle vorgekommen, die durch Fallschirmwirkung zum Teile noch günstig ausgegangen sind. Die durch Gross eingeführte Reißvorrichtung bedeutet auch vom hygienischen Standpunkt aus einen wertvollen Fortschritt. Durch geschicktes Manövrieren und passende Wahl der Terrainverhältnisse können beim Landen wahre Kunstleistungen erzielt werden. Durch die Reißbahn und das Schlepptau hat die L a n d u n g viel von ihren Schrecknissen verloren. Bei Auslegen des Schleppturtes achte man auf das Einklemmen von Gliedern, wodurch Verletzungen zustande kommen können (bei schwerem Schlepptau Bremsvorrichtung). Auch das Statoskop sowie das Variometer leisten wertvolle Dienste, um das Landungsmanöver zu erleichtern und „chirurgische Folgen“ möglichst zu vermeiden. Besondere Umstände (böiges Wetter, Gebirge)¹⁾ erfordern richtiges Disponieren des Führers bei hinreichender Erfahrung.

Wenn die Luftschiffahrt auch heute bereits den Rang einer besonderen Disziplin beanspruchen darf, so ist sie dennoch mit gewissen G e f a h r e n verbunden, die nicht immer zu umgehen sind. Orkane, Gewitter, die sogenannte Selbstentzündung des Ballons sind hier anzuführen. In letzterer Hinsicht erscheint der Rat beachtenswert, nach der Landung eine Berührung des Ventiles so lange zu vermeiden, bis das Gas vollständig entwichen ist. Auch die Pfeife eines rauchenden Zusehers hat schon einen Ballon zur Explosion gebracht. Weitere Gefahren stellen im Gebiete von Kulturzentren die Starkstromleitungen dar. Die Herausgabe einer Luftschifferkarte, welche nunmehr für Deutschland fast vollendet ist, beansprucht daher auch von unserem Standpunkte Beachtung. — Daß das Meer ein gefährlicher Gegner werden kann, ist schon bemerkt worden²⁾. Mit Recht betont F l e m m i n g, daß bei Freifahrten über weite Gewässer der Füllansatz des Ballons mit einer vom Korbe aus regulierbaren Schließvorrichtung versehen sein soll, die ein längeres

¹⁾ Eine interessante Fahrt dieser Art ist die Juni 1908 von d e B e a u c l a i r und G u y e r unternommene Überquerung des Berner Oberlandes und der Walliser Alpen, wobei das Jungfraumassiv überflogen und über das Spaltengewirr des Aletschgletschers eine halbstündige Schlepptau- und Gleitfahrt ausgeführt wurde; dann erhob sich der Ballon wieder auf 4500 m, nach mehreren Stunden auf 6000 m, um in Italien glatt zu landen.

²⁾ Ich erinnere in dieser Richtung an den bekannten Aufstieg von K i n d e l a n über dem Golfe von Valencia, Juli 1907. — Aus jüngster Zeit beansprucht eine Alpen- und Meerfahrt wieder von d e B e a u c l a i r Beachtung. Dieser sah sich genötigt, im Golfe von Genua zu landen, und konnte sich retten; der Ballon entkam und wurde später in der Adria geborgen.

Treiben am Wasser ermöglicht. Eine solche Vorrichtung der Firma F. C l o u t h ist in der Ausstellung zu sehen. Ebenso dürfte es namentlich für Weitfahrten zweckmäßig sein, S c h w i m m g ü r t e l (event. automatisch wirkende), je nach der Zahl der Teilnehmer, im Korbe mitzuführen. — Die Literatur der letzten Jahre liefert auch in hygienischer Beziehung wertvolle Beiträge über die verschiedenen Möglichkeiten von Unfällen, wie bei Gebirgsfahrten, der Überquerung von Meeren und der Landung unter schwierigen Umständen. Die Zahl der Todesfälle auf dem Gebiete der Aeronautik ist trotzallem als eine relativ kleine zu bezeichnen¹⁾. Was die Statistik anderer Unfälle, die Verletzungen anlangt, so sind hierüber von B o u s l e y zahlenmäßige Nachforschungen angestellt worden, nach welchen sich im Deutschen Reiche bis zum Jahre 1906 im Mittel der vom Zivil und Militär ausgeführten Ballonfahrten 0,5 % Unfälle ereignet haben. Erfreulicherweise interessiert sich nunmehr auch die Unfallversicherung für das Gebiet der Luftschiffahrt. Auf der „Ila“ ist seitens der Gesellschaft „Albingia“ (Hamburg) eine Ankündigung zu sehen, die zum Abschlusse von Versicherungen auffordert; auch als passendes Weihnachtsgeschenk werden bereits Prämien für Aeronauten angeboten!

Auch für andere Personen, die nicht an der Fahrt beteiligt sind, können sich gelegentlich Gefahren ergeben. Hier seien zunächst die Vergiftungen mit Leuchtgas bei der Füllung sowie Entleerung von Ballons angeführt. Außer dem Kohlenoxydgase kommt, wie ein von B a r i é mitgeteilter Fall gezeigt hat, auch der Arsenwasserstoff in Betracht. Elektrolytisch erzeugtes Wasserstoffgas ist frei von solchen gefährlichen Beimischungen; Genaueres hierüber ist bei C h e v a l i e r, L'aérophile, 1902, nachzusehen²⁾. Überhaupt wäre, wie schon einleitend bemerkt, der Ballongaserzeugung auch vom hygienischen Standpunkte aus eingehendere Berücksichtigung zu schenken. Daß die Sauerstoffrespiration ein ausgezeichnetes Mittel bei Leuchtgasvergiftung darstellt, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Sauerstoffzylinder sollen demgemäß in jeder Ballonhalle bereit gehalten werden³⁾. — Bei Entleerung des französischen Lenkballons „Zodiak“ schnellte infolge gestörten Gleichgewichtes das eine Ende des Tragkörpers wie durch Federkraft gegen das Dach der Halle, wobei einem auf dem Ballon sitzenden Arbeiter die Schädeldecke zertrümmert wurde. — Ferner erheischt das Hochlassen eines Ballons bei stürmischem Wetter Vorsicht

¹⁾ Der letzte Fall vom 25. November 1909 betrifft die Fahrt des Ballons „Colmar“, der, vom Borasturme überrascht, in der Nähe von Fiume in felsiges Karstterrain getrieben und zerrissen wurde. Die beiden Aeronauten W. B r i n k m a n n und H. F r a n c k e büßten hiebei ihr Leben ein; letzterer hatte sich vor der Fahrt gegen tödlichen Unfall versichert.

²⁾ Ein eigenartiger Unfall trug sich vor kurzem in Bayern zu. Ein Ballon verding sich, vom Winde getrieben, zwischen den Tannen. Die Lage der Aeronauten war gefährdet, als ein 21jähriger Knecht einen Baum bestieg, um den Ballon freizumachen. Der junge Mann wurde durch die ausströmenden Gase betäubt, verwickelte sich in das Netzwerk und fand so den Erstickungstod. Auch anlässlich einer Ballonkollision in Brüssel 1909, also in freier Luft, ist ein Fall von Betäubung durch Leuchtgas vorgekommen; nach Sauerstoffrespiration rasche Wiederherstellung.

³⁾ W e r n e r - B l e i n e s bemerkt noch besonders, daß die beim Bergwerksbetriebe sowie der Feuerwehr üblichen Rauchhauben bzw. Sauerstoffrüstungen auch in keiner Luftschiffhalle fehlen sollen, um bei Gasausströmung sowie innerhalb eines Ballonkörpers ungefährdet technische Arbeiten ausführen zu können.

für die Beteiligten. Bei der Landung wiederum ist es vorgekommen, daß Personen das Schlepptau erfaßt und sich hierbei Brandwunden zugezogen haben. Ebenso wurden Leute am Netze des Ballons oder wie kürzlich ein Soldat in Göttingen vom Hochlaßtau in bedenkliche Höhen emporgezogen u. a. ¹⁾. Das Verfahren, Menschen durch einen Drachen (ohne Motor) heben zu lassen, ist nicht ganz ungefährlich; dasselbe ist jüngst zum Zwecke der R. A m u n d s e n s c h e n arktischen Expedition verbessert worden. Daß der Blitz nicht nur den Korbinsassen töten, sondern, wie bei den Aufstiegen von Fesselballons, auch die bedienende Mannschaft schwer verletzen kann, darüber liegen ebenfalls Berichte vor. — Die Literatur der letzten Jahre liefert reichlich Beispiele auch zu diesem Kapitel.

Ein neues Gebiet wurde der Aeronautik durch die noch bis vor kurzem unerwarteten Erfolge der M o t o r l u f t s c h i f f a h r t sowie durch die Lösung des d y n a m i s c h e n F l u g p r i n z i p e s eröffnet.

Treibt der Freiballon mit der Luftschicht, in welcher er sich befindet, dahin, so kämpfen die genannten Apparate aktiv gegen die Luftströmung an, wodurch die Wirkung des W i n d e s mit ihren weiteren Konsequenzen für den Aeronauten bzw. den Flieger zur Geltung kommt. Namentlich bei letzterem mit seinen hohen Geschwindigkeiten macht sich der kalte Wind geltend, der, abgesehen von seinem thermischen Einfluß, unangenehme Effekte für das Gehörorgan und das Auge mit sich bringt. Die Verhältnisse liegen hier vielfach ähnlich wie für den Automobilrennfahrer. — Bei den L e n k b a l l o n s sind durch den Motor sowie den herrschenden Überdruck im tragenden Gaskörper zwei Momente hinzugekommen, welche besonderer Berücksichtigung bedürfen, soll die Sicherheit der Fahrt garantiert sein. Die Möglichkeit eines Platzens der Hülle wird durch entsprechende Ventile verhindert. Die Zündung durch den Motor, die Mitnahme von Benzin erheischen Vorsicht. Daß der Bruch von Flügeln oder Schrauben den Gaskörper des Ballons besonders dann gefährden kann, wenn dieser nicht wie beim starren System „Z e p p e l i n“ in Schotten geteilt ist, hat kürzlich der traurige Fall des Ballons „R é p u b l i q u e“ gezeigt, der vier Menschen das Leben kostete. Fortgesetzte Prüfung und Verbesserung des Materials wird ja solche Unfälle in Zukunft ausschließen lassen ²⁾. Es soll in diesem Zusammenhange nicht unvermerkt bleiben, daß auch das u n s t a r r e System, der „P a r s e v a l“ mit seiner geistreichen Höhensteuerung, sowie die französischen Lenkballons ihre vollkommen sichere Manövrierfähigkeit und Lenkbarkeit dargetan haben ³⁾.

¹⁾ Vergl. „V o r s i c h t b e i B a l l o n a u f s t i e g e n“. Illustrierte aeronautische Mitteilungen Bd. XIII, H. 25, S. 1136, 1909. — Der betreffende Mann wurde 10 km durch die Luft geschleift und Dank der Geistesgegenwart beider Teile gerettet.

²⁾ Der italienische halbstarre Lenkballon soll seither g a s d i c h t e Z e l l e n mit selbständiger Regelung des Luftdruckes in den Ballonetts erhalten haben, um Unfälle wie die genannten zu vermeiden. — In dieser Richtung sind auch die von P r a n d t l und B é j e u h r durchgeführten Versuche über die Bruchfestigkeit der Propeller von Bedeutung.

³⁾ Ich habe seither s e l b s t Gelegenheit gehabt, die näheren Verhältnisse des „P a r s e v a l“ bei einer Freifahrt in Frankfurt a. M. kennen zu lernen. Derselbe hat sich mittlerweile als der leichteste und solideste Lenkballon erwiesen; er ist zum „Luftschiffe par excellence“ (L. Capazza) geworden.

Nachdem die Anschauungen, die unser K r e ß sowie die Österreicher v. L ö s s l , W e l l n e r nimmermüde verfochten haben, zur Wahrheit geworden sind, die Flugmaschine ihren Siegeslauf über Land und Meer angetreten hat, wie dies im Besonderen die glorreichen Tage von Reims, Sommer 1909, zum ersten Mal überzeugend dem großen Publikum dargetan haben, so müssen wir Mediziner nunmehr auch der A v i a t i k unser Augenmerk zuwenden.

Der d y n a m i s c h e Flug mit dem Aeroplane setzt physische und geistige Anspannung, Training und geschicktes Manövrieren voraus und bedingt dadurch besondere Anforderungen. Das Fliegen muß geübt, es muß im Besonderen erlernt werden, die Stärke und Richtung der jeweiligen Luftströmung aus der Art der Verschiebung der Objekte unter sich richtig zu beurteilen. Auf den Einfluß des Windes und der Kälte, namentlich bei raschen, langandauernden Flügen, wurde schon oben hingewiesen; ist die Schraube vorne montiert, so macht sich der dadurch erzeugte Luftstrom noch in besonderer Weise für den Kopf, das Gesicht des Piloten geltend. — Die Apparate „schwerer als Luft“ geben aber auch zu neuen Gefahren Veranlassung, welche die kühnen Pioniere auf diesem Gebiet bedrohen. Wir haben bereits sechs Todesfälle: L i l i e n t h a l , den motorlosen Gleitflieger, S e l f r i d g e , L e F e b u r e , F e r b e r , F e r n a n d e z , D e l a g r a n g e zu beklagen. Ansehnlich ist schon die Zahl anderer Unfälle, wenn sie auch noch günstig ausgegangen sind: schwere Verletzung durch Sturz (O. W r i g h t), minder bedenkliche (B l é r i o t , C o d y , L a t h a m , L e g a g n e u x , L e s s e p s , R i c h e t , S a n t o s D u m o n t , M a d a m e D e l a r o c h e ¹⁾), Verbrennung durch Benzinzündung (B l é r i o t , K u l a s s y u. A.). Noch immer bieten die Motoren keine ausreichende Sicherheit. Versagen der Zündung, unrichtige Gewichtsverteilung kann ein Überschlagen des Flugapparates herbeiführen, was namentlich dann verhängnisvoll wird, wenn der Motor hinter dem Führersitz angebracht ist. Auch das Platzen eines Zylinders, wodurch ein Zweidecker mit seinem Führer (F e r n a n d e z) zu Falle kam, ein Schraubenbruch in der Luft (L e s s e p s) oder das Reißen von zu stark beanspruchten Spanndrähten der Tragflächen (D e l a g r a n g e , S a n t o s - D u m o n t) sind schon vorgekommen u. a. — Günstig erscheint die Elastizität der Rahmen und Stabilisierungsflächen, welche das Aufschlagen des Aeroplanes mildert, indem diese als Stoßfänger dienen und den Anprall selbst bei Stürzen aus 15—20 m abschwächen. Da jede irrtümliche Betätigung der Stabilisierungs- bzw. Steuerflächen wie beim Bogenfahren im Winde leicht verhängnisvoll werden kann, so bedeutet die von B l é r i o t erdachte „cloche stabilisatrice“, durch welche ein gleichsinniger Einfluß synchron auf die Steuerung und die Verwindung der Tragflächen bewirkt wird, auch vom Standpunkte der Sicherheit einen wertvollen Fortschritt. Für die Landung mag sich eine Verbindung von federnden Kufen und Rädern am besten eignen, um glatt über sich bietende Widerstände hinweg zu kommen.

¹⁾ Einen eigenartigen U n f a l l erlitt B l é r i o t kürzlich in Konstantinopel, indem er bei ungünstiger Windströmung das Dach eines Hauses streifte, von diesem 7 Meter herabfiel und sich hiedurch einen inneren Bluterguß in der Milzgegend zuzog; im übrigen keine nachteiligen Folgen.

Welche besonderen Gesichtspunkte und Vorteile nun auch durch die einzelnen Konstruktionen realisiert sein mögen — das Wichtigste, die Seele des Ganzen ist, bei entsprechend stark gebauten Tragflächen, ein kräftiger Motor und ein tadelloses Funktionieren desselben. — Nicht nur die Biplane (Fig. 7), sondern auch der Eindecker, die „zarte Libelle“ (Fig. 8) haben sich vollständig bewährt. Letzterer gestattet ebenfalls eine ausreichende Tragfähigkeit selbst bei geringen Geschwindigkeiten; die „Antoinette“ hat ruhmreiche Überlandflüge ausgeführt. Am schwierigsten wird das Fliegen mit dem von Wright benutzten System angesehen; es scheint die meiste persönliche Erfahrung zu erfordern. Ruhe und Geistesgegenwart sind gerade auf diesem Gebiete unerläßliche Erfordernisse. So konnte Latham kürzlich noch die Höhenrekords von Lambert und Paulhan übertreffen, trotz ungünstiger Wind-

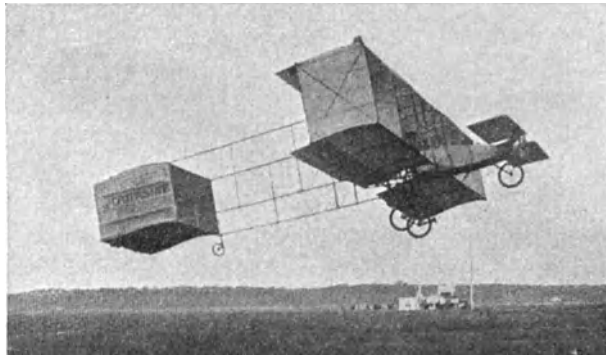


Fig. 7.

verhältnisse zunächst in die Region von ca. 450 m empordringen und am 7. Januar 1909 die Höhe von 1000 m bzw. 1095 m erreichen, wie von der Erde aus (Theodolith) sowie an Bord des Monoplanes (Barometer) übereinstimmend festgestellt wurde. Paulhan führte bei eisigem Winde von 6 m/Sek. einen Überlandflug von 70 km in 53 Minuten, später einen solchen von 140 km aus. Auf der Flugbahn sind schon mehr als 230 km (H. Farman in Paris 233 km in 4 Stunden 17 Minuten) ohne Unterbrechung zurückgelegt worden u. A. ¹⁾. — Wie die bisherige Erfahrung lehrt, haben sich die tödlichen Unfälle meist durch Sturz aus geringeren Höhen, 20—30 m, ereignet, während im Falle einer Panne der Maschine in höheren Schichten bei richtiger Beherrschung und genügender Größe der Trag- und Steuerflächen durch motorlosen Gleitflug noch alles glücklich ablaufen mag! Nach den bisherigen Erfahrungen

¹⁾ Der Höhenrekord Lathams ist mittlerweile, 12. Januar 1910, in Los Angeles, von Paulhan übertroffen worden, der bei seinem Aufstiege 1523 m Höhe erreichte! Sein Zweidecker besaß also auch bei einer Verminderung des Luftdruckes um etwa $1/5$ Atm., bzw. 130 mm volle Tragfähigkeit, der Propeller erwies sich der Leistung gewachsen. Zuletzt, 10. März, überflog Rougier an der Küste von Monaco in einer Höhe von 1270 m den Col de la Turbie.

scheint man in dieser Weise bereits mit Sicherheit aus Höhen von ca. 120 m herabsteigen zu können. Bruch oder Verlust einer Tragfläche (Delagrangé) sind unbedingt verhängnisvoll.

Ich will Sie hier nicht mit Details ermüden, welche sich noch im Stadium des Experimentes befinden. Doch das eine möchte ich in diesem Zusammenhange betonen, daß heute nicht so sehr die Schaffung neuer Rekords befördert, sondern die Konstrukteure vielmehr dazu ermuntert und Preise in der Richtung gestiftet werden sollten, eine möglichste Stabilität der neuen Apparate (Verwindung, automatische Stabilisierung, Relation der Größe und Festigkeit der Tragflächen zur Propellerleistung) auch bei langsamer Fahrt zu erreichen. Daß wir fliegen können, wissen wir heute. Die Arbeit möge jetzt nicht so sehr auf das „wie hoch“ und „wie weit“, sondern vor allem darauf gerichtet werden, daß wir „sicher“, auch bei un-

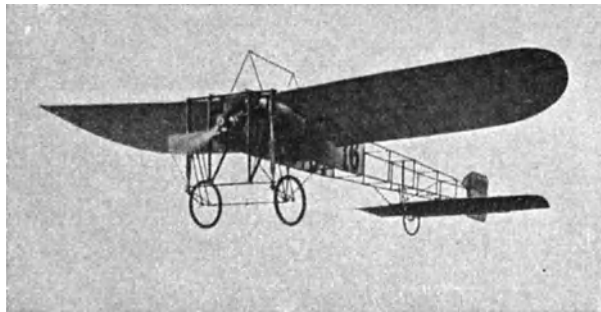


Fig. 8.

günstigen Winströmungen, fliegen, soll die Aviatik, der Kunstflug, Gemeingut werden. Die Zahl der obligaten Todesopfer auf diesem neuen Gebiete ist bereits hinreichend groß.

Diese Mahnung zur Vorsicht glaubten wir auch von unserem Standpunkte aussprechen zu dürfen, ohne jedoch damit der mutvollen Betätigung, dem zielbewußten Vorgehen jener Männer etwa Abbruch tun zu wollen, denen wir die früher ungeahnten Erfolge auf dem Felde der praktischen Aviatik verdanken. Die Namen der kühnen Pioniere: Santos Dumont, W. u. O. Wright, Farman, Delagrangé, Blériot, Latham, der Bezwinger einer Windstärke von 13 sec/m, Lambert, welcher zuerst eine Höhe von 300m überflog, Paulhan, de Caters, ferner Sommer, Rougier, Curtiss, Calderara, Cody, Grade, Euler, die österreichischen Flieger Etrich, Warchalowski, Wiesenbach u. A. durften auch in diesem Aufsätze nicht unerwähnt bleiben. Ebenso möge verzeichnet sein, daß sich auch ein Mitglied eines regierenden Hauses, Seine Kaiserliche Hoheit, der deutsche Kronprinz nicht gescheut hat, sich dem Aeroplane anzuvertrauen und an einem Fluge mit O. Wright teilzunehmen¹⁾. — Rasch

¹⁾ Der Name der ersten regierenden Frau, die den Korb eines Freiballons bestieg, soll hier nicht vergessen sein; es ist Ihre Majestät die Königin Maria Christina von Spanien, die am 27. Juni 1889 an einem Aufstiege teilgenommen hat.

schreitet die Betätigung auf diesem neu erschlossenen Gebiete vorwärts. Ein- und Doppeldecker werden derart eingerichtet, daß sie zwei Personen tragen können. Blériot in Pau, Latham in Châlons bilden Schüler aus, denen ich mich bald anzuschließen hoffe. Das Fliegen mit einem Begleiter ist bereits Mode geworden; Latham, einen Photographen vor sich im Eindecker, läßt die überflogene Gegend kinematographisch aufnehmen, was eine Mehrbelastung seines Eindeckers um fast 200 kg beansprucht. Auch Damen, Mds. Mervinget, Delaroche haben sich bereits selbstständig im Fluge (Mono- bzw. Biplan) versucht.

Endlich wäre noch daran zu erinnern, daß die Ausübung der Aviatik, der Flugsport, auch für diejenigen Gefahren bedingen kann, die selbst nicht am Fluge beteiligt sind. So können beim Proben der Schraube Hilfspersonen verletzt werden, — wie ein kürzlich in Bukarest vorgekommener Fall gezeigt hat — oder beim Start unvorsichtige Personen in bedenkliche Situationen geraten. Daß sich derlei auch beim Motorballon ereignen kann, lehrt der traurige Unfall gelegentlich einer Erprobung des italienischen Lenkballons, wobei die linke Flügelschraube dem Leutnant Rosetti den Kopf spaltete. Auch können Personen bei unglücklicher Landung eines Aeroplanes gefährdet oder durch Anfahren Materialschäden an fremdem Eigentum bewirkt werden. — Es versteht sich, daß die Möglichkeit derartiger Unfälle, Gefahren und Schäden auch vom legislativen Standpunkte Interesse beansprucht, und noch in diesem Zusammenhange den Mediziner beschäftigen kann.

Hiermit glaube ich das Wesentliche über die Hygiene der Aeronautik wenigstens in Kürze besprochen zu haben. Es wäre mir eine große Ehre, wenn meine bescheidenen Ausführungen Ihr freundliches Interesse gefunden hätten, und wenn ich durch dieselben zu einem geringen Teile auch meinen Dank für das wertvolle Entgegenkommen abstatten dürfte, welches mir zum Studium dieses Gebietes seinerzeit von dem Kgl. Aeronautischen Institute in Berlin zuteil geworden ist.

Erlauben Sie mir zum Schlusse, nochmals auf mein engeres Gebiet, den Freiballon, und zwar auf dessen Verwendung zur Erreichung großer Höhen, zurückzukommen. — Es dürfte wohl als ein schöner Triumph all der vielen Arbeit des Laboratoriums und der praktischen Erfahrung gelten, wenn wir nunmehr auf Grund der oben gegebenen Darlegungen die Höhe von 10000m unbeschädigt überschreiten und dieserart die Verdünnung des Luftmediums ebenso umgehen würden, wie es heute den Unterseebooten gelungen ist, das Wasser zu beherrschen. Wenn wir mittels eines geschlossenen Korbes den „Ballons sondes“ folgen und deren Ergebnisse kontrollieren könnten, so würde dies ein neues Beweismittel der Leistungsfähigkeit des Menschengestirns, die letzte praktische Konsequenz aus der Sauerstofftheorie sein. — Ich zweifle nicht, daß bei dem großartigen Aufschwunge, welchen die Luftschiffahrt in Deutschland genommen und als deren Ergebnis ja diese Ausstellung aufzufassen ist, die Realisierung eines Projektes wie des genannten kaum auf Schwierigkeiten stoßen kann und Deutschland seinen, unter der steten werktätigen Förderung Seiner Majestät des Kaisers gewonnenen Höhenrekord halten wird. Aber abgesehen hiervon wären durch solche Hochflüge

manche wichtigen Fragen, wie jene über die *Thermodynamik* höherer Schichten (Inversionsfrage), die *Lichtintensität* (direkte Strahlung und diffuses Licht) u. a. einer weiteren Lösung zuzuführen. Es würde für den Schreiber dieses eine besondere Genugtuung bedeuten, wenn sein bescheidener Appell als fruchtbringende Anregung in der gedachten Richtung wirken würde¹⁾. — Vielleicht findet sich ein Mäzen auch für dieses Unternehmen, der die Mittel zur Konstruktion des geplanten Aluminiumkorbes widmen und den alten, ruhmgekrönten Ballon „Preußen“ oder einen anderen Tragkörper ähnlicher Dimensionen für den gedachten Zweck aktivieren würde.

Literatur.

Bezüglich der in diesem Aufsätze benutzten *Literatur* verweise ich auf das Verzeichnis, welches ich meinem Buche „Hygiene der Aeronautik“, Grethlein & Co., Leipzig 1908, beigegeben habe. Von neuesten Arbeiten, die sich auf das *physiologische* und *wissenschaftliche* Studium der hohen Luftschichten beziehen, sowie von *aeronautischen* Werken führe ich noch die folgenden an:

Medizinische Abhandlungen.

- Bohr, Ch., Der respiratorische Prozeß bei verschiedenem Partialdrucke des Sauerstoffes und der Kohlensäure in der umgebenden Atmosphäre, Nagel's Handbuch der Physiologie, Bd. 1, S. 209, 1909.
- Douglas, C. G., und Haldane, J. S., The Regulation of normal breathing, Journal of physiology, Vol. XXXVIII, Nr. 5, 1909.
- Durig, A., Physiologische Ergebnisse der im Jahre 1906 durchgeführten Monte-Rosa-Expedition, Denkschriften der K. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. LXXXVI.
- Flemming, Das Kapitel „Der Arzt im Ballon“ in „Wir Luftschiffer“ von Bröckelmann, Berlin, Ullstein & Co., 1908, S. 172—187.
- Flemming, Physiologische und physikalische Messungen und Beobachtungen bei einer Hochfahrt. Illustrierte aeronautische Mitteilungen, Bd. XIII, H. 23, S. 1019, 1909.
- Hahn, M., Die Bestimmung und meteorologische Verwertung der Keimzahl in den höheren Luftschichten. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. 51, H. 2, S. 97, 1909.
- Kuß, M. G., Recherches expérimentales sur le Mode d'action des Cures d'Altitude, Bulletin médical vom 2. Juni 1909, Annal. de l'Observatoire du Mont-Blanc, Tome VII.
- Mosso, A., Lavori fisiologici sul Monte-Rosa, Jahrg. 1908—1909.
- Neisser, M., Luftschiffahrt und Hygiene. „Ila-Wochen-Rundschau“ (s. u.) H. 5, S. 92, 1909.
- Puetter, Die Entwicklung des Tierfluges. Ibidem, H. 7, S. 123, 1909.
- Samec, M., Zur Kenntnis der Lichtintensitäten in großen Seehöhen. Sitzungsber. der K. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. 116, Abt. 1, Juni 1907 und Bd. 117, Abt. 1, Juni 1908.
- Soubiez, J., Physiologie de l'aéronaute, Paris, G. Steinheil, 1907.
- Werner-Bleines, Sauerstoff- und Atmungsapparaturen für Luftschiffer. Illustrierte aeronautische Mitteilungen, Bd. XIII, H. 20 und 21, S. 900 und 1029, 1909.
- Workman, W. H., Some altitude effects at camps above twenty thousand feet, Appalachia, Vol. XI, H. 4, S. 350, 1908.
- Zuntz, N., Beobachtungen zur Wirkung des Höhenklimas. Sitzungsber. der Berliner Physiologischen Gesellschaft vom 19. Februar 1909; s. medizinische Klinik, Nr. 12, 1909.

¹⁾ Ich darf mir hier die Bemerkung gestatten, daß wir uns mittlerweile mit Dr. Franz Linke vereinigt haben, um — hoffentlich in nicht allzu ferner Zeit — gemeinsam das geplante Unternehmen durchzuführen.

Meteorologische und aeronautische Publikationen.

- Assmann, R., Beiträge zur Erforschung der Atmosphäre mittels des Luftballons, Berlin, Mayer und Müller, 1900.
- Assmann R., Ergebnisse der Arbeiten am Kgl. aeronautischen Observatorium im Jahre 1908. IV. Bd., Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1909.
- Blanchet, G., Le Vademecum de l'aéronaute, Paris, Librairie Aéronautique, 1907.
- Erdmann, H., Die chemischen Grundlagen der Luftschiffahrt. Illustrierte aeronautische Mitteilungen Bd. XIII, H. 6 u. 8, S. 224 bezw. 312, 1909.
- Guyer, G. A., Im Ballon über die Jungfrau nach Italien, Berlin, Braunbeck & Gutenberg, 1909.
- Hildebrandt A., Luftschiffahrt 2. Auflage, München, R. Oldenbourg, 1909.
- Lanchester, F. W., Aerodynamics and Aerodnetics, London, Archibald, Constable and Co., 1907—08.
- „Ila-Wochen-Rundschau“, Offizielles Organ der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung, H. 1—17. Béjeuhr, P., Frankfurt a. M., Kumpf und Reis, 1909.
- Linke, Fr., Die Luftschiffahrt von Montgolfier bis Graf Zeppelin, Berlin, A. Schall, 1909.
- Moedebeck, W. L., Fliegende Menschen, Berlin, Otto Salle, 1909.
- Poeschel, L., Luftreisen, Leipzig, F. W. Grunow, 1909.
- Rotch Lawrence, A., The conquest of the air, New York, Moffat, Yard and Co., 1909.
- Rumpler, E., Die Flugmaschine, Berlin, Braunbeck & Gutenberg, 1909.
- Silberer, V., Grundzüge der praktischen Luftschiffahrt, Berlin, R. K. Schmidt & Co., 1909.

XVII. Schichtbildungen in der Atmosphäre.

Von

Professor Dr. **R. Süring** - Potsdam.

Ehe ich auf mein Thema „Schichtbildungen in der Atmosphäre“ eingehe, wird es gut sein, einige Worte zur Erläuterung seines Zusammenhangs mit der Aeronautik voranzuschicken.

In ganz allgemeiner Ausdrucksweise pflegt man zuweilen den Luftballon mit dem Segelschiff zu vergleichen: so wie ersterer in der Luft, schwimmt das Schiff im Wasser. Offenbar läßt sich diese Analogie nicht weit verfolgen, denn das Segelschiff befindet sich in der Grenzfläche zweier Medien — die Fortbewegungskräfte entnimmt es der Energie der Luft, seine drehenden Kräfte und seine Stabilität der Energie des Wassers; der Ballon dagegen ist fast immer ganz mit einem Medium von derselben Dichte umgeben. Der Vergleich des Ballons mit dem Unterseeboot trifft daher schon besser zu, aber er schießt wiederum etwas über das Ziel nach der andern Seite hinaus; denn es gibt tatsächlich atmosphärische Zustände, bei denen der Ballon wesentlich günstiger gestellt ist als ein Unterseeboot. Dies tritt z. B. ein, wenn die Luftmassen nicht gut durcheinander gemischt sind, sondern wenn Schichten mit erheblich verschiedener Temperatur oder Feuchtigkeit übereinander lagern; dann schwimmt der Ballon wirklich. Ist man etwa an einem schönen klaren Spätsommertage aufgestiegen, und landet man gegen Abend, wenn sich Nebel über der Landschaft ausgebreitet haben, dann kann man einen recht raschen Abstieg wagen, ohne einen harten Aufprall auf die Erde befürchten zu müssen; man kann sich mit großer Sicherheit darauf verlassen, daß der Ballon von der Nebelbank abgefangen wird und auf ihr weiterschwimmt.

Der Luftschiffer hat also ein unmittelbares Interesse an der Kenntnis solcher Schichtbildungen. Für jeden Aeronauten, gleichgültig, ob er im Kugelballon oder im Motorluftschiff sitzt, hängt viel davon ab, daß er sein Luftschiff im Gleichgewicht hält; und wenn es ihm darauf ankommt, eine möglichst lange Fahrt zu machen, wird er bestrebt sein, dies mit wenig Ballast und Ventilziehen zu erreichen. Dazu braucht er stabile atmosphärische Verhältnisse, und diese findet er dort, wo in weiter horizontaler Erstreckung einheitliche Zustände der Atmosphäre herrschen. Auf der andern Seite liegt aber auch dem Meteorologen daran, von den Aeronauten recht viele Einzelheiten über diese Schichtbildungen zu erfahren, denn sie sind für den Aufbau der ganzen Atmosphäre von großer Wichtigkeit. Die verhältnismäßig hohe Temperatur der untern Luftmassen und die Abnahme der

Temperatur nach oben pflegt man kurz dadurch zu erklären, daß die hellen (kurzwelligen) Strahlen des Sonnenlichts die Atmosphäre glatt durchdringen und zum Boden gelangen; daß dagegen die vom Boden zurückgeworfenen dunklen (langwelligen) Strahlen größtenteils von der Atmosphäre absorbiert werden. Die Atmosphäre soll hiernach wie das Glasfenster eines Treibhauses wirken. Gegen die „Treibhaustheorie“ in dieser Allgemeinheit sind mit Recht Einwendungen erhoben; die Vorstellung wird jedoch schon wesentlich klarer, wenn man berücksichtigt, daß die Atmosphäre verschiedene solcher „Treibhausfenster“ in Gestalt verschieden hoher Wolken- und Dunstschichten zur Verfügung hat, so daß der Prozeß der Wärme-Ein- und Ausstrahlung vielfach stufenförmig zerlegt wird. Auch der Luftaustausch zwischen den Gebieten schlechten und schönen Wetters, zwischen den Depressionen und Antizyklonen, wird durch diese Schichtbildungen wesentlich beeinflusst. Die schematische Darstellung, daß die Luft in den Depressionen aufsteigt und dabei zu Wolkenbildungen und Regen führt, um in den Hochdruckgebieten als warme, trockene Luft herabzusteigen, muß in der Regel doch wesentlich erweitert werden, um der Wirklichkeit zu entsprechen. Dieser Austausch geht gleichfalls stufenweise vor sich. Die Luft macht gewissermaßen Ruhepausen auf ihrem Wege von unten nach oben und umgekehrt, und diese „Stationen“ werden uns vielfach durch die Wolkenschichten angezeigt. Es lohnt sich also wohl, diese Schichtbildungen zu beachten.

Lassen Sie uns nun, um einen Einblick in die tatsächlichen Verhältnisse zu gewinnen, heute abend in Gedanken zwei Reisen ausführen; zunächst eine Fahrt im Freiballon bis in die höchsten den Menschen zugänglichen Höhen, wobei wir uns in den uns interessierenden Regionen länger aufhalten, und alsdann eine zweite Reise, welche Ihnen in Lichtbildern die als Wolken sichtbaren Schichten zeigt.

Wenn wir bei unserer imaginären Ballonfahrt von der Entfernung in der Horizontalen absehen, sondern annehmen, wir stiegen senkrecht nach oben, so haben wir es allerdings nur mit einer sehr kurzen Reise zu tun, denn schon in 10—11 km Höhe — also etwa einem horizontalen Abstände in der Luftlinie von Frankfurt bis Homburg oder bis zum Feldberge entsprechend — sind unsere Kräfte erschöpft, und wir sind gezwungen umzukehren; wir können dann unsere unbemannten, nur mit selbstschreibenden Instrumenten versehenen Gummiballons noch wesentlich höher treiben — die bisher erreichte Maximalhöhe ist 28 km —; aber wir brauchen dieses Hilfsmittel für unsere Betrachtungen nicht, denn zufällig liegt durchschnittlich in 11 km Höhe die untere Grenze der letzten uns interessierenden Schichten. Hier ist der Teil der Atmosphäre, wo das Spiel von Wind und Wolken den Wechsel der Witterungserscheinungen hervorruft, gleichsam wie mit einem Deckel abgeschlossen. Was darüber liegt, beteiligt sich nicht an den Witterungsänderungen, die wir hier unten spüren.

Für unsere kurze Ballonreise wählen wir einen ruhigen, heiteren Spätsommertag. Nachdem wir uns an die ungewohnte Perspektive von oben, besonders an die starke Verkürzung aller Vertikaldimensionen gewöhnt haben, wollen wir einen Rundblick und die Weite der Aussicht genießen — bei der Erhebung von 100 auf 500 m wächst die Sehweite theoretisch von 36 auf 80 km, die überschaute Fläche von 4000 auf 20 000 qkm —, aber wir erleben die erste Enttäuschung: eine recht

dichte, mißfarbene Dunstschicht verschleiert uns die Fernsicht. Der unten kaum merkbare, anscheinend fein zerteilte Dunst erweist sich als eine in 300—400 m Höhe nach oben scharf abgeschnittene Dunstschicht, am dichtesten natürlich über der Stadt, aber deutlich vorhanden auch über der freien Landschaft. Woraus besteht diese trockene Wolke? Zum größten Teil ist es mineralischer und toter organischer Staub, hauptsächlich sind es Kohlepartikelchen; außerdem finden sich hier noch Lebewesen, nämlich Bakterien (Spaltpilze), manchmal bis zu mehreren Tausend im Liter. Man kann also in dieser Region noch kaum von reiner Höhenluft sprechen, aber der scharf nach oben abgegrenzte Rand läßt schon vermuten, daß oberhalb der Schicht eine rapide Abnahme des Staubs stattfindet. Und in der Tat — während

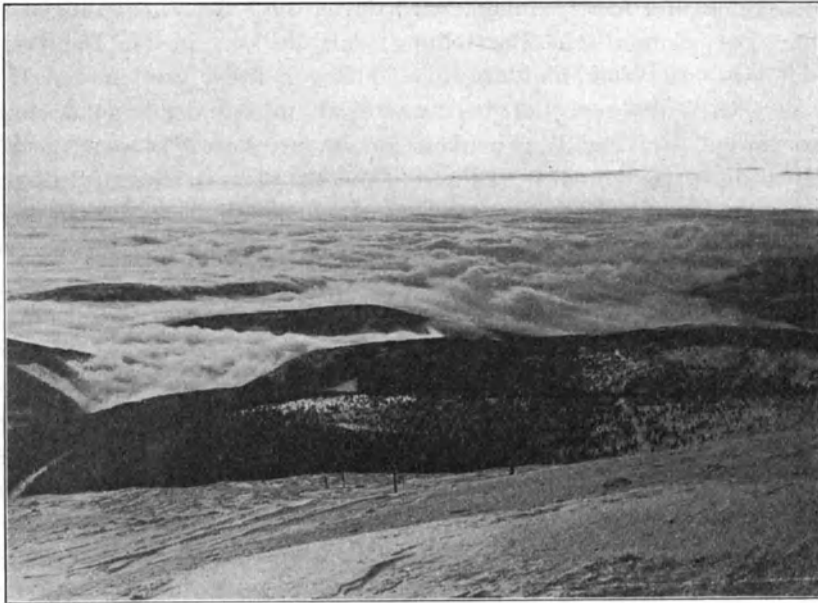


Fig. 1.

Nebelmeer im Riesengebirge (photogr. Aufnahme von Direktor Dr. Kuhfahl-Dresden).

unten in freier Landluft etwa 4—8 Millionen Staubpartikelchen in einem Liter Luft, in Großstädten sogar bis zu 25 Millionen vorkommen, sinkt der Betrag oberhalb der Dunstschicht auf 1 bis 2 Millionen, und der Gehalt an Bakterien geht von mehreren Tausend pro Liter auf wenige Hundert herab; wir haben also, in ganz runden Zahlen ausgedrückt, in 1000 m Höhe eine etwa zehnmal staub- und keimfreie Luft als unten.

Indem wir nun unser Luftschiff über diese Dunstschicht, die sich bei starker abendlicher Abkühlung und im Winter meist zu einer Nebelschicht (Fig. 1) umbildet, hinaustreiben, finden wir plötzlich auch ganz andere klimatische Verhältnisse vor. Ein kräftiger Wind — für unser Gefühl allerdings nur bei gleichzeitiger starker Winddrehung merkbar — führt uns mit sich fort, denn die Luftströmung war vorher durch Reibung an der rauhen Erdoberfläche und teils auch an der zähen

Dunstschicht stark gehemmt; nun aber nimmt ihre Geschwindigkeit so rasch zu, daß sie bei 1000 m Höhe durchschnittlich schon doppelt so groß ist wie am Boden. Weiter aufwärts bis zu etwa 3000 m wächst sie dann nur ganz langsam weiter an. Auch die Temperatur- und Feuchtigkeitszustände zeigen vielfach gestörte Verhältnisse. Durchschnittlich wird es oberhalb der Dunstschicht, besonders in der Nacht und im Winter, wärmer und trockner. Wenn wir uns des vorhin erwähnten Vergleichs unserer Atmosphäre mit einem Treibhaus mit verschiedenen Fenstern übereinander erinnern, so haben wir hier gewissermaßen das unterste Fenster passiert. Seine Beschaffenheit unterscheidet sich wesentlich von den oberen „Fenstern“, deren Bestandteile vorwiegend Wasserdampf in flüssiger oder fester Form sind; die unterste Schicht wird durch den großen Staubgehalt besonders zäh, und hindert dadurch sowohl den Luftaustausch zwischen oben und unten als auch die Wärmeübertragung durch Bewegung (Konvektion), kommt also der Wirkung eines wirklichen Fensters am nächsten. Das ist für den Führer eines Kugelballons besonders wichtig, denn die Schicht gleicht viele Unebenheiten des Geländes, z. B. kalte Täler, aus und ermöglicht große Ballastsparsnis; nur muß sich der Führer vor Löchern in dieser Schicht hüten, d. h. er muß rechtzeitig durch geringfügigen Ballastwurf den Ballon diese Lücken überspringen lassen. Die günstige Ausnutzung einer solchen Schicht bei einer vom Gelände der Frankfurter Internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung aus unternommenen Dauerfahrt hat Herr Professor P o e s c h e l in der Ausstellungszeitung vom 25. August beschrieben; er konnte 12 Stunden lang ohne Ballastwurf auf einer in ca. 200 m Höhe gelegenen Dunstschicht fahren.

Unerwartet gleichförmig entwickelt sich diese unterste Schichtbildung auch über dem Ozean bei hohem Luftdruck. Da hier humusartiger Staub nicht in Betracht kommt, wird die Schichtbildung vielleicht durch aufwärts geführte Salzteilchen begünstigt. Drachen- und Ballonaufstiege haben über das Vorkommen dieser Schicht bereits einiges Material geliefert; das auffälligste Beispiel bot jedoch die berühmte vorjährige Gordon-Bennett-Fahrt des Schweizer Obersten S c h a e c k, die 72 Stunden währte und nach Norwegen führte. Eine annähernd gleich lange Flugdauer ist noch nicht wieder erreicht worden — die nächsthöchste Zahl ist $52\frac{1}{2}$ Stunden ¹⁾ — und unbeschadet der größten Hochachtung vor der aeronautischen Leistung des Herrn S c h a e c k wird man doch annehmen müssen, daß die lange Flugdauer durch die atmosphärischen Verhältnisse, besonders die Strahlung über dem Wasser, begünstigt ist. Es würde mich zu weit führen, hier tiefer auf diese Fragen einzugehen; ich will jedoch nicht unerwähnt lassen, daß gerade der frühere Dozent an dem Frankfurter Physikalischen Verein, Herr Dr. K. W e g e n e r, durch Messungen der Temperatur des Ballongases und der daraus zu ziehenden Schlüsse über Strahlungsänderungen die Sachlage wesentlich geklärt hat ²⁾. Sammlung weiteren Materials seitens der Luftschiffer ist in deren eigenem Interesse dringend zu wünschen.

¹⁾ Inzwischen ist eine 70 stündige Fahrt von Riesa i. S. nach Radom (Rußland) gelungen.

²⁾ K. Wegener, Über die Temperatur des Gases im Freiballon. Beiträge zur Physik der freien Atmosph., III. Band, Heft 1 (1909), S. 39.

Wir haben uns bei diesen Betrachtungen in den ganz niedrigen Regionen etwas lange aufgehalten; wir wollen aber nun rascher höher steigen und kommen bei rund 1000 m in ein schönes, manchmal zauberhaft schönes Reich, in die Werkstätte unserer mächtig getürmten Haufen- oder Kumuluswolken. Die vom Boden und von der Dunstschicht aufsteigende warme Luft hat sich bei dieser Expansionsarbeit soweit abgekühlt, daß ihr Wasserdampfgehalt sich zu Tröpfchen kondensiert, und diese werden in die Höhe geführt, bis die Energie des aufsteigenden Stromes erschöpft ist, oder — was das häufigere ist — bis sie auf eine zweite Störungsschicht stoßen, die sie meist nicht zu durchdringen vermögen. Tun sie es doch, so trocknen sie in der darüber liegenden warmen Luftmasse bald auf, oder sie bilden sich zu Gewitterwolken um.

Würden wir die Fahrt bis zur oberen Grenze der Haufenwolken wirklich durchführen, so würden wir fast immer neben, nicht in diesen Haufenwolken emporsteigen, und der Neuling würde sich nachher, wenn er über der fast geschlossenen Decke angekommen ist, mit Recht darüber wundern, daß gerade wir in den Lücken dieser zahllosen Wolkensäulen emporgestiegen sind. Die Erklärung ist aber recht einfach. Wir kommen tatsächlich ziemlich häufig in die allererste Bildung einer Wolke hinein; ein ganz, ganz feiner Nebel umgibt uns, der Ballon wird hierbei etwas belastet, auch die verminderte Sonnenstrahlung und die dadurch bewirkte Abkühlung des Ballons machen ihn schwerer; er sinkt also etwas, kommt in eine andere meist ein klein wenig langsamere Luftströmung, und bis der Ballonführer den weiteren Fall durch Ballastwurf pariert hat, ist die neu gebildete Wolke längst weiter gezogen, und wir fahren hinter ihr her. Der Luftschiffer wird demnach auch diese Region mit großer Aufmerksamkeit durchfahren, wenn er Ballast sparen will. Geht er sehr schnell hindurch, so nutzt er nicht die Erwärmung durch die Sonne aus und überschreitet überdies zu rasch die warme, zum Schwimmen besonders geeignete Luftschicht oberhalb der Wolken; läßt er sich langsam emportreiben, so muß er auf Wolkenbildungen in nächster Nähe Acht geben.

Wie schon eben erwähnt, liegt oberhalb des Gebietes der leichten Haufenwolken in einer Höhe von rund 1500 bis 2000 m, jedoch je nach Jahreszeit und Wetterlage stark wechselnd, eine zweite ganz typische Schichtbildung. Aus einer feuchten, relativ kühlen Luftmasse treten wir in eine ganz trockene, warme Schicht mit wesentlich stärkerer Sonnenstrahlung, sehr geringem Staubgehalt und meist zunehmender Windstärke ein. Wir haben also ein zweites, höheres „Gewächshausfenster“ unserer Atmosphäre überschritten, wir haben die zweite Stabilitätszone erreicht, die auch für den Luftschiffer wichtig werden kann, wenn er Ballast sparen will, denn hier kommt er in der Regel ziemlich schnell vorwärts und wird nicht durch auf- und abwärts steigende Luftströme beunruhigt. Beobachtungen zeigen, daß diese Schicht auch nachts fast immer gut erhalten bleibt; trotzdem ist sie bei Luftschiffern nachts nicht beliebt; diese ziehen es meist vor, bis auf die untere Dunstschicht herabzugehen. Es fragt sich aber doch, ob nicht der in den späten Abendstunden allerdings etwas größere Ballastverbrauch — denn der Ballon darf nicht unter die Schicht gelangen — reichlich dadurch aufgewogen wird, daß der Ballon am nächsten Morgen besseres Gas und eine prallere Form hat als einer, der sich nachts dicht am Boden aufgehalten hat. Das Wesen dieser zweiten Schicht-

bildung — man pflegt dafür auch den Namen Inversionsschichten zu gebrauchen, weil sich die darunter beobachtete Temperaturabnahme mit der Höhe plötzlich in eine Erwärmung oder wenigstens in eine längere Zeit konstante Temperatur umkehrt — liegt darin, daß sie uns die Grenze anzeigt, bis zu welcher die durch die tagsüber zugestrahlte Wärme hervorgerufene aufsteigende Luftbewegung reicht. Es ist also gewissermaßen die Grenze, wo die durch den Unterschied von Tag und Nacht bedingten meteorologischen Einflüsse reichen. Die Schicht ändert daher auch ihre Höhenlage von Tag zu Tag; dauert mehrere Tage klares, ruhiges Wetter an, so



Fig. 2.

Haufenwolken mit darüber schwebender, hell glänzender Schichtwolke.

rückt sie nach aufwärts, oder es bilden sich auch mehrere Schichten übereinander aus. Ihr Vorhandensein kann man zuweilen direkt an den Haufenwolken, die von ihnen wie Halskrausen umgeben sind, oder als ganz zarte längliche Wolken über den Haufenwolken schweben, erkennen. Im allgemeinen wird man aus deren Auftreten noch nicht auf einen Umschwung der Witterung schließen können; ein bedrohliches Zeichen ist es jedoch, wenn sich solche zarten Wolkenschichten in mittlerer Höhe ohne vorangegangene Haufenwolkenbildung zeigen, oder wenn sie sich schon frühmorgens — also ehe die Bodenerwärmung bis in jene Höhen gelangt ist — als schmale Wolkenfahnen zeigen (Fig. 2), denn sie deuten an, daß hier die Kondensation nicht durch Ausdehnen der Luftmassen nach oben, sondern durch

seitlichen Lufttransport, d. h. durch horizontal hereinbrechende feuchte Strömungen entstanden ist. Die Art der Schichtbildung läßt sich also unter Umständen prognostisch verwerten, und hierin liegt auch der Sinn der am Vierwaldstätter See gebräuchlichen Wetterregel:

„Hat der Pilatus einen Hut, dann wird das Wetter gut;
 Hat er einen Kragen, dann kannst du's wagen;
 Hat er aber einen Degen, dann gibt es Regen.“

Die mittlere Zeile ist ziemlich farblos und bliebe wohl besser fort; der Unterschied zwischen dem „Hut“ als Kennzeichen der überwiegend vertikalen Bewegung und des „Degens“ als Kennzeichen des herannahenden und weit abwärts vorgedrungenen feuchten Stromes ist recht charakteristisch.

Mancherlei des eben Gesagten gilt auch für die nächst höhere Schicht; denn nachdem wir zwischen rund 2000 und 3500 m verhältnismäßig wenig Wolken und ziemlich stetige Feuchtigkeits- und Temperaturveränderungen angetroffen haben, finden wir hier wieder Wolkenbänke in größerer Häufigkeit und Menge und darüber von neuem einen scharfen Sprung in Temperatur, Feuchtigkeit und Wind. Am charakteristischsten ist hier die Drehung und meist auch Verstärkung des Windes. In dieser Schicht haben auch die letzten Reste des vom Boden aufsteigenden Wärmestromes ihr Ende gefunden, und der horizontale Luftaustausch zwischen den großen Luftdruckzentren, zwischen Maximum und Depression, kommt rein zur Geltung. Wahrscheinlich reicht auch die Rückstrahlung von der Erde meist nur bis hierher. Während die unteren Schichten vorwiegend thermischen Ursprungs waren, treten hier noch die mechanischen Kräfte des Windes hinzu, und es zeigt sich dies, wenn Wolken vorhanden sind, häufig an der typisch wellenförmigen Gestalt dieser Gebilde. Die Analogie mit Meereswellen oder noch besser mit den gerippten Sanddünen an der Küste ist bei diesen höheren Schäfchenwolken unverkennbar (vgl. Fig. 3). Die Beobachtung bei Ballonaufstiegen hat uns gelehrt, daß eine solche Sprungschicht vielfach auch ohne Wolkenbildung auftritt, und daß das Vorhandensein einer Schicht in dieser Höhe für die Fortdauer beständigen Wetters viel wichtiger ist als tiefer liegende Schichtbildung. Ist dieses „Treibhausfenster“ der Atmosphäre fortgezogen, dann kann der oberhalb von 4000 m rasch dahinfließende Strom geradezu eine saugende Wirkung auf die darunter befindlichen Luftmassen ausüben, kann zu starken Wolkenbildungen und zu Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts führen. Dies tritt z. B. am Rande von Depressionen ein, wo bei starken Südwestwinden in der Höhe immer neue Luftmassen hinaufgesogen und zur Abkühlung und Regenbildung gezwungen werden. Man spricht in solchen Fällen mit Vorliebe von den „vom Ozean kommenden feuchten Winden“; es ist aber wohl viel mehr die mechanische Energie dieser Winde, die erst über dem Lande die Hauptmasse der Niederschläge erzeugt. Nicht minder ausgesprochen sind die Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts, wenn nach einigen Tagen heißen Wetters verschiedenartige Luftmassen in dieser kritischen Zone ohne Trennungsschicht übereinander hinwegfließen. Durch starke Verdunstung am Boden wird die Luftfeuchtigkeit vergrößert, und werden die ohnehin schon kräftig entwickelten Haufenwolken nun noch durch die oberen Depressionswinde dynamisch in die Höhe getrieben, dann bilden sie sich zu Gewitterwolken um, büßen bei dieser übertriebenen

Arbeitsleistung ihren Wärmegehalt ein, werden also relativ zu ihrer Umgebung zu kalt und zu schwer, und stürzen schließlich unter elektrischen Entladungen als Gewitterbö wieder zur Erde herab.

Von Luftschiffen ist die Schichtbildung in 4000 m Höhe wenig ausgenutzt worden aus dem einfachen Grunde, weil bisher Sport- und Amateurluftschiffer selten Gelegenheit und Veranlassung gehabt haben, bis in diese Höhen emporzudringen. Den wissenschaftlichen Luftschiffen, den Aerologen, ist aber gerade diese Schicht am meisten aufgefallen und von ihnen als gute Stabilitätszone gewürdigt. In Zu-

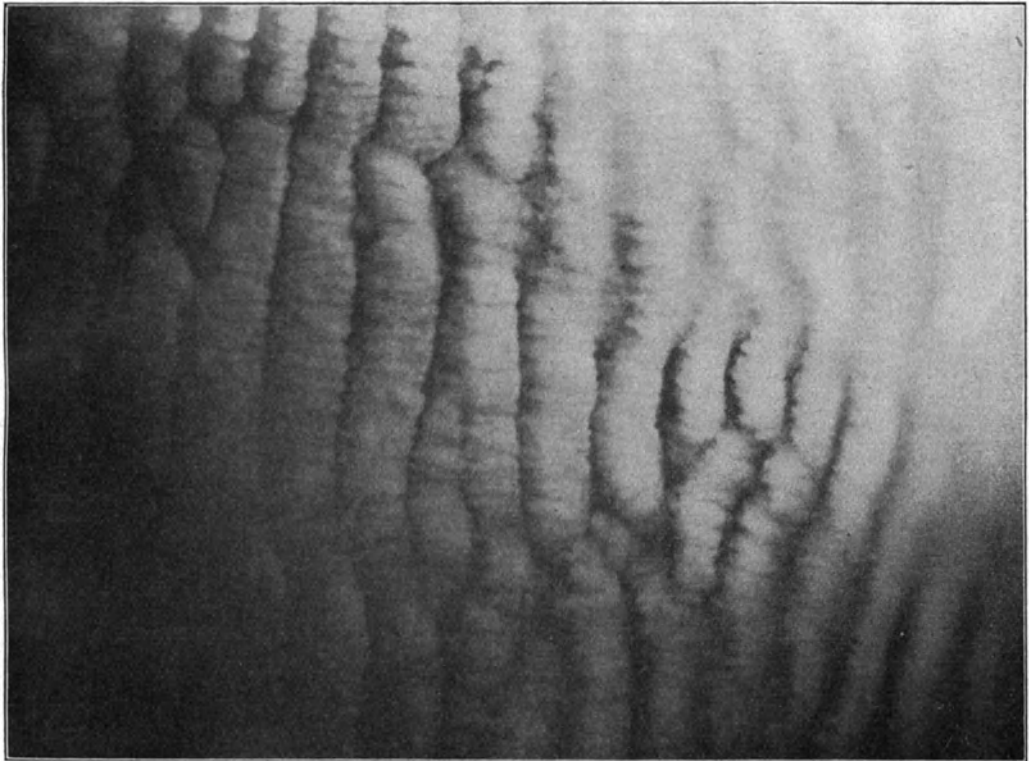


Fig. 3.

Wellenförmige Alto-Cumulus-Wolke im Zenit; Höhe etwa 4000 m.

kunft wird man sie auch bei Sportsfahrten mehr berücksichtigen müssen, denn die durch die Gordon-Bennett-Rennen veranlaßten großen Ballons von mehr als 2000 cbm Inhalt kommen leicht auf mehr als 4000 m, und bei Alpenfahrten muß man mit noch größeren Höhen rechnen. Bei der bevorstehenden Gordon-Bennett-Fahrt von Zürich wird man vielleicht — geeignetes Wetter vorausgesetzt — von der 4000-m-Schicht Gebrauch machen können, wenn man flotte Fahrt bei wenig Ballastverbrauch haben will.

Steigen wir nun noch über 4000 m hinaus, so empfinden wir zunächst die zunehmende Kälte unangenehm, nachdem wir uns längere Zeit in der relativ warmen 4000-m-Schicht aufgehalten haben, welche infolge starker Sonnen-Reflexion an

der hellen ebenen Wolkendecke geradezu das Gefühl wohltuender Wärme hervorruft. Die Temperatur nimmt von jetzt ab auch rasch nach oben ab; sie beträgt im Mittel in 5000 m Höhe nur -17° , in 7000 m -30° , in 10 000 m -50° . Desgleichen wird der Luftdruck allmählich so niedrig, daß er Atembeschwerden hervorruft, und daß wir künstlich den Lungen Sauerstoff zuführen müssen. In 5500 m Höhe steht das Barometer auf 380 mm, auf uns lastet also nur noch eine halbe Atmosphäre. Hier haben wir wirklich reine Luft, staubfrei und wasserdampfarm; die Wolken sind ganz feine Eiskristalle, seltener Schneeflocken, die sich zwar, von der Erde aus gesehen, recht scharf gegen den Himmel abheben, die aber in der Höhe selbst leicht übersehen werden. Die Feststellung von Schichtbildungen ist somit recht schwer; immerhin deuten die Wolkenmessungen darauf hin, daß auch hier die Atmosphäre bevorzugte Höhenstufen für Schichtbildungen in rund 6000, 8000 und 10 000 m hat. Anscheinend fehlen diese Schichten meist dann, wenn die unteren Schichten am besten entwickelt sind, also in Hochdruckgebieten, und sie sind am häufigsten an den Rändern von Depressionen, von denen sich einzelne Wolkenmassen stromartig ausbreiten. Hierzu gehören z. B. jene weißgrauen Wolkenschleier, welche meist den ganzen Himmel bedecken und die Sonne nur noch matt, in der Regel umgeben von einem farbigen Ringe, erkennen lassen. Als Witterungsanzeichen sind diese Gebilde gut zu verwenden; für den Luftschiffer sind sie ferner insofern von Bedeutung, als gerade bei diesem ganz gleichmäßigen weißlichen Himmel die „Treibhauswirkung“, die Vergrößerung der diffusen Strahlung außerordentlich stark ist, so daß sich das Ballongas ungewöhnlich stark über die umgebende Lufttemperatur erhöht, die Steigkraft des Ballons mithin ähnlich wie bei einer Montgolfiere vergrößert wird.

Von allgemeinerem Interesse sind die Wolken der nächst höheren Schicht, die Federwolken oder Cirren (Fig. 4). Über ihre Entstehung sind die Aichten noch geteilt, aber ihr Aussehen verrät uns wenigstens einiges über die Prozesse, die da oben vorgehen. So zeigen uns die geradlinigen, fein zerteilten Formen an, daß sie langsam abwärts sinken und sich dabei auflösen werden, während die aufwärts gekrümmten, schopfförmigen, etwas aufquellenden Gebilde auf Verstärkung der Wolkenmassen und Heranrücken der Depression hindeuten.

Oberhalb dieser Cirren tritt nun die merkwürdigste Erscheinung der Schichtbildungen, die sogenannte obere Inversion ein. Die Temperatur nimmt nicht weiter ab; es wird sogar in der Regel direkt wärmer, und diese warme Schicht dehnt sich kilometerweit nach oben fort — darin liegt der augenfälligste Unterschied gegen die tieferen Inversionen —; häufig geht auch bei Aufstiegen bis über 20 km die Temperatur nicht bis auf den Betrag herab, den sie in 10 km hatte. Hier wird der unsere Witterung bestimmende Teil der Atmosphäre mit einem Deckel warmer Luft abgeschlossen, der sich hebt und senkt, je nachdem er sich über einem Hochdruck- oder Tiefdruckgebiet befindet.

Vertikalbewegungen fehlen in dieser Inversionsschicht fast gänzlich; auch die Windgeschwindigkeit wird hier bei anscheinend regelloser Richtung erheblich schwächer als unten. Nach den Ergebnissen der letzten Expeditionen kann angenommen werden, daß sich diese Schicht in allen Breiten über der Erde

findet, und zwar dort am höchsten, wo die Kraft der Sonne den vertikalen Luftaustausch am meisten begünstigt, also in der Tropenzone. Unter 79° nördl. Breite wurde die obere Inversionsschicht schon in 7 km, dagegen über dem Viktoria-See im tropischen Afrika erst bei 17 bis 19 km Höhe gefunden. Der hierdurch begrenzte Teil der für die Witterungsvorgänge „wirksamen“ Atmosphäre hat demnach die Form eines an den Polen stark abgeplatteten Ellipsoids. Da sich in der Inversionsschicht die Temperatur nicht mehr stark ändert, so folgt daraus, daß es in den höchsten Atmosphärenschichten — von etwa 10 km an —

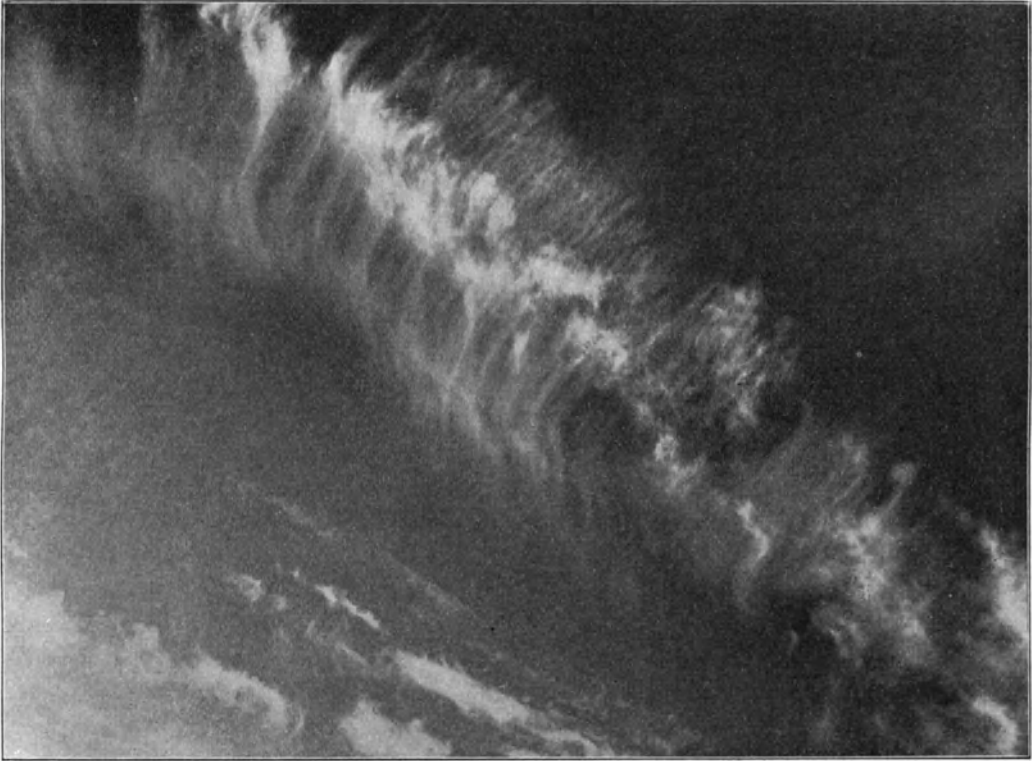


Fig. 4.

Federwolke (Cirrus); Höhe etwa 8000 m.

über dem Äquator am kältesten und an den Polen am wärmsten ist. In der Tat wurde über dem Viktoria-See in $19\frac{1}{2}$ km Höhe eine Temperatur von -84° registriert, während über Europa in gleicher Höhe nur durchschnittlich -60° herrschen.

Es möge hiermit unsere in Gedanken unternommene Ballonfahrt abgebrochen werden, und ich gehe nun dazu über, die angestellten Betrachtungen durch eine Reihe von Lichtbildern zu erläutern, welche die für die einzelnen Schichten charakteristischen Wolkenformen zeigen¹⁾. Die Bilder stammen größtenteils vom

¹⁾ Vier von den während des Vortrages vorgeführten Wolkenbildern sind hier beigefügt worden.

Potsdamer Meteorologischen Observatorium, die übrigen — landschaftlich und künstlerisch bei weitem schönsten — sind von Herrn Direktor Dr. K u h f a h l -Dresden bei Gelegenheit von Winterwanderungen im Riesengebirge aufgenommen worden.

Bei den vorhergegangenen Ausführungen sind durchweg verhältnismäßig einfache Fälle der Schichtbildung zugrunde gelegt; die Natur jedoch liebt es, sich in zahllosen Variationen zu zeigen, und es müssen die Übergänge wenigstens in Kürze angedeutet werden. In Gebieten hohen Druckes sind die Inversionsschichten unten am besten ausgeprägt: zwischen gut durchmischten Gebieten wo die Luft in kleinen Säulen aufsteigt und in breiterer Masse wieder absinkt, liegen horizontal ausgebreitet wärmere Luftpolster, und die vertikale Temperaturabnahme bis auf etwa 4000 m Höhe ist daher in ihrer Gesamtheit ziemlich gering. Je mehr man sich dem Depressionsgebiet nähert, desto mehr zerteilen sich diese Schichten in eine große Zahl unbedeutender Diskontinuitätsflächen von geringer horizontaler Ausdehnung, die meist nur an kleinen Temperaturstörungen erkennbar sind. In noch größerer Nähe der Depression hat entweder die Mischung infolge stärkerer Luftbewegung oder das Herabsteigen der Luft von oben nach unten schließlich auch die unterste Inversionsschicht beseitigt, und die Temperatur nimmt nun rasch nach oben ab. T e i s s e r e n c d e B o r t , der bekannte französische Aerologe, pflegte, als man anfing, die Temperaturverhältnisse der unteren Luftschichten systematisch mit Drachen zu erforschen, die daraus abzuleitende Prognose einfach in die Worte zu kleiden: „Oben kalt, Regenschirm“. Wie verwickelt aber schließlich im Einzelfalle die Erkenntnis des atmosphärischen Zustandes wird, sieht man daraus, daß man aus zwei bald nacheinander angestellten, anscheinend sich widersprechenden Beobachtungen — schnelle Temperaturzunahme nach oben und bald darauf schnelle Temperaturabnahme — die gleiche Vorhersage ableiten kann. Solange nämlich die Dunstschicht noch vorhanden ist, kann uns die sehr kräftige Entwicklung der Temperatursteigerung daselbst, also die Temperaturzunahme vom Boden aus, schon auf das Herannahen der Depression aufmerksam machen, während bald nachher, wenn die Dunstschicht bis auf den Boden herabgedrückt ist, die starke Temperaturabnahme nach oben zu demselben Schlusse führt.

Betrachten wir die Erscheinung der Schichtbildung in ihrer Gesamtheit, so kann kein Zweifel an ihrer gesetzmäßigen Verteilung in der Atmosphäre sein, denn sie zeigt sich auch bei der Zusammenfassung der meteorologischen Elemente zu Mittelwerten. Nachdem ein praktischer Arzt Dr. V e t t i n schon vor 20 Jahren die wenig beachtete Bemerkung gemacht hat, daß die Wolken mit Vorliebe in bestimmten Etagen der Atmosphäre auftreten, habe ich die Ausbildung solcher Schichten auch in den Ergebnissen der wissenschaftlichen Luftfahrten und bei der Bearbeitung der 1896/97 international ausgeführten Wolkenhöhenmessungen nachweisen können. Die Resultate sind in ihren wesentlichen Zügen — insbesondere die Temperatur- und Windstörungen in 1500 und 4000 m — erst kürzlich von Dr. A. W e g e n e r bei Bearbeitung der Drachenaufstiege auf seiner Expedition nach Ostgrönland und der Drachenaufstiege am Aeronautischen Observatorium in Lindenberg bestätigt und erweitert worden.

Die Erkenntnis dieser Gesetzmäßigkeit führt weiterhin zu der Frage ihrer Folgeerscheinungen für die atmosphärische Zirkulation, und da muß man bekennen,

worauf ich schon einleitend hinwies, daß die Schichtbildung die meisten Vorgänge dieser Zirkulation wesentlich leichter verständlich macht. Bedenken wir, daß die Höhe der für unser Wetter „wirksamen“ Atmosphäre 10 bis 11 km beträgt, während der horizontale Durchmesser einer gut ausgebildeten Zyklone auf etwa 2000 km zu veranschlagen ist, daß also die Zyklone etwa zweihundertmal so breit wie hoch ist, dann fällt es schwer, sich in einer so flachen Scheibe die Depressionen als trichterförmige Wirbel mit aufrecht stehender Achse vorzustellen, als Wirbel, die sich ähnlich wie Wasserhosen fortbewegen. Man wird vielmehr zu der Vorstellung gezwungen, daß wir uns in der Zyklone nur die Fortpflanzung einer Bewegungserscheinung vorzustellen haben — entfernt vergleichbar einer Wellenbewegung —, die sich auf der Vorderseite immer neu bildet und auf der Rückseite auflöst. Diese — in ihren großen Zügen durchaus nicht neue — Anschauung wird durch die Berücksichtigung des Zerteilens der Atmosphäre in einzelne Schichten geradezu erleichtert. Das Übereinanderfließen verschieden beschaffener und verschieden gerichteter Luftmassen mit eigenen Depressionen — dieser Vorgang ist durch Ballonfahrten direkt nachgewiesen worden — erklärt ungezwungen das Vorkommen sekundärer und tertiärer Depressionen bis herab zu den kleinsten selbständigen Witterungsstörungen in gebirgigem Gelände; es erklärt ferner das Zusammentreffen und Interferieren verschiedener Gewitterzüge und deren Verstärkung bei ihrem Zusammentreffen.

Auch für die jahreszeitlichen Verschiedenheiten in der Beständigkeit des Wetters sind die Schichtbildungen von größter Wichtigkeit. Die Schichten bilden sich unten dann am besten aus, wenn die Sonneneinstrahlung nicht allzu kräftig ist, also bei uns im Herbst und Winter. Dann sind die oberen Luftmassen relativ warm und die Schichten demgemäß ziemlich stabil. Bei dem Luftaustausch zwischen Maximum und Minimum tritt also die Wirkung der Bodenstrahlung und der durch sie hervorgerufenen aufwärts gerichteten Luftbewegung zurück gegen die dynamische, aspirierende Wirkung der rasch dahin ziehenden oberen Ströme. Die Folge ist, daß ein Einfluß der Geländeverschiedenheiten gar nicht oder nur in verschwindendem Maße bei dem Vorüberziehen der Depressionen erkennbar ist. Anders im Frühjahr und Sommer. Wenn auch der Witterungsunterschied benachbarter Gebiete meist weit unterschätzt wird und für Vorhersagen eine geringe Rolle spielt, so kann doch in Einzelfällen das Gelände wirksam werden, indem stellenweise Überhitzungen lokale Depressionen hervorbringen, welche die Inversionsschichten durchbrechen und dadurch auch die oberen Luftströmungen ablenken. Den extremen Fall finden wir in einigen Tropengegenden, wo ganz regelmäßig an jedem Nachmittag die erhitzten Luftteilchen so hoch getrieben werden, daß sie zu Platzregen und Gewittern werden. Wir können uns recht glücklich preisen, daß sich bei uns so häufig Schichtbildungen entwickeln, und daß sie uns vor so regelmäßigen Witterungsstörungen bewahren, wie sie in den Tropen vorkommen. Bei der Erörterung der für unser gemäßigttes Klima maßgebenden Faktoren sollte man daher auch der Schichtbildungen gedenken.

XVIII. Die Luftschiffahrt und die modernen Luftfahrzeuge.

Von

Diplom-Ingenieur **Ferdinand Graf v. Zeppelin jr.**-Friedrichshafen.

Nach den Grundprinzipien der Luftschiffahrt gibt es zwei Möglichkeiten, sich in der Luft schwebend zu erhalten, und zwar entweder durch Benützung des Auftriebes eines Gases oder durch Erzeugung eines aufwärts gerichteten Luftdruckes gegen Tragflächen. Mit technischen Ausdrücken nennt man die Wissenschaften, die sich mit diesen beiden Grundbedingungen beschäftigen, „Aerostatik“ und „Aerodynamik“.

Aerostatische Luftfahrzeuge sind demnach solche, welche Lasten mit Hilfe von Hohlkörpern heben, die mit einem gasförmigen Medium, leichter als die atmosphärische Luft, gefüllt sind (also Fahrzeuge, welche ein Gas in sich einschließen vom spez. Gewicht kleiner als 1, bezogen auf Luft von 0° C und 760 mm Druck).

Bei den aerodynamischen Luftfahrzeugen wird die Last ohne Ballon mittels Schrauben oder anderer mechanischen Vorrichtungen in willkürlicher Richtung durch die Luft getragen.

Begreiflicherweise sind die aerodynamischen Bestrebungen die ältesten; denn hier hatte der Mensch im Flug der Vögel stets die vollendetste Schöpfung vor Augen, und so spricht sich denn auch in zahlreichen Sagen seine Sehnsucht aus, den Vögeln gleich die Luft zu durchqueren und sich das Luftmeer ebenso untertan zu machen wie das Wasserreich.

Die bekanntesten solcher Legenden sind diejenigen von **Phrixos** und **Helle**, welche auf einem goldfließigen Widder über das Meer entflohen, und von **Ikarus**, welcher bei seinem Fluge der Sonne zu nahe kam und durch das Schmelzen des Wachses, das die Federn seiner Flügel zusammenhielt, den Tod fand.

Von den Chinesen wird behauptet, daß sie schon in früheren Zeiten **aerostatische** Luftfahrzeuge gebaut haben. In den Erzählungen eines französischen Missionars aus dem Jahre 1694 wird berichtet, daß bereits 1306 in Peking zur Feier der Thronbesteigung des Kaisers **Fo-Kien** ein Luftballon aufgestiegen sei.

Auch **Leonardo da Vinci** hat sich mit Flugproblemen beschäftigt, und seine Arbeiten auf diesem Gebiet zeugen von dem außerordentlichen Verständnis dieses großen Künstlers auch für technische Fragen.

Den **ersten nachweisbaren Flug** hat 1617 **Fauste Veranzio** in Venedig ausgeführt, indem er sich mittels eines sehr primitiven Fallschirmes von einem Turm herabließ.

Von hoher theoretischer Bedeutung ist endlich der Plan des *Cyrano de Bergerac*, Gefäße an seinen Körper zu binden und durch Erwärmung der darin enthaltenen Luft hochzufliegen.

Es liegt hierin bereits auch ein Anklang an die späteren Montgolfieren. Dies sind Papierballons, die ihren Namen von ihren Erfindern *Joseph* und *Stephan Montgolfier* erhalten haben und durch Erwärmung der in den Ballons enthaltenen Luft zum Steigen gebracht werden. Nach mehreren mißglückten Versuchen bauten die Brüder *Montgolfier* einen Ballon von 20 cbm Inhalt und erreichten mit diesem ca. 300 m Höhe. Damit war eigentlich das erste aerostatische Luftfahrzeug erfunden.

Einige Jahre später veranlaßte der Professor *Faujas de Saint-Fond* den Physiker *Charles*, einen Aerostaten herzustellen, und am 29. August 1783 kündeten Kanonenschüsse den Parisern an, daß dieses erste Luftfahrzeug vor ihren Toren aufsteigen werde.

So ist also trotz der ursprünglichen Bestrebungen der Menschen auf aerodynamischem Gebiet das aerostatische Luftfahrzeug vor dem aerodynamischen, der tragende Ballon vor der Flugmaschine erfunden worden.

Die weitere Entwicklung der Bau- und Fahrtechnik der aerostatischen Fahrzeuge nahm nun unaufhaltsam ihren Fortgang, und mit den Fortschritten, die auf dem Gebiet der Physik, der Technik sowie der Erforschung des Luftmeeres stetig gemacht wurden, verminderten sich auch die Gefahren der Ballonfahrt.

Allein solche Aerostate konnten die menschlichen Wünsche und Bedürfnisse auf die Dauer nicht voll befriedigen, war man doch mit diesen Fahrzeugen den jeweiligen Luftströmungen willenlos preisgegeben.

Kein Wunder also, daß der rastlose menschliche Geist nun auf Mittel und Wege sann, auch diese Beschränkung seiner Bewegungsfreiheit zu überwinden. Damit war man wieder vor die Frage gestellt, den freien Flug des Menschen mit Hilfe von Flugmaschinen zu erzielen, oder aber dadurch, daß man dem Ballon eine Eigenbewegung erteilte. Die Versuche, auf letzterem Wege zum Ziele zu gelangen, scheiterten anfänglich mangels ausreichender wissenschaftlicher Kenntnisse, vor allem aber aus Gründen der Unzulänglichkeit der angewandten Vorrichtungen und technischen Hilfsmittel, welche die Eigenbewegung erzeugen sollten. Natürlich hatten diese negativen Resultate andererseits zur Folge, daß die Anhänger der Flugmaschinentheorie mit um so größerem Eifer an die Verwirklichung ihrer Ideen gingen.

Der Gedanke, sich gleich dem Vogel mittels beweglicher Flügel durch die Luft zu tragen, war schon deshalb praktisch nicht ausführbar, weil die menschliche Kraft gar nicht ausreicht, um derart große Flügel zu bewegen, die den verhältnismäßig schweren menschlichen Körper emporzuheben vermöchten.

Auf einen anderen Weg wiesen dagegen die Beobachtungen, welche man mit leichten ebenen Flächen, sogenannten Drachen, machte, die bekanntlich emporsteigen, sobald sie in einer zur Horizontalen geneigten Lage bewegt oder in dieser Lage gegen eine genügend große Luftströmung gehalten werden, weil hierbei eine Winddruckkomponente nach oben, also gegen die Drachenfläche, entsteht. Die

Drachen sind, beiläufig bemerkt, in neuerer Zeit vielfach zur Erforschung der Atmosphäre benutzt worden, indem man an denselben Registrierinstrumente befestigt hat und sie mit letzteren aufsteigen ließ. Die meteorologische Station Lindenberg hat beispielsweise am 25. November 1905 einen Drachenaufstieg bis auf 6430 m Höhe erzielt.

In Anlehnung an diesen Drachenflug konstruierte man nun die verschiedensten Ebenen und schwach gekrümmten Tragflächen, sogenannte Aeroplane, versah sie mit Steuerflächen und, als die leichten Kleinmotoren erfunden waren, mit Propellern, wodurch die Eigenbewegung erzielt wurde. Man gab sich nun ohne weiteres der Illusion hin, mit diesen Flugmaschinen wirklich fliegen zu können, allein die vielen Abstürze, bei welchen so mancher Erfinder sein Leben einbüßte, wenn er sich mit seiner Flugmaschine nur in verhältnismäßig sehr geringe Höhe wagte, bewiesen deutlich genug, daß man sich vorerst einer Täuschung hingeeben hatte. Wenn auch in den letzten Jahren auf diesem Gebiet bedeutende Fortschritte gemacht und mancher große Erfolg erzielt worden ist, so kann doch auch gegenwärtig noch kaum von einem bestimmten Abschluß in der Entwicklung der Flugmaschine gesprochen werden. Ob es aber je gelingen wird, der Flugmaschine diejenige Tragfähigkeit zu verleihen, welche ihre allgemeinere Verwendung erst ermöglichen würde, ist zum mindesten noch fraglich.

Deshalb hat schließlich doch der Ballon mit Eigenbewegung, das eigentliche Luftschiff, im Wettstreit beider Flugsysteme bis jetzt den Sieg davongetragen und wird auch fernerhin zur Lösung größerer Aufgaben im Frieden wie im Kriege wohl allein in Frage kommen.

Das tragende Element dieser Fahrzeuge war ja bereits vorhanden. Wie aber sollte man nun dem Ballon eine genügende Eigenbewegung geben, ohne welche die Lenkbarkeit nicht möglich ist?

Durch die anfänglich negativen Resultate entmutigt, hatte man sich bereits daran gewöhnt, das Problem, einem Luftfahrzeug eine ausreichende Eigenbewegung zu erteilen, als eine Utopie zu betrachten und Männer, die sich trotzdem noch ernstlich mit der Lösung dieses Problems beschäftigten, für unverbesserliche Phantasten zu halten.

Allein die Versuche von Giffard 1852—55, Dupuy de Lôme 1872, Hänlein 1872—74 und vor allem Renard 1884 zeigten bereits, daß der hier beschrittene Weg zur Lösung des Problems der richtige war, wenn auch mit den damaligen Mitteln der Technik, insbesondere des Maschinenbaues, ein Motor-Luftschiff von genügender Leistungsfähigkeit noch nicht konstruiert werden konnte.

Legen wir uns die Frage vor, weshalb trotz langer eifriger Arbeit tüchtiger Ingenieure und Fachleute das Luftschiff sich nicht ähnlich seiner Schwester, dem Seeschiffe, entwickeln konnte, so ist eine Antwort hierauf unschwer zu finden.

Da ein Seedampfer nur verhältnismäßig geringe Strömungen zu überwinden hat, so ist ein solcher bei einer Eigenbewegung von 20 km pro Stunde den letzteren schon weit überlegen, während infolge der viel größeren Luftströmungen ein Luftschiff von 40 km Stundengeschwindigkeit gerade erst praktisch verwendbar ist.

Ein weiteres günstiges Moment für das Seeschiff ist das größere Gewicht des Wassers im Vergleich zu demjenigen der Luft und damit auch die bedeutend größere

Tragfähigkeit des flüssigen Elements. Ein Seeschiff kann deshalb sehr fest gebaut werden und Maschinen von tausenden von Pferdekraften zum Betrieb seiner Propeller aufnehmen, während ein gleichgroßes Luftschiff mit seiner bescheidenen Tragfähigkeit nur verhältnismäßig sehr schwache Maschinen für den Antrieb seiner Schrauben verwenden kann.

Nun wächst außerdem der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Eigengeschwindigkeit, also die erforderliche Maschinenkraft mit der dritten Potenz zur Eigenbewegung. Wollte man z. B. die Eigenbewegung des Renard'schen Luftschiffes „La France“, welches mit einem Motor von ca. 12 PS ungefähr 6 m/sec Geschwindigkeit entwickeln konnte, mit der doppelten Geschwindigkeit, also mit 12 m/sec fortbewegen, so hätte man dieses Luftschiff mit einem Motor von nicht doppelter, sondern 6 facher Leistung, also von 72 PS versehen müssen. Einen solchen Motor hätte aber dieses Luftschiff nicht zu tragen vermocht.

Schon an diesem Mißverhältnis der Tragfähigkeit von Luftschiffen und dem Gewicht sowie der Leistung der Motoren scheiterten daher auch alle Versuche bis an die neuere Zeit. Dank dem unaufhaltsamen Fortschritt der Technik, insbesondere des Kleinmotorenbaues, welcher, angeregt durch den Automobil-Sport, einen rapiden Aufschwung nahm, ist endlich das Problem der Motor-Luftschiffahrt in ein aussichtsreiches Stadium getreten, in dem es nun möglich ist, Motoren von 100 und mehr Pferdekraften in Luftschiffe einzubauen, ohne deren Dimensionen bis ins Ungemessene steigern zu müssen und hierdurch wiederum den Luftwiderstand zu vergrößern.

Mit dem Vorhandensein und dem Einbau von leichten und doch leistungsfähigen Motoren allein ist indessen das Problem noch lange nicht gelöst. Nachdem es gelungen war, Luftschiffen größere Eigenbewegung zu geben, zeigten sich neue, bisher noch gar nicht in Erscheinung getretene Schwierigkeiten, deren Überwindung neue Überlegungen und Versuche erforderten. Dazu trat noch die weit schwierigere Führung eines Luftschiffes im Vergleich zu derjenigen des Seeschiffes infolge der ungemein wechselvollen und komplizierten Vorgänge im Luftmeer und der ganzen physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre.

Die weiteren Grundforderungen, wie unbedingte, möglichst exakte Erhaltung der prallgefüllten Ballonhülle, die Sicherung der Stabilität auch in der Längsachse bei schneller Fahrt, die Erhaltung des Kurses sowie der Steuerfähigkeit nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Richtung, machten ganz besondere Organe und Anordnungen notwendig.

Endlich handelte es sich noch darum, eine günstige, den Verhältnissen möglichst Rechnung tragende Form der Ballonhülle zu finden. In Rücksicht auf den prozentualen Gasverlust durch Diffusion ist die Kugel die günstigste Form, weil sie bei kleinster Oberfläche den spezifisch größten Inhalt im Vergleich zu anderen Körperformen besitzt. Auch eignet sich diese Form bei einer einfachen Ballonhülle ohne starre Versteifungen am besten für die Belastung durch ein einzelnes und verhältnismäßig schweres Gewicht. Da aber bei einem Luftfahrzeug mit Eigenbewegung bei möglichst großem Gasvolumen dem Luftwiderstand ein tunlichst kleiner Querschnitt entgegengesetzt werden muß, so ist man zur Anwendung einer gestreckteren, mehr und mehr zylindrischen Form der Hülle übergegangen, nachdem

es durch Anwendung eines von dem französischen General Meusnier erfundenen Luftsackes, „Ballonett“ genannt, gelungen war, einen Überdruck im Innern der Ballonhülle künstlich zu erzeugen und so die Form der letzteren zu erhalten. Bekanntlich erleidet beim Sinken des Ballons das in der Hülle befindliche Gas eine Kontraktion, es nimmt ein kleineres Volumen ein, während umgekehrt beim Aufsteigen des Ballons eine Expansion (Ausdehnung) des Gases entsprechend dem abnehmenden äußeren Luftdruck eintritt. Diese Änderung des Gasvolumens wird nun durch entgegengesetzte Volumenänderung des Ballonetts ausgeglichen, indem letzterem mittels eines Ventilators Luft eingepumpt beziehungsweise Luft entzogen wird. Im allgemeinen wird die Größe des Ballonetts von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ des Totalvolumens der Gashülle ausreichen, falls man nicht größere Höhen als ca. 2500 m mit dem Fahrzeug erreichen will.

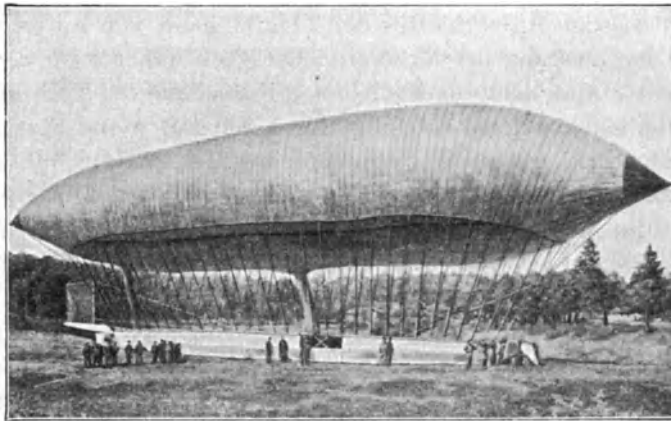


Fig. 1.

„La France“ von Renard und Krebs.

Von Bedeutung sind ferner die selbsttätig wirkenden Ventile des Ballonetts und des Gasraumes, welche den Zweck haben, ein Zerreißen der betreffenden Hüllen beim Entstehen eines zu großen inneren Überdruckes zu verhindern.

Damit sind die Grundzüge für die Konstruktion des nichtstarrten Luftschiffes oder, richtiger gesagt, des lenkbaren Ballons gegeben.

Zu dem Typ dieser nichtstarrten Fahrzeuge gehören die bereits erwähnten lenkbaren Ballons von Giffard, Dupuy de Lôme, Hänlein, der Gebrüder Tissandier, die „La France“ von Renard und Krebs (Fig. 1¹⁾), die Ballons von Santos Dumont und das Luftschiff des Majors von Parseval.

Der durch die Erfindung von Drachenballons, System Parseval-Sigsfeld, in Luftschifferkreisen schon früher bekannt gewordene bayrische Major von Parseval hat auch bei dem Entwurf seines Luftschiffes teilweise ganz eigenartige konstruktive Maßnahmen getroffen, die ich hier kurz erwähnen möchte.

¹⁾ Die Figuren 1, 6, 7 und 10 sind entnommen aus: Hildebrandt, Luftschiffahrt, 2. Aufl., München 1910.

Wie die Abbildung (Fig. 2) zeigt, hat die Ballonhülle dieses Fahrzeuges eine einfache zylindrische Form. Innerhalb derselben befindet sich am vorderen und hinteren Ende je ein Ballonett, die Gondel ist ziemlich tief unter dem Ballon derart aufgehängt, daß sie sich auch bei einer Schräglage der Ballonhülle stets lotrecht unter der Ballonmitte befindet. Die Einpressung der Luft in die Ballonetts geschieht mittels eines Ventilators. Diese Vorrichtung ist zugleich so ausgebildet, daß in das eine Ballonett Luft eingeführt werden kann, während gleichzeitig aus dem anderen Ballonett Luft ausströmt. Dadurch ändert sich der Auftrieb der beiden Ballonhälften. Wird die Hülle des Fahrzeuges dann mehr oder weniger schrägestellt, so entsteht eine Drachenwirkung, welche die Höhenlage des Fahrzeuges verändert. Das ist die eigenartige Höhensteuerung des P a r s e v a l'schen Ballons. Auch eine besondere Art von Schraube ist bei diesem Fahrzeug zur Anwendung gelangt.

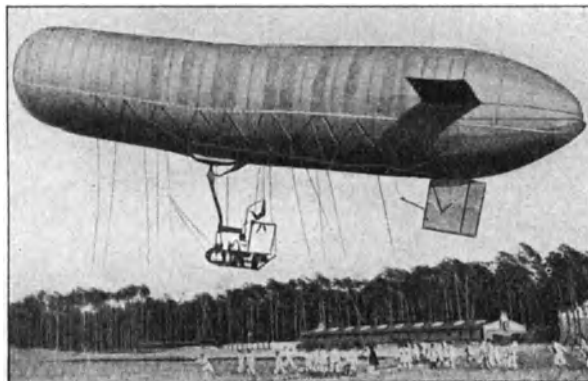


Fig. 2.

Parseval-Ballon. Abfahrt am 26. Juli 1906.

Die Flügel derselben hängen beim Stillstand schlaff herunter, stellen sich aber beim Betrieb infolge der zentrifugalen Kräfte auf und spannen sich.

In statischer Beziehung besitzen alle Ballonettfahrzeuge den schwerwiegenden Nachteil, daß durch die auftretenden Kräfte eine sofortige Deformation der Ballonhülle eintritt, sobald dieselbe aus irgendeiner Ursache durch inneren Überdruck der Gasfüllung nicht mehr steif erhalten werden kann. Eine solche Konstruktion birgt daher mancherlei Gefahren in sich, wie wir bei dem Vergleich der verschiedenen Systeme noch sehen werden.

Man hat diesen Übelstand schließlich auch erkannt und suchte ihn durch Anwendung eines starren Rahmens unter der Ballonhülle wenigstens zu verringern. So entstand in Frankreich ein neuer Typ, das h a l b s t a r r e M o t o r - L u f t - s c h i f f der Gebrüder L e b a u d y, erbaut von dem Ingenieur J u i l l o t. Dieser Typ zeigt schon Anfänge des Überganges zum starren System. Das erste Modell dieser Art wurde im Jahre 1902 fertiggestellt.

Es dürfte von Interesse sein, auf die Konstruktion des „L e b a u d y“ näher einzugehen, um so mehr als dieser Typ von der französischen Armee für ihre Kriegsluftschiffe angenommen worden ist.

Die äußere Form der Ballonhülle ist aus der Abbildung der Patrie (Fig. 5) ersichtlich. Ihre Längsachse ist 58 m lang, die Oberfläche beträgt 1300 qm, was bei der vorliegenden Form der Hülle einen Inhalt von 2666 cbm ergibt. Die untere

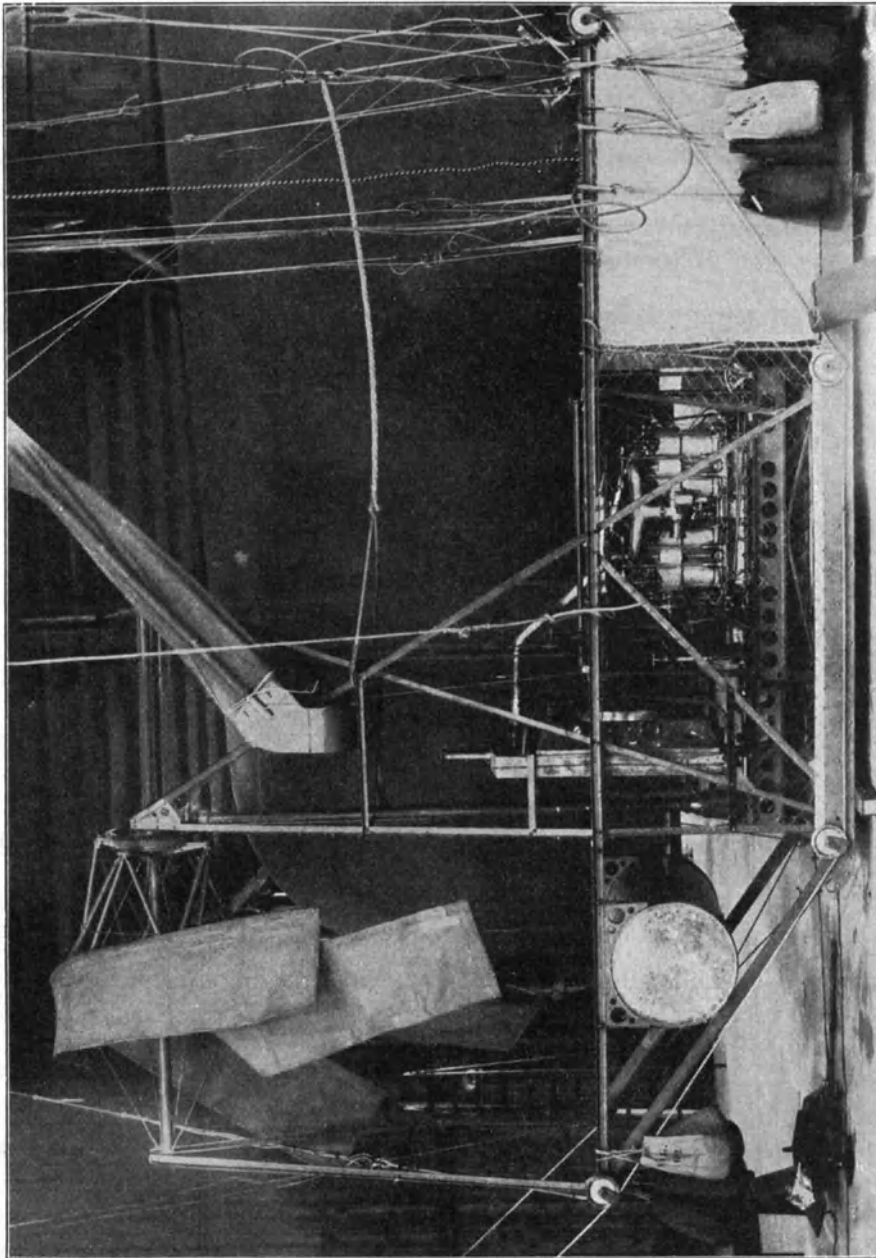


Fig. 3.
Parseval-Gondel mit ruhender Luftschraube.

Fläche der Ballonhülle ist teilweise direkt mit einem starren, versteiften Metallrahmen verbunden, unterhalb welchem die Gondel befestigt ist.

Zur Versteifung der ca. 3 m unter dem Rahmen befindlichen Gondel waren 5—6 mm dicke Stahldrähte verwendet worden. Die Gondel in Form eines Kahn

mit flachem Boden hatte eine Länge von 4,80 m, eine Breite von 1,60 m und eine Höhe von 1 m. Ihr Gerippe bestand aus Stahl, die Bekleidung aus dünnem Aluminiumblech. Zur Erhöhung ihrer Versteifung sowie zur Aufnahme des Stoßes bei der Landung hatte der Boden der Gondel eine Schutzvorrichtung aus Stahl-

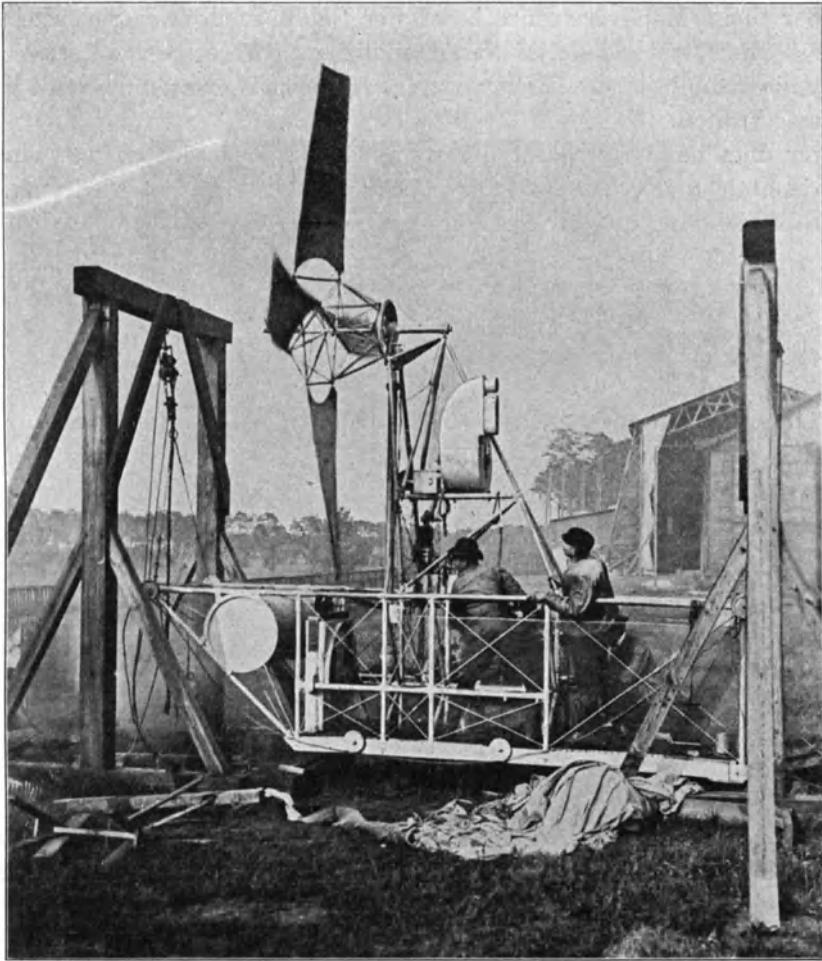


Fig. 4¹⁾.

Parseval-Gondel mit rotierender Schraube.

rohren in der Form einer mit der Spitze nach unten zeigenden Pyramide. In der Gondel war ein 40-PS.-Motor eingebaut, welcher je eine Schraube rechts und links der Gondel antrieb.

Der Motor machte im Maximum 1200 Touren pro Minute und verbrauchte 14 kg Benzin in der Stunde; 220 l konnten im ganzen mitgeführt werden.

¹⁾ Die Figuren 3—4 sind entnommen aus: v. Parseval, Motorballon und Flugmaschine, Wiesbaden 1909.

Das Ballonett bestand aus drei Teilen und hatte einen Gesamtvolumen von 500 cbm. Dessen Füllung erfolgte mittels eines Ventilators, der während der Fahrt durch den Motor, beim Stillstand dagegen durch eine kleine Dynamomaschine angetrieben wurde, welche ihren Betriebsstrom von einer Akkumulatorenbatterie erhielt.

Außer einem Manövrierventil besaß der Ballon noch zwei Sicherheitsventile, die unter 35 mm Druck das Gas austreten ließen.

Um die Stabilität des Ballons zu gewährleisten, waren verschiedene Vorkehrungen getroffen.

Unter dem bereits erwähnten festen Rahmen des Ballons war eine 98 qm große horizontale Fläche aus Seide gespannt, welche unter sich wieder einen senkrechten Stoffkiel von kleineren Abmessungen hatte.

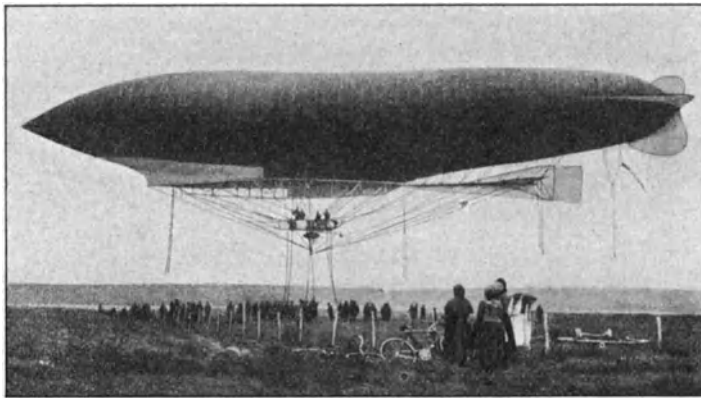


Fig. 5.

„La Patrie“.

Hinter der ersteren, aber noch vor dem beweglichen Höhensteuer befand sich eine keilförmige, im Querschnitt kreuzähnliche Vorrichtung aus horizontalen und vertikalen Flächen.

An der hinteren elliptischen Abrundung der Ballonhülle zog sich horizontal eine ca. 22 qm große Stoffbahn in Form eines Taubenschwanzes herum, welche in der Mitte durch eine kleine Vertikalfläche gekreuzt wurde.

Als Höhensteuer wurden zwei trapezförmige, parallel zu ihrer horizontalen Drehachse liegende Flächen verwendet, welche zusammen die Form eines offenen Keiles hatten, dessen Kante die Drehachse bildete.

Das Seitensteuer bestand aus einer drehbaren Vertikalfläche von 12 qm.

Wie allgemein bekannt sein dürfte, haben sich die französischen Luftschiffe vom Typ des Lebaudy recht gut bewährt und mehrere wohlgelungene Fahrten gemacht.

Als deutscher Vertreter des halbstarren Systems sei das Militär-Luftschiff erwähnt, das von einer Kommission des Luftschifferbataillons und dem Ingenieur Basebach entworfen und gebaut worden ist.

Während in Frankreich an dem Problem des lenkbaren Luftschiffes mit Eifer, aber vorerst geringem Erfolg weitergearbeitet wurde, gelang es endlich auch dem Grafen Ferdinand von Zeppelin, seine längst schon konzipierten Pläne für ein starres Luftschiff zu verwirklichen, nachdem ihm auch dank den Fortschritten der Technologie ein für seine Zwecke geeignetes Metall zur Verfügung stand.

Mit weitschauendem Blick die künftige Entwicklung des Luftschiffes voraussehend, hat er den kühnen Sprung gewagt, von dem früheren Typ des nichtstarren

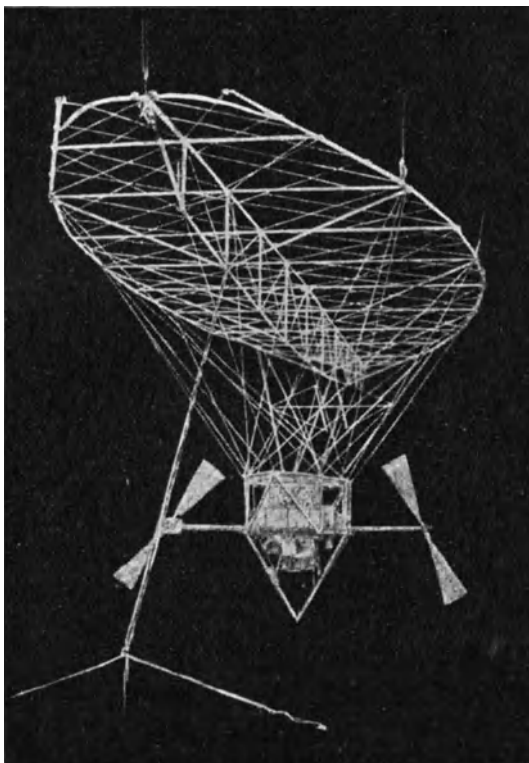


Fig. 6.

Gerippe und Gondel des Ballons von Lebaudy.

Luftfahrzeuges gleich auf das starre Luftschiff überzugehen. Am 2. Juli 1900 erhob sich sein erstes Fahrzeug in die Lüfte.

Es ist natürlich, daß die Konstruktion und Herstellung dieses ganz neuen Typs von Luftschiffen in allen Einzelheiten auf den ersten Wurf nicht vollkommen gelang, sondern vielmehr auch auf diesem neuen technischen Gebiet erst eine Reihe theoretischer und praktischer Erfahrungen und Kenntnisse durch Versuche gesammelt werden mußten, bevor ein in allen Einzelheiten brauchbares Fahrzeug dieser Art geschaffen werden konnte.

Mit Recht durfte aber Graf Zeppelin von der Richtigkeit seines Systems überzeugt sein, und er ließ sich daher auch weder von den teilweisen Mißerfolgen

noch durch sonstige Hindernisse sowie abfällige Urteile von Gelehrten, Fachleuten und Technikern entmutigen. Seiner rastlosen Tätigkeit und der treuen Mitarbeit seines gesamten Personals gelang es denn auch, in verhältnismäßig kurzer Zeit Fahrzeuge von großer Vollendung herzustellen. Der leitende Grundgedanke war von Anfang an der, Luftschiffe so zu bauen, daß sie ihre äußere Gestalt unabhängig von dem wechselnden Volumen der Gasfüllung stets beibehalten. Da alle bisher gebauten Zeppelin-Luftschiffe nach diesem Grundprinzip gebaut sind, so will ich an Hand des Fahrzeuges Modell 07, welches schon durch seine Fahrten vom 24. September bis 8. Oktober 1907 den praktischen Beweis für die Brauchbarkeit des starren Systems geliefert hat, eine allgemeine Darstellung der Konstruktion geben. Das Luftschiff hat die Gestalt eines langgestreckten Zylinders vom Querschnitt eines Sechzehnecks, welcher vorn und hinten mit ogivalen Spitzen versehen ist.

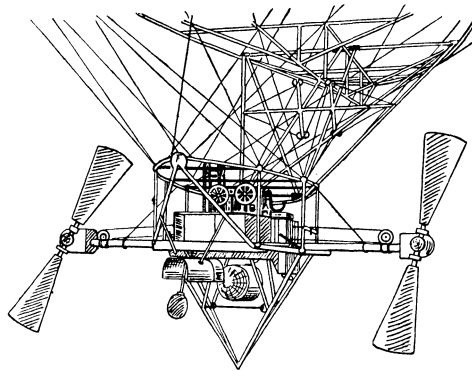


Fig. 7.

Gondel des Ballons von Lebaudy.

Diese Form wird unter allen Umständen erhalten durch ein starres Aluminiumgerippe von Längs- und Querträgern, welches von einer festen, wasserdichten Stoffhülle (Außenhaut) eingeschlossen ist. Jeder Längsträger bildet eine Kante (Mantellinie) des Zylinders und seiner Spitzen, während jeder Querträger, entsprechend dem Zylinderquerschnitt, die Form eines 16 eckigen Reifens besitzt. Die Längs- und Querträger sind in geeigneter Weise verspannt und bilden so einzelne Abteilungen zur Aufnahme je einer Ballonhülle. An die beiden untersten Längsträger ist zur Erhöhung der Festigkeit und Steifheit des Gesamtgerippes in der Längsrichtung eine weitere Trägerkonstruktion angefügt. Die Gesamtlänge des Gerippes und damit des Luftschiffes betrug bei dem Modell 07 128 m, der äußere Durchmesser 11,70 m, das Gasvolumen 11 400 cbm.

Innerhalb der erwähnten unteren Trägerkonstruktion ist ein Luftsteg angebracht, mittels welchem man von einer Gondel in die andere gelangen kann. Auch läuft hier auf Schienen ein verschiebbarer Aluminiumbehälter, sogen. Wagen, in welchem Reserveteile, Werkzeuge, Anker und dergl. untergebracht werden. Dieser Wagen ist an Stelle des früheren herabhängenden Laufgewichtes getreten, hat aber seit der Vervollkommnung des Höhensteuerapparates für die Manövrierung nicht mehr die Bedeutung wie das frühere Laufgewicht.

Die erwähnte untere prismatische Trägerkonstruktion ist in Rücksicht auf die Luftreibung ebenfalls von einer Stoffhülle eingeschlossen und damit auch jede Gefahr bei Benützung des erwähnten Laufsteges zum Übergang von einer Gondel in die andere beseitigt.

Das Luftschiff besitzt zwei Gondeln von 7,296 m Länge, 2,0 m Breite und 1,34 m Höhe. Sie sind ganz aus Aluminium gebaut und jeweils vertikal unter dem Auftriebsmittelpunkt einer jeden Luftschiffhälfte starr mit dem Gerippe verbunden. In der Führergondel befinden sich die Vorrichtungen zur Betätigung der Höhen- und Seitensteuer sowie des Laufwagens, die Ventilzüge der Ballons, die Züge der Wasserballastsäcke, der Maschinentelegraph, ferner Kompaß, Karten, Barograph, Stoskop und sonstige zur Navigation, zu Höhen- und Positions-Bestimmungen erforderliche Apparate.

In den Gondeln ist je ein vierzylindriger Daimlermotor untergebracht von 85 effektiven Pferdestärken. Der Benzinverbrauch pro Motor und Betriebsstunde beträgt 18 kg.

Jeder Motor treibt gleichzeitig 2 Propeller an. Diese sind jeweils rechts und links des Ballongerippes in Höhe des Luftwiderstand-Mittelpunktes des ganzen Luftschiffes angebracht in der Weise, daß die Lager der Propellerwellen (Achsen) mit dem Ballongerippe starr verbunden sind.

Zur Verhinderung von Schwankungen in der Längsachse sind an der hinteren Spitze des Ballongerippes, rechts und links derselben, je 2 radial nach außen stehende Stabilitätsflächen angebracht, zwischen denen die Seitensteuer eingebaut sind. Die aus je 3 Parallellflächen bestehenden 2 Seitensteuer können gemeinsam oder jedes für sich von der Führergondel aus betätigt werden.

Zum Zwecke einer rein dynamischen Veränderung der jeweiligen Höhenlage des Fahrzeuges sowie zur Erhaltung der gewünschten Höhenlage bei vertikal gerichteten Luftströmungen sind vier Höhensteuer vorhanden, von denen je zwei an dem vorderen und hinteren Ballonende angebracht sind, und zwar zu beiden Seiten derjenigen Querträger, an welche sich die Spitzen des zylindrischen Ballongerippes anschließen. Es können alle vier Steuer zugleich oder paarweise für sich gedreht werden. Jedes dieser Steuer besteht aus vier sich stets parallel bleibenden Flächen, welche in ihrer Mittelstellung horizontal liegen.

Ihre Wirkung beruht auf den gleichen Vorgängen, die das Steigen der erwähnten Drachen herbeiführen. Will man z. B. höher steigen, so genügt es, durch entsprechende Schrägstellung der vorderen Höhensteuer einen aufwärts gerichteten Luftdruck zu erzeugen, welcher somit das vordere Ballonende hebt, und da ferner infolge der Anordnung der Propeller der Druck derselben stets in der Widerstandsmittelebene in Richtung der Längsachse des Luftschiffes wirkt, so fährt letzteres in der ihm erteilten Höhenrichtung einfach weiter, gerade so wie ein Schiff in der ihm durch die Steuer gegebenen Seitenrichtung fortläuft.

Führt die Schrägfahrt in Höhen, wo das Luftschiff schwerer würde als die umgebende Luft, so beginnen die Unterflächen des Fahrzeuges wie Drachenflächen zu wirken, welche seiner Neigung, zu sinken, entgegenwirken. Das gleiche gilt analog für eine Abwärtsbewegung. Eine andere Art des Auf- und Abstieges kann durch entsprechend gleiche Neigung der vorderen und hinteren Höhensteuer erzielt werden,

in der Weise, daß am vorderen und hinteren Ballonende ein gleich großer und gleich gerichteter Luftdruck nach oben bzw. unten entsteht. Dann hebt oder senkt sich das Luftschiff ohne Änderung der Lage seiner Längsachse. Die tatsächliche Flugbahn ergibt sich dann als Resultante aus dem Druck der Propeller und dem Luftdruck auf die Höhensteuer.

Damit ist das Wesentlichste über die Konstruktion des starren Motor-Luftschiffes gesagt.

Das im Frühjahr 1908 fertiggestellte Modell Z. II weist in den konstruktiven Grundzügen keine wesentlichen Änderungen gegenüber dem eben besprochenen Modell Z. I 1907 auf. Die bei dem Modell Z. II ausgeführten Neuerungen waren eine Folge der von uns gemachten praktischen Erfahrungen, der neu hinzugekommenen

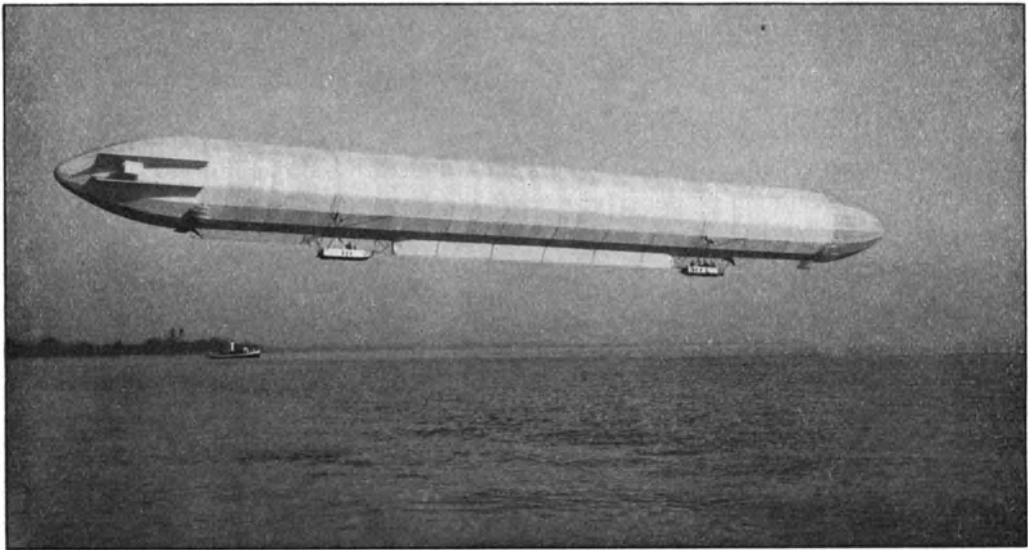


Fig.8.

Bedürfnisse und der erhöhten Anforderungen an die Tragkraft, Leistungsfähigkeit und Betriebssicherheit, die wir anstreben.

Demgemäß wurden dem Luftschiff statt 16 Abteilungen 17 gegeben und damit eine Gesamtlänge von 136 m erreicht, während der Durchmesser auf 13,0 m gebracht wurde. Das Gasvolumen erhöhte sich auf 15 000 cbm. Auch die Gondeln wurden wesentlich vergrößert und in jede derselben ein Motor von 110-PS eingebaut, so daß also eine Maschinenkraft von insgesamt 220-PS zur Verfügung stand. Als Reservesteuerung für die Navigation in der Horizontalen, also für Kursfahrten, wurde noch eine zweite Seitensteuerung in Form eines großen Heckruders analog wie bei den Seeschiffen an der hinteren Luftschiffspitze angebracht. Das Fahrzeug erhielt ferner zwei weitere Stabilitätsflächen, welche oben und unten an der hinteren Fahrzeugspitze vertikal gerichtet befestigt waren.

Das Luftschiff endlich, welches im Herbst des Jahres 1908 die bekannten Fahrten ausführte, ist nur eine teilweise Rekonstruktion des bereits besprochenen

Modells Z. I 1907, welches seinerzeit bei der durch einen orkanartigen Sturm verursachten Katastrophe der schwimmenden Reichshalle beschädigt wurde. Bei der Wiederherstellung des Fahrzeuges wurde diesem eine weitere Abteilung hinzugefügt, so daß nun auch dieses Modell 17 Abteilungen und eine Länge von 136 m besitzt. Der Durchmesser ist dagegen gleich geblieben, das Volumen auf 12 200 cbm gestiegen.

Es sei mir gestattet, noch einige Ergebnisse der erfolgreichen Fahrten dieser Luftschiffe einer Erörterung zu unterziehen.

Außer der schon mit dem Modell 1906 dieses Typs von Luftschiffen erwiesenen außerordentlichen Stabilität, der absolut ruhigen, sicheren Fahrt, der ausgezeichneten

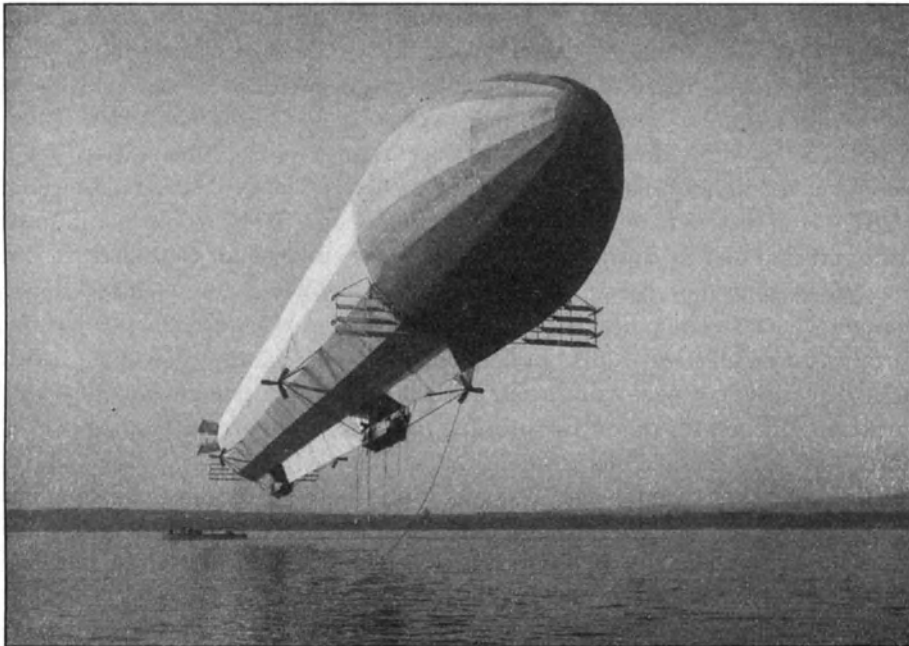


Fig. 9.

Steuerfähigkeit in seitlicher Richtung ist bei den letzten drei Fahrzeugen die neue Höhensteuervorrichtung besonders zu erwähnen, die sich bei allen Fahrten so ausgezeichnet bewährt hat.

Die Barographendiagramme, welche die Vertikalprojektionen der jeweiligen Flugbahnen darstellen, liefern einen schlagenden Beweis dafür, wie sicher man das Z e p p e l i n s c h e Luftschiff mittels seines Höhensteuerapparates auch in seinen Vertikalbewegungen in der Hand hat.

Das Luftschiff fährt auch bei vertikal gerichteten Luftströmungen so ruhig und folgt jedem Druck seiner Steuer so willig, daß man das Gefühl der unbedingten Sicherheit hat.

Den einwandfreiesten Beweis für die außerordentlich wirksamen Steuervorrichtungen der Z e p p e l i n s c h e n Luftschiffe hat die herrliche Fahrt über einen

Teil der Schweiz erbracht. Es war wunderbar, mit welcher Sicherheit sich das große Fahrzeug mittels seiner Steuerorgane teilweise bei beträchtlichem Gegenwind durch scharfe, enge Talwindungen arbeitete und dann wieder durch dynamische Wirkung der Höhensteuer beträchtliche Höhen und Pässe überflog.

Die Zeit liegt noch gar nicht weit zurück, in der die Ausführbarkeit von Landungen auf festem Boden mit großen starren Luftschiffen immer bezweifelt, ja oft direkt bestritten wurde. Allein die Landungen bei Echterdingen in Württemberg und Dingolfingen unweit Landshut, die beide ohne jede Vorbereitungen und bei teilweise schwerem Wind vollkommen sanft und ohne die geringste Havarie verliefen, wie auch die wiederholten Landungen in der Nähe des Bodensees haben so zwingend den Beweis von der gegenteiligen Tatsache erbracht und damit das einstige Vorurteil vernichtet, daß es ganz überflüssig erscheint, hierauf noch näher einzugehen.

Weiterhin entspricht die seinerzeit nach der Mainzer Fernfahrt da und dort aufgestellte Behauptung, daß wir infolge von Gasmangel bzw. zu großen Gasverlusten zu der Landung bei Echterdingen gezwungen waren, nicht den Tatsachen. Die Prallhöhe in der Nacht vom 4. und 5. August betrug unter den gegebenen Verhältnissen mehr als 1800 m. Wir sind ferner in dieser Nacht teils dynamisch mittels der Höhensteuer, teils durch Auftrieb auf eine Höhe von 1820 m gestiegen. Wer nun mit den hier in Betracht kommenden physikalischen Gesetzen vertraut ist, für den ist es auch ganz klar, daß wir unter den vorliegenden Umständen wegen Gasmangel weder zu einer Landung gezwungen waren noch für eine darauf folgende Weiterfahrt zu wenig Gas in den Ballons hatten. Die Landung erschien uns in Anbetracht des starken Gegenwindes nur rätlich wegen der erheblichen Beschädigung des vorderen Motors, für deren Beseitigung das erforderliche Material teilweise nicht an Bord war und auch nicht immer mitführbar ist.

Hier haben wir wieder die Tatsache vor Augen, daß die Maschinenkraft zu sehr reduziert ist, sobald einer der beiden Motore wegen Defekt längere Zeit ausschneiden muß und gleichzeitig starker Gegenwind vorhanden ist. Ist aber beispielsweise überhaupt nur ein Motor vorhanden, so wird das Luftschiff unter dem gleichen Vorkommnis einfach zu einem Freiballon von den denkbar ungünstigsten Bedingungen.

Will man also die Luftschiffahrt in großem Stil betreiben, so müssen die Fahrzeuge eine dritte Maschine mit zugehörigem Getriebe und Propeller als Reserve für eine der beiden durch irgendeinen Maschinendefekt zeitweise unbrauchbar gewordenen Betriebsmaschinen erhalten, oder es muß die Leistung jeder der beiden vorhandenen Maschinen wesentlich erhöht werden. Beide Möglichkeiten sind bei dem starren Luftschiff ohne Schwierigkeiten zu verwirklichen, doch gewährleistet der Einbau von drei getrennten Motoren mit zugehörigen Triebwerken eine noch höhere Betriebssicherheit, eine Betriebssicherheit, wie sie unter Berücksichtigung der sonstigen Vorteile des starren Luftschiffes mit einzelnen Gashüllen schwerlich noch übertroffen und jedenfalls von Fahrzeugen nichtstarren Systems nicht annähernd erreicht werden kann.

Auch die Geschwindigkeit wird sich durch Anwendung von drei Motoren und anderen Mitteln noch erhöhen lassen. Allein die Durchführung von Änderungen und Verbesserungen erfordert eben ihre Zeit, sie läßt sich sozusagen nicht übers

Knie brechen, weil jede Verbesserung oft erst auf Grund einer anderen ausführbar ist oder die vorherige Abänderung anderer Einrichtungen oder Konstruktionselemente erfordert.

Bezüglich unserer letzten Fernfahrt über Leipzig-Bitterfeld darf ich wohl auf unseren vom Reichsamt des Innern veröffentlichten Bericht verweisen. Daß es, wenn auch bei günstiger Wetterlage, möglich war, das Luftschiff trotz der schweren Havarie nach Verlust von fast vier Abteilungen, ohne Spitze, vorderes Höhensteuerpaar, ohne vorderen Motor und ohne Laufgewicht in seinem eigentlichen Element, der Luft, vollends nach Manzell zu fahren, ist fahrttechnisch eigentlich ein größerer Erfolg als die 38½ stündige Dauerfahrt. Denn der Fahrtdauer unter sonst normalen Verhältnissen ohne Zwischenlandung ist, falls Ablösungspersonal für die Besatzung nicht an Bord ist, durch die Überanstrengung der letzteren viel früher ein Ziel gesetzt als durch die Leistungsfähigkeit des Luftschiffes selbst. In der Tat war letztere durch die 38½ stündige Fahrt noch nicht erschöpft.

Für die Leistungsfähigkeit des starren Luftschiffes in bezug auf die Tragfähigkeit bei verschiedenen Jahreszeiten bzw. verschiedenen Lufttemperaturen, die ja von großem Einfluß sind, mögen folgende Daten ein Bild geben.

Es ergibt sich für die Schweizerfahrt von Z. II, 1. Juli 1908, folgende Zusammenstellung:

Luftschiffgewicht einschließlich Navigationsausrüstung	11620 kg
Belastung, bestehend aus Betriebsmaterial für 14 Motor-	
Doppelstunden	870 „
12 Personen	1020 „
Wasserballast	1270 „
Also Gesamtgewicht.	<u>14780 kg</u>

Der Barometerstand betrug bei der Abfahrt um 8 Uhr 26 Minuten morgens $b = 733$ mm, die Lufttemperatur $19,8^{\circ}\text{C}$, demnach der errechnete Auftrieb $A = 15690$ kg, also Überschuß $S = 910$ kg. Die maximale Lufttemperatur von $t = 25^{\circ}\text{C}$ hatten wir um 2 Uhr 40 Min. in 670 m Höhe absolut (bei Zürich).

Fahrt des rekonstruierten Z. I am 7. November 1908:

Luftschiffgewicht einschließlich Navigationsausrüstung	10910 kg
Belastung, bestehend aus Benzin für 13,7 Motor-Doppel-	
stunden	492 „
Öl für 16,7 Motor-Doppelstunden	100 „
Ersatzkühlwasser	105 „
9 Personen zu 80 kg	720 „
Wasserballast	1310 „
Also Gesamtgewicht.	<u>13637 kg</u>
Errechneter Auftrieb bei $b = 728$ mm B.-St. und 1°C	
Temperatur: $A =$	<u>13550 kg</u>
Also Überschuß an Auftrieb	$S = 87$ kg

Die größte Höhe der Flugbahn betrug 1040 m absol., die niedrigste Temperatur $t = -6^{\circ}\text{C}$.

Ich möchte endlich noch kurz auf irriige Anschauungen über das Verhalten von Luftfahrzeugen mit Eigenbewegung bei Fahrten in bewegter Luft bzw. Sturm eingehen. Man hat noch vor einigen Jahren vielfach der Anschauung begegnen können, daß die Vorgänge bei einem Luftschiff, welches eine Fahrt in bewegter Luft ausführt, ganz ähnliche oder die gleichen sind wie etwa bei einem gegen den Wind aufkreuzenden Segelschiff, daß also auch ein seitlicher Luftdruck auf das Luftschiff bei Vorhandensein von Wind auftritt. Das ist durchaus nicht der Fall. Es existiert ein solcher Seitendruck überhaupt nicht, und man wird daher selbst in dem heftigsten Sturm nicht den leisesten seitlichen Luftzug verspüren, wenn ersterer in irgendeinem Winkel quer zur Fahrtrichtung des Luftschiffes weht, weil dann das Fahrzeug zugleich mit der umgebenden Luft mit fortgeführt wird. Wir haben hier also genau den gleichen Fall, wie wenn wir beispielsweise mit einem Boot über einen Fluß rudern. Das Boot wird dann von der Flußströmung mitgenommen in der gleichen Richtung und mit der gleichen Geschwindigkeit dieser Wasserbewegung. Es kann also durch diese Bewegung des Bootes kein Wasserdruck auf eine Seitenwand des ersteren auftreten, was auch durch die Tatsache erwiesen ist, daß eine Stauung des Wassers an der der Stromrichtung zugekehrten Schiffswand nicht auftritt, wie solche beispielsweise an Brückenpfeilern zu beachten ist. Außer der erwähnten Bewegung in Richtung der Wasserbewegung erhält nun das Boot durch die Betätigung der Ruder eine zweite, sogenannte Eigenbewegung, und diese erzeugt naturgemäß allein einen Wasserwiderstand in dieser Fahrtrichtung auf die Spitze des Bootes. Setzen wir nun an Stelle des Bootes ein Luftschiff mit Eigenbewegung und statt des Wasserstromes den Wind, so haben wir analog den gleichen Fall wie den eben besprochenen. Wir erhalten daher für das Luftfahrzeug nur zwei Drucke, nämlich denjenigen, welcher durch Verdrängung einer Luftmenge seitens des Fahrzeuges von allen Seiten gleichmäßig auf das Luftschiff einwirkt und sich daher aufhebt bzw. durch den Gegendruck der Gasfüllung des Ballons ausgeglichen wird, und denjenigen Luftdruck, welcher in der Fahrtrichtung des Luftschiffes infolge seiner Eigenbewegung auf die Spitze des Fahrzeuges wirkt. Dieser letztere kann selbst bei einem der Fahrt entgegengesetzten Sturm naturgemäß nie größer werden als derjenige Luftdruck, welcher an sich bei der maximalen Eigengeschwindigkeit des Luftschiffes entsteht. Denn wenn das Fahrzeug direkt gegen den Wind fährt, dessen Geschwindigkeit größer ist als seine eigene maximale Fahrtgeschwindigkeit, so wird ersteres entsprechend zurückgetrieben. Ist dagegen beispielsweise die Fahrtgeschwindigkeit des Luftschiffes gleich der entgegengesetzten Windgeschwindigkeit, so bleibt das Fahrzeug genau auf dem gleichen Punkt in bezug auf die Erde stehen. Den letzteren Eventualitäten kann man aber meist dadurch entgehen, daß man sich in höhere oder tiefere Luftschichten begibt, in denen ein schwächerer oder gar kein Wind weht. Man wird sogar öfters in anderen Höhen Windrichtungen finden, welche mehr oder weniger in der beabsichtigten Fahrtrichtung wehen und daher nur förderlich sind.

Machen wir uns nun einmal klar, unter welchen Umständen und Grundbedingungen ganz allgemein ein Luftschiff die längste Fahrtdauer und damit auch den größten Aktionsradius erlangen wird, so kommen wir zu folgenden an ein wirklich leistungsfähiges Luftschiff zu stellenden Hauptforderungen:

1. Erhaltung der äußeren Form des Ballonkörpers unter allen Umständen, sowohl während der Fahrt wie auch beim Landen.

2. Unbedingte Betriebsfähigkeit in bezug auf die Eigenbewegung des Fahrzeuges innerhalb der durch das mitgeführte Quantum an Betriebsmaterial gegebenen Grenzen sowie hinsichtlich der Steuerfähigkeit und Stabilität des Luftschiffes.

3. Möglichst gute Erhaltung des Gaszustandes der Füllung und tunlichste Vermeidung von Gasverlusten durch Diffusion und Wärmestrahlung, soweit konstruktive Vorkehrungen dies eben ermöglichen.

4. Möglichst große Tragfähigkeit des Fahrzeuges.

Vergleicht man nun die drei Luftschiffotypen, d. h. das nichtstarre, halbstarre und starre System und ihre charakteristischen konstruktiven Anordnungen, so ergeben sich auf Grund der eben erwähnten Gesichtspunkte folgende Resultate:

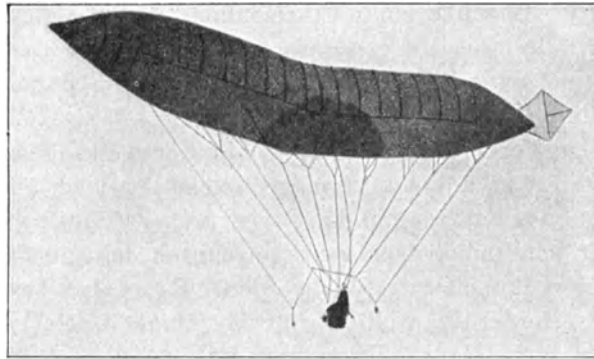


Fig. 10.

Luftschiff von Santos Dumont.

Wie schon erwähnt, muß bei allen Ballonettfahrzeugen, seien sie nichtstarr oder halbstarr, die äußere Form der Ballonhülle, durch inneren Überdruck erhalten werden. Letzterer muß wiederum künstlich mittels irgendeiner maschinellen Vorrichtung, beispielsweise durch den Ventilator, erzeugt werden. Wenn nun aus irgendeinem Grunde der Ventilator, dessen Antriebsmaschine oder sonst ein Teil der betreffenden Vorrichtung versagt oder gar für einige Zeit gebrauchsunfähig wird, so ist die Form der Hülle nicht mehr zu erhalten, und man ist dann mit diesen Fahrzeugen zu einer Landung genötigt, gleichviel ob eine solche in Rücksicht auf die sonstigen Umstände ratsam ist oder nicht. Was aber eine erzwungene Landung zur Folge haben muß, wenn sich beispielsweise ein solches Luftschiff über einer größeren Wasserfläche oder felsigem Gebirge befindet, oder bei Sturm, Nacht oder Nebel u. dergl. eine Landung notwendig wird, das ist unschwer auszudenken. Bei dem nichtstarr System ist ein Versagen der Vorrichtung zur Erhaltung der Hüllenform noch viel bedenklicher. Ich erinnere hier an den Absturz des Luftschiffes von Santos Dumont am 11. Mai 1899. Dieser erfolgte, weil der Ventilator der durch starke Abkühlung hervorgerufenen Volumenverminderung des Gases nicht genügend entgegenwirken konnte, ein Umstand, der auch im Laufe der letzten Jahre Ballonett-Luftschiffe steuerlos gemacht hat.

Bei dem starren Luftschiff dagegen sind solche Möglichkeiten von vornherein ausgeschlossen, weil die Form des Tragkörpers, der die Einzelballons enthält, durch das starre Gerippe und die Außenhülle unter allen Umständen, also unabhängig von der jeweiligen Füllung der Ballons bzw. der Betriebsfähigkeit einer maschinellen Vorrichtung, erhalten wird.

Es ist ferner nicht schwer, sich zu vergegenwärtigen, welche Folgen eine aus irgendwelchen Ursachen entstehende Beschädigung der Gashülle oder der Ballonets der nicht starren und halbstarren Luftfahrzeuge bei ihrer Fahrt haben wird.

Auch in diesem Falle ist das Luftschiff des Grafen v o n Z e p p e l i n den anderen Fahrzeugen überlegen, weil es nicht eine einzige Gashülle und gar kein Ballonett, sondern eine Anzahl Einzelballons besitzt, die zudem durch die äußere Stoffhülle und das starre Gerippe in weitgehendstem Maße gegen Beschädigungen geschützt sind. Tritt aber trotzdem aus einem ganz außergewöhnlichen Umstande die Beschädigung der Gashülle eines Einzelballons des Z e p p e l i n sehen Luftschiffes ein, so daß alles Gas aus ersterem entweicht, so ist auch dann für dieses Luftschiff noch keine kritische Situation geschaffen, weil ja nur ein kleiner Teil der ganzen Gasfüllung ausströmen kann.

Die notwendige Forderung, dem Luftschiff durch Maschinenkraft stets eine Eigenbewegung erteilen zu können, vermöge welcher zugleich auch die Steuerbarkeit gesichert ist und das Fahrzeug in der Gewalt seines Führers verbleibt, kann nur durch Verwendung von mindestens zwei getrennten leistungsfähigen Maschinen mit ihren zugehörigen Propellern erfüllt werden. Es ist dies besonders bei langen Fahrten unbedingt erforderlich, weil die Betriebsfähigkeit selbst der besten Kleinmotoren immer eine verhältnismäßig geringe ist.

Wie ich schon hervorgehoben habe, können in das Z e p p e l i n sche Luftschiff nicht nur zwei, sondern auch drei getrennte, gleichstarke Maschinen eingebaut werden, wobei man dann auch im Fall einer Betriebsstörung einer der Maschinen selbst in schwierigen Verhältnissen noch Herr der Situation bleibt. Fährt man aber abwechselnd nur mit einem Motor, so steht mindestens noch ein Motor als betriebsfähige Reservemaschine zur Verfügung.

Betrachten wir endlich noch die Vorgänge in der Atmosphäre, welche die Gasverluste der Luftfahrzeuge herbeiführen, so erscheint es zur Erlangung eines möglichst großen Überblickes nützlich, zunächst von einfachen und bekannten Umständen auszugehen.

Die günstigsten Bedingungen, um lange Fahrten mit Freiballons zu erreichen, sind: Eine ausreichende Stabilität der Luft, eine möglichst gleichförmige Wirkung der Strahlungsverhältnisse und ein Fehlen von ungünstiger Belastung durch Niederschläge. Unter solchen Umständen wird ein Freiballon nur noch in seiner Fahrtdauer beeinträchtigt werden durch Gasverluste, welche durch Undichtigkeit der Hülle und Diffusion des Gases bedingt sind.

Den Einfluß jedes einzelnen dieser Umstände ersieht man am besten, wenn man das Verhalten des Ballons näher ins Auge faßt, unter der Voraussetzung, daß die anderen ihren Charakter beibehalten.

Ist die Luft nicht stabil, sondern finden sich mehr oder weniger starke vertikale Bewegungen vor, so wird in absteigenden Luftmassen der Ballon bis zum Boden

mitgeführt werden und zur Vermeidung einer unfreiwilligen Landung eine entsprechende Ballastausgabe unvermeidlich sein. Umgekehrt wird durch aufsteigende Luftmassen eine Kraft erzeugt, welche den Ballon entsprechend hoch über diejenige Gleichgewichtslage hinausführt, welche er einnehmen würde, wenn das Gas den Innenraum des Ballons gerade ausfüllte. Solche Vertikalbewegungen bleiben der Natur der Sache nach nicht aus, wenn die physikalischen Bedingungen in der Atmosphäre derartige sind, daß bei irgendeiner wachgerufenen Deplacierung von Luftmassen Kräfte auftreten, welche einer solchen entgegenwirken.

Wird eine Luftmasse in der Atmosphäre z. B. nach oben geführt, so gelangt sie in Schichten von geringerem Druck. Durch die hierbei eintretende Expansion ist eine Temperatur-Abnahme bedingt, welche für trockene Luft pro 100 m Erhebung rund 1° beträgt. Das Umgekehrte ist der Fall, wenn Luftmassen von oben herunter geführt werden und durch Eindringen in tiefere Schichten komprimiert und damit erwärmt werden.

Haben wir nun eine Temperaturlagerung in der Atmosphäre, die eine Abnahme von 1° pro 100 m aufweist, so kann eine nach oben oder unten geführte Luftmasse in jeder Höhe, die sie erreicht, die gleiche Temperatur vorfinden, welche sie durch Expansion oder Kompression selbst erreicht. In diesem Falle können keinerlei physikalische Kräfte auftreten, welche dauernd der Bewegung der Luftmassen entgegenwirken. Diesen Zustand der Luft bezeichnen wir mit: Indifferentem Gleichgewicht.

Bei diesem Gleichgewicht der Luft genügen nun verhältnismäßig geringe Erwärmungen von Luftmassen in der Höhe des Bodens, um dieselben durch den ganzen im indifferenten Gleichgewicht befindlichen Raum nach oben zu führen.

Diesen Vorgängen in der Atmosphäre kann nun ein Luftfahrzeug mit Eigenbewegung und Höhensteuerung mehr oder weniger wirksam entgegengetreten oder dieselben ganz unschädlich machen, je nach der Größe der Eigengeschwindigkeit und der Vollkommenheit des Höhensteuerapparates des betr. Luftschiffes. Es wird also dasjenige Luftschiff im Vorteil vor anderen sein, welches bei relativ kleinstem Stirnwiderstand die größte Maschinenkraft mitführen kann.

Ein weiterer erheblich ins Gewicht fallender Faktor ist die Schwankung der Temperatur im Innern des Ballonkörpers.

Wenn man bedenkt, daß bei jeder Abkühlung um 1° das Ballonvolumen um $\frac{1}{273}$, also um rund 4 ‰ abnimmt und in dem gleichen Betrage auch die Menge der verdrängten Luft, so erhält man beispielsweise für einen Ballon von 1000 cbm Inhalt und einer Temperaturabnahme im Innern von 10° einen Auftriebsverlust und damit eine Verminderung der Tragfähigkeit von ca. 36 kg.

Unterschiede dieser Art treten nun leicht ein bei abwechselnder Bestrahlung der Gashülle durch die Sonne und Nachlassen derselben durch vorgelagerte Wolken.

Auch diese Kräfte können aber je nach Größe der vorhandenen Horizontalgeschwindigkeit des Fahrzeuges und der Wirkung seiner Höhensteuer vermindert oder aufgehoben werden, da mit diesen Hilfsmitteln, wie schon erwähnt, eine erhebliche entgegengesetzte Drachenwirkung erzeugt werden kann. Das Fahrzeug bleibt in der gleichen Höhe, wenn die Vertikalkomponenten dieser Kräfte den Differenzen des Auftriebes gleich sind.

Nun können sich die Wirkungen von Temperatureinflüssen und solche von bewegten Luftmassen gleichzeitig kompensieren, aber auch summieren, und in diesem Falle treten dann Situationen ein, die bei einem nennenswerten Betrage jedes einzelnen dieser Faktoren höchst nachteilig wirken müssen.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich die große Bedeutung, welche Einrichtungen haben, um die Temperaturunterschiede zwischen dem Inneren der Ballonhülle und der umgebenden Atmosphäre möglichst klein zu erhalten. Eine solche Einrichtung hat und kann nur das starre Luftschiff des Grafen v o n Z e p p e l i n haben. Während bei den anderen Fahrzeugen das Gas nur durch die (eine) Ballonhülle von der umgebenden Atmosphäre getrennt und daher den Strahlungswirkungen viel mehr ausgesetzt ist, hat das Z e p p e l i n s c h e Luftschiff außerdem noch eine Außenhülle, wodurch zwischen dieser und den Ballonhüllen ein isolierender Luftraum geschaffen ist, welcher den Strahlungseinfluß wesentlich einschränkt.

Endlich sind auch die Gasverluste durch Diffusion bei dem starren Luftschiff geringer, weil in den Ballons desselben kein Überdruck vorhanden sein muß.

Die Belastung durch Niederschläge ist bei allen drei Luftschifftypen gleich geringer als wie bei einem Freiballon.

Fassen wir nun die Resultate unserer bisherigen Betrachtungen zusammen, so sehen wir, daß die Fahrdauer der Ballonett-Luftfahrzeuge von einer Reihe von Zufälligkeiten und Einflüssen abhängt, welche bei dem starren Luftschiff in bezug auf die Betriebssicherheit überhaupt nicht vorhanden bzw. fast ganz ausgeschlossen erscheinen, während hinsichtlich der Einflüsse physikalischer Vorgänge in der Atmosphäre auf die Gasfüllung der Fahrzeuge die Wirkung bei dem Z e p p e l i n s c h e n Luftschiff eine wesentlich geringere ist.

Somit hängt die Fahrdauer des starren Luftschiffes in der Hauptsache von der mitführbaren Menge von Betriebsmaterial für die Motoren und der Stärke der Besatzung ab, welche eine Ablösung der jeweiligen Bedienungsmannschaft ermöglichen muß. Das heißt mit anderen Worten, die Fahrdauer dieser Luftschiffklasse ist abhängig von dem frei verfügbaren Auftrieb nach Abzug des gesamten Konstruktionsgewichtes und letzterer wiederum von der Größe des Luftschiffes.

Daraus ergibt sich weiter, daß die Größe eines starren Luftschiffes nur ein Vorteil, aber kein Nachteil ist. Bei jeder Vergrößerung wächst naturgemäß der Gesamtauftrieb immer in höherem Maße als der durch die Vergrößerung entstehende Zuwachs an Konstruktionsgewicht. Somit wird bei jeder Vergrößerung der Dimensionen des Ballonkörpers das Verhältnis von Gesamtauftrieb zu Konstruktionsgewicht immer günstiger, was jedesmal einen Zuwachs der frei verfügbaren Tragfähigkeit bedeutet.

Als besonderer Vorzug namentlich des nichtstarren Typs ist hervorgehoben worden die leichte, schnelle Zerlegbarkeit solcher Fahrzeuge und die Möglichkeit, diese per Achse fortzuschaffen. Das ist unter gewissen Vorbedingungen unzweifelhaft ein Vorzug. Doch daraus ergibt sich weiter die Frage, in welchem Umfang dieser Vorteil auch ausgenutzt werden kann. Im Frieden und eigenen Land wird das meistens möglich sein, im Seekrieg nicht. Zur einmaligen Füllung eines P a r s e v a l - Ballons benötigt man über 1000 mit Gas gefüllte Stahlflaschen, zu deren Transport 6 Eisenbahnwaggons, also eine

ganze Trainkolonne von schweren Wagen erforderlich ist. Will man nun den erwähnten Vorteil auch im Landkrieg ausnutzen, so hat das nicht nur eine weitere Vermehrung der bereits ohnehin schon enorm angewachsenen Trainkolonnen zur Folge, sondern es entsteht dann sofort auch die Schwierigkeit, entweder das verladene Luftschiff oder dessen Trainkolonne an den anderen Trainkolonnen vorbei in oder gegen deren Marschrichtung nach vorn bzw. hinten zu schaffen. Wir stehen also hier vor der Frage: Ist die Transportfähigkeit eines Luftschiffes per Achse in Anbetracht der Nachteile, welche aus dieser Eigenschaft in anderer Hinsicht unbedingt erwachsen, überhaupt noch ein Vorteil? — Wird aber ein Ballonett-Luftschiff gelegentlich einer Aufklärungsfahrt vor der Front der eigenen Truppen zu einer Landung gezwungen, so wird es der feindlichen Bevölkerung wohl nicht einfallen, uns hilfreiche Handlangerdienste zu leisten und das Fahrzeug hübsch verpackt zu unseren Truppen per Achse zurückzubringen.

Wir haben auch bis jetzt geglaubt, die Luftschiffe müßten so gebaut sein, daß sie in ihrem Element ihr Ziel erreichen und wieder zurückkehren können und nicht per Achse.

Die Aufgaben im Frieden und im Kriege, welche jedes dieser drei Luftfahrzeuge für sich zu übernehmen und auszuführen vermag, ergeben sich einfach aus der Größe des Aktionsradius, also aus dem Maße der Betriebssicherheit und der Größe der Fahrtdauer jedes dieser Fahrzeuge.

Es ist daher nicht schwer, sich die Verwendbarkeit der verschiedenen Luftschiffotypen klar zu machen. Wie wir gesehen haben, besitzt das starre Luftschiff schon jetzt unbestritten den größten Aktionsradius (Tätigkeitsbereich) und ist daher unter allen Luftfahrzeugen dasjenige, welches für die Lösung der umfangreichen kulturellen Aufgaben im Frieden, beispielsweise hinsichtlich des Weltverkehrs, für große wissenschaftliche Expeditionen, in erster Linie in Betracht kommen wird.

Dank der ernsten, unermüdlichen Arbeit unserer Luftschiffer ist es gelungen, auch in bezug auf die nichtstarrten und halbstarren Fahrzeuge die einst führende Nation in der Luftschiffahrt nicht nur einzuholen, sondern den französischen Rekord auch durch die Fahrten des P a r s e v a l schen Ballons und des deutschen Militärluftschiffes zu schlagen.

Es ist fraglos, daß auch diese Fahrzeuge innerhalb ihres begrenzten Tätigkeitsbereiches sehr verwendbar sind und sehr Nützliches zu leisten vermögen.

Es werden auch die nichtstarrten und halbstarren Luftschiffe eine Reihe von Aufgaben zu lösen haben, für deren Ausführungen das starre Luftschiff weniger in Betracht kommen wird, genau so wie das bei der Seeschiffahrt auch der Fall ist. Der eine Luftschiffotyp schließt die anderen eben nicht aus, und es ist im höchsten Maße bedauerlich und schädigt die Gesamtinteressen der Luftschiffahrt, wenn die verschiedenen Luftschiffsysteme von einem einseitigen Standpunkt aus beurteilt und gegeneinander ausgespielt werden.

Es liegt vielmehr im Interesse der gesamten Kultur, daß alle brauchbaren Luftschiffotypen zu einer möglichst hohen Vollkommenheit ausgebildet werden. Hier haben wir ein neues großes Feld für die wissenschaftliche und praktische Betätigung des Menschen, und jeder, der da mithilft, wird beitragen zu weiteren Triumphen des menschlichen Geistes über ein Element, das sich am längsten der Beherrschung zu entziehen vermocht hat.

XIX. Luftschiffahrtrecht.

Von

Geh. Justizrat Professor Dr. **Ernst Zitelmann** - Bonn.

Wenn in einem siegreichen Kriege ein neues Gebiet erobert wird, dann ist es die erste Sorge, nach der tatsächlichen Inbesitznahme nunmehr auch eine rechtliche Ordnung zu schaffen: dem Soldaten folgt jedesmal der Jurist. So ist es auch jetzt, da durch kühnen Wagemut, durch eiserne Beharrlichkeit, durch technische Genialität ein neues Reich, das unermessliche Reich der Luft, für die Menschen erobert wird: auch hier ist juristische Arbeit nicht entbehrlich. Vielfach sind in der Tat die Rechtsfragen, die durch diese neuen Erfindungen geschaffen werden, die Rechtsfragen des Luftrechtes, vor allem des Luftschiffahrtrechtes. Zunächst darf ich wohl, um auch dem Nichtjuristen die juristische Bedeutsamkeit der Luftschiffahrt zu zeigen, einige Beispiele geben; ich greife sie aufs Geratewohl heraus.

Der Ballon „Conqueror“ stürzte bekanntlich beim Berliner Wettfliegen infolge Zerreißens der Hülle auf das Dach eines Hauses in Wilmersdorf und beschädigte es. Wer trägt den Schaden?

Eine Familie sitzt ruhig am Frühstückstisch im Garten, da fällt plötzlich Sand auf die Speisen herab — ein vorüberziehendes Luftschiff hatte einen Ballastsack geleert. Wiederum dieselbe Frage: Wie steht es mit dem Schadensersatz?

Ein Ballon will anlanden. Der gerade anwesende Eigentümer des Grund und Bodens verbietet es und widersetzt sich. Hat er das Recht dazu, oder darf der Luftschiffer das Verbot mißachten?

Etwas ganz anderes. Fürst Bismarck hat im Jahre 1870, als so viele Ballons nach dem belagerten Paris hinein oder aus Paris herausflogen, mit der Anwendung der Sätze über Spionage auf dem festen Lande gedroht. War er dabei völkerrechtlich im Recht?

Als Graf Zeppelin seine großen Fahrten über dem Bodensee ausführte und auch Schweizer Gebiet überflog, hatte sich mancher Schweizer Kreise¹⁾ eine ge-

¹⁾ S. z. B. Hilt y „Die rechtlichen und politischen Folgen der Luftschiffahrt für die schweizerische Eidgenossenschaft“ im Polit. Jahrbuch der schweiz. Eidgenossenschaft 1909, und besonders, Bern 1909.

wisse Nervosität bemächtigt, und es wurde die Frage aufgeworfen, ob die Schweizer sich jene Fahrten gefallen lassen müßten. Mußten sie es?

Wie steht es mit den Zollverhältnissen bei Luftschiffen? Bekanntlich erhebt Frankreich von jedem dort anlandenden ausländischen Ballon, der zurückgeschafft werden soll, einen hohen Zoll. Ist Frankreich dazu befugt?

Ein Ausländer macht in einem deutschen Ballon, der sich über russischem Gebiet in gefährlicher Lage befindet, oder in einem russischen Ballon, der sich über deutschem Gebiet befindet, eilig sein Testament, und zwar in der vom deutschen Recht anerkannten ganzschriftlichen Form. Er stirbt dann. Ist das Testament gültig? Und wie steht es in diesem selben Falle mit der Beurkundung des Todes? Welcher Standesbeamte hat tätig zu werden?

Seltsamerweise ist in der Literatur mehrfach auch die Frage erörtert worden, wie es sich rechtlich verhalte, wenn ein Kind in einem Luftschiff geboren werde; ein bedeutender französischer Schriftsteller hat diesen Fall sogar für wichtig genug gehalten, um in seinen formulierten Vorschlägen die Frage, welcher Nationalität ein solches Kind angehöre, zum Gegenstand einer eigenen Bestimmung zu machen: er will über die Staatsangehörigkeit des Kindes die Gesetzgebung desjenigen Staates entscheiden lassen, dessen Flagge das Luftschiff führe¹⁾. Ist das zu billigen?

In einem ausländischen Ballon, der gerade über deutsches Gebiet hinfliegt, stößt ein Ausländer eine Beleidigung gegen den deutschen Kaiser aus. Nachher landet der Ballon auf deutschem Gebiet, und die Tat des Ausländers kommt zur Anzeige. Kann der Täter gestraft werden? und welches Gericht ist für das Strafverfahren zuständig? Man bedenke nur, daß das Gericht des Ortes der begangenen Tat zuständig sein soll. Aber welches ist dieser Ort?

Zwei Luftschiffer kommen in Streit, während sie sich in dem Luftschiff befinden. Der eine verletzt den anderen körperlich: welches Recht entscheidet über die Schadensersatzforderung? und wiederum: welches Gericht ist das Gericht des Ortes der begangenen Tat, so daß dort geklagt werden kann?

Ein Vertrag soll — was ja leicht vorkommen kann, man denke z. B. nur an Dienstleistungen — in einem Luftschiff erfüllt werden. In mancherlei Beziehungen ist das am Erfüllungsort geltende Recht bedeutsam, aber welches ist das im Luftschiff geltende Recht?

Doch genug der Beispiele — man sieht, allen Rechtszweigen erwachsen durch diese neue Erfindung neue Aufgaben: dem Völkerrecht, dem Staatsrecht und Verwaltungsrecht, dem Privatrecht und Strafrecht, dem Strafprozeß und Zivilprozeß; ja sogar das Kirchenrecht kann in die Lage kommen, sein Scherflein beisteuern zu müssen. Und die Zahl der Fragen ist um so größer und bunter, als es sich ja nicht

¹⁾ F a u c h i l l e in seinem „projet de règlement“ Art. 18 (Annuaire de l'Institut XIX [1902] S. 56); die Berichterstattung bei M e i l i „Luftschiff“ S. 16¹² tut dem Verfasser insofern unrecht, als F a u c h i l l e für die Nationalität des Kindes nicht die Luftschiffflagge entscheidend sein lassen will — das würde bedeuten, daß das Kind die Angehörigkeit des Staates erhält, dessen Flagge das Luftschiff führt —, sondern daß er nur die Kompetenz der Gesetzgebung des Flaggenstaats hierüber ausspricht — und damit hat er in gewissem Maße Recht.

nur um Luftschiffe, um lenkbare und unlenkbare, handelt — ihnen als wichtigen künftigen Verkehrs- und Kriegsmitteln gebührt das rechtliche Interesse in erster Linie, und von ihnen werde ich weiterhin auch in erster Linie sprechen —, sondern daneben kommen auch Flugmaschinen, Fesselballons und unbemannte Freiballons, die zu wissenschaftlichen oder anderen Zwecken aufgelassen werden, in Betracht. Je nach der Art der technischen Einrichtung nehmen auch die einzelnen rechtlichen Fragen eine andere Gestalt an oder treten gar neue rechtliche Fragen auf. Unmöglich wäre es daher, das ganze Fragegebiet in dem kurzen Raum der Stunde, die ich hier zu sprechen habe, wirklich genügend zu erörtern. Ich habe es auch nicht vor und kann es um so mehr unterlassen, als neulich an dieser selben Stelle Professor Meili aus Zürich einen lichtvollen Überblick über den gesamten Bereich rechtlicher Fragen, die hier in Betracht kommen, gegeben hat ¹⁾. Ich will mich vielmehr im wesentlichen auf allgemeine Erörterungen beschränken und die methodischen Gesichtspunkte sowie die theoretische Grundlage des Ganzen schärfer zu entwickeln suchen, denn hier wie überall in der Rechtswissenschaft bleibt es wahr, daß eine wirklich befriedigende Lösung der praktischen Aufgaben in Gesetzgebung und Rechtsprechung schließlich am raschesten gelingt, wenn zuvor eine klare Erkenntnis der theoretischen Grundlage gewonnen ist. Zuvor aber möchte ich einige Mitteilungen über die bisherige Geschichte der Lehre machen, die manches Bemerkenswerte darbietet.

Die Gesetzgebung hat sich mit den Fragen des Luftschiffahrtrechts noch nicht beschäftigt, und auch die Rechtsprechung hat bisher erst sehr wenig Gelegenheit gehabt, Entscheidungen zu treffen. Desto eifriger ist die Rechtstheorie am Werk gewesen. Als ich vor gerade dreiviertel Jahren zum ersten Mal in einer wissenschaftlichen Vereinigung über Luftschiffahrtrecht sprach, konnte ich schon auf eine sehr stattliche Zahl von Sonderschriften über diesen Gegenstand hinweisen, und seitdem bringt sozusagen jede Woche eine neue Arbeit — wer will noch sagen, daß die Juristen nicht fleißig seien! Das Schriftenverzeichnis, das ich mir aufgestellt, zählt bereits mehr als ein halbes Hundert Nummern; und wieviel Aufsätze in Tageszeitungen mögen mir dabei noch entgangen sein?

Von Luftrecht ist schon lange vor der Luftschiffahrt die Rede im Zusammenhang mit der Frage, wie weit sich das Privateigentum an Grundstücken auch auf den Luftraum erstreckt; über diese Frage besitzen wir auch ein ausgebreitetes Schrifttum ²⁾. Die ersten Bemerkungen zum Luftschiffahrtrecht finden sich dann schon sehr bald nach den ersten Flugversuchen: bereits im Jahre 1793 hat der große Pütter — darauf ist neulich aufmerksam gemacht worden ³⁾ — für das damalige Deutsche Reich die Frage besprochen, ob, gesetzt, daß es gelänge,

¹⁾ Meili „Ballons, Flugmaschinen und die Jurisprudenz“ in der Illa-Wochenrundschau vom 28. 7. 09 S. 81 ff. (s. a. S. 60 ff. dieses Bandes).

²⁾ Darstellung und weitere Literatur s. in den Dissertationen von Erythropel „Das Recht am Luftraum“, Göttingen 1898, und von v. Grote „Beiträge zum Recht der Luftschiffahrt“, Leipzig 1907, S. 4—10. S. ferner Monich in Iherings Jahrbüchern XXXVIII S. 155 ff.

³⁾ Von Neumeyer in der Zeitschrift für Völkerrecht und Bundesstaatsrecht III S. 378.

die Luftbälle, wie er sie nennt, zum öffentlichen Besten praktisch zu benutzen, der Kaiser ein Regal und Reservatrecht daraus machen könne, oder ob die einzelnen Reichsstände hier zu gebieten hätten. In der Folgezeit kommen dann in immer wachsender Zahl teils gelegentliche Bemerkungen, teils auch schon etwas eingehendere Erörterungen luftschiffahrtrechtlichen Inhalts vor, doch sind es zunächst ausschließlich völkerrechtliche Seiten des neuen Rechtszweigs, die beachtet werden, insbesondere die Frage nach dem Recht der Spionage; das Interesse hierfür schärfte sich namentlich durch die Verwendung, welche die Ballons im Kriege 1870/71 fanden. Später werden auch sonstige Rechtsfragen schon hin und wieder gestreift oder gar ausführlicher behandelt: so findet sich bereits im Jahre 1891 die Erörterung eines Italieners über strafrechtlich bedeutsame Taten im Luftraum¹⁾, es wird — so 1897 von mir selbst²⁾ — auf die Wichtigkeit der Luftschiffahrt für die Fragen des sogen. internationalen Privatrechts hingewiesen, und 1901 wird in dem Deutschen Verein für Luftschiffahrt insbesondere auch über die Haftung des Luftschiffers auf Schadensersatz vorgetragen und verhandelt³⁾. Die Gerechtigkeit erfordert es, sodann eines Mannes Erwähnung zu tun, dessen Verdienste um die Sache, wie es scheint, manchem Bearbeiter der Lehre unbekannt sind. Ein Advokat P a p p a f a v a in Zara in Dalmatien veröffentlichte im Jahre 1901 (wenigstens trägt die deutsche Übersetzung diese Jahreszahl), wohl angeregt durch die Seeschiffahrtsverhältnisse seiner Heimat, eine Abhandlung⁴⁾ über die Frage, welches die räumlichen Grenzen des Wirkungsbereiches eines Notars seien; dabei kam er auch auf die notarielle Tätigkeit im Luftgebiet zu sprechen, und so hat sein Buch sachlich drei Abschnitte, die man dahin bezeichnen kann: der Notar auf dem festen Lande, der Notar auf dem Wasser und der Notar in der Luft. Viel, glaube ich, hat der Notar in der Luft bisher noch nicht zu tun gehabt; indes das Buch ist denkwürdig, weil hier zum ersten Mal eine solche einzelne und fernliegende Frage des Luftrechts aufgeworfen und weil ihre Beantwortung in methodisch verständnisvoller Weise durch Zurückführung auf die völkerrechtliche Grundlage der gesamten Lehre versucht ist.

Aber das Verdienst, dieser völkerrechtlichen Grundlage der Lehre und allen ihren Folgerungen, soweit sie wenigstens auf völkerrechtlichem Gebiet liegen, das allgemeine Interesse gewonnen und die Erörterungen darüber wissenschaftlich auf die Höhe gehoben zu haben, gebührt in dieser wie in mancher anderen Frage dem Institut de droit international⁵⁾. Einer Anregung F a u c h i l l e ' s

¹⁾ M a n d u c a „La responsabilità penale dei reati commessi nello spazio aereo e la giurisdizione istruttoria“. Estratto dal Foro penale, Roma 1891. (Die Schrift, die ich nicht kenne, ist angeführt bei P a p p a f a v a in dem unten Anm. 4 genannten Buch.)

²⁾ Z i t e l m a n n „Internationales Privatrecht“ I S. 188 fg.

³⁾ R o s e n b e r g „Die zivil- und strafrechtliche Haftung des Luftschiffers“ in den Illustrierten aëronautischen Mitteilungen V (1901) S. 89—93, 123—126; Debatte darüber S. 126—135.

⁴⁾ P a p p a f a v a „Über die räumliche Umgrenzung des notariellen Wirkungskreises, und zwar auf dem festen Lande, dem Wasser und im Luftraum“. Übersetzung von L e e s - b e r g. Innsbruck 1901, S. 49 ff.

⁵⁾ S. darüber M e u r e r in der S. 273 Anm. 1 angeführten Schrift S. 2—7 und M e i l i „Das Luftschiff“ S. 14 ff.

in Paris folgend¹⁾ beauftragte es diesen Schriftsteller mit einem Bericht, und Fauchille veröffentlichte dann, nachdem er schon 1901 eine eindringliche Schrift unter dem Titel: „Le domaine aérien et le régime juridique des aérostats“²⁾ herausgegeben hatte, im Jahre 1902 einen ausführlichen Entwurf von formulierten Bestimmungen über das öffentliche Luftrecht mit Begründung³⁾; der Mitbericht wurde von Nys erstattet⁴⁾. Zu einer Erörterung über jenen Entwurf ist es freilich nicht gekommen, wohl aber ist auf dem Genter Kongreß im Jahre 1906 bei Gelegenheit einer Besprechung der Rechtsfragen der drahtlosen Telegraphie über die Grundfrage des ganzen Luftrechts, über die Frage nach der Luftfreiheit, verhandelt und der Grundsatz der Luftfreiheit auch angenommen worden⁵⁾.

Von 1907 an wächst die Literatur an Menge und Bedeutung; ich erwähne besonders die der Hauptsache nach völkerrechtlichen Arbeiten von v. Grote⁶⁾ und Schneeli⁷⁾ und die auch das Strafrecht mitberücksichtigenden von Grünwald⁸⁾. Eine kurz zusammenfassende Arbeit über das gesamte Recht der Luftschiffahrt hat sodann als erster Meili 1908 gegeben⁹⁾: mit der ihm eigenen raschen geistigen Beweglichkeit und dem energischen Spürsinn für die Fragen des modernen Verkehrsrechts umriß er scharf das ganze Gebiet möglicher Fragen.

¹⁾ Fauchille's Anregung: *Annuaire de l'Institut XVIII* (1900), S. 202.

²⁾ Paris 1901, auch abgedruckt in der *Revue générale de Droit International Public VIII* (1901) S. 414—485.

³⁾ *Annuaire de l'Institut XIX* (1902) S. 19—86; der Entwurf selbst ist auch abgedruckt bei Meili „Das Luftschiff“ S. 55 ff.

⁴⁾ *Annuaire XIX* (1902) S. 86—114, vervollständigt abgedruckt in der *Revue de droit international, deuxième Série IV* (1902) S. 501 ff. „Droit et aérostats“. S. ferner Fauchille und Nys im *Annuaire XIX*, S. 335—337.

⁵⁾ Fauchille „Régime international de la télégraphie sans fil“ im *Annuaire XXI* S. 76 ff., Diskussion darüber S. 293 ff. Über den Grundsatz der Luftfreiheit s. dort S. 78 fg., 293 ff., 327 fg.

⁶⁾ v. Grote s. oben S. 270 in Anm. 2.

⁷⁾ Schneeli „Radiotelegraphie und Völkerrecht“, Berlin 1908, S. 24 ff.

⁸⁾ Grünwald (Kriegsgerichtsrat in Potsdam) „Das Luftschiff in völkerrechtlicher und strafrechtlicher Beziehung“, Hannover 1908; vorher schon „Luftschiffahrt und geltendes Recht“ im *Recht* 1907 S. 1439—41, später „Der Luftraum in rechtlicher Beziehung zu den Teilen der Erde, über denen er sich befindet“ im *Archiv für öffentliches Recht XXIV* S. 190 bis 211 (1909) und „Standesamtliche Behandlung von Todesfällen und Geburten auf Luftschiffen“ ebenda S. 477—498 (1909).

⁹⁾ Meili „Das Luftschiff im internen Recht und Völkerrecht“, Zürich 1908; dann später „Juristische Gedanken über die Eroberung der Luft und über das neue Recht der Luftschiffahrt“ in der *Münchener Allg. Zeitung* 1908 Nr. 19, 20, 21 (S. 392 fg., 414 fg., 456); „Die Luft in ihrer Bedeutung für das modernste Verkehrs- und Transportrecht“ in den *Blättern für Rechtsanwendung LXXIV* Nr. 1 und 2 (1909); „Das Luftschiff und die Rechtswissenschaft“ in den *Blättern für vergleichende Rechtswissenschaft IV* Nr. 8 (Februar 1909), und besonders, Berlin 1909; „Die Luftschiffahrt und das Recht“ in der *Zukunft XVII* S. 121 ff. (April 1909); „Die Aeronautik und die Rechtsbildung“ in der *Frankfurter Zeitung* vom 9. 4. 09 Nr. 99; der S. 270 Anm. 1 angeführte Vortragsbericht in der *Ila*; „Das Luftrecht“ in der *Woche* vom 9. 10. 09.

Unter denen, die seitdem die Lehre weiter gefördert haben, sind besonders Meurer¹⁾ und Alex Meyer²⁾ zu nennen³⁾.

Wir können uns also, insbesondere auch in Deutschland, des Geleisteten freuen. Aber wenn man kritisch die Literatur insgesamt betrachtet, so ist die Freude doch keine ganz reine: es fehlt, wie mir scheint, öfter an der rechten Methode der Arbeit.

Unliebsam bemerkbar macht sich zunächst bei nicht wenigen Schriftstellern eine Verwischung der Grenzlinie zwischen bestehendem und bloß gewünschtem Recht. Eine moderne Strömung der Jurisprudenz, welche am liebsten alle Schranken des geschriebenen Rechts für den Richter aus dem Wege räumen und ihn überall auf sein eigenes Ermessen verweisen möchte, begünstigt diese Verwischung, aber sie ist hier wie überall unheilvoll. Gewiß sollen Rechtswissenschaft und Rechtsanwendung immer zugleich im Rahmen des vorhandenen Rechts fortbildend wirken — näher kann ich davon hier nicht sprechen —, aber des Unterschiedes zwischen dem bereits vorhandenen Recht und dem, was man erst als Recht haben möchte, muß man sich doch klar bewußt bleiben. Es wundert den Nichtjuristen vielleicht, wenn ich hier in bezug auf Luftschiffahrt von schon vorhandenem Recht rede. Indes die Rechtsordnung — immer abgesehen natürlich von den Vorschriften über die mehr technischen und äußerlichen Einzelheiten der Verwaltung — besteht ja nicht darin, daß für alle Vorkommnisse und Tatsachen des wirklichen Lebens eine besondere rechtliche Regelung gegeben ist, sonst wäre unser Recht eine völlig unübersehbare und trotzdem immer unvollständige Masse, vielmehr muß aus allgemeinen Grundsätzen heraus die Entscheidung der einzelnen Tatbestände gefolgert werden, aus Grundsätzen, die in dieser Allgemeinheit entweder schon in das Gesetz selbst aufgenommen sind, oder die wir als dem Gesetz sachlich zugrunde liegend aus den gesetzlichen Einzelbestimmungen gewinnen. Das eben ist Juristenarbeit, diese Grundsätze zu erfassen und aus ihnen ein lebensvolles System von Einzelanwendungen zu entwickeln. So muß denn auch zunächst zugesehen werden, wieweit die Fragen des Luftrechts vom Boden des bestehenden Rechts aus befriedigend beantwortet werden können; zu wahren Lücken des Rechts, in dem Sinne, daß aus dem vorhandenen Recht heraus eine Entscheidung des Falles überhaupt nicht zu gewinnen ist, wird man dabei nicht kommen. Wohl aber kann sich ergeben, daß die mit den Mitteln der juristischen Logik gewonnene Entscheidung sachlich

¹⁾ Meurer „Luftschiffahrtsrecht“ in den Annalen des Deutschen Reichs 1909 S. 181 ff., und besonders, München und Berlin 1909.

²⁾ Meyer, Alex „Die Erschließung des Luftraumes in ihren rechtlichen Folgen“, Frankfurt a. M. 1909, und „Die Luftschiffahrt in kriegsrechtlicher Beleuchtung“, ebenda 1909.

³⁾ Die zuletzt erschienenen Schriften von Magnani. „Il diritto sullo spazio aereo e l'aeronautica“, Dissertazione, Torino 1909, Mumm „La navigation aérienne et le droit“ (Bericht darüber im Journal du droit international XXXVI [1909] S. 1010 ff.) und Fleischnmann „Gedanken eines Luftrechts“, München 1910, habe ich bei dieser Arbeit nicht mehr einsehen können. — Nicht zugänglich gewesen sind mir die Abhandlungen von Collard in der Themis LXIX Nr. 3 (1908) „Beschouwingen over de rechtsverhouding van de luchtruimte tot den staat, bowen welks grondgebiet zij zich verheft“, Juliot „De la propriété du domaine aérien“, Extrait de la Revue des Idées, Paris 1908, und Kuhn „Aerial navigation in its relation to international law“ (A paper read at the international law sessions of the American political science association held at Richmond Dec. 3. 1908) 1909.

unbefriedigend bleibt, daß also der Eigenart des neuen Fragegebietes halber auch eine besondere Regelung nötig ist. Läßt sich dies aber nachweisen, dann darf der praktische Jurist nicht einfach ihm geeignet erscheinende Rechtssätze aus der Luft greifen — selbst für die Luftschiffahrt darf er das nicht! — und auf Grund von ihnen seine Entscheidung treffen, sondern dann muß die Gesetzgebung angerufen werden, damit sie ihres Amtes waltend neues Recht schaffe.

Damit komme ich sogleich auf einen zweiten Punkt, der mir rechtspolitisch äußerst wichtig zu sein scheint: jede Sondergesetzgebung ist ein Übel, das man so lange wie möglich vermeiden soll. Ich halte es geradezu für unheilvoll, wenn heute so mancher leichtherzig bei neu auftretenden Verhältnissen und Einrichtungen auch ein Sondergesetz fordert. Wie das Überhandnehmen der Sondergerichte gegenüber den allgemeinen Gerichten Übelstände nach sich zieht, so ist in noch höherem Maße die überhandnehmende Sondergesetzgebung im materiellen Recht eine schwere Gefahr für unsere ganze Rechtsbildung. Nicht nur, daß die Rechtsordnung durch die vielen Sonderregelungen völlig unübersichtlich wird, sie verliert auch ganz notwendig in sich ihren Zusammenhang und ihre Übereinstimmung: zufällige Erwägungen führen auf dem einen Gebiet zu einer Sonderregel, die auf dem anderen Gebiet ebensogut gelten könnte und doch trotzdem nicht gegeben wird. Um nur ein Beispiel anzuführen: man bedenke, wie völlig willkürlich, zufällig und in sich widerspruchsvoll heute noch die Frage der sogenannten Gefährdungshaftung, d. h. der Haftung für unverschuldeten Schaden, welcher durch an sich gefährdende Betriebe verursacht ist, in der Gesetzgebung behandelt wird. Alles Recht wirkt schließlich nur dadurch, daß das Bewußtsein seiner Gerechtigkeit fest wurzelt. Je mehr Sondergesetzgebung aber, desto mehr muß sich diese Gerechtigkeitsüberzeugung verlieren. Nein, es muß unser größtes Bestreben sein, möglichst aus allgemeinen Sätzen heraus die rechtlichen Entscheidungen zu finden. Dies gilt auch für die Luftschiffahrt: zu einer Sondergesetzgebung, welche Ausnahmebestimmungen für die Luftschiffahrt enthält, darf erst geschritten werden, wenn es gar nicht anders geht. Auch dieser Grundsatz wird nicht überall genügend beachtet.

Endlich: bei manchen Arbeiten tritt auffällig ein Mangel systematischer Ordnung der Fragen hervor. Es wird mit ganz beliebigen Einzelfragen begonnen, wie sie sich gerade dem praktischen Interesse darbieten, und es werden Entscheidungen dieser einzelnen Fragen gesucht und erörtert. In Wirklichkeit führen aber sehr viele Fragen auf eine einzige Grundfrage zurück: wenn man sich über diese Grundfrage nicht vorher geeinigt hat, ist es nutzlos, einzelnes überhaupt zu diskutieren. Und zwar ist dies die Frage, welchem Staat denn die Herrschaft über Luft und Luftschiff zukommt. Es handelt sich hier um eine Einrichtung, die, auch abgesehen von einem möglichen Luftkrieg, ihre Bedeutung nicht bloß innerhalb des einzelnen Staates haben soll und haben wird, sondern auch gerade zwischen den verschiedenen Staaten: sie soll dem Verkehr von Volk zu Volk dienen. Nimmt nun der einzelne Staat Gesetzgebungsmacht in bezug auf die Fragen der Luftschiffahrt in Anspruch und soll der Richter eines einzelnen Staates diese Fragen nach dem Recht seines Staates entscheiden, so muß völkerrechtlich anerkannt sein, daß gerade dieser Staat zur Gesetzgebung über diese Fragen zuständig ist, sonst sind

Konflikte unausbleiblich. Zunächst also müssen wir zusehen, welchem Staat die völkerrechtlich anerkannte oder anzuerkennende Macht über Luftschiffe und Luftraum zusteht, oder anders ausgedrückt, welcher Staat Luftraum und Luftschiffe mit seiner Gesetzgebung beherrscht. Es liegt ja doch auf der Hand, daß wir keinen Schritt weiter tun können, ehe wir nicht wissen, welcher Staat es ist, dessen Rechtsordnung staatsrechtlich, verwaltungsrechtlich, strafrechtlich, prozeßrechtlich, privatrechtlich für die einzelnen Fragen maßgebend ist. Erst wenn wir hierüber Klarheit haben, können wir die weitere Frage erörtern, welche Entscheidungen nunmehr aus dem einzelnen innerstaatlichen Recht zu gewinnen sind oder welche Anforderungen man an die Gesetzgebung eines einzelnen Staates stellen soll.

Dieser Grundfrage über die Herrschaftsabgrenzung zwischen den einzelnen Staaten wende ich nunmehr mein Hauptaugenmerk zu. Dabei ist von vornherein vor einem Fehler zu warnen, der sich in manchen, namentlich älteren Arbeiten leider bemerkbar gemacht hat. Das ist die Verwechslung von Luft im Sinne des Luftstoffs, und Luft im Sinne des Luftraums. Wie beide tatsächlich etwas ganz verschiedenes sind, so sind sie es auch ihrer rechtlichen Behandlung nach, und doch findet man öfter, daß aus der tatsächlichen Natur der einen auf die rechtliche Behandlung der anderen geschlossen wird; man gebraucht also bei der Schlußfolgerung das Wort Luft bald im einen, bald im anderen Sinn, was natürlich zu falschen Ergebnissen führt. Ich weise auf den entsprechenden Unterschied hin, der zwischen der strömenden Welle des Flusses und dem Flußraum gemacht werden muß. Um privatrechtlich zu sprechen: selbstverständlich gibt es volles Eigentum an einer ausgeschiedenen, in Behälter geschöpften Wassermenge, aber so lange die Welle frei strömt, kann sie nicht Privateigentum eines einzelnen sein, weil sie, ihrer Natur nach von Ort zu Ort eilend und nicht individualisiert, nicht „Sache“ im Rechtssinn, sondern nur Teil des gesamten Stoffes ist; höchstens kann ein einzelner das Vorrecht haben, Wasser aus diesem Fluß zu entnehmen und es dadurch dann zu Eigentum zu erwerben, aber vorher ist er nicht Eigentümer des Wassers: Eigentum an dem Fluß bedeutet immer nur Eigentum an dem Flußraum. Ebenso ist es mit der Luft: die freiströmende Luft als Stoff untersteht ihrer Natur nach der ausschließlichen Herrschaft eines einzelnen überhaupt nicht, sie ist jetzt hier und im nächsten Augenblick dort, auch sie ist nicht Sache im Rechtssinn, sondern eben nur Stoff. Von einer ausschließlichen rechtlichen Herrschaft kann, wenn überhaupt, nur bei dem Luftraum selbst die Rede sein, und zwar sowohl privatrechtlich wie öffentlichrechtlich.

Um die Herrschaftsabgrenzung in bezug auf den Luftraum und auf das im Luftraum befindliche Luftschiff zu erkennen, muß man sich zunächst auf die Frage der Herrschaftsabgrenzung der Staaten überhaupt besinnen. Die Staaten wollen sich in die Herrschaft dieser Welt teilen. Mögliche Gegenstände einer Herrschaft (in dem Sinne, in dem eben r e c h t l i c h von Herrschaft zu reden ist) können schließlich nur sein die Menschen mit ihren Handlungen und die äußeren Dinge der Natur einschließlich der an und in ihnen wirkenden Kräfte, das heißt also die Erde selbst, auf der wir leben, und die einzelnen beweglichen Sachen. Wie geschieht nun in bezug auf diese drei Dinge — Personen, Gebiet, bewegliche Sachen — die Herrschaftsabgrenzung der Staaten?

Die erste Herrschaftsabgrenzung zwischen den Staaten bezieht sich auf die Personen: jeder Staat hat über einen bestimmten Kreis von Personen staatliche Gewalt, die sogenannte *Personalhoheit*. Diese Abgrenzung beruht nicht auf einer völkerrechtlichen Vereinbarung zwischen den Staaten oder auf der Anerkennung völkerrechtlicher Grundsätze über die Personenherrschaft, jeder Staat grenzt sich seinen Herrschaftsbereich vielmehr aus eigener Machtvollkommenheit und selbständig ab, er nimmt die Herrschaft über einen bestimmten Personenkreis in Anspruch, und nur tatsächlich stimmen die wichtigsten Grundsätze, die die einzelnen Staaten in dieser Beziehung befolgen, miteinander überein. Will man diese Grundsätze als Völkerrecht ansprechen, so bedeutet dann „Völkerrecht“ doch nicht anderes als das, was es freilich häufig genug bedeutet: tatsächlich übereinstimmendes staatliches Recht der einzelnen Kulturstaaten. Es ist, beiläufig gesagt, eine der wichtigsten Sorgen der Zukunft, die in dieser Beziehung zwischen den Staaten noch immer bestehenden Ungleichheiten durch völkerrechtliche Vereinbarungen zu beseitigen. Solcher Ungleichheiten gibt es leider noch eine ganze Menge, aber sie treffen doch nur eine verhältnismäßig sehr geringe Zahl von Personen; im wesentlichen und für unseren Zweck darf man sagen: die Menschen sind zwischen den Staaten, was die Herrschaft angeht, verteilt.

Sodann handelt es sich um die Verteilung der Herrschaft über das Gebiet — man spricht hier von der *Gebietshoheit* des Staates. Diese staatliche Hoheit hat, wie ich für den Nichtjuristen bemerke, natürlich nichts mit dem Privateigentum zu tun; das ganze deutsche Gebiet steht unter der Hoheit des Deutschen Reiches, und doch stehen die einzelnen Grundstücke im Privateigentum verschiedener Personen, und diese Personen können auch Ausländer sein, so kann beispielsweise ein Franzose ein Grundstück in Deutschland zu Privateigentum haben; auch dem Deutschen Reiche selbst kann Privateigentum an einem Grundstück zustehen: liegt dieses Grundstück in Deutschland, so hat das Reich zugleich Gebietshoheit und Privateigentum, liegt es in Frankreich, so hat das Deutsche Reich das Privateigentum und Frankreich die Gebietshoheit. Gebietshoheit des Staates und Privateigentum sind eben Rechtsinhalte, die einer verschiedenen Sphäre zugehören. Irreführend ist es daher, wenn manche Juristen statt von Staatshoheit von Staats-eigentum sprechen, man muß beide Dinge völlig scharf auseinander halten.

Es ist hier nicht meine Aufgabe, zu zeigen, welchen Inhalt die Gebietshoheit hat, wie sie zugleich Hoheit *über* das Gebiet und *auf* dem Gebiet ist, und ebensowenig zu entwickeln, wie sich nun Personalhoheit und Gebietshoheit zueinander verhalten. Man bedenke, daß kraft der Personalhoheit Deutschland über den Deutschen, auch wenn er sich im Auslande befindet, Herrschaft hat, daß dieser Deutsche aber zugleich, weil er sich auf fremdem Gebiet aufhält, der Gebietshoheit des Aufenthaltsstaates untersteht. Das ist das überaus fesselnde Hauptproblem in der Herrschaftsabgrenzung der Staaten: zu entscheiden, inwieweit nun die Personalhoheit und inwieweit die Gebietshoheit vorgehen soll. Aber, wie gesagt, hiervon habe ich hier nicht zu reden. Ich habe nur zu zeigen: was heißt denn Gebiet?

„Gebiet“ ist zunächst das Landgebiet. Die Herrschaftsabgrenzung der Staaten über das Landgebiet ist historisch gegeben und von den Staaten im Verhältnis

zueinander anerkannt; auch die Frage, wie heute noch die Gebietshoheit eines Staates sich räumlich mehren oder mindern kann, ist nach völkerrechtlichen Grundsätzen zu entscheiden; zu bemerken ist nur, daß es neben dem unter staatlicher Hoheit stehenden Land auch staatloses Land gibt, solches also, das, wie z. B. die Bäreninsel im Polarmeer, zwar unter staatlicher Herrschaft stehen könnte, aber tatsächlich und einstweilen nicht steht.

Gebiet kann sodann auch Wassergebiet sein. Hier unterscheidet man Binnengewässer, Küstengewässer und die offene See. Seit H u g o G r o t i u s sein berühmtes Wort: „Das Meer ist frei!“ in die Welt hineinrief, hat sich der Satz, daß die offene See von jeder Staatshoheit frei ist und rechtsnotwendig frei bleiben muß, überall durchgesetzt. Ebenso sicher ist, daß die Binnengewässer, also die Binnenseen und Flüsse, die Häfen und Buchten die Rechtslage des Landgebiets teilen, dem sie räumlich zugehören, daß sie also insbesondere der gewöhnlichen Gebietshoheit des Staates, in dessen Landgebiet sie einschneiden, unterliegen. Bezüglich der Küstengewässer herrscht ein noch nicht völlig entschiedener Streit, einmal darüber, bis zu welcher Entfernung die Küstengewässer reichen, welches also die Grenze zwischen Küstengewässern und offener See ist, sodann darüber, ob der Uferstaat an ihnen dasselbe Hoheitsrecht wie an Binnengewässern hat, oder ob ihm nur ein gemindertes Recht, eine Art von Schutzrecht, oder wie man es sonst bezeichnen will, zusteht. Auch diese Fragen übergehe ich hier und bemerke nur: ich persönlich stelle mich auf den Standpunkt, daß zwischen Binnengewässern und Küstengewässern rechtlich nicht zu unterscheiden, sondern die volle Gebietshoheit des Staates auch an Küstengewässern anzuerkennen ist.

Es fragt sich endlich, welches die Herrschaftsabgrenzung der Staaten in bezug auf die beweglichen Sachen ist. Im allgemeinen gilt heute noch der Satz, daß es eine eigene und unmittelbare Herrschaftsabgrenzung hier nicht gibt; soweit man vielmehr überhaupt von einer staatlichen Hoheit über bewegliche Sachen reden will — und meines Erachtens muß man das tun —, wird diese als Ausfluß der Gebietshoheit angesehen: der Staat hat, weil er die Hoheit über sein Gebiet besitzt, auch die Hoheit über diejenigen beweglichen Sachen, die sich zurzeit auf diesem Gebiete befinden, oder von der anderen Seite ausgedrückt: die beweglichen Sachen unterliegen der Hoheit desjenigen Staates, auf dessen Gebiet sie sich gerade befinden. Man spricht wohl davon, daß „österreichische Eisenbahnwagen“ auf deutschen Schienen laufen, daß ein „französisches Automobil“ nach Deutschland gekommen sei, aber das bezeichnet keine völkerrechtliche Hoheit des Ursprungsstaates. Der Eisenbahnwagen oder der Kraftwagen kommt in dem Augenblicke, in dem er die Grenze überschreitet, unter die Hoheit des Staates, auf dessen Gebiet er gelangt, und bleibt darunter so lange, bis er dieses Gebiet wieder verläßt. Es scheint zwar, als sei heute eine gewisse Neigung im Wachsen, auch in bezug auf die beweglichen Sachen zur Bildung einer neuen selbständigen Hoheitsverteilung vorzuschreiten und auch beweglichen Sachen, wie z. B. gerade den Eisenbahnwagen, eine „Heimat“ im Rechtssinne, so wie Menschen eine „Heimat“ haben, zuzuschreiben: das wäre ja sehr wohl möglich, die Wege der Zukunft sind hier frei; aber ich glaube nicht, daß solche Rechtsbildung sich in weitem Maße empfehlen läßt. Personen und Gebiet spielen für den Staat eine ganz andere Rolle, als die beweglichen Sachen. Personen

und Gebiet sind nicht bloß Gegenstand der staatlichen Herrschaft, sondern sie bilden den Staat, in dem Sinne, daß dieser Staat durch sie seine Individualität hat. Deutschland kann nicht ohne das deutsche Volk sein, und Deutschland kann nicht ohne das jetzige deutsche Gebiet sein: mit anderem Volk oder auf anderem Gebiet wäre es eben ein anderer Staat. Das bewegliche Hab und Gut hingegen ist etwas Zufälliges, es bildet kein Wesensmoment unseres Staates, wie wir es denn auch beliebig zu vertauschen pflegen. Die Menschen sind es, die die Seele Deutschlands schaffen, das Gebiet ist es, das seinen Körper bildet; aus der unlöslichen Zugehörigkeit zu diesem Menschentum, aus der natürlichen Verbundenheit mit diesem Boden schöpfen wir unsere stärksten Kräfte, aus ihr entsteht jenes tiefe Volks- und Heimatsgefühl, die Liebe zum Vaterland, in der schließlich die letzte Quelle aller Stärke und Macht des Staates liegt. Und darum sind auch für die rechtliche Auffassung des Staates Personen und Gebiet anders zu werten als der bewegliche Besitz.

Nur in einer Beziehung allerdings ist die Rechtsbildung weitergegangen, und das ist in bezug auf die Seeschiffe. Hier sind zwei Sätze anerkannt. Der eine Satz lautet: ein Seeschiff auf offener See untersteht immer noch der Herrschaft des Staates, dessen Flagge es führt; erst in dem Augenblick, wo es in fremde Küsten oder Binnengewässer eintritt (ich glaube allerdings die Einschränkung machen zu müssen, daß es nicht bloß ohne anzuhalten durchfährt), kommt es unter die Gebietshoheit des Staates, in dessen Herrschaft diese Gewässer sich befinden. Und zwar behält der Heimatstaat die Herrschaftsgewalt nicht bloß über das in der offenen See schwimmende Schiff, sondern er behält sie auch auf dem Schiff, d. h. über die auf dem Schiff befindlichen Personen und Sachen, in demselben Sinne und Maße, in dem er sie auf seinem eigenen Landgebiet hat, er übt also die Gebietshoheit auf dem Schiff aus; man drückt das — übrigens nicht ganz einwandfrei — dahin aus: das Schiff in See sei ein schwimmendes Stück seines Heimatlandes. Alles also, was auf hoher See auf einem deutschen Schiffe sich ereignet, ereignet sich auf deutschem Gebiet. Das ist ein poesievoller und äußerst wichtiger Gedanke. Und zweitens: Kriegsschiffe bleiben, selbst wenn sie in fremden Häfen sind, immer in jenem Sinne schwimmende Stücke ihres Heimatlandes. Wiederum also: alles, was auf dem Kriegsschiffe geschieht, geschieht, wo sich das Kriegsschiff auch befinden mag, im Heimatlande.

Dies ist die gegenwärtige, völkerrechtlich auch im wesentlichen anerkannte Herrschaftsabgrenzung der Staaten. Wie steht es nun mit der Herrschaft über Luftraum und Luftschiff? In bezug auf die Personenhoheit ist selbstverständlich nichts geändert: Deutschland behält die Hoheit über Deutsche, mögen sie gehen, schwimmen oder fliegen — von dem Erwerb der Personalhoheit über in einem Luftschiff Geborene wird nachher noch die Rede sein. In Frage kommt aber die Gebietshoheit, und hier treffen wir nun den eigentlichen Mittelpunkt der Lehre. Im wesentlichen sind zwei Theorien aufgestellt: die Theorie der Luftfreiheit und die Theorie der Lufthoheit — man kann sie auch nennen: die Horizontalteilungs-Theorie und die Vertikalteilungs-Theorie. Über sie wird auf das lebhafteste gestritten.

Die Behauptung, daß die Luft — immer im Sinne von Luftraum genommen — vollkommen und unbeschränkt frei sei, wird kaum noch vertreten. Sie ist ja auch

praktisch unmöglich, ja man darf sagen, begrifflich undenkbar; es liegt ihr wohl ein großes Mißverständnis zugrunde. Ich wende meinen Blick einen Augenblick auf das Privatrecht. Man spricht vom Privateigentum an Grundstücken — was ist dabei mit „Grundstück“ gemeint? Ist es nur die Fläche, ein zwei-dimensionaler Raum? Das ist unmöglich; so betrachtet, würde das Eigentum überhaupt nicht ausgeübt werden können, weil der Mensch ja ein drei-dimensionales Wesen ist. Das heißt also: das Eigentum an Grund und Boden bedeutet immer zugleich ein Recht auch an der Luftraumschicht über dem Boden — sonst wäre es praktisch überhaupt gar nichts. Ebenso nun auch die staatliche Hoheit am Landgebiet: auch sie muß irgendwelche Rechte des Staats an dem über dem Lande befindlichen Luftraum einschließen; und nicht anders verhält es sich mit der staatlichen Hoheit am Wassergebiet.

Dies gesteht denn auch die Luftfreiheitstheorie allgemein zu; aber sie erkennt diese Rechte doch nur in einer zweifachen Beschränkung an, einer sachlichen und einer räumlichen. Indem ich mich anschicke, diese Beschränkungen genauer anzugeben, bemerke ich voraus: begrifflich ist diese ganze Luftfreiheits-Theorie, so wie sie heute vertreten wird, nur, wenn man bedenkt, einmal, daß sie nichts ist, als eine Mäßigung des ursprünglichen Gedankens völliger Luftfreiheit, von dem sie ausgegangen ist — deutlich ist dies z. B. in F a u c h i l l e 's Arbeiten — und zweitens, daß ihr treibender Gedanke der einer Analogie der Luft mit dem Meer ist.

Die sachliche Einschränkung geht dahin: das Recht, welches dem Staat an dem Luftgebiet, über dessen räumliche Begrenzung sofort noch gesprochen werden wird, zustehe, sei nicht die volle Staatshoheit, sondern etwas minderes. Man redet wohl von bloßer Interessensphäre, zone de protection ou d'isolement, von einem droit de conservation, von einer beschränkten oder geminderten Souveränität. Was aber ist mit solchen Bezeichnungen gewonnen? Sie sind ja nichts anderes als neue Namen, die wertlos bleiben, weil sie keinen wirklich scharfen Begriff decken. Wird ein solcher Begriff nachher verwendet, so ist doch nichts mit Sicherheit aus ihm zu folgern, er erfüllt also den Zweck nicht, den man mit ihm erreichen möchte. Ich stelle mich darum mit Entschiedenheit auf den Standpunkt, daß es genügt, zu unterscheiden: entweder Hoheit des Staates, aber dann auch wahre Hoheit, oder völlige Freiheit. Ein Zwischending gibt es nicht.

Und nun die räumliche Einschränkung. Man hat nur die höhere Luftschicht für wirklich frei erklärt, die niedere Luftschicht aber jener beschränkten Hoheit des Staates unterworfen. Man hat also, wie man beim Wasser zwischen Binnengewässern, Küstengewässern und freier See unterschied, so auch hier je nach der Nähe zum Lande Schichten des Luftraums, natürlich hier horizontale Schichten, unterschieden. Folgerichtig hätte man von Binnenluft, d. h. der Luft innerhalb umschlossener Räume oder auch z. B. zwischen zwei Felswänden, von Küstenluft, d. h. der zunächst dem Boden befindlichen Luftschicht, und von dem freien Luftmeer reden müssen. Gewöhnlich wird aber, ebenso wie ich es auch beim Wasser für richtig halte, nur die nähere und die fernere Schicht unterschieden, ohne daß man bei der näheren Schicht noch einen Unterschied zwischen Binnenluft- und Küstenluftgebiet macht. Fast belustigend wirkt eine Übersicht über die Versuche, eine Ab-

grenzung zwischen dem freien und dem unter Staatshoheit stehenden Luftgebiet zu gewinnen. Neubaue^r ¹⁾ setzte die Grenze auf 50 m, von Bar (1907) auf 50 bis 60 m, Rolland (weil der Eiffelturm, das höchste Bauwerk der Welt, 330 m hoch ist), auf 330 m, von Holtzendorff auf 1000 m, von Bar (früher) auf 1000—1500 m, Fauchille auf 1500 m, weil dies die Entfernung sei, in der noch wirksam photographiert werden könne, noch wieder andere nehmen von einer ziffermäßigen Grenze Abstand und wollen die Schußweite und dergleichen gelten lassen ²⁾. Dabei bleibt nur überaus zweifelhaft, von wo aus denn die Höhe gerechnet werden muß: vom tiefsten oder vom höchsten Punkt des Landes — dies letztere wollte einst von Holtzendorff, die Schweiz mit ihrem Mont Blanc käme dann sehr viel besser fort, als z. B. Dänemark —, oder etwa für jeden Punkt gesondert, so daß das Luftgebiet ein vergrößertes Relief des Landgebietes wäre?

Aber das alles ist ja gar nicht zu entscheiden, da es völlig willkürlich ist: der Theorie mangelt jede Festigkeit. Und nicht nur das: sie ist auch durchaus unpraktikabel, man braucht ja nur daran zu denken, daß die Luftschiffe gezwungen sind, beständig ihre Höhe zu wechseln. Das Luftschiff kommt also fortwährend aus dem Hoheitsgebiet in das freie Gebiet und aus dem freien Gebiet wieder in das Hoheitsgebiet — keine sehr angenehme Lage für den Luftschiffer, besonders wenn er etwas zu juristischen Skrupeln neigt, und ebenso für alle Dritten, die irgendwie rechtlich mit dem Luftschiff etwas zu tun haben: wo ein Luftschiff in dem gegebenen Augenblick gewesen ist, das wäre ja kaum festzustellen. Doch auch hiervon abgesehen: die ganze Theorie ist juristisch unbegründbar, sie steht rein in der Luft. Denn welches sind die Gründe, die für diese Theorie vorgebracht werden? Soviel ich sehe, finden sich nur zwei: ein negativer und ein positiver Grund. Der negative Grund ist der, es gebe für die höhere Luftschicht keine wirkliche Souveränität, weil keine tatsächliche dauernde Beherrschung möglich sei. Aber der Satz, aus dem gefolgert wird, daß nämlich Souveränität nur bei tatsächlicher Beherrschung denkbar sei, existiert nicht. Mit Recht hat man darauf aufmerksam gemacht, wie viele Gebirgsgipfel sich der dauernden faktischen Beherrschung des Staates vollkommen entziehen. Zudem würden diese Argumente ja auch dahin führen müssen, den ganzen Luftraum für frei zu erklären, soweit er nicht durch Bauten oder Pflanzen wirklich eingenommen ist — aber dann ist er ja kein Luftraum mehr —, und das will doch niemand. Also dieser Grund schlägt nicht durch. Und positiv wird nichts weiter angeführt als die Analogie der See. Indes diese Analogie paßt nicht. Die Bedeutung der Luft für das unterliegende Land ist eine ganz andere als die der See für das angrenzende. Schon vorher sagte ich: das Land kann ohne Luft überhaupt nicht als Objekt irgendeiner Herrschaft gedacht werden, einer privaten so wenig wie einer staatlichen, wohl aber kann ein Land ohne Seegebiet sein. Man denke doch nur an die Binnenländer wie die Schweiz oder Serbien.

¹⁾ Neubaue^r „Die Ausgestaltung der Luftschiffahrt in ihren mutmaßlichen Wirkungen auf das Rechtsleben“ in der Gerichtshalle LII S. 602 (1908).

²⁾ Zum Vorangehenden siehe die Anführungen bei Meili „Luftschiff“ S. 46 ff., Meurer „Luftschiffahrtsrecht“ S. 10 ff., A. Meyer „Erschließung des Luftraumes“ S. 14 ff.

Zudem, je weiter ein Schiff sich von der Küste entfernt, desto weniger kann es noch eine Einwirkung auf das Land ausüben, desto weniger kann es ihm also auch Gefahren bringen. Insbesondere hört ja die Möglichkeit der Beschießung des Landes und der Spionage in einer gewissen Entfernung auf. Anders aber im Luftraum. Bei den Höhen, um die es sich hier praktisch handelt, wird im Gegenteil das Luftschiff, je höher es steigt, desto gefährlicher, weil die Fallwirkung nach dem Gesetz der Schwere immer größer wird, und weil sich die Möglichkeit der Spionage durch das mit der größeren Höhe wachsende Gesichtsfeld ebenfalls, wenigstens in gewissem Sinne und in gewissen Grenzen, verstärkt. Darum war denn Grotius' Grundsatz von der Freiheit des Meeres für den friedlichen Verkehr und den Krieg ein ungeheurer Fortschritt, ja man darf sagen, praktisch eine Notwendigkeit, er hatte nur Vorteile, gar keine Nachteile. Der Grundsatz von der Freiheit der Luft hingegen würde bei jedem Versuche wirklicher Durchführung das schlimmste Unheil heraufbeschwören.

Nein, möglich ist nur die vertikale Teilung, d. h. das Luftgebiet ist völlig unter der gleichen rechtlichen Herrschaft wie das Land- oder Wassergebiet, über dem es sich erhebt. Jeder Staat hat an dem Luftraum über seinem Land- oder Wassergebiet vollkommene staatliche Hoheit bis in jede beliebige Höhe hinauf; frei ist die Luft nur über staatlosem Land und über dem offenen Meer. Man darf nicht versuchen, diesen Gedanken dadurch ins Lächerliche zu ziehen, daß man sagt, also reiche die Hoheit des Staates bis in die Sterne hinauf, ins Unendliche hinein. Der Jurist kümmert sich nur um Dinge, die praktische Bedeutung haben können; soweit menschliche Betätigung in der Luft gar nicht möglich ist, haben wir keinen Anlaß, die Herrschaftsfrage überhaupt zu stellen und zu beantworten; soweit sie aber, jetzt oder in der Zukunft, erfolgen kann, gleichgültig in welcher Höhe, müssen wir auch die Herrschaft des Staates als vorhanden anerkennen. Es ist im höchsten Grade zu wünschen, daß bei den künftigen völkerrechtlichen Verhandlungen das Deutsche Reich sich mit voller Entschiedenheit auf diesen Standpunkt stelle, den einzigen, der ihm erlaubt, Herr im eigenen Hause zu bleiben und nach eigenem Gutdünken für die eigene Sicherheit zu sorgen.

Diese Theorie von der vollen Lufthoheit des Staates ist aber nicht bloß ein Wunsch und ein Vorschlag, wie es künftig am besten gehalten werde, sondern ihr Inhalt läßt sich als bereits gegenwärtiges Recht nachweisen, weil er aus anerkannten Rechtssätzen in juristisch genügender Weise gefolgert werden kann. Allerdings wiederum nicht aus allgemein anerkannten völkerrechtlichen Sätzen; er ist darum auch selbst kein Völkerrecht im strengen Sinne des Worts, wohl aber läßt er sich als ein Recht der einzelnen Staaten, das sie selbst behaupten, nachweisen. Ich halte es für einen der wichtigsten Gedankenfortschritte im Gebiete des gesamten Rechts, daß wir heute erkannt haben: alles Privatrecht wird immer nur von der Rechtsordnung eines Staates verliehen; indem der Staat also ein Privatrecht verleiht, muß er notwendig auch die Staatshoheit über denjenigen Gegenstand, an dem er das Privatrecht verleiht, sich zusprechen; beispielsweise könnte es der deutschen Gesetzgebung nie einfallen, über den Erwerb des Eigentums an französischen Grund-

stücken etwas zu bestimmen: das wäre sinnlos, denn die französischen Grundstücke stehen nicht unter deutscher Hoheit, mithin kann die deutsche Gesetzgebung sich auf sie gar nicht erstrecken. Und daraus nun der Rückschluß: wenn also die Rechtsordnung eines Staates irgendwo Rechte verleiht, so muß auch der Staat selbst die entsprechende staatliche Hoheit in Anspruch nehmen. Nun sagt unser deutsches BGB § 905: „Das Recht des Eigentümers eines Grundstücks erstreckt sich auf den Raum über der Oberfläche und auf den Erdkörper unter der Oberfläche“ (es wird zwar hinzugesetzt: „Der Eigentümer kann Einwirkungen nicht verbieten, die in solcher Höhe oder Tiefe vorgenommen werden, daß er an der Ausschließung kein Interesse hat“, aber dies zeigt sich nur als eine aus anderen Gründen gerechtfertigte Einschränkung der prinzipiellen Vollherrschaft); ebenso hat das österreichische BGB § 297 diesen Satz: es „gehören zu den unbeweglichen Sachen diejenigen, welche auf Grund und Boden . . . aufgeführt werden, als: Häuser und andere Gebäude, mit dem in senkrechter Linie darüber befindlichen Luftraum“, und der Code civil § 552 sagt in seiner wundervollen Kürze: „La propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous“. Überall vergibt hier also der Staat Privatrechte an dem Luftraum. Daraus folgt, und wie mir scheint, mit voller Sicherheit: jeder Staat, der einen solchen Rechtssatz über das Privateigentum besitzt — und es sind noch mehrere als die angeführten —, nimmt auch selbst die staatliche Hoheit über den Luftraum in Anspruch.

Fraglich würde bei alledem bloß bleiben, ob die Herrschaftsabgrenzung der Staaten in bezug auf bewegliche Sachen, die ich früher für die Seeschiffe erwähnt habe, in analoger Weise auch bei den Luftschiffen durchzuführen wäre, derart also, daß auch den Luftschiffen Flaggenrecht verliehen und ein Heimathafen bestimmt würde. Die Folge wäre dann, daß die Privatluftschiffe, wenn sie sich über staatlosem Gebiet oder dem freien Meer befinden, als fliegende Teile ihres Heimatlandes gälten, und daß die Kriegsluftschiffe, gleichgültig, wo sie sich befinden, die Eigenschaft, als Teile des Heimatgebietes zu gelten, beibehielten. Wir hätten dann nicht nur ruhendes und schwimmendes, sondern auch fliegendes Deutsches Reich. Diese Rechtsbildung bereitet sich ganz ersichtlich schon vor, und sie ist meines Erachtens auch ganz unerläßlich. Hier allerdings müßte zunächst die staatliche Gesetzgebung durch ein Gesetz über die Nationalität der Luftschiffe eingreifen, die völkerrechtliche Anerkennung würde dann wohl von selbst folgen. Der Vollständigkeit halber bemerke ich hier übrigens noch: der Ausdruck, Seeschiff und Luftschiff seien als Teile des Heimatgebietes anzusehen, ist nicht völlig genau. Denn wie sich die Gebietshoheit des Heimatstaates nur auf das Seeschiff selbst, nicht aber auch auf den Wasserraum unter dem Schiff und den Luftraum über dem Schiff erstreckt, so kann auch die Gebietshoheit des Heimatstaates über das Luftschiff nur dieses selbst und nicht auch den Luftraum über und unter dem Luftschiff ergreifen. —

Und nunmehr die Folgerungen aus dieser Herrschaftsabgrenzung — ich muß sie wenigstens andeuten. Dabei gestatte ich mir, die Zukunft insofern vorweg zu nehmen, als ich jene Nationalisierung der Luftschiffe, die in der Bildung begriffen ist, als schon bestehendes Recht behandle.

Die Folgerungen für das Völkerrecht und Staatsrecht sind, wie man sofort sieht, ganz außerordentlich wichtig. Jeder Staat hat im Frieden wie im Krieg die Rechte und Pflichten in seinem Luftgebiet, gerade so wie er sie in seinem Landgebiet hat.

Im Kriege. Man denke hier nur an die Frage, wie weit das Luftgebiet neutral ist. Nach der hier vertretenen Meinung würde das ganze Luftgebiet über dem neutralen Staat selbst neutral sein: die kriegführenden Staaten dürfen ihren Luftkrieg völkerrechtlich nur über hoher See, über staatenlosem Gebiet oder über ihrem eigenen Gebiet ausfechten. Jeder andere Satz ist ja auch praktisch unannehmbar: es wäre eine schöne Lage für die Neutralen, wenn sie sich in einem künftigen Luftkrieg die fallenden Geschosse und stürzenden Trümmer der Luftschiffe auf die Köpfe regnen lassen müßten! Ich übergehe eine große Reihe weiterer Folgerungen, die sich aus jenem Grundgedanken für das Kriegsrecht ergeben; es liegt kein Bedürfnis vor, sie näher auszuführen, da vor wenigen Tagen *Alex Meyer* in einer sorgfältigen Untersuchung die kriegsrechtlichen Verhältnisse der Luft näher untersucht hat; daß er dem Staat theoretisch nur eine „beschränkte Gebietshoheit“ über das zu seinem Lande gehörige Luftgebiet zuerkennt, macht gerade im Kriegsrecht kaum etwas aus. Erwähnt sei nur, daß auch für die Anwendung der Rechtssätze über Spionage der Grundsatz gelten muß: der Luftweg ist rechtlich gleich dem Weg über das unterliegende Land; Fürst Bismarck hielt sich also, wie *Alex Meyer* richtig nachweist, mit jener Drohung im Kriege 1870/71 streng in den Grenzen des Völkerrechtes ¹⁾.

Und im Frieden. Jeder Staat hat allein die volle Gesetzgebungsmacht innerhalb seines Luftgebietes. Wie er die volle Gewalt in bezug auf Zollverhältnisse besitzt, wie er die Sanitätspolizei auszuüben hat, wie er das Straßenrecht zu bestimmen und Konzessionen zur Luftschiffahrt zu erteilen hat, so hat auch er allein zu bestimmen, wie weit fremde Luftschiffe überhaupt in sein Luftgebiet eindringen dürfen. Ich bitte, nicht zu erschrecken, dies klingt für die Luftschiffahrt schlimmer als es ist. Tatsächlich wird durch diesen Grundsatz der uneingeschränkten Lufthoheit des Staates an der faktischen Freiheit des Luftverkehrs gar nichts geändert werden. Nicht die Jurisprudenz, nicht das Völkerrecht bringt diese Freiheit hervor, sondern der Zwang der Verhältnisse, da es im größten Interesse des Staates selbst ist, auch den Luftverkehr nicht zu hindern, sondern zu befördern. Ich weiß wohl, man spricht auch für das Landgebiet von einem Recht auf Verkehr und für das Wassergebiet von einem engeren *droit de passage*, aber man sollte doch endlich aufhören, das tatsächliche Verhalten der Staaten überall als den Ausdruck völkerrechtlicher Rechte und Pflichten hinzustellen. Die politische Wissenschaft hat die Aufgabe, dieses tatsächliche Verhalten der Staaten zu beschreiben und seine Beweggründe zu erkennen, aber sie muß sich hüten, hier allzu rasch völkerrechtliche Konstruktionen zu Hilfe zu rufen, aus denen nachher praktische Folgerungen zu ziehen wären, die mit der Wirklichkeit nicht mehr übereinstimmen. Insbesondere erkennen wir

¹⁾ *A. Meyer* „Luftschiffahrt“ S. 45⁴; anders die Beurteilung bei *Wilhelm* „De la situation juridique des aéronautes en droit international“ im *Journal du droit intern.* XXI (1891) S. 440 ff.

ja doch durchaus an, daß jeder Staat befugt ist, ausländische Personen als lästig aus seinem Gebiet auszuweisen, also auch — dies folgt notwendig daraus — ihnen den Eintritt in das Staatsgebiet zu verwehren. Demnach muß der Staat auch berechtigt sein, fremden Luftschiffen den Eintritt zu verbieten. Er könnte dasselbe auch bei fremden Eisenbahnwagen und fremden Kraftfahrzeugen tun, aber er tut alles das selbstverständlich nur im letzten Notfalle. Denn er muß sich hüten, Akte zu begehen, welche auf der einen Seite unfreundliche Handlungen gegen die Nachbarstaaten darstellen und auf der anderen Seite ihn selber schließlich am schlimmsten schädigen würden.

Tatsächlich verfahren denn auch die Staaten bisher schon nach diesem Gesichtspunkt, soweit sie sich überhaupt mit der Sache bereits beschäftigten. Es wird berichtet, daß ein Ministerialausschuß in Frankreich bereits eine Wegeordnung für Luftschiffe ausgearbeitet hat, mit Bestimmung der zu führenden Lichter, der Ausweichrichtung, des Höhenabstandes beim Überfliegen usw. Also Frankreich geht ohne Rücksicht auf die gerade in Frankreich so lebhaft verteidigte Lehre von der Luftfreiheit für das französische Luftgebiet einfach mit selbstherrlicher Gesetzgebung vor.

Aus der Erkenntnis, welches die räumlichen Grenzen der einzelnen Staatsherrschaft für das Luftgebiet sind, ergibt sich auch von selbst die Antwort auf die vorher aufgeworfenen Fragen, welcher Standesbeamte¹⁾ und welcher Notar gegebenen Falles tätig zu sein habe, sowie ob ein in einem Luftschiff geborenes Kind im Inland oder Ausland geboren sei: diese letztere Frage würde besonders deshalb wichtig sein, weil es nach der Gesetzgebung verschiedener Länder — nach der des Deutschen Reiches übrigens nicht — auf die Bestimmung der Staatsangehörigkeit Einfluß hat, in welchem Staatsgebiet ein Kind geboren ist. Die Antwort hängt immer davon ab, in welchem Luftgebiet das Luftschiff sich befindet oder zur entscheidenden Zeit befunden hat. Ebenso klar und sicher sind die Folgerungen für das Strafrecht. Man nehme den anfänglich berichteten Fall: wenn jene Beleidigung des Kaisers in dem ausländischen Luftschiff ausgestoßen wurde, während das Luftschiff sich in deutschem Luftgebiet befand, so ist die Tat in Deutschland geschehen, kann also in Deutschland bestraft werden. In gleicher Weise entscheiden sich auch die Fragen nach dem Gerichtsstand im Strafprozeß oder Zivilprozeß, soweit dieser Gerichtsstand durch den Ort der Tat bestimmt wird. Es ist überflüssig, dies weiter auszumalen, alles versteht sich hier von selbst. Nur auf die Fragen des internationalen Privatrechts will ich noch kurz hinweisen. Ob jenes Testament gültig ist, von dem ich im Beispiel gesprochen habe, das wird davon abhängen, welchem Staat das Luftgebiet zugehörte, in dem sich das Luftschiff zur Zeit der Testamenterrichtung befand; denn wir besitzen den Grundsatz, daß jedes Rechtsgeschäft formgültig ist, wenn es den Formvorschriften entspricht, die in dem Gebiet gelten, in dem es errichtet ist. Und wenn Schadensersatz wegen einer in einem Luftschiff begangenen Körperverletzung gefordert wird, so ist die Schadensersatzfrage nach

¹⁾ Boschan „Beurkundung von Todesfällen auf Luftschiffen“ im Recht 1908 S. 706 ff.; Grünwald „Standesamtliche Behandlung von Todesfällen und Geburten auf Luftschiffen“ im Archiv für öffentliches Recht XXIV (1909) S. 477 ff.

dem Recht desjenigen Staates zu beurteilen, in dessen Luftgebiet sich das Schiff zur Zeit der Tat befunden hat, weil der Grundsatz gilt, daß über den Anspruch auf Schadensersatz wegen einer rechtswidrigen Verletzung das Recht des Ortes der begangenen Tat ohne Rücksicht auf die Nationalität des Täters entscheidet. Ebenso bestimmt es sich bei einem Vertrage, der in einem Luftschiff zu erfüllen ist, welches Recht als Recht des Erfüllungsortes anzusehen ist. In allen diesen Fällen aber würde, sobald wir erst eine Nationalisierung der Luftschiffe haben, hinzunehmen sein, daß das Luftschiff, so lange es sich über der offenen See oder staatenlosem Gebiet befindet, als in dem Gebiet des Staats befindlich betrachtet wird, dessen Flagge es führt.

Man sieht: aus der Abgrenzung der Herrschaftsmacht der einzelnen Staaten in bezug auf Luft und Luftschiffe folgt mit Notwendigkeit auch, welcher Staat Gesetzgebungsmacht hat, wieweit also der einzelne Staat berufen ist, die Fragen der Luftschiffahrt durch seine Gesetzgebung zu regeln, und wieweit das schon bestehende Recht eines einzelnen Staates in Dingen der Luftschiffahrt zur Entscheidung heranzuziehen ist. Alle Fragen, die nunmehr noch bleiben, sind lediglich Fragen in bezug auf das innerstaatliche Recht des einzelnen Staates: welche Entscheidungen ergeben sich aus dem schon bestehenden Recht, und wie soll dieses Recht künftig ausgestaltet werden?

Und hier mache ich nun gerade von dem Gesichtspunkte Gebrauch, auf den ich vorher bereits hingewiesen habe: man soll sich so lange wie irgend möglich hüten, den Weg der Sondergesetzgebung zu beschreiten, und ich füge hinzu: man wird im wesentlichen ohne Sondergesetzgebung auskommen. Das bezieht sich freilich nicht auf das Verwaltungs- und Polizeirecht; hier erwachsen vielmehr den einzelnen Staaten, die ja, wie gesagt, jeder für sein Gebiet allein über den Betrieb der Luftschiffahrt zu bestimmen haben, wichtige und umfangreiche gesetzgeberische Aufgaben, Aufgaben übrigens, die sie, der Natur des Gegenstandes nach, möglichst in Fühlung miteinander oder gar auf Grund von internationalen Vereinbarungen erledigen sollten. Aber hier handelt es sich auch mehr um technische Einzelheiten, nicht um eigentlich juristische Fragen, wenigstens nicht in dem Sinne, daß rechtstheoretische Erörterungen dabei eine Rolle zu spielen hätten. Die Tätigkeit des Juristen ist hierbei mehr nur formgebender Natur, die führende Stimme wird sachlich dem Verwaltungstechniker und dem Luftschiffer selbst gebühren müssen. Wohl aber treffen jene Sätze auf die anderen Rechtszweige zu.

Darüber wird zunächst wohl rasch Übereinstimmung zu erzielen sein, daß im Strafrecht sowie im Strafprozeß- und Zivilprozeßrecht neue Rechtsnormen nicht notwendig sein werden; höchstens wäre es erwünscht — hierauf hat Meili mit Recht aufmerksam gemacht¹⁾ —, die Strafbestimmungen behufs erhöhten Schutzes der Schiffe oder Eisenbahnen in noch näher zu überlegendem Maße auch auf die Luftschiffe zu erstrecken, und ebenso, soweit im Zwangsvollstreckungsrecht für jene etwas Besonderes gilt, ihnen die Luftschiffe gleichzustellen²⁾.

¹⁾ Meili „Das Luftschiff“ S. 40, 42.

²⁾ Meili „Das Luftschiff“ S. 35.

Aber auch im Privatrecht steht es nicht anders. Jede nähere Prüfung führt zu der anfänglich vielleicht überraschenden Erkenntnis, daß es auch hier möglich ist, im wesentlichen mit dem gegebenen allgemeinen Recht auszukommen; der vorhandene Bestand an Rechtssätzen erlaubt Entscheidungen aller praktisch vorkommenden Fälle: das Gesetz bedarf also keiner Lückenergänzung; und die Entscheidungen sind im wesentlichen auch praktisch befriedigend: das Gesetz bedarf also keiner Abänderung, Sonderbestimmungen für die Luftschiffahrt sind der Hauptsache nach entbehrlich.

Vor allem liegt es ja doch auf der Hand, daß Hunderte und aber Hunderte von Fragen, die in bezug auf die Luftschiffahrt auftreten können, nichts mit der eigentümlichen Natur der Luftschiffahrt zu tun haben, sondern in dieser luftigen Sphäre ganz dieselben sind wie auf der festen Erde. Daß z. B. die Regeln des Kaufes, des ehelichen Güterrechts, des ganzen Erbrechts bei Luftschiffen genau so anwendbar sind wie bei sonstigen Sachen und einer Änderung nicht bedürfen, versteht sich ja doch wohl von selbst. Und sogar wo es sich um eigentümliche Verhältnisse der Luftschiffahrt handelt, ist doch noch nicht gesagt, daß diese besonderen Verhältnisse auch eine besondere Regelung notwendig machen. Alle Verhältnisse, die unter einen allgemeinen Satz fallen, sind ja unter sich verschieden: darin besteht eben die Allgemeinheit des Satzes, daß er verschiedenartige Verhältnisse gleichmäßig regelt. Die Besonderheit eines tatsächlichen Verhältnisses also beweist für die Notwendigkeit, auch rechtlich etwas Besonderes dafür festzusetzen, noch gar nichts: dies scheint oft übersehen zu werden. Vielmehr darf, wie ich schon früher sagte, zu einer Sondergesetzgebung erst geschritten werden, wenn nachgewiesen ist, daß gerade die Eigenart der neuen Verhältnisse, um die es sich handelt, eine von der allgemeinen abweichende Regelung fordert.

Nun wird man freilich sofort geneigt sein, auf das Seerecht hinzuweisen: für die Seeschiffahrt besteht in sehr zahlreichen Beziehungen privatrechtliches Sonderrecht, man denke nur an die Reederei, die Frachtverträge, die Bodmerei, die beschränkte Haftung mit Schiff und Fracht, die Havarie usw.; wie nun im öffentlichen Recht eine Gleichstellung der Luftschiffe mit den Seeschiffen unzweifelhaft in weitem Maße erfolgen wird — davon habe ich ja vorher gesprochen —, so könnte man daran denken, sie auch im Privatrecht einander gleichzustellen, also die Sonderbestimmungen des Seerechts auf die Luftschiffe und die Luftschiffahrt zu übertragen. Gewiß ist dies nicht von der Hand zu weisen, aber hier bedarf es erst noch langer geduldiger Einzelarbeit, ehe man wagen darf, sich gesetzgeberisch festzulegen: für jeden einzelnen dieser Sondersätze des Seerechts müßte erst geprüft werden, welche Gründe ihn rechtfertigen und wieweit diese Gründe auch für die Verhältnisse der Luftschiffahrt zutreffen. Diese letztere Arbeit ist noch nicht gemacht, ja kaum begonnen worden. Ich persönlich habe bei einem Versuch in dieser Richtung den Eindruck gewonnen — ich wage das zu sagen, obwohl es, wie ich glaube, der gemeinen Meinung widerspricht —, daß man auch im Seerecht selbst in größerem Maße, als man zunächst annehmen möchte, mit der Anwendung der allgemeinen Rechtsgrundsätze auskommen könnte, daß also manche der bestehenden Sonderrechtssätze sich schließlich ohne Schaden entbehren ließen. Beruf und Gewerbe des Seemanns bildet über die Grenzen der Völker hinüber eine Welt für sich: durch

die Abgeschlossenheit des Standes und die Eigenart seiner tatsächlichen Ausübung hat sich das bunte, so überaus anmutende, so überaus fesselnde und juristisch feine Seerecht herausgebildet, und selbstverständlich wäre es im höchsten Maße töricht, es wieder abzuschaffen, nachdem es einmal da ist — niemand denkt ja auch daran. Aber bei seiner Übertragung auf die Luftschiffahrt muß man jedenfalls mit größter Vorsicht erst die Bedürfnisfrage beantworten. In einigen Beziehungen mag die Übertragung zweifellos Vorteile bieten: so würde mit der öffentlichrechtlichen Einrichtung von Luftschiff-Registern auch eine Übertragung der Sätze, die für das Pfandrecht an Register-Seeschiffen gelten, ins Auge zu fassen sein; ebenso ließe sich erwägen, ob nicht die Vorschriften über Bergung und Hilfeleistung in Seenot und gewisse Vorschriften der Strandungsordnung¹⁾ analog auszudehnen und die Regeln über die Verschollenheit durch einen eigenen Satz über Luftverschollenheit entsprechend dem über Seeverschollenheit zu ergänzen wären²⁾ — obwohl ein wirklich dringendes Bedürfnis hierfür nicht besteht. In anderen Beziehungen wieder wird das allgemeine Recht sicher ausreichen, so ist z. B. eine Übertragung der für die Reederei geltenden Sätze wohl unnötig, man kommt mit den Gesellschaftsformen des allgemeinen Handelsrechts aus. Jedenfalls erscheint es mir durchaus empfehlenswert, einstweilen, bis eine größere Erfahrung gesammelt ist, es in allen Hauptsachen, so insbesondere auch in bezug auf das ganze Recht der Verträge, die sich auf die Seeschiffahrt beziehen, der Havarie, der Haftung mit Schiff und Ladung, bei dem allgemeinen Recht zu belassen.

Zwei Fragen möchte ich noch besonders hervorheben, die dem allgemeinen Interesse am nächsten liegen, wie sie auch schon jetzt am ehesten und leichtesten praktisch werden: sie betreffen den Konflikt der Luftschiffahrt mit dem Privateigentum und die Schadensersatzpflicht.

Der Konflikt mit dem Privateigentum: wieweit muß es der Eigentümer eines Grundstücks dulden, daß das Luftschiff über sein Grundstück fortfährt oder auf seinem Grundstück landet? Aber hier bedürfen wir neuer Rechtssätze ganz gewiß nicht: der vorher mitgeteilte § 905 des BGB und die Bestimmung des § 904 über den Notstand machen eine vollkommen befriedigende Ausübung der Luftschiffahrt möglich und geben andererseits dem Eigentümer ausreichenden Schutz. Was das Fahren durch den Luftraum über fremde Grundstücke betrifft: der Eigentümer kann es nicht verbieten, soweit er kein Interesse daran hat, es zu hindern — das genügt durchaus. Streicht das Luftschiff so nahe über dem Boden hin, daß Luftzug, Geräusch, Benzingeruch den Grundeigentümer wirklich belästigen, so wird er sich das nicht gefallen zu lassen brauchen. Praktisch pflegt ja aber die Fahrt des Luftschiffs in solcher Höhe zu erfolgen, daß die Interessen des Eigentümers dadurch nicht beeinträchtigt werden — ich komme nachher in anderem Zusammenhang noch einmal darauf zurück. Und das Anlanden auf fremdem Grundstück: dies braucht der Grundeigentümer allerdings nur im Fall der Not zu dulden —

¹⁾ G a r e i s „Juristische Ausblicke in die Zukunft des Luftschiffahrts-Betriebs“ in der Beilage der Münchner Neuesten Nachrichten vom 17. 2. 09 S. 324.

²⁾ D a v i d „Luftverschollenheit“ in der Deutschen Juristenzeitung 1908 S. 1220. Diese und die vorige Frage warf bereits N y s in seinem in Anm. 14 angeführten Bericht, Revue de droit intern., deux. Série IV S. 520 auf.

dann freilich muß er es sich gefallen lassen und kann nur den Ersatz des angerichteten Schadens verlangen —, aber nach den bisherigen Erfahrungen scheinen sich auch hieraus keine Unzuträglichkeiten zu ergeben; übrigens wird ja auch mit dem steigenden Luftverkehr durch Anlegung von Luftschiffhäfen die Zahl der Konflikte zwischen Luftschiffern und Grundeigentümern in dieser Beziehung erheblich verringert werden.

Endlich die Schadensersatzpflicht: man denke nur an die Beschädigungen von Menschen und Sachen, wie sie durch Anstoßen des Luftschiffes an Gebäude oder Pflanzungen, durch Auswerfen von Ballast oder Herausfallen von Gegenständen, durch Anstreifen des Schleppseils, durch Abbrechen eines Schraubensflügels, durch Herabstürzen oder Entzündung des Ballons erfolgen können und schon erfolgt sind. Dem vorhandenen allgemeinen Schadensersatzrecht des BGB entspricht die Entscheidung, daß der Luftschiffer auf Ersatz des durch eigene Schuld angerichteten Schadens haftet, und daß er auch für die angenommenen Gehilfen haften muß, sofern er nicht nachweist, daß er bei ihrer Anstellung und Überwachung die nötige Sorgfalt angewendet habe. Wenn ein Luftschiffer also Sandsäcke über bewohnten Grundstücken leert, so muß er selbstverständlich den Schaden tragen, denn er konnte ihn voraussehen. Wenn das Luftschiff schlecht konstruiert, wenn die Mannschaft nicht genügend vorgebildet ist, liegt ebenfalls Fahrlässigkeit vor, und er haftet. Im übrigen aber gilt der alte Spruch, daß für den Zufall niemand aufzukommen braucht. Seltsamerweise tritt nun aber vielfach das Bestreben hervor, die Luftschiffer auch darüber hinaus noch, obwohl ihnen doch zurzeit die allgemeine Gunst in so außerordentlichem Maße gehört, in Schadensersatzverpflichtungen zu verstricken. Verschiedentlich ist versucht worden, schon vom Boden des heutigen Rechts aus ihre Schadensersatzpflicht auch bei schuldlos verursachtem Schaden zu begründen, zwar nicht unbeschränkt, aber doch für die Fälle, wo dem unterliegenden Grundeigentümer durch die Luftschiffahrt ein Schade, insbesondere ein Schade an seinem Eigentum, erwachsen ist. Man hat also an Fälle zu denken, wo völlig ohne eigene Schuld des Luftschiffers oder seiner Leute durch einen reinen Unglücksfall, wie z. B. durch ein plötzliches Unwetter, das Luftschiff etwa herabstürzt oder an ein fremdes Bauwerk heranfährt und so Sachen auf der Erde beschädigt. Verfehlt wäre es natürlich, die Schadensersatzpflicht daraus herzuleiten, daß es schon an sich ein Verschulden sei, überhaupt die Luftschiffahrt zu betreiben, da man doch wisse, daß solche Unglücksfälle sich immer ereignen könnten. Aber dieser Gedanke, mit dem man früher wohl die Haftung bei gewissen anderen gefährdenden Betrieben hat stützen wollen, darf heute als aufgegeben gelten. Er war ja auch juristisch gar nicht zu halten. Wie kann es ein Verschulden sein, zu tun, was doch durchaus getan werden muß? Wie wir nicht ohne Eisenbahn auskommen können, so können und wollen wir nicht mehr ohne Luftschiffe auskommen. *Navigare necesse est, vivere non est necesse* — der stolze bremische Spruch gilt auch hier. Aber man hat trotzdem gesagt¹⁾, wie der Eisenbahnunternehmer auch ohne Verschulden lediglich deshalb hafte, weil er eben das Eisenbahnunternehmen

¹⁾ K i p p „Luftschiffahrt und Grundeigentum“ in der Juristischen Wochenschrift 1908 Nr. 19 S. 643 ff. Zustimmend Meurer a. a. O. (s. oben S. 273 Anm. 1) S. 16.

betreibe, so hafte auch der Luftschiffer dem beschädigten Grundeigentümer ohne weiteres, denn die Rechtsgarantie des Eigentums dürfe nicht um der Interessen Dritter willen versagen. Wenn der Eigentümer dulden müsse, daß der Luftschiffer durch den Luftraum über seinem Grundstück fahre, so sei das nur denkbar unter der Voraussetzung, daß dieser auch für die damit verbundenen Gefahren aufzukommen habe. Aber hier war wohl der Vater des Gedankens: mit Recht ist erwidert worden, diese Begründung sei keine Begründung aus dem vorhandenen Gesetz, sondern höchstens eine Umschreibung der Tatsache, daß eine Schadensersatzpflicht des Luftschiffers in gewissen Fällen dem Rechtsbewußtsein entspreche — das wäre also eine Anforderung an die künftige Gesetzgebung.

Ein zweiter Schriftsteller ¹⁾ widerspricht zwar der soeben mitgeteilten Begründung, kommt aber gerade durch diesen Widerspruch zu einem Satz, aus dem, wenn er richtig wäre, das Bestehen der Schadensersatzpflicht ebenfalls gefolgert werden müßte, obwohl der Verfasser diesen Schluß nicht zieht. Der Grund, so sagt er, aus dem jener Rechtssatz bei den Eisenbahnen gelte, treffe für die Luftschiffahrt nicht zu, denn der Grundeigentümer müsse sich zwar die Einwirkung vorüberfahrender Eisenbahnwagen gefallen lassen, die Luftschiffahrt brauche er sich aber nicht gefallen zu lassen, vielmehr stehe ihm uneingeschränkt ein Anspruch auf Unterlassung der Luftschiffahrt über seinem Grundstück zu; aus § 905 dem Grundeigentümer die Duldungspflicht in bezug auf die Luftschiffahrt aufzuerlegen, weil er kein Interesse an ihrer Ausschließung habe, sei unrichtig; denn da es, gleichgültig, wie hoch der Ballon schwebe, jeden Augenblick möglich sei, daß etwas aus dem Ballon oder der Ballon selbst auf das Grundstück herabfalle, so sei auch das Interesse des Eigentümers an der Unterlassung immer vorhanden. Wenn aber — so würde man nun weiter folgern müssen — ein Anspruch auf Unterlassung besteht, so wird der Luftschiffer schon deshalb schadensersatzpflichtig, weil er durch Ausübung der Luftschiffahrt jenem Anspruch zuwiderhandelt. Ich halte dies für unrichtig: jener Vordersatz ist zu leugnen. Die Widerlegung ist freilich nicht leicht; ich muß mich hier darauf beschränken zu sagen: das vom BGB geforderte Interesse des Eigentümers an der Unterlassung der Handlung ist im Sinne dieser Gesetzesbestimmung nicht schon dadurch gegeben, daß die Handlung ihn bloß gefährdet, d. h. daß sie möglicherweise bei Eintreten ganz besonderer weiterer Umstände ihn schädigen könnte, sondern nur dadurch, daß sie ihn durch ihre eigenen unmittelbaren Folgen wirklich schädigt. Darum hatte ich vorher auch gesagt, daß der Luftschiffer, wenn er sich nur hoch genug halte, unbedenklich auch das Luftgebiet fremder Grundstücke durchfahren dürfe.

Von einer dritten Seite ²⁾ endlich ist folgende Begründung versucht worden: Der Eigentümer, in dessen Eigentum störend eingegriffen werde, habe nach dem Gesetz — und dies ist richtig — einen Anspruch auf Beseitigung der „Beeinträchtigung“; wenn nun der Eigentümer geschädigt sei durch Herabfallen des Ballons usw.,

¹⁾ L u d o w i e g „Zur Schadensersatzpflicht des Luftschiffers“ in der Juristischen Wochenschrift 1908 Nr. 21 S. 705.

²⁾ L i n c k e l m a n n „Luftschiffahrt und Grundeigentum“ in der Juristischen Wochenschrift 1909 Nr. 1 S. 8 ff.

so bestehe die Beeinträchtigung eben in dem angerichteten Schaden, die Beseitigung der Beeinträchtigung also in der Wiederherstellung der beschädigten Sache — damit sind wir beim Schadensersatz. Auch dies halte ich für unmöglich: es würde ja zu einer allgemeinen Haftung aus jeder unverschuldeten Schadensverursachung dem Eigentümer gegenüber führen, die doch den anerkannten Grundsätzen unseres Rechts (BGB § 823) durchaus widerspricht. Zudem: eine fortdauernde Beeinträchtigung, die beseitigt werden könnte, ist im Sinne des Gesetzes nur vorhanden, wenn den Befugnissen des Eigentümers zuwider ein anderer fortdauernd auf die Sache durch Handeln einwirkt oder einen Zustand geschaffen hat, der immer aufs neue dem Ausschließungsrecht des Eigentümers widerspricht: die Beeinträchtigung selbst muß fortauern, nicht bloß die Wirkung der einmaligen vorübergegangenen Beeinträchtigungshandlung, sofern diese Wirkung nicht selbst wieder einen Widerspruch gegen den Eigentumsinhalt darstellt. Das Beschädigt w e r d e n der Sache durch einen Dritten widerspricht dem Inhalt des Eigentums; das Beschädigt s e i n der Sache widerspricht dem Eigentum an dieser nun einmal beschädigten Sache gewiß nicht.

Demnach komme ich zu dem Ergebnis: nach bestehendem Recht haftet der Luftschiffer für den Schaden, den er dem unterliegenden Grundeigentümer schuldlos zufügt, nicht. Um so weniger haftet er für den, einem beliebigen Dritten gegenüber schuldlos verursachten Schaden.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch einen öfter vorkommenden Fall erwähnen, der nach einer mir gewordenen Mitteilung sogar schon anfangs der neunziger Jahre in Frankfurt a. M. zur gerichtlichen Entscheidung gelangt ist. Ein Luftschiff landet auf einem fremden Grundstück, und nun stürmt die Menschenmenge heran, um den Ballon anzusehen, und zertritt dabei Felder und Fluren. Das Amtsgericht soll damals dem Grundeigentümer, der auf Schadensersatz gegen den Luftschiffer klagte, Recht gegeben haben. Ich kritisiere diese Entscheidung nicht, da ich sie und den konkreten Fall, für den sie erfolgt ist, nicht näher kenne; ich nehme nur den Fall selbst und unterwerfe ihn der Beurteilung nach heutigem Recht. Da kommt es denn vor allen Dingen darauf an, welcher Grundeigentümer es ist, der klagt. Dem Eigentümer des Grundstücks, auf dem der Luftschiffer angelandet war, ist allerdings im allgemeinen der Anspruch auf Schadensersatz zuzubilligen. Denn entweder geschah die Anlandung mit seiner Bewilligung: dann ist sie zwar nicht widerrechtlich, aber im Zweifel wird anzunehmen sein, daß die Bewilligung nur unter Vorbehalt des Schadensersatzes erbeten und erteilt ist; und ebenso steht es ¹⁾, wenn die Bewilligung zwar nicht erteilt ist, aber nach den Umständen die Annahme gemacht werden durfte, daß der Grundeigentümer sie erteilen würde, wenn er zugegen wäre. Oder die Anlandung geschah im Notstand: dann ist sie zwar ebenfalls nicht widerrechtlich, aber die Schadensersatzpflicht folgt, wie früher erwähnt, aus § 904. Oder endlich sie geschah wider das wirkliche oder zu befürchtende Verbot des Grundeigentümers: dann ist sie eine widerrechtliche Verletzung des Grundeigentums und verpflichtet nach § 823 zum Schadensersatz. Damit ist aber noch keineswegs gesagt, daß in allen diesen Fällen auch der Schade zu ersetzen ist, der

¹⁾ Vgl. Z i t e l m a n n „Ausschluß der Widerrechtlichkeit“, Tübingen 1906, S. 128 ff.

dem Grundeigentümer durch herbeieilende Dritte zugefügt ist; insbesondere bleibt die Frage übrig, ob zwischen dem Anlanden und der Tatsache, daß durch die schaulustige Menge das Grundstück zertreten wird, ein auch im juristischen Sinne genügender Kausalzusammenhang besteht, eine Frage, die hier nicht erörtert werden kann. Jedenfalls aber braucht der Luftschiffer einen Schadensersatz höchstens an den Eigentümer des Grundstücks zu leisten, auf dem er angelandet ist, niemals aber an etwa benachbarte Grundeigentümer, deren Grundstücke durch die Volksmenge beschädigt worden sind. Wenn der Grundeigentümer selbst als Luftschiffer auf seinem eigenen Grundstück gelandet wäre, so wäre er sicherlich nicht verpflichtet, seinen Nachbarn den durch die Menge verursachten Schaden zu ersetzen, denn er darf innerhalb der Grenzen seines Eigentums tun, was er will: daraus folgt aber, daß auch der fremde Luftschiffer den Nachbarn nicht schadensersatzpflichtig ist; denn auf ihre Erlaubnis kommt es, da er ja ihre Grundstücke nicht benutzt, nicht an, und selbst wenn er gegen das Verbot des ersten Grundeigentümers handelt, so begeht er doch eine Rechtswidrigkeit nur diesem gegenüber, aber niemals gegenüber dessen Nachbarn.

Es fragt sich demnach nur noch, ob eine Änderung des bestehenden Rechtszustandes in bezug auf die Schadensersatzpflicht notwendig ist. Man hat ¹⁾ unumwunden den gesetzgeberischen Satz gefordert, daß der Unternehmer der Luftschiffahrt für den bloß veranlaßten Schaden haften müsse; ja man hat dies sogar für den letztbesprochenen Fall getan: ebenso wie bei Ausstellungen, Wettfahrten und dergleichen müsse der Unternehmer hier Schadensersatz leisten; es sei unbefriedigend, wenn der Grundeigentümer an ein paar tausend Personen verwiesen würde. Aber diese letztere Forderung ist denn doch allzu weitgehend: wohin sollte das führen — man male es sich nur aus! Dann würde sich schließlich ein berühmter Mann überhaupt nicht mehr auf die Straße wagen dürfen!

Indes auch von den Besonderheiten dieses Falles abgesehen: erfordert die Gerechtigkeit wirklich den Satz, daß der Luftschiffer zum Schadensersatz verpflichtet sei, wenn er, obwohl ohne Schuld, fremde Personen oder Sachen beschädigt hat ²⁾? In dieser Allgemeinheit wäre der Satz jedenfalls viel zu weit, er würde zu Folgerungen führen, die sicher nicht erwünscht wären; es käme also darauf an, eine nähere Begrenzung für ihn zu finden. In manchen Anwendungsfällen scheint nun mir selbst viel für jenen Satz zu sprechen. Insbesondere macht für den Fall, daß es sich um eine Eigentumsschädigung gegenüber dem Eigentümer des unterliegenden Grundstückes handelt, auch mir die vorher schon mitgeteilte Begründung Eindruck, daß die Erlaubnis für den Luftschiffer, über fremde Grundstücke hinaufzufahren, sich praktisch nur aufrecht erhalten lasse, wenn ihm auch die Verpflichtung auferlegt werde, schlechthin für die mit solchem Überfliegen fremder Grundstücke verbundenen Gefahren aufzukommen. Trotzdem ist meines Erachtens von der gesetzgeberischen Einführung eines solchen Satzes einstweilen dringend abzuraten. Denn ich fürchte, wir würden damit doch wieder den Weg einer Zufallsgesetzgebung wandeln. Der Grund, aus dem man in diesem Fall eine Haftung des Luftschiffers

¹⁾ Meili in der S. 270 Anm. 1 angeführten Schrift S. 84.

²⁾ Dafür Gareis a. a. O. (s. oben S. 287 Anm. 1).

will, trifft ebenso bei einer ganzen Anzahl anderer Fälle außerhalb des Luftschiffahrtsrechts zu, für die ein entsprechender Rechtssatz zweifellos nicht besteht und auch gar nicht ins Auge gefaßt ist. Und selbst innerhalb des Luftschiffahrtsrechts: besteht ein entscheidender Grund dafür, Beschädigungen von Sachen und von Personen verschieden zu behandeln? und soll wirklich für den Schaden, der dritten auf dem Grundstück anwesenden Personen zugefügt ist, etwas anderes gelten als für den, welchen der Grundeigentümer selbst erleidet? endlich: falls man dies bejaht, würde man damit nicht auch zu einer Haftung kommen, wenn bei einer Überfahrt über öffentliche Straßen und Plätze Personen oder Sachen beschädigt würden? Kurz, man wird auf diese Weise immer weiter getrieben: eine Begrenzung des Satzes, die praktisch brauchbar und zugleich als gerecht zu rechtfertigen wäre, ist einstweilen noch nicht gefunden.

Nun wird man freilich auf die besonderen Haftungsgrundsätze hinweisen, die — in verschiedenem Maße — für Eisenbahnen, für Kraftfahrzeuge, für Seeschiffe gelten, und ihre Übertragung auf die Luftschiffe zur Erwägung stellen. Die ersten beiden Analogien scheinen mir indes nicht zutreffend. Der Grund der Sonderbehandlung der Eisenbahnen und Kraftfahrzeuge in bezug auf die Haftpflicht gegenüber Dritten ergibt sich wesentlich daraus, daß sie auch räumlich in den allgemeinen Verkehr hineingefügt sind: sie bilden durch ihre Natur notwendig eine Gefahr für diesen Verkehr. Ganz anders aber bei Luftschiffen, deren Element bisher völlig frei war. Gewiß bringen auch die Luftschiffe eigentümliche Gefahren gegenüber Unbeteiligten mit sich, aber nicht sowohl Gefahren für den allgemeinen Verkehr, sondern Gefahren, wie sie dem einzelnen überall drohen. Daß ein Flügel der Luftschiffschraube abfliegt und Sachen oder Personen beschädigt, ist nicht anders zu werten, als daß ein Ziegel vom Dach fällt. Am wenigsten würde vom allgemeinen Recht abgewichen werden, wenn man sich darauf beschränkte, die Bestimmung des Seerechts auszudehnen, derzufolge der Reeder für allen Schaden verantwortlich ist, den eine Person der Schiffsbesatzung einem Dritten durch ihr Verschulden in Ausführung ihrer Dienstverrichtungen zufügt, ohne daß der Reeder sich der Haftung durch den Nachweis entziehen könnte, daß er die Personen der Besatzung vorsichtig ausgewählt und genügend beaufsichtigt habe; freilich tritt die Haftung des Reeders nur mit Schiff und Fracht ein. Aber selbst hier muß man sagen: ein dringendes Bedürfnis nach einer solchen schärferen Haftungsbestimmung liegt nicht vor — oder richtiger, das Bedürfnis danach ist bei Luftschiffen nicht größer als in zahlreichen sonstigen Fällen, für die der Satz bisher zweifellos nicht gilt.

Ich meine: eine übereilte Sondergesetzgebung ist unter allen Umständen gefährlicher als das einstweilige Festhalten am gegebenen allgemeinen Recht. Hier heißt es abwarten: wir müssen erst beobachten, wie sich die neuen Erfindungen tatsächlich in den Verkehr einfügen werden, und ob sich dabei Mißstände ergeben, die einer Abhilfe auf dem Gebiete des Rechts bedürfen. Es kommt ja auch sehr darauf an, wie unsere Richter die vorhandenen allgemeinen Bestimmungen gerade bei der Luftschiffahrt anwenden, insbesondere wie sie die Anforderungen auffassen werden, denen der Luftschiffer genügen muß, um nicht fahrlässig zu sein. Auch hierin heißt es also abwarten. Je mehr das Verständnis für alles, was den Betrieb der Luftschiff-

fahrt angeht, auch in den Kreisen der Juristen wächst, desto mehr dürfen wir hoffen, daß sie schon im Rahmen des bisherigen Rechts Entscheidungen finden werden, welche eine richtige Vermittlung darstellen zwischen den Interessen der Luftschiffahrt, die wir doch möglichst gefördert sehen wollen, und den Interessen der Sicherheit von Eigentum und Personen.

Wie die junge Wissenschaft des Luftschiffahrtrechts schon jetzt einen guten Flug genommen hat, so wollen wir auch der künftigen Rechtsprechung in Luftschiffahrtsachen ein kräftiges „Glück ab“ zurufen.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke), Berlin N.
und Fürstenwalde (Spree).

Allgemeiner Teil.

Von

Professor Dr. phil. Dr.-Ing. **B. Lepsius.**

A. Zur Geschichte der Ausstellung.

1. Vorbereitung.

Im Herbst des Jahres 1908 machten sich Bestrebungen geltend, in München eine Luftschiffahrtausstellung vorzubereiten. Trotz mancher eifrigen Fürsprache brachten jedoch entgegenstehende Schwierigkeiten diesen Plan zum Scheitern. Der in Sportkreisen bekannte Münchner Dr. Gans-Fabrice versuchte daher, diesem Plane in Frankfurt a. M. Freunde zu werben, wo die mehr zentrale Lage der Stadt und die nach den Plänen Friedrichs von Thiersch jüngst errichtete große städtische Festhalle diese Absicht zu begünstigen schienen, und wo die in Deutschland allgemeine Begeisterung für die Luftschiffahrt durch den im Dezember 1908 dort abgehaltenen Deutschen Luftschiffertag neue Nahrung gefunden hatte.

Trotz der geringen bis zum nächsten Sommer zur Verfügung stehenden Zeit gelang es den Bemühungen des Frankfurter Luftschiffer-Vereins, weitere Kreise für den Plan einer Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung zu gewinnen, dessen Vorsitzender, der Handelskammer-Präsident und Geheimer Kommerzienrat Jean Andreae, alsbald das Interesse des weitblickenden Oberbürgermeisters Dr. Adickes und der Frankfurter Presse zu erwecken mußte.

Vor allem galt es, für die Leitung des Unternehmens die Mitwirkung geeigneter Persönlichkeiten zu erlangen, die aber dank der Bemühungen des Herrn Vereinsvorsitzenden alsbald gefunden wurden, indem die Herren Geheimer Kommerzienrat Dr. Leo Gans, Geheimer Regierungsrat Dr. Varrentrapp und Walther vom Rath das Präsidium zu übernehmen sich bereit fanden, und es gelang, den allen Aeronauten wohlbekannten und für die Entwicklung der Luftschiffahrt hochverdienten Herrn Major von Tschudi als Direktor der Ausstellung zu gewinnen.

Das Amt eines Syndikus der Ausstellung übernahm Herr Rechtsanwalt Dr. jur. L. Joseph.

Auch der für ein solches Unternehmen unentbehrliche Garantiefonds wurde mit Hilfe einer eifrigen Propaganda und des oft bewährten Vertrauens, das die Frankfurter Bürgerschaft auch dieser neuen und großen Aufgabe entgegenbrachte, bald herbeigeschafft: Schon nach wenigen Wochen waren für diesen Zweck 800 000 M. gezeichnet, die sich später auf rund $1\frac{1}{4}$ Million Mark vermehrten. Für Preisstiftungen standen bei Beginn der Ausstellung ferner 200 000 M. zur Verfügung.

2. Organisation.

Nachdem so das Fundament für das Werk gelegt, schritt man zur Organisation der Arbeit. Den Herren Präsidenten wurden Arbeitsausschüsse an die Seite gestellt, dessen Vorsitzende mit dem Präsidium, dem Direktor, dem Syndikus und einigen Beiräten zum Ausstellungsvorstande zusammentraten. Ferner wurde zum Zwecke der Beratung allgemeiner Fragen ein sog. Großer Ausschuß berufen, dem eine Anzahl von Ehrenmitgliedern beitraten, während die Spitzen der Staatsbehörden und der Stadt der Bitte folgten, das Ehrenpräsidium zu übernehmen. Endlich wurde durch ein auswärtiges Ehrenkomitee die Internationalität der Ausstellung gewahrt.

Die Organisation setzte sich sonach aus folgenden Personen zusammen:

Ehren-Präsidium.

Exzellenz von Eichhorn, General der Infanterie, kommandierender General des 18. Armeekorps, Frankfurt a. M.

Exzellenz Hengstenberg, Oberpräsident der Provinz Hessen-Nassau, Kassel.

Oberbürgermeister Dr. Franz Adickes, Frankfurt. a. M.

Vorstand.

Leo Gans, Geheimer Kommerzienrat, Dr., Vorsitzender.

Varrentrapp, Geheimer Regierungsrat, Bürgermeister a. D., Dr., stellvertretender Vorsitzender.

Walther vom Rath, stellvertretender Vorsitzender.

Rechtsanwalt Dr. L. Joseph, Schriftführer und Syndikus.

Major a. D. von Tschudi, Direktor der Ausstellung.

Hauptmann a. D. Thewalt, Vertreter des Direktors.

Gans-Fabrice, Paul, Dr., technischer Beirat, Herrenhaus Schmölz bei Garmisch.

Linke, Franz, Dr., wissenschaftlicher Beirat.

Andraea, Jean, Geheimer Kommerzienrat, Vorsitzender des Frankfurter Vereins für Luftschiffahrt, Generalkonsul, Vorsitzender des Großen Ausschusses.

Engler, Eduard, Vorsitzender des Fest-Ausschusses.

Höchberg, Otto, Vorsitzender des Finanz-Ausschusses.

Ilse, Emil, Oberst, Chef des Generalstabs des 18. Armeekorps, Vorsitzender des Ordnungs- und Verkehrs-Ausschusses.

Lepsius, Bernhard, Professor Dr., Vorsitzender des Wissenschaftlich-technischen Ausschusses, Griesheim a. M.

Sidler, Carl, Stadtverordneter, Vorsitzender des Wirtschafts-Ausschusses.

Stoltze, Friedrich, Stadtverordneter, Vorsitzender des Bau- und Dekorations-Ausschusses.

Trumpler, Dr., Syndikus der Handelskammer, Vorsitzender des Presse-Ausschusses.

Wurbach, Julius, Fabrikant, Vorsitzender des Sport-Ausschusses.

Internationales Ehrenkomitee.

Amundson, Hauptmann, Stockholm.

Alßmann, Geheimer Regierungsrat, Professor Dr., Direktor des Kgl. Preuß. Aeronaut. Observatoriums, Lindenberg.

Bishop, Field Cortlandt, Esq., President of the Aero Club of America, New York.
Son Altessse le Prince Borghese, Rom.

Busley, Professor, Geheimer Regierungsrat, Berlin.

Groß, Major, Kommandeur des Luftschiffer-Bataillons, Berlin.

Hergesell, Professor Dr., Geheimer Regierungsrat, Direktor des Met. Landesdienstes von Elsaß-Lothringen, Präsident der Intern. Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt, Straßburg.

Hinterstoißer, K. und K. Hauptmann, Kommandant der Militär-Aeronautischen Kurse, Wien.

Jacobs, Ferdinand, Notar, Präsident des Belg. Aeroklubs, Brüssel.

Kowanjko, Exzellenz, Generalmajor, Chef des Kaiserl. Russ. Luftschiffer-Parks, St. Petersburg.

von Parseval, Major z. D., Berlin.

Schaeck, Oberst, Bern.

Snyders, C. J., Generalmajor, Souschef des Generalstabes der Königl. Niederl. Armee, Haag.

Comte de la Vaulx, Vicepräsident des „Aéroclub de France“, Paris.

Vives y Vich, Oberst, Guadalajara, Spanien.

Wallace, Roger W., Esq., President of the Aeroclub of the United Kingdom, London.

von Zeppelin, Exzellenz, Graf, Dr.-Ing., General der Kavallerie z. D. à la suite, Friedrichshafen.

Großer Ausschuß.

Ehren-Mitglieder:

Andreae, Jean, Geh. Kommerzienrat, Präsident der Handelskammer, Vorsitzender.
Beling, Reichsbankdirektor.

Friedleben, Fritz, Justizrat Dr., Vorsitzender der Stadtverordneten-Versammlung.

Goldberger, R., Geheimer Kommerzienrat, Präsident der ständigen Ausstellungs-Kommission für die Deutsche Industrie, Berlin.

Grimm, Otto, Bürgermeister.

Hagens, Carl, Dr., Exzellenz, Wirklicher Geheimrat und Oberlandesgerichts-Präsident.

Hupertz, Dr., Geh. Oberjustizrat und Oberstaatsanwalt.

Lanz, Karl, Dr., Mannheim.

Maier, Geh. Oberpostrat.

von Meister, Regierungspräsident, Wiesbaden.

Mödebeck, Oberstleutnant z. D., Berlin.

von Nieber, Exzellenz, Generalleutnant, Mannheim.

Prandtl, Professor Dr., Göttingen.

Reuleaux, Franz Lorenz, Eisenbahn-Direktions-Präsident.
 Scherenberg, Fritz, Polizeipräsident und Landrat.
 Scholz, Friedrich, Exzellenz, Generalleutnant und Kommandeur der 21. Division,
 Frankfurt a. M.
 von Sierstorpf, Graf, Vizepräsident des Kaiserlichen Automobilklubs, Berlin.
 Sonnemann, Leopold.
 Vischer, Gustav, Direktor, Kgl. Württembergischer Kommerzienrat, Erster Vor-
 sitzender des Vereins Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller, Stuttgart.

Mitglieder:

Askenasy, Alexander, Ingenieur.
 Beckmann, Max, Oberst.
 von Bissing, Freiherr, Friedrich August, Generalmajor z. D.
 Bode, Paul, Dr., Oberrealschuldirektor.
 Braunfels, Otto, Geh. Kommerzienrat und Konsul.
 von Brüning, Gustav, Dr., Generaldirektor, Höchst a. M.
 Exzellenz von Chappuis, Hermann, Generalleutnant z. D.
 Colnot, Heinrich, Dr., Landgerichtspräsident.
 Curti, Theodor, Direktor.
 Flesch, Dr., Landtagsabgeordneter, Stadtrat.
 Freund, Martin, Professor Dr.
 Fries-Dondorf, Jakob.
 Fulda, Carl.
 Funck, Carl, Landtagsabgeordneter.
 von Goldschmidt-Rothschild, M., Freiherr, Generalkonsul.
 Hertz, Moritz, Dr., stellvertretender Vorsitzender der Stadtverordneten-Versamm-
 lung.
 Horstmann, Georg.
 Kohn, Karl, Direktor.
 Kremski, Maximilian, Major.
 Lang, R., Konsul.
 Merton, Wilhelm, Dr.
 Meyer, Paul, Dr., Oberregierungsrat.
 Oeser, Rudolf, Reichstagsabgeordneter.
 Opel, Carl, Kommerzienrat.
 Oswald, Henry, Dr., Justizrat.
 Passavant, Moritz, Dr., Justizrat.
 von Passavant, Richard, Geh. Kommerzienrat.
 Exzellenz von Pelzer, Hermann, Generalleutnant z. D., Naumburg a. d. S.
 Rößler, Heinrich, Professor Dr.
 Swarzenski, Dr. jur. et phil., Direktor.
 Walter, Max, Realgymnasialdirektor.
 von Weinberg, Carl, Generalkonsul.

Arbeits-Ausschüsse.

Bau- und Dekorations-Ausschuß.

Stoltze, Friedrich, Stadtverordneter, 1. Vorsitzender. — Lion, Rudolf, Stadtverordneter, 2. Vorsitzender. — Grörich, Felix, Stadtbaumeister, Schriftführer. — Körner, E., Professor, Vorsitzender des Dekorations-Ausschusses. — Brütt, Ferd., Professor, Cronberg i. T. — Dröll, Joh. Adam, Stadtverordneter. — Drory, William, Direktor. — Forell, Robert, Kunstmaler. — Habersaat, Ludwig, Ingenieur. — Hausmann, Friedrich, Professor. — Heicke, Carl, Gartendirektor. — Holzmann, Ed., Regierungsbauführer a. D. — Kaempff, Michael. — Kanold, Paul, Bauinspektor. — Kliewer, Johann, Gewerberat. — Kölle, Karl, Stadtrat. — Lauter, Wilhelm, Dr.-Ing. — Lönholdt, Julius, Architekt, Stadtverordneter. — Luthmer, Ferdinand, Professor. — Neher, Ludwig, Baurat. — Paravicini, Paul, Architekt. — Sauerwein, Hermann, Gartenarchitekt. — Schaumann, Gustav, Stadtrat. — Scheelhaase, Direktor. — Schiele, Ludwig, Direktor. — Seeger, Georg, Architekt, Stadtverordneter. — Siesmayer, Philipp, Kgl. Gartenbaudirektor. — Singer, Julius, Direktor. — Sylvester, Friedrich, Bauinspektor. — von Trenkwald, Hermann, Dr., Direktor. — Vespermann, Johann, Bauinspektor. — Vollmar, Betriebsinspektor. — Wilde, Carl, Magistratsbaurat.

Fest-Ausschuß.

Engler, Eduard, 1. Vorsitzender. — Schleußner, Carl, Dr., 2. Vorsitzender. — Frey, Peter, Dr., Schriftführer. — Andreae, Otto. — Bangert, Wilhelm. — Berg, Alex, Dr., Rechtsanwalt. — Böhm, Theodor, Fabrikbesitzer, Offenbach. — Claar, Emil, Intendant. — Daube, Ad. — Davidson, Paul, Direktor. — Drory, William, Direktor. — Flinsch, Edgar. — Freyeisen, Wilhelm. — Gans, Ludwig. — Goering, Viktor, Direktor. — von Grunelius, Max. — Haeffner, Adolf, Generaldirektor. — Hoff, Alfred, Konsul. — Hütz, Hugo, Dr. — Jensen, Paul, Intendant. — von Kuczkowski, Karl, Hauptmann. — Laquer, Leopold, Dr., Sanitätsrat. — Laurenze, Adolf, Groß-Karben. — Löwenstein, August, Oberlehrer. — Mahrenholz, Regierungsrat, A. — Merton, Walter. — Meyer, Alex, Dr., Gerichtsassessor. — Modlinger, Direktor. — Mössinger, Wilhelm. — Mumm von Schwarzenstein, Fritz. — Niederhofheim, Robert, Dr. — von Passavant, Hermann, Konsul. — von Schey, Baron, Philipp, Homburg. — Walluf, Peter.

Direktion des Vergnügungsparkes:

Rodeck, S., Ingenieur.

Finanz-Ausschuß.

Höchberg, Otto, 1. Vorsitzender. — de Neufville, Robert, Kommerzienrat, 2. Vorsitzender. — Dumcke, Paul, Generaldirektor, Schriftführer. — Kahn, Bernhard, Kassenführer der Ausstellung. — Andreae-Siebert, Arthur. — Beit, Eduard, Kommerzienrat. — Borgnis, Carl. — Cahn-Blumenthal, Heinrich. — Ellinger, Leo, Kommerzienrat. — Flörsheim, Gustav. — Fulda, Paul. — Goldmann, Otto. —

Gottlob, Georg, Direktor. — von Grunelius, Carl, Stadtrat. — Hahn, Ludwig, Direktor. — Hauck-von Metzler, Otto. — von Heyden, Alfred, Direktor. — Hochschild, Z., Kommerzienrat. — Hohenemser, M. W. — Horkheimer, Anton, Stadtrat. — Hugenberg, Alfred, Dr., Geh. Oberfinanzrat a. D. — Ladenburg, Ernst, Kommerzienrat. — Landmann, Fr. — Mayer, Ludo, Kommerzienrat. — Melber, Walter. — von Metzler, Moritz. — Nestle, Richard. — Oppenheim, Moritz, N. — von Passavant, Rich., Geh. Kommerzienrat. — Rikoff, A., Dr. — Roger, Carl, Direktor. — von Schey, Baron, Homburg. — Schuster-Rabl, F. W., Konsul. — Siebert, Arthur, Konsul. — von Steiger, Louis, Baron. — Stern, Paul, Dr. — Sulzbach, Karl, Dr. — Weinschenk, Alfred. — Wertheimer-de Bary, Ernst. — Wetzlar, Emil. — Winterwerb, Rudolf, Dr., Direktor. — Zeiß-Bender, Louis, Konsul.

Ordnungs- und Verkehrs-Ausschuß.

Ilse, Emil, Oberst, Chef des Generalstabs des 18. Armeekorps, 1. Vorsitzender. — van Panhuys, Generalkonsul, 2. Vorsitzender. — Müller, K. F., Inspektor, 1. Schriftführer. — Albert, Fritz, 2. Schriftführer. — Peipers, Georg, 3. Schriftführer. — Adelman, Georg. — Anding, August, Postrat. — Andrae, Alfred. — Battes, Alexander, Direktor. — Behrens, Leutnant. — Bürkner, Robert, Hauptmann im Generalstabe des 18. Armeekorps. — Drißler, August. — Du Bois. — Ettlinger, Albert, Dr. med. — Ewald, Oberleutnant. — Fromm, Emil, Dr., Kreisarzt. — Giesecke, Heinrich, Ober-Postinspektor. — Goldmann, Otto. — Hameran, Ottfried, Fabrikant. — Hesse, Hubert, Direktor, Heddernheim. — Hilgers, Regierungs-Assessor. — Hin, Paul, Stadtrat. — Horter, C. W. — Hünninghaus, Reinhard, Direktor. — Katzenstein, R. — Klingenberg, Otto, Verkehrs-Inspektor. — König, Albert, Sanitätsrat, Dr. — Kolligs, Hermann. — Krause, Bau- und Betriebsinspektor, Kgl. Eisenbahndirektion. — Kremski, Maximilian, Major. — Landmann, Fritz, Referendar. — Majer-Leonhard, Fritz, Direktor. — Mappes, Generalkonsul. — Marx, Karl, Dr. — Melber, Friedrich, Konsul. — Minjon, Hermann. — von Mücke, Freiherr, Leutnant. — Rheinberg, Herbert, Dr. — Rheinberg, Julius. — Rikoff, A., Dr. — Roediger, Ernst, Sanitätsrat, Dr. — Röver, August, Fabrikbesitzer. — Schänker, Johann, Branddirektor. — Schlesicky, Christian, Königstein i. S. — Schluckebier, Albert, Postrat. — Schwarz, Regierungs- und Baurat, Kgl. Eisenbahndirektion. — Stinnes, Gustav, Dr. — Stremmel F. C., Direktor des Frankfurter Verkehrs-Vereins. — Walluf, Peter. — Wild, Achill.

Presse- und Propaganda-Ausschuß.

Trumpler, Hans, Dr., Syndikus der Handelskammer, 1. Vorsitzender. — Lorsch, Adolf, Redakteur der Frankfurter Zeitung, 2. Vorsitzender. — Mathern, Redakteur des General-Anzeiger, 3. Vorsitzender. — Elbau, Julius, Redakteur der Kleinen Presse, Schriftführer. — Bechthold, J. H., Dr. — Blänsdorf, Richard, Sekretär der Frankfurter Zeitung. — Busch, August, Dr., Direktor des Statistischen Amtes. — Collin, A., Depeschsbureau Herold. — Ebrard, Friedrich, Professor Dr., Geh. Konsistorialrat Direktor der Stadtbibliothek. — Fleischer, Max, Redakteur

der Mainbrücke. — Förster, E. D. — Ganter, Dr. — Giesen, Alexander, Redakteur der Frankfurter Zeitung, Vorsitzender des Frankfurter Journalisten- und Schriftsteller-Vereins. — Hecht, Redakteur des Intelligenzblattes. — Heil, Heinrich, Hauptredakteur des Frankfurter Volksblattes. — Hohenemser, Paul, Dr. — Listowsky, Paul, Chefredakteur der Kleinen Presse. — Manes, Hugo, Handelsrichter. — Modlinger, Direktor. — Pomplun, Wilh., Wolfsches Telegraphenbureau. — Reißmann, Direktor der Stadt-Kanzlei. — Rösel, Richard, Dr., Direktor. — Stern, N., Diplom-Ingenieur. — Stern, Otto, Privatier. — Stremmel, F. C., Direktor des Frankfurter Verkehrs-Vereins. — Ursinus, Oskar, Ingenieur. — Varenkamp, A., Direktor. — Weber, Sekretär. — Wüst, Heinrich, Redakteur der Sonne. — Zieler, Gustav, Dr., Redakteur des General-Anzeiger. — Zielowski, Otto, Redakteur der Volksstimme.

Sport-Ausschuß.

Wurmbach, Julius, Fabrikant, 1. Vorsitzender. — Böninger, Moritz Hch., 2. Vorsitzender. — Steinwachs, Hans, Schriftführer, Offenbach, — Andreae, August. — von Beckerath, Rittmeister a. D. — von Bissing, Generalmajor z. D. — Boller, Wilhelm, Professor, Dr. — Engelhard, Armin, Ingenieur. — Engler, Eduard. — Euler, August. — Gans-Fabrice, Paul, Dr., Herrenhaus Schmölz bei Garmisch. — Grüder, Paul, Referendar. — Hütz, Hugo, Dr. — Ilse, Emil, Oberst, Chef des Generalstabs des 18. Armeekorps. — Koch, Adolf, Reinhard. — Korn, Max. — Levin, W., Dr., Stadtrat. — Liebmann, Louis, Dr. — Linke, Franz, Dr. — Merzbach, Paul. — Meyer, Alex, Dr., Gerichtsassessor. — Mössinger, Wilhelm. — Neumann, Otto, Direktor. — Niederhofheim, Robert, Dr. — Sauerwein, Hermann, Gartenarchitekt. — de Stoutz, Robert, Diplom-Ingenieur — Stuhlmann, Oberleutnant. — Teves, Alfred. — von Weinberg, Arthur, Dr.

Wirtschafts-Ausschuß.

Sidler, Carl, Stadtverordneter, 1. Vorsitzender. — Schuenemann, Theodor, 2. Vorsitzender. — Herwig, Emil, Schriftführer. — Andreae, Carlo, Dr., Rechtsanwalt, — Auffenberg, Otto, Dr., Rechtsanwalt. — Binding, Fritz. — Cornill, Albert. — Diener, Richard. — Egly-Manskopf, Georg. — Feist-Belmont, Alfred. — Fromm, Josef, Stadtverordneter. — Goll, Emil, Stadtverordneter. — Gottlob, Georg, Direktor, Frankfurter-Hof A.-G. — Haas, Ludwig, Dr. — Hagedorn, Ernst. — Heerdt, Rudolf, Direktor. — Horkheimer, Anton, Stadtrat a. D. — Jung, Adolf, Stadtverordneter. — Kahn, Bernhard. — Kiefer, Georg. — Kuchler, Eduard. — Majer-Leonhard, Hans, Referendar. — Marx, Eduard. — Mayer, Eduard von. — Metzger, Moritz, Privatier. — Metzler, Hugo. — de Neufville, Robert, Kommerzienrat. — Oppenheimer, Carl Emil. — Oppenheimer, Jacques. — Panizza, Fritz. — von Passavant, Hermann, Konsul. — Rasor, August. — Redner, J. Ph., Verwalter. — Ronnefeldt, Rudolf. — Roques-Mettenheimer, E., Konsul. — Rosenbaum, Heinrich. — Ziemssen, Franz, Hauptmann.

Wissenschaftlich-technischer Ausschuß.

Lepsius, Bernhard, Professor Dr., 1. Vorsitzender, Griesheim. — Salomon, Professor, Generaldirektor, 2. Vorsitzender. — Linke, Franz, Dr., 1. Schriftführer. — Epstein, Joseph, Professor Dr., 2. Schriftführer. — Becker, Heinrich, Professor Dr. — von Beckerath, Robert, Rittmeister a. D. — Blumenthal, E., Generaldirektor. — Böninger, Mor. Heinr. — Boller, Wilhelm, Professor Dr. — Braun, Franz, Dr. — Déguisne, Carl, Professor Dr. — Drory, William, Direktor. — Engelhard, Armin, Ingenieur. — Epstein, Wilhelm, Dr. — Euler, August. — Fellner, Joh. Chr. — Freudenberg, H., Dr. — Freund, Professor Dr. — Gans-Fabrice, Paul, Dr., Herrenhaus Schmölz bei Garmisch. — Hartmann, Eugen, Professor. — Ilse, Emil, Oberst, Chef des Generalstabs des 18. Armeekorps. — Isbert, A., Dr. — Jordan, Fritz, Direktor. — Kleyer, Heinrich, Kommerzienrat, Generaldirektor. — Koch, Adolf Reinhard. — Köster, E. W., Direktor. — Ladenburg, August. — Liebmann, Louis, Dr. — von Meister, H., Dr. — de Neufville, Rudolf, Dr. — Popp, H., Dr. — Reichenbach, Heinrich, Prof. Dr. — Reißmann, Rudolf, Oberingenieur. — Roediger, E., Dr., Sanitätsrat. — Rößler, Fritz, Dr., Direktor. — Sauerwein, Hermann, Gartenarchitekt. — Schubert, Paul, Stadtverordneter. — Steinwachs, Hans, Offenbach. — Stern, N., Diplom-Ingenieur. — Uhlfelder, H., Magistrats-Baurat. — Wachsmuth, Richard, Professor Dr. — Wahl, Gustav, Dr., Bibliothekar der Dr. Senckenbergischen Bibliothek. — von Weinberg, Arthur, Dr. — Wirth, R., Dr. — Wolff, Konrad, Direktor d. Allg. Elektr. Ges. — Wurmbach, Julius. — Zunz, Ingenieur.

Der Wissenschaftlich-technische Ausschuß sonderte zur Behandlung rein wissenschaftlicher Fragen einen Unterausschuß ab als

Wissenschaftliche Kommission.

Wachsmuth, Professor Dr., Vorsitzender. — Déguisne, Professor Dr., Schriftführer. — Lepsius, Professor Dr. — Salomon, Professor Dr. — Linke, Dr. — Epstein, Professor Dr. — Boller, Professor Dr. — Epstein, W., Dr. — Freudenberg, Dr. — Hartmann, Professor. — Köster, Direktor. — de Neufville, Dr. — Reißmann, Oberingenieur. — Rößler, F., Dr. — Wahl, Dr.

3. Verwaltung.

Die Führung der Geschäfte des Ausstellungsunternehmens lag im wesentlichen dem Vorstande ob. Die Ausschüsse bearbeiteten die ihnen geschäftsordnungsmäßig zugewiesenen Materien, legten sie mit ihrer Meinungsäußerung dem Vorstande vor und führten dessen Beschlüsse aus. Untenstehend ist die Geschäftsordnung und Geschäftsverteilung für die Einzelausschüsse abgedruckt.

Die Organisation entspricht in den Grundzügen derjenigen früherer Ausstellungen, insbesondere der Frankfurter Internationalen elektrotechnischen Ausstellung 1891, und hat sich im großen und ganzen wohl bewährt. Die Erfahrungen, welche man bei anderen Ausstellungen und ähnlichen Unternehmungen gemacht, ließen es angezeigt erscheinen, den zahlreichen Vertragsschließenden Gewißheit

darüber zu verschaffen, wer juristisch als Träger von Rechten und Pflichten und gegebenenfalls bei Gericht als legitimiert zur Vertretung des Ausstellungsunternehmens anzusehen sei. Es lag nahe, zu diesem Behufe einen Verein zu bilden, die Eintragung desselben in das Vereinsregister zu bewirken und damit die Rechtsfähigkeit zu erlangen. Der zuständige Registerrichter hatte gegen die Eintragung eines solchen Vereins Bedenken, die, wenn auch an sich unbegründet, in langwierigem Instanzenweg hätten bekämpft werden müssen. Da hierzu die Zeit nicht ausreichte, entschloß man sich zur Bildung einer G. m. b. H. mit dem geringsten gesetzlich zulässigen Gesellschaftskapital. Die Gesellschafter wurden aus der Zahl der Garantiezeichner entnommen. Das Statut der G. m. b. H. ist unten abgedruckt. Das Ausstellungsunternehmen wurde danach formell juristisch durch die Geschäftsführer der G. m. b. H., Major a. D. von Tschudi und in dessen Vertretung Rechtsanwalt Dr. Joseph vertreten; hierdurch wurde die Selbständigkeit der übrigen Verwaltungsorgane in keiner Weise berührt. Wie aus dem Statut ersichtlich, ist von vornherein über die Verwendung eines etwaigen Überschusses Bestimmung getroffen. Dieser Fall ist leider nicht praktisch geworden; es dürfte sich jedoch für ähnliche Unternehmungen die vorherige Bestimmung empfehlen.

Übrigens hat der Registerrichter neuerdings unter Aufgabe seines ablehnenden Standpunkts ein anderes Ausstellungsunternehmen als Verein eingetragen.

Geschäfts-Ordnung

für die Leitung der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung Frankfurt a. M. 1909.

§ 1.

Zur Leitung und Bearbeitung der mit dem Ausstellungsunternehmen verbundenen Geschäfte sind folgende Organe berufen:

1. der Ausstellungsvorstand,
2. die Ausschüsse, und zwar
 - a) der Große Ausschuß,
 - b) die Einzelausschüsse, zunächst folgende:
 Ausschuß für Wissenschaft und Technik,
 Finanz-Ausschuß,
 Bau- und Dekorations-Ausschuß,
 Wirtschafts-Ausschuß,
 Ausschuß für festliche Veranstaltungen,
 Ordnungs- und Verkehrs-Ausschuß,
 Propaganda- und Presse-Ausschuß.

§ 2.

Die Leitung sämtlicher Geschäfte erfolgt durch den Ausstellungsvorstand. Derselbe vertritt das Ausstellungsunternehmen nach Maßgabe dieser Geschäftsordnung und der ihm von der „Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung, Gesellschaft mit beschränkter Haftung“ erteilten Vollmachten.

Der Vorstand hat die Berechtigung, sich durch Zuwahl zu ergänzen und zu erweitern.

§ 3.

Der Ausstellungsvorstand besteht aus

- einem Vorsitzenden, zwei Stellvertretern des Vorsitzenden, dem technischen Leiter, dem Rechtsbeistand (welcher zugleich das Amt des Schriftführers versieht) und den ersten Vorsitzenden des großen Ausschusses und der Einzelausschüsse.

§ 4.

Die Einberufung zu den Sitzungen des Vorstandes und der Ausschüsse erfolgt durch schriftliche oder telefonische Mitteilung. Über die Verhandlungen wird Protokoll geführt, welches in der nächsten Sitzung verlesen wird, wenn Abschrift desselben nicht vorher allen Mitgliedern zugegangen ist. Das Protokoll ist vom Vorsitzenden und Schriftführer zu unterzeichnen. Der Vorstand erhält jeweils Abschrift des Protokolls der Ausschüsse; die Ausschüsse erhalten jeweils durch den Vorstand Abschrift der sie betreffenden Teile vom Protokoll des Vorstandes und der anderen Ausschüsse.

§ 5.

Der Vorstand ist bei Anwesenheit der Hälfte der Mitglieder beschlußfähig; er faßt seine Beschlüsse mit einfacher Stimmenmehrheit, bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden. Im Falle ungenügender Beteiligung an einer Sitzung ist die nächste, mit derselben Tagesordnung einzuberufende Sitzung ohne Rücksicht auf die Zahl der Erscheinenden für die auf der Tagesordnung stehenden Gegenstände beschlußfähig.

Diese Bestimmungen gelten gleichmäßig für den großen Ausschuß, nicht aber für die Einzelausschüsse.

Jeder Vorsitzende eines Ausschusses ist berechtigt, sich durch seinen Stellvertreter oder im Falle von dessen Verhinderung durch ein anderes Ausschußmitglied vertreten zu lassen. Die Zuziehung von Vertretern der Unterausschüsse zu Vorstandssitzungen erfolgt in dem von den Ausschußvorsitzenden für zweckdienlich erachteten Umfang. Jeder Ausschuß hat jedoch nur eine Stimme im Vorstände.

§ 6.

Alle Beschlüsse der Einzelausschüsse, welche Geldausgaben im Gefolge haben, die aus bereits bewilligten Krediten nicht bestritten werden können, bedürfen der Genehmigung des Vorstandes, desgleichen alle Beschlüsse, welche eine Verfügung über das Ausstellungsgelände enthalten.

Wenn ein der Sitzung beiwohnendes Mitglied des Vorstandes oder mindestens 2 Mitglieder des Ausschusses zu Protokoll erklären, daß der Ausschuß für die zu treffende Entscheidung nicht zuständig sei, oder daß die im Absatz 1 erwähnten Voraussetzungen nicht vorliegen, ist die Entscheidung dem Vorstände zu überlassen.

§ 7.

Verbindlichkeiten können für das Ausstellungsunternehmen durch den Ausstellungsvorstand nur innerhalb der vom großen Ausschuß erfolgten Bewilligungen (siehe § 13) in schriftlicher Form eingegangen werden; dieselben bedürfen zu ihrer Gültigkeit der Unterschrift zweier Vorstandsmitglieder, wovon in jedem Falle eines der technische Leiter, und bei Beträgen von mehr als M 1000 das zweite ein Mitglied des Präsidiums sein muß.

§ 8.

Zahlungen können nur erfolgen, wenn sie mit folgenden Bescheinigungen versehen sind:

- a) Richtigkeitsbescheinigung des Vorsitzenden des betreffenden Ausschusses,
- b) Zahlungsanweisung des Vorsitzenden des Finanzausschusses oder dessen Stellvertreters,
- c) Prüfungsvermerk des mit der rechnerischen Prüfung betrauten Beamten.

§ 9.

Zur Erhebung sämtlicher Einnahmen ist lediglich die vom Finanzausschuß im Einvernehmen mit dem Vorstand bestimmte Kassenstelle oder ein hierfür vom Finanzausschuß ein für allemal zu bestimmendes Mitglied (Kassenführer) ermächtigt.

§ 10.

Nach Beendigung der Ausstellung haben alle Ausschüsse für möglichst rasche Einziehung von Ausständen und Begleichung rückständiger Rechnungen zu sorgen, damit die Schlußrechnung vom Vorstand in Gemeinschaft mit dem Finanzausschuß alsbald erfolgen kann.

§ 11.

Der Vorsitzende und die stellvertretenden Vorsitzenden des Vorstandes ebenso der technische Leiter und der Rechtsbeistand (Schriftführer) haben das Recht, den Sitzungen der Einzelausschüsse beizuwohnen, und sind daher zu jeder Sitzung rechtzeitig einzuladen.

§ 12.

Zuwahlen zu den Einzelausschüssen bedürfen der Genehmigung des Vorstandes. Sind in der Sitzung des Einzelausschusses drei Vorstandsmitglieder anwesend, ohne daß eines derselben widerspricht, so gilt die Zuwahl als genehmigt.

§ 13.

Die Geschäftsverteilung für die Einzelausschüsse ist im Anhang zu dieser Geschäftsordnung enthalten.

Für den großen Ausschuß gilt das Folgende:

Zu den Obliegenheiten des großen Ausschusses gehört:

- a) die Bestimmung über den Beginn, den Schluß und den Umfang der Ausstellung,
- b) die Prüfung und Genehmigung des Voranschlags über die Gesamteinnahmen und Ausgaben und die Überwachung der Einhaltung der genehmigten Gesamtbeträge, so daß Veränderungen und Verschiebungen innerhalb der einzelnen Hauptpositionen dem Vorstand überlassen bleiben,
- c) die Revision und Feststellung der Schlußrechnung und die Erteilung der Decharge an den Vorstand,
- d) die Genehmigung sowie Wahl von weiteren Ehrenpräsidenten und Ehrenmitgliedern,
- e) die endgültige Entscheidung in Fragen, über welche innerhalb des Ausstellungsvorstandes Meinungsverschiedenheiten entstehen,
- f) die Entscheidungen über alle in den Satzungen nicht vorgesehenen Fälle, sowie die Interpretation etwa entstehender Zweifel über die Bedeutung von Bestimmungen dieser Geschäftsordnung,
- g) endlich die Prüfung und Genehmigung eines etwaigen Lotterieunternehmens.

Beschlüsse betreffend die unter d bezeichneten Gegenstände können durch schriftliche Umfrage gefaßt werden.

Geschäftsverteilung für die Einzel-Ausschüsse.

I. Wissenschaftlich-technischer Ausschuß.

1. Propaganda für Beschickung der Ausstellung; Aufstellung und Versendung der Anmeldebogen.
2. Entscheidung über die Zulassung der Ausstellungs-Gegenstände.
3. Verteilung der Ausstellungs-Gegenstände in den Ausstellungs-Räumen, einschließlich des Ausstellungs-Geländes, erforderlichenfalls im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorations-Ausschuß, Wirtschafts-Ausschuß und Ausschuß für festliche Veranstaltungen.
4. Vorschläge wegen Errichtung von Baulichkeiten, im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorations-Ausschuß.
5. Vorschläge wegen Platzmiete, im Einvernehmen mit dem Finanz-Ausschuß.
6. Verträge wegen Vorführung bzw. Aufstiege von Luftschiffen aller Art, im Einvernehmen mit dem Ausschuß für festliche Veranstaltungen.
7. Vereinbarung und örtliche Vorbereitung zur Abhaltung von wissenschaftlichen Vorträgen.
8. Erlangung von Preisausschreiben.
9. Wissenschaftliche Bearbeitung der Ergebnisse der Ausstellung.

II. Finanz-Ausschuß.

1. Beschaffung des Garantiefonds und des entsprechenden Verpflichtungsscheines, Prüfung der Zeichnungen.
2. Organisation der Kassengeschäfte, insbesondere Kompetenz des Kassensführers.
3. Abschluß des Vertrages mit der Ausstellungs- und Festhallen-Gesellschaft m. b. H.
4. Aufstellung eines Budgets auf Grundlage der von den übrigen Ausschüssen einzureichenden detaillierten Voranschläge.
5. Festsetzung der Eintrittsgebühren (Einzelkarten? Dauerkarten? Ticketsystem?), Erhebung und Kontrolle der Eintrittsgelder, im Einvernehmen mit dem Ordnungs-Ausschuß.
6. Prüfung ev. Durchführung eines Lotterieunternehmens.
7. Abschluß von Versicherungen aller Art, soweit notwendig, im Einvernehmen mit dem Bau-Ausschuß.
8. Die Kalkulation, Prüfung und Anweisung sämtlicher Rechnungen. (Vgl. § 8 der Geschäftsordnung.)
9. Beschaffung der zu den Wettbewerbspreisen erforderlichen Geldmittel und Gegenstände, im Einvernehmen mit dem wissenschaftlich-technischen Ausschluß.
10. Bestellung des gesamten, dem Finanz-Ausschuß unterstehenden Kassen-, Kontroll- und kaufmännischen Personals.
11. Aufstellung der Schlußrechnung nach Beendigung der Liquidation.

III. Bau- und Dekorations-Ausschuß.

1. Entwürfe für Benutzung der vorhandenen und für Errichtung neuer Bauten, sowie für Benutzung des verfügbaren Geländes, im Einvernehmen mit dem Ausschluß für festliche Veranstaltungen und dem Wirtschafts-Ausschuß.
2. Erwirkung der polizeilichen Erlaubnis zur Anlage der Baulichkeiten und zur Festsetzung der Zu- und Abfahrtswege, letzteres im Einvernehmen mit dem technischen Ausschluß, dem Ordnungs-Ausschuß und dem Ausschluß für festliche Veranstaltungen.
3. Voranschläge, Ausschreibungen, Vergebung der Arbeiten, Überwachung der Ausführung, alsdann der Instandhaltung und schließlich des Abbruchs der Bauten.
4. Dekorationen aller Art auf dem Ausstellungs-Platze und außerhalb.
5. Aufstellung der Ausstellungs-Objekte im Einvernehmen mit dem wissenschaftlich-technischen Ausschluß.
6. Beleuchtung, Gas-, Wasser- und elektrische Leitungs-Anlagen.
7. Gärtnerische Anlagen des Ausstellungs-Platzes.
8. Bestellung etwa notwendiger Hilfsbeamten im Einvernehmen mit dem Ordnungs-Ausschuß.

IV. Wirtschafts-Ausschuß.

1. Bearbeitung und Vorschläge über die zu errichtenden Wirtschaften und Verkaufsstellen für Konsumartikel (Tabak, Zigarren usw.) und Betrieb derselben.
2. Ausschreibung und Vergebung der Wirtschaften.
3. Entwurf der Verträge mit den Pächtern und Wirten sowie den Lieferanten und Verhandlungen mit denselben und Festsetzung der Verkaufspreise für Speisen und Getränke.
4. Einrichtung sämtlicher Wirtschaftsbetriebe (einschließlich Inventar), der Küchen und sonstigen Räumlichkeiten und Keller, sowie Begutachtung von Plänen für Herstellung von Wirtschaftsräumlichkeiten, alles im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorations-Ausschuß.
5. Beaufsichtigung der auf dem Ausstellungs-Platze befindlichen Wirtschaftsräumlichkeiten und Überwachung der Einhaltung der abgeschlossenen Wirtschaftsverträge.
6. Handhabung der Ordnung in den Wirtschaftsräumlichkeiten, im Einvernehmen mit dem Ordnungs-Ausschuß.

7. Feststellung und Überwachung der Verpflegung derjenigen Angestellten, welche vertragsmäßig auf letztere Anspruch haben.
8. Beaufsichtigung sämtlicher Wirtschafts-Bediensteten.
9. Schlußabrechnung mit Pächtern und Lieferanten.

V. Presse- und Propaganda-Ausschuß.

1. Abfassung der allgemeinen Veröffentlichungen, namentlich von regelmäßigen Mitteilungen an die Tagesblätter und Zeitschriften, sowie Abfassung von Aufrufen usw. Einrichtung einer ständigen Auskunftsstelle.
2. Beschaffung und Verbreitung eines künstlerischen Plakates. Die Aufgabe von Inseraten sowie aller anderen Maßnahmen zwecks Herbeiführung eines zahlreichen Ausstellungsbesuches.
3. Ausstellungs-Katalog, in Gemeinschaft mit dem Wissenschaftlich-technischen Ausschuß und dem Finanz-Ausschuß.
4. Verkauf von Zeitungen auf dem Ausstellungs-Platze, Beschaffung von offiziellen Ausstellungs-Postkarten und Vertrieb derselben, im Einvernehmen mit dem Finanz-Ausschuß.
5. Einrichtung des stenographischen Bureaus und eines Korrespondenz-Zimmers.
6. Einrichtung und Überwachung einer Lesehalle und Bibliothek im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorations-Ausschuß.

VI. Verkehrs- und Ordnungs-Ausschuß.

1. Vereinbarung mit Eisenbahn- und Straßenbahn-Behörden, insbesondere auch wegen Veranstaltung von Sonderzügen und Gewährung von Fahrpreisermäßigung. Vereinbarung wegen Zu- und Abfuhr der Ausstellungs-Gegenstände (Verträge mit Spediteuren).
2. Handhabung der Ordnung auf dem Ausstellungs-Gelände im Einvernehmen mit dem Wirtschafts-Ausschuß und dem Ausschuß für festliche Veranstaltungen.
3. Bewachung des Ausstellungs-Geländes.
4. Errichtung einer Feuerwache auf dem Ausstellungs-Platze.
5. Errichtung einer Sanitätswache auf dem Ausstellungs-Platze.
6. Errichtung einer Polizeiwache.
7. Herstellung eines Post- und Telegraphenamtes und von Fernsprechstellen auf dem Ausstellungs-Platze.
8. Anstellung des für den Ordnungsdienst bestimmten Personals.
9. Regelung mit dem Polizei-Präsidium, über Zu- und Abfahrtswege, sowie Fußgängerverkehr, im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorationsausschuß.
10. Vergebung der Garderoben usw.

VII. Ausschuß für festliche Veranstaltungen.

1. Einrichtung des Vergnügungs-Parkes (Schaustellungen usw.), im Einvernehmen mit dem Bau- und Dekorations-Ausschuß und dem wissenschaftlich-technischen Ausschuß.
2. Verträge mit Musikkapellen und die Oberaufsicht über die musikalischen Darbietungen.
3. Vereinbarung wegen Veranstaltungen von Aufstiegen (Luftfahrzeuge aller Art) im Einvernehmen mit dem wissenschaftlich-technischen Ausschuß.
4. Sportliche Veranstaltungen im Einvernehmen mit dem wissenschaftlich-technischen Ausschuß.
5. Festsetzung der Tages-Programme.
6. Vorschläge wegen der abzuhaltenden Festlichkeiten.

Gesellschaftsvertrag behufs Errichtung einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung.

§ 1.

Die Herren errichten eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung unter der Firma „Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung Gesellschaft mit beschränkter Haftung“. Der Sitz der Gesellschaft ist Frankfurt a. M.

§ 2.

Gegenstand des Unternehmens ist die Veranstaltung einer Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1909. Die Ausstellung bezweckt neben gemeinnützigen Zwecken im Interesse der Wissenschaft und Technik, ein tunlichst getreues Bild des gegenwärtigen Standes der Luftschiffahrt im weitesten Sinne zu geben.

§ 3.

Das Stammkapital der Gesellschaft beträgt 20 000 M.

Auf dieses Stammkapital haben die Gesellschafter folgende Stammeinlage zu leisten:

§ 4.

Die Veräußerung eines Geschäftsanteils an andere Personen als Gesellschafter ist nur mit Genehmigung der Gesellschaft zulässig. Die Genehmigung bedarf einer Mehrheit von drei Vierteln des Stammkapitals.

§ 5.

Die Organe der Gesellschaft sind

1. die Geschäftsführer,
2. die Versammlung der Gesellschafter.

Die Gesellschaft behält sich vor, einzelne Personen oder eine Mehrheit von solchen (Ausschüsse, Vorstand) zur Vertretung in ihren Geschäften zu bestellen und sie mit den erforderlichen Vollmachten auszustatten. Zum Bevollmächtigten können auch Nichtgesellschafter bestellt werden.

§ 6.

Zum Geschäftsführer wird bestellt: der Königl. Preuß. Major a. D. Georg von Tschudi zu Frankfurt a. M. und zu dessen Stellvertreter der Rechtsanwalt Dr. Ludwig Joseph zu Frankfurt a. M. Die Gesellschaft wird durch den Geschäftsführer bzw. dessen Stellvertreter vertreten. Die Zeichnung geschieht in der Weise, daß der Zeichnende zu der geschriebenen oder auf mechanischem Wege hergestellten Firma seine Namensunterschrift fügt.

§ 7.

Die Gesellschafter verzichten auf den Reingewinn. Derselbe soll vielmehr zu Zwecken der Förderung der Luftschiffahrt in Frankfurt a. M. und der damit zusammenhängenden wissenschaftlichen und technischen Bestrebungen verwendet werden und wird demgemäß an den Frankfurter Verein für Luftschiffahrt eingetragener Verein und den physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. nach Maßgabe der mit diesen Vereinen von der Gesellschaft getroffenen und noch zu treffenden Vereinbarungen abgeführt und unter diese verteilt. Es bleibt der Gesellschaft vorbehalten, weitere Korporationen oder Personen durch besondere Vereinbarungen am Reingewinne teilnehmen zu lassen.

§ 8.

Die Bekanntmachungen der Gesellschaft erfolgen nur durch den Deutschen Reichsanzeiger.

4. Preisstiftungen.

Das große Interesse der Frankfurter Bürgerschaft und weiterer Kreise Deutschlands an der Ila wird am besten dokumentiert durch die folgende

Liste der für Wettbewerbe gestifteten Preise.

Preis Seiner Majestät des Kaisers (Ehrenpreis).

I. Geldpreise.

1. Preis der Stadt Frankfurt M 20 000.
2. Preis der Gebr. Opel in Rüsselsheim M 20 000.
3. Preis der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, der Firma Siemens & Halske und der Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. M 20 000.
4. Bürgerspende M 13425.
5. Preis des Herrn Dr. Gans-Fabrice, München M 10 000.
6. Ungenannt durch den Frankfurter Luftschiffer-Verein M 10 000.
7. Preis des Herrn Krupp von Bohlen-Halbach M 10 000.
8. Preis Sr. Exzellenz Grafen von Zeppelin M 10 000.
9. Preis des Königl. Kriegsministeriums M 6000.
10. Preis des Freiherrn Max von Goldschmidt-Rothschild M 5000.
11. Preis der Polytechnischen Gesellschaft Frankfurt M 5000.
12. Preis der Mannesmannröhrenwerke Düsseldorf M 5000.
13. Preis der Frankfurter Hotelvereinigung M 5000.
14. Preis des Herrn Kommerzienrat Beit M 3000.
15. Preis der Familie Theodor Stern M 3000.
16. Preis der Firma Arthur Müller A.-G., Berlin M 3000.
17. Preis der Handelskammer Frankfurt a. M. M 3000.
18. Preis des Herrn Dr. Gans-Fabrice, München M 3000.
19. Damenpreis M 2100.
20. Preis der Stadt Homburg v. d. H. M 2000.
21. Preis der Großherzogl. Kurverwaltung Bad Nauheim M 2000.
22. Preis des Herrn Adolf Gans, Frankfurt M 2000.
23. Preis des Freiherrn Rudolf von Goldschmidt-Rothschild M 2000.
24. Preis des Deutschen Flottenvereins M 2000.
25. Preis des Herrn Fleischer, Wiesbaden M 2000.
26. Preis der Frau Dr. Lucius M 2000.
27. Preis der Frau Herrmann von Mumm M 2000.
28. Preis der Stadt Mainz M 2000.
29. Preis von Friedrichshof M 2000.
30. Preis der Stadt Mannheim M 2000.
31. Preis der Kurverwaltung Scheveningen M 1800.
32. Preis der Stadt Wiesbaden M 1800.
33. Restgelder der Frankf. Elektrotechnischen Ausstellung M 1300.
34. Preis des Herrn Baron von Schey M 1000.
35. Ungenannt Frankfurt M 1000.
36. Preis der Bauerschen Schriftgießerei M 1000.
37. Preis des Herrn Henry Budge, Hamburg M 1000.
38. Preis des Herrn Walther vom Rath M 1000.

39. Preis der Stadt Coblenz M 1000.
40. Preis der Stadt Gießen M 1000.
41. Preis der Stadt Nürnberg M 1000.
42. Preis der Firma Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik Köln-Nippes M 750.
43. Preis der Firma Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik Köln-Nippes M 750.
44. Preis des Herrn Franz Nöther, Mannheim M 800.
45. Preis des Herrn Leo Lehmann, Frankfurt M 500.
46. Preis des Mainzer Anzeigers M 500.
47. Preis der Stadt Soden i. T. M 500.
48. Preis von Bad Kreuznach M 500.
49. Preis einer Frankfurter Dame M 300.
50. Ungenannt Frankfurt M 200.
51. Ungenannt Frankfurt M 200.
52. Ungenannt Frankfurt M 200.
53. Preis des Herrn Emil Sulzbach M 200.
54. Preis des Herrn Direktor Niederhofheim M 200.
55. Preis des Herrn Direktor Ullmann M 200.
56. Preis vom „Runden Tisch“ im Kaisergarten M 200.
57. Preis des Herrn I. Eduard Goldschmidt M 100.
58. Preis des Geh.-Rat Prof. Dr. Curtius, Heidelberg M 100.

II. Ehrenpreise.

1. Vom Frankfurter Verkehrsverein.
2. Vom Frankfurter Rennklub.
3. Von Sr. Exzellenz dem Kaiserl. Gesandten von Waldhausen, Buenos-Aires.
4. Von dem Kaiserlichen Aeroklub Berlin.
5. Von Herrn Sidney Posen, Frankfurt a. M.
6. Von Herrn Katzenstein, Frankfurt a. M.
7. Von Herrn A. Bensinger, Mannheim.
8. Von Herrn Generalkonsul Carl von Weinberg, Frankfurt a. M.
9. Von einem ungenannten Frankfurter Herrn.
10. Von einem ungenannten Frankfurter Herrn.
11. Von Bernhard Kahn, Frankfurt a. M.
12. Von Frau Joseph Wertheim.
13. Von Herrn Hugo Manes, Frankfurt a. M.
14. Von Herrn Hugo Manes, Frankfurt a. M.
15. Von Herrn August Riedinger, Augsburg.
16. Von Herrn August Riedinger, Augsburg.
17. Von Herrn Leo Mayer, Frankfurt a. M.
18. Von der Kaiser-Friedrich-Quelle A.-G., Offenbach.
19. Von der Kaiser-Friedrich-Quelle A.-G., Offenbach.
20. Von der Kaiser-Friedrich-Quelle A.-G., Offenbach.
21. Von Herrn Hugo Haase, Leipzig.

22. Von einem ungenannten Frankfurter Herrn.
23. Von Herrn Hofphotograph Hoffschild.
24. Von Frau Ferdinand Hirsch, Frankfurt a. M.
25. Von Freiherrn Heinrich von Königswarter.
26. Von Bad Kreuznach.
27. Von der Firma Beer, Sondheimer & Co., Frankfurt a. M.
28. Von der Firma Tellus, A.-G. für Bergbau und Hüttenindustrie, Frankfurt a. M.
29. Vom Hamburger Verein für Luftschiffahrt.
30. Vom Hamburger Verein für Luftschiffahrt.
31. Vom Frankfurter Regatta-Verein.
32. Von Baron Henri de Rothschild, Paris.
33. Von Herrn S. Grünwald, Frankfurt a. M.
34. Von Herrn Oberregierungsrat Dr. P. Meyer.
35. Von einem ungenannten Frankfurter Herrn.
36. Von der Daimler-Motoren-Gesellschaft Untertürkheim.
37. Von der Firma Lazarus Posen Wwe., Frankfurt a. M.
38. Von Herrn Kommerzienrat Louis Peter, Frankfurt a. M.
39. Von den Herren L. Dutheil, R. Chalmers & Cie., Paris.
40. Von den Herren Kumpf & Reis, Frankfurt a. M.
41. Von Freifrau Willy von Rothschild.
42. Von Herrn und Frau Albert van Endert. Wiesbaden.
43. Von Herrn Julius Wurmbach.
44. Von Herrn Maler Hans Weyl.
45. Von „Kosmos“, Gesellschaft der Naturfreunde.
46. Von der Franckschen Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
47. Vom Friedrichshof.
48. Von Herrn Kunstverleger Knöckel.
49. Von Herrn Justizrat Dr. Roediger.
50. Vom Augsburger Verein für Luftschiffahrt.
51. Von Herrn Geh. Kommerzienrat Andreae.
52. Von Frau Albert van Ende.
53. Vom Württembergischen Verein für Luftschiffahrt.
54. Vom Württembergischen Verein für Luftschiffahrt.
55. Vom Mittelrheinischen Verein für Luftschiffahrt.
56. Vom Hannoverschen Verein für Luftschiffahrt.
57. Vom Niederrheinischen Verein für Luftschiffahrt.
58. Vom Vogtländischen Verein für Luftschiffahrt.
59. Vom Sächsischen Verein für Luftschiffahrt.
60. Vom Frankfurter Automobil-Klub.
61. Vom Frankfurter Automobil-Klub.
62. Vom Frankfurter Automobil-Klub.
63. Von Herrn W. C. von Rothschild.
64. Von Herrn Bildhauer Prack.
65. Von der Frankfurter Hotelier-Vereinigung.

- 66. Von der Frankfurter Hotelier-Vereinigung.
- 67. Von der Frankfurter Hotelier-Vereinigung.
- 68. Von der Frankfurter Hotelier-Vereinigung.

III. Medaillenkonkurrenz.

Über die Veranstaltung von Wettbewerben zur Förderung der Luftschiffahrt, wofür etwa 200 000 M zur Verfügung standen, wird an anderer Stelle eingehend berichtet werden.

Für die künstlerische Gestaltung der dabei zur Verteilung kommenden Preismedaillen war eine besondere Konkurrenz eröffnet worden, an der sich 49 Künstler beteiligt hatten. Die aus den Herren Geheimrat Dr. Gans, Hauptmann a. D. Thewalt, Professor Fritz Hausmann, Professor Ferd. Luthmer und Direktor Dr. G. Swarzenski bestehende Jury erteilte den

- I. Preis (600 Mark) Herrn Wilhelm Oskar Prack, Frankfurt a. M.
- II. Preis (300 Mark) Herrn Carl Stock, Frankfurt a. M.
- III. Preis (100 Mark) Herrn Lud. Mergehen, Frankfurt a. M.

Der mit dem ersten Preise bedachte Entwurf, der sich durch edle Harmonie der Linie und große Sicherheit der Komposition auszeichnet, zeigt die zum Himmel emporgereckte Gestalt eines schönen Jünglings, der anbetend zur Höhe schaut. Zu seinen Füßen liest man Goethes Worte:

„Und ein Flügelpaar faltet sich los.
Dorthin! Ich muß! Ich muß!
Gönnt mir den Flug.“

5. Die Eröffnung der Ausstellung.

Die Eröffnung der Ausstellung war von Anbeginn für den 10. Juli anberaumt. Trotz der größten Schwierigkeiten und einer fast beispiellos ungünstigen Witterung gelang es, den festgesetzten Termin einzuhalten. Es war dies um so schwieriger, als infolge des vorausgegangenen Sängerpokalstreits und der sich daran anschließenden Feste die Halle und das Gelände erst vom 1. Juni an zur Verfügung standen; auch hatten sich bei dem Sängerpokal die Wirtschaftsräumlichkeiten nach den verschiedensten Seiten als durchaus unzureichend erwiesen, so daß in den verbleibenden Wochen über die notwendigen Verbesserungen mit der an denselben wenig interessierten Eigentümerin — der Festhallengesellschaft — Vereinbarungen zu treffen waren, an die sich erst die Ausführung anschließen konnte. Alle sonstigen Baulichkeiten mußten in der kürzesten Zeit errichtet werden, Fahrwege geschaffen, Be- und Entwässerung sowie Einzäunungen hergestellt und die Festhalle, in der geradezu alles für eine Ausstellung fehlte, für die neuen Zwecke eingerichtet werden.

Am Vorabend des Eröffnungstages hatte sich eine Versammlung zum Zweck einer geselligen Vorfeier im großen Bierrestaurant der Ausstellung zusammengefunden. Die Vertreter der staatlichen und städtischen Behörden, die Vorstands- und Ausschußmitglieder, an ihrer Spitze die Ehrenpräsidenten und die Ehrenmit-

glieder des großen Ausschusses hatten sich fast vollzählig versammelt, die Garantiezeichner, die Preisstifter und zahlreiche Vertreter der in- und ausländischen Presse sowie eine große Anzahl von hervorragenden Luftschiffern, die sich schon zur Feier der Eröffnung eingefunden hatten, füllten die weiten Hallen.

Der Präsident Herr vom Rath leitete das Fest. Er erteilte zuerst das Wort Herrn Ph. Spandow, dem Redakteur der Ilazeitung, zu einem orientierenden Vortrag über die Ausstellung. Unter den Rednern toastete Herr vom Rath auf die Ila und Herr Geheimrat Andreae auf die Presse.

Den Abend beschloß die Eröffnungsvorstellung der *Marineschauspiele* mit Musik, Beleuchtung, Pulverdampf und Minenexplosionen.

Der nächste Morgen zeigte nach den vergangenen Regentagen ein verändertes Bild. Der starke Wind hatte mächtig getrocknet, und ungezählte Fuhren von Sand und Asche hatten ein übriges getan. Gärtnerischer Schmuck und Fahnen gaben dem Ganzen ein freundliches festliches Gepräge. In der Halle selbst waren mit allen Kräften und mit bestem Erfolge die Nachtstunden benutzt worden. Die Ausstellung präsentierte sich in würdiger Weise.

Viele Tausende hatten der Aufforderung, der Eröffnungsfeier beizuwohnen, Folge geleistet. Einladungen dazu waren an die Spitzen der Behörden ergangen und an alle diejenigen, welche in irgend einem Zusammenhang mit dem Unternehmen standen: Mitarbeiter, Aussteller, Garantiezeichner, Freunde, Förderer mit ihren Damen. Sie füllten den freien Raum auf den Galerien, den Treppen, den unbesetzten Raum in der Festhalle. Auf der Brücke zwischen dem Podium, auf welchem der Ballon „Preußen.“ thronte, und der Galerie stand das Rednerpult. Punkt 12 Uhr setzte die Kapelle der 81er mit dem von Villingen komponierten „Ilamarsch“ ein.

Dann ergriff der Präsident der Ausstellung Geheimrat Dr. Gans das Wort zu folgender Ansprache:

Hochgeehrte Festversammlung!

Sie haben sich mit uns hier versammelt, um einem Werke die Weihe zu geben, das in der Eigenart seiner Ausbildung kein Vorbild hat. Zweifel an der Möglichkeit seiner Ausführung wurden von allen Seiten laut, als der Frankfurter Verein für Luftschiffahrt zu Beginn dieses Jahres den kühnen Entschluß faßte, den für München gescheiterten Plan aufzunehmen.

Die Aussicht, diese herrliche Halle und das anstoßende Gelände für die Zwecke der 1. Internationalen Ausstellung für Luftschiffahrt zu gewinnen, bedingte die Möglichkeit ihrer Vorbereitung innerhalb der zu Gebote stehenden knappen Zeitspanne. Bald zeigte es sich auch, daß unser Plan in weitesten Kreisen großer Sympathie begegnete. Die Regierungen des In- und Auslandes, staatliche und städtische Behörden und ihre Organe, die Presse aller Kulturstaaten ohne Unterschied der Parteistellung förderten unser Unternehmen in überaus dankenswerter Weise. Frankfurts Bürgerschaft gab ihm zunächst die unentbehrliche finanzielle Grundlage. Zahlreiche Firmen haben uns durch leihweise unentgeltliche Überlassung von Gebrauchs-Gegenständen jeglicher Art große Dienste erwiesen. Mit bewundernswerter Hingabe widmeten sich unsere beruflichen und ehrenamtlichen Mitglieder der übernommenen Aufgabe. Aussteller meldeten sich in überraschend stattlicher An-

zahl, und Preise in unerwarteter Höhe wurden für besondere Leistungen auf dem Gebiete der Aeronautik und deren Hilfswissenschaften gestiftet, vor allem von Sr. Majestät dem Deutschen Kaiser, von Königl. Behörden, von unserer städtischen Verwaltung, von Vertretern der einschlägigen Industrien und von zahlreichen opferbereiten Freunden der Luftschiffahrt. Für all das uns entgegengebrachte Wohlwollen, für die ebenso tatkräftige wie unermüdliche Unterstützung darf ich hier im Namen der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung unseren herzlichsten, tiefgefühlten Dank aussprechen.

Dieser Dank richtet sich auch an die ganze hochansehnliche Versammlung, die ich begrüßen zu dürfen den Vorzug genieße.

Die hohen Herrschaften, die unserer Einladung zu entsprechen die Güte hatten, die in- und ausländischen Vertreter von Behörden, von wissenschaftlichen Korporationen, insbesondere von Luftschiffer-Vereinen, und viele Koryphäen auf dem Gebiete der Luftschiffahrt, sowie zahlreiche Freunde, Gönner und Mitarbeiter haben uns durch ihr Erscheinen eine Ehre erwiesen, welche wir um so höher schätzen, da wir darin die Bekundung des Interesses für unsere Sache erblicken dürfen. Dieses Bewußtsein erhöht die freudige Innigkeit des Willkommens, das ich Ihnen zu entbieten die Freude habe.

Es liegt mir ob, meine hochverehrten Anwesenden, Ihnen in knapper Form Rechenschaft zu geben über die Ziele, welche wir mit dieser Ausstellung verfolgen. Wie jede Ausstellung, soll auch die unsere der Belehrung und Sichtung dienen. Mehr aber als auf jedem anderen Gebiete ist auf dem unseren Belehrung und Sichtung ein unabweisbares Bedürfnis der Zeit, für den Fachmann sowohl wie für den Laien. Der Fachmann wird die Gelegenheit freudig begrüßen, die Hilfsmittel, über welche die Technik zurzeit verfügt, zu überschauen und zu werten, das bislang Erreichte lebendig vor sich zu sehen, seine eigenen Ideen durch kritischen Vergleich zu klären und aus alledem neue Anregungen zu weiterem Fortschritt zu gewinnen. Für den Laien aber erwächst unserer Ausstellung die bemerkenswerte Aufgabe, ihn hinsichtlich der Meinungen über die Zukunft der Luftschiffahrt den Weg finden zu lassen zwischen dem allzu optimistischen Enthusiasmus, welcher lieber die Phantasie als die rauhe Wirklichkeit zu Rate zieht, und dem Kleinmut, dem jeder Mißerfolg neue Nahrung gibt.

Neben den in dieser Halle vereinigten Erzeugnissen mühevoller erfindungsreicher Tätigkeit und wissenschaftlicher Vertiefung sollen besonders experimentelle Vorführungen diesen Weg zeigen. Zum ersten Mal ist es, daß eine Ausstellung dieses Mittel der Belehrung in solchem Umfange bietet.

Was zunächst die ruhenden Ausstellungsobjekte betrifft, dürfen wir, wie bereits erwähnt, mit der Beteiligung sehr zufrieden sein. Unser heute erschienener Katalog weist die stattliche Zahl von mehr als 500 Ausstellern auf, ein sehr günstiges Resultat, wenn man berücksichtigt, daß für die Zulassung die Beziehung des ausgestellten Gegenstandes zu dem Gebiet unserer Ausstellung stets streng geprüft worden ist. In bezug auf die reiche Zahl der ausgestellten Modelle konnte eine vorgängige Sichtung nicht erfolgen. Neben einer Fülle von neuen Ideen wird diese Abtheilung daher Fragliches enthalten.

Aber in manch unreifer Idee schlummert vielleicht der Keim, aus dem noch Bedeutendes entstehen kann.

Die Absicht, mustergültige Leistungen ans Licht zu ziehen, hat in zahlreichen Wettbewerben, für welche Preise zur Verfügung gestellt werden konnten, ihren Ausdruck gefunden. Sie beziehen sich nicht allein auf auszuführende Fahrten aller Art und mit allen möglichen Luftfahrzeugen, sondern ganz besonders auch auf diejenigen Hilfsmittel, welche zur Herstellung gebrauchstüchtiger und zuverlässiger Flugschiffe dienen. Da stehen in erster Linie die Motoren, deren Güte und Leistungsfähigkeit bei geringstem Eigengewicht die Vorbedingung für die fernere Entwicklung der Luftschiffahrt ist, und die Luftschrauben, deren Bedeutung durch Stiftung eines Preises durch das Kgl. preußische Kriegsministerium gekennzeichnet wird. Die Materialien zum Bau und die Hallen zur Bergung von Luftschiffen sind höchst bemerkenswerte Objekte des Wettbewerbes unter den Ausstellern. Die Nachrichtenvermittlung durch die Luftschiffe, sei es auf dem Wege der Telegraphie, der Telephonie, der Funkensprache, der Briefftauben oder der Photographie, wird zu bedeutsamen Konkurrenzen führen.

Ganz besonders bahnbrechend hoffen wir für ein Gebiet wirken zu können, das noch sehr der Ausbildung bedarf, das ist die auf die Aeronautik angewandte Meteorologie; schon wie der Nachrichtendienst über die Wetterverhältnisse in einem Umkreis von 150 Kilometern hier organisiert ist, um Gefahren für aufsteigende Luftfahrzeuge vorzubeugen, wird der allgemeinen Beachtung nicht entbehren. Durch die dankenswerte Mitwirkung des Königl. preußischen aeronautischen Observatoriums zu Lindenberg und der „Gesellschaft zur internationalen Erforschung der Atmosphäre über dem Meere“ wird der Teil unserer Ausstellung, welcher den atmosphärischen Vorgängen gewidmet ist, eine hervorragende Bedeutung gewinnen.

Noch möchte ich auf die reichhaltige historische und bibliographische Abteilung die besondere Aufmerksamkeit lenken. Unter der Ägide der Senckenbergischen Bibliothek ist durch die bereitwillige Teilnahme einer großen Reihe von Bibliotheken, Behörden und Privaten eine Sammlung zusammengestellt worden, die das größte Interesse erregen dürfte.

Die Grundlage endlich für das Verständnis des Fliegens wird durch eine von der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft veranstaltete Ausstellung von mit Flugorganen ausgestatteten Tieren und Pflanzen veranschaulicht.

Was draußen auf dem Flugfelde namentlich bei günstigem Wetter sich der Beschauung darbieten wird, ist vielseitiger Art. Eine große Anzahl von Flugapparaten wird erst allmählich hier erscheinen. Die Konstrukteure suchen immerwährend ihre Erzeugnisse zu verbessern und zu vervollkommen, so daß wir bei dem Abwarten nur gewinnen können. Würden doch schon die räumlichen Verhältnisse eine gleichzeitige Vorführung aller Flugschiffe und -Apparate nicht gestatten. Zum ersten Male ist auch ein allen modernen Anforderungen entsprechender Drachen-Fesselballon dem großen Publikum zugänglich, so daß jeder gegen geringes Entgelt Gelegenheit findet, einmal die Welt von

oben anzusehen. Fahrten in lenkbaren Luftschiffen verschiedener Art werden leider nur den Begüterten zugänglich gemacht werden können; sie bieten jedoch die gewiß willkommene Gelegenheit für zahlreiche Besucher, das Wesen des modernsten Verkehrsmittels durch eigene Anschauung kennen zu lernen.

Wir verdanken es der Motorluftschiffahrt-Studiengesellschaft, daß der Parsevalballon an den ersten schönen Tagen zur Stelle sein wird. Auch ein Zeppelin-Luftschiff wird eintreffen.

Trotz des Staunens über die Erfolge, die sich Ihren Blicken im Verlaufe dieser Ausstellung darbieten werden, mögen unsere Besucher bei der Beurteilung aller Geschehnisse und Darbietungen stets eingedenk bleiben, daß die Eroberung der Luft bei weitem nicht vollendet ist.

Wir befinden uns eben, und ich glaube, daß dies den Reiz dieser Ausstellung erhöht, erst in den Anfangsstadien einer großen, vielversprechenden Entwicklung. Bresche nur ist gelegt, und wir Mitlebende dürfen uns glücklich preisen, Zeugen zu sein der Großtaten der Pioniere, die mit Erfolg den Kampf gegen die feindlichen Naturgewalten führen. Was angesichts der überwältigenden Resultate, die bereits erzielt sind, die Pulse höher schlagen macht und uns mit jubelnder Begeisterung erfüllt, ist nicht allein, daß vor unseren Augen das uralte Sehnen der Menschheit sich der Erfüllung zu nähern scheint, es ist vornehmlich auch die verehrungsvolle Bewunderung der selbstlosen und zielbewußten Helden, die ihr Leben in die Schanze schlagen, um der Menschheit neue Bahnen zu erschließen. So war es vor 126 Jahren, als die ersten Luftschiffer, einen Feuerkorb unter sich und über ihren Häuptern ein dünnes Gewebe, sich von der Erde erhoben und damit einen Sturm der Begeisterung entfesselten, der durch alle Lande brauste. — Ähnliches erleben wir in unseren Tagen, da Männer, deren Namen auf Ihrer aller Lippen schweben, mit gleichem Wagemut wie ihre Vorgänger, aber ausgerüstet mit besseren Waffen, das Luftschiff zwingen, der festen Hand des kühnen Steuermannes zu gehorchen.

Und noch ein anderes ist es, was das gespannte Interesse aller Nationen für die Luftschiffahrtsprobleme erklärt:

Die Lufthülle, welche unseren festen Erdball umgibt, kennt keine Landesgrenzen, sie bietet den Angehörigen aller Völker den freien Tummelplatz zur Betätigung in friedlichem Wettbewerb. Gleiches Streben schlingt ein einigendes Band um die Mitstrebenden; alle Kulturvölker aber sind gleichmäßig bemüht, sich die Luft als Verkehrsmedium untertan zu machen. Möge dieses gemeinsame Streben, das unsere Internationale Ausstellung verkörpert, ein segensreiches, glückverheißendes Unterpand des Völkerfriedens sein.

Von diesem Wunsche erfüllt, richte ich besonders warmen Gruß an die auswärtigen Gäste, die uns durch ihre Gegenwart erfreuen und ehren!

Es könnte scheinen, als ob die zahlreichen in diesem Raum ausgestellten kriegerischen Hilfsmittel zur Bekämpfung der Flugschiffe im Widerspruch stehen zu den eben geäußerten friedlichen Hoffnungen. Ich meine, daß dies nicht der Fall ist. Wer den Frieden liebt, muß für die Mittel zur Kriegführung Sorge tragen. Die Waffen, welche die Entwicklung der Luftschiffahrt liefert, sind aber derart, daß ihre Furchtbarkeit gerade bedingt, daß vor ihrer An-

wendung stets alle Mittel zur Vermeidung eines Krieges angewendet werden.

Mit der immensen Bedeutung, welche die Luftschiffe in militärischer Beziehung gewinnen, hängt es zusammen, daß die Beschickung unserer Ausstellung durch ausländische Aussteller nicht ganz unseren Erwartungen entsprochen hat. Es ist natürlich, daß so wesentliche Hilfsmittel der Verteidigung des Landes von keiner Regierung aus der Hand gegeben werden können.

Lassen Sie mich, meine hochverehrten Anwesenden, mit dem Wunsche schließen, daß ein günstiger Stern über unserem Unternehmen strahle, daß ein gütiges Geschick es vor Unfällen bewahre, und daß es das werde, was wir erstreben und hoffen:

Ein Markstein in der Entwicklung der Luftschiffahrt!

Unsere hochverehrten Herren Ehrenpräsidenten haben Herrn Oberbürgermeister Dr. Adickes dazu ausersehen, die Ausstellung zu eröffnen. Ich richte die Bitte an Sie, verehrter Herr Oberbürgermeister, dieses freundlich übernommenen Amtes walten zu wollen.

Hierauf nahm Oberbürgermeister Dr. Adickes das Wort zu folgenden Ausführungen:

„Ein völlig eigenartiges, nie gesehenes Kulturwerk zu begrüßen, die erste internationale Luftschiffahrt-Ausstellung zu eröffnen, sind wir hier versammelt. Tatkräftige Begeisterung, rascher Entschluß, kühner Wagemut, getragen von der Hingabe der Bürgerschaft unserer Stadt, haben in unglaublich kurzer Zeit das Werk so weit gefördert, daß wir die Hoffnung haben können, in kurzer Zeit die völlige Vollendung zu erleben. Das Interesse weitester Kreise hängt an den Dingen, die hier gezeigt und vorgeführt werden, vor allem auch das Interesse unseres Kaisers. Wenige Wochen sind vergangen, seit wir hier an dieser Stelle dem anwesenden Kaiser zugejubelt haben. Heute gedenken wir des Abwesenden, der, obwohl er abwesend ist, doch wie an allem, was die moderne Zeit bringt, so auch heute an dieser festlichen Veranstaltung teilnimmt. Wir hoffen, daß er noch persönlich kommen wird, um sich die Ausstellung anzusehen. Einstweilen fassen wir, indem ich hiermit die Ausstellung für eröffnet erkläre, alle unsere Wünsche für das Gedeihen der Ausstellung zusammen in den Gruß und Ruf: Der Kaiser und König, er lebe hoch!“

Die Klänge der Nationalhymne beschlossen die kurze, würdige Feier, der ein Rundgang der Geladenen durch die Ausstellung folgte. Um 1/2 2 Uhr fand im Weinrestaurant der „Ila“ ein Festfrühstück statt.

6. Ausstellungshalle und Fluggelände.

Als Ausstellungsraum diente die in der Nähe des Bahnhofs gelegene, von der Stadt Frankfurt errichtete Festhalle, deren Dimensionen in der Länge 130 m, in der mittleren Kuppelspannung 60 m betragen. Als Wahrzeichen der Ausstellung war in der Mitte der Halle der Ballon „Preußen“ — mit Luft aufgeblasen — ausgestellt, der s. Z. mit den beiden Meteorologen Berson und Süring die höchste Fahrt

machte, die bisher von Menschen ausgeführt wurde. Um diesen Ballon gruppierten sich die fremdländischen Abteilungen, dann folgten, nach Gruppen geordnet, die deutschen Aussteller:

- Gruppe 1. Ballons und Ballonfabrikation.
 „ 2. Motorballons.
 „ 3. Militärluftschiffahrt.
 „ 4. Signal-Dienst für Ballons.
 „ 5. Gasfabrikation und Kompression.
 „ 6. Wissenschaft der Luftschiffahrt.
 „ 7. Feinmechanische und physikalische Apparate.
 „ 8. Ausrüstungen.
 „ 9. Flugapparate und Drachen.
 „ 10. Motoren.
 „ 11. Kunstgegenstände, welche sich auf die Luftschiffahrt beziehen.
 „ 12. Spielwaren.

In der Halle fanden ferner eine historische, eine literarische und eine ornithologische Spezialausstellung Aufnahme, sowie eine Modellsammlung von Flugmaschinen, Ballons und Ballonhallen. Verschiedene Firmen der Großindustrie wie Krupp, Ehrhardt, Riedinger, Continentale, Clouth, Griesheim-Elektron, Adlerwerke u. A. hatten größere Sonder-Ausstellungen veranstaltet.

Neben der Ausstellungshalle befand sich der Ballonplatz mit neun Füllstellen für Leuchtgas, an denen binnen einer Stunde neun Kugelballons gefüllt werden konnten. Zur Seite waren große Tribünen errichtet und am gegenüberliegenden Ende des Platzes vier Ballonhallen für stationäre Motorballons aufgestellt worden: für einen Fesselballon, einen „Parseval“, für die Ballons von Franz Clouth und von Ruthenberg und für einen „Calottenballon“ von Dr. Gans-Fabrice und Ingenieur Rodeck. An diesen Ballonplatz schloß sich — durch einen Eisenbahndamm getrennt — ein Fluggelände von über 1 Quadrat-Kilometer an, auf dem die große Zeppelinhalle, eine Anzahl von Flugfahrzeugschuppen, ein Flugberg für Gleitflüge und mehrere große Tribünen errichtet worden waren. Hier spielten sich die unvergeßlichen Zeppelintage und die Schauspiele der Flugwoche ab.

Durch die Bemühungen des Vorsitzenden vom Verkehrsausschusse Herrn Oberst Ilse und durch das Entgegenkommen der Königl. Eisenbahndirektion und der Stadt Frankfurt war es mit Hilfe der Verlegung einer öffentlichen Straße und eines von der Stadt gewährten Kostenaufwandes von 35 000 M ermöglicht worden, das Flugfeld in direkte Verbindung mit dem Ausstellungsgelände und dem Ballonplatze zu bringen.

Neben diesem und in unmittelbarer Verbindung mit der Ausstellungshalle befand sich ein großes gärtnerisch angelegtes Promenadengelände mit zwei Musikpavillons, mit Wein-, Bier- und Kaffee-Restaurants und mit einem reizvoll angelegten japanischen Theegarten, während auf der anderen Seite der Halle der unvermeidliche Vergnügungspark untergebracht war, mit Marineschauspielen, Afrikanerdorf, Panorama, fliegendem Karussell und vielen anderen Belustigungen.

Auch ein Ausstellungstheater war errichtet worden, in dem außer theatralischen Darbietungen, unter denen die des Deutschen Theaters in Berlin besonders

hervortraten, populäre Vorträge über Luftschiffahrt und was damit zusammenhängt gehalten wurden. Für die von der Ausstellungsleitung veranstalteten zahlreichen wissenschaftlichen Vorträge hatte der nahegelegene „Physikalische Verein“ seinen großen Hörsaal zur Verfügung gestellt.

Ein besonderes Gebäude war für die Ausstellung des Teneriffa-Observatoriums durch Geheimrat Professor Dr. Aßmann von Lindenberg bei Berlin errichtet worden, der außerdem im Kaisersaal der Festhalle eine wissenschaftliche Spezialausstellung in Verbindung mit einer Prüfungsstelle für Pilotballons veranstaltet hatte.

Endlich befand sich am Ballonplatz ein mit einer Bahnstrecke verbundenes Gebäude zur Aufstellung eines Apparates von Professor Dr. Prandl-Göttingen zur Prüfung von Propellern. Zur dauernden Beobachtung der Witterungsverhältnisse hatte Dr. Franz Linke vom Physikalischen Verein auf einem Turm der Festhalle ein Aero- und meteorologisches Observatorium eingerichtet.

Zur Anlieferung von Wasserstoff für die Motorluftschiffe war der Ballonplatz mit dem Güterbahnhof durch ein Normalgleis verbunden worden, das hinter den Ballonhallen endete. Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron in Frankfurt a. M. hatte sich in dankenswerter Weise bereit erklärt, den gesamten Wasserstoff kostenlos von ihrem Griesheimer Werk zu liefern und auf Verlangen täglich 1000 cbm zur Verfügung zu stellen. Zu diesem Zweck hatte sie zwei vierachsige Eisenbahnwagen von je 30 Tonnen Tragkraft mit eisernen Flaschen derart montiert, daß auf jedem Wagen in 500 Flaschen unter einem Druck von 170 Atm. insgesamt 2750 cbm Wasserstoff angeliefert werden konnten. Die Flaschen waren sämtlich an ein Rohrsystem angeschlossen, so daß nach Öffnung einiger Zwischenhähne die gesamte Gasmasse durch einen Hahn abgelassen werden konnte. Zur Herstellung des Rohrsystems, das auf 300 Atm. geprüft wurde, waren auf jedem Wagen über 1000 Schweißstellen erforderlich. Es wurden während der Ausstellung über 100 000 cbm Wasserstoff geliefert.

7. Offizieller Besuch der Ausstellung durch namhafte Personen.

Die Ausstellung wurde von folgenden Fürstlichkeiten besucht: Prinz und Prinzessin Heinrich von Preußen, Prinz Oskar und Prinz August Wilhelm von Preußen, Großherzog und Großherzogin von Hessen, Erbprinz und Erbprinzessin von Sachsen-Meiningen, Herzog von Sachsen-Koburg-Gotha, Prinz Philipp von Koburg-Gotha, Großherzog von Mecklenburg-Strelitz und Herzog Albrecht von Mecklenburg, Herzog und Herzogin Ernst von Sachsen-Altenburg, Prinz Heinrich der Niederlande und Prinz Christian von Schleswig-Holstein.

Von preußischen Ministern besuchten die Ausstellung: der Minister des Innern von Moltke, der Kriegsminister von Heeringen, der

Handelsminister *Sydow* und der Minister der öffentlichen Arbeiten *Breitenbach*.

Von anderen Persönlichkeiten sind zu nennen: der Chef des Generalstabs der Armee von *Moltke*, der Inspekteur der Verkehrstruppen von *Lyncker*, die Kommandeure und zahlreiche Offiziere des preuß. Luftschiffer-Bataillons und der bayr. Luftschiffer-Abteilung, Großadmiral von *Köster*, Oberpräsident von *Hengstenberg*, Ministerialdirektor *Just* vom Reichamt des Innern; die vortragenden Räte im Ministerium der öffentlichen Arbeiten: Geh. Regierungsrat *Tull*, Wirkl. Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Dr. *H. Zimmermann* und Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Dr. *Otto Sarrazin*; Wirkl. Geh. Oberregierungsrat *F. Schmidt* vom Kultusministerium; Geh. Oberregierungsrat *Lewald* vom Reichsamt des Innern; Kontre-Admiral *Lans*; der Gouverneur von *Kiautschou* Vize-Admiral *Truppel*; Oberbürgermeister *Kirschner* von Berlin.

Vom Auslande besuchten zahlreiche Offiziere und Kommissionen die Ausstellung. Schon vor der Eröffnung traf der Kommandeur der spanischen Luftschiffer Oberst *Vives y Vych* in Begleitung des Hauptmanns *Kindelan* ein, um sich über die Vorarbeiten zu informieren; ebenso der Kommandeur der russischen Luftschiffer Generalmajor von *Kowamjko*, der ein zweites Mal die Ila vor ihrem Ende besuchte. Der Kommandeur der Festungsluftschiffe von *Nowogeorgiewsk* von *Eliachewitsch* weilte in Begleitung eines Offiziers mehrere Tage in der Ila, sowie außerdem eine russische Militärkommission. Von England kamen Oberst *Capper*, der Kommandeur der Luftschiffer, und der in aeronautischen Kreisen sehr bekannte Major *Baden Powell*, sowie *Mr. Patrick Alexander*, einer der bedeutendsten Förderer der Luft- und Flugschiffahrt. Vom französischen Etablissement *Central du Matériel de l'Aérostation Militaire* erschienen die Majore *Bouttieaux* und *Voyer*. Von Österreich verweilten während der ganzen Dauer der Ausstellung Luftschifferoffiziere in Frankfurt. Im besonderen hielten sich zu Studienzwecken längere Zeit in der Ila auf: der Kommandant der militäraeronautischen Anstalt Hauptmann *Hinterstoisser*, der Oberleutnant Freiherr von *Berlepsch*, Lehrer an dieser Anstalt, sowie der bekannte aeronautische Schriftsteller Oberstleutnant *Hörnnes*, der durch seine Hochfahrten mit Professor *Berson* bekannte Dr. phil. et med. *Hermann von Schrötter*, ferner der Ingenieur Ritter von *Lössl*, der Ingenieur *Wels* und der Generalmajor Ritter von *Mikulicz Raddecki*. Nicht zu vergessen ist auch der Senior der österreichischen Luftschiffer Herr *Viktor Silberer*.

Von Italien sind zu nennen: Oberstleutnant *Moris*, Kommandeur der italienischen Luftschiffer, die Hauptleute *Petrucchi* und *Guerritore*, sowie der Oberleutnant Dr.-Ing. *Rovetti*, der leider kurz nach Schluß der Ila in Italien dadurch tödlich verunglückte, daß er von einem Propellerflügel des Militärluftschiffes getroffen wurde. Von Schweden kam der Hauptmann *Amundsen*, Präsident des schwedischen Aeroklubs, und der Genieleutnant *Fogmann*.

Von Amerika erschien der Präsident des Aeroklubs von Amerika *Cortlandt Field Bishop*, und von Brasilien kam eine Militär-Kommission von 4 Offizieren zu Verhandlungen über die Anschaffung von Motor- und Fesselballons.

Aus Anlaß der Ila fand eine Versammlung Chemischer Industrieller von Belgien, Deutschland, England und Frankreich statt. Am 6. und 7. August wurde der 20. Deutsche Mechanikertag in der Ila abgehalten, und am 18. und 19. September fand die Tagung des Deutschen Luftschiffer-Verbandes in Frankfurt statt.

Ein bedeutsamer Festtag für die Ila war der 2. August, als Graf Z e p p e l i n nachmittags gegen 3 Uhr nach glatter Fahrt, direkt von Friedrichshafen kommend, unter dem Jubel von Hunderttausenden auf dem Flugplatz landete. Die Stadt hatte geflaggt, und alle Geschäfte ruhten. Am Abend fand zu Ehren des Grafen eine festliche Vereinigung im Weinrestaurant der Ausstellung statt. Der Vorsitzende toastete auf den Gefeierten, den er als Liebling der Nation pries, und überreichte ihm die Originalplakette von Prack, der eben erwähnten Ilapreismedaille, als Ehrengabe; der Herr Oberbürgermeister verkündete, daß nach Beschluß der städtischen Behörde eine neu angelegte Straße — die Verlängerung der Viktoriaallee — den Namen Zeppelins tragen solle.¹⁾

Am 12. August wurde auch Major a. D. von P a r s e v a l unter großer Beteiligung gefeiert.

8. Schluß der Ausstellung.

Programmgemäß sollte am 10. Oktober die Ausstellung geschlossen werden. Von den verschiedensten Seiten an den Vorstand herangetretene Wünsche sowie der Umstand, daß Verhältnisse es notwendig gemacht haben, die aviatische Woche auf den 3. bis 10. Oktober zu legen, es aber untunlich gewesen wäre, keinen Ersatz für ausfallende Tage der Fliegerwoche eintreten lassen zu können, veranlaßten den Vorstand, die Ausstellung bis zum 17. Oktober zu verlängern. Der Schlußtag war von dem schönsten Wetter begünstigt. Auf dem Korbplatz fand des Morgens ein Ballon-Jubiläum statt. Die Freiballons-Aufstiege der Ila wurden beendet durch die hundertste Luftreise des Nestors der Frankfurter Ballons, des „Ziegler“. Vor der Abfahrt hielt Professor Hartmann vom Korb aus eine Ansprache. Mittlerweile hatte sich die große Bierhalle, die zu diesem Zwecke passend dekoriert und eingerichtet war, gefüllt. Auf dem Podium stand das Rednerpult, von Lorbeerbäumen umgeben. Als Vertreter der Behörden waren u. a. anwesend: Regierungspräsident von Meister, General von Eichhorn, Polizeipräsident Scherenberg, Oberlandesgerichtspräsident Hagens, Eisenbahnpräsident Reuleaux, Geh. Oberpostrat Maier, Bürgermeister Grimm, die Stadtverordnetenvorsitzenden Dr. Friedleben und Dr. Hertz. Aus Luftschifferkreisen war Generalmajor von Kowanjko, der Chef des kaiserl. russischen Luftschifferparks erschienen, ebenso Major von Parseval, Generalleutnant v. Nieber und andere. Eingeleitet wurde die würdige Feier durch den Chor „O Isis und Osiris“ aus der Zauberflöte, von dem Herrenchor der hiesigen Oper gesungen unter Orchesterbegleitung des 81. Regiments.

Dann hielt der Präsident der Ausstellung Geh. Rat Dr. G a n s eine beifällig aufgenommene Ansprache, in welcher er zunächst den Mitarbeitern allseitigen Dank aussprach. Rückblickend auf den Verlauf der Ausstellung konstatierte der Redner den

¹⁾ Die bei dieser Gelegenheit vom Herrn Oberbürgermeister auf den Grafen Zeppelin gehaltene Rede ist auf Seite 75 wiedergegeben.

Erfolg, wie er sich nach dem Urteil der Fachpresse darstellt und auch durch die Abordnung von Kommissaren fast aller Kulturstaaen zum Studium der Ausstellung in die Erscheinung getreten sei. Hierdurch und durch die Abhaltung der ausländischen Tage habe die Ausstellung das ihrige dazu beigetragen, die internationalen Beziehungen zu fördern. Trotzdem daß von den 99 Tagen zwischen Eröffnung und Schluß der Ausstellung 63 als Regentage verzeichnet sind, haben ca. 1½ Millionen Personen die Ausstellung besucht. 18000 Dauerkarten sind gelöst worden und etwa 1 100 000 Mark für Eintrittsgelder vereinnahmt. Mit besonderem Nachdruck wies der Redner auf den glücklichen Verlauf der Ausstellung hin, während der kein ernsterer Unfall bei den aeronautischen Vorführungen sich ereignet habe. Zum Schluß richtete er Worte herzlichen Dankes an die städtischen Behörden, die verständnisvoll das Unternehmen in jeder Weise gefördert haben, an die Militärbehörden, die unermüdlich in ihrem Entgegenkommen waren, an die Organe der Königl. Polizeiverwaltung, die in taktvoller und ausgiebiger Weise die Aufrechterhaltung einer musterhaften Ordnung ermöglicht haben, sowie an die Eisenbahn und die Postverwaltung. Dann hieß es weiter:

Den Herren Preisrichtern über die wissenschaftlichen und technischen Wettbewerbe gebührt außer unserem herzlichsten Dank für ihre Mühewaltung die höchste Anerkennung für die weithin wirkende Förderung, welche Wissenschaft und Technik durch ihre gründlichen Arbeiten erfahren haben.

Unsere berufsmäßigen Mitarbeiter haben sich auf der Höhe ihrer Aufgabe gezeigt. Welche Tatkraft, welche Opferfreudigkeit, welche unermüdliche Hingebung unsere ehrenamtlichen Mitarbeiter entwickelt haben, können Worte kaum schildern. Jeder Dank dafür ist zu schwach im Verhältnis zu den Leistungen.

Dank gebührt auch der Presse für die Unterstützung, die sie uns gewährt, besonders als es galt, den Gedanken dieser Ausstellung populär zu machen; war es doch die Presse, welche erst den weiten Kreisen die kulturelle Bedeutung dieses Unternehmens zum Bewußtsein gebracht hat.

Dann setzten die Bürger ein, welche durch Zeichnung von Garantiebeiträgen dem Unternehmen die Sicherheit der Durchführbarkeit verschafften. Hochherzige Preisspender setzten uns in die Lage, mit Ehren den sportlichen Aufgaben gerecht werden zu können.

Mögen sie alle, die uns in so mannigfacher Weise gefördert haben, ihren Lohn finden in dem Bewußtsein, mitgewirkt zu haben an einem Unternehmen von hoher kultureller Bedeutung. Neue Bahnen haben sich in unseren Tagen der Menschheit erschlossen. Unsere Ausstellung hat, das darf zuversichtlich behauptet werden, uns der Erreichung hoher Ziele näher gebracht. Wir wünschen und wir dürfen hoffen, daß unserer Vaterstadt und unserem geliebten Vaterland daraus reicher Segen erwachse.

Der Redner bat alsdann Herrn Generalleutnant Exzellenz von Nieber, das Wort zu ergreifen, dessen Rede große Begeisterung auslöste. Die Ansprache lautete wie folgt:

Hochgeehrte Anwesende!

Eine hochansehnliche Versammlung hat sich hier heute zusammengefunden, um ein Unternehmen zu Ende zu führen, das in den letzten drei

Monaten im Vordergrund des Interesses der weitesten Kreise gestanden hat. Wir stehen im Begriff, die Pforten der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung zu schließen, und indem wir ihr ein herzliches Lebewohl zurufen, wenden wir unseren Blick noch einmal zurück, um uns zu vergegenwärtigen, was uns diese erste internationale Fachausstellung in Deutschland gebracht hat. Es wird wohl niemandem zweifelhaft erscheinen, daß die Ila einem Bedürfnis ihrer Zeit entsprungen ist. — In Frankreich war diesem Bedürfnis bereits im vorigen Jahre in glänzender Weise entsprochen worden, wir Deutschen, die wir in dem Kampfe um die Eroberung der Luft in vorderster Linie stehen, haben keinen Grund, hinter den Bestrebungen des Auslandes zurückzubleiben. Wir können mit herzlich empfundenem Stolze das zeigen, was wir auf dem Gebiete der motorischen Luftschiffahrt bis jetzt geleistet haben, und wir freuen uns über jede Anregung, die uns mit Bezug auf die Flugzeuge gegeben wird, um durch sie zu lernen und zu wachsen.

Nur kurze Zeit ist den Vorbereitungen für unsere Ausstellung vergönnt gewesen; von dem Zeitpunkte, daß der Entschluß zu dieser Ausstellung gefaßt wurde, bis zu der Eröffnung liegt eine Spanne von nur 6 Monaten. Wenn man bedenkt, daß andere große Ausstellungen meist Vorbereitungszeiten Jahr und Tag gebrauchen, dann muß man die Tatkraft und den Fleiß doppelt hoch anerkennen, mit denen das gewaltige Werk verwirklicht wurde. Im Dezember vorigen Jahres teilte mir Herr Dr. Gans-Fabrice mit, daß man in Frankfurt den Gedanken zu einer Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung angeregt habe, und bereits im Januar erfuhr ich von ihm, daß das Zustandekommen der Ausstellung gesichert sei. Tatkraftige Männer hatten es in die Hand genommen, alle Schwierigkeiten zu beseitigen, die dem Unternehmen in reichem Maße entgegenstanden, so ein Werk ins Leben gerufen, das seine Wirkung noch lange Zeit hinaus geltend machen wird. Es gehört ein ungewöhnliches Maß von idealer Auffassung, Opferfreudigkeit und Ausdauer dazu, ein solches Unternehmen zur Ausführung zu bringen. Wir müssen allen denen, die an der Vollendung der Arbeit mitgewirkt haben, hohen Dank zollen für ihre Leistungen. Nur durch das verständnisvolle Zusammenwirken vieler bis auf den heutigen Tag ist der Ausstellung ihr glänzender Verlauf gesichert worden.

Die Wahl des Ausstellungsgeländes konnte nicht schwer sein, es war gegeben durch die herrliche neue Festhalle, die im Mai vollendet sein sollte und ihrer Bestimmung übergeben wurde. Aber die Festhalle war für den Ausstellungszweck nur darum benutzbar, daß sie in einer Gegend gelegen ist, die auch Raum für die notwendigen sportlichen Veranstaltungen bietet. — Wohl kaum läßt sich in einer anderen Großstadt ein solch weiter Platz so in der Nähe finden wie hier in Frankfurt. Während der Ausstellungsplatz der Ila unmittelbar an bewohnte Gegenden der Stadt heranreicht und von dem Hauptbahnhofe in wenigen Minuten zu erreichen ist, muß man in anderen Orten oft kilometerweit herauspilgern, um zu den Sportplätzen zu gelangen.

Der für die sportlichen Veranstaltungen zur Verfügung stehende Raum wird nur durch den Bahnkörper der Main-Weser-Bahn in zwei Teile geteilt und dadurch die Ausnutzung des Geländes ganz außerordentlich beeinträchtigt.

Die Einteilung dieses Geländes in einen kleineren nahe an das Ausstellungsgelände heranreichenden Ballonplatz und in einen größeren jenseits des Bahndammes gelegenen Flugplatz war eine zweckmäßige unter den gegebenen Umständen, wenn auch der Ballonplatz für das Aufsteigen und Landen der Motorluftschiffe, die mit Ausnahme des Zeppelin-Luftschiffes hier ihre Hallen haben, kaum ausreichend erschien. Die Geschicklichkeit der Führer dieser Motorluftschiffe bei ihrer Tätigkeit war oft aufrichtig zu bewundern.

Die Ausstellungsgegenstände fanden fast ausschließlich in der großen Festhalle Platz. Welch ein herrlicher Bau für diesen Zweck! Man konnte meinen, daß er viel zu groß sei, um völlig durch die Ausstellung in Anspruch genommen zu werden, als man ihn gleich nach dem Sängerbau im ausgeräumten Zustande übersah. — Diese Empfindung mögen die Herren, denen die räumliche Anordnung für die Ausstellungshalle oblag, auch geteilt haben, indem sie die Gliederung der einzelnen Abteilungen mit einer gewissen Raumverschwendung vornahmen, die bei Beginn der Ausstellung einen vortrefflichen Überblick gewährte, später aber, als sich die Ausstellungsgegenstände in ungeheurem Maße mehrten, das Gegenteil herbeiführte. Man sah sich bei der stets wachsenden Fülle von Objekten endlich genötigt, die Unterbringung derselben zu verweigern, da tatsächlich jeder verfügbare Raum ausgenützt war. Den Gedanken, den monumentalen Bau der Festhalle durch prosaische Anbauten zu erweitern, wies man wohl mit Recht von der Hand. So erschien denn zum Schluß die Ausstellung selbst manchem Besucher nicht genügend übersichtlich und anderen nicht vollständig, wenn man das Gesuchte nicht gleich fand. Es ist wohl selbstverständlich, daß die Ausstellung einen vorwiegend deutschen Charakter trug. Gleichartige Unternehmungen im Auslande hielten daher viele Gegenstände zurück, die vielleicht sonst zu uns gebracht worden wären. Aber auch der Umstand, daß die Erzeugnisse auf dem Gebiete der Luftschiffahrt vielfach geheim gehalten werden, ist Veranlassung, daß der Besitzer sie nicht gern aus der Hand gibt. Trotzdem ist aber die Ausstellung auch vom Auslande beschickt worden, so daß ihr auch dann die Eigenschaft einer internationalen gewahrt wäre, wenn nicht so viele Ballonfahrer und Flieger mit ihrem Material aus aller Herren Ländern nach Frankfurt gekommen wären.

Die Gliederung der einzelnen Klassen von Ausstellungsgegenständen in zusammengehörige Gruppen ist streng durchgeführt und durchaus verständlich gehalten. Aus dieser Gruppeneinteilung vermag man zu erkennen, welchen außerordentlichen Umfang die Ausstellung angenommen hat, wie vollständig sie in allen Teilen ist, und wie sehr das wissenschaftliche Element stets in den Vordergrund gerückt ist.

Gehen wir kurz die einzelnen Abteilungen der Ausstellung durch, um einen allgemeinen Überblick über die Gesamtdarbietung zu erhalten, so beginnen wir mit der Ballongruppe.

Als ältesten Vertreter der Aerostaten finden wir einen französischen Kriegsluftballon, der am 3. September 1796 vor Würzburg von den Österreichern erbeutet wurde und dem K. und K. Heeresmuseum in Wien gehört.

Die Ballonhülle ist aus Seide und noch recht gut erhalten. Im übrigen sind berühmte Stücke nicht zur Ausstellung gelangt, es sei denn, daß man den alten Ballon Preußen, der als Durchgangszelt auf der Brücke Aufstellung gefunden hat, dazu rechnet.

Einen guten Überblick über die für die Herstellung von Ballons erforderlichen Materialien, wie Gewebe von Baumwolle und Seide, sowie die Herichtung dieser Stoffe durch Gummierung oder Firnissung, wie Goldschlägerhaut, ferner Seilerwaren, Netzknotereien, Korbflechtereien, bietet die reiche Auswahl dieser Gegenstände. Motorballons sind in natürlicher Größe natürlich nicht in der Halle vertreten, sondern nur in einer großen Anzahl von Modellen aller Art.

Man staunt, welch vielseitige Lösungen das Problem des Motorluftschiffes bereits gefunden hat, und wie mitunter die Herren Erfinder sich über alle physikalischen Gesetze hinwegheben. Bei der Fülle des Gebotenen darf man wohl mit Recht hoffen, daß die Fortentwicklung der Luftschiff-Konstruktionen bei uns in Deutschland noch lange nicht zum Stillstand kommen wird, und daß wir damit den Vorsprung, dessen wir uns jetzt erfreuen, noch für längere Zeit in Anspruch nehmen können. Neben dieser reichen Modellsammlung finden wir eine große Anzahl von Propellern vertreten. Dieselbe erscheint uns um so wichtiger, als über die zweckmäßigste Form dieser Flügelschrauben bis jetzt noch keine abschließenden Ansichten bestehen. Um auf diesem Gebiet Klarheit zu schaffen, hat die Direktion der Ila, wie auf vielen anderen, einen Wettbewerb ausgeschrieben, auf den ich noch näher zu sprechen kommen werde. Die Luftschiffgesellschaft Berlin hat die montierte Gondel eines Parsevalluftschiffes ausgestellt. Bei dieser erscheint uns der Motor der N. A. G. besonders interessant.

Neben diesem ist die Ausstellung mit verschiedenen anderen Motoren besetzt worden, an denen der Fachmann seine Studien machen kann. Es ist bekannt, daß der Motor als die Kraftquelle für Lenkluftschiffe und Flugzeuge eines der wichtigsten Organe des ganzen Apparates ist, und es erscheint infolgedessen berechtigt, wenn man der Konstruktion und Leistung der Motoren ganz besondere Aufmerksamkeit zuwendet. Man darf wohl sagen, daß unsere deutsche Motorindustrie auf der Höhe der Zeit steht. Vornehmlich, was die Zuverlässigkeit der Maschinen anbetrifft, wenn wir auch noch immer verhältnismäßig schwer arbeiten. Für die Luftschiffe starren Systems kommen Leichtmetalle aller Art zur Verarbeitung, die in großer Mannigfaltigkeit vorgeführt werden, aber auch Holz hat für Gerippe-Konstruktionen große Bedeutung, wie man an dem ausgestellten Modell des Rettigschen Holzkörpers erkennen kann.

Die interessante Frage des Hallenbaues für Luftschiffe findet im Ausstellungsraume wie im Freien vielfache Beantwortung. Während auf den Sportplätzen 5 mächtige Ballonhallen der Firma Arthur Müller-Berlin, die in erstaunlich kurzer Zeit errichtet worden sind, den Beweis erbringen, daß sie für ihre Zwecke durchaus brauchbar sind, finden wir in der Ausstellungshalle eine reiche Sammlung von Ballonhallenentwürfen der verschiedensten

Art, fester und transportabler Gestalt. Es ist erfreulich, wie sich die deutsche Industrie dieser schwierigen interessanten Aufgabe angenommen hat, und in wie vielseitiger Form, teilweise in hochmonumentalen Gestaltungen, die Aufgabe der Erbauung dieser Riesenhäuser gelöst ist. Rundhallen mit 150 bis 180 m Durchmesser tragen Dachkonstruktionen von einer Leichtigkeit, daß man die Kühnheit des Ingenieurs und Baumeisters bewundern muß. Längshallen werden durch elektrische Kraft bewegt, als wenn sie ein Kinderspielzeug wären. Vor wenigen Jahren wäre der Ingenieur wohl noch vor der Konstruktion eines solchen Bewegungsapparates, der dem einer riesigen Drehbrücke ähnlich ist, zurückgeschreckt.

Mit großem Interesse studiert der Fachmann die Präzisionsinstrumente, die teils der Luftschiffahrt unmittelbar, teils den meteorologischen, teils den aerologischen Arbeiten dienen sollen. Man bewundert diese ungemein genauen zum großen Teile selbstregistrierenden Gegenstände, die als ein Triumph der Technik angesehen werden müssen. Diesen wissenschaftlichen Instrumenten möchte ich auch die sehr vollkommenen photographischen Apparate, Scheinwerfer, elektrischen Gondel-Beleuchtungskörper hinzurechnen, sowie die optischen und akustischen Signal-Apparate, ohne die keine Luftschiffahrten unternommen werden.

Sehr lehrreich würde es gewesen sein, wenn die Gasfabrikation, die sich in bezug auf die Darstellung des Wasserstoffgases in neuerer Zeit in neuem Rahmen entwickelt hat, dem Besucher der Ila praktisch vorgeführt worden wäre. Wohl die leichtverständliche Geheimhaltung der neuen Herstellungsmethoden hat diese Zurückhaltung veranlaßt. Diese Vorsicht war vor einer Korona sachverständiger Beurteiler nicht geboten, und so haben dem Preisgericht zur Beurteilung der zur Konkurrenz gebrachten Gaserzeugungsarten verschiedene Bewerbungen vorgelegen, die der Öffentlichkeit vorenthalten waren.

In der Ausstellung wurden Kompressoren zur Verdichtung des Wasserstoffgases auf hohen Atmosphärendruck vorgeführt und Stahlzylinder in verschiedenartigster Gestalt gezeigt, die für den Gastransport bestimmt sind. Ein Automobillastwagen der N. A. G. ist als Gaswagen eingerichtet, so daß einem außerhalb des Hafens landenden Luftschiff in kurzer Frist Gas zur Nachfüllung zugeführt werden kann.

In drei Reihen übereinander liegen etwa 60 Gasflaschen, die einen Gasvorrat von 360 cbm enthalten. Die Verschlüsse solcher unter starkem Druck befindlichen Stahlzylinder müssen von ganz besonderer Haltbarkeit und Dichtigkeit sein. Muster derselben wie auch Anschluß- und Sammelrohr gehören zu den Ausstellungsgegenständen ¹⁾.

Eine reichhaltige Sammlung ist vorhanden von Flugapparaten aller Art und Form in natürlicher Größe und als Modelle. Als historische Merkwürdig-

¹⁾ Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron hatte in ähnlicher Weise zwei Eisenbahnwagen mit je 500 Gasflaschen montiert, in denen sie der Ila zur Füllung der Motorluftschiffe über 100 000 cbm Wasserstoff kostenlos geliefert hat.

keit erscheint uns der Gleitflugapparat des deutschen Altmeisters der Fliegekunst, Lilienthal, der uns beim Eintritt in den Ausstellungsraum in die Augen fällt.

Unter den übrigen Flugapparaten finden sich alle nur erdenklichen Arten, Eindecker, Zwei- und Mehrdecker, Schraubenflieger sowie Flügel- und Schwingenflieger in den verschiedensten Ausdehnungen und Gestaltungen. Man könnte sich eigentlich darüber wundern, daß wir Deutschen in der Flugtechnik noch keine weiteren Fortschritte gemacht haben, da doch so viele Möglichkeiten dazu vorhanden sind. Ob nun alle Flugapparate, die in der Ausstellung zur Vorführung gelangt sind, auch wirklich fliegen können, das möchte ich wohl bezweifeln. Wenn's nur die Hälfte täte, wäre es schon genug.

Hiermit wäre im allgemeinen der Anteil kurz gekennzeichnet, den die Industrie an der Ausstellung genommen hat. Ein nicht minder breiter Raum ist von seiten der Ausstellungsleitung der Wissenschaft eingeräumt, und damit erhebt sich die Ila in ihrem Niveau als Ausstellung erheblich über andere Unternehmungen hinaus. Ist es schon belehrend und anregend, wenn man die reichen Darbietungen der Industrie betrachtet, so gewinnt die Ausstellung einen geradezu akademischen Charakter, wenn man den wissenschaftlichen Vorführungen nachgeht und sich in dieselben vertieft. Die Ausstellung des Königl. Preuß. Aeron. Observatoriums Lindenberg bietet mit ihren Apparaten zur Erforschung der Atmosphären, ihren Drachen und Registrierapparaten, deren Aufzeichnungen und Darstellungen ein selten klares Bild der Tätigkeit des Instituts. — Die zahlreich ausgestellten Wolkenbilder von Mylius sind Meisterstücke der Kunst, die photographischen Aufnahmen der ostafrikanischen Expedition fesseln den Betrachter. In gleicher Weise erwecken die Vorführungen der internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt, die außerhalb der großen Halle stattfanden, und die in einem besonderen Pavillon dargestellte internationale Erforschung der Atmosphäre über dem Meere das Interesse der Besucher. Von ganz besonderer Bedeutung ist die Einrichtung einer historischen Abteilung, in der mit unendlicher Mühe und vielem Verständnis alles das gesammelt worden ist, was in Bild und Schrift auf die Entwicklung des Luftschiffahrtwesens Bezug hat. Diese Abteilung kennzeichnet sich als eine wahre Fundgrube von Literaturschätzen und es muß mit großer Genugtuung hervorgehoben werden, daß von allen Seiten die wertvollsten Schriften und Abbildungen der Ila zur Verfügung gestellt wurden, so daß eine Sammlung daraus entstand, die ihresgleichen kaum findet. Der Forscher fand in dieser historischen Abteilung ein Material, das allen Wünschen entspricht, und wir denken nur mit Bedauern daran, daß diese Bibliothek in des Wortes bester Bedeutung nach so kurzer Lebensdauer wieder verschwindet, wenn die leihweise verabfolgten Werke an ihre Eigentümer zurückgegeben werden.

In dem Lesesaale der Ila waren alle Bücher und Schriften zur Benutzung ausgelegt, die als Tagesliteratur anzusehen sind und der Luftschiffahrt dienen. In beiden Büchereien, der Historischen Abteilung und des Lesesaals, konnte der Wissensdurstige alle Wünsche auf Belehrung und Unterhaltung befriedigen.

Von ganz besonderem Werte erschien es dabei, daß die Herren Ressortvertreter der Ausstellung stets in bereitester und sachkundigster Weise jede gewünschte Auskunft erteilten.

Zur weiteren Hebung des Verständnisses für die Luftschiffahrt wurde auf Veranlassung der Ila eine Reihe von wissenschaftlichen und gemeinverständlichen Vorträgen gehalten, und zwar von Fachleuten ersten Ranges, teilweise mit Lichtbildervorführungen. Diese Vorträge erhoben die Ila zu einem bedeutungsvollen Lehrinstitute, das durchaus den Charakter einer Hochschule trug. Wie gerne würden wir diese Einrichtung zu einer dauernden gemacht haben, sie würde ein Stück der aeronautischen Hochschule geworden sein, die wir so oft als notwendig für die weitere Entwicklung des Luftschiffahrtwesens bezeichnet haben. — Es kann wohl kaum bezweifelt werden, daß mancher Erfinder nach einer gründlichen und anregenden Belehrung in systematischer Anordnung sein Erzeugnis still wieder mit nach Hause nehmen würde, in der erwachten Erkenntnis, daß man nicht durch flüchtige Eingebung, sondern nur durch ernstes Studium und durch die eingehende Ergründung der einschlägigen Naturgesetze zu einem befriedigenden Ergebnis gelangen kann. Es ist gerade auf dem Gebiete der Luftschiffahrt eine eigenartige und häufige Erscheinung, daß sich Laien mit besonderer Vorliebe als Erfinder betätigen. Weitere große Verdienste hat sich die Ila durch ihre zahlreichen, zum Teil reich dotierten Wettbewerbe erworben. Solche Wettbewerbe wurden, abgesehen von den sportlichen Leistungen, für Flugmaschinen und Flugmaschinen-Modelle, für Motorluftschiffe, für Luftfahrzeugmotoren, für Propeller, für Gummiballons, für Ballonphotographie, für Briefftauben, für Leichtmetalle, für astronomische Ortsbestimmung, für kinematographische Aufnahmen des Tierfluges, sowie für Entwürfe von Ballonhallen und anderem mehr ausgeschrieben. — Es bedarf wohl keiner weiteren Hervorhebung, daß diese Konkurrenzen eine außerordentliche Förderung der Entwicklung des gesamten Luftschiffahrtwesens bedeuten. — Die als Preisrichter herangezogenen Sachverständigen fanden bei der Prüfung der ihnen übergebenen Objekte oft ganz neue Gesichtspunkte für ihre Beurteilung, die auf neue aussichtsvolle Bahnen hinlenkten.

Durch diese wissenschaftlichen Anregungen und Bestrebungen wurden bleibende Werke geschaffen, die der Ila zu hohem Verdienste gereichen. Es liegt in der Natur der Sache, daß die hier zu verzeichnende Arbeit den weiteren Kreisen nicht zum Bewußtsein kommen kann, weil sie zumeist nicht unmittelbar in die Erscheinung tritt. Darum verdient sie an dieser Stelle ganz besonders hervorgehoben zu werden.

Weit mehr machen sich die Unternehmungen geltend, die in bezug auf die sportlichen Veranstaltungen getroffen sind. Sie fanden natürlicherweise auch in besonderem Maße den Beifall des großen Publikums, das in seiner Teilnahme die Befriedigung seiner Schaulust fühlte. Waren auf der Ausstellung die Darbietungen auf sportlichem Gebiete vornehmlich infolge des schlechten Wetters nur gering, so fand die öffentliche Meinung sich nicht voll befriedigt, denn sie entbehrte die Aufstiege der Luftfahrzeuge nur ungern. Aus dieser

einfachen Tatsache läßt sich erkennen, wie gering die Anforderungen der großen Masse an eine solche Ausstellung sind, wie schnell ein ablehnendes Urteil gefällt ist, wenn es nicht sofort gelingt, den volkstümlichen Teil des Programms voll zu erfüllen. Die Folgezeit hat bewiesen, daß die Leitung der Ila auch auf sportlichem Gebiete allen nur berechtigten Anforderungen zu entsprechen verstand, und daß ihre Veranstaltungen eine Steigerung bis zum Schlusse der Ausstellung erkennen lassen.

Alle Arten des freien und des geregelten Fluges durch die Luft sowie Aufstiege in Fesselballons gelangten während der Ausstellungszeit zur Ausführung. 437 Freifahrten fanden vom Ballonplatze der Ila aus während der Dauer der Ausstellung statt, teils für einzelne, teils für Gesellschaftsfahrten, letztere besonders in Fuchsfahrten, Zielfahrten, Weitfahrten und Dauerfahrten. Für alle diese Wettfahrten waren namhafte Ehrenpreise ausgesetzt. Gegen 1000 Personen wurden auf diese Art durch die Luft geführt, unter ihnen viele mutige Damen. An den Aufstiegen beteiligten sich österreichische, französische und italienische Ballons, die durch ihr Erscheinen wesentlich dazu beitrugen, der Ausstellung ihr internationales Gepräge zu wahren.

Die längste Dauerfahrt betrug 48 Stunden, die weiteste Fahrt erstreckte sich über 1200 km, von Frankfurt a. M. nach Goldap in Ostpreußen. 570 000 Kubikmeter Gas waren für diese Fahrten erforderlich.

Von den zurzeit vorhandenen Motorluftschiffen besuchten Zeppelin-Ballons, Parseval-Ballons, Clouth- und Ruthenberg-Luftschiffe die Ila. Wenn auch der Parseval wegen widriger Winde lange vergeblich erwartet wurde, so hat er doch vollauf seine Pflicht getan, nachdem er einmal erschienen war. In 34 größeren und kleineren Fahrten bewies er seine außerordentliche Leistungsfähigkeit. Die letzte große Fahrt über Nürnberg, Augsburg und München liefert den Beweis, daß der unstarre Ballon unter der bewährten Leitung seines geschickten Führers große Leistungen auszuführen vermag. Unter dem brausenden Jubel der Bevölkerung erschienen zwei Zeppelin-Luftschiffe auf der Ila und führten von hier aus interessante Fahrten in die Nähe und Ferne aus. Ganz besonders beglückt waren die zahllos herzugeströmten Zuschauer, den alten und geliebten Helden der Lüfte begrüßen zu können und ihn mit Begeisterung willkommen zu heißen. Mit aufrichtiger Anerkennung müssen wir die guten Leistungen der beiden jüngsten Motorluftschiffe von Clouth und Ruthenberg hervorheben, die in eleganten und reizvollen Fahrten ihre große Lenkbarkeit erkennen ließen.

Leider gelangte eine interessante Neuheit auf dem Gebiete der Motorluftschiffe, ein von Herrn Dr. Gans-Fabrice konstruiertes Motorluftschiff, wegen mißglückter Füllung nicht zum Aufstiege.

Den glänzenden Abschluß der sportlichen Unternehmungen der Ila bildete die große Fliegerwoche, mit ihr erst erfüllte sich das Programm der Luftschiffahrts-Ausstellung ganz. Nachdem der belgische Baron de Caters allein die verschiedensten Übungen auf dem Flugplatze der Ila vorgenommen hatte, fanden sich in der Zeit vom 5. bis 12. Oktober die berühmtesten Flieger in Frankfurt zusammen, die dort ihre interessanten Leistungen in

eifrigem Wettbewerbe zur Vorführung brachten. Man darf wohl sagen, daß hierbei glänzende Leistungen gezeigt wurden. Wir sind ganz besonders erfreut darüber, daß auch ein deutscher Flieger hier zum ersten Male erfolgreich mit in die Konkurrenz eintrat.

Die Leitung der Ila hatte der Fliegerwoche eine außerordentliche Fürsorge angedeihen lassen, 105 000 M wurden für Preise ausgesetzt.

Hiermit möchte ich das flüchtige Bild vollenden, das ich in kurzer Zeit über die Darbietungen der Ila entwerfen durfte. — Wenn es nur überall andeutete und nirgends ausführlich wurde, so liegt das an dem reichen Material, das sich in dem Rahmen eines kurzen Vortrages nicht ergründen läßt. Ich hoffe aber, daß es mir gelungen ist, zu zeigen, wie die Ausstellung in einer noch nie erreichten Vollständigkeit das von ihren Veranstaltern entworfene Programm erfüllt hat. Wir müssen es mit wärmstem Danke anerkennend hervorheben, daß die Presse einen lebhaften Anteil an der Veranstaltung genommen hat und derselben durch eine im allgemeinen wohlwollende Berichterstattung eine große und nicht zu verkennende Förderung zuteil werden ließ.

Leider gerade in letzter Zeit ist dieses Wohlwollen nicht von allen Tagesblättern gewahrt worden. In abfälligen Beurteilungen wurde zu einzelnen Maßnahmen der Leitung Stellung genommen, und nicht nur in sachlichen Bemängelungen äußerten sich diese Preßorgane, sie verschmähten es sogar nicht, zu persönlichen Angriffen überzugehen. Soweit es wirkliche Mißstände waren, welche von dieser Presse aufgedeckt wurden, so sind dieselben sofort abgestellt worden. Es ist ja klar, daß ein Unternehmen wie die Ila, das so ganz ohne Vorgang arbeitete, in manchen Fällen, selbst bei größter Umsicht, nicht ohne Fehler arbeiten kann. Aber wir würden gerne auf die persönlichen Angriffe verzichten haben, die nicht immer in richtiger Darstellung der Umstände erfolgten.

So wird die Ila, wiewohl sie nunmehr aufhören wird, zu bestehen, fortleben in der Sammlung, die aus den Ausstellungsgegenständen zu einem Luftschiffahrtsmuseum gestaltet werden soll¹⁾, in den wissenschaftlichen Vereinen der hiesigen Stadt, in deren Schoße die Luftschiffahrt bereits seit langer Zeit eine Wohnstätte gefunden hat, und in den dankbaren Herzen aller derer, die durch den Besuch der Ila Belehrung, Anregung und Unterhaltung gefunden haben. Damit hat sie sich als eine erstklassige Stätte für die Förderung aller Interessen auf dem Gebiete der Luftschiffahrt ein dauerndes Denkmal gesetzt.

Die Schlußfeier endete mit der Verkündigung der Preise für Wettbewerbe durch den Vorsitzenden der wissenschaftlichen Kommission Prof. Dr. W a c h s m u t h , worüber im zweiten Teil dieses Bandes berichtet wird.

¹⁾ Diese Hoffnung hat sich leider nicht erfüllen lassen, da es, um Zersplitterungen zu vermeiden, zweckmäßig erschien, zugunsten des Deutschen Museums in München zurückzutreten und nur eine Anzahl erworbener oder geschenkter Gegenstände den Frankfurter Sammlungen einzuverleiben.

B. Ordnung und Verkehr.

Der Ausschuß für Ordnung und Verkehr, dessen Vorsitz der Chef des Generalstabs des 18. Armeekorps, Herr Oberst Ilse, übernommen hatte, hat vor und während der Ausstellung eine umfangreiche Tätigkeit entfaltet. Zu seinen Obliegenheiten gehörte:

1. Die Regelung des Verkehrs auf dem ganzen Ausstellungsgelände.
2. Die Aufrechterhaltung der Ordnung in der Festhalle.
3. Die Anstellung, Überwachung und Löhnung des Aufsichtspersonals und der bei besonderen Gelegenheiten nötigen Hilfsmannschaften.
4. Die Verkehrsregelung und die Vornahme von Absperrungen bei großen sportlichen Ereignissen im Zusammenwirken mit Polizei und Feuerwehr.
5. Die Kontrolle der Eintrittskarten einschließlich der Dauer- und Freikarten.
6. Die Überwachung der verpachteten Garderoben, Toiletten, der Stuhlvermietung und Fahrradaufbewahrung.
7. Die Überwachung der Amateurphotographie auf dem Festplatze.
8. Die Organisation des Fremdenverkehrs durch Wohnungsnachweis, Extrazüge usw.
9. Die Erledigung der einlaufenden Beschwerden und Reklamationen,
10. Die Leitung des Büreaus des Ausschusses.

An dieser mannigfachen, z. T. recht schwierigen Arbeit, die dank des großen Organisationstalentes des Herrn Vorsitzenden überall vom besten Erfolge begleitet war, beteiligten sich in aufopferungsvoller Tätigkeit die Herren Generalkonsul von Panhuys, als 2. Vorsitzender, Inspektor Müller als Schriftführer, Peter Walluf als Obmann des Flug- und Korbplatzes, Branddirektor Schänker als Obmann der Festhalle, H. Minjon als Obmann des Vergnügungsparkes, Direktor Battes als Obmann der Verkehrs- und Wohnungsorganisation und Chr. Schlesicky als Leiter des Büreaus; dem letzteren verdankt der Verfasser auch die dem Folgenden zugrunde liegenden Mitteilungen.

1. Das Bureau.

Die Leitung des Büreaus hatte das Mitglied des Ausschusses Herr Chr. Schlesicky übernommen. Das Arbeitsfeld des Büreaus war ein sehr großes und umfangreiches und die Inanspruchnahme desselben durch das Publikum eine sehr rege. Als Bureauvorsteher fungierte der Magistrats-Supernumerar Herr E. Ewald, der von seiner vorgesetzten Behörde zum Dienst auf der IIa beurlaubt war. Außerdem waren noch zwei männliche und eine weibliche Arbeitskraft und ein Ausläufer zur Verfügung.

Das Bureau war ununterbrochen von morgens 7 bis nachts 12 Uhr geöffnet. Die Arbeiten desselben bestanden hauptsächlich in der Annahme, Diensterteilung und Löhnung des Personals, in der Verwaltung, in der Kontrolle und Ausgabe der Freikarten, Aufsicht und Kontrolle der Garderoben, Erledigung von Beschwerden, und Reklamationen und Erledigung der eingehenden umfangreichen Korrespondenz.

Die Zahl des gesamten von dem Bureau des Ausschusses kontrollierten Personals betrug 336 Personen und bei besonderen Veranstaltungen noch ca. 50 Hilfsleute.

Sämtliche Angestellten wurden durch das Bureau des Ausschusses sowohl gegen Krankheit bei der Allgem. Orts-Krankenkasse als auch gegen Unfall bei der Frankfurter Transport-, Unfall- und Glasversicherungs-A.-G. versichert.

Löhnung und Kassenverkehr: Der zur Auszahlung gelangende und notwendige Lohnbetrag wurde am Zahlungstage bei dem Finanzausschuß abgehoben und in dem Kassenbuch des Bureaus als vereinnahmt gebucht. Diese Summe wurde nun wieder als Ausgabe auf die Konti der einzelnen Ausschüsse, welche bei der Lohnzahlung in Betracht kamen, verteilt, so daß das Kassenbuch des Ausschusses chronologisch und systematisch Aufschluß über die Verwendung der Gelder gab. Außer der Lohnkasse wurde noch eine getrennte Bureau-Kasse für kleinere Ausgaben geführt, während alle anderen Rechnungen nur von dem Ausschuß angewiesen und gebucht, von dem Finanzausschusse dagegen bezahlt wurden. Das Kassenbuch bildete somit gleichzeitig eine Gegenkontrolle für den Finanzausschuß. Während der Dauer der Ausstellung wurde die Kasse dreimal durch den Schriftführer des Ausschusses Herrn Inspektor Müller revidiert und stets in Ordnung befunden.

2. Das Personal.

Für den Ordnungs- und Kontrolldienst wurden zu Beginn der Ausstellung 110 Personen benötigt, die Zahl erhöhte sich während der Ausstellung auf 122. Die aus 1500 Offerten gesichteten und für die Einstellung in Betracht kommenden Personen wurden vorgeladen und aus 400 derselben nach sorgfältiger Auswahl der Bedarf gedeckt. Die Unbescholtenheit mußte genau nachgewiesen werden. Die definitive Einstellung der Leute erfolgte auf Grund einer gedruckten Arbeitsordnung.

Der Lohn betrug für alle Angestellten bis zum 1. September 4 M pro Tag bei 10stündiger Arbeitszeit. Vom 2. Sept. ab wurden 50 Pf. Zulage pro Tag gewährt, die nachträglich rückwirkend bis zu dem vorgenannten Tage auf 1 M erhöht wurde. Diese beabsichtigte Lohnerhöhung wurde den Leuten schon am 2. September bekannt gegeben, um sie in der gewissenhaften Erfüllung ihrer Pflichten anzuspornen, und nur solchen Beamten zugesichert, die sich bis zum Schlusse der Ausstellung tadellos geführt hatten. Diese Maßnahme hat sich sehr bewährt, die Leute arbeiteten alle von diesem Zeitpunkt ab zur vollständigen Zufriedenheit, so daß die Lohnerhöhung am Schlusse der Ausstellung jedem einzelnen bewilligt wurde.

Überstunden wurden mit $33 \frac{1}{3} \%$ Zuschlag vergütet.

Die Lohnzahlung fand jeden Freitag durch das Bureau des Ausschusses statt.

Den Angestellten wurde eine Uniform gestellt, bestehend aus Rock, Hose und Mütze, die im Dienst anzulegen war. Es war den Beamten aber auch gestattet, die Uniform außer dem Dienst zu tragen. An der Mütze befand sich eine Nummer, mit welcher auch jeder Beamte in den Lohnlisten geführt wurde. Mit dieser Nummer wurde auch bezweckt, den Besuchern der Ausstellung Gelegenheit zu geben, im Falle einer Reklamation den betr. Beamten auf dem Bureau des Ausschusses genau zu bezeichnen.

Die Einstellung der Beamten erfolgte durch einen am Tage vor der Eröffnung abgehaltenen Appell, bei welchem der Vorsitzende des Ausschusses Herr Oberst Ilse den Leuten nochmals ihre Pflichten auseinandersetzte und ihnen die strenge Erfüllung derselben anempfahl.

Bei der Auswahl wurden die Personen, die fremde Sprachen beherrschten, besonders berücksichtigt; sie erhielten ein kleines Brustschild in den betr. Landesfarben mit dem Aufdruck „Dolmetscher“. Diese Einrichtung hat den Beifall des Publikums gefunden.

Für sämtliche Angestellten bestand eine gedruckte ausführliche Dienstweisung, die durch Aushang von Bekanntmachungen und durch mündliche Instruktionen von Fall zu Fall ergänzt wurde.

Die Diensterteilung regelte die Tätigkeit für volle 10 Arbeitsstunden; in denselben waren die Mittags- und Abendpausen im voraus festgelegt und durch Ablösung gesichert. Die Mittagspause betrug nicht unter $\frac{1}{2}$ Stunde und die Abendpause nicht unter 1 Stunde. Auch auf ausreichende Nachtruhe für die Angestellten war Rücksicht genommen; diese betrug nicht unter 8 Stunden. Die Diensterteilung bestand für die Dauer der Ausstellung, die tägliche Kommandierung geschah durch Aushang eines Tagesdienstzettels. Sämtliche Angestellten wurden auf ihren Posten täglich 3 mal durch die Oberkontrolleure revidiert. Jeder Angestellte erhielt außerdem bei seinem täglichen Dienstantritt eine Karte ausgehändigt, auf der sein Dienst genau verzeichnet war, und die er stets bei sich haben mußte. Dadurch war es den Herren des Ausschusses jederzeit möglich zu revidieren, ob der betr. Beamte an seinem richtigen Platze stand.

Die Oberkontrolleure bestanden aus vier besonders empfohlenen Leuten von guter Erscheinung und bestimmtem Auftreten. Sie erhielten täglich 1 M mehr Lohn als die übrigen Angestellten.

Alle 8 Tage hatte jeder Angestellte einen dienstfreien Tag. Dieser wurde nicht vergütet. Wurde jedoch einer an einem dienstfreien Tag zum Dienste herangezogen, so wurden ihm die an diesem Tage geleisteten Dienststunden mit einem Zuschlag von $33\frac{1}{3}\%$ — also wie Überstunden — vergütet.

Für den Dienst an den Portalen wurden besonders gewandte Leute ausgewählt. Der Dienstort derselben wechselte innerhalb eines Tages mehrmals und war auf den erwähnten Karten bezeichnet. Da diese erst unmittelbar vor dem Dienstantritt in die Hände des Beamten kamen, konnten deren Verwandte oder Bekannte nicht wissen, an welchem der vielen Eingänge des Festplatzes oder der übrigen dort befindlichen Unternehmungen der betr. Beamte stand.

Um die Aufseher an den Eingängen über die zahlreichen Kartenformulare zu orientieren, waren diese in dem Vorraum des Bureaus in einem Kasten ausgehängt, ebenso auch die verschiedenartigen Abzeichen der Ausschüsse, der Direktion und des Präsidiums usw.

Für den Ordnungsdienst in der Festhalle waren 16 Beamte eingestellt, was sich als durchaus zureichend erwies. Jeder derselben hatte ein bestimmtes Revier, das er dauernd behielt. Der Dienst in der Festhalle wurde also nicht gewechselt, es geschah dies deshalb, damit die Aufseher Gelegenheit hatten, die ausgestellten Gegenstände kennen zu lernen und dieselben in Abwesenheit der Aussteller oder deren

Vertreter dem Publikum demonstrieren zu können. Die Eingänge zur Festhalle waren von Aufsehern besetzt, die dafür zu sorgen hatten, daß die Halle nicht mit brennenden Zigarren betreten und die Garderoben-Ordnung vom Publikum richtig beobachtet wurde.

Den Dienst auf dem Festplatze und Korbplatze versahen ebenfalls 16 Angestellte. Auf dem Fluggelände sorgten ständig 28 Angestellte für die Aufrechterhaltung der Ordnung, bei besonderen Veranstaltungen wurde diese Zahl bis auf 70 vermehrt und außerdem die Hilfe der Polizei in Anspruch genommen. Bei der großen räumlichen Entfernung des Fluggeländes konnte die Überwachung der Beamten nur schwer erfolgen, es wurde deshalb besonders während der Wochen, in denen regelmäßig die Flugversuche stattfanden, ein regelmäßiger telephonischer Rapportdienst zwischen dem Fluggelände und dem Bureau des Ausschusses eingerichtet, indem der Oberkontrolleur des Fluggeländes während des dort stattfindenden sportlichen Betriebes regelmäßig jede viertel Stunde telephonisch über die Situation berichten und ev. Hilfsmannschaften requirieren mußte.

An Sonn- und Feiertagen und an Tagen starken Verkehrs wurde die Zahl der Angestellten durch vertrauenswürdige Personen, die sich für den Dienst zur Verfügung gestellt hatten, bedeutend vermehrt. Diese Personen wurden natürlich nur an geeigneten leichter zu versiehenden Posten verwendet und erhielten als Lohn den Stundensatz von 40 Pf. und $33 \frac{1}{3} \%$ Zuschlag.

Zur Überwachung der sämtlichen Beamten waren eine Anzahl Geheimkontrolleure angestellt, die auch die Pflicht hatten, innerhalb und außerhalb des Festplatzes den Kartenschmuggel nach Möglichkeit zu verhindern. Durch diese wurde die Einziehung einer großen Anzahl von Dauerkarten und Freikarten veranlaßt. Die betr. Personen, denen die Karten wegen Mißbrauches abgenommen wurden, wurden auf dem Bureau festgestellt, von einer weiteren Anzeige oder Verfolgung jedoch, nachdem die Karten eingezogen waren, Abstand genommen.

Eine sehr bewährte und zur Nachahmung empfohlene Einrichtung wurde von dem Bureau durch die sog. Meldezettel getroffen. Jeder Angestellte erhielt einen Block mit solchen Zetteln, den er stets bei sich zu führen hatte. Dieser Meldezettel war mit folgendem Vermerk versehen:

Jeder Angestellte ist verpflichtet, irgend welche Störungen im Verkehr oder Betriebe, Unregelmäßigkeiten aller Art, ferner auch eigene Verbesserungsvorschläge auf diesem Zettel zu melden und denselben mit seiner Unterschrift und Dienstnummer versehen, in den Briefkasten des Ordnungs- und Verkehrs-Ausschusses zu werfen.

Durch diese Einrichtung war jeder Ausrede bei ev. Dienstvernachlässigungen entgegnet, die Zettel wurden jeden Vormittag aus dem Briefkasten genommen und für deren sofortige Erledigung Sorge getragen. Auch dem Publikum und den übrigen Ausschüssen wurden diese Meldezettel für irgend welche Reklamationen oder Wünsche zur Verfügung gestellt und von denselben gerne benutzt.

Die Angestellten des Ordnungs- und Verkehrs-Ausschusses haben sich durchgängig gut geführt und ihren Dienst gewissenhaft wahrgenommen. Es kamen nur 3 Entlassungen wegen Trunkenheit vor, 6 schieden freiwillig aus, weil sie andere dauernde Stellungen gefunden hatten.

3. Neue Verkehrswege.

Eine der ersten und wichtigsten verkehrstechnischen Fragen betraf die Bewältigung des Massenverkehrs vom Festplatz zum Fluggelände und die Regelung des Fußgänger- und Wagenverkehrs von den äußeren Zugangswegen dorthin. Wie schon früher erwähnt, gelang es den Bemühungen des Herrn Oberst Ilse die Stadt zu veranlassen, mit einem Kostenaufwand von 35000 M einen Viadukt parallel mit dem Eisenbahndamm in der Emser Straße zu bauen, über den der öffentliche Verkehr geleitet wurde, so daß der Verkehr der Menschenmassen quer über die Emser Straße und durch zwei Eisenbahndämme jederzeit ungestört und ohne eine öffentliche Straße zu berühren vor sich gehen, und auch der regelmäßige Betrieb der Ila-Rundbahn vom Festplatz zum Fluggelände auf diesem Wege vorgenommen werden konnte. Auch die zum Teil neu angelegten Zu- und Abfahrtsstraßen zu und von den Tribünen auf dem Flugplatz wurden so angeordnet, daß sich der Verkehr selbst bei dem Massenbesuch an den großen Zeppelintagen ungehindert abwickeln konnte.

4. Dauer- und Freikarten.

Die Ausgabe der Dauerkarten wurde wie folgt gehandhabt: Unter Leitung des Herrn Dr. Alphons Rikoff mit Unterstützung von den Herren Baron Philipp von Schey, Direktor Dr. von Heyden und Gustav Flörsheim wurde Ende April die Geschäftsstelle für Anmeldung von Dauerkarten eröffnet.

Im Anfang war der Verkauf ein ruhiger, er belebte sich aber sehr, je näher der Termin heranrückte, bis zu dem die Dauerkarten zu Vorzugspreisen (siehe Finanzbericht) ausgegeben wurden. Dieser Termin war zuerst auf den 1. Juni festgesetzt, er wurde aber später bis zum 10. Juni verlängert. Die Anmeldungen häuften sich von Tag zu Tag derart, daß das vorhandene Personal, bestehend aus einem Kassierer, 3 Beamten und einem Fräulein, nicht ausreichte, so daß Hilfskräfte eingestellt werden mußten. Aber auch dann gelang es nur durch angestrengtes Arbeiten von morgens 8 Uhr bis abends 11 Uhr und unter Zuhilfenahme der Sonn- und Feiertage, die Arbeit zu bewältigen.

Die Einrichtung, den Anmeldenden durch die Aufnahme im Bureau zu der für die Dauerkarten vorgeschriebenen Photographie zu verhelfen, verursachte der Geschäftsstelle außerordentlich viel Mühe. Es wurden an manchen Tagen nahezu 300 photographische Aufnahmen gemacht.

Vom 10. Juni ab, an welchem die normalen Preise in Kraft traten, flauten die Anmeldungen etwas ab, um jedoch gegen Eröffnung der Ausstellung hin wieder zuzunehmen.

Am 9. Juni wurde die Geschäftsstelle in die Festhalle gelegt. Auch hier waren in der ersten Zeit die Anmeldungen noch recht lebhaft, was sich auch vom 1. September ab, wo der Preis wieder ermäßigt wurde, wiederholte. Von Mitte September ab wurde das Geschäft ruhiger.

Im ganzen sind 16543 Dauerkarten ausgestellt worden, wovon 4129 Hauptkarten, 9328 Beikarten, 3086 Einzelkarten.

Die Bruttoeinnahme betrug 142 129 M. Außer den Dauerkarten verkaufte die Geschäftsstelle für 17 000 M Dutzendbillette (Tickets), so daß sich die Gesamteinnahme der Dauerkarten-Ausgabestelle auf rund 160 000 M stellte.

Vom 1. Oktober ab wurde die Abstempelung der Dauerkarten für die Fliegerwoche bewirkt und rund 1800 M vereinnahmt.

Durch den Vorsitzenden des Bureaus, Herrn Dr. Rikoff, wurden auch die Ausschußabzeichen an die Herren Mitglieder der einzelnen Ausschüsse in der Geschäftsstelle verabfolgt.

Die Ausgabe und Kontrolle der Freikarten war eine der schwierigsten Aufgaben des Ordnungs- und Verkehrs-Ausschusses und konnte infolge verschiedener Umstände im Verlaufe der Ausstellung zwar verbessert, aber nicht in ganz zufriedenstellender Weise gelöst werden. Der Hauptgrund, warum schon von allem Anfang an eine genügende Kontrolle sehr schwierig, ja beinahe unmöglich war, lag darin, daß vor Beginn der Ausstellung von der Geschäftsleitung viele Freikarten ohne genügende Kontrolle und Buchung den Ausstellern und ihren Angestellten sowie auch den übrigen Ausschüssen für Lieferanten usw. zur Verfügung gestellt wurden. Es war dies wohl nicht zu vermeiden, da wegen der Kürze der Zeit, die für die Vorarbeiten zur Verfügung stand, die Geschäftsleitung sehr überlastet war. Durch diese Handhabung wurde jedoch mit den Freikarten mancher Mißbrauch getrieben und die günstige und bequeme Gelegenheit, Freikarten zu erhalten, von vielen Seiten ausgenutzt.

Es ergab sich deshalb schon kurz nach der Eröffnung der Ausstellung die Notwendigkeit, die sämtlichen ausgegebenen Freikarten einer Revision zu unterziehen. Alle Freikarten wurden mittels öffentlicher Bekanntmachung an einem bestimmten Termine für ungültig erklärt und es wurde verlangt, daß sich sämtliche Inhaber von Freikarten auf dem Bureau des Ausschusses legitimierten, worauf ihre Karten mit dem Stempel „Gültig“ versehen und die Namen der Inhaber in ein Register eingetragen wurden. Durch diese Kontrolle war es möglich, viele Karten einzuziehen,

Aber trotz dieser Maßnahme erkannte man sehr bald, daß immer noch kein genügender Wandel geschaffen war. Es wurde nun von seiten des Ordnungs- und Verkehrs-Ausschusses ein ganz neues System ausgearbeitet, bei welchem vor allen Dingen mit der früheren Methode der verschiedenartigsten Kartenformulare (für Aussteller, Angestellte, Lieferanten usw.) gebrochen und nur ein einheitliches Formular von Freikarten ausgegeben wurde.

Dagegen wurde ein Unterschied in der Gültigkeitsdauer der Freikarten gemacht, und es wurden **Dauerkarten**, **Zeitkarten** und **Tageskarten** ausgestellt.

Die Zeitkarten hatten eine Gültigkeit von 14 Tagen und mußten nach dieser Frist erneuert werden. Die neuen Karten waren stets von anderer Farbe, wodurch die Kontrolle erleichtert wurde. Die Dauer- und Zeitkarten wurden möglichst auf den Namen des Inhabers ausgestellt. Im Falle dies, z. B. wenn eine Firma mehrere Angestellte hatte, die die Karten abwechselnd benutzten, nicht möglich war, mußten die betr. Firmen ein besonderes Formular unterzeichnen und erhielten die Karten alsdann unter ihrer eigenen Verantwortung ausgestellt.

Die Tageskarten waren nicht auf den Namen ausgestellt und wurden an solche Personen gegeben, die nur ein oder wenige Male vorübergehend Einlaß beehrten.

Außerdem wurden noch sog. Eßkarten eingeführt, für die Bringer von Mittagessen der Angestellten. Diese Karten waren nur von 12—2 Uhr gültig und wechselten ebenfalls alle 14 Tage in der Farbe.

Allen denjenigen Angestellten, die von seiten ihrer Arbeitgeber mit Uniformen versehen waren, wurden keine Karten gegeben, sondern die Uniform als Legitimation benutzt. Die betr. Firmen bzw. Personen waren an den Eingängen bekannt und hatten nur Zutritt an einem bestimmten Portal.

Es wird auch bei künftigen Veranstaltungen schwer sein, diese Frage einwandfrei zu lösen, empfehlenswert wird es aber stets bleiben, daß von allem Anfang an die Ausgabe von Freikarten irgend welcher Art durch ein einziges Bureau und durch einen besonderen, intelligenten und zuverlässigen Beamten, der sich die Personen genau ansieht und ein sorgfältig ausgearbeitetes Register zu führen hat, erledigt wird.

Es dürfte vielleicht zweckmäßig sein, überhaupt keine Freikarten für Aussteller oder Lieferanten auszugeben, sondern sämtliche Karten bezahlen zu lassen und nach Schluß der Veranstaltung einen entsprechenden Betrag zu vergüten. Es fragt sich allerdings, ob hierzu überhaupt eine Notwendigkeit vorliegt, und ob eine Ausstellungsleitung verpflichtet ist, Freikarten für Aussteller oder Lieferanten auszugeben. Es dürfte wohl zu rechtfertigen sein, daß die Aussteller oder Lieferanten neben ihren sonstigen Spesen auch noch den geringen Betrag für die Karten ihrer Angestellten tragen können.

5. Sanitätsdienst.

Der Sanitätsdienst auf der Ila war in folgender Weise geregelt: Es bestanden 3 Rettungswachen, davon eine im Nordostbau der Festhalle, eine am Westende der Zeppelintribüne und eine auf dem Flughügel.

Wache I war von morgens 8 Uhr bis abends 12 Uhr ständig mit einem ausgebildeten älteren Heilgehilfen besetzt, außerdem nachmittags mit 2 Mitgliedern freiwilliger Gesellschaften, Wache II war an den Tagen der Flugveranstaltungen und an den Zeppelintagen ebenso besetzt, Wache III bei Gleitversuchen ebenso.

Außerdem waren Sanitätspatrouillen eingerichtet, an Wochentagen nachmittags bis abends zum Schluß der Ausstellung, und zwar jedesmal von der die Wache mitbesetzenden freiwilligen Gesellschaft 2 Mann, die sich dreistündlich ablösten; an Sonntagen und allen Tagen lebhafteren Verkehrs waren diese Patrouillen auf 8 Mann verstärkt, so daß zum Beispiel auf dem Festplatze anwesend waren: 1 Heilgehilfe auf Wache, 2 Mitglieder freiwilliger Gesellschaften auf Wache, 8 Mitglieder freiwilliger Gesellschaften gleichzeitig auf Patrouillen.

Auf dem Flugplatz wurden die Patrouillen reduziert eingerichtet, desgl. auf dem Flughügel. An Sonntagen und bei besonderen Veranstaltungen waren die Wachen außerdem mit einem Arzte des Ärzteverbandes für freiwilliges Rettungswesen versehen.

Den eigentlichen ärztlichen Bereitschafts- und Aufsichtsdienst versahen 5 Ärzte, die im Turnus sich ablösten und meist von nachmittags 4 Uhr bis zum Schluß der Ausstellung auf dem Platze anwesend waren.

Für die notwendigen Hospitaleinlieferungen stand ein Krankentransport-Automobil des städt. Krankenhauses ständig zur Verfügung.

Für Gasvergiftungen war ein Sauerstoff-Inhalationsapparat auf dem Korbplatze. Für Massenunfälle stand der große Materialwagen des Samaritervereins mit Verband- und Transportmaterial für viele Verwundete ständig in einem Schuppen neben dem Korbplatze zur sofortigen Benutzung bereit. Außerdem war ein mit Tragbahren usw. montierter Straßenbahnwagen auf dem Depot Bockenheim bereit.

Die Sanitätswachen wurden in 986 Fällen um Hilfe angegangen, an dem freiwilligen Dienst beteiligten sich 131 Herren, und zwar 58 von der freiwilligen Sanitätshauptkolonne zum roten Kreuz 294 mal, 21 von dem Frankfurter Samariter-Verein 293 mal, 31 von der Frankfurter freiwilligen Rettungsgesellschaft 266 mal, 21 von der freiwilligen Sanitätskolonne Oberrad 185 mal. Diese Herren haben demnach zusammen 1038 mal mehrstündigen Dienst getan. Der Verein der app. Heilgehilfen hat 1703 Dienststunden geleistet. Die Sanitätswache der Ila wurde am 25. Oktober nachmittags 1 Uhr geschlossen. Die Einrichtungen der Wachen I und II wurden unentgeltlich von der Firma Dröll und von der Firma Kramer & Fränkel leihweise zur Verfügung gestellt. Tragbahren stellten die 4 freiwilligen Rettungsgesellschaften.

6. Polizei.

Die von dem Königlichen Polizei-Präsidium während der Dauer der Ila auf dem Ausstellungsplatz eingerichtete Polizeiwache hatte anfangs eine Gesamtstärke von 1 Polizei-Kommissar, 2 Polizei-Wachtmeistern und 8 Schutzmännern vom 9. 7.—10. 7.; vom 11. 7.—6. 8. 1 Pol.-Kommissar, 2 Pol.-Wachtmeistern, 12 Schutzmännern, vom 7. 8. ab 1 Pol.-Kommissar, 2 Pol.-Wachtmeistern, 16 Schutzmännern. Der Wechsel erfolgte jeden Mittag um 1 Uhr.

Die zeitweilig größeren Veranstaltungen der Ausstellung, wie z. B. die Anwesenheit der Zeppelin-Luftschiffe, die Fahrten der sonstigen Motorluftschiffe und Flugmaschinen, die verschiedenen Ballon-Aufstiege und Wettfahrten, sowie die größeren Festlichkeiten (die Veranstaltung von Feuerwerk, Sommer- und Kinderfesten) machten jedoch häufig noch eine weitere, ganz erhebliche Verstärkung der Wache bzw. die Gestellung von besonderen Polizei-Kommandos notwendig.

Diese Verstärkungen der Wache auf dem Ausstellungsplatz umfaßten in der Regel 1 bis 2 Pol.-Wachtmeister, 10 Schutzmänner zu Fuß und berittene Beamte nach Bedarf.

Bei Anwesenheit des Z II wurde täglich ein Kommando von im Durchschnitt 13 Polizei-Kommissaren, 19 Polizei-Wachtmeistern, 160 Schutzmännern zu Fuß und 15 berittenen Schutzmännern gestellt.

Außerdem wurden während der Nächte besondere Bewachungs-Kommandos von 1 bis 2 Polizei-Kommissaren, 2 Polizei-Wachtmeistern; 20 Schutzmännern und

entsprechender Kriminalpolizei gestellt. Die Kriminalpolizei hatte auch sonst ein ständiges Kommando auf der Ausstellung, insbesondere auch zur Beaufsichtigung von Taschendieben usw. Bei der Anwesenheit des Z III wurden anfänglich täglich durchschnittlich 12 Pol.-Kommissare, 22 Pol.-Wachtmeister, 200 Schutzmänner zu Fuß und 14 Schutzmänner zu Pferde und später kleinere Kommandos von 4 Pol.-Kommissaren, 6 Pol.-Wachtmeistern, 40 Schutzmännern zu Fuß und 6 berittenen Schutzmännern gestellt.

Während der Fliegerwoche wurden täglich besondere Kommandos nach Bedarf von durchschnittlich 2—3 Pol.-Kommissaren, 2—3 Polizei-Wachtmeistern, 24—36 Schutzmännern zu Fuß und 6—8 berittenen Schutzmännern gestellt. Während die Sonder-Kommandos und die Verstärkungen lediglich zum Absperrdienst Verwendung fanden, fielen der ständigen Polizeiwache folgende Aufgaben zu:

1. In exekutivpolizeilicher Hinsicht:
 - a) Ordnung und Aufrechterhaltung des Verkehrs auf den den Ausstellungsplatz umgebenden Straßen und an den Eingängen zu demselben. Beaufsichtigung des ambulanten Straßenhandels außerhalb der Ausstellung und der Halteplätze für Fuhrwerke (Droschken und Privatfuhrwerke). Regelung der An- und Abfahrten.
 - b) Unterstützung des Ordnungs-Ausschusses bzw. seiner Organe in den denselben zufallenden Funktionen (Kontrolle an den Eingängen, Absperrungen auf dem Platz usw.).
 - c) Beaufsichtigung der Theateraufführungen, soweit für solche seitens des Polizei-Präsidiums nicht besondere Beamte kommandiert wurden (z. B. für das Ilatheater).
 - d) Tätigkeit in Kriminalfällen im Verein mit der Kriminalpolizei. (Es wurden auf der Polizeiwache 44 Anzeigen wegen Diebstahls, Betrugs, Sachbeschädigung und Körperverletzung erstattet.)
 - e) Wahrnehmung des Wacht- und Telephondienstes auf der Ausstellungswache.
2. In polizeilichen Verwaltungs-Angelegenheiten:
 - a) Bearbeitung der Schankkonzessionssachen für insgesamt 19 Restaurationsbetriebe, der Gesuche für konzessionspflichtige Vergnügungsveranstaltungen (16), die Beaufsichtigung der stehenden Geschäftsbetriebe (16 Verkaufsstände) und des ambulanten Handels auf dem Platze.
 - b) Entgegennahme von Anträgen für Festlichkeiten und Vergnügungen und die damit verbundenen Arbeiten.
 - c) Die Erledigung der Requisitionen auswärtiger Polizei-Behörden bezüglich solcher Personen, die vorübergehend auf der Ausstellung beschäftigt waren und des damit verbundenen Schriftverkehrs.
 - d) Verwaltung des Fundbureaus (es wurden 188 Fundgegenstände entgegengenommen und an das Polizei-Präsidium abgeliefert.) Als verloren wurden 146 Gegenstände angemeldet.
 - e) Unfall-Feststellungen.
Es gelangten 14 Unfälle zur Anzeige, von denen 2 schwererer Natur waren. In einem Falle war ein Todesfall zu verzeichnen.

7. Feuerwache.

Die Stärke des Ausstellungswache, welche am 5. Juli bezogen wurde, betrug täglich 2 Oberfeuerwehrmänner, 13 Mann, wovon 5 Mann zur Bedienung einer großen Dampfspritze auf Feuerwache III bereit standen, da für Unterbringung dieser Mannschaften der Raum auf der Ila nicht ausreichte. Sonderwachen wurden aus Anlaß von Feuerwerk 5 mal, und zwar eine Motorspritze mit Besatzung von insgesamt 11 Oberfeuerwehrmännern, 40 Feuerwehrmännern, außerdem Wachen auf dem Fluggelände, während der Anwesenheit von Z II und III, 14 mal mit zusammen 27 Oberfeuerwehrmännern, 84 Feuerwehrmännern und während der Spielzeit des Theaters zu jeder Vorstellung 1 Oberfeuerwehrmann, 5 Feuerwehrmänner, zusammen 58 Oberfeuerwehrmänner, 290 Feuerwehrmänner gestellt.

Zur schnellen Meldung eines Feuers waren auf dem Ausstellungsgelände 16 und in der Festhalle 34 Feuermelder angebracht. Zu Löschzwecken standen auf dem Platze 25 Oberflurhydranten, in der Halle 34 Wandhydranten und 3 Oberflurhydranten bei Ausstellern, deren Platz leicht zu einem Feuer hätte Veranlassung geben können, zur Verfügung.

In Alarmbereitschaft standen 5 Schlauchwagen, 2 hiervon waren bei der Wachtstube aufgestellt und 3 auf dem Platze verteilt (Panorama, Korbplatztribüne, Königstraße). Außerdem stellte die Ausstellungsleitung, mit Rücksicht auf das ausgedehnte Gelände, zur schnellen Beförderung der Mannschaft nach der Brandstelle ein Adler-Kleinauto, das von der Branddirektion für den speziellen Zweck ausgebaut und mit einem Schlauchwagen sowie den nötigen Geräten ausgerüstet wurde. Die Tätigkeit der Feuerwehr erstreckte sich in erster Linie auf die Verhütung eines Feuers. Eine strenge Kontrolle bei Tag und Nacht durch zwei Posten in der Festhalle sowie durch einen Oberfeuerwehrmann auf dem Gelände gab mehrfach Veranlassung zum Einschreiten bei unzulässigen Zuständen.

Bei Schadenfeuern in der Ausstellung trat die Feuerwehr 8 mal in Tätigkeit. Mit Ausnahme des am 1. 10. 1909 infolge von Explosion von Feuerwerkskörpern in den Marine-Schauspielen ausgebrochenen Feuers, wobei ein Arbeiter getötet wurde, waren die Brände nicht von Bedeutung. Die Hilfe der Feuerwehr wurde ferner zum Füllen der Lenkballons Z II und III und des Parseval-Ballons mit Gas und Wasserballast in Anspruch genommen. Zur Abgabe des Wasserstoffgases und des Wasserballastes an den auf freiem Felde verankerten Z II mußten Schlauchleitungen bis zu 300 m Länge ausgelegt werden. Die Füllungen gingen schnell und ohne Anstände vonstatten. Für die Gasfüllung wurden Schläuche von 75 mm und für die Wasserfüllung von 52 mm Durchmesser verwendet. Bei der Gasfüllung wurden die Kuppelungen zur Sicherheit durch Drahringe gesperrt und mit Schlauchbinden von Segeltuch besonders gedichtet. Diese Einrichtung war erforderlich, weil bei dem geringen Gasdruck die Gummilippen der Kuppelungen nicht dichteten. Zum Füllen des Wasserballastes von Z III in seiner Halle wurden in Ermangelung einer Wasserleitung von genügender Stärke Wasserfässer gefüllt und von diesen das Wasser mittels Handdruck-Spritzen in den Ballonkörper gepumpt.

In 12 Fällen leitete die Wache bei Verletzungen und Unglücksfällen die erste Hilfe, 11 mal wurden Notverbände angelegt und einmal mit Erfolg Wiederbelebungs-Versuche mittels Sauerstoff-Apparates bei Gasvergiftung vorgenommen.

8. Post- und Telegraphenwesen.

Die Postanstalt auf der Ila trat am 6. Juni in Wirksamkeit und befaßte sich mit

- a) dem Verkauf von Postwertzeichen;
- b) der Annahme und Ausgabe von gewöhnlichen und eingeschriebenen Briefsendungen sowie der Ausgabe von Paketen;
- c) der Annahme und Ausgabe von Telegrammen;
- d) der Bestellung der nach dem Festplatz gerichteten Briefsendungen;
- e) der Bedienung der öffentlichen Fernsprechstellen.

Ständig tätig waren 4 Beamte und 6 Unterbeamte, die je nach Bedarf verstärkt wurden.

Die Annahmeschalter waren von 8 Uhr morgens bis 8 Uhr abends, die Fernsprechstelle und Telegramm-Annahme bis 9 Uhr abends geöffnet. Während der Nacht konnten dringende Gespräche durch Vermittlung der neben dem Postdienst-raum befindlichen Wache der Feuerwehr geführt werden. Dem Sprechverkehr dienten 6 Zellen, außerdem waren 6 Automaten vorhanden, davon 3 in der Festhalle, einer im Café Astoria und 2 auf der Flugplatztribüne.

Es wurden 1012 Einschreibebriefe, 7998 Telegramme angenommen, sowie 20 008 Gespräche vermittelt, die Automaten wurden in 6363 Fällen benutzt.

Auf dem Ausstellungsgelände waren 6 Straßenbriefkasten aufgestellt. Sämtliche eingelieferten Briefsendungen erhielten den Stempel „Ila“. Ihre Bearbeitung erfolgte durch das Postamt 9, wohin auch die angenommenen Telegramme durch Radfahrer zur Weiterbeförderung durch Rohrpost an das Telegraphenamts Zeil verbracht wurden. Die für die Empfänger auf dem Festplatz bestimmten Telegramme wurden auf die gleiche Weise der Postanstalt auf dem Festplatz überwiesen und von dieser bestellt; ihre Zahl belief sich auf 2014. Außerdem wurden 172 Eilbriefe bestellt.

Von der Gelegenheit, Briefsendungen, Zeitungen und Telegramme abholen zu können, wurde in ziemlichem Umfange Gebrauch gemacht. Erheblich größer an Zahl jedoch waren die Briefe, Drucksachen, Zeitungen und Postanweisungen, welche den Empfängern durch den Briefträger zugestellt wurden. Die Bestellung fand im Anschluß an die wichtigeren Eisenbahnzüge, und zwar fünfmal täglich statt. Bestellt wurden u. a. 896 Einschreibebriefe und 1313 Postanweisungen mit 61094 M

9. Wach- und Schließ-Gesellschaft.

Es waren beschäftigt:

- vom 14. VII. bis 1. VIII. durchschnittlich 16 Mann nachts
und 1 Mann am Tag,
- vom 1. VIII. bis 15. VIII. durchschnittlich 16 Mann nachts
und je 2 Mann am Tag,

- vom 15. VIII. bis 31. VIII. durchschnittlich 20 Mann nachts
und je 2 Mann am Tag,
vom 1. IX. bis 20. IX. durchschnittlich 22 Mann nachts
und je 3 Mann am Tag,
vom 20. IX. bis 17. X. durchschnittlich 19 Mann nachts
und je 2 Mann am Tag.

Außerdem waren noch zur Unterstützung der Wächter 9 Polizeihunde während dieser ganzen Zeit im Dienst. Bei der Ankunft Zeppelins wurden noch 50 Mann gestellt, und an den Zeppelintagen nachts je 15 Mann; beim Ballonfüllen, bei den verschiedenen Absperrungen und zum Ordnungsdienst wurden 30 bis 50 Mann verwandt. Der Dienst erstreckte sich in der Zeit von 9 Uhr abends bis 7 Uhr morgens bzw. von 7 Uhr abends bis 8 Uhr früh.

Folgende Objekte unterlagen insbesondere einer Überwachung: Festhalle, Historische Abteilung, Ballonhalle, Flughügel, Fliegerschuppen, Zeppelinhalle, Tribüne, Marineschauspiele, Japanischer Garten, Afrikanerdorf sowie der Vergnügungspark.

10. Wohnungsnachweis und Auskunftstelle.

Aus dem sehr ausführlichen Berichte dieses Bureaus, der wegen seines Umfanges nicht vollständig in den Rahmen dieser Denkschrift aufgenommen werden kann, werden die nachstehenden wichtigsten Daten entnommen und dabei bemerkt, daß sich der sehr interessante Originalbericht bei den Handakten des Ausschusses befindet.

Das Bureau stand unter der Leitung des Herrn Stadtsekretärs Treptow, der sich um die Organisation sehr verdient machte. Dasselbe wurde 8 Tage vor der Eröffnung der Ausstellung im Rathause eingerichtet mit einem Beamten, später wurde dasselbe in einen besonders dazu hergerichteten Raum, den die Kgl. Eisenbahndirektion zur Verfügung gestellt hatte, in den Hauptbahnhof verlegt. Die Arbeit war während der ganzen Dauer der Ausstellung eine sehr umfangreiche, außer dem Bureauvorsteher waren 3 Bureaubeamte und ein Außenbeamter im Dienst, vorübergehend wurde das Personal noch verstärkt.

An den Bahnsteigen waren auffallende Schilder angebracht mit der Aufschrift:

Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung
Wohnungsnachweis und Auskunftstelle.

Außerdem wurde in der Dunkelheit ein Schild mit derselben Aufschrift auf den Bahnsteigen herumgetragen, was sehr zu empfehlen ist.

Es wurden Einladungsschreiben zum Besuche der Ausstellung an 34 Luftschiffvereine, 75 Automobil- und Sportklubs, 38 technische und 48 Ingenieurverbände, 32 Universitäten und Techn. Hochschulen und 69 sonstige technische Lehranstalten, zusammen an 296 Korporationen in 31 Städten versandt.

Mit dem Frankfurter Hotelbesitzer-Verein wurde ein Abkommen getroffen, wonach derselbe Betten in der Preislage von 4 M bis 6,50 M bei achttägiger Voraus-

bestellung zur Verfügung stellen sollte, inkl. Frühstück, aber ohne Bedienung. Dieses Abkommen erwies sich als nicht geeignet, und es wurde deshalb mit dem genannten Verein vereinbart, daß die dem Verein angehörig 25 Hotels jeden Vormittag einen Rapport einzusenden hatten, auf Grund dessen die Zuweisung von Gästen erfolgen sollte. Die Zimmerpreise wurden bei dieser Gelegenheit wesentlich reduziert und auf 2,— M bis 4,50 M pro Bett und Nacht festgesetzt. Dadurch war das Bureau imstande, die Nachfragen nach Hotelquartieren mit Ausnahme der Zeppelintage zu befriedigen.

Privatquartiere. Zur Gewinnung von Privatquartieren wurden in 6 Zeitungen geeignete Annoncen erlassen, auf welche 3200 Angebote eingingen, von welchen 2100 ausgesucht wurden. Die angebotenen Zimmer wurden besichtigt und mit den Wohnungsinhabern ein geeignetes Abkommen getroffen. Für die Zuweisung von Fremden wurde eine Gebühr von 10 Pf. erhoben. Das gleiche Abkommen wurde mit den Privatpensionen getroffen. Auf diese Weise waren außer den Hotelquartieren 418 Betten à 2,— M, 921 à 2,50 M, 633 à 3,— M, 85 à 3,50 M, 153 à 4,— M, 17 à 4,50 M, und 50 à 5,— M, zusammen 2177 Betten zur Verfügung. Preise ebenfalls inkl. Frühstück und Bedienung.

Auskunfterteilung. Zu diesem Zwecke war ein sprachkundiger Herr auf dem Bureau angestellt, der über alles in Betracht Kommende orientiert war und jede Auskunft erteilen konnte.

Das Bureau des Wohnungsnachweises erzielte an E i n n a h m e n :

Aus Kartenverkauf	6620,— M
„ Überschuß von Gesellschaftsfahrten	675,55
„ Inseraten	154,20
„ Vermietungsüberschuß	101,25
„ Sonstigem	576,40
	8127,40 M

und hatte A u s g a b e n

An Löhnen	3772,68	
„ Miete und Bureauspesen	799,25	
„ Drucksachen	2418,95	
„ Portokasse	409,30	
„ Inseraten	6181,33	
„ Sonstigem	312,—	
	13893,51	
hatte mithin	M e h r a u s g a b e n	5766,11 M

Gesellschaftsfahrten. Es wurden 58 Städte ausgesucht, für welche ev. die Veranstaltung von Extrazügen ins Auge gefaßt werden sollte. In diesen Städten wurde mit bestimmten Vereinen Fühlung genommen, um eine Korporation zu gewinnen, welche die geplante Veranstaltung übernehmen sollte, weil nach Vorschriften der Eisenbahnverwaltung der Ausstellungsleitung die Veranstaltung von Sonderzügen nicht genehmigt werden konnte. In Verbindung mit dem Presse- und Propaganda-Ausschuß wurde die nötige Reklame durch Annoncen und Plakate in den in Be-

tracht kommenden Städten gemacht und außerdem 30000 Einladungen mit Prospekten und Anmeldebogen an Interessenten verteilt. Die Kosten hierfür wurden teilweise durch die in dem Prospekt enthaltenen Inserate aufgebracht. Für die Teilnehmer an Sonderzügen wurden besondere Eintrittskarten mit einem Anhang von Gutscheinen hergestellt, welche zum Vorzugspreis von 50 Pf. verabfolgt wurden.

11. Stuhl-Vermietung.

Die Ila hatte das alleinige Recht, ein Stuhl-Vermietungs-Institut auf dem Ausstellungsgebäude zu errichten, der Firma Carl Sinnhuber übertragen.

Die Abgabe betrug 10 % von der Brutto-Einnahme, mindestens jedoch 1 M pro aufzustellenden Stuhl.

Es waren 1250 Holzklappstühle auf dem Gelände der Ila aufgestellt, für deren Benutzung das Publikum eine Gebühr von 10 Pf., bei besonderen Veranstaltungen 20 Pf. zu zahlen hatte.

Die Stuhlbillets berechtigten am Lösungstage zur beliebig häufigen Benutzung sämtlicher Stühle.

Der Verkauf der Stuhlkarten geschah durch Beamte des Instituts. Der leichteren Kontrolle wegen wurde die Farbe der Stuhlkarten täglich gewechselt, auch waren auf den Stuhlkarten 7 Felder für die einzelnen Wochentage angebracht, welche entsprechend kupiert wurden.

Es waren durchschnittlich 3—5 Aufseher pro Tag bei den Stühlen beschäftigt, die 3 M Tagelohn, sowie 5 % von ihrer Einnahme erhielten.

Die Brutto-Einnahme betrug im

Juli	1534,60 M
August	2812,90
September	2699,10
Oktober	848,70
	<hr/>
	7895,30 M

und die an die Ila hierfür vereinbarte Minimalabgabe von 1 M pro Stuhl = 1250,—M, da die prozentuale Abgabe von 10 % nur 789,50 M betragen hätte.

Nach Schluß der Ausstellung wurden sämtliche Stühle zu billigen Preisen verkauft, wobei ein Manko von 50 Stühlen festgestellt wurde.

12. Garderoben und Toiletten.

Diese Abteilung wurde von der Ila gegen eine prozentuale Abgabe ebenfalls an die Firma Carl Sinnhuber verpachtet, und zwar von der Brutto-Einnahme 25 % bis 15 000,— M, $33\frac{1}{3}$ % von 15 000,— bis 20 000,— M und 50 % über 20 000,— M, mindestens jedoch eine Abgabe von 3000,— M.

Die Garderobenräume wurden einschließlich Beleuchtung unentgeltlich zur Verfügung gestellt, ebenso die Garderobengestelle.

Die Toiletten wurden fertig zum Gebrauch, einschließlich Wasser und Beleuchtung, von der Ausstellung gestellt, während Spiegel, Wäsche, Klosettpapier, Seife usw. von dem Institut beschafft wurde.

Es waren beschäftigt bei den Garderoben und Toiletten im Durchschnitt 25 bis 30 Frauen pro Tag gegen einen Lohn von 2,50 M bis 3 M pro Tag, bei täglicher Kündigung.

Die Garderobengebühr betrug für Mäntel, Schirme, Stöcke usw. 10 Pf. pro Stück, für Pakete 20 Pf., für Fahrräder 30 Pf. pro Stück.

Für Benutzung der Toilette wurde 10 Pf. und der Waschgelegenheit inkl. Seife und Handtuch ebenfalls 10 Pf. erhoben.

Billets. Außer den Garderoben-Nummern, von denen die Garderobenfrau wie gewöhnlich eine Nummer an die Garderobe heftete und die zweite Hälfte dem Publikum aushändigte, waren auch sogenannte Beikarten à 10 Pf. und 20 Pf. eingeführt. Wurde ein Stück Garderobe abgegeben, so erhielt das Publikum nur 1 Nummer und zahlte 10 Pf. Bei 2 Stück Garderobe wurde 1 Nummer (à 10 Pf.) und eine weiße Beikarte à 10 Pf., bei 3 Stück eine Nummer und eine rote Beikarte à 20 Pf. ausgehändigt. Wenn auch das Publikum mit dieser Einrichtung nicht recht zufrieden war, so ist dieses bei einer Gebühr pro Stück Garderobe die einzige Möglichkeit, die Garderobenfrau in ihren Einnahmen zu kontrollieren.

Es wurden vereinnahmt:

	für Garderobe	für Toilette
im Juli	931,30 M	2199,60 M
im August	3133,50	4543,10
im September	4152,—	5341,35
im Oktober	906,20	1896,15
	9123,— M	13980,20 M

total also 23103,20 M und davon eine Abgabe von 6267,41 M

13. Verkehr auf der städtischen Straßenbahn während der IIa.

Bemerkenswerte Tage, die der städtischen Straßenbahn aus Anlaß der Ankunft und Anwesenheit des Luftschiffes Z II erhöhte Einnahmen brachten, waren

Samstag, den 31, Juli d. J. mit	rund 360 000	beförderten Personen,
Sonntag, den 1. August d. J. mit	„ 380 000	„ „
Montag, den 2. August d. J. mit	„ 320 000	„ „

Die Flugwoche erhöhte ebenfalls die Beförderungsziffer auf der Straßenbahn, und zwar wurden an den einzelnen Tagen befördert;

Sonntag, den 3. Oktober d. J.	rund 340 000	Personen
Montag, den 4. Oktober d. J.	„ 260 000	„
Dienstag, den 5. Oktober d. J.	„ 240 000	„
Mittwoch, den 6. Oktober d. J.	„ 250 000	„
Donnerstag, den 7. Oktober d. J.	„ 260 000	„
Freitag, den 8. Oktober d. J.	„ 230 000	„

Samstag, den 9. Oktober d. J.	rund 280 000 Personen
Sonntag, den 10. Oktober d. J.	„ 335 000 „
Montag, den 11. Oktober d. J.	„ 285 000 „

Im übrigen wäre zu erwähnen, daß durch die Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung der Straßenbahnverkehr täglich durchschnittlich einen Zuwachs von rund 15 000 Fahrgästen erhielt, und daß Unglücksfälle bei der erhöhten Benutzung der Straßenbahn nicht zu verzeichnen sind. Für die Dauer der Ausstellung entspricht dies einer Mehreinnahme von über 150 000 M.

C. Licht und Kraft.

Nachdem vorauszusehen war, daß die elektrischen Einrichtungen für die IIa einen bedeutenden Umfang annehmen würden, war vom Bau-Ausschuß ein Unterausschuß gebildet worden, dem die Bearbeitung der elektrischen Einrichtungen übertragen wurde; dem Unterausschuß gehörten an: der Direktor der städtischen Elektrizitätswerke Herr Singer als Vorsitzender, Herr Michael Kämpf, Fabrikant, und der Obergeringieur der Städtischen Elektrizitätswerke, Herr Habersaat.

Den Schwerpunkt der Beleuchtungseinrichtungen bildete natürlich die Festhalle, welche den größten Teil der Ausstellungsobjekte aufzunehmen hatte. Für die Lieferung elektrischer Energie an die Festhalle waren von den Städtischen Elektrizitätswerken 2 Anschlüsse vorgesehen worden; sie wurde durch 2 Doppelkabel mit dem Elektrizitätswerk II (Bockenheim) verbunden, wo Gleichstrom aus 4 Dampfdynamos und einem Umformer zur Verfügung stand und außerdem in einer Akkumulatorenbatterie von 1600 Amperestunden eine stets bereite Reserve vorhanden war; an diesen Gleichstromanschluß waren als ständige Einrichtungen angeschlossen: 20 Intensiv-Bogenlampen à 20 Ampere, 96 Spar-Bogenlampen à 6 Ampere, ca. 3500 Kohlen- und Metallfadenlampen verschiedener Kerzenzahl bis 50 NK., 8 Motoren für Ventilation von zusammen 120 PS.

Außerdem besaß die Festhalle einen direkten Hochspannungsanschluß an das Elektrizitätswerk I mit 2 Transformatorenstationen; von diesen wurden 20 000 Miniatur-Glühlampen à 2 Normalkerzen gespeist, welche mit dem gewaltigen Lichteffekt der Bogenlampen zusammen die imposante Eisenkonstruktion der Halle auch abends zur vollen Geltung brachten; außerdem wurde eine für alle Fälle ausreichende Notbeleuchtung aus Glühlampen ebenfalls an Wechselstrom angeschlossen.

Während der Ausstellung in der Festhalle waren an provisorischen Anlagen für die 52 Aussteller 76 Elektromotoren mit zusammen 164 PS und 150 Glühlampen in Betrieb.

Der gesamte Energieverbrauch der Festhalle für die ständigen und provisorischen Anlagen betrug allein schon rund 530 Kilowatt.

Besondere Aufmerksamkeit mußte der Beleuchtung des ausgedehnten Platzes vor der Festhalle und des Festplatzes samt den Wegen gewidmet werden. Für die Platzbeleuchtung waren 79 Bogenlampen von der Firma Körting & Mathiessen in Leipzig für Gleichstrom geliefert worden; die Lampen waren für Effektkohlen eingerichtet und besaßen einen geriffelten Glasring als Lichtverteiler, dessen Wir-

kung so vorzüglich war, daß trotz der Intensität der Lichtausstrahlung der Effektbogenlampen die Verteilung der Beleuchtung zwischen den einzelnen Lampen eine auffallend gleichmäßige war. Für die 3 Eingänge waren im ganzen 500 Glühlampen als Illuminationsbeleuchtung und 200 desgleichen für die Beleuchtung der Kassen und Durchgänge vorgesehen worden. Sie erforderten zusammen einen Aufwand von 70 KW.

Beleuchtungseinrichtungen waren noch vorgesehen für: das Verwaltungsgebäude, die Garderoben und Nebenräume, 3 Scheinwerfer à 60 Amp. (von den Siemens-Schuckert-Werken leihweise überlassen), auf 3 Türmen installiert, von denen aus der ganze Platz vor den Ballonhallen beleuchtet, und mit welchen die Freiballons verfolgt werden konnten, die Nord- und Südtribüne für Zuschauer, der Propellerturm, der Kaskadengang, der ganz mit Glühlampen eingefast war, das Pumpwerk für die Fontäne, ein Theater, dessen Außenseite ebenfalls mit 800 Lampen illuminiert war, ein Tanzpodium, Musikpavillons und Bedürfnisanstalten, alles zusammen mit einem Anschlußwert von 250 KW.

Die für die Unterhaltung der Besucher der Ausstellung vorgesehenen Veranstaltungen erforderten ebenfalls einen beträchtlichen Aufwand an elektrischer Energie; erwähnenswert unter denselben sind:

das Afrikanerdorf, ein Autodrom, welches von 2 Elektromotoren von zusammen 45 PS angetrieben wurde, das Luftschiff-Panorama, dessen Plattform ebenfalls durch einen elektrisch angetriebenen hydraulischen Aufzug gehoben wurde, die Marine-schauspiele und das Restaurationsschiff, ein Aero-Theater, das japanische Teehaus, deren Anschlußwert sich zusammen auf 316 KW. bezifferte.

Für die Erfrischung der Ausstellungsbesucher waren mehrere Restaurants eingerichtet worden, welche im allgemeinen eine außerordentlich reichhaltige Beleuchtung erhielten: das Weinrestaurant, eine große Bierhalle mit angrenzendem Speisesaal und ein Café; sie verbrauchten zusammen rund 103 KW.

Der Gesamtbedarf der Ausstellung an elektrischer Energie ergibt die stattliche Zahl von rund 1200 KW.; rechnet man, daß in einer Bogenlampe pro Kerze etwa 0,2 Watt und in einer Metallfadenlampe rund 1 Watt pro Kerze verbraucht werden, so ergibt sich, daß allabendlich eine Lichtmenge von etwa 1½ Million Kerzen sich über die Ausstellung und ihre Räumlichkeiten ergoß.

Für die Herstellung aller Installationen, welche nicht bereits im Anschluß an die Festhalle vorhanden waren, wurden die Frankfurter Installationsfirmen in weitgehendstem Maße herangezogen; zu diesem Zwecke sind die Arbeiten in eine große Anzahl Lose geteilt und in beschränkter Submission vergeben worden; die Firmen, welche den Zuschlag erhielten, hatten die elektrischen Einrichtungen samt Glühlampen während der Dauer der Ausstellung leihweise vorzuhalten und für das dauernd gute Funktionieren derselben Sorge zu tragen.

Eine besondere Aufgabe fiel der Betriebsdirektion der Städtischen Elektrizitätswerke zu; nachdem nämlich mit Rücksicht auf die zahlreichen Aufstiege von Freiballons, die Fahrten der Luftschiffe und Flugapparate, Freileitungen für die Zuführung der elektrischen Energie zu den einzelnen Teilen des ausgedehnten Ausstellungsgebäudes ausgeschlossen waren, mußten sämtliche Zuleitungen unterirdisch verlegt und die Anschlüsse in derselben Weise hergestellt werden. Diese

Arbeit, welche sich auf die beiden Wochen vor der Eröffnung der Ausstellung zusammendrängte, fiel der Kabelnetzabteilung der Elektrizitätswerke zu, welche in der knappen Zeit von 14 Tagen rund 4000 m Kabel mit 44 Anschlüssen fertigzustellen und mehrere Transformatoren-Stationen zu bauen hatte; außerdem hatte sie auch die Bedienung der zahlreichen Bogenlampen außerhalb der Festhalle und an den Eingängen zu besorgen. Zur Überwachung der ganzen Beleuchtungseinrichtungen war von den Städtischen Elektrizitätswerken aus ihrer Installationsabteilung eine ständige Betriebswache, welche aus einem Techniker und mehreren Elektromonteuren bestand, eingerichtet, welche abends nach Eintritt der Dunkelheit durch optische Signale, die in Form von je 2 roten Glühlampen auf dem Turm der Festhalle und auf dem Dach des Theaters angeordnet waren, herbeigerufen werden konnten. Dank der soliden Herstellung aller Installationen, für welche keinerlei provisorische Einrichtungen zugelassen wurden, der sorgfältigen Prüfung aller Leitungen vor der Inbetriebsetzung und der dauernden Überwachung aller elektrischen Anlagen ist während der ganzen Dauer der Ausstellung an keiner Stelle ein Versagen der elektrischen Beleuchtung und kein Brand, durch Elektrizität verursacht, zu verzeichnen gewesen.

Entsprechend dem bedeutenden Umfange der Anschlüsse gestaltete sich auch der Verbrauch an elektrischer Energie in KW.-Stunden, obwohl ein großer Teil der Ausstellung noch in die Sommermonate Juli, August, September fiel; es wurden im ganzen geliefert;

rund 101 940 KW.-Stunden Gleichstrom vom Elektrizitätswerk II,
 rund 182 160 KW.-Stunden Wechselstrom vom Elektrizitätswerke I,

in Summa rund 284 100 KW.-Stunden.

Davon entfielen

rund 250 000 KW.-Stunden für Beleuchtungszwecke,
 rund 34 100 KW.-Stunden für Kraft- und andere Zwecke.

Die Ausstellung dauerte rund 100 Tage; es war demnach jedes angeschlossene KW. täglich etwa 2 Stunden in Betrieb.

Da der Ila seitens der Elektrizitätswerke ein bedeutender Rabatt auf die normalen Strompreise gewährt wurde, den Ausstellern und Restaurateuren von der Ila jedoch die gewöhnlichen Preise der Elektrizitätswerke für den Strom in Rechnung gestellt wurden, ergab sich, daß der Ila für die Beleuchtung der Plätze und Wege keinerlei Kosten erwachsen sind.

D. Anmeldung und Spedition.

1. Anmeldung.

Für die Anmeldung der Ausstellungsobjekte waren die im Anhang befindlichen Bestimmungen maßgebend. Diese haben sich im ganzen bewährt, indessen würden einige unliebsame Erörterungen vermieden worden sein, wenn betreffs Dauer der „Ila“ eine Verlängerung in dem Schema vorgesehen gewesen wäre.

Ferner würde sich empfohlen haben, zu bemerken, daß für das Packmaterial eine Haftung nicht übernommen wird. Beim Schluß der Ausstellung bemächtigte sich eine ganze Reihe von Ausstellern fremder Kisten, und trat später Mangel an solchen ein.

Die Anmeldungen gingen anfangs sehr langsam ein, es war ersichtlich, daß die großen Firmen erst das Verhalten ihrer Konkurrenten abwarten wollten. Am zahlreichsten waren anfangs solche Anmeldungen von Objekten eingelaufen, die mit der Luftschiffahrt nur in losem Zusammenhange stehen.

Da es in Anbetracht des Umstandes, daß die Ila die erste Luftschiffahrt-Ausstellung war, unmöglich zu übersehen war, in welchem Umfange sie beschickt werden würde, durfte man anfangs nicht wählerisch bei der Aufnahme solcher Gegenstände verfahren.

Daß die Beteiligung des Auslandes eine geringe war, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß außer in Frankreich verhältnismäßig wenig Gegenstände, die sich ohne große Kosten zur Ausstellung eignen, vorhanden waren.

Ein französischer Motorballon wurde zum Kauf angeboten, wovon aber der unverhältnismäßig hohen Kosten wegen abgesehen werden mußte, zumal man mit Sicherheit auf fünf deutsche Motorballons rechnen konnte.

Hätte man übersehen können, daß Maschinen, besonders solche, die im Betriebe vorgeführt werden sollten, so zahlreich zur Anmeldung gelangen würden, so hätte man den Erwägungen nachgegeben, eine besondere Maschinenhalle neben der Festhalle zu erbauen, auch im Hinblick darauf, daß die Zuführung von Elektrizität, Gas, Wasser und die Abführung von Auspuffgasen in der Festhalle Schwierigkeiten und Kosten bereiteten.

Nach Vergabung aller Plätze liefen noch Anmeldungen von Motoren, auf deren Vorhandensein großer Wert gelegt werden mußte, ein. Nur mit Mühe konnte solchen Anmeldungen noch entsprochen werden.

A n l a g e.

Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung Frankfurt a. M. 1909.

Dauer und Ort.

Die Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung in Frankfurt a. M. findet vom 10. Juli bis 10. Oktober 1909 in Frankfurt a. M. in der dortigen Ausstellungs- und Festhalle statt.

Leitung.

Die Leitung der Geschäfte erfolgt durch den Vorstand, welcher sich zusammensetzt aus:
den drei Präsidenten,
dem Direktor,
dem Syndikus,
den Vorsitzenden der sieben Ausschüsse,
dem technischen Beirat.

Prämierung und Wettbewerb.

Eine Prämierung der Ausstellungsgegenstände ist vorläufig nicht in Aussicht genommen. Dagegen werden Wettbewerbe aller Art stattfinden, besondere Mitteilung hierüber folgt.

Umfang der Ausstellung.

- Gruppe 1: **Balloons und Ballonfabrikation**, Stoffweberei, Gummierung und andere Dichtungsverfahren, Seilerei, Korbflechterei, Spezialmaschinen dieser Gebiete und Rohmaterialien in den verschiedenen Stadien ihrer Verarbeitung.
- Gruppe 2: **Motorballons**, deren Modelle und Zeichnungen, Propeller, Steuerungen, Gondeln usw.
- Gruppe 3: **Militär-Luftschiffahrt**, Frei- und Fessel-Balloons, Transport-, Verankerungs- und Füll-Geräte, Ballon-Geschütze und Geschosse usw., Ballonhallen.
- Gruppe 4: **Signal-Dienst für Ballons**, elektrische Apparate in den verschiedensten Arten ihrer Verwendung, drahtlose Telegraphie und ihre Hilfszweige, Brieftauben, Briefmöven.
- Gruppe 5: **Gas-Fabrikation und -Kompression**.
- Gruppe 6: **Wissenschaft der Luftschiffahrt**, Literatur, Luft-Untersuchungen, photographische Aufnahmen, Kartographie, Meteorologie, Astronomie, geschichtliche Entwicklung der Luft- und Flugschiffahrt, Drachen-Stationen und deren Einrichtungen.
- Gruppe 7: **Feinmechanische und physikalische Apparate**, mit Einschluß der Optik und der photographischen Industrie, soweit diese die Luftschiffahrt berühren.
- Gruppe 8: **Ausrüstungen für Ballon-Fahrer**, Kleidung, Proviant, Sauerstoff-Apparate, Körper-Hygiene, Korbbeleuchtung, Flaggen, Rettungsapparate usw.
- Gruppe 9: **Flugapparate und Drachen**.
- Gruppe 10: **Motoren**, Motorteile, Spezialmaschinen für Motorfabrikation, Kraftübertragungen, Motor-Lagerungen.
- Gruppe 11: **Kunstgegenstände**, welche sich auf die Luftschiffahrt beziehen.

Ausschluß.

Die Ausstellungsleitung ist befugt, Ausstellungsgegenstände ohne Angabe von Gründen zurückzuweisen; auch nach Zahlung der Platzmiete, die dann zurückerstattet wird.

Anmeldung.

Die Anmeldung hat mittels beigefügten Anmeldebogens bis zum 1. April 1909 zu erfolgen.

Platzmiete.

Bodenfläche in der Halle: Quadratmeter 20,— M.

Wandfläche in der Halle: Quadratmeter 10,— M.

Angefangene Quadratmeter rechnen für volle, Mindestmaß zwei Quadratmeter. Für Plätze, die größer sind als 10 Quadratmeter besondere Übereinkunft vorbehalten. Tische, Schränke sind von den Ausstellern zu liefern oder werden auf deren Kosten beschafft.

Für Unterbringung außerhalb der Ausstellungshalle bleiben Vereinbarungen vorbehalten.

Privatpersonen, welche unverkäufliche Gegenstände ausstellen, sowie der Fédération Internationale Aéronautique angehörige Vereine und die Behörden zahlen keine Platzmiete. Ferner ist Platzmiete nicht zu zahlen für Luftschiffe, Flugmaschinen und Modelle, beider sofern diese keiner Grundfläche zur Aufstellung bedürfen, sondern im Raume schwebend aufgehängt werden können. Andernfalls bleibt Vereinbarung vorbehalten.

Die Platzmiete muß bis zum 1. April d. J. an die Filiale der Bank für Handel und Industrie in Frankfurt a. M. ¹⁾ auf das Konto „IIa“ eingesandt sein. Nachher erhöht sich die Platzmiete um 25 %.

¹⁾ Dorthin sind auch alle übrigen Zahlungen zu richten.

Platzverteilung.

Die Platzverteilung erfolgt durch die Leitung unter tunlichster Berücksichtigung der Wünsche der Aussteller.

Auf Wunsch erfolgt die Ausführung der Aufstellung durch die Ausstellungsleitung.

Einlieferung.

Die Einlieferung hat bis zum 10. Juni zu erfolgen; die Leitung ist berechtigt, später ankommende Gegenstände zurückzuweisen. In diesem Falle wird die Platzmiete nicht zurückbezahlt.

Packmaterial.

Packmaterialien sind vor der Eröffnung der Ausstellung vom Platz zu entfernen und in dazu bestimmten Räumen unterzubringen.

Reinigung.

Die Reinigung der Gegenstände ist Sache der Aussteller; die Leitung wird sie gegen geringe Vergütung ausführen lassen.

Dauerkarten.

Die Aussteller erhalten für ihre Person Dauerkarten und für die erforderlichen Hilfspersonen nach Vereinbarung Freikarten.

Verkauf und Zurückziehung von Ausstellungsgegenständen.

Ausstellungsgegenstände dürfen nicht infolge Verkaufs oder aus anderen Gründen ohne Genehmigung der Leitung entfernt werden.

Innerhalb 4 Tagen nach Schluß der Ausstellung hat die Entfernung der Ausstellungsgegenstände aus der Halle von den Ausstellern oder von den Käufern zu beginnen, widrigenfalls die Gegenstände auf Kosten der Aussteller deponiert oder zurückgesandt werden. Die Entfernung muß in insgesamt zehn Tagen beendet sein.

Alle Zahlungen haben vor der Entfernung der Gegenstände aus der Ausstellung zu erfolgen.

Fracht.

Bezüglich Frachtvergünstigungen und Zollerleichterungen erfolgt weitere Mitteilung. Eine hiesige Speditionsfirma wird den Ausstellern empfohlen werden.

Katalog.

Die für den Katalog bestimmten Mitteilungen müssen bis zum 1. Mai 1909 bei der Ausstellungsleitung eingehen.

Über Insertionsgebühren erfolgt auf Wunsch weitere Mitteilung.

Versicherung.

Die Versicherung der Gegenstände gegen Feuergefahr erfolgt durch die Ausstellungsleitung zu Lasten der Aussteller. Soweit diese keine Platzmiete zahlen, bleibt Vereinbarung vorbehalten.

Bewachung.

Die Bewachung der Gegenstände wird durch die Ausstellungsleitung bewirkt; diese haftet indessen nicht für Diebstahl und Beschädigung.

Besondere Bestimmungen

und Anordnungen im Interesse des Betriebes bleiben vorbehalten.

Erfüllungsort.

Erfüllungsort für alle Verbindlichkeiten ist Frankfurt a. M.

Durch Unterschrift des Anmeldebogens unterwirft sich der Aussteller den vorstehenden Bedingungen.

2. Spedition.

Einheitliche Handhabung und möglichste Zentralisation ist Vorbedingung zur glatten Abwicklung der Geschäfte auf jeder Ausstellung. Nur auf diese Weise ist es möglich, in Differenzfällen sofort den Tatbestand festzustellen und nötigenfalls einzugreifen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, hatte die Ausstellungsleitung mit der Speditionsfirma Alfred Altschüler & Co., G. m. b. H., einen Vertrag abgeschlossen, womit derselben das alleinige Speditionsrecht im Ausstellungsterrain übertragen wurde. Dieser Firma war in der Ausstellungshalle ein Bureau nebst Telephon zur Verfügung gestellt, welches die ganze Dauer der Ausstellung mit fach- und sprachkundigen Beamten besetzt war, wodurch es den Ausstellern möglich war, jederzeit Auskünfte zu erhalten.

Mit den Unternehmern waren, wie dies bei Ausstellungen üblich, feste Spesenätze vereinbart. Für den Fall, daß Streitigkeiten zwischen Ausstellern und dem Ausstellungsspediteur entstehen sollten, war, sofern durch die Intervention der Ausstellungsleitung eine Verständigung nicht herbeigeführt werden konnte, ein Schiedsgericht vorgesehen. Erfreulicherweise war weder das eine noch das andere erforderlich. Der Speditionsbetrieb hat sich glatt abgewickelt trotz der Schwierigkeiten aus den Terrainverhältnissen und dem Umstande, daß die Ila die erste Ausstellung war, die in der neuen Festhalle stattfand, woselbst noch die primitivsten für eine Ausstellung erforderlichen Einrichtungen fehlten.

Ein Geleisanschluß konnte nur für die Ballonhallen geschaffen werden und kam nur für den Transport von Wasserstoffgas und der großen Flugmaschinen zur Benutzung. Alle anderen Objekte mußten vom Bahnhof nach der Ausstellung gefahren werden. Der noch sehr weiche Boden des einzigen Zufuhrweges auf dem Ausstellungsgelände zwang die Unternehmer, ihre Gespanne leichter zu beladen, wie sonst üblich. Für die schweren Objekte, wie Maschinen, große Propeller, mangelte es der Halle an den erforderlichen Hebevorrichtungen; trotzdem wurden auch diese Objekte glatt bewältigt, und es ist erfreulich, festzustellen, daß weder beim Ein- noch Auszug Menschen oder Ausstellungsobjekte zu Schaden kamen.

Bei jeder Ausstellung macht die Aufbewahrung des Leermaterials große Schwierigkeiten. Bei der Ila war in Ermangelung eines entsprechenden Raumes im Ausstellungsterrain eine Unterbringung des Leermaterials daselbst nicht möglich. Der Ausstellungsleitung gelang es, hierfür von der Eisenbahnverwaltung ein derselben gehörendes leerstehendes Gebäude zu bekommen.

Obwohl den Ausstellern durch Zirkular lange vor der Eröffnung zur Pflicht gemacht wurde, die Objekte ausschließlich an die offiziellen Spediteure der Ausstellung zu richten, und trotzdem die Ausstellung entsprechende Beklebezettel an die Aussteller versandt hatte, wurden viele Objekte unter anderer Adresse abge-

schickt oder die Zettel nicht aufgeklebt, was zu Verschleppungen und Differenzen führte. Auch bei der Ila wurde es als ein Übelstand empfunden, daß die Aussteller viel zu spät, teilweise erst auf telegraphische Mahnung ihre Sachen expedierten.

Die Zahl der Expeditionen belief sich auf rund 2000, darunter die allerverschiedensten Objekte im Einzelgewicht von wenigen Pfund bis zu 80 Zentnern.

Das Speditionsbureau begann seine Tätigkeit am 15. Juni, die Eröffnung der Ausstellung erfolgte am 10. Juli. Während dieser Zeit waren noch anhaltend Zimmerleute in der Ausstellungshalle tätig, wodurch die Arbeiter des Speditours sehr gehindert wurden. Die Ausstellung wurde am 17. Oktober geschlossen. Trotz der großen Schwierigkeiten, welche das Herbeischaffen und Aussuchen des Leermaterials verursachte, war es möglich, die Ausstellungshalle bis zum 3. November zu leeren. Die Räumung des Ausstellungsgeländes dauerte noch etwas länger.

Die Eisenbahnverwaltung ist der Speditionsfirma in jeder Hinsicht entgegengekommen, insbesondere durch rechtzeitiges Stellen der erforderlichen Wagen zum Rücktransport. Viele Objekte mußten wegen ihrer Größe in separate Wagen verladen werden.

Von der Einrichtung einer Zollstelle in der Ausstellung hatte man Abstand genommen, da die Anmeldungen aus dem Auslande nicht genügend groß waren. Während der Dauer der Ausstellung wurde das Speditionsbureau von dem Sportauschuß stark in Anspruch genommen für die Spedition der Ballons, welche mit besonderer Schnelligkeit erfolgen mußte.

E. Presse.

1. Presse-Ausschuß.

Die Tätigkeit des Ausschusses war dem Verkehr mit der Presse gewidmet. Durch Hinweise in der Presse, durch orientierende Mitteilungen über Zweck und Inhalt der Ausstellung sollte das Interesse schon frühzeitig geweckt und dauernd rege gehalten werden, um für gute Beteiligung an der Ausstellung und zahlreichen Besuch aus dem In- und Auslande zu sorgen. Diese Tätigkeit hatte schon früh eingesetzt. Sie wurde später intensiver betrieben und regelmäßig organisiert, als mit dem Beginn der Ausstellung am 10. Juli das Pressebureau in Funktion trat. Dies Bureau war anfangs in den Stunden von 9—12 und von 3—8 Uhr, später aber ununterbrochen von vormittags 9 Uhr bis abends 8 Uhr geöffnet. Die wichtigste Aufgabe des Bureaus war die Versendung der Tagesprogramme an die Frankfurter Zeitungen und die regelmäßige Verbreitung von Mitteilungen an die gesamte Tagespresse.

Zur Erleichterung für die Berichterstattung wurden die neuesten Mitteilungen nicht nur unmittelbar den Zeitungen zugesandt, sondern auch durch Anschlag an dem schwarzen Brett des Pressezimmers zur Kenntnis gebracht. Auch die beiden Depeschensbureaus Wagner und Herold, die regelmäßig die Nachrichten erhielten, sorgten für schnelle und weite Verbreitung. Nahezu täglich, mindestens aber dreimal in der Woche, wurden kleinere Notizen über Vorgänge auf der Ila an ca. 75 auswärtige Blätter verschickt. Wichtige größere Nachrichten dieser Art wurden außer-

dem noch in 100 bis 150 Exemplaren an die erwähnten Depeschsbureaus zur Weiterverbreitung gegeben. Wichtige Depeschsen, Nachrichten über Ankunft, Abfahrt oder Landungen Zeppelins und Ähnliches wurden durch Aushang an den Plakatsäulen und Telegrammtafeln der Ila in der Ausstellung verbreitet.

Auch sonst ist in umfassendem Maße Vorsorge getroffen worden, daß die inländische und auch die ausländische Presse möglichst ausgiebig über die Ila berichtete. So wurde ein zusammenfassender Artikel in die französische und englische Sprache übersetzt und an die Vertreter der französischen und englischen Presse verteilt. Wiederholt brachten namentlich französische Blätter orientierende Berichte. Die wichtigsten englischen und französischen Fachblätter wurden von Herrn Ursinus mit Berichten technischen Charakters versorgt, die auch größtenteils Aufnahme fanden.

Als ein wirksames Mittel der Propaganda erwies sich die Versendung von aktuellen Photographien an illustrierte Zeitungen, auf mehrfaches Verlangen auch mit begleitendem kurzen Text.

Um der Presse eine ausgedehnte eigene Berichterstattung zu ermöglichen, wurde auf die Verteilung der *P r e s s e k a r t e n* besonderes Augenmerk gerichtet. Sie begann schon einige Tage vor Eröffnung der Ausstellung. Am 1. August waren insgesamt 460 Karten, teils gültig bis zum Schluß der Ausstellung, teils Zeitkarten, ausgegeben. Da sich einige Mißstände herausgestellt hatten, fand Ende August eine Neuregelung statt, in der Weise, daß die Zahl der Dauerkarten eingeschränkt und diese im allgemeinen nur für die Zeitungen von Frankfurt und näherer Umgebung sowie für die ständig anwesenden Vertreter von Fachzeitungen und größeren auswärtigen Tageszeitungen ausgestellt, für vorübergehenden Besuch der Ausstellung dagegen Zeitkarten — für ein oder mehrere Tage — ausgegeben wurden.

Von Anfang an trat der Presseausschuß für ein möglichst reichhaltiges Programm zur Hebung der Anziehungskraft der Ausstellung ein. Schon lange vor Beginn der Ausstellung wies er auf die Notwendigkeit hin, für gute aviatische Vorführungen zu sorgen, und seinen Bemühungen ist es mit zu danken, daß die erfolgreiche Fliegerwoche zustande kam.

2. Die Plakatreklame.

Die bei allen größeren Unternehmungen heutzutage zur Durchführung kommende *P l a k a t - R e k l a m e* war bei der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung in etwas anderer Weise zu handhaben, als es im allgemeinen üblich ist. Zunächst konnte damit gerechnet werden, daß die Neuheit des Unternehmens an und für sich infolge der Berichte der Zeitungen bereits vor Beginn der Veranstaltung selbst Reklame machen werde, sodann aber auch, daß mit Rücksicht auf den Charakter der *E x p e r i m e n t a l -* Ausstellung dauernd kleine Notizen das Interesse wachhalten würden. Es kam aber noch hinzu, daß die verhältnismäßig kurze Vorbereitungszeit der gesamten Veranstaltung auch nicht gestattete, die Plakatierung in der gleichen Weise zu verwenden, wie dies bei langfristiger Vorbereitung üblich und zweckmäßig ist. Die Gesamtkosten einschließlich Druck der Plakate

belaufen sich auf etwa 25 000 M, welche Summe bei der Größe des Unternehmens nicht sehr hoch erscheint.

Für die erste Plakatierung wurde die Einführung eines künstlerisch ausgestatteten Plakates in der Größe von einem Affichen-Bogen beschlossen. Es wurde eine Anzahl namhafter Künstler aufgefordert, die Entwürfe eingesandt haben. Für diese Entwürfe war ein bestimmtes Honorar ausgesetzt worden, außer dem Preise für den schließlich gewählten Entwurf. Unter den eingegangenen Entwürfen wurden diejenigen der Herren Correggio, Roth und Oppenheim in engere Konkurrenz gezogen. Bei der engeren Auswahl gelangte sodann das Oppenheim'sche Plakat besonders mit Rücksicht auf den lokalen Charakter des Sujets, und da auch der Vorschrift, die Motorluftschiffahrt besonders zu berücksichtigen, in geeigneter Form Rechnung getragen war, zur Annahme. Charakteristisch dafür ist das Wahrzeichen von Frankfurt a. M., der Dom, welcher von den drei zunächst in Betracht kommenden Apparaten, einem Kugelballon, einem Motorballon und einem Flugapparat, umflogen wird.

Die Reklame zerfiel sodann in eine bezahlte und in eine solche, die infolge des Interesses von Korporationen oder Gönnern der Ausstellung unentgeltlich besorgt wurde, und auch solche, die als Gegenleistung geschah.

Für die bezahlte Reklame erschien es zweckmäßig, große Institute damit zu betrauen. So erfolgte die Plakatierung in Frankfurt a. M. und Umgegend durch die Firma Eckstein & Sohn in Frankfurt a. M., in großen Städten Deutschlands sowie in London und Paris unter Vermittlung der Firma Max John in Berlin, in der Schweiz durch die Firma Orell Füssli in Basel, in Belgien durch das Plakatinstitut „La Générale“ in Brüssel; endlich in Österreich, Steiermark, Kärnten durch die Firma Heuberger in Prag.

Die Verteilung der Plakate in Deutschland geschah an Litfaßsäulen, Plakatwänden, in Restaurationen und feineren Cafés. Eine recht häufig übersehene, aber doch recht zweckmäßige Reklame wurde sodann durch Anbringung der Plakate in feineren Friseurgeschäften in den größeren Städten eingeleitet, wofür lediglich der Trägerlohn zu entrichten war und, für deren Besorgung die Friseur-Innungen bereitwilligst gesorgt hatten. Im Auslande erfolgte die Plakatierung vorwiegend an Litfaßsäulen und an Plakatwänden, und nur an wenig Stellen, darunter insbesondere aber Paris, wurden die Plakate in Hotels zum Aushang gebracht.

Die unentgeltliche Übernahme von Plakaten in öffentlichen Gebäuden, in Verkehrsbureaus und dgl. wurde durch Sportvereine und dem Ausstellungsunternehmen nahestehende Persönlichkeiten erledigt; auch hat der Frankfurter Verkehrsverein durch Vermittlung der mit ihm in Beziehung stehenden Vereine in Städten des In- und Auslandes für eine ausgiebige Verteilung von Plakaten gesorgt. Eine sehr dankenswerte Übernahme der Plakate ist sodann noch durch die Firma Gebrüder Röver, Färberei und chemische Waschanstalt, hier, sowie die Firma Louis Spindler, Färberei und chemische Waschanstalt in Berlin, erfolgt, welche in ihren Filialen die Plakate zum Aushang brachten.

Besonders wertvoll war der Aushang auf den größeren Stationen der deutschen Eisenbahnen, wobei durch Vermittlung der Königlichen Eisenbahn-Direktion Frankfurt a. M., entsprechend dem Ministerial-Erlaß,

die Übernahme der Plakate durch andere Direktionen und die nachgeordneten Behörden erfolgte.

Als Gegenleistung wurde die Aushängung der Plakate durch eine Reihe von Schiffahrtsgesellschaften des In- und Auslandes sowie Direktionen von Badeorten übernommen, welche ihrerseits wiederum den Aushang einer Anzahl Reklame-Plakate sowie die Auslegung von Reklame-Schriften auf dem Ausstellungsplatze beanspruchten.

In verkleinerter Form (38×25 cm) wurde das Plakat sodann noch in den Straßenbahnwagen von Frankfurt a. M. sowie denjenigen der näheren Umgebung in Homburg, Wiesbaden und Mannheim zum Aushang gebracht. Infolge gütiger Vermittlung der Direktion der städtischen Straßenbahn in Frankfurt a. M. wurden von den verschiedenen Straßenbahnleitungen lediglich die eigenen Unkosten zur Verrechnung gebracht.

Ein noch kleineres Plakat wurde von den Preußischen Eisenbahn-Direktionen, nach Genehmigung des Herrn Ministers, in den Schlafwagen und D-Zügen zum Aushang gebracht.

Insgesamt sind etwa 25 000 Plakate und Affichen zum Aushang gekommen.

Die übrige Plakatierung, welche während der Ausstellung notwendig war und verschiedene Veranstaltungen, die Einlegung von Sonderzügen usw. ankündigte, wurde von Fall zu Fall von örtlichen Plakat-Instituten unter Verwendung möglichst einfacher Form (schwarzer Druck auf weißem Papier, was unter den heutigen Verhältnissen an den Säulen am meisten auffällt) besorgt.

Es ist im allgemeinen schwierig, sich ein richtiges Bild über die Wirkung der Plakatierung zu machen, insbesondere ist es schwierig, zu beurteilen, inwiefern die Gesamtreklame eines so kurzfristigen Unternehmens, wie eine derartige Ausstellung, den Besuch und auch den finanziellen Erfolg beeinflußt hat. Die verschiedenen Schwierigkeiten und Besonderheiten der Frankfurter Luftschiffahrts-Ausstellung sind oben bereits einmal hervorgehoben worden, und es muß nach den gemachten Erfahrungen auf alle Fälle befürwortet werden, eine Plakatierung so frühzeitig wie möglich in der Weise in die Wege zu leiten, daß nach einem aufgestellten Verteilungsplan mit einem Schlag die Verteilung der Plakate erfolgt.

Es wird nicht notwendig sein, während der Dauer einer Ausstellung auch die Plakate dauernd zum Aushang zu bringen, vielmehr dürfte das auch hier eingeschlagene Verfahren, in 14 tägigen Intervallen in den ersten zwei Monaten zu plakatieren und später sich auf die Sonderplakate für bestimmte Veranstaltungen und Presse-Notizen zu verlassen, zu befürworten sein.

Besonders empfehlenswert ist, auf verschiedene, während der Dauer einer solchen Ausstellung an anderen Plätzen stattfindende Veranstaltungen und Festlichkeiten das Augenmerk zu richten und daselbst eine genügende Reklame in die Wege zu leiten, wie dies seitens der Luftschiffahrts-Ausstellung geschehen ist, so gelegentlich des deutschen Bundesschießens in Hamburg und der Festspiele in Bayreuth durch umfangreiche Plakatierung sowie bei einem Fest am Hermannsdenkmal durch Beteiligung an einer Lichtbilder-Reklame.

3. Das Inseratenwesen.

Das Inseratengeschäft des Presse-Ausschusses wurde bis zum 21. Juli von dem Vorsitzenden Herrn Dr. T r u m p l e r und von da an durch den U n t e r - a u s s c h u ß , bestehend aus den Herren B l a e n s d o r f , Direktor S t r e m m e l und Hauptredakteur H e i l , in 24 Sitzungen besorgt. Die außerordentlich umfangreiche Korrespondenz wurde mit Hilfe der Angestellten des Presse-Ausschusses (Sekretär Hirsch, Kaufmann Leydecker und Kaufmann Ullrich) erledigt. Für den Inseratentext sind 250 Klischees, teils die Abbildung des Ausstellungsplakates darstellend, teils ein Monogramm der Buchstaben I L A wiedergebend, angefertigt worden. Den Zeitungen wurden die Entwürfe der Inserate mit der Bestellung und den Größenangaben größtenteils vorgedruckt zugesandt.

Inseratenpropaganda im Ausland.

Infolge des späten Beginnes der Vorbereitungen für die Ausstellung ist man erst im Mai an die Frage des Inserierens herangetreten. Da in diesem Monat das überseeische Reisepublikum erfahrungsgemäß bereits seine Reisen begonnen hat, mußte auf eine großzügige Inseratenpropaganda in überseeischen Ländern verzichtet werden. Man beschränkte sich daher auf Inserate in den benachbarten Staaten und in den auf überseeischen Dampfern gelesenen Zeitschriften. In einigen 30 angesehenen ausländischen Zeitungen und Zeitschriften wurden allgemeine Inserate aufgegeben im Gesamtbetrage von 10 707,16 M. Ferner wurde in einigen französischen, schweizerischen und österreichischen Blättern die Einladung zur Fliegerwoche mit einem Kostenaufwande von 1475,02 M veröffentlicht. Die Gesamtkosten der Inseratenpropaganda im Auslande betragen demnach 12 182,18 M.

Inseratenpropaganda im Inlande.

Bei der Inseratenpropaganda im Inlande wurde eine Teilung der Zeitungen in solche, welche nur die allgemeinen Inserate erhalten, und solche, in welchen auch die Tagesprogramme veröffentlicht werden sollten, vorgenommen. Programm-Inserate erhielten jene Zeitungen, deren Erscheinungsort innerhalb eines Kreises mit der Entfernung Kassels von Frankfurt als Radius liegt. Die Programm-Inserate richteten sich vornehmlich an jene Reisenden, die innerhalb eines Tages die Reise nach der Ausstellungsstadt und zurück zu machen in der Lage waren. Die allgemeinen Propaganda-Inserate waren für das Reisepublikum bestimmt, das mehr als einen Tag zum Besuche der Ausstellung brauchte. Die Programminserate erhielten in der Regel etwa 70 Zeitungen, allgemeine etwa 160. Im ganzen wurden in rund 230 inländischen Zeitungen Inserate veröffentlicht. Die Kosten für die 16 Programm-Inserate betragen 8646,46 M, für die allgemeinen Inserate 37 410,70 M.

Fliegerwoche.

Für die Fliegerwoche wurden zwei Inserate in 63 in- und ausländischen Zeitungen erlassen. Die Kosten für die inländischen Inserate betragen 13 211,46 M. Einschließlich des bereits erwähnten Betrages für ausländische Inserate verursachte die Fliegerwoche einen Kostenaufwand von 14 686,48 M.

Die Gesamtkosten der Inserate

betragen rund 60 000 M. Bewilligt waren 50 000 M, so daß eine Überschreitung von rund 10 000 M stattgefunden hat. Für rund 5000 M allgemeine Inserate, die von anderen Ausschüssen aufgegeben waren, wurden auf das Konto des Presse-Ausschusses übernommen. Der Presse-Ausschuß selbst oder der von ihm gewählte Unterausschuß hatte insgesamt für rund 53 000 M Inserate in Auftrag gegeben.

In einem von dem Vorsitzenden des Unterausschusses angefertigten, für die Akten der Ila bestimmten ausführlichen Bericht wurden die Erfahrungen für spätere Ausstellungen niedergelegt. Insbesondere wird die Zentralisation des Inseratenwesens bei solchen Ausstellungen als unbedingt notwendig hingestellt zur Erzielung einer genauen Übersicht und Kontrolle.

4. Der Postkartenverkauf.

Der Postkarten-Ausschuß der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung, welchem die Herren Hugo M a n e s als Vorsitzender, die Herren Dir. B u s c h, O t t o S t e r n und Direktor S t r e m m e l als Beisitzer angehörten, war als Unterausschuß des Presse- und Propaganda-Ausschusses zu dem Zwecke eingesetzt worden, die Beschaffung der offiziellen Postkarten und deren Vertrieb zu übernehmen.

In der Sitzung des gesamten Presse-Ausschusses am 17. März 1909 wurde beschlossen, je 100 000 Stück Postkarten nach den vorliegenden Plakatentwürfen der Kunstmaler R o t h als Nr. 1, C o r r e g g i o als Nr. 2, ferner 50 000 Stück nach dem offiziellen Ausstellungsplakat des Kunstmalers O p p e n h e i m, schließlich 50 000 Stück Postkarten mit Ansicht der Festhalle zu bestellen. — Hierzu kamen laut Beschluß des Ausschusses noch 40 000 Stück Klappkarten mit aufsteigendem Kugelballon.

Die Anfertigung der offiziellen Postkarten Nr. 1 und 2 wurde der Firma E. G. May Söhne und Nr. 3 der Firma Wüsten & Co. übertragen, die Festhallenkarte lieferte J. Jandorf, sämtlich in Frankfurt a. M., während die Anfertigung der Klappkarten von der Firma E. Nister in Nürnberg übernommen wurde.

Wegen Anfertigung von aktuellen Postkarten, nach auf der Ausstellung hergestellten photographischen Aufnahmen, wurde dem Ausschuß freie Hand gelassen; er hat sich mit der Firma A. Hofschild in Verbindung gesetzt und 24 Aufnahmen zur Vervielfältigung bestimmt. — Diese Aufnahmen betrafen in erster Linie die Ankunft, den Aufenthalt und Abfahrt des Zeppelinballons, die Ballons Parseval und Clouth sowie die Flüge von de Caters, Bleriot, Rougier und Euler. Es wurden während der Dauer der Ausstellung rund 490 000 Postkarten verkauft, mit einem Gesamterlös von rund 36 000 M. — Für Anfertigung der Postkarten wurden ausgegeben 10 500 M so daß dem Finanz-Ausschuß die Summe von 25 500 M als Reingewinn überwiesen werden konnte.

Während der Dauer der Ausstellung hat man auch dieses Mal die Beobachtung gemacht, daß das Publikum der aktuellen Postkarte viel mehr Interesse entgegenbringt als der Postkarte, die nach Entwürfen gearbeitet und als offizielle Karte der Ausstellung in Verkauf gegeben wird. Von den Postkarten Zeppelin usw. ist

nicht ein Stück übrig geblieben, während von den offiziellen Karten ein großes Quantum unverkauft blieb.

Der Gesamtverkauf der Karten war der Firma Philipp Karber, Frankfurt a. M.-Bockenheim, übertragen, die den Vertrieb durch 60 Kolporteurs in der Ausstellung besorgen ließ.

Die vom Ausschusse beantragten und von Wüsten & Co. hergestellten Verschlußmarken haben sich als ausgezeichnete Reklame bewährt.

F. Wirtschaftsbericht.

1. Die Wirtschaften.

Nach der am 29. Januar 1909 unter dem Vorsitz des Herrn Carl Siedler erfolgten Konstituierung des Wirtschafts-Ausschusses begann dieser seine Tätigkeit mit Verhandlungen wegen Bier-Lieferungen des Verbandes der Frankfurter Brauereien. Es wurde die Vereinbarung getroffen, daß die Brauereien außer einer Beteiligung von 50 000 M an dem Garantiefonds, eine Abgabe von 30 M per Hektoliter an die Ila zu zahlen hätten, mindestens jedoch 30 000 M. Die Firma Hugo Lustig, Vertreterin des Pilsener Urquell und des Löwenbräu in München, übernahm, infolge einer besonderen Abmachung, mit den Frankfurter Brauereien, die Lieferung des Frankfurter wie auch des Münchener (Löwenbräu) und des Pilsener Bieres. Die Abgabe des Münchener Bieres betrug 30 M per Hektoliter mit der Maßgabe, daß, sobald ein Verbrauch von 1300 hl Frankfurter und Münchener Bier zusammen, erreicht war, die Abgabe auf das Münchener Bier von da ab 40 M betragen sollte. Eine Abgabe auf das Pilsener Bier kam nicht in Anwendung, da dieses lediglich in dem Café Astoria, dessen Betrieb auf gemeinschaftliche Rechnung der Ila mit dem Pächter ging, zum Ausschank gelangte.

Da man auf einen, wenigstens zeitweise einsetzenden Massenandrang rechnen mußte, entschloß man sich, zur Errichtung von mehreren Bierlokalen.

Das am besten besuchte war die von der Festhallengesellschaft errichtete und der Ila pachtweise überlassene große Bierhalle, wo nur kalte Küche verabfolgt wurde und abends Konzerte von Tirolerkapellen stattfanden, die sich bei dem Publikum großer Beliebtheit erfreuten.

Zur Bestreitung der Kosten für die Musik, die sich täglich auf 150 M beliefen, wurde während der Dauer des Konzertes ein Entree von 20 Pf. erhoben.

Neben der großen Bierhalle war mit einem Kostenaufwande von ca. 16 000 M von der Ila ein Bier- und Speiserestaurant errichtet worden, das vom Stadtbaumeister Felix Grörich entworfen, in seiner gefälligen Form eine Zierde des Ausstellungsplatzes bildete. Während in jener Raum für ca. 1000 Personen vorhanden war, konnten hier 300 Personen Platz finden. Vor beiden Wirtschaften befand sich ein Biergarten, welcher ca. 1500 Personen Platz bot.

Für die Frage der Errichtung einer dritten größeren Bierwirtschaft bot sich eine finanziell günstige Lösung in der Erwerbung der sog. Sängershalle, welche von dem der Ila vorangehenden III. Wettstreit Deutscher Männergesangsvereine zum

Preise von 6000 M übernommen wurde. Die für die neue Bestimmung nötige Ausstattung erforderte noch einen Aufwand von 9000 M. Ein voller Betrieb war hier jedoch nur an solchen Tagen vorhanden, an denen besonders große Massen die Ausstellung bevölkerten.

Die genannten drei Bierwirtschaften waren der Leitung des Wirtes Wilhelm Frantzmann, Inhaber des Kaiserkellers, übergeben.

Der Verkaufspreis des Bieres war ein einheitlicher auf dem gesamten Ausstellungsplatze nämlich 20 Pf. für $\frac{4}{10}$ Frankfurter und 30 Pf. für $\frac{4}{10}$ Münchener Bier. Die in der Sängershalle verabreichten Speisen wurden etwas billiger im Preise gehalten wie diejenigen des Speiserestaurants.

Die Bewirtschaftung des Weinrestaurants war Herrn Wilhelm Autor (Besitzer des Carlton-Hotels) übertragen worden. An Pacht erhielt der Wirtschafts-Ausschuß 10 000 M sowie einen Anteil von 30 % des Gewinns an Wein und Schaumweinen, ferner 40 % von den Einnahmen an Karaffenbier und 10 Pf. Abgabe per Flasche Mineralwasser. Die Weine, Schaumweine und Mineralwasser wurden diesem sowie allen übrigen Restaurationsbetrieben (mit Ausnahme des Marine-Schauspiel-Restaurants) von dem Wirtschafts-Ausschuß geliefert. Die Weinkarten wurden durch den Wirtschafts-Ausschuß in der Weise aufgestellt, daß eine aus Nichtinteressenten bestehende Jury eine Anzahl ihr geeignet erscheinender Frankfurter Firmen zum Wettbewerb und zur Einreichung von Proben aufforderte.

Als ein recht guter Erfolg konnte das Café Astoria betrachtet werden. Die Leitung unterstand dem Besitzer des Café Windsor, Herrn Wilhelm Löbl. Der Betrieb ging auf gemeinschaftliche Rechnung mit der Ila. Das finanzielle Resultat war ein günstiges, denn das Café Astoria brachte eine Netto-Einnahme von rund 24 000 M.

Das japanische Teehaus hat nicht die gehegten finanziellen Erwartungen gerechtfertigt. Immerhin bildete es in seiner höchst originellen Eigenart und seinem geschickt angelegten, reizenden Gärtchen eine nicht zu unterschätzende Attraktion des Ausstellungsplatzes, welche dadurch erhöht wurde, daß die Gäste von Japanern und Japanerinnen in der malerischen Kleidung ihrer Heimat bedient wurden. Zur Deckung der Herstellungs- und Betriebskosten wurde ein Eintrittsgeld erhoben.

Die Frankfurter Äpfelwein-Produktion war durch die Firmen Gebrüder Freyeisen, J. G. Rackles und Adam Rackles vertreten. Erstere beiden hatten gemeinschaftlich zwei Ausschankgebäude errichtet. Das eine, genannt zum „Mayn-Hynkel“, stand im Vergnügungspark und repräsentierte mit seinen niederen Stübchen den spezifischen Charakter der alten Sachsenhäuser „Eppelwei“-Wirtschaften. Auf das alte Frankfurt Bezug habende Wandbilder trugen dazu bei, jenen eigentümlichen Reiz zu erhöhen. Das Gebäude war umgeben von einer Laube, außerdem bot der vor dem Hause befindliche Platz Raum für die Aufstellung von Tischen und Stühlen zur Bewirtung einiger hundert Gäste. Um auch den etwas anspruchsvolleren Gästen gerecht zu werden, hatten die Herren Gebrüder Freyeisen und J. G. Rackles auf der Westseite der Festhalle, in unmittelbarer Nähe des Musikpavillons, ein sehr geschmackvolles, im Stile der benachbarten Restaurationsgebäude gehaltenes Wirtschaftsgebäude errichtet. Die Bestimmung des Gebäudes war schon von weitem durch einen das Dach krönenden, weithin sichtbaren Riesen-Äpfelweinkrug (in Altfrankfurter Zeiten Bembel genannt) erkenntlich. Die Leitung der genannten Wirtschaftsbetriebe

war den Frankfurter Wirten Aug. Burck und Gustav Thieme übertragen. Sie entrichteten an den Wirtschafts-Ausschuß eine Pachtsumme von 3000 M sowie eine Abgabe von 10 M per Hektoliter Äpfelwein, bzw. 12 M nach dem erfolgten Verkauf von 300 hl. Eine Mindestabgabe von 3000 M war seitens der Herren Gebr. Freyisen und J. G. Rackles garantiert und vor Beginn der Ausstellung bezahlt worden. In beiden Betrieben wurden zusammen 666,91 hl konsumiert; außerdem 527 Flaschen Äpfelweinchampagner (Abgabe 1 M per Flasche) und 10 821 Flaschen Mineralwasser (Abgabe 5 Pf. per Flasche).

Eine dritte Äpfelwein-Halle befand sich in dem südlichen Teile des Vergnügungsparkes, von der Firma Adam Rackles errichtet und von dem Wirte Elias Römer betrieben. Es war dies ein in vornehmer Einfachheit gehaltenes geräumiges Gebäude, „Zum Adam“ genannt, ca. 250 Personen fassend, mit einem davor befindlichen Wirtschaftsgarten, welcher ca. 300 Personen Platz bot. Die mit Adam Rackles vereinbarten Bedingungen waren 10 M Abgabe pro Hektoliter Apfelwein bzw. 12 M für jeden weiteren 200 übersteigenden Hektoliter. In diesem Wirtschaftsbetriebe gelangten insgesamt 215,3 hl Äpfelwein sowie 350 Flaschen Äpfelweinchampagner (Abgabe 1 M pro Flasche) und 4262 Flaschen Mineralwasser (Abgabe 5 Pf. pro Flasche) zum Ausschank.

Ein Schwarzwälder Bauernhaus errichtet und bewirtschaftet von Herrn Carl Trautwein (Besitzer des Gasthauses „Zur Krone“ in Schiltach im Badischen Schwarzwalde), diente für den Ausschank von Schwarzwälder Kirschwasser, Heidelbeer- und Himbeergeist, wozu Schwarzwälder „Speckbrote“ verabfolgt wurden. Schwarzwälder Bäuerinnen in ihrer kleidsamen Tracht besorgten die Bedienung der Gäste. Der Pächter entrichtete an den Wirtschafts-Ausschuß die Summe von 1500 M.

Der „Steinhäger“-Ausschank von Schlichte führte einen Betrag von 4968,90 M außer der Platzmiete von 1500 M an den Wirtschafts-Ausschuß ab.

Gegen eine Pachtsumme von 1000 M und eine Abgabe von 30 % auf den Nutzen an verkauftem Wein wurde die Ila-Weinstube in dem Vergnügungspark von Max Hesper betrieben, welche an Abgaben 475 M einbrachte.

Mit dem Schiffskarussell war ein kleiner Restaurationsbetrieb mit Bierausschank, von J. B. Müller gepachtet, verbunden, welcher auf Basis einer Bierabgabe von 30 M per Hektoliter 3493 M abwarf.

Durch die von Herrn Herm. Schramm betriebene Ila-Bar flossen dem Wirtschafts-Ausschusse 1000 M Pacht und 1128,65 M für 10 % Abgabe vom Umsatze des Bar-Betriebes zu.

Während der Zeppelin-Tage und der Fliegerwoche waren auf dem Fluggelände eine Anzahl fliegender Büffets mit Bier- und Äpfelwein-Ausschank errichtet worden. Der Wirtschafts-Ausschuß erhielt die übliche Abgabe auf Bier von 30 M per Hektoliter und von 10 M bzw. 12 M per Hektoliter auf Äpfelwein.

Der Gesamtverbrauch aller Getränke und abgabepflichtigen Lebensmittel war:

Frankfurter Bier 264 846 Liter,

Münchener Bier 80 918 Liter,

Pilsener Bier 25 958 Liter,

Äpfelwein 103 224 Liter,

Äpfelwein-Champagner 839 $\frac{1}{1}$ Flaschen und 77 $\frac{1}{2}$ Flaschen,

Künstliche Mineralwasser und Limonaden 9724 Flaschen,
 Natürliche Mineralwasser 45 424 Flaschen,
 Stillweine 16 154 $\frac{1}{1}$ Flaschen und 9915 $\frac{1}{2}$ Flaschen,
 Deutsche und französische Schaumweine 4092 $\frac{1}{1}$ Flaschen und 593 $\frac{1}{2}$ Flaschen,
 Schlichtes Steinhäger $\frac{1}{1}$ Liter 3915, $\frac{1}{2}$ Liter 34, $\frac{1}{4}$ Liter 170, $\frac{1}{8}$ Liter 128,
 $\frac{1}{20}$ Liter 1500,
 Schwarzwälder Kirschwasser 800 $\frac{1}{1}$ Liter,
 Ausschank-Weine 1290 Liter,
 Würstchen 45 018 Stück.

Der Konsum hätte wesentlich höhere Zahlen aufweisen können, wenn das Wetter während der Dauer der Ausstellung günstiger gewesen wäre. Von den 99 Tagen der Dauer der Ausstellung waren nur 36 schöne Tage; an vielen derselben waren jedoch außerdem die Abende kühl.

Immerhin hat der Wirtschafts-Ausschuß seinen Einnahmeetat gegen den Vorschlag wesentlich überschritten. Seine Nettoeinnahmen beliefen sich auf ca. 170 000 Mark.

2. Die Verkaufsstände.

Über die Vermietung der Verkaufsstände ist folgendes zu berichten:

Ausgehend von den Erfahrungen, welche auf dem Turnfest und Sänger-Wettstreit gemacht waren, wurden bei den Abmachungen mit den Pächtern dreierlei Arten von Verträgen zugrunde gelegt:

1. für die von dem Bauausschuß errichteten Kioske,
2. für die von den Reflektanten auf deren Kosten zu bauenden Verkaufsstände,
3. für den freien Verkauf durch Hausierer.

Die Abfassung dieser Verträge erwies sich im Laufe der Ausstellung als günstig insofern, als ein großer Teil der Pächter und ganz besonders diejenigen, welche glauben, mit ihren Geschäften unzufrieden sein zu sollen, alle möglichen Mittel versuchten, um den Nachlaß oder mindestens eine Ermäßigung der Pacht herbeizuführen. Wichtig ist hierbei die Frage der Platzverteilung. Um späteren Unannehmlichkeiten aus dem Wege zu gehen, muß hier unparteiisch und entschieden verfahren und möglichst darauf gehalten werden, daß die Inhaber der Verkaufsstände den ihnen einmal zugewiesenen Platz während der Ausstellung behalten müssen. Ebenso ist dringend zu empfehlen, als unerläßliche Bedingung völlige Vorausbezahlung zu vereinbaren. Die Einnahmen beliefen sich auf 42 048,55 M, wovon 1998,35 M auf den Gewinnanteil an den ausgestellten Automaten entfielen. Die Automaten lieferten 25 % bzw. 40 % ihrer Einnahmen.

Die Geschäftsleute haben dabei im allgemeinen recht gute Geschäfte erzielt, und manche haben ansehnliche Beträge verdient.

G. Festausschuß.

Dem Festausschuß (Vorsitzender E. E n g l e r) fiel die Aufgabe zu:

1. Die Errichtung eines besonderen Festplatzes (Vergnügungspark) mit den verschiedenartigsten Schaustellungen auf dem Gebiet der Luftschiffahrt.

2. Die Mietung von Musikkapellen für die ganze Dauer der Ausstellung derart, daß täglich zwei Kapellen konzertierten, die auch überall da zu verwenden waren, wo große Ansammlungen von Publikum stattfanden.

3. Das Arrangieren von besonderen Festlichkeiten, wie Feuerwerk, italienische Nacht, Kinderfeste, Serpentintanz in der Gondel des Fesselballons usw.

4. Die Errichtung eines Theaters, in welchem in den Morgenstunden auch wissenschaftliche Vorträge gehört werden konnten.

Dem Festausschuß gehörten 34 Herren an, die Leitung des Vergnügungsparkes unterstand dem eigens dafür engagierten Direktor Herrn Rodeck. Der Dienst während der Dauer der Ausstellung wurde derart durchgeführt, daß stets 4 Herren Wochendienst hatten, 2 aktiv, 2 in der Reserve. Diesen Herren unterstand auch der Tanzboden wie die Kontrolle an den Kassen der einzelnen Schaustellungen, um zu verhüten, daß dort Billette ausgegeben würden, die vom Finanzausschuß nicht gestempelt waren.

In dem Vergnügungspark waren errichtet:

1. Ein Luftautodrom (Fröhlich & Schütze, Weida).
2. Ein Luxuszug (Illusionsnummer, Baruch & Co., Berlin).
3. Trottoir roulant.
4. Juwelenpalast (Hugo Haase).
5. Rutschbahn.
6. Eine Luftschwebebahn (Gebr. Feiler).
7. Das Luftschiffpanorama.
8. Die Marineschauspiele (Leps).
9. Eine Schießhalle (Zielobjekte: kleine Ballons).
10. Das Mondkalb (Illusionskabarett, Bauart nach Zeppelin).
11. Ein Negerdorf (Senegalesen).
12. Ein Tanzboden.

H. Sportveranstaltungen.

1. Sportausschuß.

Als die Zusammensetzung der Ausschüsse der IIa und ihre Programme von einem engeren Komitee beraten wurden, hatte man an einen Sportausschuß nicht gedacht und die ihm zufallenden Funktionen teilweise dem wissenschaftlichen und teilweise dem Vergnügungsausschuß zugeteilt. Als sich dieser Mangel herausstellte, wurde die Bildung eines Sportausschusses unter der Leitung der Herren J. Wurm- bach und M. H. Böniger beschlossen, dem nach und nach 31 Herren beitraten. In sein Programm gehörte die Organisation und Durchführung von Motor-

ballonfahrten, aviatische Vorführungen, Fesselballonaufstiege, hauptsächlich aber der Freiballonsport. Er sollte dafür sorgen, daß das die Ausstellung besuchende Publikum täglich etwas von der praktischen Luftschiffahrt zu sehen bekam. Um die Lösung dieser Aufgaben haben sich insbesondere die Herren Dr. F. Linke und H. Steinwachs in dankenswerter Weise verdient gemacht, indem sie ihre Arbeitskraft für die Dauer der Ila fast ununterbrochen zur Verfügung stellten, ebenso wie Herr Rittmeister a. D. von Beckerath, der die Herrichtung des Flugplatzes und die Beaufsichtigung des Flugwesens übernahm. Für die Beaufsichtigung der täglichen Freiballonaufstiege stellten sich meist einige Ballonführer des Frankfurter Vereins für Luftschiffahrt zur Verfügung. Der großen Sachkenntnis, Vorsicht und Umsicht des Direktors der Ausstellung, Majors von Tschudi, in Verbindung mit den eben genannten Herren ist es zu danken, daß sich trotz der zahlreichen und außergewöhnlichen sportlichen Ereignisse während der Ila kein einziger Unfall zugetragen hat.

Für Hilfeleistungen bei den Füllungen der Frei- und Motorballons waren zuerst 24, später 60 Mann angestellt, die, sobald eine große Anzahl von Ballons aufstieg, durch Hinzuziehung von Militär, häufig bis zu 250 Mann, vermehrt wurden. Die Ila-Mannschaften waren in mehrere Korporalschaften eingeteilt, denen 6 Ballonmeister, vorstanden. Diese hatten bestimmte Ressorts, der eine das Material, ein zweiter den Fesselballon usw. Die in Schuppen unter der Nordtribüne untergebrachten Ballons waren ebenfalls besonderen Korporalschaften und einzelnen Leuten zur Beaufsichtigung zugeteilt.

Durch das Entgegenkommen des Inspektors der Verkehrstruppen war der Wachtmeister Chyrim von der Versuchskompanie zur Beaufsichtigung der Mannschaften abkommandiert worden, ferner stellte das Luftschiffer-Bataillon während der ganzen Dauer der Ausstellung einen Unteroffizier und 2 Mann zur Anleitung unserer Ballonmannschaften zur Verfügung, welche von Zeit zu Zeit gewechselt wurden.

2. Freiballonfahrten.

Besonders lebhaft entwickelte sich der Freiballonsport auf der Ausstellung. Von den 100 Tagen der Dauer der Ausstellung sind nur an 17 Tagen keine Freiballons aufgestiegen. Die Gesamtzahl der Freiballons betrug 431 und die der aufgestiegenen Personen über 1200. Diese Aufstiege fanden zum größten Teil unter der Führung von Frankfurter Herren statt; aber auch von allen deutschen Luftschiffervereinen sind Ballons aufgestiegen, sehr häufig gruppenweise zu kleinen Wettfahrten. Es war nämlich den deutschen Luftschiffervereinen der Vorschlag gemacht worden, jeder für sich oder zusammen mit benachbarten Klubs besondere Vereinstage auf der Ila zu arrangieren, an denen dann den Vereinen außer den eigenen Ballons noch einige Frankfurter Ballons zur Verfügung gestellt werden konnten. Dieser Vorschlag fand Anklang, und so haben 19 Vereinstage der deutschen Luftschiffervereine stattgefunden:

Datum	Verein	Art des Wettbewerbs	Anzahl der Ballons
11. Juli	Augsburger Verein	Fuchsfahrt	8
14. Juli	Frankfurter Verein	Zielfahrt	11
17. Juli	Frankfurter Verein	Fuchsfahrt	6
18. Juli	Württemberg. Verein	Weitfahrt	7
1. August	Mittelrhein. Verein	Weitfahrt	6
6. August	Niedersächs. Verein	Fuchsfahrt	5
11. August	Frankfurter Verein	Weitfahrt	5
12. August	Hannoversche Verein	Fuchsfahrt	5
14. August	Cölner Klub und Niederrhein. Verein	Zielfahrt	14
15. August		Weitfahrt	4
18. August	Sächsischer und Vogt- ländischer Verein	Weitfahrt	9
22. August	Diverse Vereine	Automobilverfolgung	8
14. September	Hamburger Verein	Zielfahrt	9
18. September	Bayerischer Vereinstag	Fuchsfahrt	7
19. September	Berliner Verein	Weitfahrt	6
26. September	Breisgau-Verein	Fuchsfahrt	8
27. September	Sächs.-Thür. Verein	Fuchsfahrt	9
29. September	Schlesischer und Posener Verein	Fuchsfahrt	9
16. Oktober	Frankfurter Verein	Weitfahrt	7

Aber weit über die Grenzen Deutschlands hinaus war das Interesse für die Ausstellung erwacht, und so hatten wir zu unserer Freude auch die Luftschiffvereine von Österreich, Italien und Frankreich bei uns als Gäste. Die französischen Luftschiffer vom „Aéroclub de France“ und „Aéronautique Club de France“ waren mit 23 Ballons herübergekommen, und die von ihnen veranstaltete Zielfahrt war der erste Beweis einer sportkameradschaftlichen Gesinnung der Westnachbarn uns gegenüber. Am 24. Juli fand ein italienischer Tag statt, wo 8 Ballons aufstiegen. Eine Reihe von deutschen Herren und Damen beteiligten sich an den Fahrten. besonders enthusiastisch gestaltete sich der österreichische Tag am 27. August, zu dem eine große Anzahl von Mitgliedern des Wiener Aeroklubs mit ihren Ballons hierher gekommen war. Länger als eine Woche blieben die Herren bei uns und beteiligten sich noch an manchen anderen Fahrten.

Den Höhepunkt der ballonsportlichen Tätigkeit auf der Ila bildeten die internationalen Wettfahrten vom 30. August bis zum 2. September. Am 30. August fand eine Fuchsfahrt statt, die leider durch ein plötzlich ausbrechendes Gewitter etwas beeinträchtigt wurde. Immerhin konnte das Programm, wenn auch mit einiger Verspätung, durchgeführt werden. Leider war an dem folgenden Tage das Wetter so schlecht, daß die Zielfahrt auf den 1. September verschoben werden mußte; sie verlief zur allgemeinen Zufriedenheit. Die internationale Dauerfahrt am 2. September war von besserem Wetter begünstigt. Doch war die Windgeschwindigkeit so stark abgeflaut, daß die Ballons in den Tälern des Odenwaldes stundenlang ohne die geringste Bewegung feststanden, und deshalb große Entfernungen nicht erzielt wurden. Dies war insofern nicht unerwünscht, als sich der Wind über Nacht

von Westen nach Nordosten gedreht hatte, und die Ballons langsam auf die französische Grenze trieben, welche damals nicht überschritten werden durfte. Dennoch wurde die sehr annehmbare Höchstleistung von 42 Stunden erzielt.

Um das Interesse zum Ballonsport stets wachzuhalten, hatte eine Reihe von Gönnern wertvolle Preise für die besten Leistungen während der ganzen Ausstellung ausgesetzt, so für die meisten Fahrten, die weitesten Fahrten usw. Diese Preise konnten alle für recht gute Leistungen verliehen werden.

Von den deutschen Ballonfabriken waren der Ila gegen mäßige Vergütungen eine Reihe Ballons zur Verfügung gestellt. So von der Ballonfabrik A. Riedinger, Augsburg, der Ballon „Riedinger“ und später „Augusta“; von der Gummifabrik F. Clouth, Köln-Nippes, der Ballon „Clouth III“; von der Continental Caoutchouc und Guttapercha Co., Hannover, der Ballon „Continental“; von den Vereinigten Gummiwaren-Fabriken Harburg-Wien der Ballon „Alfa“ und von der Mitteldeutschen Gummifabrik Louis Peter, Frankfurt a. M., der Ballon „Louis Peter“. Die Verfügbarkeit dieser Ballons, zu denen noch 9 eigene Ballons der Frankfurter Ballonführer bzw. des Frankfurter Vereins für Luftschiffahrt kamen, ermöglichte es, allen Wünschen von Ballonführern und Ballonfahrern nachkommen zu können. Oft sind innerhalb einer halben Stunde nach Bestellung des Ballons Fahrten angetreten worden, wenn auch allgemein die Bedingung gestellt wurde, daß die Fahrt tags zuvor angemeldet werden sollte.

Dennoch wurde nicht wahllos bei jedem Wetter jede gewünschte Fahrt genehmigt, sondern häufig mit Rücksicht auf die Witterung oder die Unerfahrenheit des betreffenden Führers eine Fahrt verschoben oder die Mitnahme eines zweiten Führers zur Bedingung gemacht. Die Abfahrt der Ballons wurde regelmäßig von einem Ballonführer, gewöhnlich den Sportskommissaren des Sportsausschusses, geleitet und außer der Geschicklichkeit der Führer ist es wohl der von dem Sportausschuß angewandten Vorsicht zu verdanken, daß von den 431 Landungen keine einzige unglücklich verlaufen ist.

3. Fesselballon.

Um auch den ängstlichsten der Besucher Gelegenheit zu geben, sich selbst von den Freuden des Luftschifferdaseins zu überzeugen, war mit der Ballonfabrik A. Riedinger die Vereinbarung getroffen worden, einen großen Fesselballon von 750 cbm Inhalt nach dem System Parseval-Sigsfeld auf der Ausstellung Auffahrten machen zu lassen. Die Bedienung geschah unter Aufsicht eines Ingenieurs von den Ballonmannschaften. Als Preis für jede Auffahrt waren 10 M angesetzt worden, und man hatte geglaubt, daß schon nach kurzer Zeit der Preis herabgesetzt werden müsse. Dennoch konnte bis zum Schluß der Ausstellung der Andrang zu den Fesselballonfahrten nicht bewältigt werden, und erst in den allerletzten Tagen wurde der Preis auf 5 M ermäßigt. Grundsätzlich war auch bei dem ruhigsten Wetter ein mit den notwendigen Handgriffen vertrauter Ballonführer im Korbe, meistens ein vom Luftschiffer-Bataillon ausgebildeter Reserve- und Landwehr-Unteroffizier, sehr häufig aber auch Ballonführer der deutschen Luftschiffvereine.

4. Motorballons.

a) Graf Zeppelin.

Von den jedem Teilnehmer unvergeßlichen Zeppelintagen soll hier nur kurz berichtet werden, da diese weltbewegenden Ereignisse noch jedem Deutschen in frischer Erinnerung sind. Am Samstag, den 31. Juli, hatte Z II am frühen Morgen Friedrichshafen verlassen und traf pünktlich zur vorherbestimmten Zeit nachmittags um 2 Uhr über der festlich geschmückten Stadt und auf dem Ankerplatz des Ausstellungsgeländes ein. Um aber ein Bild der Stimmung zu geben, die an diesem Tage in Frankfurt herrschte, kann es sich der Verfasser nicht versagen, die Rede wiederzugeben, die der Oberbürgermeister Dr. Adickes bei dem am Abend dem Grafen gegebenen Festessen im Weinrestaurant der Ila hielt:

Das höchste Glück hat keine Lieder — Der tiefste Schmerz hat keinen Ton! So geht es auch mit der tiefsten Ergriffenheit. Man vermag nicht all das zu sagen, was man heute empfunden hat. Aber in den Blicken der Tausende, die den Grafen begrüßten, der Frauen aus dem Volke, der Arbeiter leuchtete es, wenn sie den Helden des Tages sahen. Um dem Ausdruck zu geben, was man da empfindet, muß man zurückgehen auf die Worte des Psalmisten, daß ein Leben köstlich gewesen ist, wenn es Mühe und Arbeit gewesen, und vielleicht am köstlichsten, wenn nach langen Jahren schwerer Mühe und Arbeit herrlicher Lohn ihm winkt, wenn die Seele der Nation anfängt zu erzittern, weil sie zu der Überzeugung kommt, was dieser Held gelitten hat, ehe er so weit gekommen ist. Ich glaube, es sind manche Techniker unter uns, die es verstehen, daß man beweisen kann, daß das gar nicht geht, was ein Laie machen will. Ich glaube, für den Grafen ist es das Köstlichste mit gewesen, daß es doch gegangen ist. Man nennt das zuweilen den gesunden Menschenverstand, aber alle Juristen, die hier sind, und alle Ingenieure sagen: Der Laie hat keinen gesunden Menschenverstand. Aber wenn ich vom Psalmisten mich abwende und nach jemand anderem suche, der mir gestattet, etwas zu sagen, was der Graf Zeppelin hören mag, dann denke ich an die Stelle der Antigone: „Vieles Gewaltige gibt es, doch nichts ist gewaltiger als der Mensch.“ Was dort der Dichter preist, den Menschen, der das erste Pferd gezähmt, der zuerst das Meer befuhr usw., sind Dinge, die heute abgetan sind. Aber uns ist es vergönnt, eine große neue Sache zu erleben und den Mann zu sehen, der uns so weit gebracht hat. Das ist das Große, daß wir Genossen sind der großen Neugestaltung, von der wir freilich nicht wissen, ob sie das Glück der Menschen größer macht als in früheren Jahrhunderten. Aber das ist das Glück, das wir mit Händen greifen können, daß wir den Mann unter uns sehen, dem es gelungen ist, die deutsche Seele wieder einmal in Wallung zu bringen. Ihr Jubel beweist mir, wie stark Sie das alle empfinden, in wie engen Banden wir in Deutschland noch vielfach leben. Hier ist der Mann, der uns herausgeholfen hat, daß wir uns größeren Dingen zuwenden als den kleinen Gesprächen am Philistertisch. Dies alles empfinden wir heute als ein Geschenk des Himmels. Und nun habe ich noch ein ganz

persönliches Anliegen. Der Magistrat dieser Stadt hat Gelegenheit genommen, einmal einen Schritt zu tun, der von allen gebilligt werden wird. Er hat beschlossen, die Fortsetzung der Viktoria-Allee Zeppelin-Straße zu nennen. Es wird eine Wallfahrtsstraße werden, wo jeder sich seine Gedanken macht über den Mann, der dieser Straße seinen Namen gegeben hat.

Das Luftschiff verließ am Montag früh um 9 Uhr die Ila, um nach Köln zu fahren, wurde aber zu einer unfreiwilligen Rückkehr gezwungen, da es bei Bonn dem heftigen Gegenwind nicht standhalten konnte; es landete abends um halb neun Uhr vor der Halle und erreichte erst am nächsten Tage sein Reiseziel. An beiden Fahrten nahm der Kommandeur des 18. Armeekorps Exzellenz von Eichhorn und an der letzten der Chef des Generalstabs Oberst Ilse teil.

Der zweite Besuch eines Zeppelinschen Luftschiffes geschah am 11. September. Z. III erschien am Sonntag nachmittags 5 Uhr und blieb bis zum Freitag in Frankfurt stationiert, um täglich mehrere Vergnügungsfahrten vorzunehmen, an denen bis zu 20 Personen teilnehmen konnten.

b) Parseval.

Unmittelbar nach dem ersten Zeppelinbesuch, am 5. August, wurde das Luftschiff des Majors von Parseval, das von Bitterfeld wegen widriger Winde mit der Bahn eingetroffen war, in der dafür erbauten Halle montiert, um am 8. August seine Passagierfahrten zu beginnen, die bis zum 10. August fortgesetzt wurden. Über 50 größere und kleinere Fahrten wurden in dieser Zeit ausgeführt, und zum ersten Male wurde ein Luftschiff in längere Zeit andauernden Betrieb gesetzt; es hat den Erwartungen seiner Erbauer und ebenso auch den Wünschen der „Ila“ entsprochen. Es hat sich gezeigt, daß man die Schiffe längere Zeit im Betriebe und mehrere Tage hintereinander im Freien halten kann. Wertvolle Erfahrungen sind gewonnen, und sicher hat sich die „Ila“ hierdurch um die Luftschiffahrt ein großes Verdienst erworben.

Das Schiff ist 6500 cbm groß, besitzt 2 Motoren zu 100 HP. und erreicht damit eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 15 m pro Sekunde. Eine besondere Eigentümlichkeit ist die Einrichtung, die Schrauben auch rückwärts wirken zu lassen, wodurch das Landen auf dem überaus engen Platze der Ausstellung erst ermöglicht wurde. Auch die Abfahrt war dadurch sehr erleichtert, daß das Schiff mit ziemlich steiler Aufrichtung nach oben fahren konnte. Daß bei der Abfahrt auch ein ziemliches Übergewicht gehoben werden kann, zeigte sich, als einmal ein junger Mann durch eigenes Verschulden von einer der hinteren Halteleinen erfaßt und hochgehoben wurde, so daß er eine unfreiwillige Luftfahrt machte. Die gestörte Gleichgewichtslage des Schiffes und die ungünstigen Bodenverhältnisse verhinderten eine sofortige Landung, so daß der Jüngling 12 Minuten lang zwischen Himmel und Erde schwebte, was seiner Gesundheit übrigens nicht geschadet hat.

Der Aufenthalt in der Gondel war, dank dem ruhigen, verhältnismäßig geräuschlosen Gange der Sechszylinder-Motoren, recht angenehm, und man hatte das Gefühl vollster Sicherheit. Die Fahrt selbst war absolut stabil, und es war weder bei der Abfahrt noch bei der Landung irgend ein Stoß zu verspüren.

Auch photographische Aufnahmen aus der Gondel, welche durch Hauptmann Haertl aus Leipzig ausgeführt wurden, gelangen ausgezeichnet und lieferten ebenso schöne als interessante Bilder.

Um die pralle Form des Ballons zu erhalten, wurde derselbe so stark aufgeblasen, daß der innere Überdruck, an der Unterkante gemessen, 25 mm Wasser betrug. Der Betrieb war zwar noch bei einem Drucke von 15 mm Wasser möglich, doch war die Starrheit des ganzen Systems bei dem höheren Drucke besser gesichert und die Einstellung der Steuerleinen erleichtert. Da nun an der Oberkante des Ballons ein um 13 mm höherer Druck herrscht als unten, wegen der Auftriebskraft des Gases, so ergibt sich, daß während der Fahrt der mittlere Druck im Ballon ca. 32 mm betrug. Dies ist besonders hervorzuheben, weil in verschiedenen Fachzeitschriften ausgerechnet war, daß ein ähnliches Schiff zur Fahrt einen Druck von 55 mm haben müßte, ein Druck, bei dem die Hülle des „Parseval“ nicht mehr die genügende Sicherheit bieten könnte.

Die Gasdichtigkeit der Hülle war am Ende der Ausstellung dieselbe wie am Anfange; trotz der vielerlei Beanspruchungen hat der Stoff nicht merklich gelitten.

Die längste an einem Tage zurückgelegte Fahrstrecke betrug 200 km, die größte Zahl der mitgeführten Personen war zwölf, die größte Höhe 950 m.

Es haben Fahrten mitgemacht, viele eingeladene und 115 zahlende Personen.

Unter den Geladenen befanden sich: der Großherzog von Hessen und Gemahlin, Prinz Heinrich von Preußen und Gemahlin, Herzog von Coburg, Herzog von Mecklenburg und Erbprinzessin von Meiningen.

c) Clouth.

Das Luftschiff der Firma Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik in Köln-Nippes, wurde Ende Juli ohne vorherige Erprobung nach der Ausstellung in Frankfurt versandt, dort gefüllt und montiert, da infolge der gleichzeitigen Unternehmungen von Zeppelin und Parseval Wasserstoffgas in Köln nicht zu beschaffen war. Trotzdem verliefen die Arbeiten des Füllens und des Montierens ungewöhnlich glatt. Die Konstruktion erwies sich in allen Teilen als richtig, so daß keine nennenswerten Änderungen notwendig wurden. Während der Zeit der Ausstellung hat das Luftschiff 17 Aufstiege unternommen und dabei außer seinen Führern, den Herren Richard Clouth und Hauptmann a. D. von Kleist, sowie dem Maschinisten ein oder zwei Passagiere mitgeführt, u. a. die Herren Eugen Clouth, Müller-Köln, Haisch-Köln, Hauptmann Hinterstoisser-Wien, Oberleutnant von Berlepsch-Wien, Makler Möller-Lübeck, Leps, Tillmann. Die Fahrten gingen nach der Umgegend von Frankfurt, nach Offenbach, Cronberg und in der Richtung nach Darmstadt, Mainz und Wiesbaden. Die Fahrtdauer erreichte fast 3 Stunden. Die Höhen waren im allgemeinen niedrig und führten nicht über 600 m hinaus, doch zeigt sich jetzt schon daß das Schiff auch größere Höhen zu nehmen imstande ist. Seine große Widerstandsfähigkeit und ungemeine Transportfähigkeit, zwei Vorzüge, die besonders für militärische Verwendung in Betracht kommen, haben die Fahrten erwiesen, bei welchen das Luftschiff durch Motor- oder Steuerschäden zur Landung gezwungen war. Auch diese Fahrten verliefen wie alle anderen glatt ohne Unfall.

Der Ballon wurde von der Firma Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik Köln-Nippes, nach dem unstarren System erbaut. Ganz besondere Rücksicht wurde bei der Konstruktion darauf verwandt, den Ballon rasch auf- und abmontieren zu können,

Seine Hülle besteht aus Doppelbaumwollstoff mit äußerer Gummischicht; seine Dimensionen sind: Längsachse 42 m, größter Durchmesser 8,26 m, Kubikinhalt ca. 1700 cbm. An dem Ballon fällt vor allem die Aufhängepartie auf, die im wesentlichen aus einer besonderen Art hölzerner Längsträger besteht, die, um das Prinzip möglicher Leichtigkeit zu verfolgen, hohl ausgearbeitet sind, trotzdem aber eine genügende Festigkeit besitzen. Jeder dieser Träger tangiert in einem Ausmaße von ca. 30 m die Längsseiten der Hülle, wodurch eine möglichst gleichmäßige Verteilung der zu tragenden Last erzielt wurde. Beide Längsträger können nach einer Demontage des Ballons zu einem 5 m langen Paket vereinigt werden, das mit den vollständig aus Drahtseilen bestehenden übrigen Teilen der Aufhängepartie ein Gewicht von nur 85 kg besitzt. Der Ballon ist auf jeder Seite mit zwei mit der Hülle fest verbundenen Stabilisierungsflächen und einem Kiel ausgestattet, hinter dem sich direkt ein Doppelseitensteuer ansetzt. Ein beliebiges Auf- und Niedersteigen bewerkstelligt ein unterhalb der Ballonspitze angebrachtes dreiflächiges Höhensteuer.

Die Gondel ist aus nahtlos gezogenen Stahlrohren gefertigt, die durch starke Stahldrähte verspannt sind, besitzt bei einer Breite von einem Meter $7\frac{1}{2}$ m Länge und erweitert sich von der Mitte der Längsrohre aus zu einem trapezartigen, mit der größeren Paralleleseite nach aufwärts gestellten Aufbau, der an seinen äußeren Enden rechts und links je einen zweiflügeligen, aus Holz hergestellten Propeller trägt. Die Führung der Höhen- und Seitensteuerung befindet sich im vorderen Teile der Gondel, ebenso die Vorrichtung zur Bedienung des Ventilators,

„Clouth“ ist mit einem 40pferdekräftigen Motor ausgestattet, der ca. 1300 Touren macht, und von dem Gestänge mit Kegelrädern die Propeller treiben. Die Übersetzung der Schrauben beträgt 1 : 2, so daß die Tourenzahl der Propeller ca. 650 pro Minute beträgt. Der Benzinbehälter des Ballons faßt 100 Liter. „Clouth“ ist nur für Wasserstofffüllung geeignet, besitzt eine Reißbahn und trägt bis zu vier Personen.

Das Gesamtgewicht des „Clouth“ beträgt 1490 kg, wovon 850 kg auf die Gondel und 430 kg auf seine Hülle entfallen.

d) Ruthenberg.

Die Firma H. Ruthenberg, Industrie-Werke Weißensee, führte einen Motorballon im Betriebe vor, der 25 Fahrten ausführte, von denen die längste 2 Stunden dauerte; die höchste Anzahl der an einem Tage ausgeführten Aufstiege war vier mit je $\frac{3}{4}$ stündiger Fahrtdauer. Die Fahrten wurden mit 3 Personen (2 Bedienungsmannschaften) ausgeführt. Mit Ausnahme einer Fahrt, bei der der Propeller und der Motor verletzt wurden, und die infolgedessen abgebrochen werden mußte, haben sich bei den Fahrten keinerlei Betriebsstörungen ereignet.

Der Motorballon von Ruthenberg ist eine Abart des halbstarren Systems und bildet mit seinen vielfachen Neuerungen eine Klasse für sich. Ruthenberg nennt seinen Ballon „halbstarr, transportabel“.

Der unstarre Ballon wird durch einen unter demselben angebrachten Gitterträger (Kielgerüst) versteift. Die Gondel ist mit diesem Kielgerüst fest verbunden, also nicht, wie bisher üblich, an Seilen aufgehängt. Hierdurch wird eine möglichst nahe Aufhängung der Gondel unter dem Ballon erreicht. Das Kielgerüst und die Gondel sind aus Stahlrohren hergestellt und demontierbar, so daß das Luftschiff leicht auseinandergenommen und per Wagen oder Bahn transportiert werden kann. Die Gondel, welche nur eine geringe Länge hat (ca. 3 m), bleibt dabei ein Ganzes, und außen an derselben werden die Teile des Kielgerüsts befestigt, während der zusammengerollte Ballon in die Gondel gelegt werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, das ganze Luftschiff auf einem Lastwagen zu transportieren. Diese bequeme Zerlegbarkeit und Transportfähigkeit, welche man bisher nur mit gerüstlosen Luftschiffen erreichte, ist ein großer Vorzug des Systems Ruthenberg und macht es besonders geeignet für Sport- und militärische Zwecke. Es soll mit dem Luftschiff eine größere Geschwindigkeit erreicht werden, die weniger durch starke Motoren als vielmehr durch die sehr schlanke Form der Gashülle und die geringe Widerstandsfläche, durch das geringe Gewicht und die Kleinheit der Gashülle bedingt wird. Ferner wird die Arbeitsleistung des Motors vorzüglich ausgenützt, weil durch die einfache Kettenübertragung in der Transmission sehr wenig Arbeit verloren geht, und schließlich die Schraube von großem Durchmesser einen vorzüglichen Wirkungsgrad hat. Die Konstruktion der Schraube ist vollständig neu, und man erreicht durch dieselbe ein geringes Gewicht und dabei doch große Festigkeit. Die Schraube leistet pro PS einen Zug von 7 kg, einen Nutzeffekt, der bis jetzt noch nicht übertroffen worden ist. Für den guten Wirkungsgrad ist auch die nahe Lagerung der Schraube am Widerstandsmittelpunkt, nämlich direkt unter dem Ballon, von großem Vorteil. Die Schraube arbeitet mit geringer Tourenzahl, 450 Touren per Minute, und haben bekanntlich alle Versuche mit Treibschrauben ergeben, daß solche von geringer Tourenzahl und dementsprechend großem Durchmesser den besten Wirkungsgrad ergeben, und im Verhältnis zur ganzen Widerstandsfläche des Luftschiffes ist der Schraubendurchmesser beim System Ruthenberg am größten. Der Durchmesser der Schraube beträgt 3 m, während die Gashülle bei einer Länge von 40 m einen Durchmesser von 6,5 m hat. Der Gasinhalt beträgt bei leerem Ballonet ca. 1200 cbm, das Ballonet kann ganz voll aufgeblasen ca. 230 cbm fassen. Der Auftrieb dieses Luftschiffes beträgt demnach ca. 1250 kg.

Das Gesamtgewicht beträgt nur ca. 800 kg; davon entfallen auf die Gashülle 350 kg, auf die Gondel 370 kg, das Kielgerüst mit den daran befestigten Stabilitätsflächen und Steuer 75 kg. Es bleibt demnach für Nutzlast ein Auftrieb von ca. 450 kg, wovon für Benzin 85 kg gleich 125 Liter und für Kühlwasser des Motors 18 kg entfallen.

Fahren mit dem Luftschiff 2 Personen, so bleibt noch für Ballast ein Auftrieb von ca. 165 kg. Brennstoff und Ballast reichen demnach für eine Fahrt bis zu 10 Stunden aus. Die maximale Geschwindigkeit des Luftschiffes (gegenüber der Luft) soll 45 km per Stunde betragen, was eine vorzügliche Leistung ist, da der Motor

nur 24 PS hat. Der Motor ist ein normaler Automobilmotor mit 4 Zylindern und elektrischer Zündung mit Magnetapparat. Er ist mit einer Kuppelung versehen, so daß die Schraube nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden kann.

5. Fliegerwoche.

Für die zu Anfang Oktober ins Leben gerufene Fliegerwoche war folgendes Programm aufgestellt worden:

Programm für die Fliegerwoche.

Die Fliegerwoche auf der Ila beginnt am 3. Oktober, und zwar zunächst mit drei Fliegern, Euler, Nervö und Sido, die auch am 4. Oktober Flüge unternehmen. Am 5. Oktober beginnt de Caters und voraussichtlich Latham. Vom 6. Oktober an ist das Programm folgendes: Es fliegen Euler, Nervö, Sido, de Caters, Rougier, Molon und voraussichtlich Latham.

Am 7. Oktober:

Euler, Nervö, Sido, de Caters, Latham, Rougier, Molon, Leblanc, Sanchez-Besa oder Edwards, Blériot.

Am 8. Oktober:

Euler, Sido, Nervö, de Caters, Rougier, Molon, Leblanc, Sanchez-Besa oder Edwards, Blériot und ev. Latham.

Am 9. Oktober:

Nervö, Sido, Euler, de Caters Molon, Leblanc, Blériot, Sanchez-Besa oder Edwards.

Am 10. Oktober:

de Caters, Molon, Leblanc, Sanchez-Besa oder Edwards, Blériot, Euler, Nervö und Sido.

Weitere Ergänzungen bleiben vorbehalten.

Folgende Preise kommen zum Wettbewerb:

Ein Preis von 40 000 M für den am längsten dauernden Flug während der Dauer der Ausstellung.

Ein Preis von 10 000 M für den am zweitlängsten dauernden Flug während der Dauer der Ausstellung.

Ein Preis von 10 000 M für die meisten 5-Minutenflüge während der Dauer der Ausstellung.

Drei Preise von 5000 M, 2000 M, 1000 M für die größte Zahl von Flügen von wenigstens 30 Sekunden Dauer.

Zwei Preise von 10 000 M, 5000 M für die besten Höhensteuerflüge.

Zwei Preise von 5000 M und 1000 M für den schnellsten Flug.

Zwei Preise von 3000 M, 1000 M für den langsamsten Flug.

Ein Preis von 2000 M, Trostpreis.

Drei Preise von 2400 M, 1600 M, 800 M für schnellste Zurücklegung von 5 km.

T ä g l i c h :

Zwei Preise von 400 M, 200 M für die schnellste Umkreisung der Bahn.

Zwei Preise von 400 M, 200 M für den weitesten Flug.

Nach dem am 16. Oktober von der Sportkommission, bestehend aus den Herren Major von Tschudi, Dr. Gans-Fabrice, Rittmeister a. D. von Beckerath, Dr. Linke und Steinwachs, abgegebenen Urteilspruch waren die Ergebnisse der Fliegerwoche folgende:

I. Wettbewerbe für bemannte Flugapparate mit Motor.

1. Tag: Sonntag, den 3. Oktober 1909.

Wettbewerber: Nervö, Euler.

Beide bewarben sich um den Goldschmidt-Rothschild-Preis. Nervö machte zwei Flüge von 1 Min., 3 Sek. und 48 Sek., ebenso Euler von 1. Min., 32,2 Sek. und 30 Sek.

Der tägliche Schnelligkeits- und Distanzpreis kamen nicht zur Verteilung.

2. Tag: Mittwoch, den 6. Oktober 1909.

Wettbewerber: Latham, Nervö, Sido.

Rougier flog außer Wettbewerb, da er einen Motor von de Caters eingebaut hatte. und dieser nur drei Flüge von je 10 Min. Dauer, aber außer Konkurrenz gestattete. Nervö machte einen Flug von 2 Min. 55 Sek. Sido und Latham kamen nicht vom Boden ab.

Der tägliche Distanz- und Schnelligkeitspreis kamen nicht zur Verteilung.

3. Tag: Donnerstag, den 7. Oktober 1909.

Wettbewerber: Latham, Rougier, Nervö, Euler.

Latham und Euler bewarben sich um den Preis der Stadt Frankfurt. Latham ohne Erfolg, Euler flog im ganzen 4 Min. 54 Sek., Rougier und Nervö flogen erfolglos um den 5-km-Preis.

Täglicher Schnelligkeitspreis. 1. Preis: Rougier mit 1 Min. 42 Sek.; 2. Preis: Euler.

Täglicher Distanzpreis. 1. Preis: Euler mit 4,5 km; 2. Preis: Rougier mit 3,5 km.

4. Tag: Samstag, den 9. Oktober 1909.

Wettbewerber: Blériot, de Caters, Nervö.

Blériot bewarb sich viermal um den Dr. Gans-Fabrice-Preis und erreichte folgende Zeiten: 11 Min. 3 Sek., 6 Min. 55 Sek., 17 Min. 22 Sek., 5 Min. 35 Sek., im ganzen neunmal 5 Minuten. de Caters flog zuerst um den Preis der Stadt Frankfurt, Gesamtzeit 12 Min. 14 Sek., dann zweimal um den Dr. Gans-Fabrice-Preis 9 Min. 15,4 Sek. und 6 Min. 4,2 Sek., im ganzen zweimal 5 Minuten. Nervö flog um den Preis für den langsamsten Flug ohne Erfolg.

Täglicher Schnelligkeitspreis. 1. Preis: Blériot, 1 Min. 17 Sek., 2. Preis: de Caters mit 1 Min. 18,2 Sek.

Täglicher Distanzpreis. 1. Preis. Blériot mit 18 km., 2. Preis: de Caters mit 14 km.

5. Tag: Sonntag, den 10. Oktober 1909.

Wettbewerber: Blériot, de Caters, Nervö.

Blériot und de Caters flogen um den Preis der Stadt Frankfurt. Gesamtzeit des Fluges: a) Blériot, 1 Stunde 12 Min. 40 Sek., Entfernung 90 km; b) de Caters, 1 Stunde 17 Min. 43 Sek., Entfernung 90 km.

Nervö bewarb sich um den 5-km-Preis, kam aber infolge starken Seitenwindes schon nach 50 Sek. zu Boden. Blériot bewarb sich noch um den Krupp-Preis. Die drei 15 m hohen Linien standen in einem Abstand von 150 m. Blériot erfüllte die ihm gestellte Aufgabe.

Täglicher Schnelligkeitspreis. 1. Preis: Blériot mit 1 Min. 13 Sek., 2. Preis: de Caters mit 1 Min. 17 Sek.

Täglicher Distanzpreis: Totes Rennen zwischen Blériot und de Caters, beide mit 90 km.

6. Tag: Montag, den 11. Oktober 1909.

Am Vormittag fand eine Sitzung der Sportkommissare statt, in welcher beschlossen wurde, den täglichen Schnelligkeits- und Distanzpreis nicht mehr zu vergeben; ferner, daß an dem heutigen Tage folgende Preise endgültig ausgeflogen werden müßten: Preis der Stadt Frankfurt, Krupp-Preis und 5-km-Preis.

Wettbewerber: Blériot, de Caters, Nervö.

Blériot flog zunächst um den 5-km-Preis. Gesamtzeit des Flugs 9 Min. 24 Sek., bester Rekord 3 Min. 53,4 Sek.

Nervö bewarb sich um den Preis für den langsamsten Flug und legte die Strecke von 200 m in 9,4 Sek. zurück. Ein Versuch um den Preis der Stadt Frankfurt mußte wegen Motordefekts aufgegeben werden.

Blériot und de Caters bewarben sich um den Krupp-Preis. Die drei Linien standen zunächst je 100 m auseinander, die Aufgabe wurde von beiden Fliegern erfüllt. Hierauf wurden die Linien bis auf 60 m bzw. 30 m genähert. Blériot gelang es auch jetzt, den Flug auszuführen, trotzdem die Höhe der mittleren Linie durch den Wind auf 8 m heruntergedrückt wurde, de Caters verzichtete auf einen zweiten Versuch.

7. Tag: Dienstag, den 12. Oktober 1909.

de Caters und Nervö bewerben sich um den Preis für den schnellsten Flug, bester Rekord für de Caters 10 Sek., Nervö machte erfolglose Versuche.

8. Tag: Mittwoch, den 13. Oktober 1909.

Euler bewirbt sich um den Preis für den schnellsten Flug und legt die 200 m in 15,4 Sek. zurück.

Während der ganzen Dauer der Ausstellung erreichte für den Dr. Gans-Fabrice-Preis de Caters 22 mal 5 Min. und Blériot neunmal 5 Min.

Ferner machte de Caters 29 mal, Euler 21 mal und Nervö fünfmal Flüge von wenigstens 30 Sek. Dauer, welche für den Goldschmidt-Rothschild-Preis in Betracht kommen.

Auf Grund des Protokolls wurde für die Preisverteilung folgender Beschluß gefaßt:

A. Preis der Stadt Frankfurt mit Zusatzpreis.

1. Preis: 40 000 M; 2. Preis: 10 000 M.

Bewerber: Blériot, de Caters, Euler, Latham, Nervö.

1. Preis: de Caters; Zeit: 1 Stunde 17 Min 43 Sek.

2. Preis: Blériot; Zeit: 1 Stunde 12 Min. 40 Sek.

B. Dr. Gans-Fabrice-Preis. 10 000 M.

Bewerber: Blériot, de Caters.

Preis: de Caters mit 22 mal 5 Min.

C. v. Goldschmidt-Rothschild-Preis.

1. Preis: 5000 M, gestiftet von Freiherrn Max v. Goldschmidt-Rothschild.

2. Preis: 2000 M, gestiftet von Freiherrn Rudolf v. Goldschmidt-Rothschild. 3. Preis: 1000 M, gestiftet von Baron v. Schey.

1. Preis: de Caters; Zeit: 29 mal 30 Sek.

2. Preis: Euler; Zeit: 21 mal 30 Sek.

3. Preis: Nervö; Zeit: 5 mal 30 Sek.

D. Krupp-Preis.

1. Preis: 10 000 M, gestiftet von Freiherrn Krupp v. Bohlen-Halbach. 2. Preis: 5000 M, gestiftet von der Polytechnischen Gesellschaft, Frankfurt a. M.

1. Preis: Blériot.

2. Preis: de Caters.

E. Preis für den schnellsten Flug.

1. Preis: 5000 M, gestiftet von den Mannesmannröhren-Werken; 2. Preis: 1000 M, gestiftet von der Bauerschen Gießerei, Frankfurt a. M.

1. Preis: de Caters, 12. Oktober, 10 Sek.

2. Preis: Euler, 13. Oktober, 15,4 Sek.

F. Preis für den langsamsten Flug.

1. Preis: 3000 M, gestiftet von Herrn Kommerzienrat Beit, 2. Preis: 1000 M, Stifter anonym.

1. Preis: Nervö, 11. Oktober, 19,4 Sek.

2. Preis: de Caters, 12. Oktober, 13,4 Sek.

G. 5 - k m - Preis.

1. Preis: 2400 M, 2. Preis: 1600 M, 3. Preis: 800 M.

1. Preis: Blériot, 3 Min. 43 Sek.

2. Preis: de Caters, 3 Min. 54 Sek.

3. Preis: Wurde nicht gewonnen.

H. T ä g l i c h e r S c h n e l l i g k e i t s p r e i s .

1. Preis: 400 M. 2. Preis: 200 M.

7. Oktober 1. Preis: Rougier, 1 Min. 42 Sek.
2. Preis: Euler.

9. Oktober 1. Preis: Blériot, 1 Min. 17 Sek.
2. Preis: de Caters, 1 Min. 18,2 Sek.

10. Oktober 1. Preis: Blériot, 1 Min. 13 Sek.
2. Preis: de Caters, 1 Min. 17 Sek.

J. T ä g l i c h e r D i s t a n z p r e i s .

1. Preis: 400 M., 2. Preis: 200 M.

7. Oktober 1. Preis: Euler, 4,5 km
2. Preis: Rougier 3,5 km

9. Oktober 1. Preis: Blériot, 18 km
2. Preis: de Caters, 14 km.

10. Oktober: Totes Rennen zwischen Blériot und de Caters, da beide 90 km zurücklegten. Die beiden Preise werden zusammengelegt, jeder erhält 300 M.

K. P r e i s M i c h e l i n .

Dieser Preis kam nicht zur Konkurrenz.

L. A u f m u n t e r u n g s p r e i s d e r F a m i l i e T h . S t e r n .

de Caters, 5 mal 30 Sek. à 300 M, 1500 M.

Euler, 5 mal 30 Sek. à 300 M, 1500 M.

M. J u n g f e r n p r e i s , g e s t i f t e t v o n H e r r n A d o l f G a n s .

de Caters, 4 mal über 200 m à 200 M, 800 M

Euler, 6 mal über 200 m à 200 M, 1200 M.

II. W e t t b e w e r b e f ü r b e m a n n t e F l u g a p p a r a t e o h n e M o t o r .

A. P r e i s f ü r d e n w e i t e s t e n S c h w e b e f l u g .

1. Preis: 1000 M, 2. Preis: 500 M, gestiftet von Arthur Müller, A.-G., Berlin.

1. Preis: Kunstmaler Reichelt, Dresden, 4. Oktober, 44,5 m

2. Preis: Kunstmaler Reichelt, Dresden, 4. Oktober, 44 m

B. P r e i s f ü r d e n d i e l ä n g s t e Z e i t d a u e r n d e n S c h w e b e f l u g .

1. Preis: 1000 M, 2. Preis: 500 M, gestiftet von A Müller, A.-G., Berlin.

1. Preis: Kunstmaler Reichelt, Dresden, 3. Oktober, 8,5 Sek.

2. Preis: Kunstmaler Reichelt, Dresden, 4. Oktober, 7,4 Sek.

C. A u f m u n t e r u n g s p r e i s d r e i e r F r a n k f u r t e r S t i f t e r , j e 5 0 M .

1. Ingenieur Grödel, Frankfurt a. M., 22. August, 40,5 m

2. Kunstmaler Reichelt, Dresden, 4. Oktober, 44,5 m.

I. Finanzbericht.

Die erste Aufgabe des unter dem Vorsitz des Herrn Bankiers Otto Höchberg stehenden Finanz-Ausschusses mußte sein, einen *G a r a n t i e f o n d s* aufzubringen. Dank der zielbewußten Tätigkeit einiger Herren des Ausschusses erreichte dieser Fonds die Höhe von 1 141 900 M. Insbesondere waren es die Banken, Bankhäuser, Industriellen, die Hotels, Gastwirtschaften, die sich mit namhaften Beträgen beteiligten, aber auch eine große Reihe von Kaufleuten und Handwerkern steuerten zu dem Fonds bei.

Nachdem auf diese Weise eine Basis geschaffen, die sich der Gesellschaft m. b. H., welche juristische Form die Ila aus Zweckmäßigkeitsgründen angenommen hatte (Kapital 20 000 M mit 25 % Einzahlung)¹⁾, angliederte, konnte der in der Anlage mitgeteilte Voranschlag aufgestellt werden, der aber im Laufe der der Eröffnung der Ausstellung vorangehenden Wochen eine mannigfache Umgestaltung erleiden mußte.

Das zuletzt vor Beginn der Ausstellung aufgestellte Budget balancierte in den Einnahmen und Ausgaben mit 1 151 500 M.

Eine *p r o v i s o r i s c h e* Aufstellung der tatsächlichen Einnahmen und Ausgaben zeigt einen Fehlbetrag von über 200 000 M (die endgültige Aufstellung kann erst nach Beendigung einer Anzahl noch schwebender Prozesse erfolgen). Dieser Fehlbetrag ist zum Teil auf die internationale Flugwoche zurückzuführen, deren Kosten durch eine unerwartete Konkurrenz von Berlin und Köln zu einer maßlosen Höhe getrieben wurden, ohne daß die Veranstaltungen in jenen Städten besondere Erfolge gezeitigt hätten²⁾.

Bemerkenswert ist die Höhe der erzielten Einnahmen aus Eintrittsgeldern.

Diese Einnahmen haben betragen:

Letzter Voranschlag

1. Aus Dauerkarten	139 200 M
2. Eintrittskarten-Hefte (Tickets) . .	117 400
3. Tageskarten einschl. Eintritt für Flug- gelände	599 700
4. Photographen-Erlaubniskarten . .	3 300
5. Arbeiterkarten	38 300

897 000 M

540 000 M

¹⁾ Vergl. S. 10.

²⁾ Nachdem die ungefähre Höhe des Fehlbetrages feststand, wurden im März 1910 20 % der gezeichneten Garantiebeträge einberufen. Die Garantiezeichner entsprachen dieser Aufforderung in ihrer überwiegenden Mehrheit ohne weiteres, so daß nach einiger Zeit ca. 200 000 M eingezahlt waren. In einigen Fällen wurde mit Rücksicht auf veränderte wirtschaftliche Verhältnisse der Garantiezeichner von Beitreibung abgesehen. Ein Garantiezeichner verweigerte Zahlung, da er hierzu vor Aufstellung einer endgültigen Schlußrechnung nicht verpflichtet sei. Durch lebhaftere Agitationen wurde eine, verhältnismäßig bescheidene Anzahl von anderen Garantiezeichnern veranlaßt, mit gleicher Begründung Zahlung zu verweigern. Es kam dieserhalb zu Prozessen, die z. Z. in erster Instanz (Land- bzw. Amtsgericht) fast alle entschieden sind und zwar durchweg zu unseren Gunsten.

		Letzter Voranschlag
6. Tribünenkarten	153 050 M	50 000 M
7. Eintrittskarten zum Teehausgarten	21 000	
8. „ „ zum Ballon Preußen	14 300	5 000
Hierzu kommen noch an Einnahmen:		
1. Erträgnis der Lotterie	90 000	90 000
2. Pachten, Mieten, Standgelder von Verkaufsständen, Automaten usw. .	43 300	15 000
3. Getränkeabgaben	103 600	
4. Platzmieten	45 300	20 000

Bereits längere Zeit vor Eröffnung der Ausstellung wurden Dauerkarten ausgegeben zum Preise von

Im Vorverkauf: Hauptkarte 15 M, Einzelkarte 12 M, Beikarte 5 M.

Erhöht: Hauptkarte 20 M, Einzelkarte 18 M, Beikarte 8 M.

Ermäßigt: Hauptkarte 10 M, Einzelkarte 8 M, Beikarte 5 M.

Die Eintrittspreise für die Ausstellung betragen für Erwachsene 1 M für Kinder 50 Pf., in den Abendstunden 50 Pf.

Die durchschnittlichen Tageseinnahmen während der Dauer der Ausstellung beliefen sich auf rund 6000 M, die höchste erbrachte der 1. August, der Ankunfts- tag von „Z II“, mit 34 200 M, die nächsthöchste der 12. September, die zweite Ankunft Zeppelins, mit 31 300 M, dagegen die geringste Einnahme ein Regentag, der 14. Oktober, mit 300 M. An Eintrittskarten zur Ausstellung gelangten außerdem noch sogenannte Arbeiter-Wochen- und -Sonntagskarten zum Preise von 20 Pf., deren Verteilung der Ausschuß für Volksvorlesungen übernahm, zur Ausgabe. Außer den Tageskarten gelangten zum Verkauf sog. Tickets (Eintrittskartenhefte). Letztere Einrichtung bestand darin, daß einer hiesigen Firma der Verkauf von Billettheften, enthaltend 12 Billetts im nominellen Werte von 1 M und perforiert in 2 Hälften à 50 Pf., zum Verkauf zum Preise von 10 M, später 11,50 M übertragen wurde.

Der Besuch der Ausstellung berechnet sich, auf Grund der einzelnen verkauften Karten, auf 870 500 Personen. Nimmt man an Besuchern, die Eintrittskartenhefte (Tickets) und Dauerkarten benutzten, 522 000 an, welche Zahl sich nur schätzen läßt, dann beläuft sich der Gesamtbesuch auf rund 1 400 000.

Für die Tribünen, den japanischen Teehausgarten und den Ballon Preußen gelangten besondere Eintrittsgelder zur Erhebung.

Betreffend die Ausgaben ist zu bemerken, daß für Wirtschaftsgebäude und Inventar, Getränke und Regiekosten 151 000 M ausgegeben wurden.

Die Ausgaben des Fest-Ausschusses, d. h. für Bureau und Leitung des Vergnügungsparkes, Veranstaltung von Festlichkeiten, Musik sowie für Theater, Autodrom (Flugkarussell), Kabarett, Mondkalb, belaufen sich auf 180 000 M.

Der Sport-Ausschuß hatte an Ausgaben für Fahrtenkasse, Ballonmannschaften, Motorballons und Flugunkosten 336 000 M.

Die Ausgaben des Bau-Ausschusses mit seinen zahlreichen Positionen, von denen wir folgende nennen: Bauliche Änderungen, Ballonhallen, Tribünen, Japanisches Teehaus, Bedürfnisanstalten, Pacht- und Flurentschädigungen, Fliegerhallen, Speisesaal, Einfriedigungen, Geländeregulierungen, Be- und Entwässerungen, Gasleitungen, elektrische Anlagen usw., erreichten die Höhe von rund 700 000 M.

Der Presse-Ausschuß verausgabte für Herstellung von Postkarten, Reklame im In- und Ausland, Plakatierungen und für die Ausstellungszeitungen 120 000 M.

Die Ausgaben des Ordnungsausschusses für Feuer-, Sanitäts- und Nachtwachen, Löhne der Ordnungsmannschaften, Telephon, Geleise-Anlagen, Orientierungstafeln betragen 158 000 M.

Der Wissenschaftlich-technische Ausschuß verausgabte für Bureau, Vorträge, Aerologische Station, Propellerprüfungen, Historische Abteilung, die Naturflieger-Ausstellung, Blitzableiter-Anlagen für Ballonhallen die Summe von 66 000 M.

Zur Ausschreibung von Wettbewerben wurde die Ausstellung durch Stiftung von Geld- und Ehrenpreisen in den Stand gesetzt. Es gelangten über 160 000 M Geldpreise zur Verteilung, einschließlich des von der Stadt Frankfurt a. M. gestifteten Preises von 20 000 M.

Anlage zum Finanzbericht.

Voranschlag der Ausgaben.

Bauliche Herstellungen in der großen Ausstellungshalle	13 000 M
Einfriedigung des Festplatzes	5 070
Bau des Theaters mit Zubehör und Einrichtungen	55 000
2 Leuchttürme für Scheinwerfer	6 000
Betrieb der Scheinwerfer	6 000
2 Tribünen auf dem Ausstellungsplatze	12 000
Fassaden der Ballonhallen	5 000
Aptierung des Sängerhauses und Kosten der Übernahme für die Ausstellungszeit	2 500
Zwei öffentliche Bedürfnisanstalten mit Wartung	4 000
Zwei öffentliche Bedürfnisanstalten ohne Wartung (für das Personal)	1 000
Baukostenbeitrag für die Kantine	3 000
Gelände-Regulierung und gärtnerische Anlagen	20 000
Be- und Entwässerung, Feuerlösch-Einrichtung	10 000
Elektrische Anlagen, Kabel-Verlegungen u. a. m.	25 000
Dekoration der Festhalle, des Festplatzes, der Zufahrten usw.	25 000
Unvorhergesehenes und zur Abrundung (Baukommission)	10 430
Architektenhonorar, Bureauaterial, Drucksachen (Baukommission)	5 000
Mobiliar und Dekoration des Lesezimmers	1 200
Zeppelinhalle	35 000
Ballonhallen	75 000
Parseval-Ballon	100 000
Anlage zur Prüfung von Propellern	5 000
Aerologische Station	8 000
Allgemeiner Wetterdienst	2 000
Übertrag	434 200 M

	Übertrag	434 200 M
Gewittermeldedienst		2 000
Angabe von Windrichtung und Windstärke durch elektrische Fernmesser . . .		2 000
Meteorologisches Observatorium auf der Plattform der Festhalle		2 000
Ankauf des Ballons „Preußen“		4 000
Geleise-Anlagen		6 000
Honorar für einen wissenschaftlichen Beamten, als Redner und Führer . . .		5 000
Gaslieferung bei dem Wettbewerb des Luftschiffverbandes		20 000
Leuchtgas		8 500
Pacht- und Flur-Entschädigungen für das zu Flugversuchen verwendete Ge- lände westlich des Eisenbahndamms		15 000
Herrichtung des Flugplatzes und Herstellung eines Abflug-Hügels		1 600
Vorrichtungen für das Abfliegen		2 000
Einfriedigung des Fluggeländes		7 000
Errichtung von Hallen für die Flugapparate		10 000
Aufsicht und Absperrung des Flugplatzes		10 000
Tribüne auf dem Flugplatz		10 000
Herstellung und Verteilung der Ausstellungs-Plakate		20 000
„ der Ausstellungs-Zeitung		12 000
„ der Ausstellungs-Postkarten		5 500
Annoncen		40 000
Unkosten bei Versendung von Notizen durch Zeitungsbureaus		450
Miete der Räume im Automobilklub		1 800

Ausstellungsbureau:

a) Gehalt des Direktors 1 Jahr	18 000 M	
b) Gehalt des Sekretärs 10 Monate	3 000	
c) Löhne des Hilfspersonals	3 000	
d) vermehrtes Personal während der Ausstellung	5 000	
e) Bureau-Ausgaben mit Telephon	1 500	
f) Reisekosten	6 000	
g) Drucksachen und Bücher	4 000	
h) Unvorhergesehenes	3 000	43 500
Vorbereitung der Ausstellung. Dr. Übel		2 000

Karten-Ausgabe:

a) Druck der Karten	5 000 M	
b) Bekanntmachungen, Plakate, Porti	5 000	
c) Beamte und Hilfskräfte bei der Ausgabe	2 000	
d) Verschiedenes	500	12 500

Kassenbetrieb während der Ausstellung:

a) 3 Kassen (darunter 2 Doppelkassen) 100 Tage	10 000 M	
b) Kassenbureaubeamte (einschl. Buchhalter)	3 000	
c) Bureaukosten	2 000	15 000
Löhne des Aufsichtspersonals		38 225
Feuerwehr		15 000
Sanitäts-Dienst		7 000
Bekleidung des Aufsichtspersonals		2 100
Einrichtung eines Geschäftszimmers für den Verkehrs- und Ordnungsausschuß nebst Anstellung eines Beamten		650
Tafeln für Aufrechterhaltung der Ordnung usw.		800

Übertrag 755 825 M

	Übertrag	755 825 M
Gehälter und Gratifikationen (Wirtschaftsausschuß)		15 000
Anschaffung von Tischen und Stühlen (Wirtschaftsausschuß).		6 200
Unvorhergesehenes (Wirtschaftsausschuß)		5 000
Kosten des Anschlusses der Beleuchtung der Wirtschaften.	}	10 000
„ der Ent- und Bewässerung der Wirtschaften		
Anteil an der Dekoration der großen Bierhalle		
Anlage des Telegraphen- und Telephon-Netzes		5 000
Elektrisches Licht		80 000
Wasser		10 000
Musik		75 000
Unterhaltung des Festplatzes		10 000
Versicherungen		25 000
Repräsentationskosten (Festessen usw.)		10 000
Verpflegungskosten (Sanitätskolonnen, Nachtwächter usw.).		5 000
Abgaben an die Festhallen-Gesellschaft:		
1. feste Abgabe		25 000
2. prozentuale Abgabe von Getränken		40 000
Offizieller Ausstellungsbericht		20 000
Leitung des Vergnügungsparks		6 000
Betrieb des Theaters		30 000
Allgemein Unvorhergesehenes zum Ausgleich		18 475
Summa der Ausgaben		1 151 500 M.

Voranschlag der Einnahmen.

Eintrittsgelder:

Für das Ausstellungsgelände		
Tageskarten	}	520 000 M
Dauerkarten		
Für das Fluggelände		20 000
Platzmieten		20 000

Tribünen:

a) Ausstellungsplatz	}	50 000
b) Fluggelände		
Gebühren für Fahrten in Freiballons und lenkbaren Ballons		25 000
„ für Besichtigung des Ballons „Preußen“		5 000
„ für die Schmalspurbahn		1 000
Wissenschaftliche Führungen und Vorträge		8 000
Verkauf des Katalogs		10 000
„ der Ausstellungs-Zeitung		17 000
„ der Ausstellungs-Postkarten		30 000
Abgabe vom Bier (30 000 M fest)		50 000
„ des Weinrestaurants (15 000 M fest)		30 000
„ des II. Weinrestaurants, fest		10 000
„ des Cafés (6000 M fest)		12 000
„ vom Apfelwein		7 000
„ vom Champagner-Kiosk		5 000
„ auf Mineralwasser		7 000
„ vom Schwarzwälderhaus		1 500
„ auf alkoholfreie Getränke		3 000
Übertrag		831 500 M

	Übertrag	831 500 M
Abgabe von Verkaufsständen, Automaten usw.		15 000
.. der Marine-Schauspiele		30 000
.. des Panoramas		30 000
.. des Kalmückendorfs		3 000
.. der Seilbahn		15 000
.. des Luftkarussells		5 000
.. der Flugbahn		5 000
.. des Photographen		5 000
.. der Schießhalle		500
.. der Camera obscura usw.		2 000
Einnahmen des Theaters		100 000
.. aus Garderoben, Toiletten		3 000
.. von Plakaten, Reklamen usw.		3 000
.. aus der Lotterie		90 000
Erlös aus verkauftem Mobiliar		1 500
Ballonmieten		1 000
Toboggan & Hase		5 000
Stufenbahn		5 000
Stuhlvermietung		1 000
	Summa der Einnahmen . . .	1 151 500 M.

Spezieller Teil.

Herausgegeben von

Professor Dr. R. Wachsmuth.

A. Wissenschaftliche Ergebnisse.

I. Die praktische Meteorologie während der Ausstellung.

Von

W. Pepler-Frankfurt a. M.

Mit dem Aufblühen des gesamten Luftschiffahrtswesens ist die Erkenntnis eine allgemeine geworden, daß die Witterungsverhältnisse einen gefährlichen Gegner der Eroberung der Luft bedeuten. Zahlreiche Unglücksfälle und Mißerfolge in den letzten Jahren haben dies mit erschreckender Deutlichkeit bewiesen. Es ist daher natürlich, daß die Luftschiffahrt sich der praktischen Meteorologie zugewandt und von ihr Unterstützung erhofft hat.

In der richtigen Erkenntnis des Wertes und der Notwendigkeit der ausübenden Witterungskunde für die Aeronautik hat die meteorologische Abteilung des Physikalischen Vereins, unter seinem Direktor Herrn Dr. Linke, eine Einrichtung geschaffen, die die gesamten Methoden und Hilfsmittel der modernen Witterungskunde in möglichster Vollständigkeit in den Dienst der Luftschiffahrt während der Ila stellte. Der Ausbau mußte sich notwendigerweise auf zwei Arbeitsgebiete erstrecken, Wetterdienst und Aerologie, von denen dem ersteren die Aufgabe zufiel, für aeronautische Zwecke geeignete Prognosen aufzustellen, während dem letzteren die Sondierung der Windverhältnisse der freien Atmosphäre zufiel. Der Ausbau des Wetterdienstes erstreckte sich zunächst auf die Vervollkommnung der Wettertelegramme, indem außer den Morgentelegrammen der Deutschen Seewarte auch die Nachmittags-telegramme dem Wetterdienst zuzugingen. Dadurch wurde es ermöglicht, auch die untermittags in der Wetterlage erfolgenden Veränderungen zu verfolgen und eine besondere Wetterprognose für den Nachmittag und Abend desselben Tages auszugeben.

Der Wetterdienst mußte, um für aeronautische Zwecke geeignet zu sein, mannigfachen Ausbau erfahren, da er seither nur allgemeinen, besonders landwirtschaftlichen Interessen diente. Man beschränkte sich dabei auf die Herausgabe täglich einer Wetterkarte mit einer für die nächsten 24 Stunden geltenden Wetterprognose. Allerdings kann der Luftschiffer auch aus der Wetterkarte großen Vorteil ziehen, wenn er sie richtig zu interpretieren versteht. Ein unentbehrliches Hilfsmittel bildet die Wetterkarte schon bei der Bestimmung der Flugrichtung eines

Freiballons, besonders bei Zielfahrten, deren auf der Ausstellung mehrere veranstaltet wurden. Man geht dabei von dem allgemeinen Gesetz aus, daß in geringer Höhe über dem Erdboden die Winde parallel den Isobaren wehen, also auch der Freiballon sich annähernd auf letzteren bewegt. Doch ist die Wetterkarte nicht in allen Fällen ausreichend, da sich die Windverhältnisse mit der Höhe oft ändern. Die Luftschiffahrt kann sich mit der Kenntnis der in unmittelbarer Nähe des Bodens herrschenden Windverhältnisse nicht zufrieden geben, da sie größeres Interesse an den Verhältnissen der unteren und mittleren Höhenlagen hat. Solange Methoden zur bequemen Sondierung der Windverhältnisse in der freien Atmosphäre noch nicht existierten, war man auf die Beobachtung des Wolkenzuges angewiesen. Die Aerologie hat aber bequeme Methoden gezeitigt, von denen die der kleinen Aßmannschen Gummiballons für die Meteorologie wie für die Luftschiffahrt von der größten Bedeutung geworden ist. Das gesamte Material der mit Piloten, Fesselballons und Drachen arbeitenden deutschen Stationen machte sich der Wetterdienst zunächst zugänglich. Täglich wurden die aerologischen Beobachtungen von den Stationen zu Großborstel, Lindenberg, Aachen, Straßburg i. E. und Friedrichshafen dem Wetterdienst telegraphisch übermittelt. Außerdem war während der Ila in Frankfurt a. M. selbst eine aerologische Station in dem Nordostturm der Ausstellungshalle untergebracht; sie war mit einer Piloteinrichtung, 2 Firnis-Fesselballons, einigen Ballons sondes und einem elektrischen Gewitterfernmelder ausgestattet.

Die Fesselballons, die gestatteteten, mittels angehängter Meteorographen die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse der unteren Schichten zu sondieren, waren für aerologische Zwecke nicht sehr brauchbar, da man bei der komplizierten Einrichtung öfters mit Defekten zu rechnen hatte; auch war es gefährlich, größere Mengen Draht von der Drachenwinde abzulassen, der sich im Falle eines Abrisses über die Hochspannungen der Großstadt gelegt hätte, was auch einmal erfolgte. Hiervon abgesehen, war auch das direkte Interesse der Luftschiffahrt an solchen Beobachtungen von Meteorographen gering, denn man hat noch wenig Erfahrung darüber gesammelt, wie sich Lenkballon und Freiballon bei den verschiedenen Zustandskurven der Temperatur der freien Atmosphäre zu verhalten haben und sie ev. ausnützen können. Nur in einigen Fällen, z. B. bei stabilen Schichten, ist die Kenntnis derselben für die Fahrten von Freiballons und Lenkballons offenbar von großem Vorteil. Besonders die in den unteren Schichten häufigen Isothermien und Inversionen sind unzweifelhaft für die Lenkluftschiffahrt von Interesse, so daß man ihre Höhe und Mächtigkeit im voraus kennen sollte. Eine längere Erfahrung wird auch hier zahlreiche interessante Beziehungen zwischen der Technik der Aeronautik und der jeweiligen Witterung in der Atmosphäre auffinden, so daß sich hier ein ganz neues Arbeitsgebiet eröffnet, das sich als „aeronautische Meteorologie“ zusammenfassen läßt.

Außer zahlreichen Aufstiegen der Fesselballons unternahm die aerologische Abteilung auch einige Registrierballonaufstiege; einer der Ballons drang bis zur oberen Inversion vor. Von einer Veröffentlichung dieser Resultate muß jedoch hier abgesehen werden, da im Rahmen einer Denkschrift der Ila eine Beschränkung auf die praktische Meteorologie und ihre Anwendungen auf die Luftschiffahrt

geboten erscheint. Das gleiche mag auch von den zahlreichen Pilotbeobachtungen gelten¹⁾. Als sehr wertvoll für die Luftschiffahrt haben sich während der Ila die Piloten erwiesen, die in der letzten Zeit zu allgemeiner Bedeutung und Anwendung gekommen sind. Die Einfachheit der Methode gestattet im einzelnen Fall eine sofortige Orientierung über Windrichtung und -Stärke in den unteren und mittleren Höhen der freien Atmosphäre. Während der Ila wurden Pilotballonaufstiege in der Regel dreimal am Tage, wenn es die Bewölkungsverhältnisse gestatteten, unternommen. Bei der großen Veränderlichkeit des Windes in den unteren Schichten müssen solche Sondierungen für die Luftschiffahrt unentbehrlich sein, und es wurde darauf auch von den meisten Führern der Freiballons und Lenkballons der größte Wert gelegt. Es spricht besonders für die Umsicht der Führung des Parseval, daß sie vor jeder Fahrt die Pilotresultate der aerologischen Station einholte.

Die ausgedehnte Schichtung in der Atmosphäre wird gerade durch die Flugbahnen der Piloten deutlich illustriert. Wenn entgegengerichtete Luftströme übereinander lagerten, oder die Windstärke mit der Höhe ungewöhnlich rasch anwuchs, wurden wiederholt vorher beabsichtigte Fahrten auf Grund der Pilotbeobachtungen aufgegeben. Ein Beispiel für den Wert der Piloten für die Luftschiffahrt können schon die unten wiedergegebenen Windverhältnisse am Morgen des 2. August bilden. Ein Ballon hatte darnach nur in direkter Bodennähe günstige Winde zu erwarten, während schon in 1000 m Höhe starker Südwest und in 2400 m Weststurm herrschte. Schon aus diesen Gründen mußte eine beabsichtigte Fahrt aufgegeben werden. Umgekehrt gab es zahlreiche Fälle, wo die Pilotbeobachtungen rasche Abnahme der Windstärke mit der Höhe ergaben.

Für das Verhalten der Luftschiffe bei den verschiedenartigen Wetterlagen lassen sich natürlich kaum einfache, allgemein gültige Regeln aufstellen. Nur der geschulte Meteorologe kann im Einzelfalle auf Grund sorgfältiger Erwägungen an der Hand der Wetterkarte und des gesamten aerologischen Beobachtungsmaterialies die Entscheidung treffen, ob eine Fahrt zu unternehmen ist oder nicht, vorausgesetzt, daß nicht andere Erwägungen militärischer oder sportlicher Art ausschlaggebend sind. Außer der meteorologischen Erfahrung muß natürlich auch eine gewisse Kenntnis der luftschifferischen Technik vorausgesetzt werden²⁾. Die sorgfältige Verwertung der aerologischen Beobachtungen für die praktische Witterungskunde und die Luftschiffahrt läßt sich wohl nur an größeren Instituten, am besten den

¹⁾ Interessantere Resultate hätte vielleicht eine Bearbeitung der Flugbahnen der Freiballons ergeben, die bei internationalen Wettfahrten oft in großer Zahl gleichzeitig starteten und wertvolle Aufschlüsse über die bei verschiedenen Wetterlagen herrschenden Luftströmungen hätten geben können. Der Mangel guter Barogramme stellt jedoch den Erfolg einer solchen Bearbeitung in Frage. Verf. kann es sich daher nicht versagen, auf den Wert brauchbarer meteorologischer Beobachtungen bei Freiballonfahrten wieder ausdrücklich hinzuweisen.

²⁾ Es müssen bei dem Meteorologen diese beiden Forderungen erfüllt sein, auch ist es bedenklich, wenn man sich, wie es wiederholt geschehen, von seiten der Luftschiffahrt nicht mit den wohlausgerüsteten Wetterdienststellen in Verbindung gesetzt hat. Die Einrichtung eigener meteorologisch-aerologischer Dienste bei einzelnen Luftschiffen oder Gesellschaften ist ebenfalls zu verwerfen. Es liegt schon im Interesse des Meteorologen, der die Luftschiffe berät, daß er in ständiger Verbindung mit der nächsten Wetterdienststelle bleibt, um die große Verantwortung nicht allein tragen zu müssen.

Wetterdienststellen durchführen, wo das gesamte Material und genügende Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Einzelne an Ort und Stelle ausgeführte Pilotbeobachtungen genügen nicht, ein Bild über die in verschiedenen Höhen über einem größeren Gebiet herrschenden Luftströmungen zu geben. Die während der Ila zur Verfügung stehenden Beobachtungen von 6 Stationen waren oft noch nicht ausreichend. Man wird daher bedacht sein müssen, mit der Zeit ein dichteres Netz von ständigen Pilotstationen über Deutschland zu schaffen, was bei den relativ geringen Kosten durchführbar erscheint. Ein solcher Vorschlag wurde auch schon im Interesse einer Verbesserung der Wetterprognostik von meteorologischer Seite kürzlich gemacht.

Den interessantesten Versuch hat die Wetterdienststelle zu Frankfurt a. M. mit der Einrichtung eines Gewittermelde- und Warnungsdienstes gemacht. Diese für die Luftschiffahrt zum ersten Mal organisierte Einrichtung hat sich gut bewährt und mittlerweile auch wiederholt Nachahmung gefunden. Es ist bekannt, wie große Gefahren für das gesamte Luftschiffahrtswesen die Böen und Gewitter bilden. Ein telegraphischer Warnungsdienst würde deshalb sehr wertvolle Dienste leisten. Seiner Einrichtung kommt zustatten, daß sich die Gewitter gewöhnlich in ausgesprochenen Fronten bewegen. Wenn ein Gewitterzug z. B. in Westdeutschland erscheint, kann von dort nach einem östlicher gelegenen Punkt rechtzeitig telegraphische Warnung anlangen, wenn Zugrichtung und Zeit des Gewitterausbruches bekannt sind. Liegen mehrere solcher Beobachtungsorte hintereinander in der Bewegungsrichtung des Gewitterzuges, so gibt das Verhältnis der Zeitdifferenz des Gewitterausbruches an beiden Stationen zu deren Distanz ein direktes Maß der Geschwindigkeit des Gewitters. Unter der Voraussetzung einer genügend raschen Übermittlung der Telegramme ist damit die Möglichkeit eines brauchbaren Warnungsdienstes begründet. Da die Gewitter mit einer mittleren stündlichen Geschwindigkeit von nur 30 bis 40 km in Mitteldeutschland ziehen, wird zwischen der Ankunft des Gewitters und der ersten Telegramme immer eine geraume Zeit verstreichen, die eine rechtzeitige Warnung garantiert.

Das Netz der Gewitterstationen erstreckte sich über ein Gebiet mit einem Radius von ca. 170 km, Frankfurt als Zentrum angenommen. Die 50 Stationen waren möglichst gleichmäßig verteilt, im Norden, Osten und Süden bildeten Aachen, Eisenach und Straßburg die äußersten Punkte. Die Stationen gehörten dem meteorologischen Landesdienst der 4 Staaten Preußen, Hessen, Bayern und Baden an, die auch die zweckmäßigste Auswahl derselben trafen. Die Gewitterbeobachter waren angewiesen, unmittelbar nach dem ersten Donner ein dringendes Telegramm¹⁾ an den öffentlichen Wetterdienst zu senden mit genauen Angaben über Zeit des Ausbruches des Gewitters und Richtung desselben. Die Meldezeit erstreckte sich auf die Zeit von 7 Uhr vormittags bis 7 Uhr abends. Im allgemeinen genügte die Genauigkeit der Angaben über Zeit und Richtung, trotzdem hier leicht Fehler sich einschleichen können, die bei dem Auffinden der Gewitterzüge störend wirken müssen. Die eingelaufenen Telegramme wurden sofort auf Karten des gesamten

¹⁾ Dringende Telegramme sind erforderlich, obwohl durch die dreifache Taxe die Kosten natürlich groß werden.

Stationsnetzes übertragen, auf denen die Zugrichtung des Gewitters an den einzelnen Punkten durch Pfeile dargestellt wurde und die Gewitterfronten als Linien gleichzeitigen ersten Donners (Isobronten) sich leicht auffinden ließen. Aus der Richtung und der Geschwindigkeit der Front ließ sich in den meisten Fällen seine Ankunftszeit in Frankfurt a. M. genügend genau bestimmen. Nur dann hatte dies Schwierigkeiten, wenn die Gewitterfront unterbrochen war oder bei sporadischen Gewittern. Letztere sind besonders bei flachen Luftdruckverteilungen häufig, wo kein ausgeprägter Gradient dem Gewitter eine bestimmte Richtung und Geschwindigkeit vorschreibt. Bei diesen Wetterlagen kommt die orographische Differenzierung Mittel- und Westdeutschlands zur vollen Geltung, wodurch das Auftreten der Gewitter sehr unregelmäßig und die Prognose einzelner Züge erschwert wird. Eine hervorragende Rolle für die Gewitter spielt besonders der in nordöstlicher Richtung sich erstreckende Rheingraben, der vielen Gewittern seine eigentümliche Zugrichtung aufzwingt, die Gewitterfronten bald auflöst, bald in der Nähe der Randgebirge verstärkt oder neu bildet. Diese Eigentümlichkeiten sind im einzelnen aber noch wenig bekannt und bereiteten daher für den prognostischen Dienst Schwierigkeiten, besonders wenn es sich um sporadische Gewitter handelte.

Im allgemeinen hat der Versuch während der Ila jedoch gezeigt, daß ein solcher direkter Gewitternachrichten- und Warnungsdienst für die Luftschiffahrt sehr wertvoll sein kann, und daß ein relativ kleines Stationsnetz eine rechtzeitige Warnung vor Gewittern zuläßt. Doch wird man späterhin bei vollkommeneren Einrichtungen ein größeres und dichteres Stationsnetz anlegen müssen, um die Gewitterzüge noch früher und besser erkennen zu können. Es wird notwendig sein, die Zahl der Stationen besonders in Westdeutschland zu verdoppeln, da die meisten Gewitter von Westen kommen. Auch würde ein idealer Gewitterdienst erst dann geschaffen sein, wenn eine Reihe von französischen Stationen in das Netz einbezogen werden könnte, denn der Entstehungsherd der meisten Gewitter liegt über dem Westen des festländischen Europas, wobei gerade Südfrankreich einen bevorzugten Gewitterherd darstellt. Besonders bei rasch wandernden Gewitterfronten von 50 bis 100 km Geschwindigkeit pro Stunde war die Zeit zwischen der Ankunft der Gewitterfront in Frankfurt a. M. und der Ankunft der ersten Warnungen von der deutschen Westgrenze wiederholt sehr kurz, so daß die zur Warnung nutzbare Zeit nur 10 bis 20 Minuten betrug. Bei dem Gewitterzug vom 30. August 1909, der mit ca. 80 km Geschwindigkeit pro Stunde Mitteldeutschland durchzog, trafen die ersten Telegramme kaum 20 Minuten vor Ausbruch des Gewitters in Frankfurt ein, nicht früher als die ersten am Horizont auftauchenden Gewitterwolken. Gewitter mit so großen Geschwindigkeiten sind zwar relativ selten, aber für die Luftschiffahrt besonders gefährlich. Das lehrte das Gewitter vom 30. August, das ein internationales Wettfliegen bei den Vorbereitungen überraschte, wobei einer der Freiballons während der Füllung aus dem Netz losgerissen wurde, während die übrigen kaum rechtzeitig in Sicherheit gebracht werden konnten. Eine Warnung konnte nur 15 Minuten vor Ausbruch des Gewitters ausgegeben werden.

Einen Überblick über das Verhältnis der Gewittertage zu der Zahl von der von den 50 Stationen eingelaufenen Telegramme gibt die nachstehende Tabelle¹⁾:

Datum	Anzahl der eingelaufenen Telegramme	Datum	Anzahl der eingelaufenen Telegramme	Datum	Anzahl der eingelaufenen Telegramme
Juli		August		September	
4.	1	2.	26	1.	11
5.	15	3.	3	5.	1
6.	5	6.	1	13.	8
7.	3	7.	1	20.	1
10.	3	9.	21	23.	2
14.	8	10.	41	24.	7
15.	14	17.	15	26.	7
16.	2	18.	9	27.	5
17.	2	25.	4		
19.	2	30.	21		
22.	1	31.	1		
23.	1				
24.	1				
25.	2				
26.	2				
28.	10				
29.	1				
30.	11				
Gewitter-Tage 18 Telegramme 84		Gewitter-Tage 11 Telegramme 143		Gewitter-Tage 8 Telegramme 42	

Gesamtzahl der Gewittertage 37

Gesamtzahl der eingelaufenen Telegramme 269

Daraus geht hervor, daß nur an relativ wenigen Tagen eine größere Zahl von Stationen von Gewitterzügen berührt wurde, da ein großer Teil der Gewitter sporadisch auftrat; die Zahl der Tage mit ausgeprägten Gewitterzügen reduziert sich daher erheblich. Weit verbreitet waren besonders die Gewitter vom 1. und 10. August; an beiden Tagen durchzogen das Stationsnetz nacheinander mehrere Gewitterfronten.

Eine zweite Tabelle gibt Aufschluß über den mittleren Zeitunterschied zwischen dem Ausbruch des Gewitters und dem Telegrammeingang an der Wetterdienststelle zu Frankfurt a. M.

Im Mittel verflossen also 38 Minuten zwischen dem ersten Telegramm und der Ankunft des Gewitters in Frankfurt a. M. im Maximum 1 Stunde. Auf die telegraphische Übermittlung entfallen im Mittel ca. 20 Minuten. Am raschesten langten die dringenden Telegramme von größeren Städten (Kaiserslautern,

¹⁾ Die beiden Tabellen sind entnommen aus: F. Linke, Der Gewitterdienst der Luftschiffahrtsausstellung in Frankfurt a. M. 1009. Jahresbericht des Physikalischen Vereins 1908/1909.

	Mittel		Mittel
Hillesheim	40 Min.	Kaiserslautern	26 Min.
Trier	40 „	Landau	40 „
Wellen	38 „	Zellingen	35 „
Hachenburg	35 „	Mellrichstadt	56 „
Königswinter	32 „	Mittelsinn	44 „
Neuwied	35 „	Waldaschaff	52 „
Alf	25 „	Heidelberg	30 „
Birkenfeld	62 „	Strümpfelbrunn	39 „
Neunkirchen	52 „	Buchen	29 „
Marburg	49 „	Lauda	42 „
Weilburg	33 „	Karlsruhe	28 „
Fulda	35 „	Worms	27 „
Gelnhausen	39 „	Lindenfels	44 „
Schlüchtern	35 „	Darmstadt	38 „
Meiningen	41 „	Friedberg	33 „
Ummerstadt	37 „	Gießen	33 „
Duchroth	40 „	Stalldorf	25 „
Kirchmohr	38 „		
		Mittel	38 Min.

Worms usw.) an, so daß ein aufziehendes Gewitter von diesen rascher signalisiert wurde als von nähergelegenen kleineren Orten. Man könnte daraus die Lehre ziehen, bei Anlage eines Gewitterdienstes soweit möglich nur größere Orte auszuwählen. Natürlich spielt auch die Zeit zwischen der Beobachtung und der Telegrammaufgabe eine große Rolle und ist im einzelnen Falle sehr verschieden.

Wetterlage vom 1. und 2. August 1909.

Eine Beschreibung der Wetterlage, Gewitterzüge und Warnungen am 1. und 2. August wird einen Einblick geben über die Arbeitsmethode des für aeronautische Zwecke ausgebauten Wetterdienstes und die Verwertung der für die moderne Wettervoraussage zur Verfügung stehenden Mittel.

Der 2. August war der Tag der denkwürdigen ersten Fahrt des Zeppelin II nach Köln, an dem durch die Ungunst der Witterung das Luftschiff zur Umkehr gezwungen wurde, so daß die Beziehungen zu der herrschenden Wetterlage besonderes Interesse beanspruchen können. Die Luftdruckverteilung wird durch die Wetterkarten vom 1. und 2. illustriert (S. 100). Am Morgen des 1. lag tiefer Druck über Nordeuropa, hoher über Westeuropa. Im Bereich eines flachen Hochdruckgebietes über Frankreich hatte Zentraleuropa heiteren Himmel und starke Erwärmung. Die Wetterlage war schon seit dem Vortage sehr labil, was ohne weiteres aus der linken Nebenkarte vom 1. zu ersehen ist, auf der die Änderungstendenz des Luftdruckes durch Linien eingezeichnet ist. Ein Gebiet negativer Barometeränderung läßt eine rasche Auflösung des Hochdruckgebietes erwarten. Bis zum Abend des 1. hatte sich an seiner Stelle ein flaches Tiefdruckgebiet entwickelt, das von Südfrankreich im Verlaufe des 2. (s. u.) nordostwärts vordrang und einen ausgedehnten Gewitterherd darstellte, in dem sich mehrere Gewitterzüge entwickelten.

Auch die aerologischen Beobachtungen bestätigten diese Tendenz zur Gewitterbildung. In Friedrichshafen ergaben die Drachenaufstiege wenige Stunden vor dem Ausbruch des Gewitters in Südwestdeutschland folgende Resultate:

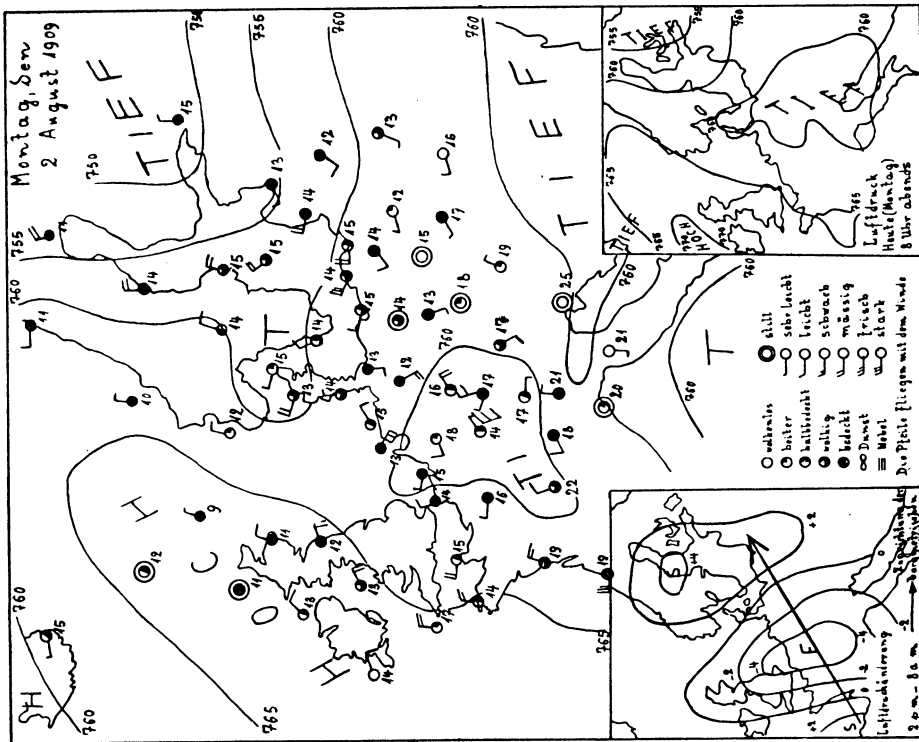


Fig. 2.

Wetterkarte vom 2. August.

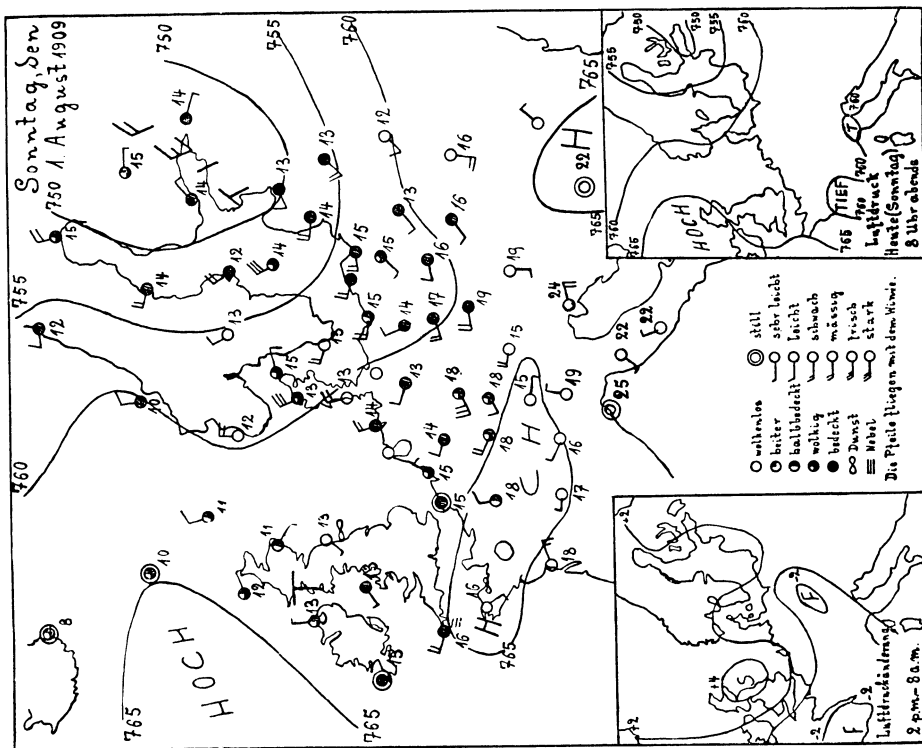


Fig. 1.

Wetterkarte vom 1. August

Aerologische Beobachtungen vom 2. August 1909, morgens.

Höhe in m.	Temperatur in C.	Windrichtung und Stärke.
400	17.0	NNE 2
1000	19.0	SW 6
1500	15.9	W 8
2000	11.8	W 12
2400	8.2	W 18

Temperatur- und Windverhältnisse in der Vertikalen haben den für labile Wetterlagen typischen Charakter. Über der unteren seichten Strömung aus NNE mit Temperaturinversion bis 1000 m erfolgt sprunghaft eine rasche Temperatur-

Gewitterzüge am 2. August 1909

Entworfen nach den Meldungen des telegraphischen Gewitternachrichtendienstes für die Luftschiffahrt während der Fla.

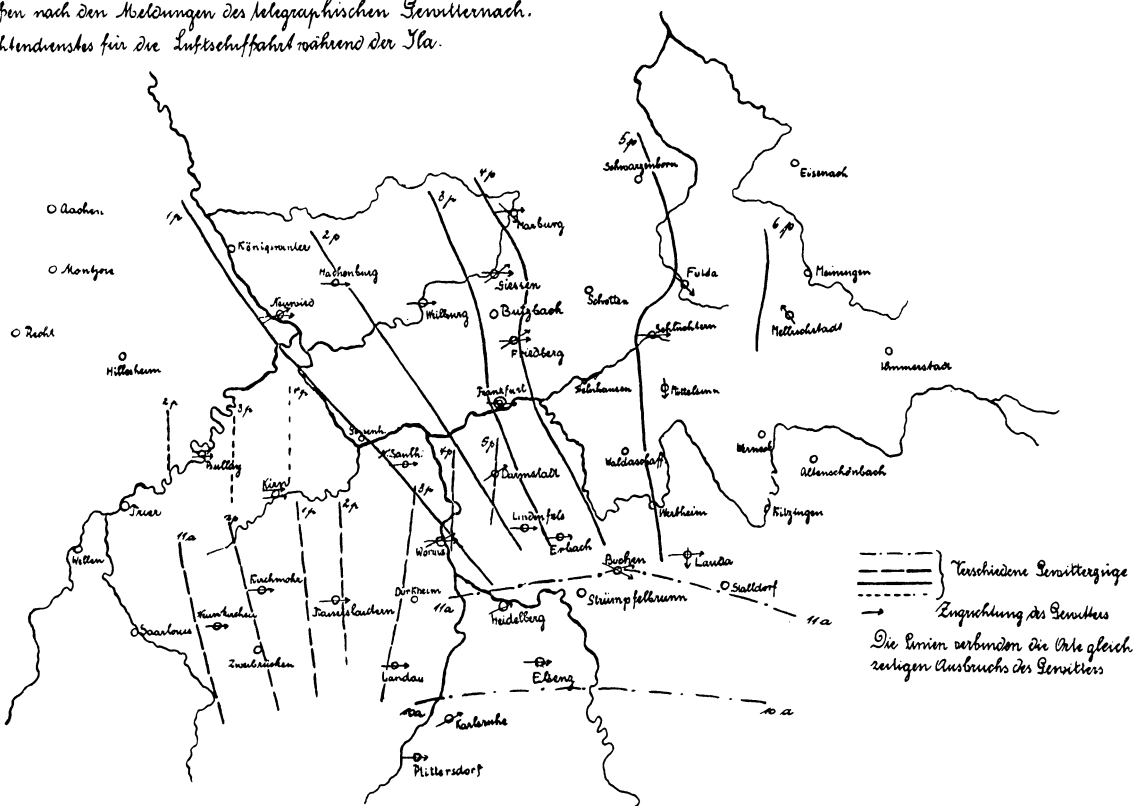


Fig. 3.

abnahme und Winddrehung nach W um über 90°, bei rascher Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Diese Schichtung in der Atmosphäre ist im Sommer fast immer von Gewitterbildung gefolgt. Eine geringe Störung in der Druckverteilung bringt die unteren erhitzten Luftmassen zum Aufsteigen in die oberen mit rascher Temperaturabnahme, und die Gewitterbildung ist eingeleitet. In diesem Falle gehörte die obere zyklonale Westströmung dem Tiefdruckgebiet über

Frankreich an, das in der Höhe über die seichte antizyklonale Luftströmung übergriff.

Die Gewitter erreichten das Stationsnetz gegen 10 Uhr vormittags im Süden der oberrheinischen Tiefebene. Die einzelnen Gewitterzüge, die sich im Laufe des Tages wiederholten, sind auf der Karte gut zu erkennen. Die Zugrichtung der Gewitter war entsprechend der Bewegung des Tiefdruckgebietes eine westöstliche, mit Ausnahme des ersten, am Vormittag in Baden erschienenen Gewitterzuges, der sich in der Rheinebene nordwärts bewegte und nördlich des Neckars sich auflöste. Ungefähr gleichzeitig betrat der 2. Zug von Westen die Rheinpfalz, am Rhein löste sich der größte Teil der Front auf, und nur der nördliche Teil zog auf dem rechten Ufer über die hessische Provinz Starkenburg hinweg. Der dritte, ausgehnteste Gewitterzug erschien in teilweise unterbrochener Front gegen 1 Uhr am Rhein und zog in östlicher Richtung durch Mitteldeutschland. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit war nicht an allen Punkten der Front dieselbe, indem der nördliche Zweig sich rascher bewegte als der südliche, auch erlischt im Süden die Gewitterbildung über dem Spessart, während sie im Norden bis zur Rhön sich ausbreitet. In Frankfurt a. M. kam diese Gewitterfront um 3,40 p. m. an, nachdem die ersten Telegramme seine Annäherung bereits um 1,30 gemeldet hatten. Es war daher reichlich Zeit für eine Warnung. Als Zeppelin II gegen 10 Uhr vormittags zum Start bereit lag, begannen im Süden der oberrheinischen Tiefebene die ersten Gewitter vorzustoßen. Die Gewitterneigung war in Frankfurt um diese Zeit schon aus dem Auftreten hoher Wolken und Gewittercumuli zu erkennen. Auch war bereits am Morgen des 1. für den 2. die Prognose auf „Gewitterneigung“ gestellt worden. Man hätte daher die Fahrt verschieben müssen. Als am Morgen des 2. aus der Wetterlage unzweideutig ihre große Gefährlichkeit hervorging, wurde von der Wetterdienststelle noch eine besondere Warnung an den zur Fahrt bereitliegenden Zeppelin II gesandt, die aber nicht rechtzeitig an ihre Adresse gelangte. Erst die dritte große Gewitterfront erreichte das auf der Fahrt befindliche Luftschiff am Rhein. Um 1,30 p. m. befand es sich in unmittelbarer Nähe der Gewitterfront und manövrierte über der unteren Mosel. Von da ab befand sich das Luftschiff fortgesetzt im Bereich des Gewitterzuges und wurde gegen 3 Uhr nochmals von den nördlichen Ausläufern einer neuen Front überholt. Damit war die Gewitterbildung für diesen Tag beendet, denn das Teiltief, in dem sie erfolgte, zog nach Osten ab. Westdeutschland geriet gegen Abend auf seine Rückseite, in der noch starker Regen fiel. Gleichzeitig drehte der stärker aufkommende Wind nach Nordwesten. Durch diese heftige, böige Strömung wurde das Luftschiff zur Umkehr gezwungen, denn es vermochte gegen den mit über 10 m. s. Geschwindigkeit wehenden Gegenwind nicht mit Erfolg anzukämpfen. Man entschloß sich daher zur Rückkehr nach Frankfurt, die gegen 9 Uhr erfolgte.

Während die telegraphische Gewittermeldung sich als eine für die rechtzeitige Erkenntnis der anziehenden Gewitterzüge sehr brauchbare Einrichtung erwies, so daß in fast allen Fällen eine Warnung möglich war, stellten sich bei der Übermittlung der Warnungen an die Luftschiffahrt Schwierigkeiten heraus, die den Wert der ganzen Einrichtung wiederholt in Frage stellten. Die Warnungen konnten zwar rechtzeitig ausgegeben werden, aber sie gelangten nur in den wenigsten

Fällen, nach Weitergabe an die Sportkommission, an ihre richtige Adresse. Vielleicht trug an dieser nicht genügend sorgfältigen Behandlung des Gewitterdienstes von seiten der Ila Schuld, daß man damals in den Kreisen der Luftschiffer von der Bedeutung und Brauchbarkeit der Witterungskunde für aeronautische Zwecke noch nicht allgemein überzeugt war, wie dies ja von seiten des starren Systems geradezu sprichwörtlich geworden ist. Infolge häufiger kleiner Versehen kamen die Warnungen nur selten ans Ziel. Bei dem ersten mißglückten Fahrtversuch des Zeppelin II nach Köln wurde am Morgen 20 Minuten vor Abfahrt noch eine dringende Warnung abgegeben, die von großem Wert sein mußte. Sie gelangte aber nicht bis zur Fahrtleitung des Zeppelin II. Man hätte vielleicht besser getan, die Übermittlung der Warnungen nicht persönlich, sondern durch optische Signale nach dem Vorbild der Sturmwarnungen an den Küsten durchzuführen. Die Signale konnten etwa auf einem Fesselballon oder einem Turm angebracht werden, so daß sie leicht allen Interessenten bemerkbar waren. Auf Lenkballons des starren Systems kann man auch an eine Übermittlung der Wetterprognosen und Warnungen durch drahtlose Telegraphie denken. Geeignete Stationen zur Abgabe von Signalen auf optischem Wege oder durch drahtlose Telegraphie würde man am besten auf dominierenden Bergen anlegen. Sehr geeignet erscheint hierfür der Feldberg i. T., der einen großen Teil des eine natürliche Verkehrszone darstellenden Rheingrabens beherrscht. Daran hat die aerologische Kommission bei ihren Vorbereitungen auch bereits gedacht.

Abgesehen von dem unmittelbaren Nutzen, den die Luftschiffahrt während der Ila aus dem meteorologischen Dienst zog, darf nicht übersehen werden, daß die engeren Beziehungen, die hier zum erstenmal zwischen Luftschiffahrt und praktischer Witterungskunde geschaffen wurden, viel dazu beigetragen haben, einerseits das Ansehen der jungen praktischen Wissenschaft in den Kreisen der Luftschiffahrt zu fördern und nach außen populär zu machen; andererseits hat der Versuch bewiesen, daß die gesamte Aeronautik aus einem meteorologischen Dienst große Vorteile ziehen können. Man wird bei der künftigen Einrichtung eines großzügigen aeronautischen Witterungs- und Warnungsdienstes, der wohl nicht lange wird auf sich warten lassen, mit Nutzen auf den Erfahrungen weiterbauen können, die während der Ila gewonnen wurden.

II. Die Tätigkeit der Wissenschaftlichen Kommission.

Von

Professor Dr. R. Wachsmuth-Frankfurt a. M.

Bei den Vorbereitungen für die Ausstellung erwies sich die Berufung eines besonderen wissenschaftlich-technischen Ausschusses als notwendig, da gerade nach dieser Richtung hin neben den sportlichen Leistungen die Bedeutung der Ausstellung liegen sollte. Dem Ausschuß fiel die Sorge für die elektrischen Installationen sowohl der Beleuchtung wie des Maschinenbetriebes sowie ferner für den Bau der Ballonhallen, für Anbringung von Blitzableitern und vieles ähnliche zu.

Er gab auch die Anregung zu der äußerst lehrreichen Ausstellung von Flugorganen der Pflanzen und Tiere, welche die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft in die Hand nahm. Für die einzelnen speziellen Zwecke wurden Unterkommissionen gebildet, die mit Beginn der Ausstellung ihre Aufgabe erledigt hatten. Nur zwei Kommissionen arbeiteten während der ganzen Ausstellungszeit. Für die gesamte Meteorologie und Aerologie entstand die Aerologische Kommission, über deren Tätigkeit oben bereits berichtet ist, für eine Reihe von weiteren Aufgaben die Wissenschaftliche Kommission.

Die Tätigkeit der Wissenschaftlichen Kommission war eine recht vielseitige. An erster Stelle ist hier die Formulierung von solchen Fragen zu nennen, welche als Preisausschreiben die wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse der in die Luftschiffahrt einschlagenden Gebiete fördern konnten. Da die Resultate der ausgeschriebenen Wettbewerbe in diesem Bande ausführlich besprochen werden, so ist auf ihre Einzelheiten hier nicht näher einzugehen. Hingegen darf mit ganz besonderem Danke das Entgegenkommen erwähnt werden, mit dem die auf den betreffenden Gebieten besonders erfahrenen Fachgelehrten ihre Hilfe bei dem Entwurf der Ausschreibungen wie auch ihre mühevollen Mitarbeit als Preisrichter bei der Bewertung der eingelieferten Bewerbe der Wissenschaftlichen Kommission und damit der ganzen Ausstellung haben zuteil werden lassen. Nicht zuletzt sind wir auch den Herren Dank schuldig, welche die Bearbeitung der Ergebnisse zum Zwecke der Veröffentlichung übernommen haben.

Im ganzen konnten ja die Wettbewerbe im Rahmen der Ausstellung selbst zum Austrag gebracht werden. Nur für die Prüfungen der festen Leichtmetalle mußte man die Hilfsmittel von Staatsinstituten in Anspruch nehmen. Für die Eichung von Meßinstrumenten sowie für die Dauerproben der Beleuchtungslampen griff der Physikalische Verein hilfreich ein, wie er auch, selbst noch über die Dauer der Ausstellung hinaus, es als sein Vorrecht ansah, den wissenschaftlichen Zwecken der Ila jede Unterstützung angedeihen zu lassen.

Besondere Schwierigkeiten bereiteten die Wettbewerbe für Luftschrauben dadurch, daß der erforderliche Prüfwagen — eine vorbildliche Schöpfung von Herrn Professor Prandtl (Göttingen) — neu angefertigt werden mußte und wegen der Kürze der Vorbereitungszeit erst gegen Ende der Ausstellung fertig wurde. Doch fielen nur die Vorprüfungen in den Herbst des vorigen Jahres; die eigentlichen Messungen konnten erst in den vier ersten Monaten dieses Jahres vorgenommen werden. Für die Versuche in gedecktem Raum mit stehendem Wagen, für welche das Kgl. Preußische Kriegsministerium die Preise gestiftet hatte, stellte die Festhallengesellschaft die ehemalige Bierhalle zur Verfügung, für die Fahrversuche bedurfte man einer längeren Schienenstrecke. Nur das gemeinsame lebenswürdigste Entgegenkommen der städtischen Tiefbaudirektion und der Kgl. Eisenbahndirektion ermöglichte die Überlassung einer solchen Strecke in dem für den neuen Osthafen angelegten Gleisnetz. Die Durchführung der Versuche übernahm der Assistent von Professor Prandtl, Herr Ingenieur Béjeuhr, dem für seine ebenso gründliche wie aufopfernde und dabei recht gefährdete Tätigkeit vollste Anerkennung gebührt.

Der Wettbewerb für Leichtmotore kam leider nicht zum Austrag. Die Zeit zwischen Ausschreibung und Einlieferungstermin war wohl zu kurz bemessen,

so daß bis zu dem letzten verlängerten Termin zwar mehrfache Anmeldungen vorlagen, aber nur ein einziger Motor (ein 100-PS-Adlermotor) zur Einlieferung bereit gestellt war. Da die von Herrn Professor Berndt (Darmstadt) angegebene Prüfanlage gebrauchsfertig war, und ihre Anordnung einige Besonderheiten aufweist, so wird sie bei den Wettbewerben mitbeschrieben werden.

Für die Prüfung der Gummiballons hatte das Kgl. Aeronautische Institut in Lindenberg eine von Herrn Professor Aßmann erdachte komplette Prüfanlage zugleich als Ausstellungsobjekt aufgestellt.

Ein weiteres Arbeitsgebiet ergab sich durch den Beschluß, während der Dauer der Ausstellung wöchentlich eine, wenn auch einigermaßen populäre, so doch von wissenschaftlichem Geist getragene Zeitschrift (die „Ila-Wochenrundschau“) erscheinen zu lassen. Mit der Herausgabe dieser unter der Leitung der Wissenschaftlichen Kommission stehenden Zeitschrift wurde nach einigen anderweitigen Versuchen ebenfalls Herr Béjeuhr betraut. Die im Laufe der Zeit stetig zunehmende Nachfrage war der beste Beweis für die Zweckmäßigkeit und die gute Führung des Blattes. Neben der Zusammenstellung aller ausgeschriebenen Wettbewerbe enthielt die Rundschau selbständige Aufsätze über technische Konstruktionen und wissenschaftliche Methoden, die mit der Ausstellung in Zusammenhang standen, sowie ferner Referate über die wissenschaftlichen Vorträge.

Die Veranstaltung derartiger Vorträge bildete eine nicht ganz leichte Aufgabe. Nach Möglichkeit wurden wöchentlich ein bis zwei Vorträge über die verschiedensten Gebiete der wissenschaftlichen wie praktischen Luftschiffahrt arrangiert, die in ihrer Gesamtheit ein recht vollständiges Bild unserer gegenwärtigen Kenntnisse zu geben versuchten. Die Veröffentlichung dieser Vorträge bildet den ersten Band der vorliegenden Denkschrift, und die Namen der Autoren bieten wohl die Bürgschaft dafür, daß dieser Band einen dauernden Wert in der aeronautischen Literatur erringt.

Außer diesen strenger wissenschaftlichen Auseinandersetzungen wurden auch einige für ein großes Publikum interessante Vorträge abgehalten. So zeigte Herr Dr. Eckener aus Friedrichshafen an der Hand von vielen Lichtbildern die Entwicklung des Zeppelinluftschiffes; Herr Hauptmann Hildebrandt (Berlin) sprach über seine der Erforschung höherer Luftschichten gewidmeten Expeditionen nach Grönland und Teneriffa. Speziell für die Ausstellungsbesucher berechnet war ein Vortrag von Herrn Dr. Drewermann (Frankfurt) über die oben erwähnte Ausstellung der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, desgleichen eine Besprechung der gegenwärtigen Flugzeuge durch Herrn Ingenieur Vorreiter (Berlin).

In einer Stadt wie Frankfurt, welche so ausgedehnte Bestrebungen aufweist, die Errungenschaften der Wissenschaft auch den weiten Kreisen des Volkes und speziell den Arbeitern zur Kenntnis zu bringen, war es eine natürliche Pflicht, für besondere Arbeitervorträge zu sorgen.

Es wurden daher neben den wissenschaftlichen Vorträgen gemeinverständliche Vorträge und Führungen durch die Ausstellung veranstaltet. Die gemeinverständlichen Vorträge wurden von den Herren Philipp Spadow und Ingenieur Martin Bild täglich um 4 und 7 Uhr gehalten und waren verbunden mit Führungen von Lichtbildern und kinematographischen Darstellungen. Beide

Herren waren auch beauftragt, sowohl einzelne Personen als auch Vereine auf Wunsch durch die Ausstellung zu führen. Außerdem veranstaltete der Ausschuß für Volksvorlesungen eine Anzahl von Führungen für Arbeitervereine.

Für Arbeiter und invalidenversicherungspflichtige Angestellte wurden Eintrittskarten zu ermäßigtem Preise ausgegeben. Die Verteilung der Karten erfolgte durch den Ausschuß für Volksvorlesungen zu Frankfurt a. M., welcher die Karten für Arbeiter an die ihm angeschlossenen Gewerkschaften und sonstigen Arbeitervereine, die Karten für kaufmännische Angestellte und Beamte mit geringem Einkommen an die kaufmännischen und Beamtenvereine zur Verteilung an ihre Mitglieder weitergab. Außerdem gab der Ausschuß auch Karten an Firmen für ihr Arbeiterpersonal ab.

Schließlich ist auch der Plan für die vollständigste und am meisten abgerundete der Sonderausstellungen, die Historische Ausstellung, in der Wissenschaftlichen Kommission entstanden. Ihre Schöpfer, die Herren Dr. Liebmann und Dr. Wahl, werden in einem besonderen Bande darüber zu berichten haben.

1. Wissenschaftliche Wettbewerbe.

a) Astronomische Ortsbestimmung im Ballon.

Bericht von

Professor Dr. M. Brendel-Frankfurt a. M.

Ausschreibung:

Es wird ein Preis ausgesetzt für die beste Methode der astronomischen Ortsbestimmung vom Ballon aus.

Als die beste Methode wird diejenige angesehen, welche mit dem einfachsten Instrumentarium und unter möglichster Vermeidung von Rechnungen Ergebnisse von einer Genauigkeit von mindestens einem zehntel Grad ermöglicht.

Das Preisgericht ist befugt, den Preis in einem beliebigen Verhältnis zu teilen, falls das beste Instrumentarium und die besten Ermittlungsmethoden von verschiedenen Bewerbern eingesandt werden.

Die Bewerbungen werden bis zum Schluß der Ausstellung daselbst ausgestellt, und es bleibt der Direktion überlassen, die eingesandten Instrumente und sonstigen Hilfsmittel geeigneten Ballonführern zur Erprobung mitzugeben.

Preisrichter:

Professor Brendel-Frankfurt a. M., Vorsitzender; Dr. Bestelmeyer-Göttingen; Professor Knopf-Jena; Dr. Linke-Frankfurt a. M.; Professor Oertel-Hannover; Dr. Tetens-Frankfurt a. M.

Bewerber:

Es lagen 14 verschiedene, z. T. anonyme Bewerbungen vor, von denen sich 4 auf Instrumente und 10 auf Methoden bezogen.

Preise:

Die Preise wurden geteilt in einen Preis für Beobachtungs-Instrumente und in mehrere solche für Methoden. Den Preis für Instrumente erhielt Herr Professor Schwarzschild-Göttingen für zweckmäßige Gestaltung des Sextanten zur Ortsbestimmung im Ballon. Außerdem wurden der Firma Carl Zeiß-Jena und dem Herrn Dr. Bidlingmaier-Großlichterfelde eine ausdrückliche Anerkennung für ihre Einsendungen ausgesprochen.

Die Preise für Methoden wurden erteilt an die Herren Dr. Brill-Frankfurt für einen auch von Laien bequem und sicher zu handhabenden Apparat zur Ermittlung des Ballonortes und an die Herren Professor Schwarzschild und Dr. Birk, beide in Göttingen, für die von ihnen herausgegebenen graphischen Tafeln zur Ortsbestimmung bei Nacht, sowie an Herrn Professor Runge-Göttingen für ein mechanisches Verfahren zur Ermittlung des Ballonortes bei Tage.

Bericht:

Für die vollständige astronomische Ortsbestimmung im Ballon kommen wesentlich verschiedene Methoden in Betracht, je nachdem sie bei Tage oder bei Nacht erfolgen soll.

Bei Nacht ist es am vorteilhaftesten, aus den gemessenen Höhen zweier Sterne Breite und Länge zu bestimmen, und es kam einerseits darauf an, Instrumente zu konstruieren, mit denen diese Höhen am bequemsten und mit ausreichender — aber nicht übertriebener — Genauigkeit gemessen werden können, und andererseits darauf, aus diesen Messungen möglichst schnell und ohne logarithmische Tafeln den Ort zu berechnen. Diese beiden Aufgaben sind nun wohl in vollkommen befriedigender Weise gelöst worden.

Für die Messungen hat sich der von Herrn Professor Schwarzschild konstruierte und von der Firma Spindler & Hoyer in Göttingen gebaute Ballonsextant als das augenblicklich beste Instrument erwiesen; er stellt eine wesentliche Verbesserung des rühmlichst bekannten Butenschönschen Instrumentes dar, welches übrigens an dem Wettbewerb nicht teilnahm. Während bei diesem das Fernrohr auf den Stern eingestellt und gleichzeitig die im Fernrohr durch Spiegelung sichtbar gemachte Libelle zum Einspielen gebracht wird, ist beim Schwarzschild'schen Sextanten das Fernrohr fest mit der Libelle verbunden und mit ihr parallel gestellt; das Bild des Sterns wird durch einen drehbaren Spiegel nach nochmaliger Reflexion an einem festen Spiegel in das Fernrohr gebracht, in welchem auch die Libelle sichtbar ist. Der besondere Vorteil dieser Einstellungs-methode liegt darin, daß die Einstellung nicht genau im Mittelpunkt des Gesichtsfeldes zu geschehen braucht, sondern nur der Stern in die Mitte der Libelle zu bringen ist; das Fadenkreuz kommt dabei ganz in Wegfall und damit auch die Beleuchtung des Gesichtsfeldes, die nur durch die Beleuchtung der Libelle erfolgt. Auch ist das Fernrohr recht lichtstark. Die Schwierigkeit, die man anfangs darin

zu finden glaubt, daß man mit dem Fernrohr nicht direkt auf den Stern visiert, wird dadurch behoben, daß dieses ein sehr großes Gesichtsfeld hat, und das „Herunterholen“ des Sterns auf den Horizont sich sehr leicht ausführen läßt; dieser Umstand ermöglicht sogar bei der Beobachtung eine bequeme Körperstellung, da das Auge horizontal und nicht in die Höhe gerichtet ist. Wünschenswert wäre es wohl noch, daß das Glühlämpchen, welches die Libelle beleuchtet, beim Versagen recht leicht ersetzt werden und sein Licht auf die gewünschte Helligkeit etwa durch einen Rauchglaskeil oder auch durch einen elektrischen Widerstand reguliert werden könnte.

Ein anderer, auf neuen Prinzipien beruhender Sextant wurde von der Firma Zeiß (Jena) nach Angaben von Cordeiro und Pulfrich geliefert; er besitzt den großen Vorteil, gar keiner künstlichen Beleuchtung zu bedürfen. In das Fernrohr ist ein geradsichtiges Reflexionsprisma eingebaut, welches drehbar ist; man sieht also ein Bild des Sterns direkt und ein zweites durch das Prisma; beide decken sich, wenn das Prisma die richtige Stellung hat. Das Prisma ist drehbar an einem beschwerten Pendel befestigt, das sich stets senkrecht stellt, und der Winkel, den das Prisma mit dem Lot macht, kann eingestellt und abgelesen werden; er gibt die Höhe des Sterns. Die Schwierigkeit, daß das Pendel mit dem Prisma, und damit auch das zweite Sternbild, sich nicht fest in die Ruhelage einstellt, sondern etwas hin- und herpendelt, wird durch eine geeignete Dämpfungsvorrichtung behoben werden. Es bleibt dann nur noch die eine Unbequemlichkeit bestehen, daß die Einstellung des Prismas an dem beweglichen Pendelteil geschieht, daß man also, bei der schärferen Einstellung am beweglichen Teil, diesen mit der Hand aus seiner Gleichgewichtslage bringt und infolgedessen nicht gut während des Einstellens das Zusammenfallen beider Sternbilder beobachten kann.

Zur Ableitung des geographischen Ortes aus den beobachteten Gestirnhöhen ist von Herrn Dr. Brill ein Apparat entworfen worden, der die erforderlichen Rechnungen gänzlich durch ein rein mechanisches Verfahren ersetzt. Der Apparat ist von Herrn Brill in der Ila-Rundschau Heft 4, S. 69, sowie in den Illustrierten Aeronautischen Mitteilungen 1909, Heft 22, S. 988 beschrieben. Man hat nur aus einer kleinen Tabelle, die für jeden der helleren Sterne besonders berechnet ist, mit der Sternzeit der Beobachtung als Argument zwei Größen zu entnehmen; diese bedeuten Azimut und Höhe des Sterns zur Beobachtungszeit für den Mittelpunkt einer durchsichtigen Landkarte, welche in einem Rahmen aufgespannt ist. Über die Landkarte läßt sich ein ebenfalls transparenter Streifen abrollen und außerdem um den Mittelpunkt der Karte drehen; auf dem Streifen ist eine Schar von Standlinien aufgetragen. Der Streifen ist nun durch Drehung auf das aus der Tabelle entnommene Azimut und durch Abrollen auf die entsprechende Höhe einzustellen, worauf man sofort die der beobachteten Höhe entsprechende Standlinie vor sich hat. Auf der Rückseite der Landkarte befindet sich ein zweiter Streifen, der die zweite Standlinie gibt, so daß man aus dem Schnittpunkt beider Standlinien den geographischen Ort unmittelbar ersieht. Da man die geographische Breite übrigens aus der Höhe des Polarsterns fast direkt finden kann, indem man nur eine kleine Reduktionsgröße aus einer Tafel entnimmt, die z. B. im Nautischen Jahrbuch alljährlich gegeben wird, so wird man den Brillischen Apparat auch mit

einer einzigen Standlinie — entsprechend einer in Ost oder West beobachteten Gestirns Höhe — benutzen können, wobei das Verfahren noch viel an Leichtigkeit und Übersichtlichkeit gewinnt.

Das Brillsche Verfahren mit zwei Standlinien ist indessen ganz allgemein für die Beobachtung zweier beliebiger Sterne gültig; natürlich dürfen diese nicht sehr nahe gleiches oder sich sehr nahe um 180^0 unterscheidendes Azimut haben, da sonst die Ortsbestimmung an sich illusorisch wird, indem die beiden Standlinien sehr nahe zusammenfallen und ihr Schnittpunkt nicht mit Sicherheit festzustellen ist. Bei exakter Ausführung bietet dieser Apparat eine sehr große Genauigkeit, und er wird sich sicher gut einbürgern, sobald er in etwas kompändiöser Form hergestellt und eine zweckmäßige Beleuchtung auf der Rückseite der durchsichtigen Landkarte angebracht ist.

Ein zweites ebenfalls sehr sinnreiches und bequemes Verfahren zur Verwertung der beobachteten Höhen bieten die Tafeln zur Ortsbestimmung im Ballon bei Nacht von Professor Schwarzschild und Dr. Birck. Es ist dabei vorausgesetzt, daß der Polarstern und ein Ost- oder Weststern beobachtet ist. Die Verfasser suchen auch dem vollkommenen Laien dadurch gerecht zu werden, daß sie die Einführung aller Termini technici vermeiden, so daß nicht einmal vom Begriff der Sternzeit Gebrauch gemacht wird. Es wird statt dessen eine sogenannte Parole — die mittlere Zeit der Kulmination des Frühlingspunktes für den mitteleuropäischen Meridian — eingeführt, welche für jeden Tag des Jahres in einer Tabelle gegeben wird; die Differenz dieser Parole gegen die Beobachtungszeit, vermehrt um die genähert angenommene Länge, bildet das Argument für eine Polarstern tafel, mit der aus der Höhe des Polarsterns sofort die geographische Breite gefunden wird. Diese Tafel unterscheidet sich von der oben erwähnten des Nautischen Jahrbuchs außer durch das Argument dadurch, daß die Refraktion dabei gleich berücksichtigt ist. Zur Bestimmung der Länge sind für jeden der helleren Sterne Tafeln entworfen, welche die Schar der in Betracht kommenden Standlinien auf ein Gradnetz aufgetragen enthalten; über diese Tafeln ist eine transparente Landkarte so zu legen, daß die Standlinie der Beobachtung des Ost- oder Weststerns in die richtige Lage kommt. Der Schnittpunkt dieser Standlinie mit dem aus dem Polarstern gefundenen Breitenkreise ergibt den Ort des Ballons. Damit die Karte in die richtige Lage gebracht werden kann, ist am Fuße einer jeden Tafel eine Zeit- und Höhenskala aufgetragen; diese Skala setzt die Längendifferenz des Mittelpunkts des Standkreises gegen seinen Schnittpunkt mit dem 51. Breitengrad — bis auf eine geschickt gewählte Konstante — in Beziehung mit der beobachteten Höhe. Die Landkarte hat am Fuße ebenfalls eine Zeitskala und ist so aufzulegen, daß das Argument — Differenz der Beobachtungszeit gegen die Parole — auf der Karte mit der beobachteten Höhe auf der Sterntafel zusammenfällt.

Die Vermeidung der Einführung der Sternzeit führt zwar zur Vernachlässigung der Reduktion von mittlerer Zeit auf Sternzeit in der Polarstern tafel, wo diese aber gar nichts ausmacht. Um auch bei den Ost- und Weststernen diese Reduktion zu vermeiden, ist die bei Entwerfung der Skala am Fuße der Sterntafeln berücksichtigte Konstante anscheinend so gewählt, daß die Reduktion auf

die Sternzeit bei der Beobachtung im Ost-West-Vertikal selbst streng darin enthalten ist; da die Tafeln voraussetzen, daß die Beobachtung höchstens $2\frac{1}{2}$ Stunden vor oder nach dem Durchgange des Sterns durch diesen Vertikal stattfindet, so entsteht also dadurch auch kein merklicher Fehler.

Sind statt des Polarsterns und eines Ost- oder Weststerns zwei beliebige Sterne beobachtet, so läßt sich, wie die Verfasser erwähnen, die Methode mit zwei Standlinien ebenfalls anwenden, indem man sich nacheinander die beiden Standlinien in die auf die Tafeln gelegte Karte einzeichnet. Indessen gelten die der Schrift beigefügten Tafeln nur für Beobachtungen in der Nähe des Ost-West-Vertikals, und zu ihrer allgemeinen Anwendung müßte doch noch eine ganze Reihe weiterer Tafeln entworfen werden.

Die erwähnten Instrumente und Methoden wurden auf einer vom 10. bis 11. Oktober unternommenen Nachtfahrt mit dem Ballon Ziegler erprobt, an der die Herren Wurmbach (als Führer), Professor Déguisne, Professor Knopf (Jena) und der Unterzeichnete teilnahmen. Außerdem wurden einige Instrumente von den Herren Professor Wachsmuth und Dr. Bestmeyer gelegentlich einer vom 23. bis 24. September unternommenen 20stündigen Fahrt (Ballon Tillie II, Führer Professor Boller) mitgenommen und geprüft.

Weit ungünstiger als bei Nacht gestaltet sich die astronomische Ortsbestimmung bei Tage, da hier im allgemeinen als einziges Beobachtungsobjekt die Sonne gegeben ist. Will man Länge und Breite bestimmen, so muß man also Höhe und Azimut der Sonne messen. Die Messung der Höhe erfolgt wie bei einem Stern, die des Azimutes bietet dagegen Schwierigkeiten. Ganz abgesehen davon, daß sich immer nur das magnetische Azimut bestimmen läßt, aus dem das astronomische meist nicht scharf abgeleitet werden kann wegen der Unkenntnis der genauen Deklination der Magnetnadel, und abgesehen davon, daß die Eisenteile am Ballon die Beobachtung sehr erheblich stören, und eine Freihaltung der Umgebung von Eisen etwas umständlich sein dürfte, sind auch die Apparate zur genauen Messung des Azimutes nicht recht handlich.

Einen kleinen sehr brauchbaren Ballonkompaß hat indessen Herr Professor Schwarzschild konstruiert. Er besteht aus einer kleinen Kompaßrose, welche durch ein kugelförmiges Glasgehäuse bedeckt ist; das Gehäuse entwirft direkt auf der Kompaßrose ein kleines Sonnenbildchen, und dessen Stellung auf der Rose kann durch ein kleines Fernrohr abgelesen und zwar bis auf Zehntel Grade geschätzt werden. Sie gibt das magnetische Azimut der Sonne. Die Handlichkeit des Apparates hat durch den Verzicht auf eine größere Ablesungsgenauigkeit, die doch aus den obigen Gründen schwer zu erreichen ist, sehr gewonnen. Die Schwierigkeit liegt hier wohl nur noch darin, daß die Kompaßrose bei Erschütterungen nicht leicht zur Ruhe kommt; der Apparat ist deswegen auch so eingerichtet, daß er an den Rand des Ballonkorbes fest angeschraubt werden kann, wobei indessen die fortwährende Drehung des Korbes das Beobachten sehr stört. Wie diese Verhältnisse sich in der Gondel des Motorballons stellen werden, hat nicht erprobt werden können, da eine Fahrt in einem solchen dem Preisgericht nicht zur Verfügung stand; überhaupt konnten die Instrumente bei Tage nicht eingehend geprüft werden, da die am Abend des 10. Oktober unternommene

Fahrt wegen der Nähe der Küste schon um 7 Uhr morgens ihren Abschluß fand.

Tafeln zur Berechnung der Länge und Breite aus den Beobachtungen von Azimut und Höhe lassen sich deswegen schwer entwerfen, weil die Deklination der Sonne veränderlich ist. Herr Professor Runge (Göttingen) hat ein sehr bequemes Diagramm entworfen, aus dem man graphisch die Breite als Funktion von Azimut und Höhe direkt entnehmen kann; dies Diagramm muß für jede Deklination der Sonne erst entworfen werden, und diesen Übelstand überwindet Herr Runge dadurch, daß er zwei Glasplatten herstellt, von denen die eine ein in zweckmäßiger Weise angeordnetes Gradnetz mit Breite und Höhe und die andere die Azimutlinien in strahlenförmiger Anordnung enthält. Von den Platten wird eine Blaupause angefertigt, auf der die Netze der beiden Platten, je nach der Deklination der Sonne, in der richtigen Lage übereinander kopiert werden. Man hat sich also für jede Ballonfahrt eine (oder bei längeren Fahrten mehrere) solcher Blaupausen vorher herzustellen; diese Herstellung ist freilich etwas lästig, da der Zeitpunkt einer Ballonfahrt je nach dem Wetter oft erst kurz vorher angesetzt wird, und da man häufig genug die Blaupausen wieder unbenutzt nach Hause bringen, andererseits aber gerade im Bedarfsfalle keine mitgenommen haben wird. Vielleicht ließen sich aber doch anstatt der Blaupausen die nötigen Diagramme im Druck für jede Sonnendeklination herstellen, was sich bei der großen Zweckmäßigkeit der Methode gewiß empfehlen dürfte. Die Länge bestimmt Herr Runge einfach durch Anwendung seines Sinusrechenschiebers, der zur direkten Auflösung des Sinusatzes dient.

Auch ein Transformator in sehr sinnreicher Form ist von Herrn Professor Schwarzschild hergestellt worden; er beruht auf dem bekannten Prinzip, daß das Koordinatensystem von Höhe und Azimut durch eine Drehung vom Betrage des Komplements der Breite um die Axe durch den Ost- und Westpunkt des Horizonts in das von Stundenwinkel und Deklination übergeht. Diese Drehung wird aber hier nicht, wie bei den Transformatoren von Kohlschütter und Körber, wirklich ausgeführt, sondern es ist ein Koordinatensystem zu Hilfe gezogen worden, dessen Koordinaten x und y dem Azimut und der Höhe ebenso entsprechen, wie x und $y + 90^\circ$ — Breite dem Stundenwinkel und der Deklination; x und y sind auf dem Transformator als Argumente rechtwinklig aufgetragen. Um die Transformation von Azimut und Höhe in Stundenwinkel und Deklination auszuführen, hat man nur aus den beiden ersteren das zugehörige x und y zu entnehmen und findet dann mit x und $y + 90^\circ$ — Breite aus demselben Netz Stundenwinkel und Deklination und umgekehrt. Es ist leicht ersichtlich, wie man aus Azimut und Höhe dann auch Breite und Länge (durch den Stundenwinkel) finden kann. Das Netz ist so gezeichnet, daß man den Zehntelgrad noch schätzen kann; indessen erlaubt die Interpolation, welche nach zwei Richtungen hin auszuführen ist, kaum eine Genauigkeit von weniger als einem halben Grad.

Der oben erwähnte Apparat von Herrn Dr. Brill läßt sich auch zur Auswertung von Sonnenbeobachtungen benutzen. Es wäre nur eine Tafel zu entwerfen, welche Azimut und Höhe der Sonne für den Kartenmittelpunkt aus Stundenwinkel und Deklination ergibt; an Stelle der Tafel kann ein bequemes

Nomogramm treten. Auch für die Beobachtung des Mondes und der Planeten ist die Methode verwendbar. Aus der beobachteten Höhe liefert der Brillsche Apparat unmittelbar eine Standlinie, die in vielen Fällen schon hinreichenden Aufschluß über den Ballonort geben wird. Die Verwertung der Azimutstandlinien ließe sich am Brillschen Apparat wohl auch ohne Schwierigkeiten durchführen. Herr Dr. Brill macht mit Recht darauf aufmerksam, daß bei der schon erwähnten Unsicherheit der Azimutmessungen im Verhältnis zu den Höhenmessungen die getrennte Verwertung beider vorzuziehen sei, da z. B. bei der Rungeschen Methode die Unsicherheit im Azimut bei der Verwertung der Höhenbeobachtung mit hineinspielt. Wendet man dagegen für die Höhenbeobachtung den Brillschen Apparat an, so erhält man wenigstens die eine Standlinie so exakt, wie es die Beobachtung zuläßt. Die Länge kann man dann sehr bequem mittels des Rungeschen Rechenschiebers finden.

Übrigens darf nicht unerwähnt bleiben, daß im allgemeinen vorausgesetzt werden muß, daß die beiden zur Ortsbestimmung nötigen Messungen gleichzeitig angestellt sind, was natürlich unausführbar ist; indessen setzt schon Herr Schwarzschild voraus, daß bei Anwendung seiner Methode der Polarstern zweimal, einmal vor, und einmal in genähert gleichem Zeitabstand nach dem Ost- oder Weststern beobachtet wird. In gleicher Weise wird man auch sonst eine der beiden Messungen wiederholen und durch Interpolation der Beobachtungen auf die Beobachtungszeit der anderen reduzieren können. Wenn jedoch, wie häufig, die Zeit knapp ist, und man nicht gut drei Beobachtungen erhalten kann, so wird man, wenn man die Bewegungsrichtung des Ballons genähert kennt, auch aus Messungen zu verschiedenen Zeiten den Ballonort interpolieren können.

Außer diesen Methoden waren beim Preisgericht noch eine Reihe weiterer Arbeiten eingelaufen, welche meist recht interessante Ausführungen zur Theorie und Konstruktion der Standlinien und Vorschläge zur Entwerfung geeigneter Tabellen geben, für den praktischen Gebrauch im Ballon, wo Zeit, Licht und Bewegungsmöglichkeit beschränkt sind, aber kaum in Betracht kommen dürften.

Indessen muß doch ein von Herrn Dr. Bidlingmaier konstruierter vorzüglicher Doppelkompaß zur Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus erwähnt werden, der bei dieser Gelegenheit auch dem Preisgericht vorgelegen hat, da mit seiner Hilfe wenigstens eine Komponente (nämlich die Breite) auf magnetischem Wege bestimmt werden kann. Vielleicht kommt die Bestimmung des geographischen Ortes durch erdmagnetische Messungen doch noch einmal zur Geltung, da sie bei jedem Wetter ausgeführt werden kann.

b) Kinematographische Aufnahmen eines Tierfluges.

Bericht von

Professor Dr. R. Wachsmuth-Frankfurt a. M.

A u s s c h r e i b e n :

Zum Zweck genauerer Kenntnis der mechanischen Vorgänge beim Tierflug sowie deren Verwertung für die Technik setzt die Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung in Frankfurt a. M. 1909 drei Preise aus für die besten photographischen Serienaufnahmen eines Tierfluges.

Gefordert werden Reihen, welche Momentaufnahmen der Flügelbewegung in verschiedener Phase aufweisen. Es soll mindestens eine vollständige Bewegungsperiode auf dem gleichen Film bzw. der gleichen Platte enthalten sein.

Die Gesichtspunkte der Prämiiierung sind:

1. möglichst viele Aufnahmen innerhalb einer Periode der Flügelbewegung;
2. möglichst viele zusammenhängende Perioden.

Bei gleicher Brauchbarkeit entscheidet die Schärfe der Einzelaufnahmen.

P r e i s r i c h t e r :

Professor v o n G r ü t z n e r , Tübingen, Vorsitzender; Professor H e s s e , Berlin; Professor v o n K o c h , Darmstadt; Herr S c h ü t t a u f , Jena; Professor W a c h s m u t h , Frankfurt a. M.

B e w e r b e r :

„Weltkinematograph“, G. m. b. H., Freiburg i. Br.; „Eclipse“, Kinematographen- und Film-Fabrik, Berlin; Dipl. Ing. B. Slessarew, Möskauf, Dr. L. Bull, Institut Marey, Boulogne sur Seine.

P r e i s e :

I. Preis: Herr Dr. Bull, Institut Marey, Boulogne s. Seine, für vorzügliche und technisch hervorragende kinematographische Aufnahmen des Insektenfluges.

II. Preis: „Weltkinematograph“, G. m. b. H., Freiburg i. Br., für schöne, sorgfältig ausgeführte kinematographische Aufnahmen des Möwenfluges.

III. Preis: Dieselbe Firma für gute kinematographische Aufnahmen des Taubenfluges.

B e r i c h t :

Wenn es auch ausgeschlossen erscheint, daß der Mensch mit einer genauen Nachbildung solcher Flugvorrichtungen, wie sie sich in der Natur angewandt finden, fliegen kann, so muß doch ein möglichst genaues Studium der Bauart und Wirkungsweise natürlicher Flügel den Ausgangspunkt für jede selbständige Bestrebung bilden.

Nun sind die Flügelbewegungen im allgemeinen so schnell, daß eine genaue Beobachtung der Einzelheiten nicht möglich ist. Es muß also die photographische

Platte oder der Film an die Stelle des Auges treten, und es ergibt sich als neue Aufgabe, die Bewegung in einer möglichst ununterbrochenen Folge aneinander gereihter Einzelaufnahmen festzuhalten. Diese Einzelbilder kann man dann in kontinuierlicher Folge an dem Auge des Beobachters vorbeipassieren lassen, wie das bei der kinematographischen Projektion möglich ist, oder man kann wenigstens die auf der Platte nebeneinander liegenden Bilder auf ihre Unterschiede hin untersuchen.

Voraussetzung bleibt jedenfalls immer, daß jedes einzelne Bild möglichst scharf ist.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, waren in der Formulierung des Preisausschreibens verlangt: erstens möglichst viele Aufnahmen innerhalb einer Periode der Flügelbewegung und zweitens möglichst viele zusammenhängende Perioden. Bei gleicher Brauchbarkeit sollte die Schärfe der Einzelaufnahmen entscheiden.

An dem Wettbewerb beteiligten sich zunächst einige Kinematographenfirmer. Aus den eingelieferten Bildern hat sich ausnahmslos ergeben, daß die für kinematographische Zwecke gewöhnlicher Art übliche Zeitdauer der Exposition selbst bei größerem Objekt viel zu lang ist, wenn es sich um nur einigermaßen schnelle Flugbewegungen handelt. Die Bilder entbehren der nötigen Schärfe.

Zweitens sind die Intervalle zu groß. Wenn in zwei aufeinander folgenden Bildern das erste eine Taube mit Flügelstellung oben, das zweite mit einer Stellung ganz nach unten gewendet darstellt, so läßt sich über den Weg, der von dem einen Extrem zum anderen führt, ein Schluß nicht ziehen. Eine Ausnahme bilden bis zu einem gewissen Grade Bilder solcher Flugzustände, die längere Zeit anhalten, also des Gleit- und des Segelfluges, wie er bei Möwen sich so gut beobachten läßt.

Fig. 4.

Fig. 5.

Dementsprechend konnte eine solche Serie des „Weltkinematograph“ in Freiburg i. Br. mit dem zweiten Preis bedacht werden, während eine weniger scharfe Aufnahme von Feldtauben im Flug sich mit dem dritten Preis begnügen mußte.

Immerhin zeigen Serienaufnahmen von Kranichen, die schon in früherer Zeit durch O t t o m a r A n s c h ü t z hergestellt wurden, daß für ganz große Vögel auch nach dieser Methode gute Resultate zu erzielen sind.

Die eigentliche Lösung der gestellten Aufgabe aber liegt auf dem Wege, der zuerst von dem französischen Physiologen *Marey* mit so großem Erfolge beschritten worden ist, und ein aus seiner Schule hervorgegangener Gelehrter, Herr *Dr. Lucien Bull*, hat denn auch den ersten Preis davongetragen.

In einem Aufsatz ¹⁾ des Herrn *Bull* aus dem Jahre 1904 finden sich einige Angaben über die „Chronophotographie“, wie diese Art der Kinematographie von *Marey* genannt worden ist.

Alle Insekten bewegen ihre Flügel sehr schnell. Nimmt man z. B. 100 Schläge in der Sekunde an, und will man von jedem einzelnen Flügelschlag wenigstens zehn Aufnahmen machen, so sind dazu 1000 Bilder per Sekunde erforderlich. Das übersteigt bei weitem die mechanische Leistungsfähigkeit der gewöhnlichen Kinematographen, um so mehr, als die Belichtungsdauer wieder nur einen geringen Bruchteil der $\frac{1}{1000}$ Sekunde einnehmen darf, wenn bei der schnellen Flugbewegung die Bilder scharf werden sollen. Für so kurze Zeit ist auch das grellste Tageslicht zu schwach.

Durch Konzentration des Sonnenlichtes mit einem Condenser gelang es *Marey*, die Lichtstärke wesentlich zu erhöhen. Er blendete sodann das Lichtbündel durch eine schnell rotierende Scheibe mit geraden Schlitzen ab und erhielt Aufnahmen von fliegenden Insekten bei $\frac{1}{25000}$ Sekunde Expositionsdauer.

Dabei trat eine weitere Schwierigkeit auf. Alle Kinematographenfilme werden durch einen Mechanismus ruckweise weitergeführt, so daß sie zwar während der Belichtung stille stehen, bei abgedecktem Licht dagegen jedesmal um eine Bildbreite weiter wandern. Das periodische Anhalten steckt der Zahl der Aufnahmen bald eine Grenze. So kam trotz der kurzen Expositionszeit *Marey* nicht über etwa 60 Bilder in der Sekunde.

v. Lengenfeld ²⁾ suchte diese Schwierigkeit dadurch zu umgehen, daß er, statt einen schnellaufenden Film zu benutzen, die Bilder unter Reflexion an einem rotierenden Spiegel auf eine ruhende Platte warf. So erhielt er die Bilder nebeneinander. Da aber Platten nur kurz sind, so reicht die Zahl der Aufnahmen kaum für eingehendes Studium. Auch waren die Bilder unscharf, weil die Expositionsdauer immer noch zu lang war. *Bull* berechnet, daß $\frac{1}{200000}$ Sekunde erforderlich gewesen wäre.

L. Bull ³⁾ ersetzte die ruckweise Bewegung des Kinematographen durch den kontinuierlichen Umlauf eines Films. Das war möglich, wenn die Expositionsdauer für das einzelne Bild so kurz wurde, daß die Bewegung des Films daneben zu vernachlässigen war. Er verwandte daher als Lichtquelle die elektrischen Funken von Kondensatorentladungen. Der Gedanke dieser Art der Belichtung rührt von *Mac h* ⁴⁾ her, der den Entladungsfunken für Momentaufnahmen fliegender Geschosse benutzt hat. Seither ist die Methode vielfach in der Physik angewandt worden. In sinnreicher Weise kombinierte *Bull* die Auslösung der Funken mit dem Umlauf des seinen

¹⁾ Bull. de la Soc. Philomathique de Paris (9) 6, 192; 1903/04.

²⁾ *v. Lengenfeld*, Biolog. Zentralblatt 23, 227; 1903.

³⁾ *L. Bull*, Comptes rendus 138, 755; 1904. Eine verwandte Konstruktion findet sich bei *R. Wachs m u t h*, Ann. d. Physik 14, 491; 1904.

⁴⁾ *E. Mac h*, Sitz. Wien. Ak. d. Wiss. 95 II, 764; 1887.

Film tragenden Rades. Die seinen Schriften entnommene Abbildung Fig. 6 veranschaulicht die Vorrichtung.

Die große Linse G vereinigt möglichst viel Licht der Magnesiumfunkenstrecke E im Objektiv O, und dieses bildet ein vor der Linse sich frei bewegendes Insekt H auf dem Film ab. Eine Nase auf der Peripherie des Rades öffnet den Objektivverschluß und schließt ihn wieder nach einem Umlauf. Der Apparat gibt bis zu 2000 Aufnahmen per Sekunde.

Da man mit dieser Vorrichtung nur Silhouetten erhält, so hat B u l l sie auch durch zwei Funkenstrecken und zwei Objektive zu einem Stereoskopapparat ausgebaut.

Eine andere Konstruktion, welche ebenfalls von den Entladungen Leidener Flaschen ausgeht, ist zum Zweck des Wettbewerbs von Herrn Dipl.-Ing. Slessarew

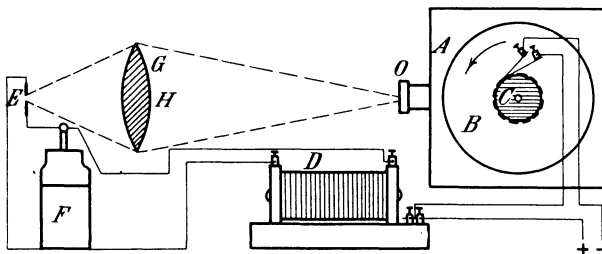


Fig. 6.

in Moskau für die Aufnahme von Fliegen benutzt worden. Die Einzelheiten können leider nicht näher angegeben werden.

Nach der Erörterung der Beobachtungsmethoden ist die Frage zu stellen, was aus den für den Wettbewerb eingeleferteten Aufnahmen zu lernen ist. Für den Flug der Vögel

ist bereits bekannt¹⁾, daß man Ruderflug, Gleitflug und Segelflug unterscheidet. Der Ruderflug kommt durch das periodische Senken und Heben der Flügel zustande. Ist die aufgewandte Kraft der Brustmuskeln gering, so hält sich der Vogel auf gleichbleibender Höhe; die horizontale Komponente der Flugbewegung (vgl. unten) treibt ihn vorwärts. Bei starken Flügelschlägen hebt er sich gleichzeitig in die Höhe.

Betrachtungen über das Verhältnis der Größe der Flugflächen zum Körpergewicht²⁾ überzeugen uns, daß eine Nachahmung des Ruderfluges für den Menschen aussichtslos ist, daß aber auch insbesondere für größere Vögel Ruhepausen des Ruderfluges notwendig werden. In diesen benutzt der Vogel die einmal erreichte Höhe, um nun in einen Gleitflug überzugehen, bei welchem der herabsinkende Körper durch Schrägstellung der Flügel eine horizontale Kraftkomponente erhält. Diese treibt ihn vorwärts und kann sogar unter Verbrauch der erworbenen lebendigen Kraft der Bewegung zu erneuter Hebung bis in die Nähe der alten Höhe benutzt werden, soweit die Bewegungsenergie nicht durch Reibung in der Luft bzw. durch die Überwindung des Luftwiderstandes verbraucht ist. Diese Flugart ist von den Menschen mit Erfolg nachgeahmt worden, und ihre Erforschung ist für immer an den Namen von L i l i e n t h a l geknüpft.

¹⁾ Vgl. z. B. E. J. M a r e y, *Le Vol des Oiseaux*, Paris 1890; ferner: F. A h l b o r n, *Zur Mechanik des Vogelflugs*, Abh. a. d. Gebiet der Naturwissenschaften, herausgegeben vom Naturw. Verein in Hamburg 14, 1896.

²⁾ Vgl. z. B. P ü t t e r, *Die Entwicklung des Tierfluges*. Ila-Denkschrift I, S. 159.

Besonders interessant ist die dritte Flugart, der Segelflug. Wird bei dem Ruderflug die Muskelkraft der Vögel, bei dem Gleitflug die Schwerkraft zur Arbeitsleistung

herangezogen, so dient in diesem dritten Fall die lebendige Kraft des Windes als Energiequelle. Durch seitliche Neigung des Körpers und Bewegung auf kreisförmiger Bahn erhält der Vogel immer von neuem durch den entgegenkommenden Wind eine Hebung. Es ist der Vorgang, den wir an unseren großen Raubvögeln bewundern, wenn sie sich in großen Spiralen ohne Flügelschlag in ferne Höhen erheben. Eine Anwendung hat dieser Segelflug bei den modernen Flugapparaten noch nicht gefunden. Die hebende Wirkung bei Schrägstellung eines fliegenden Apparates kommt jedoch bei jeder Kurve zum Vorschein. Die obenstehenden zwei Abbildungen zeigen charakteristische Aufnahmen eines Ruderfluges (Taube) und eines Segelfluges (Möwe). Neues ist jedoch nicht aus ihnen zu lernen.

Lehrreicher waren die Aufnahmen von Insekten. Herr Bull hat sowohl große Fliegen wie auch vor allem eine Libelle (*Agrion*) im freien Fluge aufgenommen; allerdings sind es die ersten Momente nach dem Abflug. Da aber wenigstens die Libelle schon zu Anfang vollkommen frei schwebt, so darf man bei ihr die Beobachtung wohl ohne weiteres verallgemeinern.

Herr Slessarew hatte Aufnahmen von Fliegen gemacht. Die Fliegen waren jedoch zu diesem Zweck auf eine Nadel aufgesteckt oder auf andere Weise befestigt, so daß die Flugbewegungen gewissermaßen im Stand, d. h. bei ruhendem Objekt photographiert wurden. Dadurch werden die Verhältnisse der umgebenden Luft verändert. Außerdem aber brauchen die krampfhaften Bewegungen eines festgehaltenen Tieres sich nicht notwendigerweise mit denen des freien Fluges zu decken.

Fig. 7.

Fig. 8.

¹⁾ Marey, Comptes rendus 68, 667; 1869.

Schon im Jahre 1869 hatte M a r e y ¹⁾ experimentell die Wirkung des Luftdruckes auf künstlich nachgebildete Insektenflügel studiert und gezeigt, daß eine einfache Auf- und Abbewegung sich durch den Widerstand der Luft in eine Vorwärtsbewegung des Tieres verwandelt, wenn die Vorderkante eines Flügels steif und die Flügelfläche nachgiebig ist. Die Flügelfläche bleibt dann nicht mehr horizontal, sondern neigt sich bei der Abwärtsbewegung nach vorn, bei der Hebung nach hinten. Dadurch entsteht beide Male eine nach vorne gerichtete Kraft-Komponente. Noch schlagender erfolgte dieser Nachweis bei einer Wiederholung des Versuchs durch B u l l ¹⁾, welcher die Flügelbewegung zuerst im luftleeren Raum vor sich gehen ließ, wobei die Deformation der Flügel und die dadurch entstehende Vorwärtsbewegung ausblieb. Es ergibt sich aus den Versuchen, daß der Bewegungsmechanismus der Insekten nur ein ganz einfacher zu sein braucht. Diese Deformation der Flügel läßt sich bei allen Momentaufnahmen fliegender Insekten verfolgen. Eine Folge ist die schon von M a r e y beobachtete 8 förmige Bahnkurve der Flügelspitzen.

Was die Aufnahmen der Libelle besonders interessant macht, ist einmal die Stellung der Flügelebene. Über diese hat im Anschluß an die zum Wettbewerb eingeleferteten sowie ähnliche Aufnahmen Herr B u l l bereits während des vergangenen Winters in der Pariser Akademie einige Mitteilungen ²⁾ gemacht. Er kommt zu dem Schluß, daß nicht der Luftdruck allein für die Stellung der Flügel entscheidend ist, sondern daß das Tier auch selbständig imstande sei, die Neigung der Ebene je nach seinem Bedürfnis zu ändern. Dies ist leicht verständlich, wenn man den ungewein komplizierten und wunderbaren Bau seiner Flugmuskeln betrachtet, welchen v. L e n g e n f e l d ³⁾ genau beschrieben und abgebildet hat.

Sodann zeigt sich im Gegensatz zu den sonstigen Erfahrungen an vierflügeligen Insekten, daß Hinterflügel und Vorderflügel nicht gleichzeitig bewegt werden. Aus der Schärfe der Deformation bei der Rückwärtsbewegung läßt sich schließen, daß die Hinterflügel mit größerer Kraft arbeiten, man möchte sagen, die Luft peitschen. Die Vorderflügel machen aber die Bewegung nicht mit, werden auch nicht wie etwa bei den Käfern mit festen Flügeldecken nur als Drachenflächen ⁴⁾ benutzt, sondern sie setzen mit ihrer Vorwärtsbewegung ungefähr in dem Zeitpunkt ein, wo die Hinterflügel mit der Rückwendung beginnen. Die vorstehenden zwei Bilder (Ausschnitte aus dem zum Wettbewerb eingesandten Film des Herrn B u l l) veranschaulichen die Art der Bewegung ⁵⁾.

¹⁾ L. Bull, Comptes rendus 138, 590; 1904.

²⁾ L. Bull, Comptes rendus 22. Nov. 1909 und 10. Jan. 1910.

³⁾ v. Lengenfeld, Sitzungsbericht der Wiener Akademie, I. Abt., 1881, S. 289.

⁴⁾ Vgl. A. Pütter, Ila-Denkschrift I, 161; 1910.

⁵⁾ Nach Abschluß dieser Zeilen erhielt ich durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. v. Grütznern den eben erschienenen Band II der Travaux de l'association de l'institut Marey 1910. In dem Werke findet sich ein Aufsatz des H. Bull mit genauer Beschreibung und Abbildung seines schönen Apparates sowie die Diskussion des Libellenfluges an Hand einer wohl gelungenen Reproduktion eines Filmstückes.

2. Technische Wettbewerbe.

a) Über die Darstellung von Ballongas.

Von

Professor Dr. C. Graebe-Frankfurt a. M.

Preise:

I. Preis: Chemische Fabrik „Griesheim-Elektron“, Griesheim b. Frankfurt a. M. für die Gesamtheit ihrer Verdienste um die technische Wasserstoffgewinnung.

II. Preis: a) Internationale Wasserstoff-Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M., für ihr Verfahren, Wasserstoff darzustellen. b) Deutsche Continental-Gasgesellschaft, Dessau, für ihr Verfahren, aus Leuchtgas ein an Wasserstoff sehr reiches Gas zu gewinnen.

III. Preis: Maschinenfabrik „Oerlikon“, Oerlikon b. Zürich, für ihr Verfahren, Wasserstoff darzustellen.

Preisrichter:

Geheimrat Professor Graebe, Frankfurt a. M., Vorsitzender; Professor Dr. Abegg, Breslau; Geheimrat Professor Dr. Bunte, Karlsruhe; Professor Dr. Freund, Frankfurt a. M.; Professor Haller, Paris; Professor Dr. Naß, Berlin.

Bericht:

Über die auf der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung vorhandenen gewesenen Apparate für Wasserstoffdarstellung sowie über den von der Ila ausgeschrieben Wettbewerb für Ballongas-Erzeugung soll auf folgenden Seiten im Rahmen einer historischen Übersicht berichtet werden.

Nachdem es den Gebrüdern Montgolfier gelungen war, mit Hilfe erhitzter Luft sich in die Atmosphäre zu erheben, unternahm es zuerst der Pariser Professor der Physik Charles (1746—1823), Wasserstoff zur Ballonfüllung zu benutzen. Nach Überwindung vieler Schwierigkeiten ist er am 1. Dezember 1783 mit Hilfe dieses Gases aufgestiegen. Die Anwendung des Wasserstoffs verdrängte dann bald die der heißen Luft und wurde während mehrerer Jahrzehnte in den meisten Fällen von den Luftschiffern bevorzugt. Ein Konkurrent trat erst in der Form des Leuchtgases auf, welches 1818 Green zum ersten Male in London zur Ballonfüllung benutzte. Dieses verdrängte dann, nachdem seit Ende der zwanziger Jahre auch auf dem Kontinent Gasfabriken errichtet wurden, immer mehr den Wasserstoff. Erst die Konstruktion des großen Fesselballons für die Pariser Ausstellung im Jahre 1867 sowie die Entwicklung der Militärluftschiffahrt nach dem Jahre 1870 brachten den Wasserstoff wieder zu Ehren, wenn auch für die Freiballons das überall bequem und auch billiger zu beziehende Leuchtgas noch bis in die neueste

Zeit allgemein benutzt wurde und auch jetzt noch angewandt wird. Durch die große Bedeutung, welche in dem letzten Jahrzehnt sich die Lenkballons errungen haben, ist aber der Bedarf an Wasserstoff außerordentlich gestiegen, und auch die Freiballons machen wieder eine größere Anwendung von demselben. Es hat sich daher in der letzten Zeit und namentlich in diesem Jahrhundert von seiten der Industrie ein reges Bestreben entwickelt, die alten Gewinnungsmethoden zu vervollkommen und neue zu erfinden. In chronologischer Reihenfolge sollen die Methoden, welche für Ballonfüllung in Betracht kommen, auf Grundlage von folgender Einteilung besprochen werden.

W a s s e r s t o f f d a r s t e l l u n g :

1. mittels Schwefelsäure und Eisen oder Zink,
2. durch Einwirkung von Wasserdampf auf Eisen,
3. aus Wassergas,
4. auf elektrolytischem Wege,
5. nach verschiedenen Methoden, die wesentlich für transportable Entwickler bestimmt sind,
6. aus Acetylen,
7. durch Einwirkung von Wasserdampf auf Calciumkarbid.

Ein 8. Kapitel betrifft die Bestrebungen der Gasindustrie, aus Leuchtgas ein spezifisch leichteres Gas darzustellen.

1. Einwirkung von Schwefelsäure auf Eisen und Zink.

Als *Charles* seine ersten Versuche über Ballonfüllung mit Wasserstoff anstellte, benutzte er dasselbe Verfahren, welches damals wie auch heute noch in den wissenschaftlichen Laboratorien zur Wasserstoffdarstellung angewandt wird. Er ließ verdünnte Schwefelsäure auf Zink einwirken, ersetzte dann aber des Preises wegen das Zink durch Eisen, was in der Folge auch allgemein von den Luftschiffern adoptiert wurde. Als Entwickler benutzte er zwanzig gut gepichte Holzfässer mit untereinander verbundenen Röhren zum Fortleiten des Gases, wie sie auf vielen Illustrationen über Luftschiffahrt aus dem 18. Jahrhundert zu sehen sind. Zu der Füllung seines 400 cbm fassenden Ballons waren mehrere Tage erforderlich. Die Methode, den Wasserstoff aus Fässern zu entwickeln, wurde in der Folge allgemein benutzt, und der berühmte Ingenieur *Henry Giffard* hatte sie noch 1867 für den Fesselballon der Pariser Ausstellung und *Du puy de Lôme* 1872 angewandt. Letzterer entwickelte den zum Füllen seines 3450 cbm großen Ballons nötigen Wasserstoff aus zwei Batterien von je 40 Fässern, die abwechselnd in Tätigkeit gesetzt und abwechselnd von neuem gefüllt wurden. Dann haben in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts *Giffard* sowie der französische Offizier und Luftschiffer *Charles Renard* die Apparate wesentlich verbessert. Statt der Tonnen wurden hohe mit Blei ausgefütterte und mit Eisen angefüllte Entwickler benutzt. Die durch Vermischen von einem Volum H_2SO_4 mit 4 Vol. Wasser erhaltene verdünnte Schwefelsäure tritt kontinuierlich von unten ein, steigt durch die Drehspähne in die Höhe, wobei sie sich fast vollständig in Eisenvitriol verwandelt, dessen Lösung oben abfließt. Besondere Sorgfalt wurde dabei den Wasch- und Trockenappa-

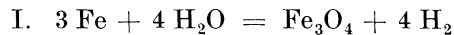
raten gewidmet, um ganz vollständig die mitgerissene Schwefelsäure zu entfernen, was vor allem für Ballons, die längere Zeit gefüllt bleiben, von der größten Wichtigkeit ist. Eine Glanzleistung einer Ballonfüllung nach dieser Methode ist die des großen Giffard'schen kugelförmigen Fesselballons, dessen Inhalt 25 000 cbm entsprach, und der während der Pariser Ausstellung von 1878 mehr wie tausendmal aufstieg. Nach der Angabe von Tissandier in seiner Histoire des Ballons wurde die zur Füllung nötige Wasserstoffmenge in 25 Stunden entwickelt. Es wurden 190 000 kg Schwefelsäure und 80 000 kg Eisen verbraucht. Da der gebildete Eisenvitriol gut verwertet wurde, so kostete nach einem Artikel in Dinglers polyt. Journal, Bd. 270, S. 366 (1878) der Wasserstoff damals nur 24 Pfennig der Kubikmeter, während er sonst viel höher zu stehen kommt, etwa 60—80 Pfennig.

Auf Anwendung von Eisen und Schwefelsäure beruhen auch die von Renard Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts konstruierten fahrbaren Wasserstoffentwickler, die in derselben oder in ähnlicher Form allgemein von den Militärbehörden eingeführt wurden. Der schnelleren Entwicklung wegen wurde bei den transportablen Apparaten zuweilen Zink statt Eisen angewandt. Auch wurde der Ersatz der Schwefelsäure durch Salzsäure vorgeschlagen. In neuerer Zeit sind nun diese älteren Einrichtungen immer mehr verschwunden, und die älteste klassische Wasserstoffentwicklung aus Eisen und Schwefelsäure verlor an ihrer Bedeutung in dem Maße, als in Stahlflaschen komprimierter, elektrolytisch dargestellter Wasserstoff zur Ballonfüllung in Anwendung gekommen ist. Immerhin wurde sie noch bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts benutzt und kann je nach den lokalen Verhältnissen auch jetzt noch nützlich sein. Im Jahre 1897 hatte noch André den Ballon, in dem er seine tollkühne und unglückliche Fahrt nach dem Nordpol antrat, auf der Däneninsel mit Wasserstoff aus Eisen und Schwefelsäure angefüllt. (Lachambre et Machuron: Au Pôle Nord en Ballon.) Die deutsche Südpolar-Expedition hatte dagegen 1901 zum Füllen eines kleinen Fesselballons 450 Stahlflaschen mit auf 150 Atmosphären komprimiertem Wasserstoff auf dem Schiff Gauß mitgenommen (E. von Drygalski: Zum Kontinent des eisigen Südens S. 63). Es war bei dem langen Transport der Flaschen kein Verlust an Wasserstoff eingetreten.

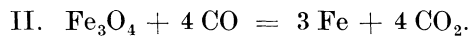
2. Wasserstoffdarstellung mittels Eisen und Wasserdampf.

Anfangs der neunziger Jahre des 18. Jahrhunderts suchte die republikanische Regierung Frankreichs die Luftschiffahrt für den Krieg nutzbar zu machen. Der Ingenieur Coutelle, der später auch an die Spitze der ersten Luftschifferkompagnie gestellt wurde, hatte den Auftrag erhalten, das dazu nötige Material zu beschaffen. Da die Regierung, um die ganzen Vorräte von Schwefel für die Pulverfabrikation zu reservieren, die Anwendung von Schwefelsäure untersagt hatte, so mußte Coutelle eine andere Wasserstoffbereitung als Charles in Anwendung bringen. Es gelang ihm, die von Lavoisier 1783 gemachte Beobachtung, daß glühendes Eisen den Wasserdampf in der Art zersetzt, daß Wasserstoff frei wird, zur Füllung seines Ballons nutzbar zu machen. Auf dem Kriegsschauplatz selbst erbaute er einen einfachen Ofen zum Erhitzen eiserner Röhren, die mit eisernen Dreh- und Feilspähnen angefüllt und in welche Wasserdampf eingeleitet

wurde. So konnte er, wenn auch recht mühselig, seinen 450 cbm fassenden Fesselballon im Verlauf von sechsunddreißig bis vierzig Stunden füllen. Mit demselben nahm er 1794 an der Schlacht von Fleurus und der Belagerung von Charleroi sowie ein Jahr später an der Belagerung von Mainz teil. Da später die Luftschifferabteilung weniger zur Verwendung kam, und Napoleon sie 1798 ganz auflöste, so kam auch die Methode, Wasserstoff mittels Eisen und Wasserdampf darzustellen, die nur infolge der oben angeführten ausnahmsweisen Bedingungen gewählt worden war, wieder außer Gebrauch. Mehr wie fünfzig Jahre später hat Gillard in einer Gasfabrik bei Paris versucht, dieselbe für Beleuchtungszwecke nutzbar zu machen. Er füllte seine Retorten mit Eisen in Drahtform, und nachdem dies durch den Wasserdampf, entsprechend folgender Gleichung:



oxydiert worden war, reduzierte er das gebildete Oxyd, um das Eisen von neuem verwenden zu können, mittels Generatorgas, also durch Kohlenoxyd.



Gillard hat auf diese Weise zuerst das Verfahren von Couteille zu einem kontinuierlichen gemacht.

Henry Giffard hatte gleichfalls später nach demselben Prinzip des alternativen Reduzierens und Oxydierens Wasserstoff zur Ballonfüllung dargestellt, aber mit der Abänderung, daß er vom Beginn an nicht von metallischem Eisen, sondern von Eisenoxyd in der Form von Hämatit ausging, welches er gleichfalls mittels Generatorgas reduzierte. Wie er in den Comptes rendus de l'Académie des Sciences Bd. 71 S. 683 (1870) angegeben hat, wird so ein feinverteiltes, zur Zersetzung des Wasserdampfes geeigneteres Eisen erhalten. Zur Füllung seines großen Fesselballons hat er 1878 aber doch die Benutzung von Eisen und Schwefelsäure vorgezogen, wie schon oben angegeben ist.

Ende der siebziger und Anfang der achtziger Jahre wurde von den englischen Militärluftschiffern das sog. trockene Verfahren, d. h. Überleiten von Wasserdämpfen über glühendes Eisen, wieder in Anwendung gebracht und zu dem Zweck leichte Öfen auf einem Trainwagen transportiert. Später wurde es aber nur noch ausnahmsweise benutzt.

In diesem Jahrhundert hat sich das Interesse demselben jedoch wieder zugewandt. So haben Elworthy und Williamson 1902 ein Patent, D.R.P. Nr. 164721, auf einen Ofen zur Darstellung von Wasserstoff genommen, in dem eine große Anzahl feuerfester Tröge übereinander in der Art angebracht ist, daß die reduzierenden Gase mit dem Eisenoxyd und der Wasserdampf mit dem Eisen in innige Berührung kommen. Die feuerfeste Masse soll noch den Zweck erreichen, die bei der Einwirkung des Generatorgases auf das Eisenoxyd entwickelte Wärme aufzuspeichern. In Übereinstimmung mit Giffard wird es als vorteilhaft erklärt, die Tröge von Anfang an mit Eisenoxyd zu füllen, um das Eisen in feinverteiltem Zustande zu erhalten.

An dem von der Ila veranstalteten Wettbewerb nahm die Internationale Wasserstoff-Aktiengesellschaft in Frankfurt a. Main in bezug

auf ein Verfahren teil, welches für die Wasserstoffgewinnung durch abwechselnde Reduktion von Eisenoxyd und darauffolgende Einwirkung von Wasserdampf als Ausgangsmaterial Pyritabbrände, welche frei von Schwefel, Arsenik und Zink sind, benutzt. Infolge der größeren Porosität dieser Abbrände im Vergleich mit natürlichen Eisenerzen lassen sie sich leichter reduzieren und verlangen daher eine geringere Menge reduzierender Gase. Auch sollen sie besser und länger ihre Form und ihre Wirksamkeit beibehalten. In der Patentanmeldung vom 8. März 1909 wird noch hinzugefügt, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß die in den Kiesabbränden enthaltenen anderen Metalle wie Kupfer einen günstigen Einfluß auf den Verlauf des Verfahrens ausüben ¹⁾. Die Mitglieder der Jury für Ballongasgewinnung hatten Gelegenheit, in Hanau einen Versuchsofen zu sehen. Zur Reduktion wurde Wassergas, welches die dortige Gasfabrik lieferte, verwandt. Die Jury konnte sich überzeugen, daß der Ofen rasch in Betrieb zu setzen ist, und daß ein spezifisch leichtes Wasserstoffgas gebildet wird. In Köln ist für die Militärverwaltung eine größere Anlage erbaut, welche im Frühjahr 1910 in Betrieb getreten ist und eine stündliche Produktion von 150—160 cbm liefert. Vertraglich ist ein Auftrieb von 1185 festgesetzt, was einem spezifischen Gewicht von 0,0832 und einem Wasserstoffgehalt von 98,4—98,5 % entspricht. Dieses Gas soll sich für 15 Pf. pro Kubikmeter herstellen lassen. Die internationale Wasserstoffgesellschaft ist auch im Begriff, eine große Anlage in Wien zu errichten.

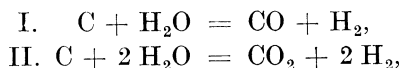
So kommt jetzt das Verfahren, welches C o u t e l l e vor 116 Jahren benutzt hat, um den ersten Militärballon mit Wasserstoff zu füllen, in technisch verbesserter Form wieder in Anwendung.

3. Wasserstoff aus Wassergas.

Das durch die Einwirkung von Wasserdampf auf glühenden Kohlen oder Koks gebildete Wassergas besteht, so wie es jetzt dargestellt wird, im Durchschnitt aus:

50	Volum	Wasserstoff,
40	„	Kohlenoxyd,
5	„	Kohlensäure,
2—5	„	Stickstoff.

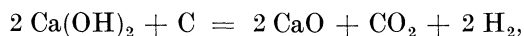
Es entsteht entsprechend folgenden beiden Reaktionen:



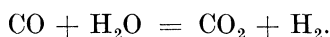
von denen die erstere hauptsächlich bei höherer, die zweite bei niedriger Temperatur erfolgt. Schon vor längerer Zeit wurde nun versucht, die Darstellung so vorzunehmen, daß sich wesentlich die zweite Reaktion verwirklicht, um dann durch Absorption der Kohlensäure technisch Wasserstoff zu gewinnen. So hat schon G i l l a r d 1850 (Jahresbericht der Chemie 3, 88) angegeben, daß es ihm gelungen sei, durch Anwendung eines großen Überschusses von Wasserdampf und Innehalten einer geeigneten Temperatur Wasserstoff für Beleuchtungszwecke darzustellen. Doch wurde

¹⁾ D. R. P. Nr. 220 889.

schon damals darauf hingewiesen, daß das von ihm erhaltene Gas nicht frei von Kohlenoxyd gewesen ist. Auch das Verfahren von T e s s i é d u M o t h a y und M a r é c h a l, durch Erhitzen von Kohle und gelöschtem Kalk und Absorbieren der Kohlensäure durch kohlen-saures Natrium, Wasserstoff darzustellen, wie im Bulletin de la Société chimique 1868, 334 angegeben ist,



hat keinesfalls ein kohlenoxydfreies Gas geliefert. Es ist nur vorübergehend für D r u m m o n d'sches Licht benutzt worden. In New York wurde das so dargestellte Wasserstoffgas, welches auf 5 Atmosphären komprimiert war, zu 2,80 M. der Kubikmeter verkauft (siehe H. V o g e l in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1870, 904). Von H e m b e r t und H e n r y wurde dann in den Compt. rendus Bd. 101 S. 797 (1885) ein Verfahren beschrieben, um im Wassergas das Kohlenoxyd durch das gleiche Volum Wasserstoff zu ersetzen:



Sie benutzten zwei Retorten; in der ersten wurde aus Holzkohle und Wasserdampf Wassergas dargestellt und dieses in der zweiten Retorte nochmals mit Wasserdampf erhitzt, und zwar bis zur Dissoziationstemperatur des letzteren. Die dabei gebildete Kohlensäure wurde mittels einer Natriumkarbonatlösung entfernt. Daß aber auf diese Weise nur ein kohlenoxydarmes Gas erhalten wird, geht aus der Angabe von E s p i t a l l i e r in seinem Buch: La Technique du Ballon, S. 424 hervor. Es konnte mit demselben kein höherer Auftrieb wie 800 erreicht werden.

Nach einem Patent von F r i e d r. K r u p p (DRP. 67827, 1892) wird für technische Zwecke geeigneter Wasserstoff erhalten, wenn man Wasserdampf über glühende Kohlen leitet, welche mit den Hydraten oder Karbonaten der Alkalimetalle oder der alkalischen Erden imprägniert sind. Dieser Zusatz bewirkt, daß die Reaktion bei niedrigerer Temperatur, also wesentlich entsprechend obiger Gleichung II, verläuft. Die mit dem Wasserstoff entweichende Kohlensäure wird in geeigneter Weise entfernt. Eine Angabe über das spezifische Gewicht liegt nicht vor.

Eine Reihe von Vorschlägen ist gemacht worden, das Wassergas in der Art zur Wasserstoffgewinnung nutzbar zu machen, daß das Kohlenoxyd aus demselben entfernt wird.

In einem englischen Patent vom Jahre 1881 hat H é l o u i s (Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 15, 1221) vorgeschlagen, das Wassergas über Gips zu leiten, der in einer Retorte bis zur Rotglut erhitzt wird, wobei sich der Gips in Schwefelcalcium und das Kohlenoxyd in Kohlensäure verwandeln soll. Letzteres wird in bekannter Weise durch Absorption entfernt. In dem deutschen Reichspatent Nr. 40734, 25. Dezember 1886, schlagen F r i t s c h i und B e a u f i l s vor, das Wassergas zur Absorption des Kohlenoxyds mit einer Kupferchlorürlösung zu behandeln, welcher dann mit Hilfe des Vakuums das Kohlenoxyd wieder entzogen wird. Dieses kann zur Feuerung benutzt werden. Nach einem von Professor A d o l f F r a n k auf der Naturforscherversammlung in Dresden 1907 gehaltenen interessanten Vortrag wird hierbei ein Gas von nur 80 % Wasserstoff gewonnen.

A. F r a n k und N. C a r o hatten bei Gelegenheit von Versuchen, Graphit aus Calciumkarbid darzustellen, gefunden, daß beim Überleiten von Wasser-

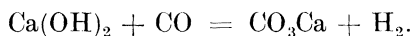
gas über erhitztes Karbid vollkommen reiner Wasserstoff entweicht. Das Kohlenoxyd wird entsprechend der Gleichung



zurückgehalten, und gleichzeitig absorbiert das Karbid auch die Kohlensäure und den Stickstoff. Um nun an Karbid zu sparen, hat Frank in seinem Patent Nr. 174 324 vom 29. Dezember 1905 vorgeschlagen, das Wassergas vorher mittels Kalkhydrat von Kohlensäure und mittels Kupferchlorür von Kohlenoxyd so viel wie möglich zu befreien. Bei sorgfältiger Reinigung erhielt er ein Gas von 89 % Wasserstoff, welches, dann über 800—900° erhitztes Calciumkarbid geleitet, Wasserstoff von 99—99,6 % liefert. Wie in dem oben zitierten Vortrag Professor Frank mitgeteilt hat, bot aber das Waschen des Wassergases mittels großer Massen Kupferchlorürlösung und die nachherige Regeneration der letzteren im Großbetrieb manche Unzuträglichkeit. Er hat deshalb unter Mitwirkung von Professor von Linde in einer bei München errichteten Versuchsanlage auf mechanischem Wege die Trennung durch Verflüssigung des Kohlenoxyds mittels des Lindeschen Luftverflüssigungsapparates durchgeführt. Diese Trennung des Wasserstoffs von den übrigen Bestandteilen des Wassergases mußte sich noch leichter wie die von Sauerstoff und Stickstoff vollziehen, da bei einem Druck von 30—35 Atmosphären die Kohlensäure bei — 5°, das Kohlenoxyd bei — 142° und der Stickstoff bei — 150° sich verflüssigen, während dies für Wasserstoff erst bei — 242° der Fall ist. Mit dem Versuchsapparat, der in der Stunde 10—11 cbm Wasserstoff liefert, wurde ein Gas von 95—96 % erhalten, dessen weitere Reinigung man in Übereinstimmung mit den obigen Angaben und dem von A. Frank erhaltenen Zusatzpatent Nr. 177 703 vom 2. März 1906 mittels Calciumkarbid ausführen kann. Nach Herrn Professor Frank dürfte aber das mittels der Lindeschen Kältemaschine erhaltene Gas von 95—96 % Wasserstoffgehalt nicht nur für industrielle Anwendung, sondern auch in vielen Fällen direkt für die Luftschiffahrt von Nutzen sein, da es einem theoretischen Auftrieb von 1140—1160 entspricht, und es vollkommen frei von Gasen oder Dämpfen ist, welche die Ballonhülle angreifen. Wie das oben besprochene Verfahren der Internationalen Wasserstoff-Aktien-Gesellschaft kann das Frankesche an jede Gasfabrik, welche eine Wassergasanlage besitzt, angeschlossen und rasch in Betrieb gesetzt werden. Auch kann es mit Vorteil in Verbindung mit der Gewinnung von Sauerstoff nach Linde zur Ausführung gelangen. Als Nebenprodukt wird bei der physikalischen Trennung ein Kohlenoxyd von 90 % CO erhalten.

Das Problem, im Wassergas das Kohlenoxyd durch das gleiche Volum Wasserstoff zu ersetzen, ist mit besserem Erfolg wie früher von der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron bearbeitet worden, und hat dieselbe ihr Verfahren im Jahre 1909 zum Patent angemeldet. Die Jury hatte Gelegenheit gehabt, in Griesheim einen Versuchsapparat in Tätigkeit zu sehen und sich zu überzeugen, daß der so dargestellte Wasserstoff keine im Orsat'schen Apparat bestimmbare Menge Kohlenoxyd enthält. Merz und Weith haben in einer Abhandlung (Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1880, S. 718), in der sie eine Reihe von Vorlesungsversuchen beschreiben, angegeben, daß beim Überleiten von Kohlenoxyd über gelöschten Kalk bei einer nicht ganz die dunkle Rotglut erreichenden

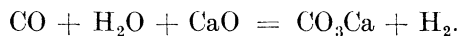
Temperatur Wasserstoff entweicht, dessen Bildung folgender Gleichung entspricht:



In der Griesheimer Fabrik wurde nun gefunden, daß bei dieser Reaktion ein großer Teil des Calciumhydroxydes durch Wasserverlust in Calciumoxyd übergeht, und daher die Ausnutzung des gelöschten Kalks eine schlechte ist. Außerdem hat sich ergeben, daß nach einiger Zeit kein Wasserstoff mehr entweicht, obwohl das Kohlenoxyd noch zurückgehalten wird. Die Wasserstoffbildung nach obiger Gleichung vollzieht sich nur so lange, wie ein Überschuß von Wasserdampf vorhanden ist. Sowie es an diesem fehlt, erfolgt durch Einwirkung des Ätzkalks auf das Kohlenoxyd die Bildung von kohlenurem Calcium unter Ausscheidung von Kohlenstoff.



Das Eintreten dieser Reaktion kann nun vermieden werden, wenn man in einem geeigneten Apparat, z. B. einer Retorte mit Rührwerk, Wasserdampf zusammen mit Wassergas über Ätzkalk oder gelöschten Kalk leitet. Es wird dann für jedes Molekül Kohlenoxyd ein Molekül Wasserstoff gewonnen. Da der ganze Prozeß unter bedeutender Wärmeentwicklung stattfindet, so bedarf es, nachdem er einmal in Gang gesetzt ist, keines weiteren Erwärmens; es ist sogar Wärme im Überschuß vorhanden, die gegebenenfalls zu entfernen ist, damit die Temperatur unter der Zersetzungstemperatur des Calciumkarbonates bleibt. Zweckmäßig wird sie auf 500° gehalten. Der Prozeß wird durch Beimischung von Metallen, zum Beispiel von etwa 5 % Eisenpulver, zum Kalk wesentlich beschleunigt. Zur Erklärung des Vorganges ist es wohl richtiger, obige von Merz und Weith aufgestellte Gleichung durch folgende zu ersetzen



Damit das Kohlenoxyd vollständig durch Wasserstoff ersetzt wird, ist es notwendig, in den Reaktionsraum so viel Wasserdampf einzuführen, daß das Verhältnis von H_2O zu CaO stets größer als 1 ist.

4. Elektrolytischer Wasserstoff.

Die gewaltige Entwicklung der Elektrotechnik und der Elektrochemie in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts führte zu der technischen Durchbildung der elektrolytischen Wasserzersetzung. Wasserstoff und Sauerstoff wurden in stark komprimiertem Zustand in den Handel gebracht. Es geschah dies zuerst in England, wo auch die Militärverwaltung den Wasserstoff in dieser Form zuerst zur Ballonfüllung anwandte. Dann wurden auch in den anderen Ländern die älteren fahrbaren Entwickler durch Wagen ersetzt, auf welchen Stahlflaschen, die komprimierten Wasserstoff enthielten, transportiert wurden.

Von den Apparaten, welche für Wasserzersetzung zur Anwendung kommen, waren auf der Internationalen Luftschiffahrttausstellung zwei vertreten, der eine ohne, der andere mit Diaphragma. Die Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert & Co. in Nürnberg hat ein Modell ihres bekannten Apparates

nach dem Glockensystem, auf welchen sie 1895 ein Gebrauchsmuster eingereicht hat, ausgestellt. Eine ausführliche Beschreibung mit Zeichnungen, Berechnungen wie Ansicht einer Anlage ist in der elektrochemischen Zeitschrift, Bd. 14, S. 230 (1908) veröffentlicht. Die Elektrolyseure sind ohne Diaphragmen und mit Ausnahme der kupfernen Stromleitungen und des Isoliermaterials ganz aus Eisen konstruiert. Als Elektrolyt wird eine 20 proz. Kalilauge benutzt und die Zersetzung bei 60 bis 70° vorgenommen. Von den Schuckert'schen Apparaten sind über 500 im Inland und Ausland in Betrieb, welche sich als außerordentlich leistungsfähig erwiesen haben. Die Mitglieder der Jury hatten Gelegenheit, einen dieser Apparate, der seit dreizehn Jahren in der Platinschmelze von W. C. Heraeus in Hanau in Tätigkeit ist, zu sehen; derselbe dient zur gleichzeitigen Gewinnung von Sauerstoff und Wasserstoff wie der größte Teil derartiger Anlagen. Der Wasserstoff ist von 99 % und der Sauerstoff von 97 %. Die deutsche Heeres-Verwaltung hat von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert & Co. zwei Anlagen bezogen, welche jede in 24 Stunden 600 cbm Wasserstoff produziert. In einem 1907 eingereichten Patent, D R. P. Nr. 188 900, gibt die Firma eine Konstruktion ihres Apparates an, welche die Ausführung erleichtert, indem die zum Auffangen der Gase über die Elektroden gestülpten Glocken aus leitendem Material gefertigt und mit den Elektroden leitend verbunden werden.

Die Maschinenfabrik Oerlikon in Oerlikon bei Zürich hat einen von Dr. Oscar Schmidt erfundenen Apparat zur Wasserzersetzung, der durch ein deutsches Patent, Nr. 111 131 (1899), geschützt ist, ausgestellt. Derselbe ist nach Art der Filterpressen gebaut und besteht aus einer Reihe von Zellen mit Diaphragmen. Als Elektrolyt wird eine Kaliumkarbonatlösung benutzt. Die patentierte Einrichtung hat den Zweck, durch Zurückführung der von den Gasen mitgerissenen Flüssigkeit eine Ersparnis an dem Elektrolyten zu bewirken und einen Verlust an Gas zu vermeiden. Die Apparate nach Oscar Schmidt sind verhältnismäßig billig, und hat die Fabrik in Oerlikon eine größere Zahl derselben geliefert. Am vorteilhaftesten ist es auch für diese Anlagen für Wasserstoffdarstellung, wenn zugleich der Sauerstoff zu verwerten ist, und billige Kräfte zur Verfügung stehen.

Die für die Luftschiffahrt und vor allem für die Entwicklung der lenkbaren Ballons so wichtige Gewinnung des Wasserstoffs ist in dem letzten Jahrzehnt durch die moderne elektrolytische Alkalifabrikation in hervorragender Weise gefördert worden. Es ist ein großes Verdienst der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron, daß sie die Verwertung des bei diesem Verfahren auftretenden Wasserstoffs energisch in die Hände nahm und im Laufe der Jahre eine immer mehr zunehmende Menge von Wasserstoff im komprimierten Zustand für Ballonfüllung lieferte. Folgende Angaben verdanke ich der Liebenswürdigkeit von Herrn Professor Dr. Lepsius. Am 14. Oktober 1899 erfolgte die erste Sendung an den Grafen Zeppelin und vom Mai 1900 diejenigen an die Militärluftschiffer. Der Preis des komprimierten Wasserstoffs von 99 % betrug ab Werk 25 Pf. pro cbm. Um den Luftschiffern den billigeren, nicht verdichteten Wasserstoff zur Verfügung zu stellen, wurde auf dem Werk in Griesheim ein Gasometer von 1500 cbm Fassung aufgestellt. In Bitterfeld hat die Parsevalgesellschaft auf dem Terrain des dortigen

Werks von Griesheim-Elektron eine eigene Ballonhalle errichtet. Dieselbe erhält den Wasserstoff direkt aus der Fabrik.

Seit dem Jahre 1907 liefern die Farbwerke vormals *Meister, Lucius & Brüning* von ihrer Fabrik in Gersthofen gleichfalls Wasserstoff, der als Nebenprodukt bei der Alkaligewinnung entsteht.

Die Zahlenangaben, welche mir die beiden Fabriken gütigst zur Verfügung gestellt haben, zeigen, in welcher bedeutenden Weise der Wasserstoffverbrauch in der Luftschiffahrt zugenommen hat. Die Ziffern beziehen sich nur auf den Wasserstoff, der zur Ballonfüllung abgegeben wurde.

	Griesheim-Elektron	Höchster Farbwerke
1899	12 200 cbm	—
1900	50 000 -	—
1901	70 000 -	—
1902	100 000 -	—
1903	125 200 -	—
1904	145 800 -	—
1905	185 200 -	—
1906	157 200 -	—
1907	242 400 -	—
1908	311 000 -	(ab 1. Juni) 68 464 cbm
1909	610 000 -	170 733 -

Augenblicklich gehen aber noch große Mengen des so dargestellten Wasserstoffs verloren. Nach einer Angabe von Herrn Professor *Lepsius* produzieren die Fabriken, die nach dem Griesheimer Verfahren Alkali gewinnen, jährlich 6 Millionen Kubikmeter Wasserstoff. An die Ila wurde von Griesheim-Elektron während der Ausstellung im Sommer 1909 eine Wasserstoffmenge von 103 500 cbm unentgeltlich geliefert. Zum Transport derselben dienten lange Eisenbahnwagen, auf denen 500 Stahlzylinder angebracht waren. Dieselben haben ein Gesamtgewicht von 30 000 kg und können zur Ballonfüllung 2750 cbm Wasserstoff abgeben. Das Gewicht des Gases ist aber nur 247,5 kg.

Der elektrolytisch dargestellte Wasserstoff hat den Vorteil, sehr rein zu sein, und läßt sich mittels desselben in komprimiertem Zustande auch die Ballonfüllung rasch und bequem ausführen. Der einzige Nachteil ist die große Last, die von den Fabriken zu dem Ort des Aufstiegs und wieder zurück zu transportieren ist. Die Gasflaschen wiegen ungefähr 60 kg und haben ein Volum von 32—35 Liter. Der Wasserstoff wird für Ballonfüllung bis zu 170 Atmosphären komprimiert. Früher wurden zuweilen auch höhere Drucke angewandt, aber dann wieder aufgegeben, da zu häufig ein Zerspringen der Flaschen eintrat. Für 100 cbm Wasserstoff beträgt das Gewicht der Flaschen etwa 1100 kg, was bei großen Entfernungen die Kosten sehr erheblich vergrößert. Wasserstoff, der zu technischer oder wissenschaftlicher Verwendung bestimmt ist, wird nur auf 120—150 Atmosphären zusammengepreßt.

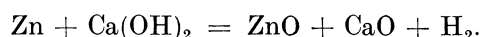
Eine freundliche Einladung der Griesheimer Fabrik gab den Jurymitgliedern Gelegenheit, die Wasserstoffgewinnung bei der Alkalifabrikation sowie die Anlage zum Komprimieren des Gases in Augenschein zu nehmen.

5. Verfahren, welche wesentlich für transportable Wasserstoffentwickler bestimmt sind.

Gleichzeitig mit dem Bestreben, die älteren transportablen Wasserstoffentwickler, bei denen Eisen und Schwefelsäure in Anwendung kam, durch komprimierten Wasserstoff zu ersetzen, wurde eine Reihe anderer Methoden vorgeschlagen, die den Zweck verfolgen, daß an Stelle flüssiger Säuren nur feste Materialien zu transportieren sind, und daß deren Gewicht auch ein relativ geringes ist.

Zinkstaub oder Eisen und gelöschter Kalk.

W. Majert und G. Richter (DRP. Nr. 39898 vom 19. Oktober 1886 und Nr. 42488; 1887) benutzen die schon früher bekannte Reaktion der Wasserstoffbildung beim Erhitzen eines Gemisches von Zinkstaub und gelöschtem Kalk,

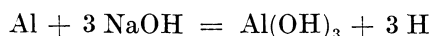


Da dieses Gemisch bei Anwendung von gewöhnlichem gelöschtem Kalk schon in der Kälte langsam Wasserstoff entwickelt, so verwenden sie ein Calciumhydroxyd, welches durch Erwärmen auf 300° von dem nicht chemisch gebundenen Wasser befreit ist. Das Gemenge wird in verlöteten Blechbüchsen aufbewahrt und diese zum Gebrauch in einem fahrbaren Heizapparat erwärmt. Bevor die Wasserstoffentwicklung beginnt, schmilzt das Lot, welches die Entwicklungsöffnung verschließt. Berechnet man theoretisch, wie viel Zink und Kalkhydrat für 100 cbm Wasserstoff nötig sind, so ergeben sich 627 kg. Das Verfahren ist nur versuchsweise benutzt worden.

Jacoby hat in einem Patent (DRP. Nr. 47097 vom 10. Februar 1888) die Anwendung von Eisen statt Zink bei obiger Reaktion vorgeschlagen.

Aluminium und Natronlauge.

Oberstleutnant Moedebeck hat in einem Aufsatz in der Chemiker-Ztg. Bd. 29, S. 54 (1905) mitgeteilt, daß während des russisch-japanischen Krieges das russische Luftschifferbataillon Schwierigkeit beim Transport des komprimierten Wasserstoffs hatte, und daß bei der Anwendung der alten fahrbaren Gasentwickler große Nachteile auftraten. Es wurden deshalb Apparate konstruiert, in denen Aluminiumabfälle mit Natronlauge erhitzt wurden. Für die Verhältnisse in der Mandchurei war diese Methode dem Transport von Wasserstoff in Stahlflaschen vorzuziehen. Ein Haupterfordernis, viel Wasser zum Kühlen, war reichlich vorhanden. Moedebeck beschreibt in seinem Aufsatz ausführlich den angewandten Apparat. Nach folgender Reaktionsgleichung:

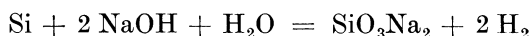


sind für 100 cbm Wasserstoff 81 kg Aluminium und 360 kg Ätznatron erforderlich. In neuerer Zeit scheint diese Methode keine Verwendung gefunden zu haben.

Silicium und Alkalien.

Günstiger in betreff der Menge der zu transportierenden Substanzen und auch des Preises gestaltet sich die Einwirkung der Alkalien auf Silicium. Auf der IIa waren von der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vormals Schuckert & Co. Modelle eines fahrbaren Apparats und einer stationären Anlage, entsprechend dem deutschen Patent Nr. 216768 vom 10. November 1908 des Konsortiums für elektrochemische Industrie in Nürnberg, ausgestellt. Die Beobachtung von Moissan und Siemens (Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 37, 2395), daß Silicium beim Kochen mit Wasser, welches nur Spuren von Alkali enthält, angegriffen wird, suchten die Patentträger technisch zu verwerten. Es zeigte sich, daß bei Anwendung von $\frac{3}{4}$ Molekül Ätznatron für 1 Atom Silicium die Reaktion bald erlahmt. Man kann aber bei diesen relativen Mengen eine stürmische Wasserstoffentwicklung erzielen, wenn die Reaktion bei Gegenwart von Ätzkalk vor sich geht. Werden in einem mit Rührer versehenen Entwickler 2,4 kg Ätznatron und 30 kg Wasser erhitzt und dann durch eine geeignete Beschickungsvorrichtung eine innige Mischung von 2,25 kg Silicium von 95 % und 4 kg gelöschten Kalk allmählich eingetragen, so ist im Verlaufe von einer Stunde nahezu die ganze theoretische Wasserstoffmenge entwickelt. Läßt man unter Einhalten derselben Versuchsbedingungen den Kalk weg, so erhält man nur $\frac{4}{5}$ der Gasmenge.

Man kann annehmen, daß die Reaktion nach der Gleichung

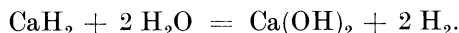


verläuft, und daß dann durch die Einwirkung des kochenden Wassers bei den Versuchen von Moissan und Siemens oder durch die des Calciumhydroxydes das Ätznatron wieder regeneriert wird und von neuem zur Einwirkung gelangt. Theoretisch sind nach obiger Gleichung für 100 cbm Wasserstoff 63 kg Silicium und 180 kg Natriumhydroxyd erforderlich. Praktisch wird in dem Schuckert'schen Entwickler 80 kg käufliches Silicium und 160 kg Ätznatron verwendet. Diese und die folgenden Angaben verdanke ich der Freundlichkeit der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert & Co. Diese Fabrik hat bisher fahrbare Anlagen in zwei Größen erbaut. Die kleine für 60 cbm Wasserstoffentwicklung in der Stunde besteht aus einem Wagen, die andere für 120 cbm aus zwei, einem Generator- und einem Dampferzeugungswagen. Mit einem geübten Personal läßt sich die Produktion aber steigern. Bei Gelegenheit der Landung des Parseval-Ballons in Nürnberg wurde mit einem fahrbaren Entwickler für 120 cbm eine Nachfüllung von etwa 400 cbm in $2\frac{1}{2}$ Stunden erreicht.

Stationäre Anlagen sind bisher für stündliche Leistungen von 300 cbm gebaut worden. Auch diese dürften sich für bestimmte Orte und namentlich für Militärzwecke nützlich erweisen, da die Anschaffungskosten der Anlagen nur gering sind. Fahrbare Anlagen sind schon von der Schuckert'schen Fabrik an die wichtigsten kontinentalen Armeen geliefert worden. Bei den gegenwärtigen Siliciumpreisen stellt sich, ohne Amortisation der Anlage, der Kubikmeter Wasserstoff auf ungefähr 1 M. Es darf jedoch erwartet werden, daß der Siliciumpreis bei großen regelmäßigen Bezügen in Zukunft weiter heruntergeht.

Calciumhydrür.

Diese interessante, durch M o i s s a n 1898 entdeckte Wasserstoffverbindung des Calciums wird durch Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unter starker Wärmeentwicklung zersetzt.



Bei Anwendung größerer Mengen entwickelt sich daher mit dem Wasserstoff reichlich Wasserdampf. Um dies zu verhindern, hat G e o r g e s J a u b e r t in Paris in einem vom 1. Januar 1907 datierten Patent (D.R.P. Nr. 198 303) eine Einrichtung beschrieben, die aus paarweise miteinander verbundenen Gaserzeugern besteht. Das Gemenge von Wasserstoff und Wasserdampf wird aus dem ersten in den zweiten gleichfalls mit Calciumhydrür gefüllten Entwickler geleitet, in welchem der Wasserdampf eine weitere Menge Wasserstoff entwickelt. Es wird so ein ganz trockenes, leicht abkühlbares Gas gewonnen. In der Patentschrift ist die Beschreibung und Abbildung einer fahrbaren Einrichtung enthalten.

Die Calciumhydrür-Methode hat den Vorteil vor den anderen, daß kein Erwärmen des Entwicklers nötig ist, und da nur Wasser zur Wasserstoffentwicklung gebraucht wird, so ist auch die Menge des zu transportierenden Materials bei keinem anderen Verfahren so klein. Für 100 cbm Wasserstoff sind 95 kg Calciumhydrür von 100 % und 113 kg von 84 % CaH_2 nötig; letzteres entspricht dem Gehalt, welcher in dem Patent der Elektrochemischen Werke in Bitterfeld, Verfahren zur Darstellung von Calciumhydrür, angegeben ist. Für die Füllung größerer Ballons ist das Calciumhydrür aber noch zu teuer.

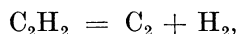
Dagegen hat sich der von Professor N a ß gemachte Vorschlag, für Pilotballons den Wasserstoff aus Calciumhydrür zu entwickeln, durchaus bewährt. Man kann dazu einen einfachen Apparat benutzen, wie ihn die Firma J u l. P i n t s c h in Berlin zur Erzeugung von Acetylen liefert. Derselbe besteht aus einem mit Wasser gefüllten Metallgefäß, welches mit einem langen, unten angebrachten seitlichen Rohr versehen ist, durch welches man Stücke von Calciumhydrür hineinfallen läßt. Damit in dem Rohr die Wasserstoffentwicklung noch nicht eintritt, hat N a ß vorge schlagen, das Hydrür mit Petroleum zu benetzen oder in Petroleum aufzubewahren. Je nach der Zeit, welche es unter Petroleum gelegen hat, beginnt die Wasserstoffentwicklung nach einigen Sekunden oder nach 15—30 Minuten.

In dem Werk von A. H i l d e b r a n d t: Die Luftschiffahrt, 2. Aufl., S. 311 ist dieser Apparat und seine Anwendung zum Füllen eines Pilotballons auf einem Schiff abgebildet.

Eine allgemeinere Benutzung des Calciumhydrürs würde aber nur dann eintreten können, wenn es der Industrie gelingt, es billiger wie bisher zu liefern. Herr Dr. E r i c h B e c k aus Völklingen a. d. Saar hat der Jury für Ballongasgewinnung unter Hinweis auf das Patent von B o r c h e r s und B e c k, Verfahren zur Darstellung von Hydriden aus Metallsalzen mit Hilfe von Wasserstoff, mitgeteilt, daß er mit der Ausarbeitung der Methode, Calciumhydrür darzustellen, beschäftigt sei, und daß dieses sich billiger wie bisher werden darstellen lassen.

6. Wasserstoff aus Acetylen.

Eine neue Quelle für Wasserstoff hat die Rußindustrie eröffnet, indem sie das Acetylen als Ausgangsmaterial für die Gewinnung von fein verteiltem Kohlenstoff anwandte. Ausgehend von den Versuchen von Berthelot und Vieille aus dem Jahre 1881 über Explosion von Acetylen welches mit anderen Gasen gemischt ist, hat Fausto Morani zehn Jahre später (D.R.P. Nr. 141 884; 1901) versucht, jene wissenschaftlichen Resultate technisch zu verwerten und durch Zersetzung des Acetylens in Kohlenstoff und Wasserstoff



einen Ruß von wertvollen Eigenschaften zu erhalten. In einen zur Explosion geeigneten Apparat, der mit Luft gefüllt ist, wird nach Morani Acetylen eingepreßt, bis ein Druck von 5 Atmosphären erreicht ist. Das aus 4 Volumen Acetylen und einem Volum Luft bestehende Gemisch wird direkt oder unter Zusatz eines exothermischen Gases wie Methan oder Leuchtgas zur Explosion gebracht. Während der Zersetzung steigt nach dem Patent der Druck in dem Apparate bis auf 15 Atmosphären. Von einer Verwertung des Wasserstoffs ist keine Angabe in der Patentbeschreibung vorhanden.

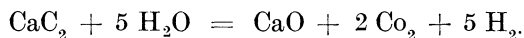
Josef Machtole hat dann eine Reihe von Patenten genommen, welche eine Vorrichtung zur Herstellung von Ruß aus Kohlenwasserstoffen durch Spaltung mittels des elektrischen Funkens oder durch Knallquecksilber betrifft, D.R.P. Nr. 194301 und 194939 vom 14. März 1905 und Nr. 212345 vom 14. Juni 1908. Es werden in dem Spaltapparat Ölgas oder Materialien wie Petroleum, Gasöl, Benzol usw., die durch Zersetzung Ölgas geben, verwandt und mit oder ohne Acetylenzusatz zur Explosion gebracht. In dem letzten Patent ist die Angabe vorhanden, daß der Wasserstoff nach jeder Explosion zwecks weiterer Verwendung abgeleitet werden kann. Diese Idee ist nun in einer Versuchseinrichtung in Böblingen weiter ausgearbeitet worden, und zwar speziell auf Spaltung des Acetylens unter einem Druck von 5 Atmosphären. Es steigt dann während der Explosion der Druck bis auf 50 Atmosphären. Um den so erhaltenen Wasserstoff zu verwerten, hat die Gesellschaft Carbonium in Offenbach a. Main, in deren Besitz sich die obigen Patente befinden, eine große Anlage in Friedrichshafen in unmittelbarer Nähe der Werft der Zeppelin-Gesellschaft für Luftschiffahrt errichtet und mit derselben ein Abkommen auf eine jährliche Lieferung von 200 000 cbm Ballongas von 98 % Wasserstoff getroffen. Die Ausführung dieses Verfahrens in so großem Maßstab soll aber noch mit Schwierigkeiten verbunden sein.

Während die Parseval-Gesellschaft ihre Ballonhalle auf dem Terrain der Fabrik Griesheim-Elektron in Bitterfeld, welche schon seit Jahren reichlich Wasserstoff als Nebenprodukt gewinnt, gebaut hat, ist hier der umgekehrte Fall eingetreten. Die Rußfabrik hat ihre Anlage da errichtet, wo zur Ballonfüllung große Mengen Wasserstoff verbraucht werden.

7. Einwirkung von Wasserdampf auf Calciumkarbür.

Das Calciumkarbür, welches von Frank & Caro zur vollständigen Reinigung des Wasserstoffs benutzt wird und bei dem Verfahren der Gesellschaft Carbonium zur Gewinnung des Acetylens nötig ist, kann nach einer von der Aktien-Gesellschaft Siemens und Halske am 28. Dez. 1808 eingereichten Patentanmeldung direkt benutzt werden, um aus Wasserdampf den Wasserstoff in Freiheit zu setzen. D. R. P. Nr. 220 539.

Wöhler hatte 1862 gefunden, daß das von ihm entdeckte Calciumkarbid beim Behandeln mit Wasser Acetylen entwickelt, und Moissan hatte 1894 beobachtet, daß es mit Wasserdampf bei Dunkelrotglut Kohle, kohlen sauren Kalk, Wasserstoff und Acetylen liefert. Der Patentanspruch der genannten Fabrik betrifft ein „Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff durch Einwirkung von Wasserdampf auf Calciumkarbid bei erhöhter Temperatur, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur so weit gesteigert wird, daß eine wesentliche Bildung von Kohlenwasserstoffen neben dem Wasserstoff nicht mehr stattfindet“. Es soll dies bei Rotglut der Fall sein und sich die Reaktion wesentlich nach folgender Gleichung vollziehen:



Die Kohlensäure wird in bekannter Weise durch Kalk beseitigt. Wenn es im Großen gelingt, diese Reaktion so durchzuführen, dass der Wasserstoff für Ballonfüllung genügend rein wird, und die Ausbeute ergiebig ist, so wird dieses Verfahren wohl erfolgreich mit den anderen technischen Methoden der Wasserstoffgewinnung in Wettbewerb treten. Nach obiger Gleichung sind für 100 cbm Wasserstoff nur 57,6 kg CaC_2 erforderlich.

8. Überführung des Leuchtgases in ein spezifisch leichteres Ballongas.

Gelegentlich des Wettbewerbs auf der Ila und dann in München auf der Jahresversammlung des deutschen Museums am 29. September 1909 (Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 52, 883) hat Generaldirektor Dr. von Oechelhäuser über Versuche berichtet, die er unter dem Eindruck der Ila vor kurzem in der Deutschen Kontinental-Gas-Gesellschaft in Dessau veranstaltet hat, um aus Leuchtgas ein zur Ballonfüllung geeigneteres Gas von geringerem spezifischen Gewicht, welches er als Leichtgas bezeichnet, darzustellen. Ausgehend von der bekannten Tatsache, daß die Kohlenwasserstoffe im gewöhnlichen Leuchtgas durch hohe Hitzegrade in Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt werden, ist es ihm nach Überwinden praktischer Schwierigkeiten gelungen, aus einem Leuchtgas von 0,41 spez. Gewicht ein Ballongas von 0,225 darzustellen, welches weder Benzol noch andere schwere Kohlenwasserstoffe oder die Ballonhülle angreifende Schwefelverbindungen enthält. Der Wasserstoffgehalt beträgt 80 %, neben 5—7 % Methan, welches am schwierigsten zu zersetzen ist. Das spezifische Gewicht entspricht einem Auftrieb von 1000, so daß ein Ballon von 1000 cbm, der mit diesem Leichtgas gefüllt ist, eine Last von 220—240 kg mehr in die Höhe tragen kann, als wenn Leuchtgas

von 0,41 spez. Gewicht verwandt wird. Dieses neue Ballongas kann nun überall, wo Steinkohlengasfabriken existieren, also an ungefähr 1700 Stellen in Deutschland, leicht dargestellt werden und dürfte daher an Orten, an welchen Wasserstoff nicht oder nur zu hohem Preis zu haben ist, für die Luftschiffahrt willkommen sein. Zur Zerlegung der Kohlenwasserstoffe im Leuchtgas wurden in Dessau mit Koks gefüllte und stark erhitzte Vertikalöfen benutzt, doch können nach neueren Versuchen, wie Herr Generaldirektor von Oechelhäuser mir freundlichst mitgeteilt hat, mit ebenso gutem Erfolg auch horizontale Retorten angewandt werden. Derselbe ist noch mit der weiteren Ausarbeitung des Verfahrens beschäftigt und wird in einiger Zeit selbst darüber berichten, damit die Luftschiffahrt auch von seiten der Gasindustrie nach Möglichkeit gefördert werde.

Herr Ingenieur Rincker, Direktor der Holländische Residugas-Maatschappij, hat der Jury Mitteilung darüber gemacht, daß in der Gasanstalt zu Utrecht ein Ballongas entsprechend dem Verfahren von Rincker und Wolter für Ölgas, D.R.P. Nr. 174 253 (1906) und Nr. 210 431 (1908), dargestellt wird. In einem Schachtofen wird abwechselnd eine Koksschicht durch Einblasen von Luft am unteren Ende hochglühend gemacht und dann schwere Kohlenwasserstoffe wie Petroleumrückstände, Gasöle usw. von oben in zerstäubtem Zustand zugetropft. Dieselben werden in permanente schwere Kohlenwasserstoffe übergeführt, welche in den untersten und heißesten Schichten des Ofens je nach dem Gang des Verfahrens mehr oder weniger in Wasserstoff und in Kohlenstoff, der sich als Ruß auf dem Koks niederschlägt und beim nachherigen Einblasen von Luft wieder verbrennt, sich spalten. Die entstandenen Gase werden unten abgezogen. Je nach der Menge der zugeführten Öle können Leuchtgase oder wasserstoffreiche, leichte Gase dargestellt werden. Nach der Mitteilung von Herrn Rincker ist es durch weitgehende Zersetzung der Kohlenwasserstoffe gelungen, ein Gas vom spez. Gewicht 0,13 zu gewinnen. Dasselbe entspricht daher einem Gemenge von 95 Volum Wasserstoff und 5 Volum Stickstoff oder Kohlenoxyd und einem theoretischen Auftrieb von 1145. Seit März 1909 ist in der städtischen Gasanstalt in Utrecht eine Rincker-Wolter'sche Anlage im Betrieb, welche sowohl Leuchtgas wie das neue Ballongas liefern kann. Mit dem letzteren sind schon mehrere Ballonfahrten ausgeführt worden. In Rotterdam ist eine große Anlage im Bau und in Hohenneuendorf bei Berlin eine kleine, von der Berlin-Anhaltischen Maschinen-Bauanstalt errichtete Versuchsanlage im Betrieb.

Zum Vergleich der für Ballonfüllung besprochenen Gase sind in der folgenden Tabelle die Gewichte von einem Liter Luft, Wasserstoff, Leichtgas und Leuchtgas für 0° und 760 mm Barometerstand sowie des sich daraus ergebenden Auftriebs angegeben, der bei Verträgen und bei der Beurteilung der Gase allgemein auf diese Normalzahlen für Temperatur und Druck bezogen wird, und der sich ergibt, wenn man die in der ersten Vertikalkolonne enthaltenen Gewichte der Ballongase von dem Gewicht der Luft abzieht und mit 1000 multipliziert, also auf einen Kubikmeter berechnet. Für den nicht 100 proz. Wasserstoff wurde die fehlende Gasmenge als Stickstoff in Rechnung gezogen, was genau mit Kohlenoxyd übereinstimmt und auch bei den wenig Prozenten nicht wesentlich von den der Luft entsprechenden abweicht.

Alle Ziffern beziehen sich auf trockene Gase. Um zu zeigen, in welcher Weise der Auftrieb bei etwas höherer Temperatur abnimmt, sind die Litergewichte und der Auftrieb für die Temperatur für 20° und 760 mm Druck hinzugefügt; dieselben entsprechen der Annahme, daß sowohl die Gase im Ballon wie die umgebende Luft gleich warm sind. Aus der 5. und 6. Kolonne geht der Einfluß niederen Barometerstandes hervor. Es wurde 715 mm. der mittlere Luftdruck von München, der Rechnung zugrunde gelegt.

	Gewicht von 1 l bei 0° und 760 mm	Auftrieb 0° und 760 mm	Gewicht von 1 l bei 20° und 760 mm	Auftrieb 20° und 760 mm	Auftrieb 0° und 715 mm	Auftrieb 20° und 715 mm
Luft	1,2926 g	—	1,2042 g	—	—	—
Wasserstoff 100 Proz.	0,0899 „	1203	0,0836 „	1120	1131	1054
„ 98,5 „	0,1073 „	1185	0,0987 „	1105	1115	1040
„ 95 „	0,1478 „	1145	0,1377 „	1066	1077	1006
Leichtgas 0,225 sp. G.	0,2895 „	1002	0,2697 „	934	944	879
Leuchtgas 0,41 „	0,5300 „	762	0,4938 „	710	717	669

Die für den Auftrieb gegebenen Zahlen entsprechen in Gramm einem Kubikmeter Gas oder in Kilo einem Ballon von 1000 cbm Inhalt.

b) Die Konstruktion von Luftschiffhallen.

Bericht, erstattet von dem

Geheimen Baurat Dr. Ing. **Th. Landsberg**-Berlin-Wilmersdorf,
ehedem ordentl. Professor der Bau- und Ingenieurwissenschaften a. d. Techn.
Hochschule zu Darmstadt.

Preisrichter:

Generalleutnant von **Nieber**-Mannheim, Vorsitzender; Oberingenieur **Dürr**-Friedrichshafen; Geh. Baurat Professor Dr. Ing. **Landsberg**-Berlin-Wilmersdorf; Geh. Regierungsrat Professor Dr. Ing. **Müller**-Breslau, Charlottenburg; Stadtrat **Schumann**-Frankfurt a. M.; Oberleutnant **Stelling**-Bitterfeld; Dr. Ing. **Völker**-Mannheim; Hauptmann **dele Roi**-Berlin.

Preise:

1. Preis für Hallen mit beliebiger Einfahrtsrichtung: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg.

2. Preis für Hallen mit beliebiger Einfahrtsrichtung: Ernst Meier, Ingenieurbureau, Berlin W 30.

1. Preis für kleinere Hallen: Gesellschaft Stephansdach m. b. H., Düsseldorf.
 2. Preis für kleinere Hallen: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg.
- Preis für Modell: August Klönne, Dortmund.

Einleitung.

Gesicherte Luftschiffahrt ist nur möglich, wenn Vorkehrungen getroffen sind für geschützte Aufstellung der Luftfahrzeuge, für gefahrlose Ab- und Einfahrt, für die Vornahme der notwendigen Unterhaltungs- und Ausbesserungsarbeiten an den Luftschiffen. Den angegebenen Zwecken sollen die Luftschiffhallen dienen: sie vertreten die Stelle, welche die Bahnhöfe nebst Lokomotivschuppen und Reparaturwerkstätten bei den Eisenbahnen, die Häfen bei der Schifffahrt auf dem Wasser einnehmen. Demnach nennt man die bei der Luftschiffahrt in Betracht kommenden Vorkehrungen auch wohl Luftschiffhäfen oder Luftschiffbahnhöfe. Ohne Luftschiffhallen — keine Luftschiffahrt. Die letzten Jahre mit den Unfällen bei Echternach, Zahna, Oppenheim, Limburg usw. haben die Richtigkeit dieses Satzes erwiesen. Mit Fug und Recht geht deshalb das Bestreben der maßgebenden Kreise dahin, Deutschland mit einem Netz von Luftschiffhallen an geeigneten, nicht zu weit voneinander entfernten Orten zu überziehen. Soll aber diese Aufgabe erfüllbar sein, ohne daß übergroße Kosten erwachsen und übergroße Summen durch fehlgeschlagene Versuche aufgebraucht werden, so muß man bei der Herstellung mit größter Überlegung vorgehen und möglichste Sparsamkeit walten lassen. Das **N o t w e n d i g e** muß geleistet werden, das nur **W ü n s c h e n s w e r t e** vorläufig noch zurückgestellt werden. So war es ein richtiger Gedanke des Vorstandes der Internationalen Luftschiffahrts-Ausstellung in Frankfurt a. M. 1909, auch dieses wichtige Gebiet ins Auge zu fassen und für die besten Lösungen der in Betracht kommenden Aufgaben Preise auszusetzen. Im ganzen war die Summe von 6500 M. zur Prämiiierung der besten auf der Ila ausgestellten Entwürfe für die Konstruktion von Ballonhallen ausgeworfen. Es waren drei verschiedene Gruppen gebildet; in jeder Gruppe sollte für den besten Entwurf ein Preis von 2000 M. gewährt werden, außerdem war dem besten der ausgestellten Modelle ein Preis von 500 M. versprochen. Das Preisgericht hatte nach dem Ausschreiben die Ermächtigung, wenn in einer der drei Gruppen kein preiswerter Entwurf eingelaufen wäre, den dadurch frei werdenden Betrag nach bestem Ermessen an die Bewerber zu verteilen.

Die drei Gruppen waren:

A. Ballonhallen zur Aufnahme größter Luftschiffe in der Bauart „Zeppelin“, derart konstruiert, daß die Ein- und Ausfahrt in jeder Himmelsrichtung erfolgen kann.

B. Ballonhallen kleinerer Abmessungen, die ohne Rücksicht auf die Einfahrtrichtung mit möglichst geringem Kostenaufwand errichtet werden können.

C. Bahntransportfähige Ballonhallen, die an beliebiger Stelle in möglichst kurzer Zeit auf- und abgebaut werden können.

Besonderer Wert sollte auf eine zweckmäßige Konstruktion der Tore gelegt werden.

Dem Verfasser ist der Auftrag geworden, über diesen Wettbewerb in der Denkschrift der Ila zu berichten.

Um für die Besprechung und die Begutachtung sichere Unterlagen zu haben, soll zunächst untersucht werden, welche Anforderungen an die Hallen gestellt werden müssen. Man wird dabei solche Anforderungen unterscheiden, welche bei den Hallen aller Gruppen gestellt werden müssen, und solche Anforderungen, welche nur für die eine oder andere Gruppe Bedeutung haben.

Die Hallen der Gruppen A und B unterscheiden sich in ihrer ganzen Bestimmung so wesentlich von den Hallen der Gruppe C, daß es als angemessen erscheint, diese beiden Gruppen A und B in den an sie zu stellenden Anforderungen besonders zu behandeln.

Bedingungen, denen alle endgültigen Hallen genügen müssen.

Folgende Bedingungen kommen in Frage:

- Die Sicherheit gegen Umsturz durch die wirkenden äußeren Kräfte, insbesondere den Winddruck.
- Die Sicherheit gegen Feuergefahr.
- Gesicherte Ein- und Ausfahrt der Luftschiffe.
- Sichere Unterbringung der Luftschiffe in der Halle.
- Genügend große Abmessungen der Halle.
- Gute Beleuchtung und Lüftung des Innenraumes der Halle.
- Möglichkeit der Vornahme von Ausbesserungs- und sonst erforderlichen Arbeiten an den Luftschiffen.
- Möglichste Milderung der außen auftretenden großen Wärmeschwankungen für den Innenraum der Halle.
- Rasche Freigabe des für Ein- bzw. Ausfahrt erforderlichen lichten Torquerschnitts.
- Gute und sicher wirkende Torkonstruktion.
- Möglichst geringe Herstellungskosten, demnach geringe erforderliche Grundfläche.
- Gute Raumausnutzung im Innern, um an umbautem Volumen und demnach an Kosten zu sparen.
- Möglichkeit der Erweiterung bzw. Vergrößerung der Luftschiffhalle bei eintretendem Bedarf.

Die Hallen der Gruppe A.

(Ballonhallen zur Aufnahme größter Luftschiffe in der Bauart „Zeppelin“, derart konstruiert, daß die Ein- und Ausfahrt in jeder Himmelsrichtung erfolgen kann.)

Die Größe der Luftschiffe, welche in den Hallen dieser Gruppe Unterkunft finden sollen, wurde in den Entwürfen zu etwa 170 m Länge, 15 m Durchmesser und 18 m größter Breite angenommen. In dem Ausschreiben der Ila waren genaue Maße nicht vorgeschrieben; ebensowenig waren über die Größen der anzu-

nehmenden Windbelastungen und dergl. Vorschriften gemacht, so daß den Wettbewerbern eine gewisse Freiheit in den Annahmen gelassen war.

Die Ein- und Ausfahrt sollte bei dieser Gruppe nach dem Programm in jeder Himmelsrichtung erfolgen können.

Für die Lösung dieser Aufgabe wurden von den Preisbewerbern im ganzen 10 Entwürfe eingereicht, welche der Hauptsache nach in drei Unterabteilungen eingereicht werden können: in

a) Feste Hallen über kreisförmiger oder vieleckiger Grundfläche, bei denen die Einfahrt von der Umfangsfläche aus durch Öffnungen erfolgt, die mit Toren verschließbar sind.

Sechs Entwürfe.

b) Feststehende Hallen mit innen liegendem Luftschiffhafen, den sie umschließen.

Zwei Entwürfe.

c) Bewegliche (drehbare) Hallen.

Zwei Entwürfe.

a) Feste Hallen über kreisförmiger oder vieleckiger Grundfläche.

Allgemeines. Der für die Luftschiffe anzunehmenden Länge von 170 m und größter Breite von 18 m entspricht ein Durchmesser des festen Rundbaues von abgerundet 180 m, eine freie Einfahrt Höhe von 20 m und eine ebensolche Einfahrtbreite von 20 m. Da die Halle feststeht, so ist die von allen Seiten aus erforderliche Einfahrt nur möglich, wenn ringsherum Tore angeordnet werden. Dann muß für den Betrieb eine kreisförmige Grundfläche freigehalten, also erworben werden, deren Durchmesser D sich aus dem Durchmesser der Halle, zusätzlich doppelter Luftschiff Länge ergibt, überschläglich zu $D = 180 \text{ m} + 2 \text{ mal } 170 \text{ m} = 520 \text{ m}$.

Die zu erwerbende Grundfläche hat also $\frac{520^2 \cdot \pi}{4} = 212\,372 \text{ qm}$ oder etwa 21,24 ha Größe. Diese sehr große Fläche bedingt besonders in der Nähe großer Städte außerordentlich große Kosten, so daß die unter b und c vorgeschlagenen Lösungen erklärlich sind, welche geringere Grundflächen verlangen.

Zu dem Nachteil hoher Kosten dieser Rundhallen tritt ein weiterer, die geringe Ausnutzungsmöglichkeit. In einer Rundhalle können gleichzeitig höchstens zwei größte Luftschiffe und zwei kleinere von etwa 135 m Länge und 16 m größter Breite untergebracht werden.

Schon bei Besetzung der Halle mit zwei Luftschiffen ist das Einfahren nicht leicht; die bereits in der Halle liegenden Schiffe werden meistens, um die Einfahrt zu ermöglichen, in eine neue Lage gebracht werden müssen. Und selbst wenn möglichst viele Luftschiffe in der Halle liegen, ist nur etwa zwei Drittel der Grundfläche ausgenutzt. Endlich muß darauf hingewiesen werden, daß die Grundrißform eine Erweiterung nahezu unmöglich macht; bei größerem Bedarf bleibt kaum etwas anderes übrig als der Bau einer weiteren Halle in wenigstens 400 bis 500 m Abstand von der älteren Halle.

Trotz dieser Nachteile erfreut sich die feste Halle über kreisförmiger oder viel-

eckiger Grundfläche z. Z. großer Beliebtheit, wie aus der verhältnismäßig großen Zahl der eingereichten Entwürfe hervorgeht.

Die K o n s t r u k t i o n dieser großen Rundhallen macht einige, wenn auch nicht unüberwindliche Schwierigkeiten: die Abmessungen übertreffen die für solche Bauten zurzeit üblichen Maße bedeutend, die sehr großen Tore und ihre Bewegungsvorkehrungen müssen sorgfältigst entworfen und mit peinlicher Genauigkeit ausgeführt werden. — Die Konstruktion muß vor allem den großen Winddruck ertragen können. Der Winddruck auf die Dachfläche kann leicht verhältnismäßig gering gemacht werden, da man die Dachneigung flach halten kann; dagegen ist der Winddruck gegen die lotrechte Zylinderfläche des Rundbaues wegen der großen Höhe, absolut genommen, sehr groß, da die Höhe annähernd 25 m betragen muß. Eine bedeutende Rolle spielt die Schneebelastung, da die Dachfläche wenig geneigt ist; auch das Eigengewicht ist groß. Man verringert letzteres durch Verwendung leichten Dachdeckungsmaterials und, indem man die Pfetten, wenn möglich, als Auslegerträger (Gerberträger) konstruiert. Eine weitere Verringerung des Eigengewichts und demnach der Kosten haben die Bewerber mit Erfolg zu erreichen gesucht durch Anordnung eines in der Mitte des Bauwerkes stehenden Pfeilers; die Dachbinder haben dann je ein Auflager in der umlaufenden Mantelfläche des Zylinders, ein zweites auf dem Mittelpfeiler. Daß der Mittelpfeiler selbst bei angemessener Ausbildung störend im Betriebe ist, leuchtet ein; es wird deshalb seitens der Industrie der Frage näher zu treten sein, ob nicht der große Raum durch ein Kuppeldach, etwa Schwedler'scher Konstruktion, ohne mittleren Pfeiler überspannt werden kann. Möglich ist solches Dach, es ist nur zu befürchten, daß seine Kosten zu groß werden. Darüber müßten durchgearbeitete Entwürfe Aufschluß geben. — Eine wichtige Konstruktionsfrage ist auch, wie man die Dachkonstruktion des mit einem Mittelpfeiler versehenen Gebäudes ausbildet, ob als Z e l t d a c h, dessen höchster Punkt über dem Mittelpfeiler, also über dem Mittelpunkt der Grundfläche liegt, oder als T r i c h t e r d a c h mit einem herumlaufenden First zwischen den Binderauflagern in der Mantelfläche des Zylinders und den Auflagern über dem Mittelpfeiler (Fig. 10 und 13). Das Zeltdach entwässert nur nach außen, das Trichterdach nach außen und nach innen. Bei dem letzteren bildet sich also über dem Gebäude-Innern ein Schneesack und eine Sammelstelle für große Wassermassen. Man muß diesen Mißlichkeiten dadurch entgegenarbeiten, daß man für einen großen Ablaufquerschnitt des Wassers von der Hallenmitte aus Sorge trägt — natürlich kann diese Wasserableitung nur unterirdisch vorgenommen werden.

Die große Anzahl von Toren mit sehr großen Abmessungen bildet eine weitere Schwierigkeit der festen Rundhallen. Die offenstehenden Tore müssen imstande sein, den unter Umständen sehr großen Winddruck zu ertragen; die Tore müssen auch bei starkem Winde geöffnet und geschlossen werden können. Ihre Bewegung erfolgt zweckmäßig durch elektrischen oder anderen maschinellen Antrieb. Für den Fall der Not muß auch Handbetrieb vorgesehen werden. Die Frage der zweckmäßigsten Bewegung der Tore ist sehr wichtig: ob Drehtore oder Schiebetore oder andere Anordnung zu wählen ist. Auch davon hängt die Grundrißgestaltung ab.

Die Wettbewerb-Entwürfe der festen Hallen.

Die eingereichten sechs Entwürfe hatten die nachstehenden Verfasser:

1. Augsburg-Nürnberg, Maschinenfabrik (M. A. N.)
 Filiale Gustavsburg.
2. J. Hilgers, A.-G. Rheinbrohl.
3. Maier, Radolfzell.
4. Meier, E., Berlin.
5. Müller, Artur, Berlin.
6. Theodorsen, Breslau.

Der unter 1 angeführte Entwurf der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg erhielt den ersten Preis, ein zweiter Preis konnte dem Entwurf von E. Meier, Berlin, zuerkannt werden, da in der Gruppe C kein Preis erteilt wurde und dadurch ein weiterer Preis frei wurde.

1. Entwurf der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Augsburg-Nürnberg, Filiale Gustavsburg. Fig. 9 bis 13. (Erster Preis.)

Der Entwurf ist in den Figuren 9 bis 13 dargestellt. Grundriß (Fig. 12) und Draufsicht (Fig. 11) sind im Maßstab 1 : 2500 n. G. gezeichnet, der Querschnitt der Halle (Fig. 10) im Maßstab 1 : 1000.

Die überdeckte Kreisfläche hat einen Durchmesser von 185 m; die Umfangsfläche weist 24 Pfeiler auf, zwischen diesen 24 Felder. In jedem Viertel der Grundfläche sind zwei festgeschlossene und vier mit Schiebetoren versehene Felder. Die Torfelder liegen paarweise nebeneinander und paarweise einander gegenüber, so daß man das Luftschiff in 16 Richtungen in die Halle hinein bzw. aus der Halle herausbefördern kann. Die Umfangswand hat eine Höhe von 20 m, ebenso hoch sind die Schiebetore, deren Breite 20 m beträgt.

Die Dachkonstruktion weist ein Trichterdach auf; die 24 Binder ruhen einerseits auf den in der äußeren Mantelfläche angeordneten Pfeilern, deren Abstand von M. z. M. 24,216 m beträgt, andererseits auf dem gemeinsamen Mittelpfeiler. Die Grundform der von den Nachbar-Bindern und dem Mantel gebildeten Fläche ist also ein Dreieck. — Die Binderkonstruktion ist eigenartig und neu: die Hauptbinder sind für die Auflagerkräfte statisch bestimmte Sprengwerkträger. Das ist erreicht durch Anordnung eines Gelenkes in dem Umfangspfeiler und dadurch, daß die Richtung des Auflagerdruckes am Mittelpfeiler durch einen geneigt liegenden Auflagerstab (eine Pendelstütze) vorgeschrieben ist. In Fig. 10 sind die Gelenke der Umfangspfeiler durch die Buchstaben G, die Auflagerstäbe durch die Buchstaben CD bezeichnet. Eine in beliebiger Richtung wirkende Kraft K ruft einen Gegendruck am Mittelpfeiler hervor, dessen Richtung CD ist; der Schnittpunkt der Linie CD mit der Krafrichtung K ist mit dem Gelenkpunkt G zu verbinden, um die Richtung der Gelenkkraft zu finden. Damit sind aber auch die Größen der beiden Auflagerkräfte (richtiger gesagt der beiden Kämpferkräfte) gefunden. Die großen Angriffsmomente und die verhältnismäßig geringe Berechnungshöhe der Binder führte zu der Anordnung eines Zugbandes LD, welches den außen liegenden Binderteil mit dem Kopf der über dem Mittelpfeiler angeordneten

Fig. 9. Außenansicht der Rundhalle.
Gruppe I, 1. Preis. Verfasser: Brückenbauanstalt Gustavsburg.

Pendelstütze (im Punkte D) verbindet. Dadurch wird die Binderkonstruktion für die inneren Kräfte (die Stabspannungen) statisch unbestimmt mit einer Über-

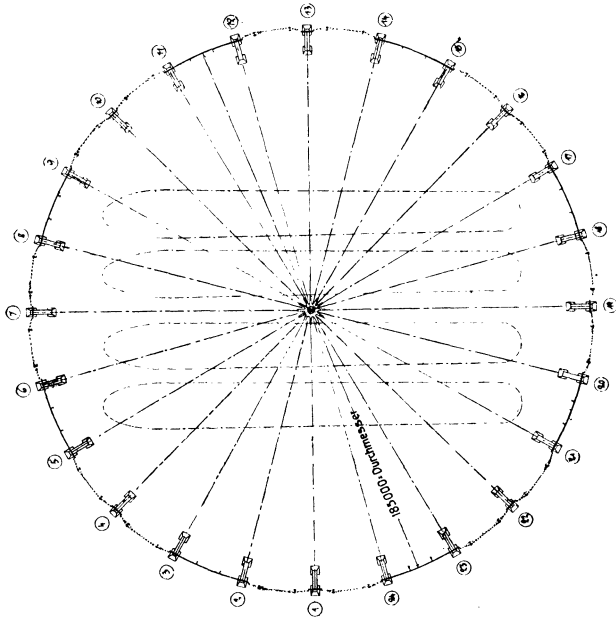


Fig. 12. Grundriß.

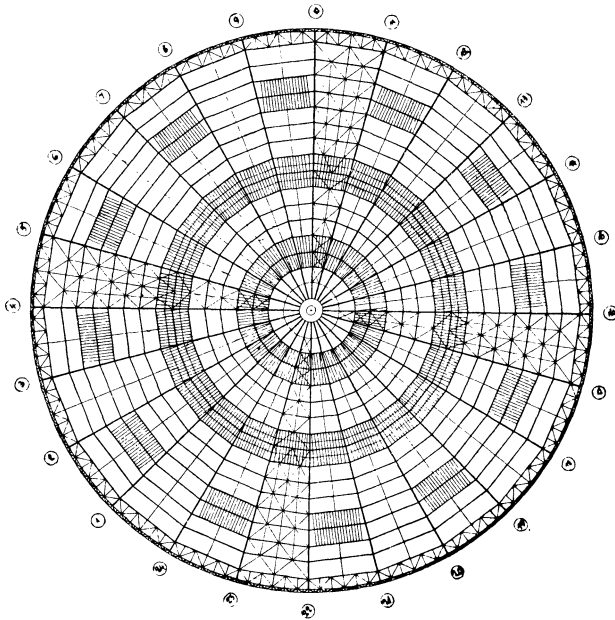


Fig. 11. Draufsicht.

Gruppe I. 1. Preis. Verfasser: Brückenbauanstalt Gustavsburg.

zähligen, der Spannung des Zugbandes. — Das Auflagergelenk G am Umfangspfeiler liegt 11 m hoch über dem Fußboden, der untere Pfeilerteil ist zur Aufnahme der hierdurch bedingten Momente genügend stark konstruiert. — Die Binder haben, abgesehen von dem Zugband, eine Ober- und eine Untergurtung, deren Abstand sich von der Außenfläche, der Mantelfläche, aus nach dem Pendelstützenauflager stetig vermindert. Die Verbindungsstäbe der Gurtungen sind lotrechte Pfosten und Schrägstäbe. — Die Mittelstütze, welche sowohl die Auflager für alle 24 Binder aufnimmt als auch den Ablauf des im Trichter sich ansammelnden Wassers ermöglichen muß, ist als starker Röhrenpfeiler konstruiert. Der Durchmesser des hohlen Zylinders ist 3 m groß, im oberen 4 m hohen Teile erweitert er sich nach den Fußpunkten der Binder-Pendelstützen, so daß

die Abfallrohre und Rinnen dort bequem angebracht werden können; im unteren, 7 m vom Fußboden hohen Teile sind ringsherum Fußstreben vorgesehen (Fig. 10).

Eigengewicht und volle Schneelast haben trotz der schief liegenden Auflagerkräfte der einzelnen Pendelstützen doch nur Belastung des Pfeilers durch eine lotrechte Mittelkraft zur Folge, erhöhen also die Standsicherheit. Windbelastung und einseitige Schneelast erzeugen dagegen schief auf den Pfeiler wirkende Resultierende. — Die Oberlichter sind zum Teil unmittelbar in die steiler geneigten Dachflächen gelegt, sehr reichlich bemessen und so verteilt, daß der Innenraum möglichst gleichmäßig erhellt wird.

Die Tore sind als Schiebetore entworfen; es mußte also neben jedem Torfeld ein festgeschlossenes Feld vorgesehen werden, vor welches das Nachbartor beim Öffnen geschoben wird. Vor jedes der festgeschlossenen Felder kann sowohl das rechts wie das links liegende Tor geschoben werden; da jeweils nur ein Torfeld geöffnet zu werden braucht, so ist diese Anordnung zulässig. Sie ermöglicht bei 24 Feldern die Anlage von 16 Torfeldern, d. h. ebensoviel Einfahrtsmöglichkeiten. — Die Schiebetore schließen sich im Grundriß der Umfangsline der Grund-Kreisfläche an; die Tragkonstruktion des Tores ist aus zwei lotrechten Haupttragpfosten (11,6 m Abstand voneinander) mit überragenden Riegeln gebildet; in der Mitte des Tores ist ein Hilfspfosten. Oben und unten sind zwischen die beiden obersten

Fig. 13. Innenansicht.
Gruppe I. I. Preis. Verfasser: Brückenbauanstalt Gustavsburg.

bzw. untersten Riegel Schrägstäbe eingezogen, so daß an diesen Stellen tragfähige Fachwerksträger gebildet sind. Jedes Schiebetor läuft auf zwei Doppelrollen, die unter den Hauptpfosten liegen; oben sind an diesen Hauptpfosten Führungsrollen angeordnet, die zwischen [-Eisen laufen. Der Antrieb greift unten in der Tormitte an. Bekleidet sind die Tore mit Holz, was mit Rücksicht auf Wärmehaltung und mindestens gleiche Dauerhaftigkeit nach Ansicht des Konstrukteurs zweckmäßiger ist als Wellblech. Da auch die Dachschalung aus Holz besteht, sei kein zwingender Grund, bei den Toren von Holzverkleidung abzusehen. Die architektonische Wirkung des Bauwerks, sowohl der Außenansicht wie besonders die Raumwirkung des Innern, muß bei aller Einfachheit als sehr gelungen bezeichnet werden. Die von der Brückenbauanstalt Gustavsborg gegebene eingehende und gründliche statische Berechnung leistete für die Zuverlässigkeit der gemachten Angaben volle Gewähr.

2. Entwurf von Ernst Meier, Berlin. (Zweiter Preis.)

Die Figuren 14 und 15 zeigen Querschnitt und Ansicht sowie Grundriß und Draufsicht des Entwurfs; sie sind nach den Figuren in dem Aufsatz der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Jahrgang 1909, Nr. 40 hergestellt.

In einen Kreis von 180 m Durchmesser ist ein regelmäßiges Vierundzwanzigeck eingeschrieben. Dieses bildet den Grundriß der Mantelfläche der Halle. Auch dieser Rundbau hat einen Mittelpfeiler, welcher den radialen Dachbindern die inneren Auflager gewährt; die äußeren Auflager der Binder liegen in der Mantelfläche; wie bei dem Entwurf der Masch.-A.-G. Augsburg-Nürnberg sind auch hier sechzehn mit Schiebetoren verschließbare, acht ständig geschlossene Felder, deren gegenseitige Lage dieselbe ist wie dort. Die Tore sind 20 m hoch, 23 m breit, die Höhe der Außenwand ist gleichfalls 20 m. Von den 24 Dachbindern, welche als Radialbinder von der Umfangsfläche nach dem Mittelpfeiler laufen, reicht nur die Hälfte, je einer um den anderen, bis zum Mittelpfeiler; für die dazwischenliegenden Binder sind die inneren Auflager auf zwischen den ersten angeordneten Unterzügen angebracht, so daß auch deren Last auf die ersterwähnten 12 Binder kommt. —

Die Neigung der Dachfläche ist sehr gering; das ist wohl vorgeschlagen, um eine möglichst kleine ungünstigste Windwirkung zu haben. Das Dach entwässert nach der außen herumlaufenden Traufe. —

Die Konstruktion ist sehr beachtenswert. Die Binder des Daches sind statisch bestimmte Sprengwerksträger, die man für die statische Wirkung als Bogen mit drei Gelenken ansehen kann. Der in Gebäudemitte liegende Pfeiler bietet den 12 Bindern in einem Grundkreise von 16,88 m Halbmesser die festen Auflager, die inneren Kämpferpunkte der Gelenkträger. Diese Punkte bilden die festen Lager für die 56,25 m weiten, eingehängten Binderteile; das zweite Auflager jedes dieser Binderteile, ebenfalls ein Gelenk, liegt 16,88 m vom Umfange des Gebäudes entfernt; es ist der obere Endpunkt des zum Binder gehörigen, winkelförmig gestalteten Umfangspfeilers. Der Fußpunkt dieses Pfeilers liegt auf der Fußbodenhöhe; die Verbindungslinie des Fußpunktes mit dem Endpunkte des Pfeilers, welcher dem eingehängten Binderteil als Auflager dient, gibt die Richtung des Gegendrucks an, welcher durch Belastung des eingehängten Binderteils erzeugt wird (Fig. 16). — Die Konstruktion führt in sehr geschickter Weise die gefährlichen schiefen Kräfte unmittelbar auf das tiefliegende Fundamentmauerwerk. — Theoretisch ist diese Konstruktion

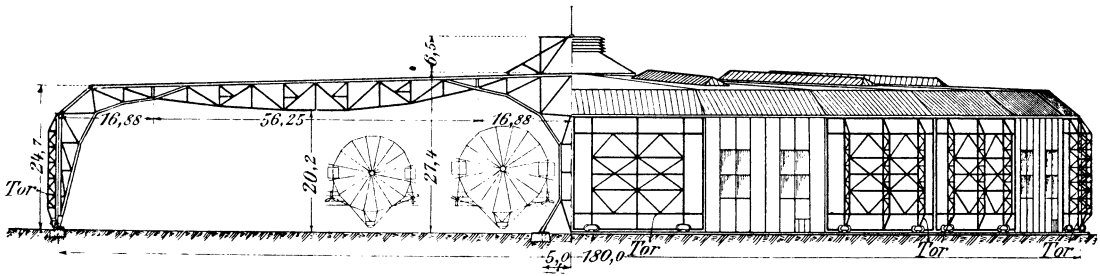


Fig. 14. Querschnitt und Ansicht.

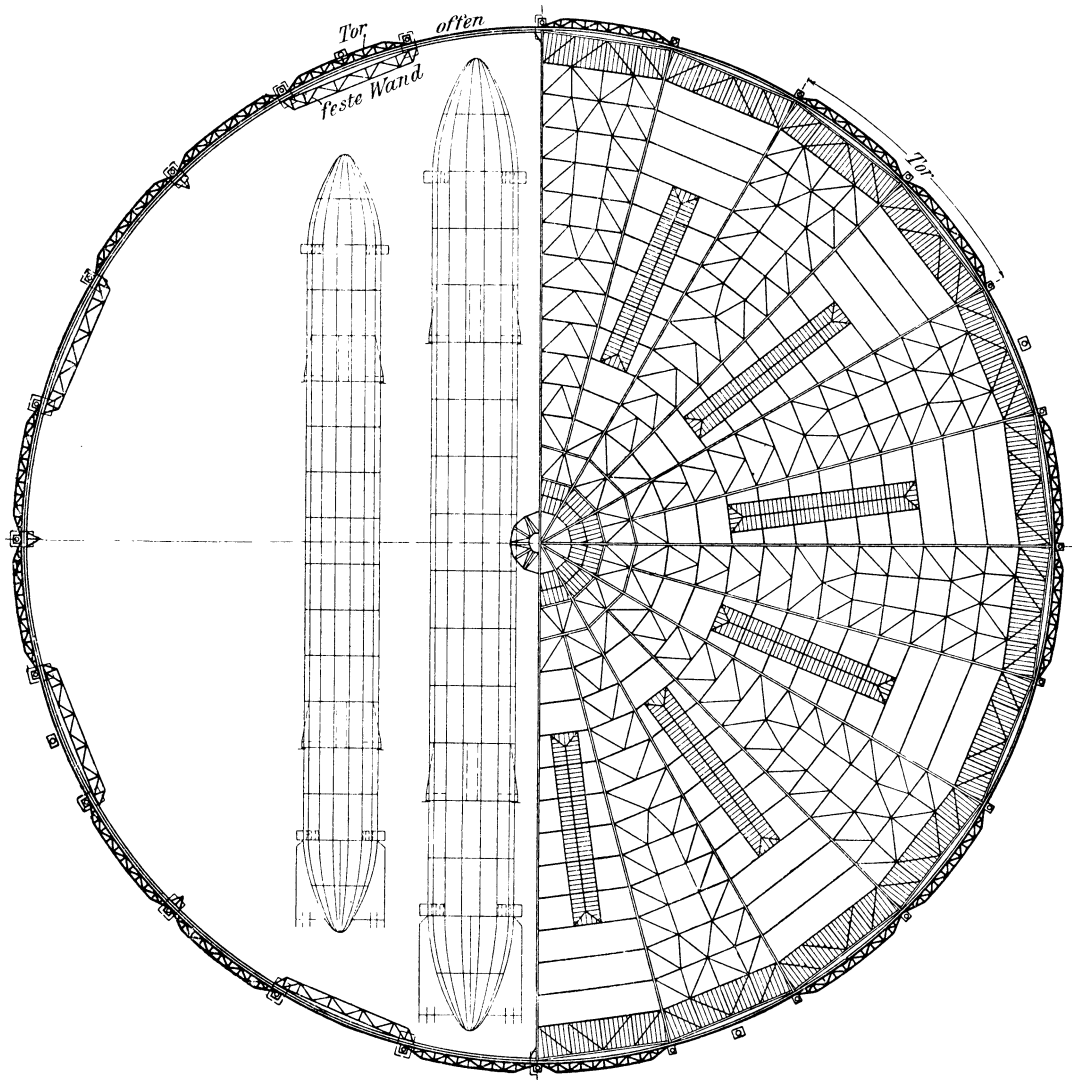


Fig. 15. Grundriß und Draufsicht.
Gruppe I, 2. Preis. Verfasser: Ernst Meier, Berlin.

der des erstbesprochenen Entwurfes verwandt: dort lag die Pendelstütze innen am Mittelpfeiler, hier liegt sie außen am Umfange. — Es handelt sich nun aber um die Standfestigkeit des Bauwerks als Ganzes. Der Mittelpfeiler erleidet durch Eigengewicht und volle Schneelast nur eine *lotrechte* Mittelkraft aller Binderauflagerdrucke, der auf die Dachfläche ausgeübte Winddruck ist bei der geringen Dachneigung verhältnismäßig unbedeutend. Dagegen sind die Windkräfte sehr gefährlich, welche auf die *lotrechte* Mantelfläche des Rundbaues wirken. Dem Mittelpfeiler durfte man diese großen Kräfte nicht zuweisen; sie sollen deshalb in den Umfangswänden nach den Grundmauern geführt werden. Die 24 Außenstützen

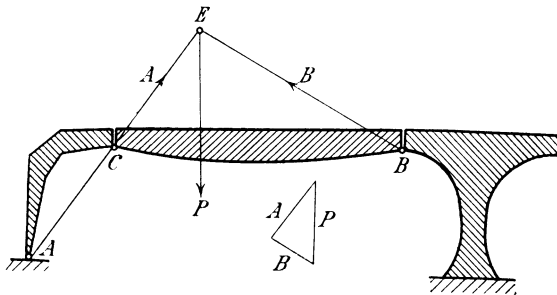


Fig. 16.

Kraftträger bei den Hauptträgern der Fig. 14.

sind zu diesem Zweck in der Höhe der Traufkante durch einen Druckring miteinander verbunden; von diesem aus werden die Kräfte durch Wandkreuze in den geschlossenen Feldern und durch Aussteifungen in den Portalöffnungen nach den Grundmauern geführt. Der in Höhe der Traufkante liegende Druckring ist in der Figur 15 (rechte Hälfte) schraffiert; es ist ein über den Toröffnungen umlaufender, wäge-

rechter Ringträger von 5,5 m Abstand zwischen den beiden Gurtungen.

Die Pfetten sind armierte Träger, je nach der Weite verschieden konstruiert. Die zwischen den Bindern in der Dachfläche liegenden, im Grundrisse dreieckigen Kreisabschnitte sind abwechselnd durch Diagonalen und Böcke verstrebt, welche zwischen Pfetten und Binder eingezogen sind. Die nicht verstrebt Zwischenräume nehmen die sattelförmigen Oberlichter auf.

Der Mittelpfeiler ist ein eiserner Fachwerkspfeiler, im Grundriß ein regelmäßiges Zwölfeck mit 10 m Breite am unteren Ende, 5 m Breite in Höhe des Luftschiffmittels. Der Pfeiler paßt sich in seiner Aufrißform, wie Fig. 14 zeigt, der Form des Luftschiffes an. Die über die Dachfläche gut verteilten, mit Drahtglas eingedeckten Oberlichter nehmen 30 % der Dachfläche ein; über der Mitte des Daches dient ein Aufbau mit Jalousien zur Entlüftung. Die Eindeckung der nicht verglasten Dachfläche soll mit Ruberoid Nr. 2 auf 2,5 cm starker Holzschalung vorgenommen werden, welche auf Holzsparren ruht.

Die Schiebetore werden durch Maschinen mit elektrischem Antrieb oder mittels Handwinden bewegt. Jedes Tor (Fig. 14 und 15) hat drei Hauptpfosten und eine Anzahl Riegel; die so gebildeten Felder sind durch Böcke versteift. Die obersten und untersten Riegel sind über die Hauptpfosten fortgeführt und tragen als Auslegerträger die äußersten Pfosten. Hauptriegel und Pfosten sind in Fachwerk als Trapezträger hergestellt. Die Torkonstruktion ist in ihren Grundzügen aus den Fig. 14 und 15 gut erkenntlich. Die festen Wandfelder sollen $\frac{1}{2}$ Stein stark in Eisenfachwerk ausgemauert, mit je zwei Fenstern, 5 m breit, 8 m hoch, und einer 1,8 m breiten, 2 m hohen Schlupftür versehen werden.

Die Gesamtkosten sind zu rund 580 000 Mark bei einem Gewicht von 1360 t für die Eisenkonstruktion angegeben. Auf das Flächenmeter überbauter Grundfläche kommen danach 53,4 kg Eisen und ein Kostenaufwand von 22,6 Mark.

3. Entwurf von J. Hilgers, A.-G., Rheinbrohl.

Der Entwurf ist in den Fig. 17, 18, 19 dargestellt: eine feste Rundhalle, bei welcher der Durchmesser der Grundfläche 180 m im Lichten beträgt. Die Lichthöhe ist innen 20 m, die Außenhöhe des Rundbaues beträgt 25 m. Die Rücksicht auf gute Entwässerung nach den Außenwänden hin und das Bestreben, einen Schneesack über der Mitte des Bauwerks zu vermeiden, führte die Verfasser zu einem Kuppelbau mit höchstgelegener Mitte. — Auch dieser Entwurf sieht, wie die beiden unter 1 und 2 besprochenen, einen gemeinsamen Mittelpfeiler vor, welcher für die Dachbinder die mittleren Auflager bietet. Jeder Dachbinder wird als durchlaufender (kontinuierlicher) Träger auf drei Stützen konstruiert: die beiden Endstützen liegen in der Umfangsfläche, als gemeinsame Mittelstütze für alle Binder dient der Mittelpfeiler. Da der Träger an der Mittelstütze große Höhe erhalten kann, so ist der kontinuierliche Träger, an dessen Mittelstütze das größte Moment auftritt, die geeignete Trägerart. Die bekannten unangenehmen Eigenschaften der kontinuierlichen Träger sollen durch die Art der Aufstellung z. T. beseitigt werden. Zu diesem Zwecke sollen die Binder zunächst mit einem Zwischengelenk in einer der beiden Öffnungen als Auslegerträger d. h. als statisch bestimmte Träger hergestellt werden; der diesem Gelenk gegenüberliegende Gurtstab wird zunächst an einer Seite lose angeschlossen, nach beendeter Aufstellung aber, d. h. nach dem Eintreten der Formänderungen durch Eigengewicht, fest vernietet. Für das Eigengewicht wirken also die Binder wie frei aufliegende; als durchlaufende Träger nur für Schneedruck und Windbelastung. Letztere hat bei der geringen Dachneigung keine große Bedeutung. — Die 12 durchlaufenden Binder mit je zwei Öffnungen von 90 m Stützweite haben ihr festes Auflager in der Mitte, auf dem gemeinsamen Mittelpfeiler, die in der Mantelfläche liegenden Auflager sind beweglich. Die Mittelstütze ist als Blechrohr von 2 m Durchmesser und 8 mm Wandstärke vorgeschlagen mit Verstärkung durch 48 paarweise verbundene, der Länge nach aufgenietete Winkeleisen (90 . 60 . 8); sie hat eine Höchstlast von 1670 t aufzunehmen. — Die Rundhalle hat nur 8 Tore, aber die Toröffnungen haben die doppelte Breite derjenigen der vorigen Entwürfe. Jede dieser großen Öffnungen hat 25 m Höhe und 40 m Breite; sie wird durch zwei-flüglige Schiebetore geschlossen. Durch diese Öffnungsgröße ist die Ein- und Ausfahrt der Luftschiffe bedeutend erleichtert. Wo die beiden Torhälften von je 20 m Breite zusammentreffen, darf natürlich keine Stütze sein: die Wandpfeiler sind hier fortgelassen. Der auf diese Stelle kommende Binder findet sein Auflager auf einem mächtigen Unterzug von 47 m Stützweite, durch welchen er seinen Auflagerdruck auf die benachbarten Wandstützen überträgt. Der Unterzug ist ein Fachwerkträger von 5 m Höhe, parallelen Gurtungen in den mittleren 6 Feldern und dreieckigen Endfeldern mit Ständern und Diagonalen. — Die Stützen in der äußeren Mantelfläche sind aus 4 Winkeleisen (160 . 160 . 15) hergestellte Eisenpfeiler mit Systembreite von 1,0 m; die Winkeleisen sind durch Flacheisengitterwerk mit einander verbunden. Diese Stützen werden als längsbewegliche Auflager der

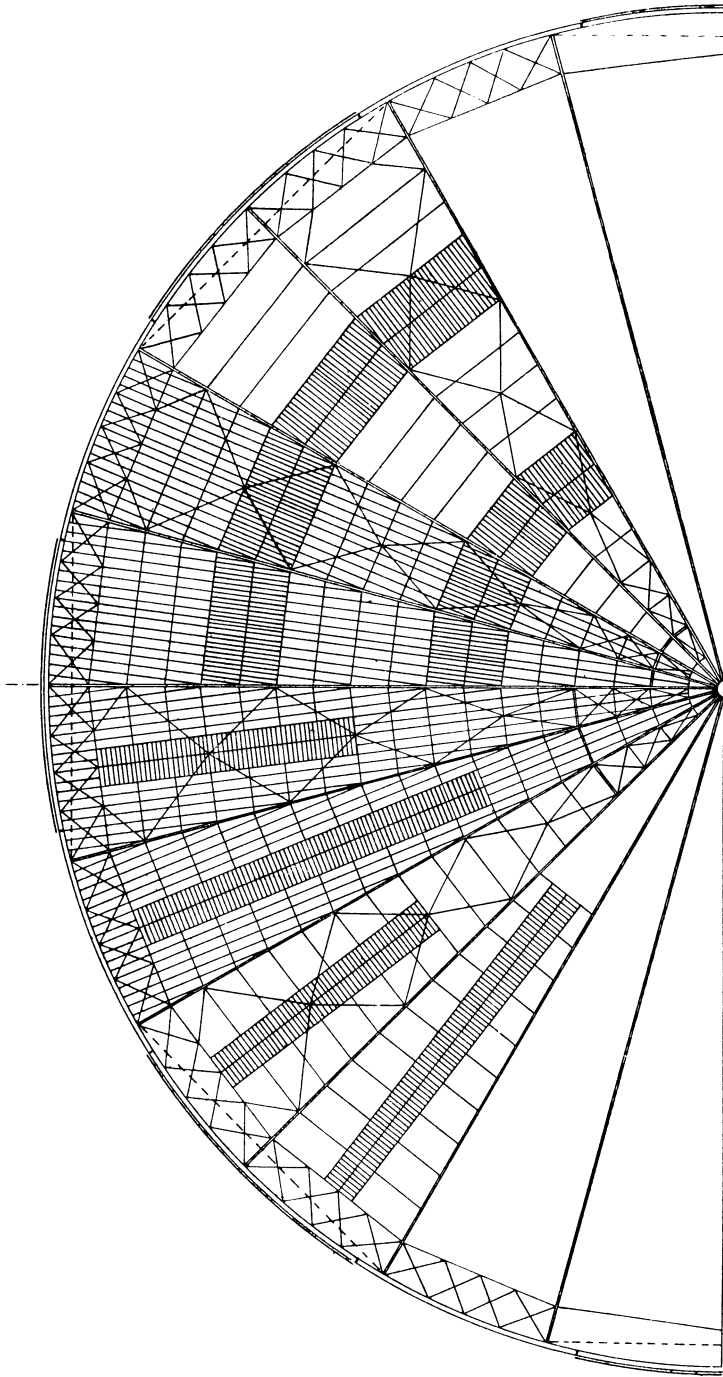


Fig. 17. Grundriß der Halle.
 Gruppe I. Verfasser: J. Hilgers, A.-G., Rheinbrohl.

Dachbinder betrachtet; aus praktischen Rücksichten hat man davon abgesehen, sie als Pendelstützen mit Gelenken an den Fußpunkten auszubilden, hat aber die durch Temperaturschwankungen verursachten Zusatzspannungen bei der Berechnung berücksichtigt. Der Winddruck gegen das Dach und die Seitenwände

wird durch einen Ringträger aufgenommen und nach den mit Diagonalen versehenen Wandfeldern geleitet, die ihn nach den Fundamenten führen. Ein solches Wandfeld ist in Fig. 19, links, dargestellt. Die äußere, in Traufenhöhe herumlaufende Gurtung dieses Ringträgers (Fig. 17) dient gleichzeitig als obere Führungsschiene der Schiebetore; als innere Gurtung des Ringträgers ist der Obergurt der zunächst liegenden Pfetten benutzt. Beide Gurtungen sind in den Ecken durch die 24 radialen Binder und außerdem in jedem der 24 Grundrißfelder durch gekreuzte Schrägstäbe verbunden (Fig. 17). Die Schiebetore, aus zwei Hälften von je 20 m Breite, 25 m Höhe bestehend (Fig. 17 und 19), haben je einen Mittelpfosten und zwei Seitenpfosten; letztere sind in 2,60 m Abstand von den lotrechten Seitenkanten des Tores angebracht. Auf diese drei Pfosten übertragen elf wagerechte Riegel die Windkräfte; der lotrechte Abstand der Riegel ist 2,5 m. Oberster und unterster Riegel sind steife Träger, die Zwischenriegel erhalten in einem der beiden Zwischenfelder einen Gelenkstoß; in beiden Zwischenfeldern symmetrisch zum Mittelpfosten Gelenke anzuordnen, würde verfehlt sein, weil eine labile Konstruktion entstünde. Diese Riegel sind also Gelenkträger (Gerberträger), welche auf den drei Pfosten als ihren Stützen gelagert sind. Das Gelenk liegt 1,1 m von dem Mittelpfosten entfernt; an

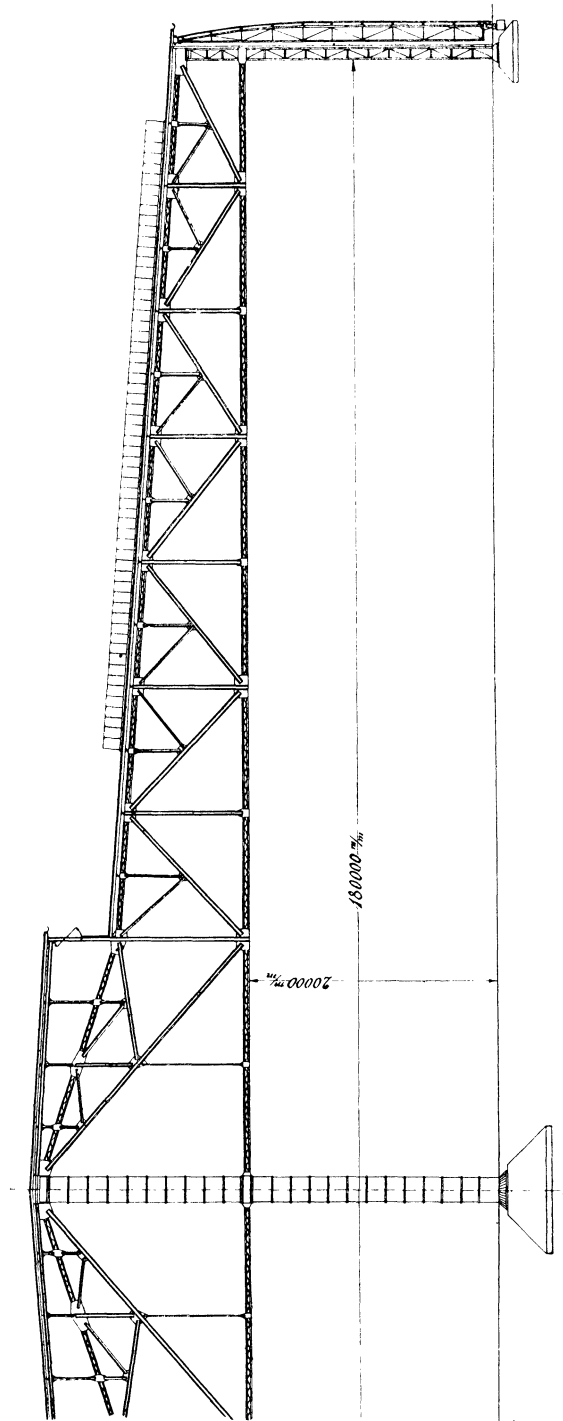


Fig. 18. Querschnitt der Halle.
Gruppe I. Verfasser: J. Hilgers, A.-G., Rheinbrohl.

jedem Ende ragen die Riegel auslegerartig um 2,6 m über die Seitenpfosten hinaus. Man kommt bei dieser Konstruktion für die Zwischenriegel mit I Nr. 13 aus. Da die Riegel statisch bestimmte Träger sind und leicht zu ermittelnde Kräfte auf die Pfosten übertragen, so ist auch die Berechnung der Torpfosten ohne Schwierigkeit durchführbar. Dieselben sind als Träger von 25 m Stützweite (das ist die Torhöhe) und 1,75 m Berechnungshöhe (Fig. 18) als Fachwerkträger vorgeschlagen. Die Torflügel laufen je auf zwei Laufrollen, die unter den beiden seitlichen Pfosten angebracht sind; die auf die Rollen kommenden Drücke sind statisch genau bestimmt. Oben sind für jeden Torflügel drei wagerechte Führungsrollen (über den drei Pfosten); als Führungsschiene dient die äußere Gurtung des steifen vorerwähnten Ringträgers. Diese Führungsschiene läuft ununterbrochen

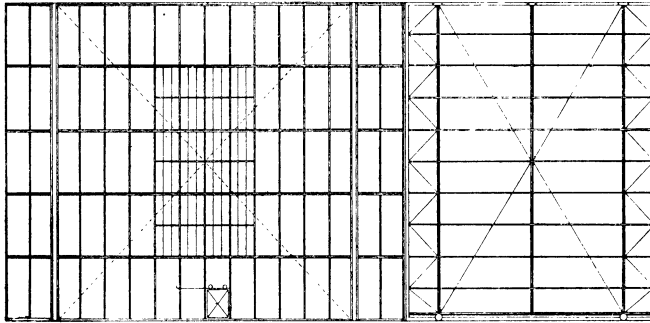


Fig. 19. Schiebetor.

Gruppe I. Verfasser: J. Hilgers, A.-G., Rheinbroll.

durch, so daß jedes Tor beliebig verschoben werden kann; auch mehrere nebeneinanderliegende Tore können gleichzeitig geöffnet werden. Eine schwächere außen liegende Führungsschiene ist zur Sicherung gegen Innenwind vorgeschlagen. Der Innenwind wurde $\frac{1}{3}$ so groß wie der außen wirkende Wind, also mit 40 kg f. d. Flächenmeter in Rechnung gestellt. Die Bewegung der Tore soll durch zwei Arbeiter bewerkstelligt werden können; die Übersetzung ist dementsprechend gewählt; doch könnte auch elektrischer Antrieb angebracht werden. Die Tore sind mit Wellblech verkleidet; die Verkleidung ist nach außen gelegt, um das Torgerippe vor den Witterungseinflüssen zu schützen und um ein möglichst gutes Aussehen zu erzielen. Für die Beleuchtung des großen Innenraumes sind zwei Anordnungen vorgeschlagen und in Fig. 17 dargestellt; durch die verschiedenen Oberlichtanordnungen ergeben sich auch etwas verschiedene Binderanordnungen. Von diesen ist nur eine durchgeführt (Fig. 18); die andere ist wenig abweichend. Der in Figur 18 und im Grundriß, Figur 17, auf der unteren Seite vorggeführte Entwurf hat satteldachförmige Oberlichter, welche im Grundriß radial verlaufen und abwechselnd verschieden weit nach der Mitte zu geführt sind. Bei dem zweiten, hier nicht vorggeführten Entwurf sind die Oberlichter in die eigentliche Dachfläche gelegt, die an den verglasten Feldern stärkere Neigung erhalten soll als an den mit Ruberoid eingedeckten übrigen Teilen der Dachflächen. Die verglasten Dachflächen sind in Fig. 17 in dem oberen Viertel angedeutet. Abwechselnd ist immer ein Kreisabschnitt in der Dach-

fläche mit Winddiagonalen versehen, der benachbarte ohne solche Diagonalen. Es möge noch besonders auf die klare Binderkonstruktion (Fig. 18) aufmerksam gemacht werden, welche durch die Verwendung sekundärer Konstruktionen erreicht ist.

Das Eisengewicht f. d. Flächenmeter überdeckter Fläche ergibt sich zu 56,2 kg einschließlich sämtlicher Anker.

Der Entwurf ist eine sehr anerkennenswerte Leistung.

4. Vorschlag von K. G. Maier, Radolfzell.

Der Vorschlag von K. G. Maier war nur in Skizzenform ohne durchgearbeitete Konstruktion eingereicht. Das war zu bedauern; denn der Grundgedanke ist sehr fruchtbar.

Die Grundfläche der Halle ist nicht ein Rundbau, sondern ein gleichseitiges Dreieck mit abgestumpften Ecken. In diesen drei Ecken liegen drei Einfahrtsöffnungen, drei weitere sind in die Mitten der Dreieckseiten gelegt. Die Tore in den Dreieckseiten sind in Fig. 20 geöffnet angedeutet, diejenigen an den abgestumpften Ecken sind geschlossen. Diese an den abgestumpften Ecken liegenden Tore schieben sich an Trägern entlang, welche einerseits von der Halle, andererseits von außen liegenden Gittermasten gestützt werden.

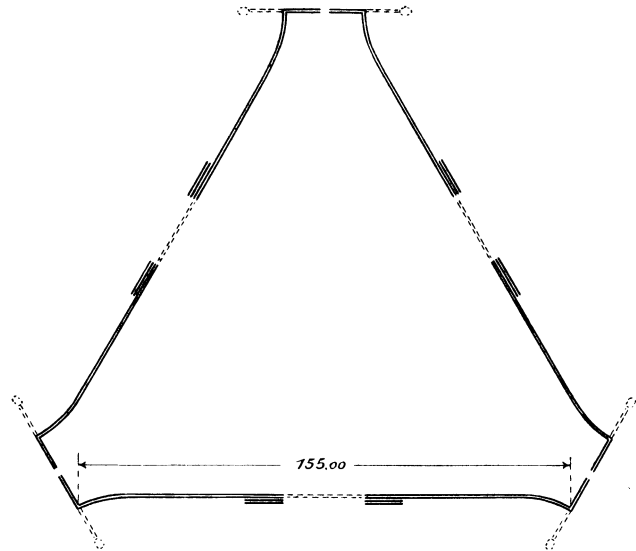


Fig. 20.

Grundriß der Halle. Verfasser: K. G. Maier, Radolfzell.

Wir halten die vorgeschlagene Konstruktion für ausbildungsfähig und zweckmäßig. Die Einfahrtmöglichkeiten dürften genügen; der Raumbedarf ist gering. Bei der Entwurfsskizze war die überbaute Fläche etwa 17 800 qm. Im ganzen ist mit dem Einfahrtsspielraum etwa 172 800 qm Fläche erforderlich, also nicht ganz 18 Hektar. Die innere Fläche ist frei, ohne den bei den bisher vorgeführten Entwürfen immerhin störenden Mittelpfeiler; es ist möglich, mit einem Kuppelbau über 106—110 m Lichtweite auszukommen, an den sich drei trapezförmige Grundrißflächen anschließen. Deren Überdachung ist leicht und billig.

5. Entwurf von Artur Müller, Berlin. Land- und Industriebauten - A. - G.

In der Mitte einer über regelmäßigem Achteck von 180 m innerem und etwa 195 m äußerem Kreisdurchmesser errichteten Halle steht ein 60 m hoher Fachwerkurm. In jeder Ecke des Achtecks steht ein entsprechender, 40 m hoher Fachwerkurm. Die vier Hauptbinder werden von diesen Türmen getragen, sie kreuzen sich auf dem Mittelpfeiler. Diese Binder sind versteifte Hängeträger, bestehend aus

Drahtseilen, die mit versteifenden Holz- bzw. Eisenfachwerkträgern verbunden sind. Das Drahtseil eines Binders wird über den Mittelturm und die beiden einander gegenüberstehenden Eckpfeiler und von diesen weiter nach außen geführt, sodann im Fundament verankert. Die Binder tragen Pfetten, welche 6 m voneinander entfernt von der Bauwerks-Mitte nach den Seitenwänden wachsende Stützweiten aufweisen; die Pfetten nahe der Umfangswand haben sehr bedeutende Längen — bis etwa 70 m. Auch die Pfetten sollen als versteifte Hängeträger in der Art der Hauptbinder hergestellt werden. Die vorgeschlagene Konstruktion ist für ständige Hallen zu beweglich, auch erheben sich konstruktive Schwierigkeiten — z. B. die Durchführung der Drahtseile durch die Dachflächen. Die Kosten sind nicht gering: bei 25 Proz. Oberlichtern, Holzdach und 16 Harmonikatoren von 20 . 20 m Größe sollen die Kosten 600 000 M., d. h. für das Flächenmeter (27 000 qm überdeckter Grundfläche) abgerundet 22,25 Mark betragen.

6. Entwurf Theodorsen, Breslau.

Der in Fig. 21 im Grundriß dargestellte Entwurf hat die bemerkenswerte Eigentümlichkeit, daß die beiden Hälften der zweiteiligen Schiebetore miteinander

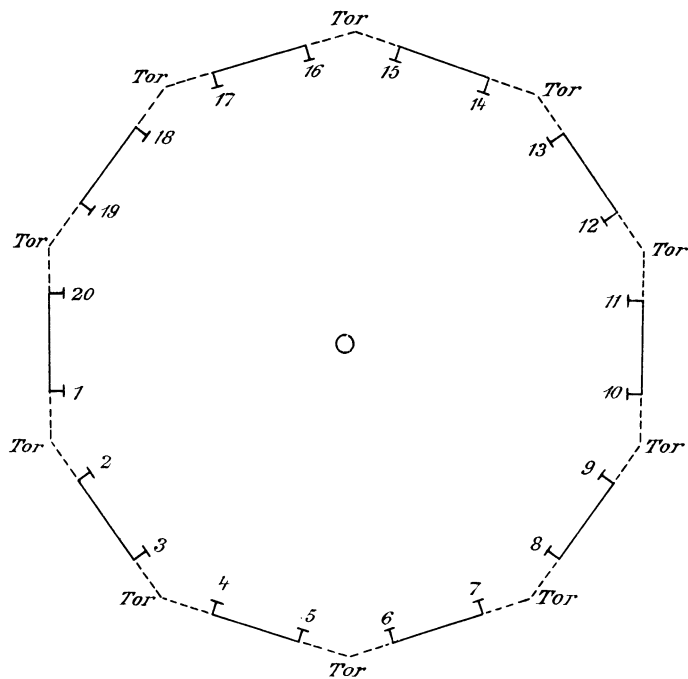


Fig. 21.

einen stumpfen Winkel bilden, nicht aber in eine gerade Linie fallen. Jede Hälfte wird für sich seitwärts in ein festgeschlossenes Feld gefahren. Die Tore sind eben, laufen auf gradlinigen Schienen, oben hat jede Torhälfte vier Führungsräder. Es wechselt immer eine Toröffnung und ein festgeschlossenes Wandfeld. Die Anordnung hat manches für sich: die Torhälften sind im geöffneten Zustande gut gesichert, die Bewegung ist einfach, die zu bewegenden Teile sind nicht zu groß. Die Grundfläche soll ein regelmäßiges Vieleck bilden mit Pfeilern

in den zwanzig Ecken; in der Mitte ist ein weiterer Pfeiler als mittleres Auflager für die Dachbinder. Diese sind Balkendachbinder, die auf dem Mittelpfeiler fest, auf den Wandstützen beweglich gelagert sind. Die Wand ist 20 m hoch. — Der auf die Wand entfallende Winddruck soll durch die Wandpfeiler aufgenommen werden, die mit dem Grundmauerwerk verankert sind. — Das nicht eingehend bearbeitete Projekt hatte gute, verwendbare Gedanken.

b) Feststehende Hallen mit innen liegendem Luftschiffhafen.

Die in der Einleitung hervorgehobenen Mängel der feststehenden Rundhallen — großer Raumbedarf, ungenügende Ausnutzung, schwierige Erweiterung bei etwaigem Bedarf, Notwendigkeit vieler beweglicher Tore — läßt es begreiflich erscheinen, daß man auch auf andere Weise für die Unterbringung der stillliegenden Luftschiffe bedacht ist. Diesem Bestreben trugen bei dem Wettbewerb zwei Entwürfe Rechnung. Beide Entwürfe sehen einen inneren mehr oder weniger geschützten Raum vor als Ein- und Ausfahrt für die Luftschiffe und im Anschluß daran geschützte Liegeplätze der Luftschiffe.

7. Entwurf von Gollnow, Stettin, System von Gaza.

Der oben offene Innenhafen kann eine Vieleckfläche mit beliebig vielen Seiten sein; in Fig. 22 und 23 ist er mit quadratischer Fläche von 160 m innerer Seitenlänge angenommen. Die Fläche wird durch Hallen umgeben, die nach innen offen nach außen geschlossen sind. Die Form der Dachbinder gestattet die Unterbringung der Luftschiffe, wie im Querschnitt (Fig. 23) zu ersehen ist. Die Luftschiffe sollen erforderlichenfalls durch Vorhänge gegen Sturm und Regen geschützt werden, die an Tauen verankert angebracht sind. — Die oben angegebenen Vorteile sind vorhanden; die zu erwerbende Grundfläche braucht nicht viel größer zu sein als die

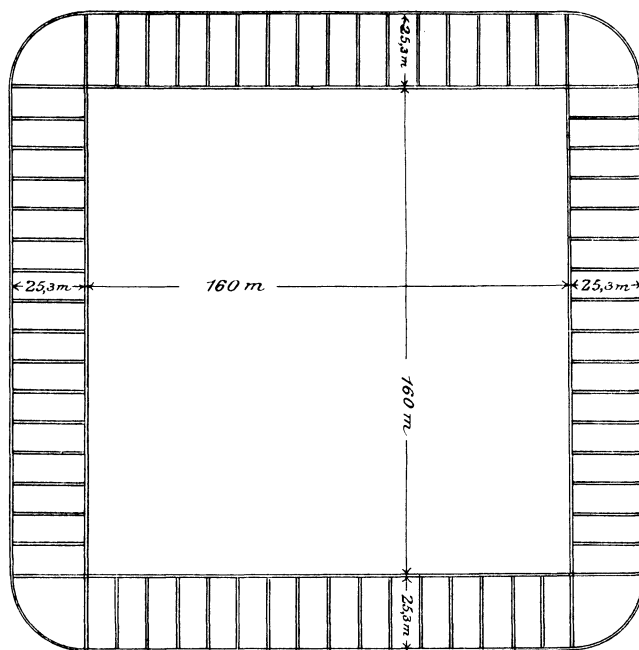


Fig. 22. Grundriß.

Fig. 23. Querschnitt des Luftschiffhafens.
Gruppe I. Verfasser: von Gaza mit Gollnow (Stettin).

umschlossene Fläche; hier z. B. würden 4,5 bis 5 Hektar genügen. Aber die Nachteile sind nicht gering. Die Einfahrt und Ausfahrt ist schwierig; je kleiner der Innenraum ist, desto schwieriger ist das Landen. Und nach der Einfahrt ist das Luftschiff vor Wind und Regen nicht vollkommen geschützt, da die nach innen offenen,

langgestreckten Hallen wenig Schutz gegen den Wind bieten. — Die Gesamtkosten waren zu 397 000 M. veranschlagt.

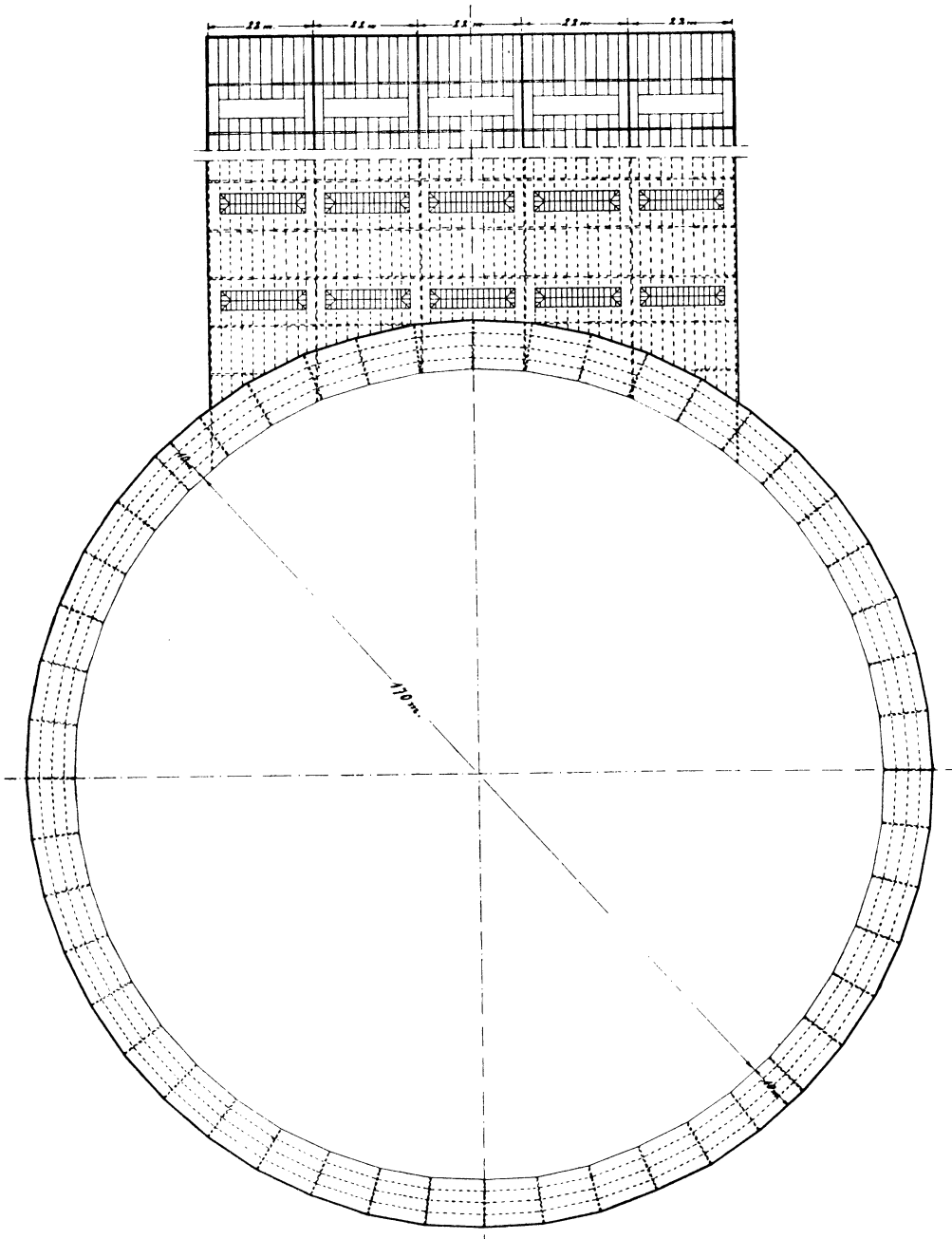


Fig. 24. Grundriß.

8. Entwurf der Aktien-Gesellschaft für Brückenbau, Tiefbohrung und Eisenkonstruktionen, Neuwied a. Rh. (Fig. 24 und 25).

Der Luftschiffhafen besteht hier aus zwei miteinander verbundenen Teilen: der großen ringförmigen Halle, welche in einer Grundrißbreite von 10 m eine kreisförmige Fläche von 170 m Durchmesser umschließt, und einer anschließenden Halle über rechteckigen Grundriß. Die Kreisfläche vermittelt die Ein- und Ausfahrt der Luftschiffe, sie ist oben offen; die Kreisform ist günstiger für den Betrieb als die quadratische der Fig. 22; die rechteckige Halle nimmt die Luftschiffe auf, wenn sie nicht im Betrieb sind. Um den Windhafen im Innern der Ringhalle möglichst gründlich gegen den Wind zu schützen, ist die Halle, welche außen, 25 m, innen 30 m hohe lotrechte Wände hat, mit einem nach innen steigenden Kegeldach versehen, so daß der Wind nach oben abgelenkt wird. Die Verfasser versprechen sich davon wirksamen Windschutz. Die Einfahrt in den Hafen soll in der Weise erfolgen, daß das Luftschiff in möglichst geringer Höhe über dem Hafen zur Ruhe kommt, mittels ausgeworfener Ankertaue im Innern des Hafens befestigt und darauf senkrecht in den Hafen hinabgezogen wird; zu diesem Zwecke ist eine genügende Zahl von elektrischen Winden oder Spills vorzusehen. Das in den Windhafen eingefahrene Luftschiff wird dann unter Windschutz in die feste Halle eingeführt. Die Ausfahrt erfolgt entsprechend. — In dem Entwurf schließt an den Ringbau eine im Grundriß rechteckige Halle von 160 m Nutzlänge mit 5 nebeneinanderliegenden Einzelhallen von je 22 m Weite an. Es können also gleichzeitig 5 Luftschiffe untergebracht werden; eine Vergrößerung der Leistungsfähigkeit ist aber ohne große Schwierigkeit und Kosten durch Anbau weiterer Hallen möglich. Man wird dabei an die ringförmigen Lokomotivschuppen erinnert, welche durch eine in der Mitte liegende Drehscheibe für die Lokomotiven zugänglich sind.

Daß diese Hallenart große Vorteile bietet, wenn der angegebene Betrieb möglich ist, liegt auf der Hand. Der Grunderwerb bedingt wesentlich geringere Ausgaben als bei den festen Rundhallen (bei dem vorgelegten Entwurf brauchen nur etwa 5,2 ha erworben zu werden); zudem ist ein Grundstück von diesen Abmessungen in der Nähe der in Frage kommenden größeren Städte viel leichter erhältlich als die viel größeren für feste Rundhallen erforderlichen; bewegliche Teile, Tore und dergleichen können im Bedarfsfalle an geschützten Stellen angebracht werden, sind also leichter zu handhaben und weniger gefährdet, als wenn sie frei liegen; die rechteckigen Hallen können voll ausgenutzt werden; die Konstruktion ist einfach und

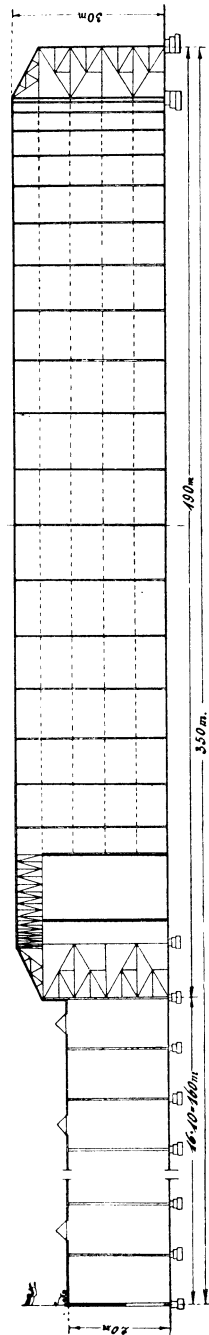
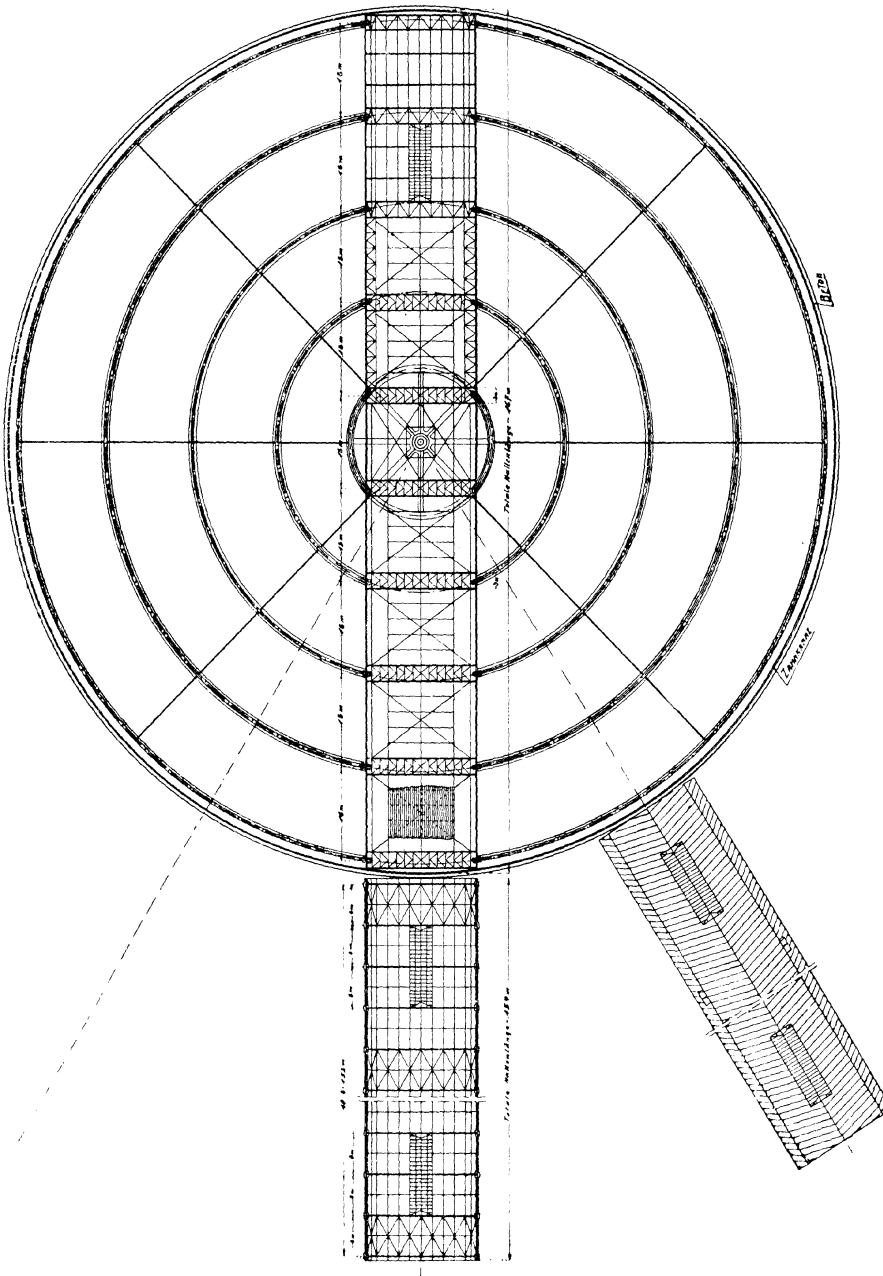


Fig. 25. Querschnitt der Halle. Gruppe I. Verfasser: Aktien-Gesellschaft für Brückenbau usw., Neuwied a. Rh.

kann deshalb billig sein. Weder die Herstellung der rechteckigen Halle mit 5 Räumen von 22 m Pfeilerabstand, noch die der 30 m hohen Ringhalle bietet heute irgend-



Gruppe I. Verfasser: Albert Buß & Co., Wyhlen (Baden).

Fig. 26. Grundriß der Halle.

welche technischen Schwierigkeiten; endlich ist die Erweiterungsfähigkeit hoch anzuschlagen. Freilich fällt der Vorteil des geringeren Grunderwerbes mit der Er-

weiterung allmählich mehr und mehr fort. Aber daß dieses erst als Folge der Vergrößerung des Betriebes eintritt, ist ebenfalls ein Vorteil.

Die Kosten sind auf rund 800 000 Mark veranschlagt. Berechnung und Konstruktion sind sorgfältig bearbeitet.

Die Hauptfrage bei diesem Vorschlage ist, ob Ein- und Ausfahrt in der angegebenen Weise möglich sind. Nach Ansicht der Luftschiffahrts-Sachverständigen ist die Einfahrt überaus schwierig. Vielleicht macht man mit billigem Konstruktionsmaterial praktische Versuche in dieser Richtung. Wichtig ist aber auch, daß die Schwierigkeit der Einfahrt bei wachsendem Durchmesser der inneren Kreisflächen abnimmt; die Kosten wachsen aber bei Vergrößerung des Ringdurchmessers nur wenig, die Konstruktion dieser vergrößerten Halle macht keine größeren Schwierigkeiten.

Wägt man die vorgeführten Gesichtspunkte gegeneinander ab, so kommt man zu der Meinung, daß die von Neuwied vorgeschlagene Konstruktion die ernsteste Beachtung verdient.

c) Bewegliche Hallen.

9. Entwurf von Albert Buß & Co. Wyhlen (Baden).

Der in den Fig. 26 bis 29 dargestellte Entwurf kann als folgerichtige Weiterentwicklung der Gedanken aufgefaßt werden, welche dem unter Ziffer 8 vorgeführten Entwurf zugrunde liegen. Für den Luftschiffhafen sind wiederum die Funktionen getrennt: die Ein- und Ausfahrt geschieht mittels einer drehbaren Halle, die mittels mechanischen Antriebes in die jeweils erforderliche Lage gebracht wird; Länge und Breite der drehbaren Halle genügen für die größten vorkommenden Luftschiffe. Aus der drehbaren Halle wird das Luftschiff für die Zeit des Still-Liegens in eine feste Halle gebracht. Die festen Hallen sind radial anzuordnen; die bewegliche Halle mit dem Luftschiff muß in die Achsenrichtung der betreffenden festen Halle gedreht werden, in welche das Luftschiff eingeführt werden soll. Der ganze Vorgang ist dem schon mehrfach erwähnten des Lokomotivschuppens mit zentrisch liegender Drehscheibe nachgebildet.

Die drehbare Halle des Entwurfs von Albert Buß & Co. weist 167 m Länge und 22 m Berechnungsweite der Binder auf; es schließt sich eine feste Halle an, ausreichend für ein größtes Luftschiff der Bauart „Zeppelin“. Bei eintretendem Bedarf kann noch eine größere Zahl von festen Hallen radial aufgestellt werden; deren kleinster Abstand muß natürlich wenigstens so groß sein wie die größte Luftschiffbreite, vergrößert um den beiderseits erforderlichen Spielraum. Wenn mehrere feste Hallen gebaut sind, werden nach Ansicht des

Entwurf-Verfassers die Räume zwischen den festen Hallen gegen den Wind wohl geschützt sein und bequemes Ein- und Ausfahren gestatten. — Beide Hallen des Entwurfs, die feste wie die drehbare, sind mit Bogenträgern als Dachbindern konstruiert. Die feste Halle (Fig. 28) hat Dreigelenkbogenträger einfacher Art mit tiefliegenden Kämpfern; die Binder sind 8 m voneinander entfernt. Die Längswände sind Fachwerksgerippe in Eisen. Auf 2 m Höhe über dem Fußboden ist ein 35 cm starker Betonsockel vorgesehen, welcher gegen Beschädigung von außen sichern soll, darüber hat das Eisenfachwerk eine Backsteinausmauerung von $\frac{1}{2}$ Stein Stärke. Die Dachfläche ist mit Asbestschiefer eingedeckt, die Oberlichter sind aus mattem Drahtglas. Für die Stirnwände sind Segeltuchvorhänge vorgeschlagen, die sich bei der neuen Halle der Zeppelin-Gesellschaft in Friedrichshafen bewährt haben sollen. An beiden Längsseiten im

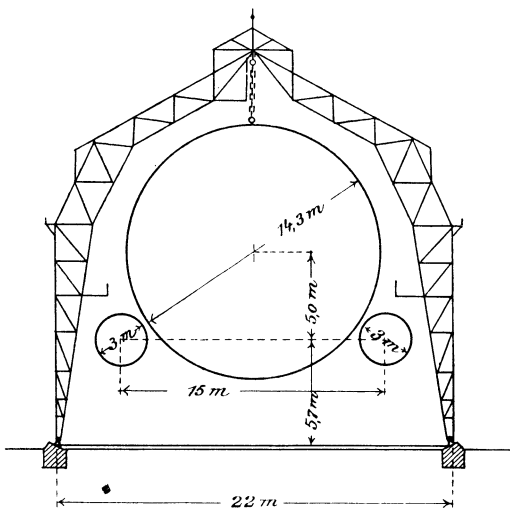


Fig. 28. Querschnitt der festen Halle.

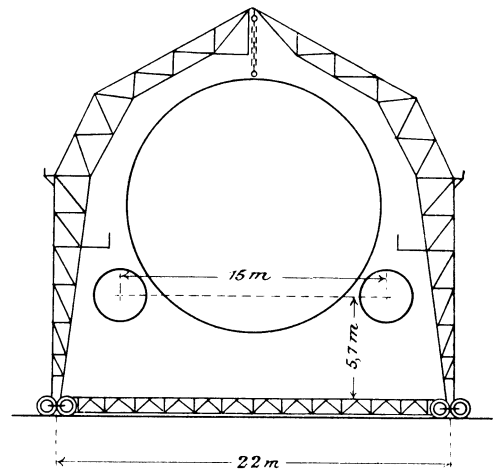


Fig. 29. Querschnitt der drehbaren Halle.
Gruppe I. Verfasser: Albert Buß & Co., Wyhlen (Baden).

Innern liegen feststehende Gallerien mit starken Geländern, welche beim Einführen von Luftschiffen die Bedienungsmannschaft mit den Haltetauen aufnehmen sollen. Am First entlang befindet sich eine Kranbahn; auf dieser läuft eine Anzahl von Laufkatzen, so daß das Luftschiff hier aufgehängt und in der Richtung der Längsachse verschoben werden kann. Zur Bedienung der Katzen ist ein Laufsteg mit Geländer vorgesehen.

Die drehbare Halle ist wesentlich schwieriger herzustellen als die feste Halle. Der Grundriß ist in Figur 26, der Querschnitt in Figur 29 dargestellt. Es sind zehn Hauptbinder angeordnet, 18 m von Mitte zu Mitte entfernt; auch diese Binder sind Dreigelenkbogen, wegen der großen Binderentfernung Doppelbinder mit 3 m Abstand der Einzelbinder. Da hier feste Kämpferlager nicht möglich sind, mußte man jeden Binder mit einem die Kämpfer verbindenden Konstruktionsteil (Zugband) versehen, in welchem sich die wagrechten Seitenkräfte der Kämpferdrücke aufheben. Diese als Balken ausgebildeten Zugbänder haben noch

weitere Aufgaben zu erfüllen; sie haben den Boden der Halle zu tragen, sie müssen als Pfosten für den Windträger dienen, welcher alle wagerechten Kräfte auf den festen Drehpunkt in der Hallenmitte überträgt, und sie nehmen endlich die Achsen für die Laufräder auf. Die beiden zusammengehörigen Bogenfüße der Einzelbinder sind am Kämpfer durch einen kräftigen, 3 m langen, zweiwandigen Kastenblechträger verbunden, unter dessen Mitte das als Kugelgelenk ausgebildete Kämpfergelenk liegt; dieses überträgt mittels dreier Blechträger den Gelenkdruck weiter, und zwar die lotrechte Seitenkraft auf vier Laufräder; die wagerechte Seitenkraft geht in den an die beiden äußeren Blechträger anschließenden, als Zugband dienenden oben erwähnten Balken. Die Achsen der Laufräder müssen radial nach dem Mittelpunkt weisend eingesetzt werden, also schräg gegen die Blechwände; der Winkel wird desto ungünstiger, je näher der Binder dem Drehmittlepunkt liegt. — Der Drehzapfen im Mittelpunkt der Halle hat recht bedeutende Windkräfte aufzunehmen. Der unter dem Hallenboden liegende Windträger (Fig. 26) hat 9 Felder von je 18 m Weite und gekreuzte Schrägstäbe; er trägt auch den Hallenboden. Die als Zugbänder dienenden Doppelbalken tragen in jedem Felde fünf Längsträger zweiter Ordnung von 15 m Länge: einen in der Längsachse der Halle, jederseits noch zwei weitere. Zwischen die drei mittleren Längsträger sind 6,6 m lange Bodenbalken, Querträger zweiter Ordnung, in 3 m Abstand voneinander gelegt. Diese tragen die 5 cm starken imprägnierten Bohlen; der Fußboden ist nur 14 m breit, wohl um das Hallengewicht möglichst klein zu erhalten. Im Mittelfeld sind die beiden Doppelbinder starr miteinander verbunden; alle anderen Binder sind an diesen steifen Trägerteil in der Längsrichtung gelenkig angeschlossen, damit nicht bei etwaigen Senkungen der Ringgleise schädliche Nebenspannungen auftreten. Die Ringgleise haben Holzschwellen in Schotterbett. — Ein schmiedeeiserner Zahnkranz ist in dem Beton gelagert, der die Drehgrube begrenzt. An jedem Hallenende greifen in den Zahnkranz aus Stahlguß gearbeitete Zahnräder ein, welche durch je einen elektrischen Motor von 25 Pferdestärken angetrieben werden. Ein solcher Motor genügt unter gewöhnlichen Verhältnissen, doch können auch beide Motoren bei ungünstiger Witterung gemeinsam geschaltet werden. Für den Notfall ist ein Handbetrieb vorgesehen.

Die angegebenen Eisengewichte sind:

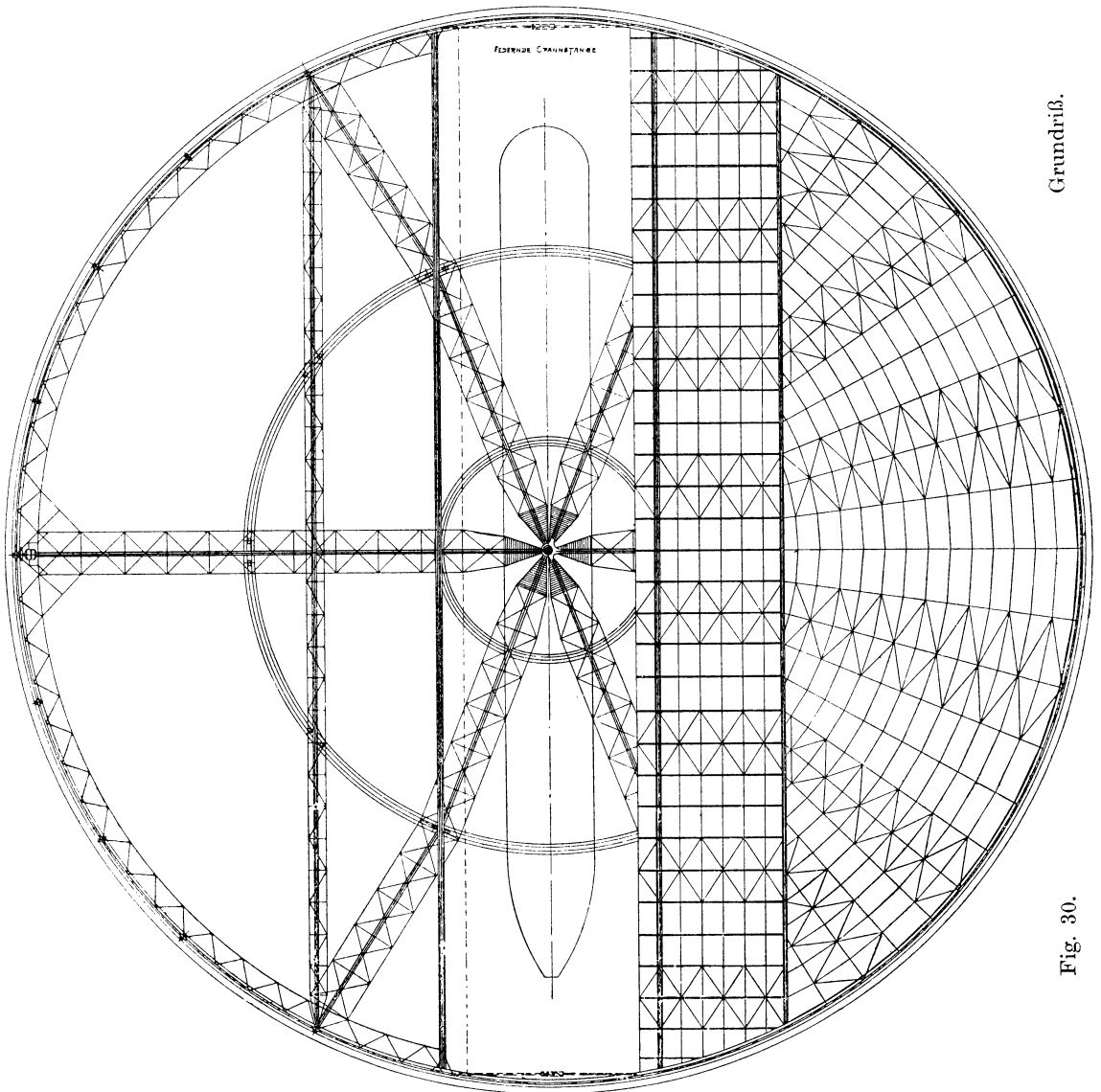
Feste Halle	575 t
Drehhalle	950 t
Summe:	<u>1525 t</u>

oder für das qm überbauter Fläche rund 215 kg. Dieses im Vergleich zu den anderen Entwürfen hohe Gewicht erklärt sich z. T. daraus, daß bei der Berechnung mit der zulässigen Inanspruchnahme $K = 1000 \text{ kg/qcm}$ gerechnet ist, während bei den anderen meist $K = 1500 \text{ kg/qcm}$ zugrunde gelegt ist. Man muß also für den Vergleich etwa im Verhältnis 1 : 1,5 verringern. Man erhält die dann noch immer recht hohe Zahl von 140 bis 150 kg/qm überbauter Grundfläche. Das ist begründet darin, einmal, daß der Hallenboden hier hinzukommt, weiter aber auch darin, daß die überdeckte Grundfläche klein ist und ausschließlich ausgenutzte Flächen aufweist.

Der Entwurf verdient ernste Beachtung.

10. Entwurf des Eisenwerks Gustav Trelenberg, Breslau-Gräbschen (Oberingenieur Dirksen.)

Der Entwurf, welcher in Fig. 30 und 31 vorgeführt ist, sieht eine drehbare Halle vor. Die Halle soll nach der Richtung des Windes (bzw. des ankommenden



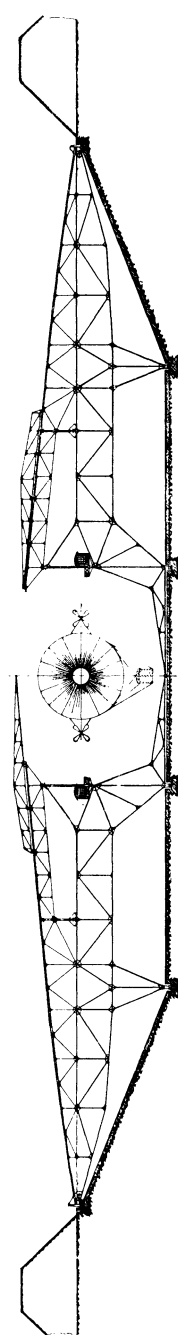
Luftschiffes) verstellt, d. h. gedreht werden. Die Einfahrt erfolgt durch einen Spalt im Dache, der genügend breit und durch Schiebedächer verschließbar ist. Das Luftschiff fährt über die Öffnung und wird an herabgelassenen Tauen langsam herabgezogen. Der Vorgang bei der Ausfahrt ist entsprechend in umgekehrter Reihenfolge. — Es handelt sich bei dieser Konstruktion hauptsächlich

um leichte Drehbarkeit, welche nur erreichbar ist, wenn das Gewicht möglichst herabgemindert wird, und wenn die belastenden Windkräfte zum großen Teile ausgeschaltet werden. Das letztere Ergebnis erstrebt der Verfasser dadurch, daß er die Halle in eine natürliche Erdmulde verlegen will, die vertieft und durch einen Ringwall noch weiter gegen den Wind geschützt wird. Der Ringwall wird mit den ausgehobenen Erdmassen hergestellt. Dadurch sind die Seitenwände der Drehhalle der Einwirkung des Windes entzogen; der Winddruck auf die flache Dachfläche ist überaus gering. Infolge dieser günstigen Verhältnisse ergibt sich auch das Eigengewicht als gering, so daß für das Drehen jeder Hälfte der Halle nach Berechnung des Verfassers ein 35pferdiger elektrischer Motor genügt.

Die Halle ist eine Rundhalle von 150 m Durchmesser; die beiden Hälften sind selbständig und werden getrennt gedreht. Der Zwischenraum hat eine Breite von rund 24 m; er wird durch ein zweiteiliges Schiebedach überdeckt. Die Binder des Schiebedachs sind Auslegerbinder, je 16 auf jeder Seite. Sie werden mittels kleiner elektrischer Motore von 2 bis 3 Pferdekraften bewegt. Die Rolldächer erhalten an beiden Enden ihrer Wege Hemmvorrichtungen, welche die Laufbahn begrenzen; bei der Drehung der Halle regeln distanzhaltende, federnde Spannstangen den Abstand der Enden. Für die Drehung der Halle sind drei konzentrische Kreise als Laufbahnen vorgesehen, in der Mitte des Kreises ist ein Zapfenlager. In jeder Hälfte liegt ein starker Horizontalverband.

Das Eisengewicht ist zu 1150 t oder für das Flächenmeter überdeckter Grundfläche zu 65 kg ermittelt.

Die Einfahrt dürfte Schwierigkeiten bieten; es ist aber nicht einzusehen, weshalb diese Schwierigkeiten unüberwindlich sein sollten. Wenn man den Spalt genügend breit macht, wird die Einfahrt wahrscheinlich leichter sein, als zurzeit in die feststehenden Hallen über rechteckiger Grundfläche. Dagegen ist ein schwerwiegendes Bedenken gegen diese Halle, daß nur ein einziges Luftschiff gleichzeitig in der Halle Platz findet; die Ausnutzungsfähigkeit der Kreisfläche von 150 m Durchmesser ist also überaus gering. Ebenso ist Erweiterung bei dem vorliegenden Entwurf ausgeschlossen. Vielleicht kann man durch ergänzende Anlage von mehreren radial liegenden festen Anschlußhallen über Rechteckgrundriß den fruchtbringenden Gedanken des Entwurfes lebensfähig machen, etwa durch Hallen, wie sie in dem unter Ziffer 9 beschriebenen Entwurf von Albert Buß vorgesehen sind.



Die Hallen der Gruppe B.

(Ballonhallen kleinerer Abmessungen, die ohne Rücksicht auf die Einfahrtsrichtung mit möglichst geringem Kostenaufwand errichtet werden können.)

Die Hallen der Gruppe B stellen an den Konstrukteur nicht so schwierige Aufgaben wie die Hallen der Gruppe A. Es handelt sich bei der Gruppe B um Gebäude über rechteckiger Grundfläche von lichten Abmessungen, die das übliche und vielfach ausgeführte Mittelmaß nicht überschreiten. Trotzdem sind bei der Neuheit der Aufgabe viele Einzelfragen zu lösen, von denen manche an sich nicht geringe Schwierigkeiten bietet. Da nun diese Gebäudeart für die Unterbringung der Luftschiffe zuerst nötig wurde, so ist bereits eine Anzahl von Ausführungen dieser Art vorhanden. Außerdem hatte der Wettbewerb um die Zeppelinhalle in Friedrichshafen (1908) die Folge, daß eine größere Zahl von gut durchgearbeiteten Entwürfen eingereicht und bekannt wurde.

B e d i n g u n g e n. Die Hallen sollen hauptsächlich Ankerplätze für die Luftschiffe sein, wenn sie nicht im Betriebe sind. Bequeme und gefahrlose Ein- und Ausfahrt ist von größter Bedeutung. — Weiter müssen Vorkkehrungen für die Vornahme von Ausbesserungsarbeiten getroffen werden; an verschiedenen Stellen sind deshalb Galerien anzubringen, die es ermöglichen, an alle Stellen des Luftschiffes zu gelangen. Die Galerien stellt man zweckmäßig so her, daß weit vorspringende Teile durch Aufklappen leicht beseitigt werden können. — Ferner müssen Laufkatzen vorgesehen werden, mit deren Hilfe man Lasten entlang der Halle befördern kann. — Gute und reichliche Beleuchtung ist nötig. — Brennbare Baumaterialien sind möglichst zu vermeiden. — Die Baustoffe müssen so gewählt werden, daß bei starker Bestrahlung durch die Sonne die Innen-Wärme nicht sehr erhöht wird. — Gute Entlüftung, u. U. durch Ventilation, ist vorzusehen. — Sehr wichtig ist die Art der Anordnung der Tore: die Herstellung von Vorrichtungen zum raschen Öffnen und Schließen so großer Öffnungen, wie sie hier nötig sind, ist eine der Technik gestellte neue Aufgabe. Für deren Lösung sind sehr beachtenswerte Vorschläge bereits gemacht. — Schließlich muß auch auf Erweiterungsfähigkeit des Bauwerks gesehen werden.

D i e K o n s t r u k t i o n. Die Luftschiffe, für welche die Hallen gebaut werden, haben zurzeit eine größte Länge von rund 150 m, Breite von 16 bis 18 m einschließlich der Seitenteile, eine Höhe von 18 m bis 20 m einschließlich der Gondeln. Demnach ergeben sich Hallen mit den nachstehenden, nicht außergewöhnlich großen Maßen:

Lichte Breite	20 m bis 26 m
Lichte Höhe	20 m bis 22 m
gesamte Länge bis etwa	160 m.

(L. Z VII war 148 m lang, mit 14 m Durchmesser.) Für die Konstruktion handelt es sich hauptsächlich darum, daß die gefährlichen wagrechten Kräfte durch die gewählte Anordnung sicher in das Grundmauerwerk geleitet werden. Die gefährdenden wagrechten Kräfte sind die wagrechten Seitenkräfte des Winddruckes. Möglichste Verkleinerung dieser Kräfte ist zu erstreben, sowohl wegen der Sicherheit wie mit Rücksicht auf die Kosten. Die auf die Dachfläche ausgeübten Windkräfte

sind um so geringer, je flacher die Dachneigung ist. Es wird also günstig sein, flache Dachneigung zu wählen. Dagegen kann der Winddruck gegen die lotrechten Seitenwände des Gebäudes nicht verringert werden; er muß aufgenommen und unschädlich gemacht werden.

Die Querschnittsfläche des Gebäudes, ein Viereck oder Fünfeck, muß gegen Umkanten und Formänderung gesichert werden. Für solche Hallen haben sich die von Schweddler zuerst ausgeführten Gelenkbogen als Binder außerordentlich bewährt und sind in allen Ländern eingeführt. Die Gelenkbogen haben zwei Gelenke in den Kämpfern und unter Umständen noch ein drittes Gelenk, gewöhnlich im Scheitel. Neuestens hat die Maschinenbau-Gesellschaft Augsburg-Nürnberg sich den Viergelenkbogen patentieren lassen und mehrfach ausgeführt. Der Viergelenkbogen verwandelt sich bei Bedarf selbsttätig in einen Dreigelenkbogen.

Wichtig ist die Höhenlage der Kämpfergelenke, die fast stets beide gleich hoch liegend angeordnet werden. Es ist vorteilhaft, die Kämpfergelenke möglichst tief zu legen, damit die schiefen Kämpferkräfte gut in das Fundament geführt werden. Aus praktischen Gründen (Aufstellungs-Rücksichten) hat man aber bei Luftschiffhallen mehrfach die Kämpfer verhältnismäßig hoch gelegt. Das ist natürlich zulässig, wenn man die stützenden Pfeiler in den Stand setzt, die Kämpferkräfte aufzunehmen. So liegen die Kämpfer bei der Luftschiffhalle in Tegel 17 m über dem Fußboden bei 25 m lichter Weite des Mittelschiffs, 5,5 m Breite jeden Seitenschiffs, 25 m lichter Höhe. Auch der mit einem Preise ausgezeichnete Entwurf, welcher bei der IIa von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg eingereicht war, hatte Kämpfergelenke in 12 m Höhe über dem Fußboden.

Der Bedarf für die Pfetten spielt beim Materialverbrauch eine große Rolle. Ersparnis an den Pfetten kann für die Wirtschaftlichkeit des Bauwerks entscheidend sein. Große Ersparnisse sind möglich durch Ausbildung der Pfetten als Auslegerträger (Gerbersche Gelenkträger). Für die großen Bahnhallen der Neuzeit ist die erwähnte Pfettenanordnung geradezu typisch geworden; sie empfiehlt sich auch für die Luftschiffhallen. Dabei werden die Dachbinder zweckmäßig als Doppelbinder hergestellt, über welche die Pfetten hinweggeführt werden. — Zu beachten ist auch, daß der Winddruck die lotrecht gestellten Pfetten sehr ungünstig beeinflusst, während die winkelrecht zur Dachfläche angeordneten Pfetten durch Eigengewicht und Schneelast u. U. noch ungünstiger beansprucht werden. Auch aus diesem Grunde ist flache Dachneigung wirtschaftlich, weil bei dieser die Pfetten nur geringe Inanspruchnahme durch Winddruck erfahren. Im Materialverbrauch drückt sich dieser Umstand sehr deutlich erkennbar aus.

Für die Beleuchtung der Halle gelten die für Werkstätten üblichen Grundsätze. —

Bei der oben empfohlenen Konstruktion der Pfetten als Gerberscher Gelenkträger wird man abwechselnd jedes zweite Feld mit Windverkreuzung versehen, und zwar je das Feld mit den Auslegerträgern; das Feld mit den eingehängten Kuppelträgern erhält keine Windkreuze. — Die etwaige geschlossene Giebelwand wird grundsätzlich ähnlich konstruiert wie die sogenannten Schürzen der Bahnhallen. Besondere Schwierigkeit machen die gegen diese großen Flächen ausgeübten Winddrücke. Für die Überleitung dieser in die Grundmauern der Binder

sind in den Endfeldern zwischen den Bindern kräftige Windverstrebenungen anzubringen. — Die Bedingungen für die Toranlage sind aus der unten folgenden Besprechung der vorliegenden Lösungen ersichtlich.

Endlich ist noch die Frage des Baustoffes zu besprechen. Eisen ist für die vorliegende Aufgabe das natürliche Material; aber auch das Holz tritt in einen ausichtsreichen Wettbewerb ein. Der Verfasser dieses Berichtes hat bereits im Jahre 1897 in der ersten Auflage seiner Dachkonstruktionen (einem Teile des Handbuchs der Architektur) eine Lanze für die hölzernen Fachwerksbogen eingelegt; diese Konstruktion schafft sich neuerdings immer mehr Eingang. — Beachtenswert ist, daß die Feuergefährlichkeit dieser Hallen bei sonst richtiger Anordnung nicht wesentlich größer ist als die der Eisenhallen; insbesondere hat die Erfahrung erwiesen, daß starke Hölzer nicht leicht brennen. — Auch Eisenbeton ist für die Luftschiffhallen vorgeschlagen; es ist anzunehmen, daß er ebenfalls in ernsten Wettbewerb eintritt.

Die eingereichten Entwürfe. Für den Hallen-Wettbewerb dieser Gruppe waren fünf Entwürfe eingereicht, deren Hauptbaustoff Holz war, zwei Entwürfe mit Eisen als Hauptbaustoff.

a) Hallen in Holz.

Entwürfe hatten eingesendet:

1. Prüßsche Patentwände, G. m. b. H., Berlin.
2. Freiburger Bauunternehmen, Alfr. Hasché.
3. Artur Müller, Land- und Industriebauten, A.-G. Berlin-Charlottenburg.
4. Deutscher Scheunen- und Hallenbau C. v. Hövel, Düsseldorf. Entwurf A und Entwurf B.
5. Gesellschaft für Ausführung freitragender Dachkonstruktionen in Holz, System Stephan, G. m. b. H., Düsseldorf. Entwurf A und Entwurf B.

b) Hallen in Eisen.

6. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., Werk Gustavsburg.
7. Hilgers, Rheinbrohl.

a) Holzhallen.

Preisgekrönte Entwürfe der Gesellschaft Stephan.

Die Entwürfe der Gesellschaft Stephan in Düsseldorf erhielten den ersten Preis in dieser Gruppe; die beiden nachstehend als Type I und Type II bezeichneten Entwürfe unterschieden sich nur in Nebendingen voneinander. Die Hauptträger sind „Stephanträger“. (Fig. 32 und 33.)

Die Stephanträger sind hölzerne Fachwerksbogen, mit aus Holz hergestellten Gurtungen und Holzgitterwerk; sie werden als Bogenträger mit drei Gelenken, mit zwei Gelenken, unter Umständen auch als gelenklose Bogenträger ausgeführt. Auch mit Zugstange stellt man sie her. Die hier vorgeschlagenen Hauptträger der Type I sind Spitzbogenträger mit zwei Kämpfergelenken und einem Scheitelgelenk; außerdem ist über dem erforderlichen freien Lichtraum ein Zug-

band angeordnet. Somit sind die Träger einfach statisch unbestimmt. Die Kämpfer liegen sehr tief, 1,5 m über dem Fußboden, was statisch vorteilhaft ist; die Trägerform schmiegt sich der Form des Luftschiffs, dessen Durchmesser 25 m beträgt, an, doch bleibt noch Raum für Unterbringung von Reparaturwerkstätten, Vorratsräumen und dergleichen. — Die Type II hat Kreisbogenbinder, welche sich gleichfalls dem Ballonquerschnitt genau anschmiegen und sich auf 10 m hohe Binderstützen setzen: In dieser Höhe liegen die Kämpfergelenke der hier vorgeschlagenen

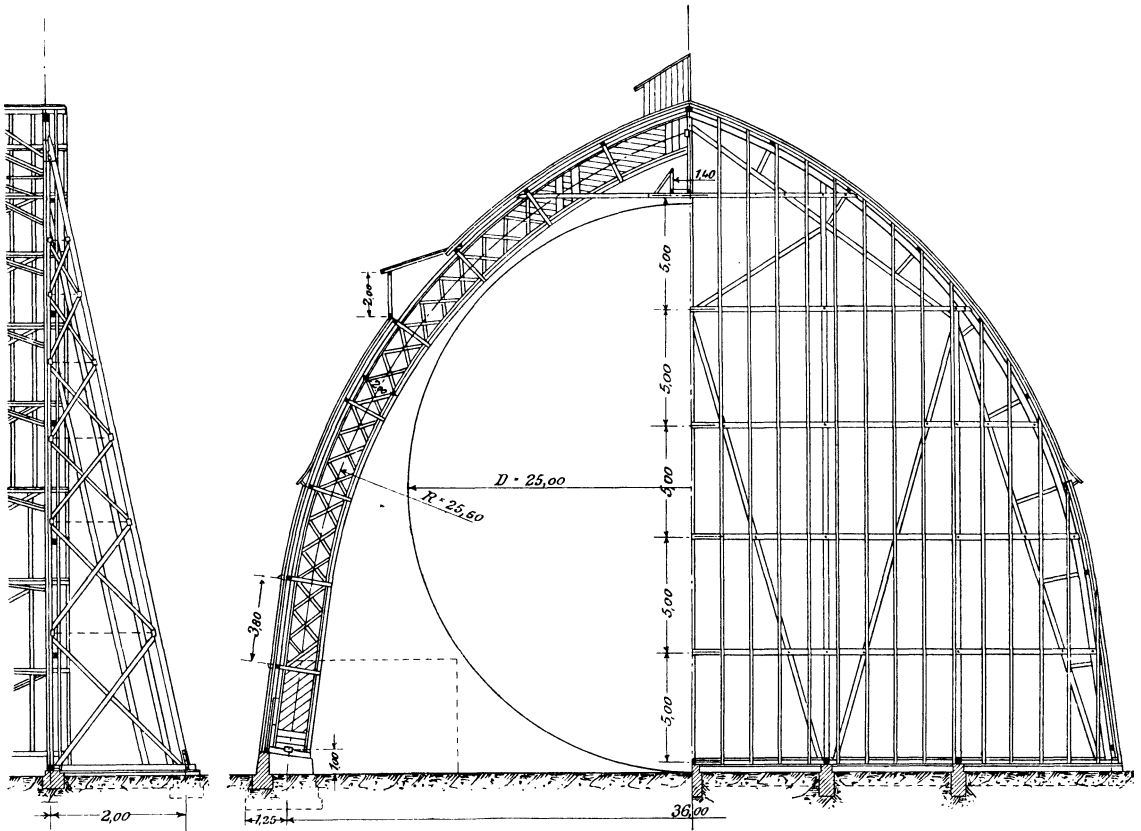


Fig. 32. Querschnitt der Halle Type I der Gesellschaft Stephan. M. 1/300.

Zweigelenkbogen. Das Holzmaterial für die Bogenbinder ist scharfkantig geschnitten wie auch dasjenige der Type I; dagegen sind bei Type II die Gurtungen der Binderpfeiler aus Rundhölzern gebildet, der Kostenersparnis halber; die Verstrebungen der Pfeiler sind aber scharfkantig geschnitten. — Die Entlüftung findet bei beiden Typen durch Dachreiter, die Belichtung durch seitliche Dachhauben und Fenster in den Seitenöffnungen statt. Seitenwände und Dach sind bei beiden Entwürfen mit 23 bis 24 mm starken Brettern verschalt, die hintere, feste Giebelwand ist in Fachwerk für Wandverschalung gedacht und mit hölzernen Strebepfeilern versehen. — Damit man Reparaturen am Ballon vornehmen kann, ist oben eine Laufbrücke an die Dachbinder gehängt, welche auf die ganze Länge der Halle durchläuft. —

Auf die Anordnung der Tore kann hier sogleich eingegangen werden, da dieselbe sich schon wegen des Baustoffes wesentlich von der bei den eisernen weiterhin zu besprechenden unterscheidet.

Die Tore und deren Bewegung.

An der Giebelseite der Halle, an welcher Ein- und Ausfahrt der Luftschiffe erfolgt, sind rechts und links Holztürme angebaut; in diese werden die Holztore beim Öffnen eingeschoben. Die Holztore bestehen aus zwei dreiteiligen Torflügeln; diese Torflügel, je 4,3 m in der Ansicht breit, 1,5 m stark in der Längsrichtung der Halle

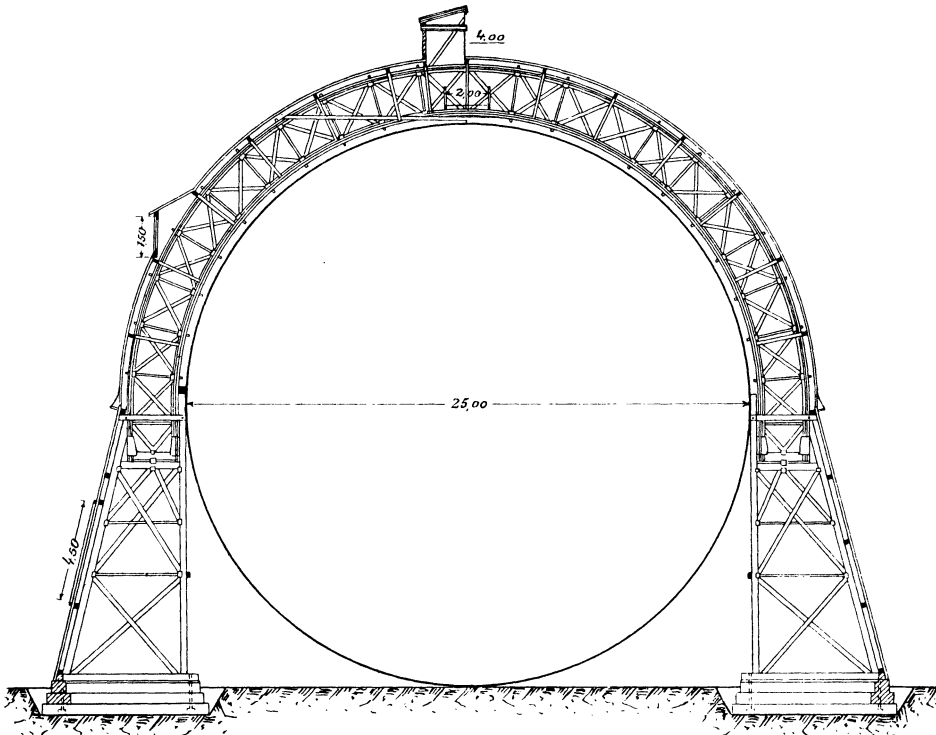


Fig. 33. Querschnitt der Halle Type II der Gesellschaft Stephan. M. 1/300.

gemessen, haben vier als Fachwerkwände ausgebildete Umfangswände; sie laufen mittels je zweier unten angebrachter Laufrollen auf in Beton verlegten Laufschienen, welche die ganze Torlast tragen. Oben sind die Torteile nur durch Schienen und Leitrollen geführt. Die drei Teile einer jeden Torhälfte werden nach links bzw. rechts so verschoben, daß sie sich zwangsläufig jalousieartig hintereinanderlegen. Alles erfolgt ohne Weichenstellung, ohne bewegliche Schienenteile, so daß Störungen möglichst ausgeschlossen sind. Die Vorrichtung ist von der Firma zum Patent angemeldet. Jeder Torteil kann bequem von einem Arbeiter verfahren werden. Die beiden Tortürme rechts und links der Einfahrt, in welche die Tore geschoben werden, sind oben durch eine Laufbrücke verbunden, welche auch die obere Torführung übernimmt. (Fig. 34 und 35.)

Die Gesamtkosten der Type I (Spitzbogenform) sind einschließlich der Betonfundamente, Tortürme und Tore bei 75 Meter Länge (à 720 M.) zu 82 815,0 M. veranschlagt, d. h. abgerundet zu 27 M. für das Flächenmeter überdeckter Fläche. Bei Type II mit Kreisbogenbindern sind die Kosten ebenfalls bei 75 Meter Länge (à 620 M.) etwas geringer, 75 700 M., ebenso berechnet wie Type I. In diesen Summen sind die Tortürme, die Torflügel nebst den Bewegungseinrichtungen fertig montiert

mit 25 200 M. enthalten, außerdem die Betonfundamente nebst Verankerungen mit bzw. 3615,0 und 4000 M.

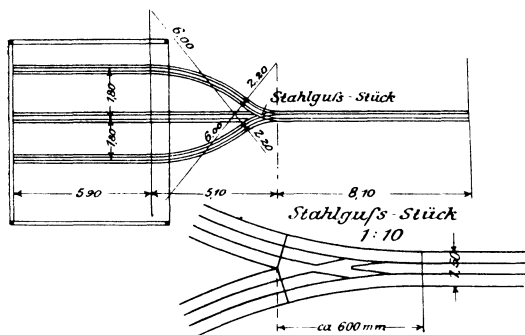


Fig. 34. Untere Torführung bei den Stephanschen Entwürfen.
M. 1/300.

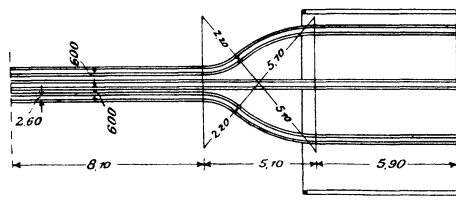


Fig. 35. Obere Führungsschiene bei den Toren der Stephanschen Entwürfe.
M. 1/300.

Die Entwürfe für Holzhallen, welche außerdem eingereicht waren, wiesen ebenfalls Holzbinder auf, teils als steife, eingespannte Rahmen, teils als Dreigelenkbogen. Nachstehende Tabelle (S. 168) gibt über die Hauptdaten Auskunft.

b) Eisenhallen.

Preisgekrönter Entwurf der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., Werk Gustavsburg.

Die in Fig. 36 im Querschnitt dargestellte Halle hat 152,0 m Länge, 25 m lichte Breite, 25 m lichte Höhe, 36 m gesamte Breite, 28 m Firsthöhe und 8,0 m Binderabstand. Die Halle ist genügend groß, um ein Luftschiff der zurzeit üblichen größten Abmessungen aufnehmen zu können. Da auf möglichst billige Herstellung Gewicht gelegt wurde, ist jeder überflüssige Raumaufwand vermieden. Die Binder sind Drei- (oder Vier-) Gelenkbogen, deren Kämpfgelenke 12 m hoch über Hallenfußboden auf unten eingespannten Eisenrahmen ruhen. Die Anordnung der Stäbe weist weitmaschiges Fachwerk auf, so daß

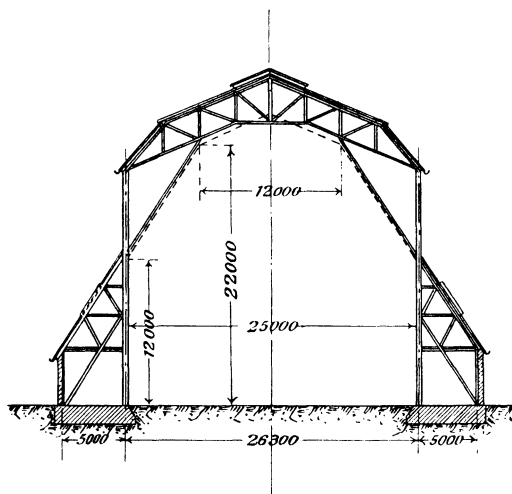


Fig. 36. Querschnitt des Entwurfes der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg. M. 1/600.

Ifd. Nr.	Verfasser des Entwurfs	Länge m	Lichte		Gesamte Breite m	Höhe bis First m		Binderabstand m	Binder-system	Fenster-Fläche qm	Halle lfd. Meter	Baukosten einschl. Gründung Mark					
			Breite m	Höhe m		Traufe m	First m					gesamte ausschl. Tore	f. d. lfd. m Halle ausschl. Tore	f. d. qm Grundfläche ausschl. Tore	f. d. cbm umbauten Raum ausschl. Tore		
1.	Prüfische Patentwände, G. m. b. H., Berlin	120	unten 17,85 mitten 23,5 oben 12,3 (4,0)	25,8	29,0	12,1 13,2	29,45	8,00	Steife Rahmen: ein-gespannt	4,2	—	1083	—	37,40	—	1,58	
2.	Freiberger Bauunternehmen Alfred Hasché	80	23	24,0	28,0	20 schwach geneigte Außenwände	26	8,00	Berechnet als Dreigelenkbogen	5,5	48000	600	775	21,5	27,7	0,95	1,23
3.	Artur Müller, Land- und Industriebauten, A.-G., Berlin-Charlottenburg	165	25,5	25,0	36,0	17,2 m Seitwände lotrecht mit vortretenden Strebe-pfeilern	27,0	5,0	Berechnet als Dreigelenkbogen	5,4	—	128700	—	—	—	1,25	—
4.	Deutscher Scheunen- und Hallenbau C. v. Hövel, G. m. b. H., Düsseldorf Projekt I Projekt II	80	23	24	35	22,5 Seitwände schwach geneigt	28,0	6,15	Berechnet als Dreigelenkbogen	2,2	60000	750	825	21,4	23,6	0,96	1,05
5.	Gesellschaft für Ausführung freitragender Dachkonstruktionen in Holz, System Stephan G. m. b. H., Düsseldorf Type I Type II	80 75,5 ohne Tor; Gesamt-Länge 83,0 wie bei I	23 33,8 unten; Durch-messer 25,0	24 25,0	20; eintl. Fuß-streben 35 38,6	18,20 —	27,2 20,6	10,0 7,5	wie oben; hölzerne Dreigelenk-pfetten Dreigelenkbogen mit Spann-stange	2,7 3,50	58500 57600	731 768	806 1036	25,2 20,4	28,0 26,7	— 0,92	— 1,24
			25,0	25,0	37,0	12,2	28,0	10,0	wie oben	3,5	50500	670	946	18,2	25,5	0,82	1,15

alle Kräfte auf kürzestem Wege in die Auflager bzw. das Grundmauerwerk geführt werden. Die neben dem Raum für das Luftschiff im untersten Gebäude-

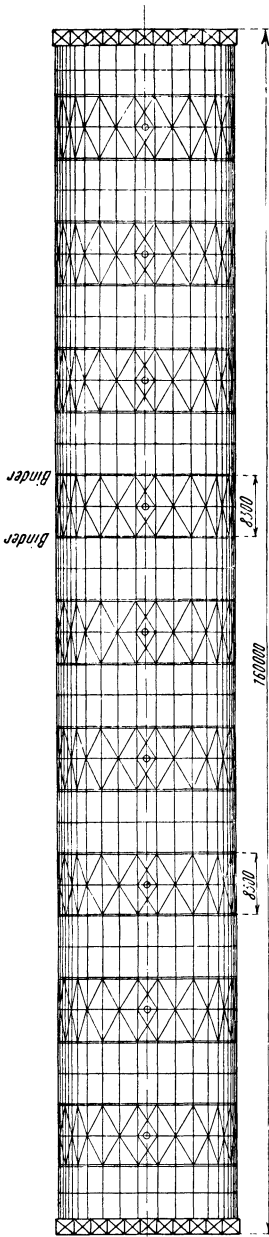


Fig. 37. Grundriß des Entwurfs der Akt.-Ges. vorm. J. Hilgers, Rheinbrohl.

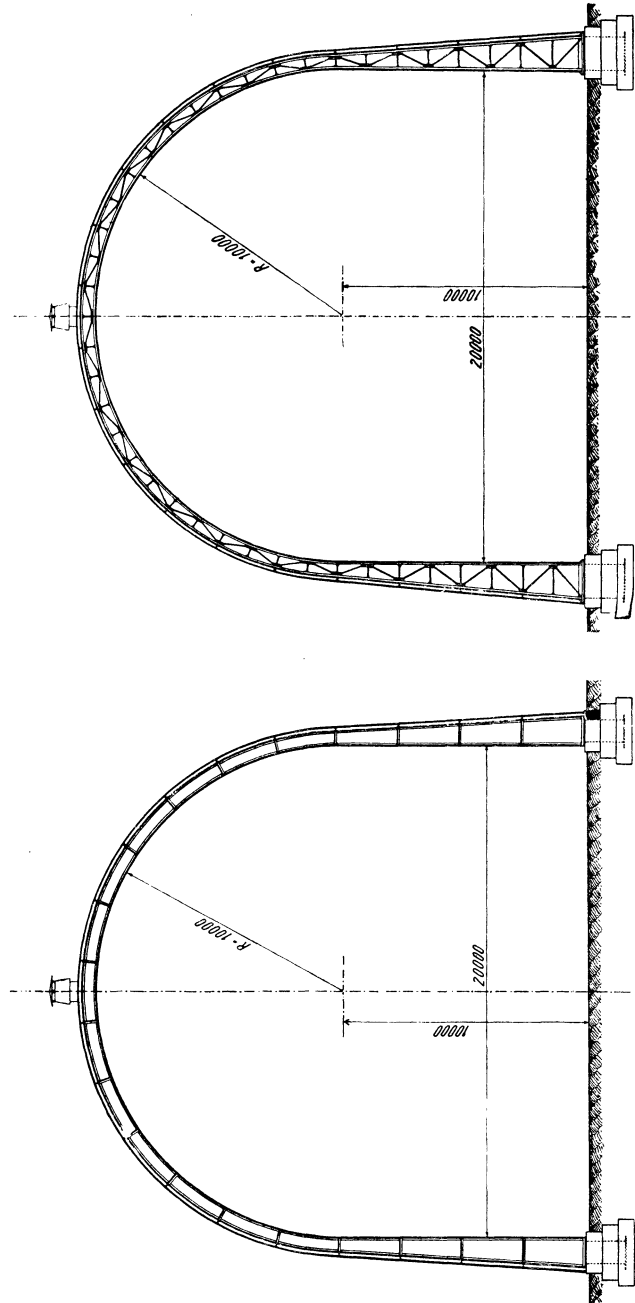


Fig. 39. Querschnitt der Variante des Entwurfs der A.-G. vorm. J. Hilgers, Rheinbrohl.

Fig. 38. Querschnitt des Entwurfs der A.-G. vorm. J. Hilgers, Rheinbrohl.

teil rechts und links verbleibenden Räume können Vorratskammern, Gasflaschenlager, Heizanlagen und dergl. aufnehmen. Nach außen werden diese Räume durch massive $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauern abgeschlossen. Die Eindeckung der Dächer

und die Verkleidungen der Wände und Tore sind Holzschalung auf Holzsparren, welche Eindeckungsart billig und isolierend gegen Wärme-Einflüsse ist. Gegen Feuer sind alle Holzteile imprägniert. Die Belichtung erfolgt durch einzelne First-Oberlichter sowie durch Fenster in den geneigten Dachflächen und zahlreiche Fenster in den massiven Außenwänden. Als Betriebseinrichtung sind einzelne durch die ganze Halle durchlaufende, an den Bindern aufgehängte Laufkatzensträger vorgesehen, fünf an der Zahl, außerdem zwei zwischen den Bindern im Dach eingebaute Laufstege, welche mittels einfacher, an den Giebeln vorgesehener eiserner Leitern zugänglich sind. — Auf die Toranordnung wird weiter unten eingegangen werden.

Entwurf der A.-G. für Verzinkerei und Eisenkonstruktion
vorn. Jakob Hilgers, Rheinbrohl (Fig. 37 bis 41).

Die Halle ist 160 m lang und schmiegte sich in ihrer Querschnittsform eng an die Form eines Luftschiffes von 20 m Durchmesser an. Die Binder sind in 8,3 m Abstand angeordnet, die Weite der Endfelder ist nur 7,65 m. Die Binder sind Dreigelenkbogenbinder, halbkreisförmig, deren Kämpfergelenke in Höhe des wagerechten Durchmessers, 10 m hoch über dem Hallenfußboden liegen. Es sind zwei Binderanordnungen vorgeführt: eine mit voller Wandung, Fig. 38, eine zweite mit Fachwerk, Fig. 39; die erstere erfordert etwas mehr Eisen, dürfte aber wegen des besseren ästhetischen Eindrucks vorzuziehen sein. Unterhalb der Kämpfer sind eiserne, im Grundmauerwerk verankerte Pfeiler. — Die Pfetten sind Gerbersche Gelenkträger; in der Mitte zwischen den Bindern, also in einem Abstand von 4,15 m, sind die Pfetten miteinander durch umlaufende Flacheisen verbunden, welche

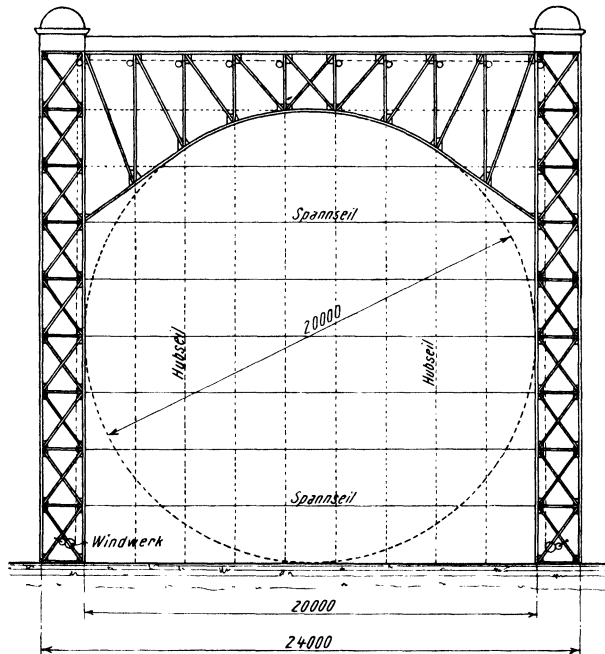


Fig. 40. Giebelverschluß bei dem Entwurf der A.-G.
vorn. J. Hilgers, Rheinbrohl.

beim Montieren seitliches Ausbiegen verhindern. — Eindeckung und Wandbekleidung sollen aus verzinktem Wellblech hergestellt werden; die Beleuchtung erfolgt durch Fenster, welche je 5,0 m mal 2,5 m groß in der Längswandfeldern angebracht sind.

Die Giebel sollen durch Segeltuchvorhänge verschlossen werden; sie haben je zwei Ecktürme, welche oberhalb der Einfahrtsöffnung durch obere Giebelträger miteinander verbunden sind (Fig. 40). Diese Giebelträger dienen haupt-

gelenkbogenbinder, halbkreisförmig, deren Kämpfergelenke in Höhe des wagerechten Durchmessers, 10 m hoch über dem Hallenfußboden liegen. Es sind zwei Binderanordnungen vorgeführt: eine mit voller Wandung, Fig. 38, eine zweite mit Fachwerk, Fig. 39; die erstere erfordert etwas mehr Eisen, dürfte aber wegen des besseren ästhetischen Eindrucks vorzuziehen sein. Unterhalb der Kämpfer sind eiserne, im Grundmauerwerk verankerte Pfeiler. — Die Pfetten sind Gerbersche Gelenkträger; in der Mitte zwischen den Bindern, also in einem Abstand von 4,15 m, sind die Pfetten miteinander durch umlaufende Flacheisen verbunden, welche

sächlich zur gegenseitigen Absteifung der beiden Ecktürme und weiter zum Tragen des Giebelvorhanges. — Die Aussteifung der Fläche gegen Winddruck wird durch wagrechte, stets straff gespannte Drahtseile bewirkt, das Aufziehen und Herablassen des Vorhanges geschieht vermittels lotrechter Drahtseile. Der Bericht sagt darüber: „Ein am unteren Ende jedes Hubseiles befindlicher Anschlag erfaßt beim Hochziehen nach und nach sämtliche an den horizontalen Seilen befindlichen Schleifen, so daß zum Schluß die einzelnen Bahnen des Segeltuches, fächerartig übereinander gelegt, sich in dem oberen Giebelfeld befinden und die Einfahrtsöffnung frei gelegt ist. Um das Durchhängen der Segeltuchbahnen samt Horizontalseilen zu verhüten sind in geringen Abständen dünne vertikale Hanfseile über die Tuchfläche gestreckt und mit dieser vernäht. In den Schlitzen der Giebeltürme laufen, wie Fig. 41 zeigt, auf vertikalen I-Schienen

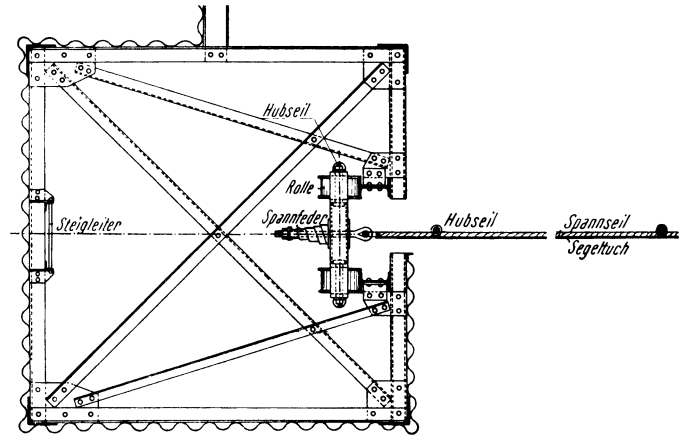


Fig. 41. Zum Giebelverschluß des Entwurfs der A.-G. vorm. J. Hilgers, Rheinbrohl.

Rollensätze, die ebenfalls durch Hubseile mit Anschlägen gehoben und gesenkt werden können. Die Befestigung der horizontalen Drahtseile an diesen Rollensätzen erfolgt durch Zwischenschaltung von sehr kräftigen Spannfedern, die nachstellbar sind und die Fläche stets in straffem Zustande erhalten. Durch diese Spannfedern wird einerseits das Hin- und Herschlottern bei schwachem Wind vermieden und dennoch bei starkem Wind ein so großer Durchhang der Fläche ermöglicht, daß sie dem Winddruck zu widerstehen vermag. — Jedes der einzelnen Hubseile wird oben über eine Leitrolle und dann horizontal nach dem nächsten Giebelturm geführt, wo sich sämtliche auf einer mit Rollen versehenen gemeinschaftlichen Leittrommel sammeln, um von da nach der am Fuße des Turmes befindlichen Windtrommel geleitet zu werden, die mittels Kurbelantrieb und Stirnräderübersetzung von der Innenseite des Gebäudes aus betrieben wird.“

Der Entwurf ist eine sehr anerkennenswerte Leistung.

Die Torkonstruktionen.

Es sind hauptsächlich die folgenden Konstruktionsarten bis jetzt ausgeführt bzw. vorgeschlagen:

1. Schiebetore mit seitlicher Parallelverschiebung der Tore.

Das Tor besteht aus zwei Hälften, die nach rechts und links auseinander geschoben werden. Eine solche Konstruktion weist die von L. Bernhard in Metz

gebaute Halle auf, bei welcher jede Torhälfte 20 bis 25 m breit, 25 m hoch ist. Fig. 42. Jede Hälfte läuft mittels fünf Rollen auf Eisenbahnschienen und hat oben, in 25 m Höhe wagerechte Führungen. Vorteil dieser Konstruktion ist die Einfachheit. Nachteile sind die erforderlichen, seitlich weit ausladenden Führungs-

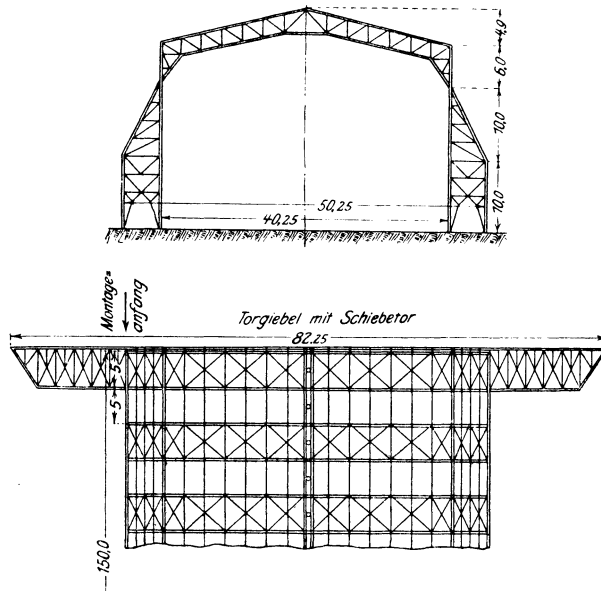


Fig. 42. Luftschiffhalle in Metz.

gerüste und Stützpfeiler mit schweren Fundamenten; dadurch wird Bauplatz und erheblicher Aufwand an Eisenkonstruktion nötig. Auch können die Führungsgerüste gefährlich werden, wenn sich z. B. ein vom Ballon herabhängendes Seil verfängt. — Wenn möglich, sollte man alle störenden über die Halle hinausragenden Führungsgestänge vermeiden.

2. Tore mit Parallelverschiebung einzelner Teile und nachheriger Drehung derselben.

Die von Ernst Meier in Berlin beim Wettbewerb für die Zeppelin-Halle in Friedrichshafen vorgeschlagene und auf der Ila ausgestellte Halle zeigt diese Tor-konstruktion. Das ganze Tor ist nach Fig. 44 in 5 Teile zerlegt von je 9 m Breite. An der einen Ecke der Halle ist eine Drehscheibe angebaut, auf welcher die 9 m breiten Teile um 90° gedreht werden können. Diese Teile werden nacheinander auf die Drehscheibe geschoben, mit dieser um einen rechten Winkel gedreht und nunmehr in eine

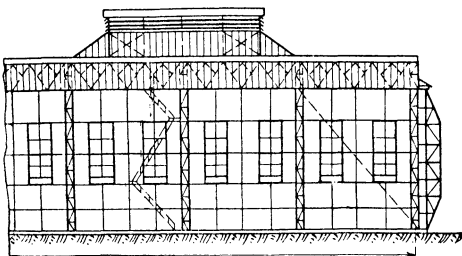


Fig. 43. Halle von Ernst Meier, Berlin.
Ansicht.

Lage geschoben, welche der Längswand der Halle parallel ist. Unten sind Lauf-, oben Führungsrollen. Vorteile sind: das Fortfallen der weit seitlich ausladenden Führungsrahmen und das geringe Gewicht der einzelnen zu bewegendenden Teile. Der Antrieb ist elektrisch, kann aber auch von Hand erfolgen.

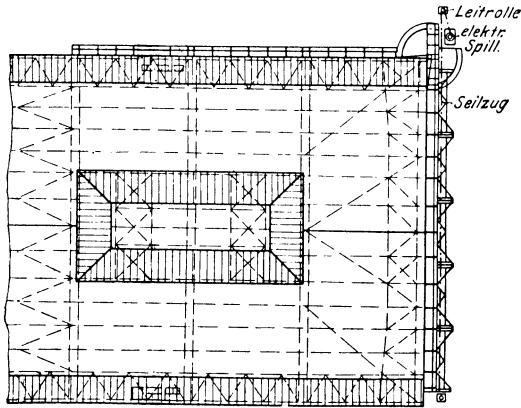


Fig. 44. Draufsicht.

Halle von Ernst Meier, Berlin.

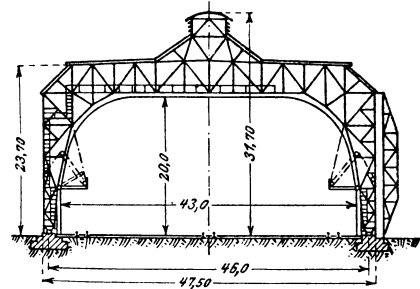


Fig. 45. Querschnitt.

3. Drehtore.

Die Drehtore geben die Möglichkeit, den einfahrenden Luftschiffen durch die geöffneten Tore Seitenwindschutz zu gewähren, welcher Vorteil aber nicht auf die Drehtore beschränkt ist. Nach Ansicht und der Erfahrung der Maschinenbau-Gesellschaft Augsburg-Nürnberg sind Drehtore für Hallen bis zu 25 m Breite ausführbar; die Drehtore sind in der Hallenmitte geteilt (Fig. 46, 47).

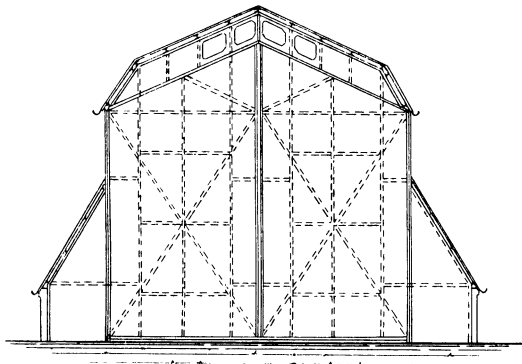


Fig. 46. Drehtor der
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg,
Werk Gustavsburg.

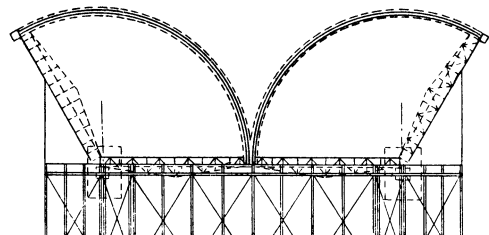


Fig. 47. Drehtor der Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavs-
burg. Grundriß. 1/600.

Die genannte, ausgezeichnete Anstalt vermeidet grundsätzlich alle störenden, über die Halle hinausragenden Gestänge. Zu diesem Zwecke werden die einzelnen Tortafeln in der Diagonale ausgesteift; dadurch wird ein stabiles Tor erhalten, da die beiden freien Ecken der Tortafel durch die entsprechend ausgebildeten Diagonalen gestützt werden. Der Antrieb jeden Torflügels liegt in der inneren, unteren Ecke; dieser Eckpunkt ist also durch die in die Zahnstange eingreifenden Zahnräder gehalten. Ferner ist die äußere Torkante, um welche die

Drehung erfolgt, als fest anzusehen. Die erste Diagonale, welche den äußeren oberen Eckpunkt mit dem inneren unteren Eckpunkt verbindet, ist also ein Balken auf zwei Stützen für die normal zur Tor-Ebene wirkenden Kräfte. Die zweite Diagonale stützt sich auf die äußere untere Ecke und in der Mitte ihrer Länge auf die erste Diagonale; auf die andere Hälfte ihrer Länge kragt sie über und muß hierfür genügend stark konstruiert werden. — Der Antrieb erfolgt an der unteren, inneren Ecke mittels Motors oder Handbetriebs, der auf ein Zahnradgetriebe wirkt. Zahnräder greifen in die kreisförmige Zahnstange, der lotrechte Druck wird durch glatte Radlaufflächen auf eine glatte Laufschiene übertragen. Fig. 46 und 47 zeigen diese Anordnung des Drehtors grundsätzlich.

4. Gleittore.

Das Gleittor der Maschinenbau-Gesellschaft Augsburg-Nürnberg ist in Fig. 48 dargestellt; auch hier sind freie, über das Gebäude vortretende obere Torbahnen und hohe Anlegefosten vermieden. — Das Tor ist in der Hallenmitte geteilt. Bei der

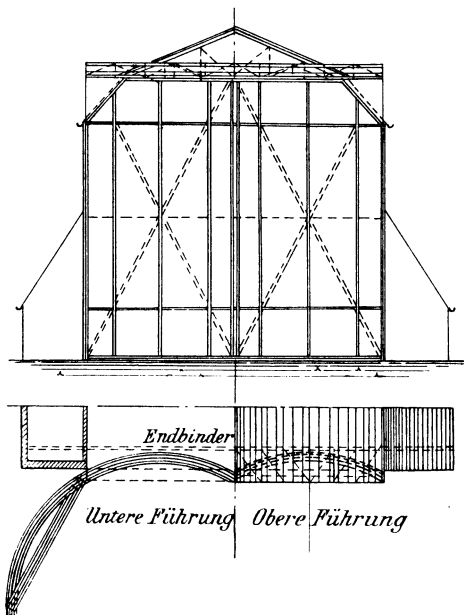


Fig. 48. Gleittor der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg. Ansicht und Grundriß. M. 1/600.

Auch hier ist das ganze Tor in zwei Torhälften geteilt, aber jede Torhälfte besteht aus zwei Flügeln, einem drehbaren und einem faltbaren. Der Drehflügel einer Torhälfte liegt außen und ist an dem Endpfosten der Längswand in Drehzapfen und Angeln gelagert. An die innere Kante des Drehflügels schließt der faltflügel mittels Zapfen und Angeln an. In der Faltkante ist unten eine Rollenlagerung, welche sich auf der kreisförmigen Führung bewegt, die durch den Drehflügel bedingt ist. Hier liegt der Antrieb. Das andere, untere Ende des faltflügels (auf Hallenmitte) ist auf Rollen gelagert, die durch Spur-

Bewegung des Tores sind Tragrollen hauptsächlich in der äußeren unteren und der inneren oberen Torecke eines jeden Flügels erforderlich. Obere Führung ist für jede Torhälfte nur auf die betreffende Gebäudehälfte nötig, die untere Ecke ist in der unteren Bahn geführt: so ist wieder die von unten außen nach oben innen laufende Diagonale ein in jeder Torstellung ausreichender Balken auf 2 Stützen. Die untere innere Torecke ist noch durch eine leichte Führung gesichert, um die kleinen Differenzlasten aufzunehmen. Die Steifigkeit ist auch hier durch die kräftigen Diagonalen erreicht.

5. Doppelfaltdrehtore

sind von der Maschinenbau-Gesellschaft Augsburg-Nürnberg für Hallen von großen Breiten zum Patent angemeldet.

kränze auf einer Schienenbahn seitlich geführt sind. Diese Schienenbahn verläuft mit einer Übergangskurve aus der Hallenmitte in eine zur Binderebene ungefähr parallele Linie. Eine entsprechende, wagerechte Führung ist auch am oberen Ende des Torflügels angebracht. Erfolgt nun der Antrieb, so dreht sich der Drehflügel um seine feste Achse, die mit dem faltflügel zusammenhängende Kante des Drehflügels bewegt sich auf der vorgeschriebenen kreisförmigen Bahn, das andere Ende des faltflügels (das nach der Tormitte zu liegt) verschiebt sich auf den parallelen, oben und unten liegenden Führungen. In der Endstellung liegt der faltflügel dicht am Drehflügel, beide in der Verlängerung der Längswand den ganzen lichten Hallenraum freigebend bzw. trichterartig erweiternd.

In der dritten Gruppe

c) Bahntransportfähige Ballonhallen

konnte von dem Preisgericht kein Preis erteilt werden. Es kann deshalb von einer Besprechung hier abgesehen werden.

c) Gummiballons.

Von

Dr. O. Tetens-Lindenberg.

Die Leitung der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung betrachtete es von vornherein als ihre Aufgabe, durch Ausschreiben von Wettbewerben aller Art zur Vervollkommnung der verschiedensten Zweige der Luftschiffahrtstechnik beizutragen. Im Auftrage der Wissenschaftlichen Kommission wandte sich daher bereits im April 1909 der Vorsteher der meteorologischen Abteilung des Physikalischen Vereins zu Frankfurt, Herr Dr. Linke, an den Direktor des Königl. Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg, Herrn Geheimrat Professor Dr. Aßmann, mit der Bitte, ein Preisausschreiben für Gummiballons zu entwerfen, da dieser die Technik der Gummiballons im Jahre 1901 ins Leben gerufen hat. Geheimrat Aßmann erfüllte diese Bitte mit besonderem Interesse, und die wissenschaftliche Kommission der Ausstellung erließ auf Grund seines Entwurfes das folgende Preisausschreiben für Gummiballons, das wir nach dem Wortlaut in der Ila-Wochenrundschau, Nr. 1, wiedergeben:

Preisausschreiben für Gummiballons.

Zwecks tüchtigster Vervollkommnung der von Geheimrat Dr. Aßmann im Jahre 1901 erfundenen Gummiballons soll ein internationaler Preisbewerb stattfinden, in dem eine goldene (als erster Preis) und eine silberne Medaille (als zweiter Preis) denjenigen Fabriken zuteil wird, die die besten Gummiballons liefern.

Als der beste wird derjenige Gummiballon erklärt werden, der

1. bei der Ausdehnung auf das 1,5 fache seines natürlichen Durchmessers die geringsten Asymmetrien zeigt;
2. bei einer Plattendicke von 0,066 mm ($\frac{1}{15}$ mm) die geringste Anzahl von Löchern erkennen läßt;
3. mit Wasserstoffgas bis zu einer Plattendicke von $\frac{1}{30}$ mm (0,033) gefüllt, nach Verlauf von 3 Stunden den geringsten relativen Auftriebsverlust erleidet;
4. beim Platzen die geringste Plattendicke hat.

Von jedem Bewerber, der sich bis zum 1. August 1909 bei der Internationalen Luftschiffahrt-Ausstellung angemeldet haben muß, sind je 3 Ballons derselben Qualität und Größe einzuliefern, deren Durchmesser bei einer Plattendicke von mehr als 0,6 mm nicht größer als 500 mm, bei solchen von mehr als 0,4 mm Plattendicke nicht größer als 750 mm, bei mehr als 0,2 mm Plattendicke nicht größer als 1200 mm sein darf. Größere Ballons können nicht geprüft werden.

Der Füllansatz der Ballons von weniger als 200 mm Durchmesser muß eine lichte Weite von 20 mm, von allen größeren Ballons aber von 50 mm haben.

Der natürliche Durchmesser des Ballons wird aus der Menge der Luft ermittelt, die nötig ist, um den Ballon so weit zu füllen, daß ein eingeschaltetes Wassermanometer einen Druck von höchstens 5 mm Wassersäule anzeigt.

Die Plattendicke wird ermittelt, indem man aus dem so festgestellten Durchmesser den Flächeninhalt berechnet und unter Zugrundelegung des mittleren spezifischen Gewichtes reinen Paragummi von 0,935 und des Ballongewichtes das Gewicht eines Quadratmeters der Hülle bestimmt, wobei für Füllansatz, Verstärkungsflansch und Schlaufen ein Gewichtsabzug von 4 % bei Ballons von weniger als 400 mm Durchmesser, 3 % bei solchen von 401 bis 900 mm, und 2 % bei solchen über 900 mm Durchmesser zu machen ist.

Aus der durch einen Gaszähler gemessenen Luftmenge, welche erforderlich ist, um den Ballon zum Platzen zu bringen, wird der Enddurchmesser und daraus die Enddicke der Platte (die „Platzdicke“) bestimmt.

Preisrichter:

Die nachstehend genannten Herren sind gebeten worden, das Amt eines Preisrichters zu übernehmen.

Geheimrat Aßmann, Lindenberg (Beeskow).

Geheimrat Hergesell, Straßburg i. Elsaß.

Geheimer Admiralitätsrat Köppen, Hamburg (Seewarte).

Dr.-Ingenieur Prinzhorn, Hannover.

Dr. Linke, Frankfurt.

Preise:

Entsprechend dem Vorschlag des Preisgerichts gelangten ein erster und zwei zweite Preise zur Verteilung.

1. Preis für „beste“ Leistungen: Continental-Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie, Hannover.
2. Preis für „gute“ Leistungen:
 - a) Gummifabrik S. Saul, Aachen.
 - b) Mitteldeutsche Gummifabrik Louis Peter, A.-G., Frankfurt a. M.

Die Gummiballons.

Der Zweck, für den die bei dem vorliegenden Preisausschreiben in Frage kommenden Gummiballons von ihrem Erfinder bestimmt worden sind, ist allerdings zunächst ein rein wissenschaftlicher. Bis jetzt sind wenigstens die Gummiballons

für bemannte Fahrten nicht in Betracht gekommen. Vielmehr dienen sie dazu, die Zustände in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre zu erforschen, indem sie entweder Registrier-Apparate zur Gewinnung meteorologischer Aufzeichnungen mitbekommen oder auch ohne solche Instrumente hinaufgesandt werden, um durch die von ihnen eingeschlagene Bahn mit ihren vielfachen Windungen und Schleifen, wie sie durch Theodolitverfolgung von einem oder mehreren Punkten der Erdoberfläche aus festzustellen sind, die Richtung und Stärke des Windes in den verschiedenen Höhen zu ermitteln. Durch diese in den letzten Jahren immer intensiver betriebenen Untersuchungen erhält die Meteorologie eine wesentliche Bereicherung und Hebung. Aber auch die praktische Luftschiffahrt zieht nicht nur indirekt durch diese Förderung der Meteorologie, sondern vielfach unmittelbar Nutzen aus den Gummiballons, indem sowohl die Führer von Freiballons als auch von Motorluftschiffen vor der Auffahrt Pilotballons aufsteigen lassen, die ihnen die wertvollsten Aufschlüsse für ihre Fahrt geben. Denn sie entnehmen den Pilotballons die Antwort auf die Fragen: Darf ich den beobachteten Luftströmungen zufolge aufsteigen? Und wenn ja, kann ich mein Ziel überhaupt erreichen, und in welchen Höhen werde ich mich am zweckmäßigsten halten müssen?

Nicht nur der Fachmeteorologe, sondern jeder praktische Luftschiffer hat somit ein besonderes Interesse an der Vervollkommnung der Gummiballontechnik. Welche Eigenschaften sind es nun, die diese Ballons besonders zeigen müssen, um sie zu den gedachten Zwecken brauchbar zu machen?

Während die gewöhnlichen Ballons aus gefirnißter Seide oder Baumwolle oder aus Geweben, die mittels Gummi gedichtet sind, beim Aufsteigen mit offenem Füllansatz keine Vergrößerung erfahren, sondern ihr Volumen beibehalten, dehnen sich die hier in Frage stehenden Gummiballons beständig aus, bis sie den höchsten Punkt ihres Fluges erreicht haben. Sie werden nämlich nach der Füllung verschlossen, da die Elastizität ihrer Hülle dem eingeschlossenen Gase die Ausdehnung in demselben Verhältnis gestattet, in dem die den immer höher steigenden Ballon umgebende Luft dünner und dünner wird. Wollte man einen der gewöhnlichen Ballons verschlossen aufsteigen lassen, so würde er sehr bald zum Platzen kommen, da seine Hülle den mit der zunehmenden Verdünnung der umgebenden Luft beständig zunehmenden inneren Überdruck nicht mehr zu ertragen vermöchte. Als erste Forderung ist daher in dem Preisausschreiben eine möglichst nach allen Seiten gleichmäßige Elastizität der Gummihülle aufgestellt worden, so daß die guten Gummiballons bei der als erste Phase der Prüfung vorgesehenen Ausdehnung ihres Durchmessers durch eine Gasfüllung auf das eineinhalbfache der natürlichen Größe eine möglichst geringe Asymmetrie aufweisen müssen.

Wie alle zum Aufsteigen bestimmten Ballons haben auch die zur Prüfung gelangenden Gummiballons das hineingefüllte leichte Gas möglichst lange zu halten, damit sie den durch sein geringes spezifisches Gewicht im Verhältnis zur atmosphärischen Luft geschaffenen Auftrieb bewahren. Als zweite Forderung stellt daher das Preisausschreiben die Aufgabe, Gummiballons möglichst frei von Löchern herzustellen. Da sich die Gummiballons beim Aufsteigen in Höhen von 20 bis 30 Kilometern ganz außerordentlich vergrößern, muß nicht nur gefordert werden, daß ihre Hülle in der ursprünglichen Ausdehnung keine wesent-

lichen Löcher aufweist, sondern daß sie auch bei stark vergrößerter Oberfläche keine erkennen läßt. Bei der Herstellung der Gummiballons erfordert es ganz besondere Vorsichtsmaßregeln, Staubkörnchen und dergleichen Verunreinigungen fern zu halten. Haben sich solche dennoch nicht gänzlich vermeiden lassen, so ist einleuchtend, daß sie bei stärkerer Verdünnung der Ballonhülle, in die sie eingebettet sind, allmählich lockerer werden und herausfallen müssen, wodurch dann bei noch weiterer Ausdehnung wachsende Löcher im Ballon entstehen. Das Preisausschreiben sieht deshalb vor, daß die Untersuchung auf Löcher nicht bei der natürlichen Größe des Gummiballons vorgenommen werden sollte, sondern daß der Ballon dazu so weit aufzublasen sei, bis seine Wanddicke auf $\frac{1}{15}$ Millimeter herabgemindert wäre.

Der Auftrieb des Ballons wird aber nicht nur dadurch verringert, daß das leichte Gas aus dem Innern durch derartige Löcher entweichen kann, die überdies als Ausgangspunkte für vorzeitiges Zerreißen der Hülle zu dienen vermögen, sondern die Ballonhülle selbst besitzt auch eine gewisse Durchlässigkeit, so daß allmählich auch bei Abwesenheit von Löchern Füllgas durch sie hinaus und dafür atmosphärische Luft durch sie hinein in den Ballon diffundieren kann. Das Preisausschreiben stellt daher als *dritte Forderung*, daß die Gummiballons, mit Wasserstoffgas bis zu einer Wanddicke von $\frac{1}{30}$ mm gefüllt, nach Verlauf von drei Stunden einen möglichst geringen Auftriebsverlust erleiden. Wegen der Feuergefährlichkeit, die eine derartige Prüfung mit Wasserstoffgas in der Ausstellungshalle mit sich gebracht hätte, mußte auf die buchstäbliche Durchführung dieses Punktes verzichtet werden. Es wurde statt dessen eine übrigens auf die Dauer einer Stunde herabgesetzte Prüfung mit einer Füllung von atmosphärischer Luft gewählt. Der Ballon wurde dazu so weit gefüllt, bis sich die Ballonhülle auf eine Wanddicke von $\frac{1}{15}$ mm ausgedehnt hatte.

Wie die drei bis jetzt besprochenen Forderungen, so hat auch insbesondere die vierte den Zweck vor Augen, den Gummiballon beim Aufsteigen in möglichst große Höhen hinaufdringen zu lassen. Das Aufsteigen nimmt dem gewöhnlichen Verlaufe nach damit ein Ende, daß die Ballonhülle platzt, das Gas entweichen läßt und alsbald herabfällt. Das Platzen tritt offenbar dann ein, wenn die Hülle an irgendeinem Punkte so dünn geworden ist, daß die bereits außerordentlich beanspruchte Elastizität ihres Materials, des vulkanisierten Paragummis, an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angekommen ist. Als *vierte Forderung* stellt daher das Preisausschreiben eine möglichst geringe Platzdicke der Gummiballons auf.

Nach den Erfahrungen, die insbesondere der Erfinder der Gummiballons, Geheimrat Aßmann, in langjähriger Praxis gewonnen hat, lassen gute Gummiballons noch Wandstärken von nur $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{70}$ mm zu, bevor sie platzen. Fragen wir uns nun, wie weit sich ein Gummiballon der gebräuchlichen Art vergrößern muß, bevor er eine so geringe Wanddicke erreicht, so wählen wir am besten ein den mittleren Verhältnissen entsprechendes Beispiel.

Ein Ballon von einem Meter natürlichem Durchmesser und einer natürlichen Wanddicke von einem halben Millimeter möge am Erdboden so weit mit Wasserstoff gefüllt werden, bis er einen Auftrieb

von 3 kg besitzt. Das spezifische Gewicht des Paragummis beträgt im Mittel 0,935; hiermit berechnet sich das Gewicht des Ballons selbst, welcher 3,1416 qm natürliche Oberfläche besitzt, zu 1,485 kg. Nimmt man das Gewicht eines von einem solchen Ballon zu hebenden Registrierapparates zu 1 kg an und gibt ihm ferner einen Fallschirm von 0,4 kg Gewicht mit, der die Aufgabe hat, den Registrierapparat vor Beschädigungen beim Herabfallen nach dem Platzen zu schützen, so findet man, daß man den Ballon so weit zu füllen hat, bis er, durch das Gewicht der bisher genannten drei Teile im Betrage von zusammen 2,885 kg und dazu noch eines dem verlangten Auftriebe von 3 kg gleichen Gewichtes, insgesamt also durch eine *L a s t* von 5,885 kg beschwert, im Gleichgewichte schwebt. Da ein Kubikmeter Wasserstoff mittlerer Güte einen Auftrieb von 1,1 kg liefert, ist es also nötig, den Ballon bis auf 5,35 Kubikmeter zu füllen. Er wird dann einen *A u f s t i e g s d u r c h m e s s e r* von 2,165 m und eine Plattendicke von 0,11 mm besitzen. Steigt nun der Ballon auf, so bringt es seine Elastizität mit sich, daß die Dichtigkeit seines Füllgases in demselben Verhältnis abnimmt, wie die der Luftschichten, in die er nacheinander hinaufgelangt. Eine Änderung dieses Verhältnisses wäre nämlich von einem Druck auf die Gummihülle begleitet, den aber diese ihrer Elastizität wegen nicht aufkommen läßt. Um nun die Größe des Ballons bei einer *P l a t z d i c k e* von $\frac{1}{50}$ mm zu berechnen, vergegenwärtigen wir uns am einfachsten das Gewicht eines Quadratmeters Paragummi von dieser Dicke. Eine Platte von dem spezifischen Gewicht des Wassers von einem Quadratmeter Oberfläche und $\frac{1}{50}$ mm Dicke wiegt $\frac{1}{50}$ kg, somit wiegt dieselbe Platte aus Paragummi $\frac{1}{50}$ mal 0,935 = 0,0187 kg. Das Gesamtgewicht der Gummihülle beträgt aber 1,485 kg. Somit wird sich der Ballon bis auf eine Wanddicke von $\frac{1}{50}$ mm ausgedehnt haben, wenn seine Oberfläche so viele Quadratmeter groß geworden ist, als die Zahl 0,0187 in 1,485 enthalten ist; dies ergibt eine *P l a t z O b e r f l ä c h e* von 79,4 qm. Für eine Kugel von dieser Oberfläche berechnet sich der Durchmesser zu 5 m. Wünscht man zu wissen, bei welcher Höhe, das heißt, bei welchem Luftdruck diese Ausdehnung erreicht wird, so hat man zu erwägen, daß sich die Dichtigkeit des Füllgases im umgekehrten Verhältnisse wie sein Volumen ändert, also auch im umgekehrten Verhältnisse wie die dritte Potenz seines Durchmessers. Beim Beginn des Aufsteigens betrug der Durchmesser 2,165 m, während wir den Durchmesser im Augenblicke des Platzens zu 5 m berechnet hatten. Der Durchmesser beim Platzen beträgt also das 2,3fache von dem beim Beginn des Aufsteigens, die dritte Potenz von 2,3 beträgt aber 12,2, und der Druck, den das Füllgas und also auch die atmosphärische Luft in seiner Umgebung im Augenblicke des Platzens besitzt, wird also der 12,2. Teil des Druckes an der Erdoberfläche sein, somit etwa 62 mm betragen.

Aus der nachfolgenden Tabelle entnehmen wir hiermit, daß unser Gummiballon beim Platzen eine Höhe von etwas über 17700 m erreichen wird, falls wir seine Platzticke auf $\frac{1}{50}$ mm ansetzen können.

Aus diesem Beispiel ersehen wir, daß sich der *D u r c h m e s s e r*, den der *B a l l o n* beim Platzen erreicht, falls dies bei einer bestimmten Wanddicke, wie z. B. $\frac{1}{50}$ mm, eintritt, lediglich nach seinem Gewichte berechnen läßt, aber nicht etwa von seinem natürlichen Durchmesser, seiner natür-

lichen Wanddicke oder von den entsprechenden Größen beim Beginn des Aufstieges abhängt. Während auch das Volumen, auf das er sich bis zum Augenblicke des Platzens zu vergrößern vermag, von diesen zuletzt genannten Beträgen unabhängig ist, richtet sich dagegen, wie wir zugleich aus dem eben durchgerechneten Beispiel ersehen, der Druck, unter dem das Füllgas beim Platzen des Ballons steht, und damit die Höhe, die der Ballon zu erreichen vermag, auch noch nach dem Volumen, das der Ballon nach der Füllung unmittelbar vor dem Aufsteigen besitzen hat.

Vor allem ersehen wir aber aus dem durchgeführten Beispiel, daß die Wanddicke beim Platzen von ganz besonderer Bedeutung für die erreichbare Höhe ist, so daß die vierte Forderung des Preisausschreibens ganz besonders wichtig erscheinen muß,

Korrespondierende Barometerstände und Seehöhen unter Annahme eines Luftdruckes von 760 mm im Meeresniveau sowie einer gleichmäßigen Temperaturabnahme von $+10^{\circ}$ unten auf -55° in 13000 m Höhe und des Beginnes der oberen isothermen Zone in der letzteren Höhe.

Höhe	Mittlerer Luftdruck	Höhe	Mittlerer Luftdruck	Höhe	Mittlerer Luftdruck
m	mm	m	mm	m	mm
8 000	270	15 500	87,4	23 000	27,2
8 500	251,5	16 000	80,8	23 500	25,1
9 000	234,5	16 500	74,8	24 000	23,2
9 500	218	17 000	69,2	24 500	21,5
10 000	203	17 500	64,0	25 000	19,9
10 500	188,5	18 000	59,2	25 500	18,4
11 000	175	18 500	54,8	26 000	17,0
11 500	162,5	19 000	50,7	26 500	15,7
12 000	150,5	19 500	46,9	27 000	14,5
12 500	139,5	20 000	43,3	27 500	13,4
13 000	129	20 500	40,1	28 000	12,4
13 500	119,5	21 000	37,1	28 500	11,5
14 000	110,5	21 500	34,3	29 000	10,6
14 500	102,2	22 000	31,7	29 500	9,8
15 000	94,5	22 500	29,4	30 000	9,1

Die Prüfungs-Methode.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, besonders wenn man sich die in Betracht kommenden Größenverhältnisse, von denen das mitgeteilte Beispiel eine Vorstellung gibt, vergegenwärtigt, setzt eine wirksame Durchführung des Preisausschreibens eine nicht unbeträchtliche Prüfungseinrichtung voraus. Die Ausstellungsleitung und die Wissenschaftliche Kommission waren sich von vornherein darüber klar, daß die an sich beste Prüfung darin bestehen würde, die sämtlichen Prüfungsobjekte mit Wasserstoffgas gefüllt aufsteigen zu lassen und so ihre Leistungsfähigkeit durch die Praxis zu erproben. Aus verschiedenen Gründen ließ sich dieser Weg aber nicht einschlagen: völlig übereinstimmende Versuchsbedingungen wären hierbei, wenn überhaupt, nur mit großen Mühen und Unkosten herzu-

stellen gewesen, und es wären voraussichtlich manche der Probepallons entweder überhaupt nicht oder erst nach Schluß der Ausstellung wieder zu erlangen gewesen, so daß die Entscheidung über die leistungsfähigsten nicht mit Sicherheit hätte gefällt werden können. Es war daher mit besonderer Freude zu begrüßen, daß Herr Geheimrat Aßmann eine geeignete Prüfungsmethode erfand und — was besonders wichtig war — eine hierfür geeignete Prüfungsanlage dadurch der Ausstellung kostenfrei zur Verfügung stellte, daß er eine solche in den Rahmen der durch eine Unterstützung aus dem Dispositionsfonds des Kaisers ermöglichten Sonderausstellung des Königlichen Aeronautischen Observatoriums einfügte.

Die Hauptaufgabe bei der Prüfung bestand darin, den Ballon künstlich durch Einführung atmosphärischer Luft allmählich so weit aufzublasen, bis er zum Platzen kam, und die Dicke seiner Haut im Moment des Platzens zu bestimmen. Da es sich hierbei, wie oben ausgeführt, um sehr kleine Maße handelt, die bis unter $\frac{1}{50}$ mm herabgehen, konnte von einer unmittelbaren Messung keine Rede sein. An dem oben durchgerechneten Beispiel haben wir aber bereits dargelegt, in welcher Weise sich die Platzdicke durch Berechnung finden läßt. Wir haben gesehen, daß das Gewicht eines Quadratmeters Paragummi von 1 mm Dicke 0,935 kg beträgt. Hat der Ballon beim Platzen eine Oberfläche von x qm, so würde also sein Gesamtgewicht $0,935 \cdot x$ kg betragen für den Fall, daß er in diesem Augenblicke eine Wanddicke von 1 mm besäße. Haben wir nun zu Beginn der Prüfung die Ballonhülle gewogen und ihr Reingewicht zum Betrage von r kg ermittelt, so ergibt sich ohne weiteres, daß die Platzdicke nicht 1 mm, sondern $\frac{r}{0,935 \cdot x}$ mm beträgt. Wie man sieht, ist also zur Berechnung der Platzdicke nichts weiter nötig, als das Gewicht und den Platzdurchmesser zu bestimmen.

Bei dem Gewichte handelt es sich natürlich nur um die eigentliche Kugelschale, während der Füllansatz sowie etwa vorhandene Schlaufen und dergleichen von dem Rohgewichte abzuziehen sind, soweit es sich um die Berechnung der hier in Frage kommenden Wanddicke handelt. Aus einer Reihe von Messungen an verschiedenen Gummiballons hatte Geheimrat Aßmann ermittelt, daß für die über die reine Kugelschale hinausgehenden Teile der Ballonhülle ein Abzug am Rohgewichte anzubringen ist, der sich bei den kleinsten Ballons auf 4 %, bei mittelgroßen auf 3 % und bei den großen auf 2 % beläuft. Die mittelgroßen sind hierbei mit Durchmessern von 400 bis 900 mm im natürlichen Zustande anzunehmen. Diese Festsetzungen sind in den Text des Preisausschreibens wie auch der Prüfungsvorschrift aufgenommen worden.

Die Größe des Ballons im Augenblicke des Platzens ließ sich auf zwei verschiedenen Wegen bestimmen: einmal konnte sein Durchmesser an einer Skala abgelesen werden, die an der Wand des Prüfungsraumes befestigt war; ein vor ihr auf- und abgleitender Zeiger hing an einer Schnur, die unter Benutzung von Rollen bis über die Mitte des Untersuchungstisches hinführte, wo ein flacher Metallteller an ihr befestigt war, der sich mit sanftem Drucke auf den obersten Punkt des Ballons auflegte. Der Ballon wurde mit atmosphärischer Luft aufgeblasen; die durch ein Gebläse hineingetriebene Luftmenge ließ sich mit einem Gasmesser genau feststellen.

Aus dem Volumen beim Platzen ist aber ebenso wie aus dem ermittelten Durchmesser die gesuchte Oberfläche im Augenblick des Platzens, die wir vorhin mit x bezeichneten, zu berechnen. Im Verein mit dem ebenfalls bestimmten Reingewicht läßt sie, wie wir vorhin sahen, die Platzdicke berechnen.

Die Prüfung der eingehenden Gummiballons hinsichtlich der Platzdicke würde also keine bedeutende Zeit erfordern. Die übrigen drei Anforderungen, die die Ballons zufolge der ersten drei Bedingungen des Preisausschreibens zu erfüllen haben, verlangten indessen, daß der Gummiballon während der Füllung auf Asymmetrie beim $1\frac{1}{2}$ fachen natürlichen Durchmesser sowie auf Löcher und Durchlässigkeit der Gummihaut in dem Stadium des Aufblasens, wo diese $\frac{1}{15}$ mm dick wäre, zu untersuchen sei.

Hiernach war es zunächst erforderlich, die Bestimmung des natürlichen Durchmessers zu ermöglichen und darüber insbesondere eine einheitliche Festsetzung zu treffen. Als natürlicher Durchmesser wurde der mittlere Durchmesser des Ballons in dem Augenblicke festgesetzt, wo der Druck der eingeschlossenen Luft 5 mm (Wasserdruck) mehr als der der Außenluft betrug. In dem Augenblicke, wo dieser Überdruck erreicht war, der an einem Wassermanometer beobachtet werden konnte, wurde die Luftzufuhr unterbrochen. Die Größe des Ballons in diesem Stadium der soeben erreichten Prallheit, also sozusagen seine natürliche Größe, war an dem Gasmesser sowohl als auch mit dem Durchmesserlote zu bestimmen.

Bei Fortsetzung des Aufblasens war hiernach ohne Mühe der Augenblick innezuhalten, bei welchem der Ballondurchmesser das $1\frac{1}{2}$ fache seiner natürlichen Größe erreichte. In diesem Zustande war die gleichmäßige Elastizität der Ballonhülle durch Beobachtung der Asymmetrie seiner Gestalt zu ermitteln. Während manche Ballons auf den ersten Blick erkennbare Abweichungen von der Kugelgestalt in diesem Stadium der Füllung aufweisen, äußert sich die Asymmetrie gewöhnlich in der Weise, daß die Kugelform zwar erhalten bleibt, daß aber der bei der Fabrikation dem Füllansatz gegenüberliegende Punkt der Ballonhülle, der bei eben erreichter Prallheit die höchste Stelle der Kugel einnimmt, nun nach eingetretener Ausdehnung, also wenn der Durchmesser des Ballons etwa das $1\frac{1}{2}$ fache seiner natürlichen Größe erreicht hat, nicht mehr den obersten Punkt der Kugel bildet, sondern sich vom Zenit entfernt hat. Es kommen nicht selten Fälle vor, wo dieser Abstand vom Zenit volle 90° erreicht, so daß also die kleine Polarkalotte, die sich bei den aus Zweiecken zusammengesetzten Kugelballons auf dem einen Treffpunkt dieser Zweiecke aufgesetzt findet, geradezu auf den Äquator des Ballons hinabgestiegen ist. In einem solchen Falle beträgt also die Länge des am meisten ausgedehnten Meridians das Dreifache von der des am wenigsten ausgedehnten. Obwohl also in solchen Fällen die Elastizität des Gummiballons in seinen verschiedenen Teilen sehr ungleichmäßig ist, präsentiert er sich dennoch vielfach als eine leidlich genaue Kugel, also ohne besonders auffälliges Hervortreten seiner „dicken Backe“. Bei weiterer Ausdehnung gleichen sich die Unterschiede in der Ausdehnung der verschiedenen Seiten des Gummiballons in der Regel ziemlich wieder aus, so daß in der Tat der in dem Preisausschreiben festgesetzte Augenblick, wo der Ballondurch-

messer das $1\frac{1}{2}$ fache seiner natürlichen Größe erreicht, die besprochenen Erscheinungen zu zeigen besonders geeignet ist.

Zwischen den Augenblicken, wo der Ballon das $1\frac{1}{2}$ fache seines natürlichen Durchmessers erreicht hat, und wo er später platzt, ist nun während des Aufblasens dem Preisausschreiben zufolge bei derjenigen Größe mit der Füllung Halt zu machen, wo die Dicke der Ballonwand $\frac{1}{15}$ mm beträgt. Wie wir schon vorhin sahen, besitzt eine Gummiplatte von einem Quadratmeter, die ein Millimeter dick ist, ein Gewicht von 0,935 kg. Somit wiegt ein Quadratmeter bei der in Frage stehenden Dicke von $\frac{1}{15}$ mm 0,0623 kg. Wir finden also, auf wieviele Quadratmeter sich die Oberfläche unseres Ballons ausdehnen muß, damit seine Wanddicke $\frac{1}{15}$ mm betrage, indem wir sein durch Wägung vor der Prüfung festgestelltes Gewicht durch diesen Betrag von 0,0623 dividieren. Aus der so vorausberechneten Oberfläche ermitteln wir dann den Durchmesser, wenn wir das Lot beobachten wollen, oder auch das Volumen, wenn wir es vorziehen, den Augenblick, in welchem die Wanddicke des Ballons $\frac{1}{15}$ mm beträgt, an dem Gasmesser abzupassen. Da das Lot nur den vertikalen Durchmesser des Ballons anzeigt, bei etwaiger Abweichung von der Kugelgestalt aber auch die Durchmesser seines Äquators in Frage kommen, wird es vorzuziehen sein, den Gasmesser zu benutzen.

In diesem Zustande von $\frac{1}{15}$ mm Wanddicke wird also die Füllung des Ballons unterbrochen, und er wird nunmehr auf etwa vorhandene Löcher untersucht und eine Stunde in Ruhe gelassen, um zu konstatieren, ob er eine merkliche Durchlässigkeit besitzt. Die Untersuchung auf Löcher setzt eine gute Beleuchtung des Prüfungsraumes voraus. Der Ballon ist bei der Wanddicke von $\frac{1}{15}$ mm so klar wie Pauspapier, so daß kleine Löcher leicht der Wahrnehmung entgehen. Winzige dunkle Staubkörnchen sind in diesem Zustande aber leicht zu finden, wenn sie nicht, wie es meist der Fall sein wird, bei der ziemlich weit vorgeschrittenen Ausdehnung der Gummihülle schon vorher herausgefallen sind.

Was die Durchlässigkeit der Gummihülle betrifft, so wird zu ihrer Untersuchung am einfachsten das Durchmesserlot benutzt. Da der innere Überdruck jetzt 10—20 mm Wasserdruck oder mehr beträgt, muß sich die Durchlässigkeit in einer Durchdringung der Hülle von innen nach außen, also in einer Abnahme des Ballonvolumens zeigen. Eine solche muß sich aber unmittelbar in einer Verringerung des vertikalen Durchmessers kundtun. Aus der Abnahme des Durchmessers läßt sich leicht die Abnahme des Volumens berechnen: das Verhältnis der Volumina ist gleich der dritten Potenz des Verhältnisses der Durchmesser. Die Abnahme des Volumens wird sich natürlich bei gleicher Qualität des Gummis nach der Größe des Ballons richten. Da es sich hier um eine konstante Wanddicke handelt, und somit die Oberfläche — die für die durchgelassene Gasmenge maßgebend ist — mit dem Gewichte des Ballons proportional läuft, könnte man die Durchlässigkeit ebensowohl auf die Gewichtseinheit, etwa das kg, als auf die Oberflächeneinheit, auf das Quadratmeter, beziehen; doch erscheint die Oberfläche hier zweckmäßiger, weil sie das unmittelbar Maßgebende und also anschaulicher ist.

Ebenso wie in den vorgenannten Prüfungsstadien wird auch in dem Momente des Platzens sowohl das Durchmesserlot als auch der Gasmesser, wenigstens aber eine von diesen Bestimmungsgrößen, abzulesen sein. Denn, wie wir

ausgeführt haben, läßt sich, wenn das Gewicht des Ballons bekannt ist, seine *W a n d d i c k e* in jedem Augenblick unmittelbar aus der *O b e r f l ä c h e* ableiten, die der Ballon derzeit besitzt. Die Oberfläche aber wird ihrerseits nach den einfachen Formeln der Geometrie aus dem beobachteten Durchmesser oder Volumen berechnet.

Beschreibung der Prüfungsanlage.

Da es sich um Ballons handelt, die, bevor sie platzen, möglicherweise Durchmesser von mehr als 5 m erreichen konnten, durfte die ganze Anlage von vornherein nicht in kleinem Maßstabe angelegt werden. Da einerseits eine gewisse Abgeschlossenheit des Prüfungsraumes durchaus erforderlich schien, andererseits aber die Prüfung wiederum nicht unter Ausschluß der Öffentlichkeit vor sich gehen durfte, sondern

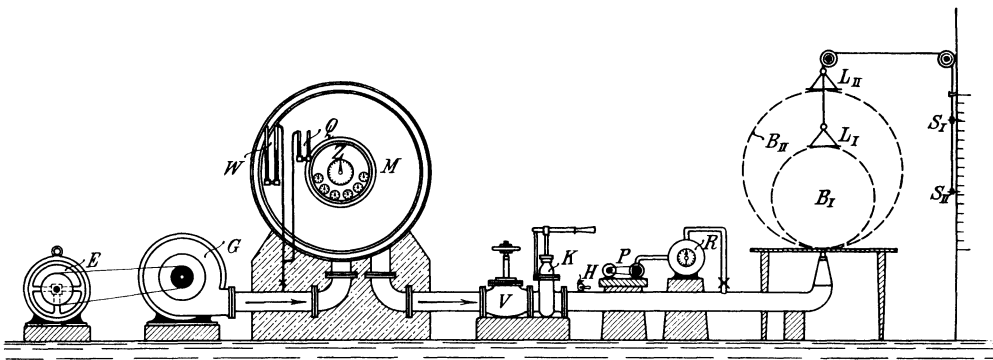


Fig. 49.

Erklärung der Bezeichnungen:

<i>E</i> = Elektromotor	<i>K</i> = Keilschieber
<i>G</i> = Gebläse	<i>H</i> = Hahn zum Ablassen der Luft
<i>M</i> = Große Meßtrommel	<i>P</i> = Kleine Gaedesche Kapselpumpe mit Elektromotor
<i>W</i> = Wassermanometer	<i>R</i> = Kleine Meßtrommel
<i>Q</i> = Quecksilbermanometer	<i>B</i> = Ballon
<i>Z</i> = Zifferblätter zur Meßtrommel	<i>L</i> = Durchmesserlot
<i>V</i> = Regulierventil	<i>S</i> = Skalazeiger
	in zwei Phasen des Aufblasens

vielmehr nicht nur für Interessenten zugänglich zu bleiben, sondern auch für das größere Publikum einen Anziehungspunkt zu bilden hatte, stellte die *A u s s t e l l u n g s l e i t u n g* dem Herrn Geheimrat *A ß m a n n* für die Ausstellung des Königlichen Aeronautischen Observatoriums, deren Mittelpunkt eben die Prüfung der Gummiballons bilden sollte, den zwölfckigen *K u p p e l s a a l*, der sonst zum Empfange hoher und allerhöchster Gäste diente, und damit den schönsten und elegantesten Raum der ganzen Ausstellung, zur Verfügung. Bei einem Durchmesser von 12 bis 13 m und einer Höhe von gegen 10 m entsprach er in glänzendster Weise allen Anforderungen, indem er nicht nur den für das Prüfungslaboratorium erforderlichen Luftraum, sondern auch an seinen 12 Spiegelpfeilern reichlichen Platz für bildliche Darstellungen und Kurven gewährte und dazu in einigen Nischen und Nebenräumen

die Aufstellung von Tischvitri-
nen mit aerologischen Instrumenten und Registrie-
rungen sowie von Drachen und anderen für die Aerologie wichtigen Gegenständen
ermöglichte. Der eigentliche P r ü f u n g s r a u m mußte, um Augenverletzungen
bei den Zuschauern vorzubeugen, innerhalb des Kuppelsaales noch durch ein
weitmaschiges Drahtgitter abgetrennt werden, das aber dem Publikum genügende
Gelegenheit ließ, von dem beinahe ringsum laufenden Gange die Prüfungsarbeiten
genau zu verfolgen. Auch die von der Ausstellungshalle u n m i t t e l b a r in den
Kuppelsaal führende Tür, welche mit einem Drahtgitter versperrt war, gestattete
dem Publikum, von dort aus die Prüfungsanlage zu überblicken. Diese findet
sich weiter unten abgebildet bei dem Aufsätze „Die aerologische Ausstellung“.

Das zuerst in die Augen fallende Stück dieser Anlage bildete die große M e ß -
t r o m m e l, die von der in den Ballon einzufüllenden Luft passiert werden mußte.
Außer den Zifferblättern, von denen das zentrale 1 Liter, die übrigen die höheren
Einheiten bis zu 100 000 Kubikmetern zu zählen gestattete, erblickte man an
diesem Gasmesser noch 2 Manometer, das eine für Wasser, das andere für Queck-
silber. Während das Wassermanometer für die Druckablesungen während der
Prüfung diente, insbesondere, um daran den Augenblick abzapassen, in welchem
der Ballon, soeben prall aufgeblasen, seine „natürliche“ Größe zeigte, war das Queck-
silbermanometer mit einer Einrichtung versehen, die im Augenblicke des Platzens
— wo der bis dahin im Ballon vorhandene Überdruck plötzlich aufhört, also die
von ihm einige Millimeter herabgedrückte Quecksilberkuppe des Manometers
plötzlich emporschnellt — einen Kontakt schließt, um das Zählwerk des Gasmessers
sofort automatisch anzuhalten. Da diese Einrichtung vielleicht bisweilen versagen
konnte, wurde übrigens bei der Prüfung stets das Vorrücken des Zeigers unter
Kontrolle gehalten, so daß der Stand des Zählwerks im Augenblicke des Platzens,
auch wenn die Luftdurchfuhr noch weiter ging, zweifellos festzustellen war.

Die Luft wurde in die Meßtrommel hineingeblasen durch ein Z e n t r i -
f u g a l g e b l ä s e, das bei 2300 Umdrehungen in der Minute 2 Kubikmeter
mit 500 Millimeter Wassersäulendruck zu liefern imstande war. Es wurde ge-
trieben durch einen G l e i c h s t r o m e l e k t r o m o t o r, der bei 220 Volt und
20 Ampere 5 Pferdestärken besaß. Die Übertragung seiner Arbeit auf das Gebläse
geschah mittels eines Treibriemens.

Die durch den Gasmesser hindurchgetriebene Luft hatte zunächst ein
R e g u l i e r v e n t i l zu passieren, das, um allzu rapide Luftzufuhr zu ver-
hindern, bei den Prüfungen um nicht mehr als eine viertel Umdrehung seiner Ver-
schlußschraube zu öffnen war. Hierdurch wurden sowohl zu starke Bean-
spruchungen der Meßtrommel als auch der aufgeblasenen Gummiballons ver-
mieden. Neben dem Regulierventil war noch ein Keilschieber angebracht, der
momentanes Schließen oder Öffnen der Luftleitung ermöglichte.

Das 15 cm weite Rohr, welches die Druckluft dem aufzublasenden Ballon
zuführte, besaß vor seiner etwas verengten Ausmündung noch zwei mit Hähnen
versehene Öffnungen: die erste diente für den Fall, daß die in den Ballon einge-
füllte Luft ohne weiteres wieder ins F r e i e a b z u l a s s e n war, ohne den
Ballon von dem Endstücke des Einblaserohres abzunehmen. Die zweite Öffnung
stand in Verbindung mit einem k l e i n e n G a s m e s s e r, und zwar ließ sich

diese Verbindung entweder so herstellen, daß dieser Experimentiergasmesser die aus dem Ballon wieder herauszulassende Luftmenge zu messen gestattete, oder es konnte mit Hilfe einer kleinen Gaedeschen Kapselpumpe durch die kleine Meßtrommel hindurch Luft in den Ballon hineingeblasen werden. In dieser letzteren Anordnung wurde der Experimentiergasmesser bei ganz kleinen Gummiballons bis zu Ende benutzt, da für solche das große Gebläse zu schnell wirkte und selbst bei aufmerksamster Verfolgung die Beobachtung an der großen Meßtrommel zu ungenau bleiben mußte. Diese Anordnung wurde auch bei den größeren Ballons mit Vorteil für die zuerst auszuführende Füllung bis zur Prallheit benutzt, da sich der Augenblick, wo der Wasserdruck genau 5 Millimeter betrug, auf diese Weise sicherer innehalten ließ, als es unter Benutzung des großen Gebläses möglich war. In der ersten Zeit der Prüfungen, wo auch für die Füllung bis zur Prallheit schon das große Gebläse in allen Fällen benutzt wurde, und wo sich daher — obwohl der Keilschieber sogleich geschlossen wurde, wenn sich das Wasser im Manometer bis auf 5 Millimeter gehoben hatte — meistens ein diese Grenze von 5 Millimeter überschreitender Druck nach dem Schließen des Keilschiebers herausstellte, diente der kleine Gasmesser in der zuerst genannten Schaltweise dazu, die zu viel in den Ballon gefüllte Luftmenge wieder hinauszulassen und dabei sicher zu messen. Der Reservegasmesser wie auch die Kapselpumpe waren etwa auf eine Luftförderung von 1 Liter per Sekunde zugeschnitten.

Als Platz zum Füllen der Gummiballons diente ein runder, die Mitte der ganzen Anlage bildender Tisch, dessen Oberfläche etwas ausgehöhlt war, damit sich die Ballons im gefüllten Zustande in einer breiteren Zone aufstützen konnten; er war mit grünem Tuch überzogen. Das Luftzufuhrrohr ging bis unter seine Mitte und dann aufwärts durch eine zentrale Bohrung des Tisches, woselbst es in einem Mundstück endete. Dieses war auswechselbar, so daß sowohl die größeren als auch die kleineren Ballons, für deren Füllansätze das Preisausschreiben eine lichte Weite von 50 bzw. 20 Millimetern vorschrieb, darauf paßten. Da sich bei den ersten Prüfungen der Verdacht einer Undichtigkeit in dem Luftzufuhrrohre ergab, wurden die beiden vertauschbaren Mundstücke mit dichtschießenden Hähnen versehen, so daß hinfort ein Luftverlust, der sich durch eine Abnahme des Durchmessers während der vorgeschriebenen Ruhestunde bei $\frac{1}{15}$ Millimeter Wanddicke etwa herausstellte, lediglich auf das Konto der Ballonhülle zu schreiben war. Der Füllansatz des zu prüfenden Ballons wurde über das Mundstück des Luftzufuhrrohres geschoben und dort meist schon durch seine eigene Elastizität, überdies aber noch durch zwei kräftige Gummibänder festgehalten.

Das Durchmesserlot führte bis zu einer Rolle, die über der Mitte des Tisches nahe der Decke des Kuppelsaales befestigt war, und von dort über fernere Rollen bis vor die an einem Pfosten der Drahtfriedigung angebrachte Skala. Hier endete die Schnur in einer Art Flaschenzug, dessen bewegliche Rolle den Zeiger trug, der vor der Skala auf- und abspielte. Die Bewegung des Zeigers betrug den vierten Teil der Bewegung des am andern Schnurende mit geringem Übergewicht auf dem Ballon ruhenden Metalltellers. Dementsprechend war auch die Skala im Maßstabe 1 zu 4 hergestellt.

Die Prüfungseinrichtung enthielt außerdem noch eine von dem Vorsteher

der physikalischen Abteilung des Physikalischen Vereins, Herrn Professor Dr. *W a c h s m u t h*, für die Dauer der Prüfungen zur Verfügung gestellte *W a g e*, auf der das Rohgewicht jedes Ballons vor seiner Prüfung ermittelt wurde, sowie endlich einen *T h e r m o g r a p h e n* und *B a r o g r a p h e n*, die für den Fall in Tätigkeit gehalten wurden, daß ihre Angaben für die Ermittlung gewisser Daten benötigt werden sollten, wie z. B. der Höhe über dem Meeresspiegel, in der einer der geprüften Ballons zum Platzen gelangt wäre. Diese beiden meteorologischen Registrierapparate hatten ihren Platz auf einem außerdem mit Prüfungsformularen und Schreibutensilien versehenen Tische, während die Wage auf einem zweiten besonderen Tische stand.

Die gesamte Prüfungsanlage war von der Frankfurter Zweigniederlassung der Firma *J u l i u s P i n t s c h*, Aktien-Gesellschaft in Berlin, nach den Angaben des Herrn Geheimrat *A ß m a n n* hergestellt worden. Die Anlage hat sich insbesondere dank dem Entgegenkommen des leitenden Oberingenieurs der Frankfurter Zweigniederlassung, Herrn *L a m p e*, zweckentsprechend einrichten und während der Prüfungsperiode in gebrauchsfähigem Zustande erhalten lassen.

Die Prüfung.

Im vorstehenden sind wir den Ereignissen gewissermaßen schon vorausgeeilt und müssen nun auf die Zeit vor der Fertigstellung der Prüfungsanlage, auf die Konstituierung des Preisgerichtes, die Aufforderung der in Frage kommenden Gummifabriken, die Beteiligung am Wettbewerb, die Prüfung selbst und schließlich noch auf ihre Ergebnisse näher eingehen.

Die von der Ausstellungsleitung aufgeforderten Herren erklärten sich bereit, dem Preisgericht anzugehören, und drückten dem Vorsitzenden, Herrn Geheimrat *A ß m a n n*, ihr Einverständnis mit seinen im folgenden wiedergegebenen *V o r s c h l ä g e n* aus.

1. Die Prüfung der eingesandten Ballons erfolgt im Laufe der Monate August und September tunlichst in der Weise, daß dem Publikum Gelegenheit gegeben wird, derselben zuzuschauen.

2. Mit der Prüfung der Ballons wird der Astronom Herr Dr. *T e t e n s* in Frankfurt a. M. betraut, der von mir mit den in Anwendung kommenden Methoden vertraut gemacht worden ist. Eine Vertretung des Herrn Prüfers ist nur dann zulässig, wenn er die volle Verantwortlichkeit für die strenge Korrektheit der vom Vertreter vorgenommenen Prüfungen übernimmt.

3. Für die Prüfung sind die beigefügten Vorschriften in allen Punkten maßgebend.

4. Über jeden Ballon wird ein Protokoll (welches auf Seite 92 abgedruckt ist) in doppelter gleichlautender Ausführung ausgefertigt, deren eines Exemplar in einem besonderen Aktenstück des Prüfers aufzubewahren ist, während das Duplikat dem Vorsitzenden der Wissenschaftlichen Kommission zur Bewahrung zu übermitteln ist.

5. Kurz vor Schluß der Ausstellung tritt das Preisgericht in Frankfurt zusammen, um an der Hand der ihm vom Herrn Prüfer zu übermittelnden Protokolle

die Bewertung der einzelnen geprüften Ballons auszuführen und dem Wissenschaftlichen Ausschuß Vorschläge über die Verteilung der beiden Preise zu machen.

Ich gestatte mir, hierzu den 3. Oktober in Vorschlag zu bringen, und bitte um gefällige Einverständniserklärung oder Änderungsvorschläge.

6. Das Preisgericht ist beschlußfähig, wenn drei seiner Mitglieder anwesend sind. Die Entscheidung erfolgt nach absoluter Majorität; bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden.

7. Um die kaum vermeidbare schädliche Beeinflussung der längere Zeit ohne entsprechende Schutzmaßregeln lagernden Ballons tunlichst zu vermindern, schlage ich vor, den in der Ausschreibung genannten Einlieferungstermin (den 1. August) außer Betracht bei der Preisverteilung zu lassen und auch noch später eingehende Ballons zu berücksichtigen.

Vorschriften zur Prüfung von Gummiballons.

1. Das Gewicht des zu prüfenden Ballons, dessen Datum der Einlieferung, Name der Firma und nähere Bezeichnung sind in das Protokoll einzutragen. (Protokoll: Kopf und a, b Nr. 1.)

2. Der Ballon wird v ö l l i g l e e r auf der Fülltülle des Luftrohres befestigt und durch Überstreifen eines Gummiringes abgedichtet.

3. Der Stand eines der Besonnung nicht ausgesetzten Aneroidbarographen und die Lufttemperatur an einem Aspirationsthermometer werden abgelesen und notiert. (Protokoll s.)

4. Am großen, wie am Experimentiergasmesser wird der Stand der Zähler genau notiert; das Manometer wird kontrolliert.

5. Der Keilschieber wird geöffnet und das Regulierventil für eine mäßige Anfangsluftförderung eingestellt.

6. Durch Einschalten des Motors wird das Gebläse in Tätigkeit gesetzt und das Manometer fortgesetzt beobachtet, sobald der Ballon nahezu gefüllt ist.

7. Sobald das Manometer 5 mm Druck angibt, wird mit der einen Hand der Keilschieber, mit der anderen der elektrische Kontakt geschlossen, welcher ein Ausrücken des Zählwerkes am Gasmesser bewirkt.

8. Ist hierbei der Druck im Ballon um mehr als 1 mm über 5 mm gestiegen, so öffnet man das Zuleitungsrohr zum Experimentiergasmesser und läßt die überflüssige Luftmenge entweichen, deren vom Experimentiergasmesser angegebener Betrag vom Stande des großen Gasmessers in Abzug zu bringen ist, um den tatsächlichen Luftinhalt des Ballons festzustellen. (Protokoll c.)

9. Aus dem Volumen des Ballons, bei dem jetzt alle Falten des Stoffes verschwunden, die Hülle aber nur ganz wenig gespannt sein soll, werden der „natürliche“ Durchmesser und der Flächeninhalt berechnet, wozu ein Dreiskalenrechen-schieber sehr bequem ist, und diese Werte notiert. (Protokoll d und e.)

10. Die schwebende Platte des Durchmesserlotes wird auf den Ballon eingestellt und ihr Stand notiert. (Protokoll d.)

11. Von dem Rohgewichte des Ballons werden für den Füllansatz, Schlaufen, Verstärkungen usw. Gewichtsabzüge gemacht, die bei kleineren Ballons unter

400 mm natürlichem Durchmesser 4 ‰, bei solchen unter 900 mm Durchmesser 3 ‰, und bei 900 mm und mehr Durchmesser 2 ‰ des Rohgewichtes betragen. Das hiernach verbleibende Gewicht der P l a t t e (Protokoll b Nr. 2) wird durch die Quadratmeter des Flächeninhaltes, und dieses Gewicht eines Quadratmeters (Protokoll f) durch das mittlere spezifische Gewicht des Paragummis, 0,935, dividiert; der Quotient ergibt die Plattendicke in Millimetern, die genau notiert wird. (Protokoll g.)

12. Nachdem die Stände der Zählwerke an beiden Gasmessern und das Manometer kontrolliert worden sind, wird der Experimentiergasmesser wieder abgeschlossen und das Zählwerk des großen durch Öffnen des elektrischen Kontaktes wieder eingerückt. Darauf wird der Keilschieber geöffnet und unter Regulierung der geförderten Menge die Füllung des Ballons fortgesetzt, wobei einige Ablesungen des Manometers und der gleichzeitigen Stände des Zählwerkes am Gasmesser ausgeführt und notiert werden. (Protokoll h.)

Bei Erreichung des $1\frac{1}{2}$ fachen natürlichen Durchmessers, zu dessen Bestimmung die Beobachtung des Durchmesserlotes genügt, sind Notizen über die mehr oder weniger gute Gleichmäßigkeit in der Ausdehnung des Ballons (Asymmetrien) in das Protokoll unter i einzutragen.

13. Um den Zeitpunkt der Erreichung einer Plattendicke von $\frac{1}{15}$ mm (0,067 mm) zu erkennen, multipliziert man die Anfangsplattendicke mit 15 und erhebt dieses Produkt in die $1\frac{1}{2}$ fache Potenz, wozu wieder der Dreiskalenrechen-schieber sehr bequem ist. Der so ermittelte Wert gibt an, wievielmals das Volumen vergrößert werden muß, damit eine Dicke von $\frac{1}{15}$ mm erreicht wird. (Protokoll k 1.)

Man kann auch aus dem Produkt der Plattendicke mit 15 die Quadratwurzel ziehen und erhält dann das Vielfache des „natürlichen“ Durchmessers, dessen Erreichung man mittels des Durchmesserlotes erkennen kann. (Protokoll k 2.)

Sobald dieser einer Plattendicke von $\frac{1}{15}$ mm entsprechende Wert erreicht ist, wird der Keilschieber geschlossen und der Motor abgestellt, da nun eine einstündige Pause eintritt.

14. Das Aussehen der Platte, besonders aber das Vorhandensein von mehr oder weniger zahlreichen oder großen Staublöchern, sowie die Gestalt des Ballons in bezug auf Asymmetrien in der Ausdehnung einzelner Teile der Platte wird notiert. (Protokoll l.)

15. Ablesung des Aspirationsthermometers. (Protokoll s.)

16. Das Durchmesserlot wird eingestellt und sein Stand abgelesen — nach Verlauf der einstündigen Pause abermals (Protokoll m 2), und die Differenz, die dem inzwischen erfolgten Luftaustritt (Protokoll n) durch die Ballonwandung entspricht, wird notiert.

17. Nach Kontrolle der Gasmesser und Wiedereinrückung des Zählwerkes und des Gebläsemotors wird der Keilschieber geöffnet und die Füllung fortgesetzt, wobei einige Manometerablesungen stattzufinden haben.

In den meisten Fällen erfolgt kurz vor dem Platzen des Ballons eine schnelle Steigerung des Druckes. (Protokoll h.)

18. Im Moment des Platzens wird automatisch durch Herabsinken der Wasser-

säule ¹⁾ im Manometer eine Auslösung des Gasmesserzählwerkes bewirkt, dessen Stand sofort notiert werden muß (Protokoll o). Sollte die Auslösung versagen, so ist im Momente des Platzens der Keilschieber zu schließen und der Zähler abzulesen. Aus der seit Erreichung des natürlichen Durchmessers eingefüllten Luftmenge wird der „Platzdurchmesser“ (Protokoll p 1), der noch durch das Durchmesserlot kontrolliert wird (Protokoll p 2), aus diesem der Flächeninhalt sowie das Gewicht eines Quadratmeters des platzenden Ballons berechnet und durch Division dieses Wertes durch 0,935 die Plattendicke im Moment des Platzens, die „Platzdicke“ (Protokoll 9.)

19. Die dritte Potenz des Vielfachen des Platzdurchmessers vom natürlichen Durchmesser, dividiert in 760 mm, ergibt den Luftdruck, bei dem der ohne Belastung aufgestiegene Ballon geplatzt sein würde; die diesem entsprechende rohe Seehöhe entnimmt man der kleinen beigefügten Tabelle. (Protokoll r.)²⁾

20. Zum Schluß werden Barometerstand und Lufttemperatur notiert (Protokoll 5) sowie das Protokoll, das in zwei gleichlautenden Exemplaren ausgefertigt werden muß, seitens des prüfenden Sachverständigen unterschrieben.

Ein Exemplar ist seitens des Prüfers in einem eigenen Aktenstück aufzubewahren, das Duplikat aber dem Vorsitzenden des Wissenschaftlichen Ausschusses der „Ila“ oder seinem Stellvertreter zur Aufbewahrung zu übermitteln.

Eine Aufforderung zur Preisbewerbung wurde in verschiedenen Fachzeitschriften, z. B. den Illustrierten Aeronautischen Mitteilungen, veröffentlicht. Außerdem wurden folgende Firmen noch besonders zur Beteiligung an dem Wettbewerb eingeladen:

D e u t s c h l a n d.

Continental-Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie, Hannover.
 Franz Clouth, Köln-Nippes.
 Metzeler & Co., München.
 Louis Peter, Frankfurt a. M.
 C. Müller, Gummifabrik, Berlin.
 S. Saul, Aachen.
 Etablissements Hutchinson, Mannheim.
 Ver. Berlin-Frankfurter Gummifabrik, Berlin O, Mühlenstraße 70.
 H. M. Anton, Berlin SO 26.

B e l g i e n :

A. Englebert fils & Co., Lüttich.

Ö s t e r r e i c h :

Amerikanische Gummifabrik, A.-G., Wien XIII.

I t a l i e n :

Pirelli & Co., Mailand.

¹⁾ Diese Funktion des Wassermanometers wurde während der Prüfung von einem besonderen Quecksilbermanometer versehen.

²⁾ Diese Tabelle ist bereits mitgeteilt. Siehe S. 180.

F r a n k r e i c h :

Etablissements Hutchinson, Montargis.
Paturel, Paris.

E n g l a n d :

Charles Mac Intosh & Co., Manchester.
Wm. Warne & Co., Tottenham bei London.
North British Rubber Co., Edinburg.
The India Rubber, Guttapercha and Telegraph Works, Silvertown bei London.

R u ß l a n d :

Russisch-Amerikanische Gummifabrik, St. Petersburg.

A m e r i k a :

The Revere Rubber Co., Boston, Mass.
P. F. Goodrich, Akron, Ohio.
Diamond Rubber Co., Akron, Ohio.
The Faultless Rubber Co., Akron, Ohio.
The United States Rubber Co., New Brunswick, N. J.

Von diesen 24 Firmen haben nur die 5 folgenden zur Prüfung Gummiballons eingesandt:

Franz Clouth, Köln-Nippes.
Continental-Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie, Hannover.
Metzeler & Comp. in München.
Louis Peter in Frankfurt a. M.
S. Saul in Aachen.

Da die Prüfungen erst in der zweiten Hälfte des August beginnen konnten, wurde die Annahme der Ballons über den ursprünglichen Termin hinaus verlängert. Über jede Prüfung wurde ein Protokoll aufgenommen, dessen Formular wir auf der folgenden Seite wiedergeben.

Für die Niederschrift der unmittelbaren Ablesungen und die Berechnung der während der Prüfung erforderlichen Hilfsgrößen hatte sich der Prüfer außerdem durch Vervielfältigung hergestellte Vordruckblätter besorgt. Auf diese Weise war es ihm möglich, sich vor Irrtümern bei der Berechnung z. B. des $1\frac{1}{2}$ fachen natürlichen Durchmessers, des Volumens für eine Wanddicke von $\frac{1}{15}$ Millimeter und dergleichen Größen zu schützen, bei denen sich etwa begangene Berechnungsfehler später vielleicht hätten auffinden, aber nicht rückgängig machen lassen, weil der Ballon entweder bereits geplatzt oder doch vielleicht schon so weit ausgedehnt gewesen wäre, daß man von ihm bei einer Wiederholung der Prüfung von Anfang an nicht mehr dieselben Leistungen nochmals hätte erwarten können, als wenn er sogleich ohne jedes Versehen bis zum Schlusse durchgeprüft worden wäre. In dieser Beziehung waren die Anforderungen, die an den Prüfer gestellt wurden, nicht ganz unerheblich, da er beständig das Durchmesserlot, das Zählwerk an der Meßtrommel, das Manometer und auch den Treibriemen zwischen dem Elektromotor und dem Gebläse im Auge zu behalten hatte. Es kam ihm

Protokoll.

über die Prüfung eines am.....ten.....1909 von der Firma.....
bei dem Laboratorium für die
 Prüfung von Gummiballons des Kgl. Aeronautischen Observatoriums Lindenberg
 unter der Bezeichnung.....
 eingelieferten Gummiballons.

<p>a) Prüfungsbezeichnung und Art des Ballons</p> <p>b) Gewicht des Ballons</p> <p>c) Kubischer Inhalt bei 5 mm Innendruck</p> <p>d) Natürlicher Durchmesser</p> <p>e) Flächeninhalt in qm</p> <p>f) Gewicht eines Quadratmeters der Platte</p> <p>g) Plattendicke bei natürlichem Durchmesser</p> <p>h) Druck im Ballon bei verschiedenen Durchmessern</p> <p>i) Gestalt des Ballons bei 1½ fachem nat. Durchmesser</p> <p>k) Bei einer Plattendicke von 1/15 mm</p> <p>l) Zustand der Platte bei 1/15 mm Dicke</p> <p>m) Stand des Durchmesserlotes</p> <p>n) Luftaustritt während der Pause, cbm</p> <p>o) Stand des Gaszählers beim Platzen des Ballons</p> <p>p) Platzdurchmesser des Ballons.</p> <p>q) Platzdicke der Platte</p> <p>r) Vielfaches des Platzdurchmessers (p) vom natürlichen (d); erreichbarer Druck und Höhe</p> <p>s) Luftdruck und Temperatur vor, während und nach der Prüfung</p> <p>t) Sonstige Bemerkungen</p>	<p>.....</p> <p>1. Rohgewicht..... 2. der Platte</p> <p>.....</p> <p>1. nach dem Inhalt 2. nach dem Lot</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>1. Inhalt..... 2. Durchmesser</p> <p>1. Löcher 2. Gestalt</p> <p>1. vor..... 2. nach der Pause.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>1. nach dem Inhalt 2. nach dem Lot</p> <p>.....</p> <p>.....Luftdruck.....Höhe</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
---	--

Datum der Prüfung und Unterschrift des Prüfers.

Frankfurt a. M., „Ila“, den.....ten.....1909.

Name

daher sehr erwünscht, daß ihm auf Veranlassung des vorsitzenden Preisrichters, Herrn Geheimrat Aßmann, der Vorsteher der meteorologischen Abteilung des Physikalischen Vereins, Herr Dr. Linke, den Ballongehilfen Otto Schreck zur Unterstützung überwies. Insbesondere wurde es dessen Aufgabe, den Mittelpunkt des Ballons durch 3 allmählich zu verändernde Stützen gerade über der Füllöffnung zu halten und darauf zu achten, daß der Durchmesserlot-Teller stets auf dem höchsten Punkt des bisweilen etwas asymmetrisch wachsenden Ballons blieb. Die Prüfungen verliefen übrigens ohne bedeutende Zwischenfälle, insbesondere war es sehr erfreulich, daß das während der nachmittags von 4 bis 6 Uhr vor sich gehenden Prüfungen zuströmende Publikum seine Wißbegierde in den zur normalen Durchführung der Prüfung erforderlichen Grenzen hielt.

Die Ergebnisse der Prüfung.

Das Preisgericht trat am 4. Oktober 1909 im Zimmer der Wissenschaftlichen Kommission der Ausstellung zusammen. Erschienen waren der Vorsitzende, Herr Geheimrat Aßmann, ferner Herr Professor Dr. Prinzhorn aus Hannover und Herr Dr. Linke. Das Preisgericht war also beschlußfähig.

Der ebenfalls dabei anwesende Prüfer berichtete über den Verlauf der Prüfungen im allgemeinen und im einzelnen. Danach sind die oben mitgeteilten Prüfungsvorschriften mit Ausnahme einzelner Punkte, deren Modifizierung vom Preisgericht gebilligt wurde, und die wir oben erwähnt haben, genau befolgt worden. Was die wissenschaftlichen Grundlagen des Prüfungsverfahrens betrifft, so war das Preisgericht nach einem Berichte des Herrn Professors Dr. Prinzhorn der Ansicht, daß etwaige Abweichungen des spezifischen Gewichtes von 0,935 bei den verschiedenen Gummisorten nicht von Belang sein können. Die Messungen, die der Prüfer in dieser Beziehung an einigen der einlaufenden Ballons angestellt hat, werden also ihre im einzelnen ziemlich divergierenden Ergebnisse teils auf die Unsicherheit dieser Messungen selbst, welche in der Bestimmung der Plattendicke in natürlichem Zustande bestanden, teils auf die Abweichungen der vorerwähnten prozentischen Abzugsgrößen von ihren tatsächlichen Beträgen zurückzuführen haben.

Was die Klassifizierung der geprüften Ballons betrifft, so war das Preisgericht der Ansicht, daß die Fabrikation größerer Ballons wesentlich schwieriger ist als die von kleineren; auch die Aufgabe ist ja bei beiden Kategorien verschieden. Es erschien daher als das richtige, den natürlichen Durchmesser bei der Bewertung der Resultate der Prüfung zu berücksichtigen. Auf Vorschlag von Dr. Linke wurde daher aus den Ballons einer einzigen Firma, und zwar derjenigen, deren Einsendungen eine möglichst reichhaltige Größenabstufung umfaßten, auf graphischem Wege eine Reduktion der Platzdicke nach den verschiedenen natürlichen Durchmessern vorgenommen. Es ergab sich hierbei, daß eine Zunahme des natürlichen Ballondurchmessers um 8 cm mit einer Zunahme der Platzdicke um 0,001 mm verknüpft ist. Um also die größeren und die kleineren Ballons gerecht gegeneinander zu bewerten, hat man von den Platzdicken der größeren für jede 8 cm, um die ihr natürlicher Durchmesser eine passend gewählte mittlere

Protokollnummer	Gruppe	Firma	Roh-Gewicht kg	Natürlicher Durchmesser m	Natürliche Plattendicke mm	Asymmetrie. Zenitdistanz des Pols bei einem Durchm.		Durchlässigkeit Liter p. qm	Durchmesser bei $\frac{1}{15}$ mm Wanddicke m	Platzdurchmesser m	Platzdicke		Bemerkungen
						vom $\frac{1}{2}$ f. des nat. Dm.	von $\frac{1}{15}$ mm				unreduziert mm	reduziert mm	
1	a	N	0,436	0,51	0,55	45°	30°	—	1,48	1,48	0,067	0,067	} platzt während der Pause
2	b	H	0,185	0,30	0,68	30	30	40	0,95	1,54	0,026	0,029	
3	c	S	0,024	0,18	0,25	0	0	3	0,34	0,95	0,009	0,013	
4	d	Z	0,205	0,26	0,93	20	80	0	1,00	1,38	0,034	0,037	
5	a	N	0,440	0,50	0,57	10	0	5	1,47	2,47	0,024	0,024	
6	e	H	0,078	0,18	0,80	0	0	0	0,62	0,88	0,033	0,037	} platzt während der Pause
7	f	H	0,107	0,25	0,55	10	40	5	0,73	0,84	0,050	0,053	
8	g	S	0,047	0,14	0,76	0	0	2	0,49	0,84	0,022	0,026	
9	c	S	0,029	0,18	0,29	0	0	0	0,38	0,54	0,032	0,036	
10	d	Z	0,206	0,28	0,86	5	90	—	1,00	1,02	0,062	0,065	
11	f	H	0,107	0,23	0,66	0	5	17	0,72	1,05	0,031	0,034	
12	g	S	0,047	0,13	0,90	0	15	0	0,49	0,78	0,025	0,030	
13	b	H	0,186	0,29	0,72	0	5	5	0,96	1,65	0,022	0,025	
14	f	H	0,107	0,23	0,66	0	0	12	0,72	0,95	0,038	0,041	
15	d	Z	0,206	0,28	0,86	90	70	0	1,01	1,43	0,033	0,036	
16	b	H	0,188	0,31	0,64	0	0	14	0,96	1,24	0,040	0,043	} Loch; Luft entweichthörbar
17	c	S	0,031	0,14	0,52	0	0	0	0,39	0,60	0,028	0,033	
18	h	P	0,067	0,24	0,38	30	30	5	0,58	1,04	0,020	0,023	
19	i	N	0,580	0,80	0,30	0	80	0	1,69	3,10	0,020	0,016	
20	h	P	0,065	0,22	0,44	30	30	15	0,57	1,19	0,015	0,019	
21	g	S	0,048	0,12	1,08	0	0	20	0,48	0,76	0,037	0,042	
22	h	P	0,067	0,21	0,50	30	30	(76)	0,57	0,84	0,031	0,035	
23	k	N	1,362	1,20	0,32	30	30	0	2,61	3,55	0,036	0,027	
24	l	N	0,048	0,21	0,36	0	80	0	0,48	1,06	0,014	0,018	
25	l	N	0,053	0,21	0,40	30	50	10	0,51	0,98	0,018	0,022	
26	m	N	0,036	0,14	0,61	0	60	5	0,42	0,79	0,019	0,024	
27	l	N	0,055	0,19	0,50	0	30	10	0,52	1,00	0,018	0,022	
28	m	N	0,036	0,15	0,53	0	45	10	0,42	0,94	0,014	0,018	
29	m	N	0,037	0,16	0,46	0	45	10	0,42	0,77	0,020	0,024	
30	d	Z	0,222	0,29	0,86	0	15	0	1,04	1,31	0,042	0,045	
31	k	N	1,519	1,20	0,35	10	—	—	(2,77)	2,37	0,091	0,082	} 1 Loch von 2,5 mm
32	n	N	0,088	0,31	0,30	0	20	0	0,66	1,13	0,023	0,026	
33	d	Z	0,212	0,26	1,03	90	45	0	1,02	1,49	0,031	0,034	
34	n	N	0,086	0,31	0,29	20	0	(78)	0,65	1,08	0,024	0,027	
35	k	N	1,337	1,20	0,31	10	50	0	2,59	4,35	0,024	0,015	
36	a	N	0,465	0,47	0,69	0	0	5	1,52	2,73	0,020	0,020	
37	i	N	0,718	0,72	0,46	0	0	0	1,89	2,36	0,043	0,040	
38	n	N	0,089	0,32	0,28	15	45	0	0,66	0,92	0,034	0,036	

Größe, z. B. 50 cm, übertrifft, den Betrag von 0,001 mm in Abzug zu bringen und andererseits die Platzdicken der kleineren Ballons für jede 8 cm, die deren natürlicher Durchmesser unter 50 cm bleibt, um den Betrag von 0,001 mm zu vergrößern. In der nebenstehenden Tabelle, die die Prüfungsergebnisse der Ballons enthält, sind diese Korrekturen an den beobachteten Platzdicken bereits angebracht, und damit ist es wohl ziemlich erreicht worden, daß die bei den außerordentlich verschiedenen Größen der eingelieferten Ballons so sehr verschiedenen Fabrikations-schwierigkeiten ihren unterschiedlichen Einfluß auf die relative Bewertung der Firmen wesentlich verloren haben.

Die 38 geprüften Ballons lassen sich in 13 Gruppen so zusammenfassen, daß in jeder Gruppe nur Fabrikate von derselben Firma und von nahezu derselben natürlichen Größe enthalten sind. Im allgemeinen zeigen die Ballons derselben Gruppe auch ziemlich gleichartige Resultate, insbesondere hinsichtlich ihrer Platzdicke; nur in den 3 Gruppen a, d und k wich je ein Ballon außerordentlich stark von den andern mit ihm eingelieferten Ballons derselben Firma ab. Das Preisgericht beschloß daher, diese 3 Ballons als vereinzelte mißglückte Produkte zu betrachten und bei der Beurteilung nicht in Anrechnung zu bringen. Sie sind daher bei der Mittelbildung ihrer Gruppe nicht berücksichtigt worden. Diese Gruppennittel selbst ergeben sich aus der folgenden Zusammenstellung.

Mittelwerte für die verschiedenen Gruppen.

Gruppe	Firma	Rohgewicht kg	Natürlicher Durchmesser m	Natürliche Wanddicke mm	Asymmetrie. Zenitdistanz des Pols bei einem Durchmesser		Durchlässigkeit Liter p. qm	Durchmesser bei $\frac{1}{15}$ mm Wanddicke m	Platzdurchmesser m	Platzdicke		Bezeichnung
					vom $\frac{1}{2}$ f. des nat. Dm.	von $\frac{1}{15}$ mm				unreduziert mm	reduziert mm	
a	N	0,447	0,49	0,60	18 ^o	10 ^o	5	1,49	2,23	0,037*	0,022	Registrierballon.
b	H	0,186	0,30	0,68	10	12	10	0,96	1,48	0,029	0,032	Kl. Registrierballon; 300 mm.
c	S	0,028	0,17	0,35	0	0	1	0,37	0,70	0,023	0,027	„ Pilotballon, nahtlos.
d	Z	0,210	0,27	0,91	41	60	0	1,01	1,33	0,040*	0,038	„ Registrierballon; 4 Schlaufen.
e	H	0,078	0,18	0,80	0	0	0	0,62	0,88	0,033	0,037	„ Registrierballon; 190 mm.
f	H	0,107	0,24	0,62	3	15	11	0,72	0,95	0,040	0,043	„ „ 250 „
g	S	0,047	0,13	0,91	0	5	11	0,49	0,79	0,028	0,033	„ Pilotballon aus geschnittener Platte.
h	P	0,066	0,22	0,44	30	30	10	0,57	1,02	0,022	0,026	Pilotballon aus zwei Halbkugeln.
i	N	0,649	0,76	0,38	0	40	0	1,79	2,73	0,032	0,028	Registrierballon; 1 Schlaufe oben.
k	N	1,406	1,20	0,33	20	40	0	2,66	3,42	0,050	0,021	Großer Registrierballon.
l	N	0,052	0,20	0,42	10	53	7	0,50	1,01	0,017*	0,021	Pilotballon aus 4 Teilen.
m	N	0,036	0,15	0,53	0	50	8	0,42	0,83	0,018	0,022	Kleiner Pilotballon.
n	N	0,088	0,31	0,29	12	22	0	0,66	1,04	0,027	0,030	Großer „

* Von den Gruppen a, d und k wurde bei der Reduktion der Platzdicke je ein Ballon ausgeschlossen (Nr. 1, 10, 31).

Das Hauptkriterium für die Güte der Ballons bildet die Platzdicke. Wir ordnen daher im folgenden die gewonnenen Mittelwerte der Platzdicke nach ihrer Größe:

Platzdicke	Gruppe	Firma
0,021 mm	k und l	N und N
0,022 „	a „ m	N „ N
0,026 „	h	P
0,027 „	c	S
0,028 „	i	N
0,030 „	n	N
0,032 „	b	H
0,033 „	g	S
0,037 „	e	H
0,038 „	d	Z
0,043 „	f	H

Für die verschiedenen Firmen ergeben sich hiernach im Mittel die folgenden Werte der Platzdicke:

1. N	0,024 mm
2. P	0,026 „
3. S	0,030 „
4. H	0,037 „
5. Z	0,038 „

Was die übrigen Punkte betrifft, nach denen die Ballons beurteilt werden sollten, so hat sich das Freisein von Löchern bei den Ballons aller Firmen gleichmäßig ergeben. Hierbei bemerkte das Preisgericht mit besonderer Anerkennung, daß, wie die Prüfungsprotokolle erwiesen, auch die großen Ballons, die alle von der Firma N geliefert worden waren, frei von Staublöchern usw. gewesen sind.

Die Asymmetrie bei der Ausdehnung ist vom Prüfer durch die Abweichung des Ballonpoles vom Zenit charakterisiert worden und in dieser Form auch aus den Tabellen S. 194 und 195 zu ersehen. Faßt man auch bei diesem Gesichtspunkte die Ballons jeder Firma zusammen und bewertet die Asymmetrie bei $\frac{1}{15}$ mm Plattendicke doppelt so stark als die beim $1\frac{1}{2}$ fachen Durchmesser, so erhält man für die einzelnen Firmen die folgenden Mittelwerte für die Anzahl von Graden, die der Pol im Durchschnitt vom Zenit entfernt ist.

1. S	20
2. H	9
3. N	27
4. P.	30
5. Z	53

Sodann kam in Betracht die Durchlässigkeit der Ballonwandung für die Luft. Die Ballons wurden, wie wir oben gesehen haben, bis zur Wandstärke von $\frac{1}{15}$ mm aufgeblasen und in diesem Zustande eine Stunde gelassen. Aus der Größe des Ballondurchmessers vor und nach dieser Stunde wurde die Anzahl von Litern per Quadratmeter Ballonoberfläche berechnet, die im Laufe

der Stunde durch die Ballonwand entwichen waren. Für die verschiedenen Fabriken ergaben sich in dieser Weise die folgenden Mittelwerte:

1. Z	0	Liter	per	Quadratmeter
2. N	4	„	„	„
3. S	5	„	„	„
4. H	9	„	„	„
5. P	10	„	„	„

Hiermit hatte das Preisgericht die Rangordnung der in Frage kommenden 5 Firmen für jede der 3 Hauptkriterien des Preisausschreibens ermittelt und befand sich nun vor der Aufgabe, hieraus die Resultante zu ziehen. Die Preisrichter waren einhellig der Ansicht, daß die Platzdicke bei weitem den Vorrang unter den 3 Kriterien beanspruchen könne, und daß die Asymmetrie der am wenigsten in das Gewicht fallende Fehler sei. Es schien ihnen daher angemessen zu sein, die Asymmetrie mit 10 %, die Durchlässigkeit mit 20 % und die Platzdicke mit 70 % zu bewerten.

Die 5 Firmen hatten in den drei besprochenen Prüfungsfächern die folgende Reihenfolge bekommen:

Firma	Asymmetrie	Durchlässigkeit	Platzdicke
H	Nr. 2	Nr. 4	Nr. 4
N	„ 3	„ 2	„ 1
P	„ 4	„ 5	„ 2
S	„ 1	„ 3	„ 3
Z	„ 5	„ 1	„ 5

Multipliziert man — den festgesetzten Gewichten entsprechend — die Nummern der ersten Rubrik mit 10, die der zweiten mit 20 und die der dritten mit 70, so erhalten wir die folgenden Reihen:

Firma	Asymmetrie	Durchlässigkeit	Platzdicke	Summe
H	20	80	280	380
N	30	40	70	140
P	40	100	140	280
S	10	60	210	280
Z	50	20	350	420

Hiernach hatte die Firma N unbestritten mit der kleinsten Summe, 140, die erste Stelle; dagegen fiel die nächstbeste Stelle auf zwei Firmen, die jede die nächst kleinere Zahl, 280, bekommen hatten. Das Preisgericht beantragte daher beim Präsidium der Ausstellung, der Firma N die goldene Medaille für beste Leistungen und den beiden Firmen P und S, die gleich hoch standen, je eine silberne Medaille für gute Leistungen zu verleihen, also außer der vorgesehenen noch eine zweite silberne Medaille zu bewilligen. Das Präsidium hat diesen Antrag genehmigt.

d) Korbbeleuchtung.

Bericht von

Professor Dr. C. Déguisne-Frankfurt a. M.

Eine besondere Schwierigkeit bei der Ausrüstung für Nachtfahrten bietet die Auswahl geeigneter Lichtquellen. Während bei Freiballons, in denen nur eine kurzzeitige Beleuchtung des Korbinnern gefordert wird, die zweckmäßige Form und bequeme Handhabung der Lampe meistens den Ausschlag geben wird, sind bei Lenkballons kräftigere Lichtquellen erwünscht, vor allem dann, wenn sie als Signallampen benutzt werden sollen. Auch die Flugzeuge werden über kurz oder lang der letzteren bedürfen. Es blieb daher der Wettbewerb nicht auf die eigentliche Korbbeleuchtung, die meistens nur Ablesezwecken dient, beschränkt, sondern es wurden auch die Signallampen mit einbezogen.

So ergaben sich zwei Gruppen: I. Signallampen, II. Ableselampen, für die naturgemäß verschiedene Bedingungen aufzustellen waren. Da die ersteren meist fest an der Gondel montiert werden, zum Teil auch dauernd brennen, ist ihre Form und Handlichkeit nebensächlich; dagegen war das Hauptgewicht 1. auf große Lichtintensität und 2. auf lange Brenndauer zu legen. Bei den Ableselampen wiederum kamen diese Eigenschaften erst in zweiter Linie, während eine gute Anpassungsfähigkeit an die Korbausrüstung, eine geeignete Form, welche die Blendung der Korbinsassen verhindert, und Handlichkeit in der Benutzung als wichtigste Punkte erschienen.

Das Preisausschreiben erhielt schließlich nachstehenden Wortlaut:

I. Signallampen.

Bei der Preisverteilung sind nachstehende Eigenschaften maßgebend:

1. Größte Lichtintensität in einer bestimmten Richtung.
2. Längste Brenndauer.

Außerdem kommen bei der Beurteilung in Betracht:

- Haltbarkeit,
- Landungsfähigkeit,
- geringes Gewicht,
- Anpassungsfähigkeit an die Korbausrüstung.

II. Ableselampen.

Bei der Preisverteilung ist maßgebend:

1. Anpassungsfähigkeit an die Korbausrüstung.
2. Zweckentsprechende Form und Aufhängungsart, die eine Gefährdung der Insassen beim Landen ausschließt.
3. Geringes Gewicht.
4. Landungsfähigkeit.
5. Billigkeit im Gebrauch.

Außerdem wird eine Brenndauer von mindestens 10 Stunden und eine zum Kartenlesen ausreichende, aber nicht zu stark blendende Lichtintensität gefordert.

Zu Preisrichtern wurden gewählt die Herren: Major von Tschudi, Frankfurt am Main, Vorsitzender; Professor Dr. Déguisne, Frankfurt a. M.; Hauptmann Kehler, Berlin; Dr. Linke, Frankfurt a. M.; Graf von Zeppelin jr., Friedrichshafen.

Die eingelaufenen Bewerbungen waren recht zahlreich. Im ganzen kamen 24 Lampen zur Prüfung und Begutachtung. Die Lichtintensität, die Brenndauer und das Gewicht wurden durch die Elektrotechnische Untersuchungsanstalt des Physikalischen Vereins bestimmt. Aus diesen Daten ließen sich die Kerzenstunden, die pro 1 kg Gewicht geliefert wurden, berechnen. Bemerkenswert ist dabei der außergewöhnlich hohe Wert von 537 Kerzenstunden pro 1 kg, der bei einer Lampe erreicht wurde. Ihre anfängliche Lichtstärke war 130 HK, ihr Gesamtgewicht betrug 3 kg, ihre Außenmasse $20 \times 10 \times 6$ cm. Sie befand sich in Lederetuis mit Anhängeriemen. Die nächstgünstigsten Werte, die von anderen Lampen erreicht wurden, betrugen 170, 130, 70 usw. Kerzenstunden pro 1 kg. Das Gewicht derjenigen Lampen, die ausschließlich als Ableselampen gelten konnten, bewegte sich zwischen $\frac{1}{2}$ und 2 kg bei Lichtstärken, die teilweise bis 20—30 HK hatten, zum größten Teil jedoch unterhalb 10 Kerzen lagen. Außerdem wurden die einzelnen Typen bei einer Nachtfahrt auf ihre Verwendbarkeit im Korb geprüft.

Eine speziell für Signalzwecke gebaute Bogenlampe, die mit Trockenelementen gespeist wurde, lieferte wohl ausreichende Helligkeit, hatte jedoch nur eine kurze Brenndauer, die unter $\frac{1}{2}$ Stunde lag. Da sie nach dem Schlußtermin erst eingereicht wurde, konnte sie zum Wettbewerb nicht mehr zugelassen werden.

Der Spruch des Preisrichter-Kollegiums lautete:

Es erhalten:

Die goldene Medaille die Firma Wedekind in Hamburg für eine im Verhältnis zu ihrem Gewicht sehr lichtstarke Lampe, die sowohl für Korbbeleuchtung wie für Signalzwecke geeignet ist.

Die silberne Medaille die Firma Gottfried Hagen, Akkumulatorenwerke, Kalk bei Köln, für eine Akkumulatorenlampe, nach Form, Lichtstärke und Brenndauer für Signalzwecke geeignet.

Die bronzene Medaille die Electric-Exportwerke, Berlin, für erfolgreiche Arbeit in der Entwicklung von Signal- und Korblampen für Luftschiffahrt.

Außerdem ist die Methode von Herrn Otto Neumann in Frankfurt der verdeckten Skalenbeleuchtung an Meßinstrumenten lobend zu erwähnen.

e) Leichtmetalle von erheblicher Festigkeit.

Bericht von

Professor Dr. **Rich. Lorenz**-Frankfurt a. M.

Von der Idee geleitet, daß die Eroberung der Luft auch an die Konstruktionsmaterialien der Maschinen und Apparate neue Anforderungen stellt, war von der Ila ein Preisausschreiben für Leichtmetalle von erheblicher Festigkeit ergangen. Die Bedingungen zu demselben wurden am 29. Mai bekannt gegeben. Trotz des kurzen Zeitraumes, der für die Bewerber zur Verfügung stand, hatten sich in kurzer Aufeinanderfolge 11 Teilnehmer gemeldet.

A u s s c h r e i b u n g :

Als Grundlage für den Wettbewerb sollen folgende Forderungen dienen:

1. möglichst geringes spezifisches Gewicht;
2. möglichst hohe Festigkeit;
3. möglichst hohe Dehnungsfähigkeit;
4. möglichst hohe Streckgrenze;
5. möglichst hohe Bearbeitungsfähigkeit, nachzuweisen durch Vorlage halbfertiger und fertiger Konstruktionsteile, wie sie im Luftschiff- und Motorbau vorkommen;
6. möglichst geringe Empfindlichkeit gegen Angriffe aus Luft und Wasser (alkalisch und sauer reagierend).

Den unter 1 bis 6 genannten Eigenschaften werden vom Preisgericht gewisse Wertfaktoren beigelegt werden, mit denen bei der Beurteilung die Maßwerte für die vorgenannten Eigenschaften zu vervielfältigen sind. Die so gewonnenen Punkte werden zusammengezählt, und daraus wird das Gesamturteil gebildet. Die Fabrikationskosten (Herstellung und Bearbeitung) bleiben außer Ansatz.

Zur Feststellung der unter 1 bis 6 genannten Eigenschaften ist folgendes zu beachten:

Zu 1. Bezieht sich auf das lückenlose (porenfreie) Material im gegossenen oder bearbeiteten Zustande.

Zu 2. Die Festigkeitsversuche sind tunlichst an sogenannten Proportionalitätsstäben zu ermitteln (vgl. Vorschriften für die Benutzung des Kgl. Materialenprüfungsamtes Groß-Lichterfelde — vom Amte unentgeltlich abgegeben —). Die Ergebnisse sind in kg/qmm anzugeben.

Zu 3. Die Dehnbarkeiten sind mit Hilfe einer Teilung (Martens: Materialkunde, Abs. 157, Fig. 107, und Abs. 129 bis 140, Fig. 96) zu ermitteln.

Zu 4. Als Streckgrenze σ_s (praktische Elastizitätsgrenze) gilt diejenige Spannung in kg/qmm, die beim Zugversuch eine bleibende Dehnung von 0,2 % hervorruft.

Zu 5. Die technologischen Proben sollen ein Maß für die Zähigkeit und Schmiedbarkeit im kalten Zustande des Materials liefern; sie können wie folgt durchgeführt werden (Martens: Materialkunde, Abs. 372—408).

a) **Ausbreitprobe.** Prismen von rechteckigem Querschnitt werden mit der Finne eines Handhammers ausgebreitet. (Fig. 268 in Materialienkunde.)

Als Maß gilt das Verhältnis $\mathfrak{A}g = \frac{b_1}{b} \cdot 100$ w, wobei b_1 die Breite ist, auf die sich der Stab am Ende ausbreiten läßt, ohne einen Riß zu bekommen. Der Stab darf bei der Probe nicht durch Erwärmen oder sonstwie verändert werden.

b) **Aufweiteprobe** (Lochprobe), nach Abs. 401, Fig. 269.

NB. Bei den Legierungen ist das Loch nicht mit dem Lochhammer zu machen, sondern durch Bohren herzustellen.

c) **Biegeprobe.** in kaltem Zustande an prismatischem Stabe mit rechteckigem Querschnitt auszuführen. Als Maß gilt $\mathfrak{B}g = 50 \frac{a}{\rho}$ (Abs. 382 Materialienkunde, Fig. 260).

NB. Die Biegeprobe kann auch mit Rundstangen, die mit Gewinde versehen sind, ausgeführt werden, oder an mit Kerb oder Loch versehenen Proben (Abs. 387 und 388, Fig. 263 und 264 der Materialienkunde).

d) **Hin und Herbiegeprobe**, namentlich für dünne Profile und Bleche, ähnlich wie in Abs. 394, Fig. 265, auszuführen mit dem Apparat von A. Schuckert, Schmalkalden, veröffentlicht in „Stahl und Eisen“ 1902, S. 853.

e) **Stauchprobe** (nach Materialienkunde Abs. 400 und 236). $Eg = \frac{d_1}{d} 100$.

Die Leichtlegierungen sind in gegossenem Zustande vorzulegen, wenn sie als Gußmaterial benutzt werden sollen, und auch in Bruchproben, außerdem auch in fertigem Zustande, als Profile, Bleche, Preßstücke, wenn sie in dieser Form zur Verwendung kommen sollen.

Um die Beurteilung durch das Preisgericht zu erleichtern, sind die für die Preisbewerbung in Frage kommenden Eigenschaften 1 bis 6 von den Bewerbern tunlichst schon vorher festzustellen und die gefundenen Werte mit vorzulegen. Dabei ist insbesondere anzugeben:

- a) In welchem Grade hat bei den Profilen, Blechen und Preßstücken etwa Kaltbearbeitung und damit Veränderung der Eigenschaften des Ausgangsmaterials stattgefunden?
- b) Auf welchen Materialzustand beziehen sich die mitgeteilten Versuchsergebnisse? Sind sie am gegossenen oder am kaltbearbeiteten (veredelten, vergüteten usw.) Material ermittelt worden?
- c) In welchem Maße können die ermittelten Eigenschaften durch Nachbehandlung (Erwärmen usw.) wieder verändert werden?
- d) In welchem Grade lassen die Materialien sich durch Schrauben, Nieten, Löten usw. verbinden? Läßt sich die Formgebung (Anpassung) durch Hämmern, Pressen usw. bewirken? Sind bei der Verarbeitung in der Werkstatt besondere Vorsichtsmaßregeln nötig? und welche? Sind die fertigen Stücke irgendwelcher Nachbehandlung (Glühen usw.) zu unterwerfen, um den Konstruktionsteilen ihre Festigkeit und Sicherheit zu erhalten?
- e) Welche Erfahrungen liegen in bezug auf Empfindlichkeit gegen Angriffe aus Luft und Wasser (alkalisch und sauer reagierend) vor?

Das Preisgericht behält sich die Nachprüfung aller von den Bewerbern gemachten Angaben vor. Die Materialproben verbleiben bis zum Schluß der Ausstellung zu deren Verfügung. Die Namen der Preisrichter sowie die Bewertung der sechs Forderungen werden später bekannt gegeben.

Preisverteilung.

Zur Verleihung kommen eine goldene, eine silberne und eine bronzene Medaille. Die Preisverteilung erfolgt auf Grund der über die Prüfungen geführten Protokolle. Die Ausstellungsleitung hat das Recht, die Ergebnisse dieser Prüfungen zu veröffentlichen. Der Endtermin für die Einlieferung der Materialien und Prüfungsprotokolle war bis zum 15. September verlängert worden.

Zu Preisrichtern wurden ernannt die Herren: Geheimrat M a r t e n s - Berlin, Vorsitzender; Geheimrat B e r n d t - Darmstadt; Professor H e y n - Berlin; Professor L o r e n z - Zürich; Dr. d e N e u f v i l l e - Frankfurt a. M.; Geheimrat T a m m a n n - Göttingen.

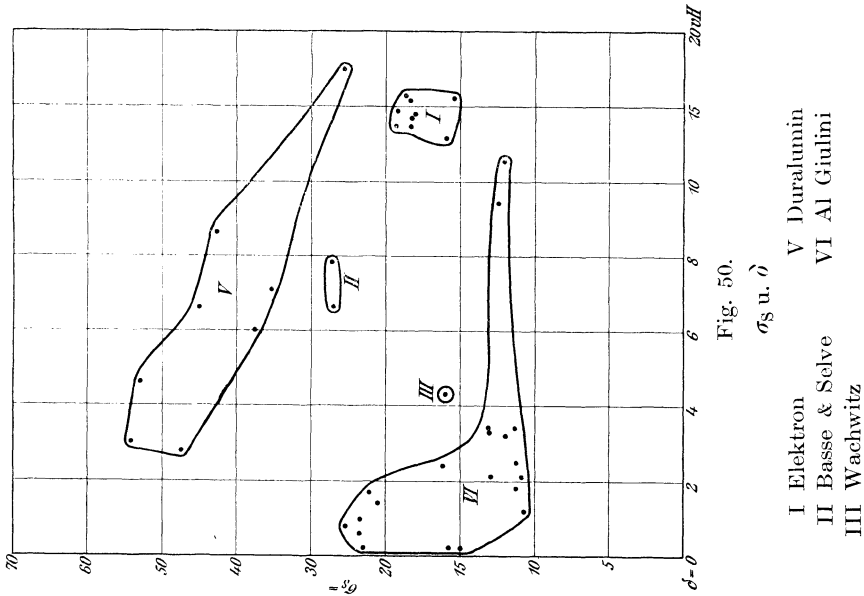
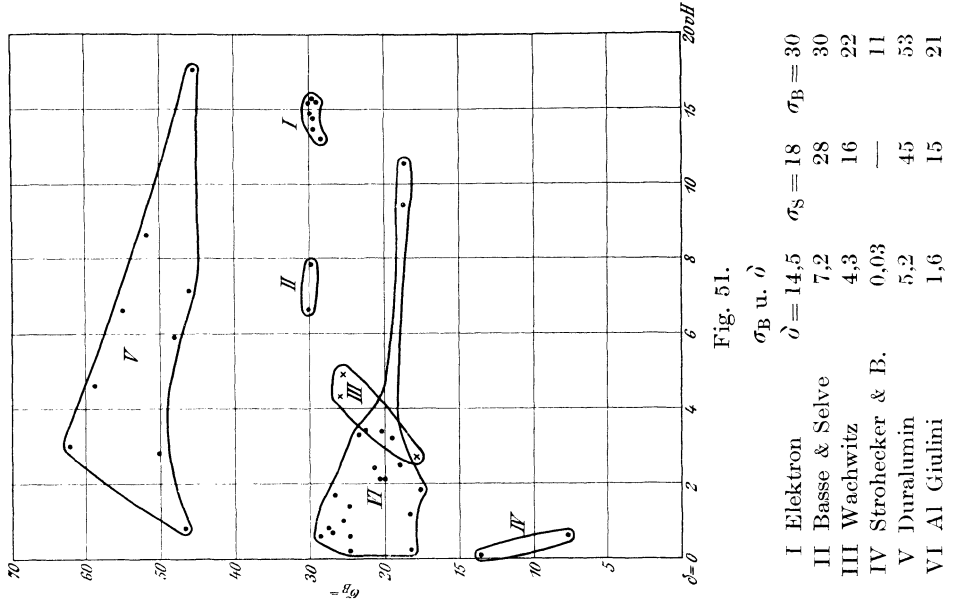
Für den Wettbewerb hatten sich folgende Bewerber gemeldet:

1. J. A. Kühn, Maschinen und Werkzeuge, Frankfurt a. M., Vertreter von Basse & Selve, Altena, für ein von dieser Firma hergestelltes Leichtmetall.
2. Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Legierung: Elektron.
3. Kern & Pilger, Frankfurt a. M.
4. Gebrüder Giuliani, Ludwigshafen, Spezial-Aluminium-Legierung.
5. Julius Pintsch, A.-G., Zweiggeseellschaft Frankfurt a. M., für Herrn Rübel, Berlin.
6. Hemelingen, Aluminium- und Magnesiumfabrik (Wilhelm Kirchner, Fabrikdirektor).
7. Deutsche Wachwitzmetall-A.-G., Hersbruck.
8. Strohhecker & Becker, Frankfurt a. M.
9. Paul Girod, Usines, Savoyen, Legierung: Elektrostahl.
10. Kern & Co., Frankfurt a. M., Inhaber: J. Benthaus.
11. A. Wilm, Schlachtensee bei Berlin, Legierung: Duralumin.

Da sich das Preisausschreiben nur auf Leichtmetalle von hoher Festigkeit bezieht, beschloß das Preisgericht, den Stahl auszuschließen, und die Bewerbung zu Nr. 9 fällt demnach aus. Die Bewerber Nr. 3, 5, 6, 10 konnten ihre Probematerialien bis zu dem vom Preisgericht in entgegenkommender Weise wesentlich verlängerten Termin vom 15. September nicht einreichen. Da in der Metallindustrie in der Zwischenzeit über neue Materialien dieser Firmen nichts in die Öffentlichkeit gedrungen ist, so war nicht anzunehmen, daß eine weitere Hinausschiebung des Schlußtermins irgendwelche Veränderungen in den Ergebnissen der Prüfung hätte nach sich ziehen können. Diese Bewerbungen wurden daher außer Wettbewerb gestellt.

Die zur Prüfung vorliegenden Materialien lassen sich in zwei Gruppen trennen: in Materialien schwerer als Aluminium und in solche, die leichter sind als dieses Metall. Während erstere das als Leichtmetall allein geläufige Aluminium als Grund-

lage wählen und dasselbe durch Verbesserung seiner Eigenschaften zu einem guten Konstruktionsmaterial auszubilden suchen, greifen letztere als Grundlage für ihre Legierungen zu Elementen, deren spezifische Gewichte wesentlich unter dem des Aluminiums liegen.



Um ein Urteil für die Preisverteilung zu gewinnen, wurde ein Auszug aus den Prüfungsakten gefertigt und daraus die amtlich beglaubigten und zur Anerkennung empfohlenen Werte in einer Tabelle nach folgenden Gesichtspunkten zusammengestellt.

Tabelle A.

1. σ_s/σ_B
 2. $\delta = \frac{\sigma_B \delta}{\sigma_s \cdot 100}$ } Vergl. Martens, Materialienkunde I, Abs. 428.
 3. $1/s$.
 4. $1/s \cdot \sigma_s = \frac{1}{10} R_s$.
 5. $1/s \cdot \sigma_s \cdot \delta = x$
 6. $1/s \mathfrak{B}g$.
 7. $1/s \mathfrak{A}g$.
 8. $1/s \mathfrak{H}br$.
 9. $1/s (\mathfrak{B}g - \mathfrak{A}g + \mathfrak{H}br) = y$.
 10. $x + y = Z$ (in Tab. B; $Z = 1/s (\mathfrak{B}g + \mathfrak{A}g + \mathfrak{H}br + \delta)$).

Die erhaltenen Einzelwerte wurden nach δ und σ_s und nach δ und σ_B auf Koordinatenpapier eingetragen. (Vergl. Fig. 50 und 51.) Die hierbei für jedes Metall entstandenen Punktgruppen sind eingekreist, und dann ist in jeder Gruppe nach dem Augenmaß der Schwerpunkt angegeben, wobei in Gruppe V und VI die vereinzelt, weitab rechts liegenden Punkte außer acht gelassen worden sind, weil angenommen wurde, daß sie nicht dem laufenden Charakter der Metalle entsprechen. Die so gewonnenen Punkte liefern folgende Zusammenstellung.

Tabelle B.

Schlußzusammenstellung.

	I Elektron	II Basse u. Selve	III Wachwitz	IV Strohhecker und Becker	V Duralumin (Wilm)	VI Geb. Giulini
a) Spezif. Gewicht $s =$	1,786	1,775	1,875	?	2,789	2,78
b) Streckgrenze $\sigma_s =$	18	28	16	—	45	15
c) Bruchgrenze $\sigma_B =$	30	30	22	11	53	21
d) Dehnbarkeit $\delta =$	14,5	7,2	4,3	0,03	5,2	1,6
e) Biegegröße $\mathfrak{B}g =$	24	16	—	16	10	0
f) Ausbreitung $\mathfrak{A}g =$	117	113	—	218	160	128
g) Härtezahl $\mathfrak{H}br =$	55	58	—	80	115	83
h) $\sigma_s \cdot \delta =$	260	202	69	—	235	24
i) $(e + f + g + h) \Sigma =$	456	389	—	314	520	235
k) $1/s =$	0,56	0,56	0,53	0,36	0,36	0,36
l) $i \cdot k = \Sigma 1/s = Z =$	255	217	—	114	186	85
Einordnung für den Preis	erster	zweiter			dritter	

Der Wert Z wurde als Einordnungszahl benutzt, weil der Luftschiffkonstrukteur in erster Linie auf ein geringes s und auf hohes σ_s ; δ ; $\mathfrak{B}g$; $\mathfrak{A}g$ u. $\mathfrak{H}br$. Wert legen wird.

Daraus erfolgt dann die Einordnung:

1.	I Elektron	Z = 260
2.	II Basse & Selve	217
3.	V Duralumin	182
4.	III Wachwitz	—
5.	VI Giuliani	65
6.	IV Strohhecker & Becker	114

Bei Nr. 4 Wachwitzmetall kann man im Zweifel sein, ob es nicht schon um deswillen vom Wettbewerb auszuschließen ist, weil es keine Legierung ist, sondern sich aus drei Schichten aufbaut. Nr. 6 Strohhecker & Becker liegt bis jetzt nur im gegossenen Zustande vor und steht auch hinter dem Elektron im Gußzustand sehr zurück. Das Strohheckersche Metall ist offenbar noch im Werdezustand, und es ist nicht abzusehen, in welchem Maße es seine Konkurrenten einholen wird, wenn es gelingt, geeignete Vergütungs- und Veredelungsprozesse aufzufinden. Die Metalle 4 und 5 bleiben in den in Tabelle B mitgeteilten Werten weit gegen die Metalle 1, 2 und 3 zurück, so daß für die Preisverteilung wohl nur diese in Frage kommen.

Die Bearbeitbarkeit dieser drei Metalle ist annähernd die gleiche; die Wetterbeständigkeit konnte nicht erprobt werden, sie wurde deshalb nicht berücksichtigt. Demgemäß wird folgende Reihenfolge in Vorschlag gebracht und von der Kommission angenommen: Erster Preis: Elektron, Chemische Fabrik Elektron in Griesheim; Zweiter Preis: Basse & Selve, Altena, Westfalen. Dritter Preis: Duralumin, Alfred Wilm, Schlachtensee.

Die Preisverteilung gestaltete sich demgemäß wie folgt:

P r e i s e :

I. Preis: Chemische Fabrik Griesheim-Elektron in Frankfurt a. M. für ihr Elektronmetall.

B e g r ü n d u n g: Das Metall hat im vergüteten Zustande bei geringem spezifischen Gewicht verhältnismäßig hohe Streckgrenzen und große Formänderungsfähigkeit. Es eignet sich also besonders gut für Konstruktionen, die bei geringem Gewicht große Beanspruchungen vertragen sollen. Die vorgelegten Stücke beweisen, daß das Material sich in der Werkstatt gut bearbeiten läßt. Die eingereichten Gußstücke sind Belege für die Gießarbeit.

II. Preis: Basse & Selve, Altena i. W., vorgelegt von J. A. Kühn, Maschinen und Werkzeuge, Frankfurt a. M.

B e g r ü n d u n g: Auch dieses Material hat bei fast gleichem spezifischen Gewicht ähnliche Festigkeit wie Elektron. Bezüglich der Dehnung und Biegegröße steht das Material dem vorgenannten nach.

III. Preis: A. Wilm, Schlachtensee bei Berlin. Legierung: Duralumin.

B e g r ü n d u n g: Das spezifische Gewicht ist erheblich größer als bei den vorhergehenden Legierungen; dafür liegt aber auch die Streckgrenze hoch. Dehnbarkeit und Biegegröße sind bei dem eingereichten Material geringer.

f) Luftfahrzeugmotoren.

Bericht von

Geh. Baurat Professor **O. Berndt**-Darmstadt.

Unter anderem war auch ein Wettbewerb für Luftfahrzeugmotoren ausgeschrieben. Da bei diesem Wettbewerb in der Hauptsache diejenigen Firmen in Frage kamen, welche sich schon bei dem Preisausschreiben der Motorluftschiff-Studien-Gesellschaft beteiligt haben, so war es erforderlich, sich den von dieser Studien-Gesellschaft aufgestellten Normen nach Möglichkeit anzuschließen und dabei noch besonders hervorgehobene Wünsche, wie sie von den Preisrichtern und Fabrikanten geäußert waren, nach Möglichkeit zu berücksichtigen. Es wurde dementsprechend das nachstehende Programm aufgestellt und öffentlich bekannt gegeben.

I. Allgemeine Bestimmungen.

Die Ila in Frankfurt a. M. 1909 veranstaltet einen Wettbewerb für Luftfahrzeug-Motoren. Die Anmeldungen zu diesem Wettbewerb müssen bis zum 15. Juni¹⁾ bei der Ausstellungsleitung erfolgen, die zu prüfenden Motoren sind der Prüfungskommission vom 15. August ab zur Verfügung zu stellen. Über die Zulassung späterer Anmeldungen bzw. Einlieferungen entscheidet das Preisgericht.

Die für die Bewerbung zuzulassenden Motoren für Ballons und Flugmaschinen müssen mindestens 15 PS leisten.

Die Motoren sind vollständig betriebsfähig anzuliefern, d. h. sie müssen mit Auspufftopf Werkzeugen und Ersatzteilen versehen sein.

Für die Bedienung der Motoren muß je ein Mann genügen.

Das Anwerfen der Motoren bis zu 100 PS muß von einem Mann vollständig gefahrlos geschehen können.

Die Motorwelle ist mit einer Kuppelung zu versehen, für welche die Zeichnung von der Prüfungskommission bezogen werden kann, um mittels dieser Kuppelung den Motor mit einer Gleichstromdynamo behufs Feststellung seiner Leistungsfähigkeit zu verbinden.

Jeder Motor ist mit einem zuverlässigen Tourenzähler auszurüsten.

Für die bequeme Aufstellung auf dem Probierplatz, welche vom Bewerber auszuführen ist, muß Motor nebst Kühlvorrichtung auf Profilträgern montiert und so angeordnet sein, daß er leicht in ein Luftschiff eingebaut werden kann. Die geprüften Maschinen verbleiben als Ausstellungsobjekte bis zum Schluß in der Ausstellung.

II. Art der Prüfung.

Die Prüfung der Motoren erfolgt durch Ingenieure, die von der Ausstellungsleitung dazu angestellt und von den Mitgliedern der Jury kontrolliert werden. Für Schäden irgend welcher Art, welche bei der Prüfung der Motoren entstehen, wird keine Haftung übernommen.

Durch diese Prüfung soll festgestellt werden: die tatsächliche höchste Dauerleistung durch Abbremsen, der Verbrauch an Brennstoff, Schmieröl und Kühlwasser für diese Dauerleistung, die Zuverlässigkeit des Ganges während eines zehnstündigen Dauerbetriebes für Ballonmotoren bzw. eines derartigen fünfstündigen Betriebs für Flugmaschinen-Motoren bei voller Belastung, ferner ob der Gang der Maschine auch bei verminderter Tourenzahl stoßfrei

¹⁾ Der Einlieferungstermin wurde schließlich bis zum 15. Oktober hinausgeschoben.

und gleichmäßig ist, ob diejenigen Teile, welche einer Abnutzung unterworfen sind und erfahrungsgemäß ausgewechselt werden müssen (Ventile usw.), leicht zugänglich sind, ob die automatischen Schmiervorrichtungen unabhängig von Zufälligkeiten, sind und wie groß das Gesamtgewicht des Motors unter Berücksichtigung der weiter unten angegebenen Berechnungsweise ist.

Über den Verlauf der Prüfung wird ein laufendes Protokoll geführt, in welches alle Unregelmäßigkeiten, Reparaturen, Temperatur der Auspuffgase, Regulierungen und Betriebsdaten, insbesondere aber die Eigentümlichkeiten des betr. Motors sowie der Befund über den Zustand nach der Prüfung vermerkt werden.

Die Feststellung der tatsächlichen Leistung der Motoren erfolgt mittels einer Gleichstrom-Dynamomaschine, welche durch Bestimmung der Einzelverluste für verschiedene Tourenzahlen geeicht ist.

Strom- und Spannungsmessung erfolgt durch Präzisionsinstrumente, welche vor und nach jedem Versuche durch den Physikalischen Verein zu eichen sind.

Etwaige Reparaturen, die während des Ganges des Ballon-Motors ausführbar sind, dürfen ohne weiteres ausgeführt werden.

Ist für eine etwaige Reparatur der Ballon-Motor stillzustellen, so ist dieses statthaft, sofern die Gesamtreparaturzeit die Dauer von $\frac{1}{4}$ Stunde nicht übersteigt. Bei Motoren für Flugmaschinen dürfen Reparaturen irgendwelcher Art während des Versuches nicht vorgenommen werden. Außer der Bedienung der Hebel für die Zündregulierung und die Vergasung ist jede andere Handhabung am Motor, z. B. Schmieren von Hand, während des 5 stündigen Probeversuches verboten. Wird gegen diese Bestimmungen verstoßen, so kann auf Antrag eine zweimalige Wiederholung der Prüfung stattfinden, sofern die aufgetretenen Fehler nicht grundsätzlicher Art sind, d. h. nicht erkennen lassen, daß ein betriebssicheres Arbeiten der Motoren auf die Dauer nicht zu erzielen sein wird.

Ein Antrag auf mehr als zweimalige Wiederholung unterliegt der Entscheidung der Prüfungskommission.

Der Motor ist mit der vom Fabrikanten angegebenen Tourenzahl zu prüfen, und soll der einmal festgesetzte Wert während des Versuches mit einer Toleranz von + 5 % eingehalten werden.

Ausnahmsweise eintretende Schwankungen sind bis zu 10 % zulässig. Diese müssen jedoch durch Nachregulierung sofort beseitigt werden. Ist eine derartige Regulierung nicht ausführbar, so scheidet der Motor aus. Eine Wiederholung der Prüfung kann dann nur nach den oben angegebenen Bedingungen vorgenommen werden.

Der Gleichförmigkeitsgrad der Ballon-Motoren soll mindestens 1 : 70 erreichen.

Der Schwungrad-Durchmesser soll bei diesen im allgemeinen 70 cm nicht übersteigen, jedenfalls darf der Einbau der Motoren in das Fahrzeug durch die Schwungräder nicht erschwert werden.

Die Tourenschwankungen und der Gleichförmigkeitsgrad werden mittels Tachometer und Tachographen festgestellt, zu welchem Zwecke sich auf der Kurbelwelle eine Riemenscheibe von 60 mm Breite muß befestigen lassen können.

Nach vollendeter Dauerprüfung wird der Ballon-Motor einer zweimaligen Probe von je einer Stunde in geneigter Lage unter Vollbelastung, und zwar unter einem Winkel von 15° zur Längsrichtung des Motors gegen die Horizontale, unterworfen, derart, daß einmal die eine Seite, das andere Mal die andere Seite des Motors hochgestellt wird. Zweimalige Wiederholung ist gestattet.

Die Feststellung des Verbrauchs an Brennstoff, Schmieröl und Kühlwasser erfolgt durch Gewichtsbestimmung.

Der Verbrauch an Brennstoff wird einmal für die ganze Versuchsdauer und zweitens durch Stichproben für kürzere Zeiten festgestellt.

Sämtliche Betriebsmaterialien hat der Bewerber unter Angabe der Bezugsquellen und des Beschaffungspreises zu liefern.

Sofern Benzin zum Betriebe des Motors Verwendung findet, wird dieses, und zwar mit einem Gewicht von 680 bis 700 g pro Liter bei 15° C, von der Ausstellungsleitung gegen

Erstattung der Selbstkosten geliefert. Andere Brennstoffe hat der Bewerber auf eigene Kosten zu stellen.

Die Ermittlung des Heizwertes der Brennstoffe erfolgt mittels Junkerschen Kalorimeters.

III. Gewichtsberechnung.

In die Gewichtsberechnung werden einbezogen:

- a) Das Gewicht des Motors selbst mit Tragfüßen und allen zu seinem ordnungsmäßigen Betriebe erforderlichen Einrichtungen, als da sind: Einrichtung für Vergasung und Regulierung, automatische Schmiereinrichtung, Zündapparate nebst den etwa erforderlichen Akkumulatoren, Spulen usw., ausreichend für das Anderthalbfache der verlangten Betriebszeit.
- b) Die Kühleinrichtung mit allen Zubehöerteilen, z. B. Ventilatoren und deren Antrieb; die Wasserfüllung des Kühlers und der Zylinderräume (falls Wasserkühlung verwandt wird), welche ohne Nachfüllung für die Betriebszeit ausreichen muß.
- c) Das Gewicht der Betriebsstoffe (Benzin und Öl) für die Dauer von 15 Stunden für Ballon-Motoren und von 5 Stunden für Flugmaschinen-Motoren.
- d) Das Gewicht der für die Betriebsstoffe erforderlichen Behälter, das als prozentualer Zuschlag zum Gewicht der Betriebsstoffe, die während der unter c) angegebenen Zeit verbraucht werden, mit 10 % für Benzin und mit 20 % für Öl berechnet wird. (Die mitzuliefernden Benzin- und Ölbehälter müssen für mindestens fünfstündigen Betrieb bemessen sein.)
- e) Außerdem Kuppelungsnormalflansch und Schwungrad.

In das Gewicht des Motors werden nicht einbezogen:

- a) Auspufftöpfe und Auspuffleitungen sowie die etwaigen Kühlvorrichtungen für die Auspufftöpfe und die zugehörigen Leitungen.
- b) Etwaige Reibungskuppelungen und Getriebe sowie Befestigungsbolzen für den Motor.
- c) Konstruktionsteile, die zur Befestigung und Unterstützung des Kühlers und des Benzinfäßes dienen.
- d) Etwa mitgelieferte automatische Anwerfvorrichtungen; an Stelle letzterer tritt das Gewicht einer Andrehvorrichtung von Hand nach einem festgestellten Mittelwerte
- e) Wasserleitung zwischen Kühler und Motor.
- f) Die mitzuliefernden Benzin- und Ölbehälter, an deren Stelle ein (wie unter d angegeben) bestimmter Wert in Rechnung gesetzt wird.

IV. Beispiele für die Gewichtsberechnungen.

a) Ballon-Motor.

Gewicht eines 100-PS-Motors komplett	300	kg
Gewicht des Kühlers mit Zubehör	80	„
Wasserfüllung	60	„
Benzin für 15 Stunden	375	„
Öl für 15 Stunden	45	„
Benzinbehälter	37,5	„
Ölbehälter	9	„
Summe	906,5	kg

b) Flugmaschinen-Motor.

Gewicht eines 20-PS-Motors komplett	60	kg
Gewicht des Kühlers mit Zubehör	20	„
Wasserfüllung	20	„
Benzin für 5 Stunden	35	„
Öl für 5 Stunden	3	„
Benzinbehälter	3,5	„
Ölbehälter	0,6	„
Summe	142,1	kg

Die in vorstehenden Beispielen angegebenen Gewichtszahlen sollen nur zur Erläuterung der Art der Gewichtsberechnungen dienen und in keiner Weise einen Maßstab für die zu stellenden Anforderungen an die Motoren abgeben.

V. Preisverteilung.

Nur Motoren, welche vorstehende Prüfungen bedingungs- gemäß erfüllt haben, kommen für die Preisverteilung in Betracht.

Fig. 52.

Die Preisverteilung erfolgt auf Grund der über die Prüfung geführten Protokolle, wobei die Betriebssicherheit, der Öl- und Brennstoffverbrauch und das Gesamtgewicht nach oben angegebener Berechnung maßgebend sein sollen.

Den Bewerbern ist die Teilnahme an allen Prüfungen freigestellt.

Als Preise werden goldene, silberne, bronzene Medaillen verliehen.

Die hauptsächlich in Frage kommenden Firmen wurden zunächst schriftlich und dann noch persönlich zur Beteiligung an diesem Wettbewerb eingeladen. Da mehrere Firmen ihre Bereitwilligkeit zugesagt und die Anlieferung entsprechender Motoren sicher in Aussicht gestellt hatten, so wurden die erforderlichen Vorbereitungen zur Prüfung derselben getroffen.

Die Firma Felten & Guilleaume-Lahmeyer-Werke zu Frankfurt a. M. änderte in liebenswürdiger Weise gegen Erstattung der Selbstkosten eine vorhandene

Dynamomaschine entsprechend ab und stellte dieselbe zur Verfügung. Mit dieser Dynamo sollten durch eine elastische Bolzenkuppelung die einzelnen Motoren gekuppelt werden. Die betr. Dynamo gestattete die Prüfung von Motoren bis zu 100 PS bei einer höchsten Umdrehungszahl von 1300 pro Minute.

Den erforderlichen Tachographen hatte Herr Dr. Th. H o r n in Leipzig-Großschocher zur Verfügung gestellt.

Da die Luftfahrzeugmotoren sowohl in horizontaler Lage als auch in geneigter Lage, und zwar unter einem Winkel von 15° zur Längsrichtung, geprüft werden sollten, so war es erforderlich, das Fundament für den Motor entsprechend herzurichten. Wie aus Fig. 52 ersichtlich, war zu dem Zweck die Dynamomaschine auf einem aus I-Trägern bestehenden Untergestell befestigt, welches in der Mitte auf einer Walze ruhte und mittels der an den beiden Enden befindlichen Hubwinden entsprechend geneigt werden konnte.

Fast sämtliche Firmen, welche Motoren zum Wettbewerb angemeldet hatten, verlangten nach und nach einen immer späteren Termin für die Einlieferung der Motoren, so daß schließlich es nur noch eine Firma war, welche ihre Motoren noch vor Schluß der Ausstellung zur Prüfung einliefern wollte. Da infolgedessen von einem Wettbewerb nicht mehr gesprochen werden konnte, so wurde von der Prüfung der Motoren Abstand genommen.

Der Grund, weshalb die Firmen die Motoren nicht rechtzeitig fertigstellen konnten, ist wohl in der Hauptsache darin zu suchen daß einmal diese Firmen in der damaligen Zeit mit Aufträgen stark in Anspruch genommen waren, und zweitens die Zeit von der Aufforderung bis zur Ablieferung und dem Schluß der Ausstellung sehr kurz bemessen war.

g) Luftschrauben.

1. Vorbemerkungen

von

Paul Béjeuhr-Göttingen.

Als die Wissenschaftliche Kommission sich vor die Aufgabe gestellt sah, Wettbewerbe ausfindig zu machen, die geeignet wären, die Gesamtinteressen der Luftschiffahrt zu fördern, also der Flugtechnik in gleicher Weise zu dienen wie den dynamischen Ballonfahrten, da standen im Vordergrund zwei beiden Disziplinen gemeinsame Bauteile, von deren Vervollkommnung nicht nur der größte Teil alles bisher Erreichten abhing, sondern deren Verbesserung eine gebieterische Notwendigkeit für den weiteren Ausbau unserer Luftfahrzeuge wird — die Kraftmaschinen und die Propeller.

Jedes dynamische Erheben in die Luft ist einmal eine Frage der Kraft, dann aber auch eine solche des Übertragungs-Organs. Wenn also auch zunächst eine Kraftmaschine geschaffen werden mußte, die bei geringstem Gewicht die größtmögliche Arbeit leisten konnte, ohne dabei in einer Weise beansprucht zu werden, die sich mit dem Begriff „Sicherheit“ nicht vereinbaren läßt, so war nur der erste

Teil der Aufgabe gelöst. Jetzt mußte dafür Sorge getragen werden, daß diese Arbeitsleistung mit möglichst geringen Verlusten in eine nutzbare Flugleistung umgesetzt wurde. Und zwar faßt die Flugleistung das Emporheben ebenso wie das Fortbewegen zusammen, so daß es gleichgültig ist, ob es sich um rein dynamische Flugmaschinen oder um überlastete Ballons mit zu geringen Tragkörpern handelt. Es erhellt hieraus ohne weiteres die Notwendigkeit, das Übertragungsorgan, das eben zur Umsetzung der Motorenarbeit herangezogen werden soll, so auszubilden, daß nur wenig von dieser Arbeit verloren geht — daß also ein guter Wirkungsgrad erzielt wird. Entgegen den vielfach vertretenen Ansichten, das Vorbild der Natur für die dynamische Luftdurchquerung in irgend einer Weise nachzuahmen, also die beschleunigte Schlagwirkung von Flügelflächen für den Vortrieb zu verwenden, kann nach dem jetzigen Stand unserer Technik, insbesondere im Hinblick auf unsere Spezial-Motorenindustrie nur die unmittelbare Ausnutzung der vom Motor erzeugten Rotation einen Erfolg versprechen. Ein ähnliches Vorbild konnte auch in der Natur schon deshalb nicht vorhanden sein, weil für sie ja stets die Notwendigkeit vorliegt, alle Organe zu ernähren, also durch Adern und Nervenbündel mit der Zentrale zu verbinden, wodurch sich eine ständige Rotation von selbst verbietet. Uns stehen aber wieder die feinen Hilfsmittel der Natur nicht zur Verfügung; wir müssen daher bestrebt sein, alle hin- und hergehenden Massen nach Möglichkeit zu vermeiden. Für uns wäre es also geradezu ein Rückschritt, die konstante Rotation wieder in eine intermittierende, gleichförmig beschleunigte und verzögerte Bewegung aufzulösen. Eine Verbesserung des Übertragungsorgans konnte also nur eine Vervollkommnung der *Luftschräube* oder im engeren Sinne der *Treibschraube* bedeuten, da auf eine Erprobung der *Hubschrauben* im Hinblick auf die vielfachen exakten Forschungen verzichtet werden durfte¹⁾.

Weil nun die Ausstellung für wissenschaftliche Arbeiten größere Beträge freimachen wollte, und weil ferner dieser Wettbewerb nicht nur den wenigen Erfindern zunutze kommen sollte, die gerade augenblicklich in der Lage wären, ihn mit ihren Erzeugnissen zu beschicken, beschloß man, diese Prüfeinrichtung von vornherein nach anderen Grundsätzen als den bisher gebräuchlichen zu bauen.

Die Einrichtungen zur Erprobung der Luftschrauben sind so alt wie die Schrauben selbst. Es ist ja auch erklärlich, daß das Bestreben, dem Propeller eine Gestaltung und Anordnung zu geben, welche seine Wirkung auf die Luft und dadurch wieder die Rückwirkung auf das Luftfahrzeug möglichst günstig gestaltet, daß diese Bemühungen von selbst zu Versuchsständen führten, die einen Einblick in die Arbeitsverhältnisse der Schrauben gewähren sollten. Neben diesen Versuchen im großen und kleinen, welche Fortschritte in den bestehenden Konstruktionen schaffen sollten, gingen gleichzeitig rechnerische Methoden, durch die man ebenfalls dem ersehnten Ziele näherzukommen suchte. Weil diese ersten Versuchseinrichtungen aus dem Bedürfnis heraus entstanden waren, so liefen auch die ersten Messungen mehr oder weniger auf eine Registrierung der Umdrehungszahlen, des Propellerschubes und der hierfür von ihm verbrauchten Arbeit hinaus. Schon um diese

¹⁾ Die Versuche von Prof. Dr. Klingenberg in Berlin und von Dr.-Ing. Bendemann in Lindenberg.

Messungen gut verfolgen zu können, war man gezwungen, die Gesamtanlage stationär anzuordnen, so daß die Schraube lediglich die Luft nach hinten fortwerfen konnte, ohne sich aber selbst axial gegen die Luft bewegen zu können. Sehr bald ging man zu kleinen Modifikationen dieser Anordnung über; man gesattete dem ganzen Apparat eine gewisse Beweglichkeit, indem man ihm eine Schlittenführung gab; die Bewegung selbst wurde immer durch passende Wahl angehängter Gewichte schnell begrenzt. Oder die ganze Anlage wurde in der Art großer Schaukeln pendelnd aufgehängt (P a r s e v a l), oder man ließ sie gleichzeitig um zwei zueinander senkrechte Achsen pendeln (R e n a r d). Der Schraubenschub wurde bei diesen Versuchen entweder abgewogen oder durch Dynamometer bestimmt, die eingeleitete Arbeit fast stets durch Kontrolle des Energieverbrauches der Kraftquelle, wodurch allerdings der Wirkungsgrad eben dieser Kraftquelle sowie der Übertragung in unliebsamer und unkontrollierbarer Weise das Resultat verschleierte. Dies suchte R e n a r d wenigstens teilweise zu verhindern, indem er mittels kardanischer Aufhängung das Fundament für Motor und Propeller auch noch parallel zur Schraubenachse pendelnd befestigte. Im Betriebe erzeugt die Schraubenhemmung ein Drehmoment um die Propellerachse, das dann ebenfalls durch Gewichte ausgeglichen werden muß, wodurch man Schub und Drehmoment (allerdings mit festgekuppeltem Motor) direkt erhält.

Da diese zahlreichen, kostspieligen Versuche systematisch erfolgten, indem Durchmesser und Steigung, Flügelfläche und Flügelzahl sowie ihr gegenseitiges Verhältnis variiert wurden, sind natürlich im Laufe der Entwicklung gewisse Fortschritte erzielt worden, die aber eigentlich in keinem rechten Verhältnis zu den aufgewandten Mühen stehen, und die uns auch heute noch nicht in die Lage versetzen, das eigentliche Wesen der Wirkungsweise des Propellers zu ergründen. Man mußte daher bei den Erprobungen die Schrauben während ihres Fortschreitens in der Luft kennen lernen! Dies suchte L a n g l e y zu erreichen, indem er seinen Schraubenmeßapparat auf den Rundlauf setzte und die Registrierungen während der Drehung vornahm. Der Propeller wurde durch Zwischenschaltung einer starken Feder angetrieben, so daß die Federspannung stets der Schraubenhemmung entsprach; durch eine Nute in Form einer Schraubenlinie wurde dann ein Schreibstift in einem bestimmten Verhältnis verschoben und so das Drehmoment aufgezeichnet. Der Schub wurde durch Zusammenpressen einer Feder in Verbindung mit einem zweiten Schreibstift aufgeschrieben.

Hierdurch wurden schon merklich bessere Resultate erzielt, wenn auch die Einflüsse der Zentrifugalkraft auf den Propeller und seine Umgebung noch Unklarheiten ergaben. Die sich jetzt schnell entwickelnde Praxis des Luftfahrzeugbaues hatte aber keine Zeit, auf theoretische Ableitungen zu warten; sie brauchte Propeller für ihre Luftschiffe, und es blieb ihr nichts anderes übrig, als durch verhältnismäßig grobes Probieren die zweckmäßigsten auszusuchen. So wurden denn die Zeppelin-Schrauben mit ihrem zugehörigen Motor in das kleine Boot „Gna“ eingebaut und nun der Propeller durch Beschneiden des Schraubendurchmessers so lange verkleinert, bis der Motor auf seine Tourenzahl kam, bei der er seine höchste Leistung entfaltete, so daß auch die ganze Anlage am günstigsten arbeitete. In ähnlicher Weise sind wahrscheinlich die Gebrüder W r i g h t vorgegangen, indem

sie so lange ihre Propellerflügel zustutzten, bis die günstige Motor-Umdrehungszahl erreicht wurde; daher rührt auch die merkwürdige, plötzlich gerade abgeschnittene Form der Flügel. Diese Methode kann natürlich nur als sehr roh bezeichnet werden, da eben von vornherein eine bestimmte Umdrehungszahl für den Propeller vorgeschrieben wird, ohne die Möglichkeit zu geben, ihn bei einer anderen, vielleicht viel günstigeren zu erproben. Dieser Übelstand veranlaßte die Siemens-Schuckert-Werke, einen fahrbaren Versuchsstand anzulegen, auf dem jeder Propeller unter den verschiedensten Verhältnissen geprüft werden konnte. Die Prüfung geschah mittels eines auf einem Kreisgleis laufenden Wagens; Propeller und Wagen wurden für sich durch Elektromotoren angetrieben, die Messungen erfolgten elektrisch und hydraulisch. Ähnlich ist die Vorrichtung des französischen Genie-Offiziers, Kapitän Dorand. Erstere Anlage besonders ist aus dem Bestreben heraus entstanden, sich von dem Hauptnachteil der ortsfesten Einrichtungen unabhängig zu machen, der darin besteht, daß sie wegen der Umrechnung und der notwendigen Einführung verschiedener Koeffizienten über das wirkliche Verhalten der Propeller am fahrenden Luftschiff wenig Aufschluß geben, daß also nur umfangreiche Erfahrungen auf diesem Gebiete richtige Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Standversuche zu ziehen vermögen, weshalb aus den Reihen der Praktiker bereits seit langem Wünsche geäußert wurden, einwandsfreiere Vergleichsdaten zu erhalten.

Noch ein kurzes Wort über die bestehenden Theorien. Bei allen theoretischen Arbeiten über Luftschrauben wird nach möglichst exakter Anwendung der bekannten Gesetze der Physik und Mechanik von irgendeiner Hypothese der Wirkungsweise ausgegangen, der dann einige notgedrungen willkürliche Annahmen hinzugefügt werden, um zu abschließenden Resultaten zu gelangen; diese Annahmen beziehen sich aber auf Fragen, die erst durch Versuche klargestellt werden können. Wenn diese Resultate nun über die Formgebung und die nähere Berechnung keinerlei Aufschluß zu geben vermögen, so liegt dies im wesentlichen daran, daß man über die eigentlichen Bewegungsvorgänge so gut wie nichts wußte. Ebenso sicher wie man nun davon überzeugt sein kann, daß für jede arbeitende Schraube ganz bestimmte Gesetzmäßigkeiten bestehen, daß ganz gesetzmäßige Druck- und Geschwindigkeitserscheinungen in der umgebenden Luft auftreten müssen, ebenso notwendig sind exakte, der Wirklichkeit möglichst angepaßte Messungen, die zur Erkenntnis der Wirkungsweise beitragen können und dadurch ihrerseits wieder die nötigen Grundlagen für eine brauchbare Theorie schaffen. Erst durch dieses Zusammenarbeiten wird sich ein wirklicher Fortschritt erzielen lassen.

Nun eine solche Gelegenheit durch die finanzielle Unterstützung seitens der Ila gekommen, galt es denn auch, in kürzester Zeit die zweckentsprechendste Einrichtung zu schaffen, und man betraute Herrn Professor Dr. P r a n d t l - Göttingen, der als Leiter der Modellversuchsanstalt der Motorluftschiff-Studiengesellschaft bereits längere Zeit Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Körper im bewegten Luftstrom angestellt hatte, mit der Ausarbeitung der Entwürfe. Durch dessen Vermittlung konnte dann der Verfasser an der konstruktiven Durchführung mitarbeiten.

Die Versuchsanlage.

Die vorzunehmenden Versuche mußten also der Wirklichkeit möglichst nahe kommen, alle Vorgänge sollten in einfacher Weise zu übersehen sein, folglich ergab sich von selbst eine Einrichtung, die es der zu prüfenden Schraube ermöglichte, sich genau wie beim Luftfahrzeug gemäß ihrer Tourenzahl, ihrer Flügelfläche und Steigung fortzubewegen, so daß die fortschreitende Geschwindigkeit eine Funktion von Steigung und Umdrehungszahl bleibt.

Fig. 53.

Versuchsanordnung für Prüfungen auf dem festen Punkt.

Für den Entwurf sollten folgende Hauptbedingungen bindend sein:

1. Der Meßbereich der Propeller in Dimension, Umdrehungszahl und Drehrichtung soll tunlichst groß sein,
2. die Propeller sollen nach Möglichkeit unter Verhältnissen geprüft werden, die denen ihrer späteren Arbeit im Luftfahrzeug ähnlich sind,
3. die Prüfungen sollen (wenigstens teilweise) auf dem Ausstellungsgelände vor sich gehen.
4. die Anlage muß durch wenige Änderungen in eine ortsfeste Prüfeinrichtung umzuwandeln sein.

Punkt 1 wurde durch Rundfragen bei den größeren am Luftfahrzeugbau beteiligten Firmen dahin erledigt, daß als größter Propellerdurchmesser 5 m zugelassen werden sollte, während die Propellerwelle in jeder Drehrichtung zwischen 200 und 1200 Minutenumdrehungen noch mindestens 60 PS abgeben müßte. Bedingung 3

Fig. 54.

Gesamtansicht des Wagens mit einem 5-m-Durchm.-Propeller kurz vor dem Fahrversuch.

zog unweigerlich die Aufgabe des Wunsches nach sich, für die Versuche ein kleines Wasserfahrzeug (eventuell sogar ein Gleitboot) zu benutzen, wie es von der „Zeppelin-Gesellschaft“ und vom „Luftschifferbataillon“ bereits mit Erfolg angewendet worden ist, und wie es auch Major v. Parseval für die Zukunft beabsichtigt. Die Vorteile dieser Ausführung liegen auf der Hand: bei ruhigem, strömungslosem Wasser geringe Reibung, selbst bei den größten Geschwindigkeiten gefahrloses Fahren und endlich die Möglichkeit (richtige Dimensionierung des Wassers nach allen Richtungen vorausgesetzt), durch Wahl des Ausgangspunktes stets gegen

den Wind zu fahren, was eine große Gleichartigkeit des Luftwiderstands für alle Propeller bedeutet. Dieses Projekt mußte also fallen gelassen werden; die Versuche sollten auf dem Lande stattfinden, und die zu erwartenden Fahrgeschwindigkeiten erforderten folgerecht eine Gleisführung, da nach allen Seiten sich 12—1500 m lang eben und frei ausdehnende Flächen nicht zur Verfügung standen, die ja für einen Automobil-Unterbau benutzbar gewesen wären. Dadurch ergab sich die erste Schwierigkeit — die wechselnde Windrichtung und ihr Einfluß auf die Prüfungsergebnisse. Diese Schwierigkeit suchte man dadurch zu überwinden, daß das Gleis in der Hauptwindrichtung verlegt wurde, und außerdem offizielle Prüfungen nur bei höchstens 20% Seitenwind, die aus einer Skala der am Wagen befestigten Windfahne zu ersehen waren, ausgeführt werden durften.

Aber noch etwas anderes schloß diese Bedingung in sich: Sollte man tatsächlich im Beisein der Ausstellungsbesucher prüfen, so mußte Vorsorge getroffen werden, daß irgendwelche Unfälle durch zu schwache oder fehlerhafte Konstruktionen nicht möglich waren. Daher wurde vorgesehen, daß jede Schraube vor dem Versuch erst einer Festigkeitsprüfung in Gestalt einer Schleuderprobe unterworfen wurde, was sich dann wenigstens teilweise bewährt hat.

Dann aber war auf dem Ausstellungsgelände die Möglichkeit nicht ohne weiteres gegeben, Zuführungs- und Schleifdrähte für elektrischen Strom am Gleise zu verlegen, um so das Fahrzeug elektrisch zu betreiben und auch die Messungen in dieser relativ einfachen Form vorzunehmen.

So verlockend die Leistungsmessung aus dem Stromverbrauch des Elektromotors auch gewesen wäre, so mußte sie doch wegen der ihr anhaftenden Ungenauigkeit fallen gelassen werden. Die für die Übertragung nötigen Zahnradgetriebe, Kardangelenke usw., die naturgemäß ebenso wie die Kraftquelle nach der Höchstleistung dimensioniert werden mußten, hätten große, nicht kontrollierbare Arbeitsverluste nach sich gezogen, die außerdem noch erheblichen Schwankungen unterworfen gewesen wären. Bei einem großen Teil der zu erwartenden Schrauben würden auch die elektrischen und mechanischen Leergangswiderstände die notwendige Antriebsleistung erheblich überschritten haben, so daß dann der Wirkungsgrad des Motors bei den wenigen Bruchteilen seiner Normalbelastung in recht großen Grenzen geschwankt hätte.

Andererseits wurde aber auch für den Wagen ein unabhängiger Betrieb gewünscht, schon um die Anlage nach Schluß der Wettbewerbe beliebig verpflanzen zu können.

Faßt man alle diese Einschränkungen zusammen und berücksichtigt dann ferner, daß die sehr kurze Vorbereitungszeit der Ila als solcher ihre wissenschaftliche Kommission zwang, bis Ende März 1909 mit definitiven Entscheidungen zu warten, so wird man wohl den Eindruck erhalten, daß schon ein ziemlich fest gefügtes Aggregat mit genau bestimmten Grenzen den ersten Entwürfen zugrunde lag.

So mußte denn auch von vornherein der Hauptwert darauf gelegt werden, gängige Artikel beim Entwurf zu verwerten, um die langen Lieferfristen der betreffenden Werke zu umgehen, wollte man wenigstens annähernd zur rechten Zeit fertig werden. Schon nach kurzer Zeit waren dann auch die ersten Vorbereitungen so weit getroffen, daß mit den konstruktiven Arbeiten der beiden Hauptteile, Gestell

und Unterbau, begonnen werden konnte, und als ein besonders glücklicher Umstand war es zu begrüßen, daß sich zwei Frankfurter Firmen trotz der großen Eile zur Übernahme bereit erklärten. Die Adlerfahrradwerke, vormals Heinrich Kleyer, deren technischer Leiter, Herr Direktor Paul, mit seinen umfassenden Erfahrungen besonders die konstruktiven Schwierigkeiten beim Entwurf beseitigte und so die Arbeiten bedeutend förderte, zeigten noch ein weiteres Entgegenkommen durch die leihweise Überlassung des Antrieb-Benzinmotors. Den Unterbau lieferte die Firma Sternberg & Co., Fabrik für Eisenbahndraisinen, die bei dieser Arbeit ihre Erfahrungen im leichten Wagenbau für große Geschwindigkeiten gut verwerten konnte.

Um den Luftschrauben möglichst die Verhältnisse des Luftfahrzeugs zu bieten, sollte der Wagen in der Frontansicht eine tunlichst geringe Fläche bieten, jedenfalls aber stets für eine gute Führung der vorbeistreichenden Luft ohne Anlässe zu Wirbelbildungen gesorgt werden. Die Befolgung dieser Grundregel führte bei den Getrieben zu den bojenförmigen Einkapselungen, weil hier in der Nähe der Schraube eine gute Luftführung besonders nötig erschien. Die weiten Grenzen, zwischen denen sich die Dimensionen der zu prüfenden Schrauben bewegen durften, ließen einen andern Faktor noch als bedeutungsvoll hervortreten, nämlich den leichten Lauf des Wagens, eine Eigenschaft, die wieder zurückwirkte auf die Erstrebung möglichst kleiner Gewichte.

Um für alle Fälle gerüstet zu sein, wurde für die Spurkränze der Räder vorgesehen, daß sie sowohl für Phönixschienen (Straßenbahn) als auch für Eisenbahngleise paßten, bei gleichzeitiger Zugrundelegung der Eisenbahn-Normalspurweite. Die auf die Achsen aufgekeilten Draisinenräder von 500 mm Durchmesser mit verstärkten Bandagen laufen mit den Achsen in je drei D. W. F.-Kugellagern, die gleichzeitig eine gewisse Achsenverschiebbarkeit gestatten. Das die Kugellager fest umschließende Gehäuse hängt zwischen zwei Spiralfedern in einem Achshalter aus Stahlguß, der außerdem den Winkelhebeln der besonders kräftigen Innenbackenbremse als Stützpunkt dient. Die vom Führersitz durch einen Handhebel zu betätigende Bremse wirkt mit zwei Backen auf die Innenseite jeder Radfelge; der Führerhebel überträgt die Kraft durch eine Welle auf eine unter beiden Längsträgern angeordnete Zugstange, die ihrerseits wieder auf die beiden Räder einer Seite arbeitet. Da nun die Räder einer Achse fest verbunden sind, ergibt sich doppelte Sicherheit. Die Schmierung der Achsen-Kugellager mit konsistentem Fett mußte recht vorsichtig vorgenommen werden, weil jedes überflüssige Fett sofort am Wellenaustritt heraustropfte und sich zwischen Bremsbacke und Felge schob, wodurch natürlich die Bremswirkung sehr gemindert wurde; dünnflüssiges Öl verbot sich unter diesen Gesichtspunkten von selbst.

Der Unterbau besteht aus einem einfachen Rahmen von gepreßten Trägern $100 \times 40 \times 4$ mm, der durch zwei Zwischenquerträger versteift ist. Auf diesem leichten Unterbau nun ist der eigentliche Getriebeteil im festen Rahmen montiert, was sich bei den erheblichen Erschütterungen als sehr zweckmäßig erwiesen hat. Als Grundzahlen für die Konstruktionen lagen vor:

100 PS-Motor mit normal 1800 Touren,

kleinster bis 5 m Durchmesser Propeller mit 200—1200 Touren,

Drehsinn des Propellers rechts und links laufend.

Der ursprüngliche Gedanke an ein Stirnräder-Wechselgetriebe wurde fallen gelassen, weil bei den großen Kräften eine zu schnelle Abnutzung und zu großer Lärm zu befürchten war, und weil ferner das Wechseln der Tourenzahl über gewisse Grenzen hinaus bei demselben Propeller kaum in Frage kam. Beim Umsetzen der Luftschrauben selbst konnte aber auch eine größere Arbeit an den Getrieben mit in den Kauf genommen werden, zumal dieser kleinen Unbequemlichkeit große Vorteile gegenüberstanden. Es sei hier gleich die Bemerkung gestattet, daß selbst bei Erledigung vieler verschiedener Propeller, wie es bei Wettbewerben sich als Regel ergibt, mit geringer Mühe ein gruppenweises Zusammenstellen möglich ist, so daß ein Getriebewechsel erst nach Erprobung der Gruppe nötig wird. Bei eingearbeiteten Leuten ließ sich ein voll-

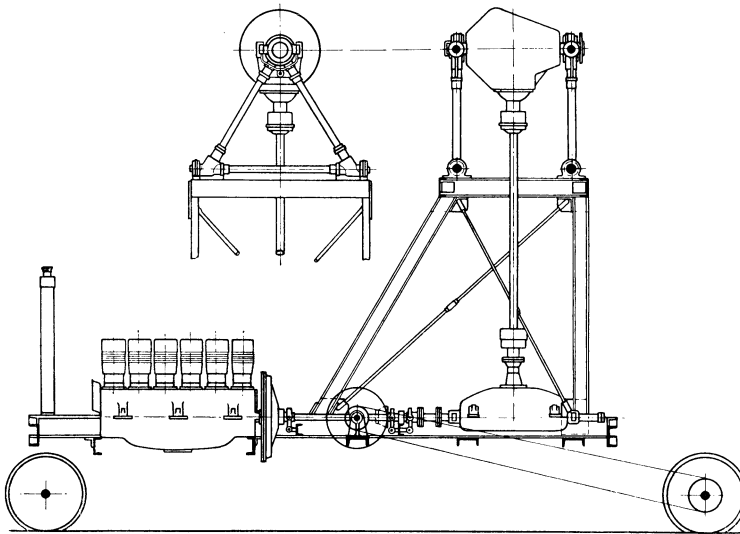


Fig. 55.

Prüfwagen; Seitenansicht, Oberteil auch von hinten gesehen.

ständiger Umbau, d. h. Wechsel von Propeller und Geschwindigkeit (vorausgesetzt, daß der Propeller sonst paßte), in einer Stunde erledigen. Als größter Propellerschub wurden 300 kg angenommen, das größterforderliche Drehmoment auf 300 m/kg an der Propellerwelle veranschlagt und auf Grund dieser Werte die Konstruktion durchgeführt. Die in verschiedenen Ebenen gelagerten Motor- und Propellerwellen führten folgerecht zu zwei Kegeltrieben mit einer senkrechten Achse; die als wünschenswert erachteten vier Geschwindigkeitsstufen vermehrten die Kegeltriebe noch um zwei, während endlich die erforderlichen zwei Drehsinne noch ein weiteres Paar Kegelräder notwendig machten. So wurden denn ins obere Gehäuse eine große und eine kleine Übersetzung eingebaut, während die gleiche Anordnung im unteren Gehäuse noch dadurch erweitert wurde, daß die horizontale Welle zu beiden Seiten des senkrechten Triebes ein gleiches Kegelradpaar erhielt. Die Umstellung oben geschieht durch Verschieben der festverbundenen, auf Feder-

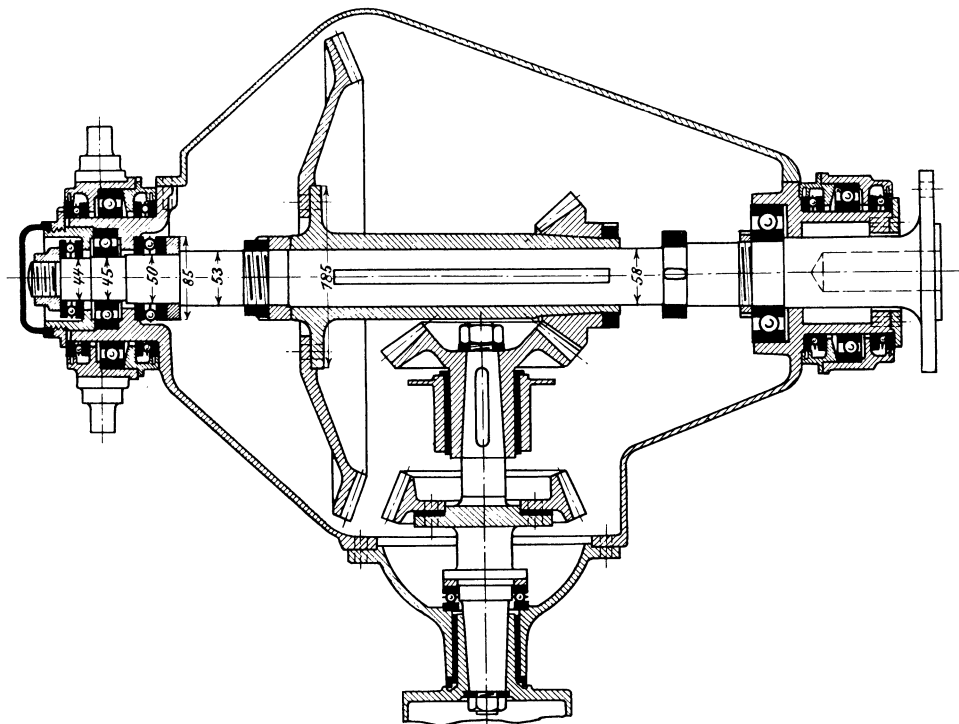


Fig. 56.

Propellergetriebe; Oberes Gehäuse (rechts oben Anschlußflansch für die Luftschrauben).

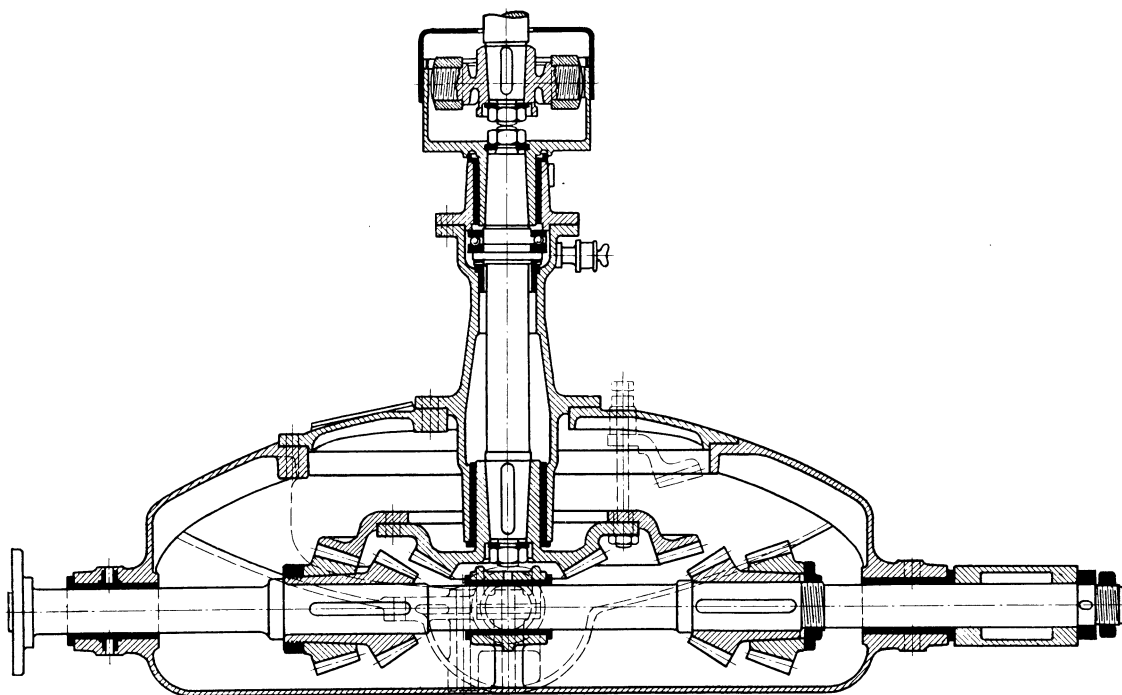


Fig. 57.

Propellergetriebe; Unteres Gehäuse (großes Zahnrad im Eingriff gezeichnet, punktierte Lage gilt für die mittlere Übersetzung).

keilen der Propellerwelle gleitenden Räder; unten sind die vier Räder der horizontalen Welle fest aufgekeilt, das untere Rad der senkrechten Welle und die in eine Scheibe auslaufende Nabe des oberen Rades sind ihrer Lage nach fixiert. Arbeitet nun die mittlere Übersetzung, so wird der Zahnkranz des oberen Rades hochgezogen und am Deckel befestigt; soll dagegen das außenliegende Getriebe in Eingriff gebracht werden, so wird der Kranz durch vier Prisonstifte und vier Schrauben mit seiner

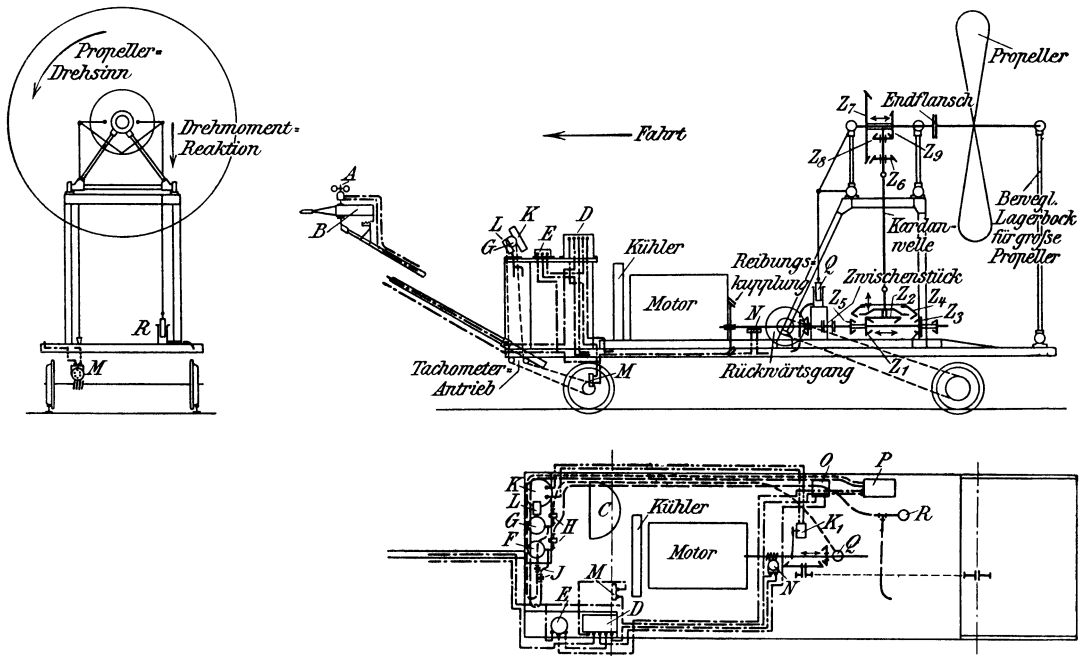


Fig. 58—60.

Schematische Zeichnung der Prüfeinrichtung mit den Getrieben und Meßinstrumenten.

Fig. 58, Ansicht von hinten. Fig. 59, Seitenansicht. Fig. 60, Ansicht von oben. *A* Schalenkreuz-Anemometer, *B* Windfahne mit Skala, *C* Führersitz, *D* Chronograph, *E* Sekundenkontakttuhr, *F* Manometer für das Drehmoment, *G* Manometer für den Propellerschub, *H* Drosselhähne, *I* Absperrhähne, *K* Umdrehungsanzeiger der Motorwelle, *K*₁ Antrieb des Frequenzmessers, *L* Tachometer für die Wagenachse, *M* Schneckenkontaktgeber der Wagenachse, *N* Schneckenkontaktgeber der Motorwelle, *O* Batterieakkumulator für die elektrischen Meßinstrumente und für die Zündung des Motors, *P* Registriermanometer, *Q* Meßzylinder für den Schub, *R* Meßzylinder für das Drehmoment, *Z* 1 bis *Z* 9 Zahnräder zum Antrieb der Propellerwelle, unten Kettenantrieb für den Rückwärtsgang.

- Elektrische Leitungen der Meßinstrumente.
- „ „ des Frequenzmessers.
- Ölrohrleitung für die Registrierung des Schubes,
- „ „ „ „ „ Drehmoments.

Nabe verbunden. Die horizontale Welle wird in jedem Fall mit ihren Rädern verschoben und durch ein passendes Zwischenstück mit der Motorwelle vereinigt. Die Aluminiumgußgehäuse (Basse & Selve, Altena i. W.) sind dicht geschlossen, so daß die Getriebe ganz in Fett laufen können. Die obere Propellerwelle liegt ganz in Kugellagern (D. W. F. und Fichtel & Sachs), die Zahndrucke werden ebenfalls durch Kugelstützlager aufgenommen, während sonst Bronzelager mit großen Flächen gewählt sind. Die Zahnräder und Wellen sind in Chromnickelstahl (N. C. 4 und

N. C. 2 der Bismarckhütte) ausgeführt, wodurch sich die geringe Dimensionierung trotz der hohen Beanspruchung durch Stöße erklärt.

Es sei an dieser Stelle gleich die Bemerkung eingefügt, daß sich die Getriebe während der schlechtesten Jahreszeit und beim angestrengtesten Dauerbetrieb, sogar bei Propellerbrüchen, die stets eine hohe Beanspruchung der Getriebe mit sich brachten, durchaus bewährt haben, was wohl nächst der guten Dimensionierung und reichlichen Schmierung in erster Linie in dem ausgezeichneten Material begründet ist.

Die jetzt beschriebenen Einzelteile dienen aber gleichzeitig einem weiteren Zweck, der ihre Formgebung und Ausführung wesentlich gestaltete — sie sollen nämlich die Messung zweier für die Bewertung der Schrauben wichtiger Größen ermöglichen, nämlich des Propellerschubes und des zu seinem Betriebe notwendigen Drehmomentes. Am besten wird sich dies in der schematischen Zeichnung erklären lassen. Auf dem mit dem Rahmen festfügten trapezförmigen Bock befindet sich ein bewegliches Parallelogramm, das die Propellerwelle trägt. Übt nun die Schraube einen Schub aus, so hat das Parallelogramm das Bestreben, nach vorn umzukippen, woran es aber durch einen Winkelhebel mit Druckstange gehindert wird. Der senkrechte Druck dieser Stange wird also in irgendeinem bestimmten Verhältnis zum Propellerschub stehen. Das zur Verhinderung einer Seitenbewegung mit dreieckigem Querschnitt ausgeführte Parallelogramm trägt nun auf der Propellerwelle das ganze obere Gehäuse, die senkrechte Welle mit ihren zwei Kardangelen läßt immerhin ein bedeutendes Pendeln dieses Gehäuses zu. Wird nun der Propeller angetrieben, so hält die Reaktion seines Drehmomentes sein Antriebskegelrad zurück und veranlaßt das Gegenrad der senkrechten Welle, sich auf ihm abzurollen. Diese Bewegung senkrecht zur Ebene der Propellerwelle überträgt sich durch die Lager auf das Gehäuse, das nun ausschlagen würde, wenn nicht wieder eine Druckstange dem entgegenwirkte. Durch diese einfachen Vorrichtungen können die beiden Werte: Schubkraft und Drehmoment des Propellers direkt an der Antriebswelle abgenommen werden, ohne daß irgendwelche Beeinflussungen durch Reibung usw. vorkommen. Daher ist auch die Aufhängung des oberen Gehäuses so sorgfältig mit vielen Kugellagern durchgeführt, wie überhaupt die obere Welle lediglich Kugellagerung zeigt. Selbst die nur eine Kippbewegung ausführenden Froschlager des Parallelogramms haben der Belastung wegen Kugellager erhalten. Die vordere Strebe des Bockes hat eine Ausladung nach vorn bekommen, um den Propellerschub gut auf den Rahmen und von hier auf den Unterbau zu verteilen. Der Endflansch der oberen Welle ist mit einem Zentrieransatz versehen; jeder zu prüfende Propeller muß in einen Flansch endigen, der nach diesen Normalien dimensioniert ist. Um schwere oder weit ausladende Luftschrauben mit Sicherheit prüfen zu können, ohne die Lagerung zu überanstrengen, ist noch ein abnehmbarer, aus Stahlrohren mit Verbindungsstücken bestehender Bock vorgesehen, dessen untere Froschkugellager in zwei Rillen in der Längsrichtung des Wagens gleiten, um so jede Achsenlänge einer Schraube einstellen zu können. Die eigentliche Lagerung der Propellerwelle in diesem Bock, die ebenfalls durch verschiedene Büchsen von 25—70mm Durchmesser verstellbar ist, besteht aus einem Kugellager, das durch zwei seitliche Zapfen wiederum in Kugellagern schwingen kann. Eine durch den Schub der Schraube

eingeleitete Vorwärtsbewegung relativ zum Wagen wird also in keiner Weise behindert, außer eben durch die dazu bestimmte Druckstange.

Ein Hintenüberkippen des Parallelogramms wird durch eine Arretiervorrichtung mit nachstellbarer Schraube vermieden, während einem Ausschlagen des oberen Gehäuses nach der der Druckstange entgegengesetzten Seite durch Einbau eines mit Gummipuffer versehenen Stahlrohres entgegengewirkt wird.

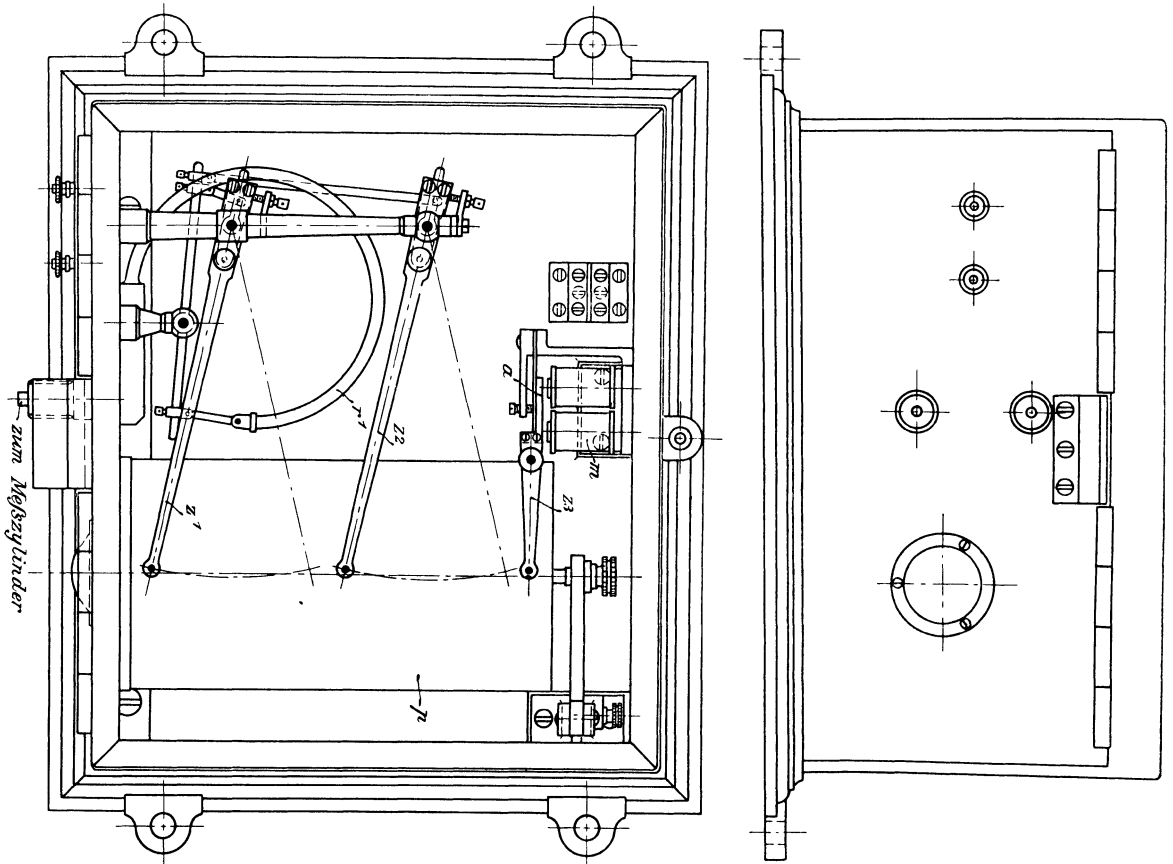


Fig. 61.

Doppeltes Registriermanometer von Schäffer & Budenberg, in hängender Anordnung. Ansicht und Seitenansicht. r^1 (r^2 dahinter) Röhrenfedern; z^1 Zeiger bzw. Schreibhebel des Manometers für das Drehmoment, z^2 für den Schub, z^3 Schreibhebel für die Zeitmarkierung, betätigt durch den Anker a des Magneten m . In der Seitenansicht oben die Stromzuführung, in der Mitte die Anschlüsse der Flüssigkeits-Druckleitungen.

Der Motor ist mit einer normalen Lederreibkupplung versehen; außerdem ist in die Zwischenwelle noch eine Klauenkupplung eingebaut, um bei laufendem Motor gefahrlos Untersuchungen am Propeller vornehmen zu können. Weil die Prüfungen auf geradem Gleis stattfinden sollten, die Schrauben den Wagen aber nur in einer Richtung drücken, mußte für die Rückwärtsfahrt ein besonderer Antrieb vom Motor aus vorgesehen werden. Zu diesem Zweck sitzt auf der Zwischen-

welle verschiebbar ein kleines Kegelrad, das durch ein größeres und eine Kettenübersetzung die Hinterachse direkt antreibt, nachdem das ganze Propellergetriebe durch Ausrücken der Klauenkupplung ausgeschaltet ist. Ursprünglich war ein Reibkegeltrieb vorgesehen, der sich aber bei den manchmal erheblichen Windwiderständen der Propeller und auch infolge ungenügenden Gegenpressens nicht bewährte. Die konstruktive Gesamtdurchführung ist aus den wiedergegebenen Zeichnungen ersichtlich. (Siehe Fig. 55—60.)

Wenn wir nun zu der Betrachtung der Meßinstrumente übergehen, so sei hier gleich vorweg bemerkt, daß das Hauptaugenmerk darauf gerichtet sein mußte, die Messungen selbsttätig registrieren zu lassen, weil die Aufmerksamkeit des Wagen-

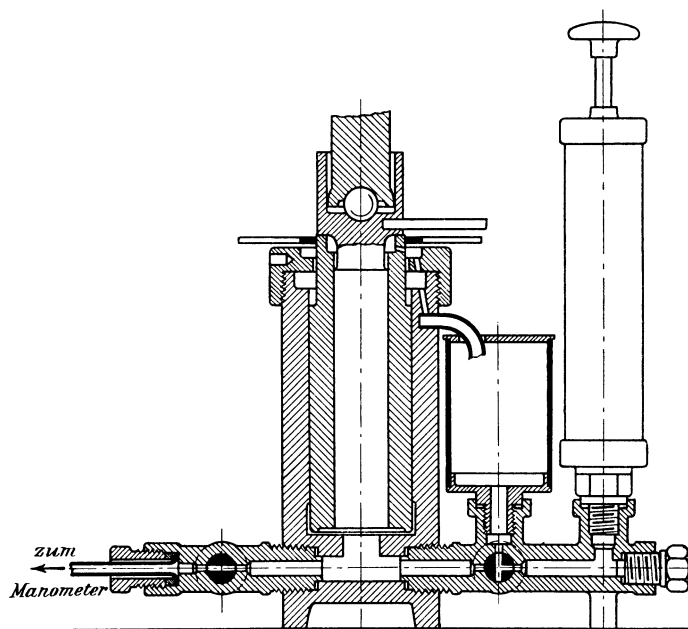


Fig. 62.

Meßzylinder mit Doppelkolben für das registrierende Manometer. Beachtenswert: Die beiden in einander sitzenden Kolben sowie der Absperrhahn zum Manometer und der Dreiweghahn zum Glycerinreservoir und zur Pumpe.

leiters durch Beobachtung der Strecke und Erreichung sowie Erhaltung eines gewissen Beharrungszustandes vollauf in Anspruch genommen wird — eine Voraussetzung, die durch die Fahrten in vollstem Maße bestätigt wurde. Daher sollten nach Möglichkeit elektrische Aufzeichnungen vorgenommen werden, mit Ausnahme des Schubes und des Drehmomentes.

Wie wir vorhin gesehen haben, äußern sich der Schraubenschub und das zu seiner Inbetriebhaltung nötige Drehmoment je durch den Druck in einer senkrechten Stange. Zur selbsttätigen Aufzeichnung wurde nun die hydraulische Übertragung gewählt, so daß sich als Endapparat ein doppeltes Registriermanometer ergab (Schäffer & Budenberg). Unter den Druckstangen sind, fest gelagert, je ein Meß-

zylinder, ähnlich den bei Festigkeitsmaschinen üblichen, aus Chromnickelstahl angeordnet, in welchem zwei präzise geschliffene Kolben dicht geführt sind. (Amsler-

Laffon & Söhne, Schaffhausen.) Diese beiden Kolben dienen dazu, verschiedene Meßbereiche für große und kleine Propeller einzustellen; das Manometer schreibt bis 25 kg/qcm, der kleine Kolben von 3 cm Durchmesser genügt also für einen Stangendruck bis 150 kg, der große von 6 cm Durchmesser kann bis 600 kg aufnehmen. Soll nun der kleine Kolben arbeiten, so muß durch Einpumpen von Flüssigkeit der große Kolben so weit hochgedrückt werden, bis er sich gegen den Deckel legt; dann muß sich noch der kleine Kolben vom großen sichtbar um 1—2 cm abheben. Läßt man umgekehrt Öl durch die Pumpe ab, bis der kleine Kolben fest auf dem großen aufliegt, so arbeitet

Fig. 63.

Chronograph-Innenansicht.

der ganze Querschnitt. Die Verbindung mit der Druckstange geschieht durch eine geschliffene Kugel, welche zwischen zwei Kugelpfannen liegt, die wiederum durch eine Hülse lose zentriert werden. Wegen des verschiedenen Drehsinns der Schrauben muß der Meßzylinder für das Drehmoment umzusetzen sein; die Rohrleitungen liegen beiderseitig (siehe schematische Zeichnung).

Fig. 64.

Chronograph. Ansicht von oben,
Spulen und Schreibstifte.

Die Druckleitung führte dann ursprünglich von den Zylindern zu zwei einfachen Hähnen, die den Zweck hatten, etwaige Stöße in der Rohrleitung abzdrosseln und von den Manometern abzuhalten. Darum sind die Schlitze der Hahnküken zugelötet, das Hahnküken selbst

aber läßt sich durch Drehen einer Überwurfmuffe gegen den Konus pressen oder von ihm abheben, je nachdem viel oder wenig gedrosselt

werden soll. (Schumann & Co., Plagwitz.) Von hier aus ging die Leitung zu zwei Plattenfedermanometern mit Zeigern (Schäffer & Budenberg), die bis zu dem doppelten Druck der Registriermanometer — 50 kg/qcm — geeicht sind. Die hinter diesen Manometern liegenden Absperrhähne sollten erst geöffnet werden, wenn die Zeigermanometer angeben, daß der zulässige Druck nicht überschritten sei, was z. B. durch versehentliches Einsetzen des kleinen Kolbens eintreten und die empfindlichen Registriermanometer beschädigen könnte. Diese selbst (Fig. 61) saßen zuerst hinten am Wagen, weil sich hier der erschütterungsfreieste Ort ergab. Das Uhrwerk der Schreibtrommel dreht diese in 2 Minuten einmal herum; rechnet man für den Beharrungszustand der Fahrt etwa 10 Sekunden, so lassen sich genügend viele Zustände auf einem Streifen vereinigen, wenn rechtzeitig an- und abgestellt wird.

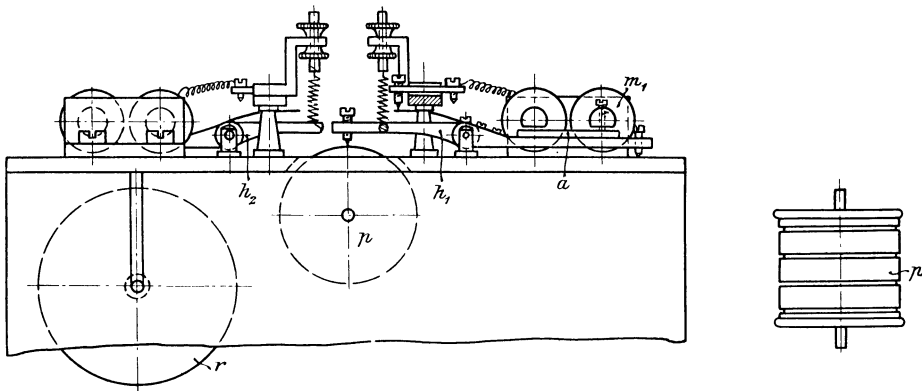


Fig. 65.

Chronograph von Ludwig Trapp. Seitenansicht; m_1 Elektromagnet zur Betätigung des Schreibhebels; h_1 für die Sekundenkontaktuhr, ähnliche Anordnung für das Anemometer, die Wagengeschwindigkeit und die Motorumdrehungen; r Papiertrommel; p Papierwalze (auch in der Draufsicht).

Der zweite Schreibapparat ist der Chronograph (Konstruktion G. Fuhrmann, Göttingen; Ausführung Ludwig Trapp, Glashütte, Sachsen). Ein Uhrwerk bewegt mit ungefähr 13 mm/Sek. einen Papierstreifen über eine Trommel unter vier Schreibhebeln hinweg, die ihrerseits durch Elektromagnete betätigt werden; als Schreibstifte dienen Nadeln, die bei einem Stromstoß ein Loch in den Papierstreifen drücken; bei länger andauerndem Stromschluß werden Lochreihen geschrieben, da die Schreibhebel mit Unterbrecher ähnlich wie bei elektrischen Klingeln versehen sind; hierdurch wird ein Einreißen des Papiers vermieden. Die Nadeleindrücke sind von der Rückseite des Papierstreifens gut zu lesen. (Fig. 63—65.)

Dieser Chronograph wird nun folgendermaßen betätigt: Auf der Zwischenschwelle hinter dem Motor sitzt eine kleine Schnecke, in die ein Zahnrad ein greift (Fig. 66). In diesem sitzen diametral zwei Stifte, die mit Hilfe einer kleinen Feder bei jedem Vorbeigang einen Strom schließen. Die Schnecke ist eingängig, das Rad hat 30 Zähne, also gibt es bei zwei Stiften nach je 15 Motortouren einen Kontakt, der sich dann durch den Schreibstift als Punkt auf dem Streifen des Chronographen äußert. In ähnlicher Weise werden die Umdrehungen der Vorder-

achse aufgeschrieben, aus denen sich die Wagengeschwindigkeit ergibt; nur sind hier in das Rädchen bis zu sechs Stifte einzuschrauben, je nach der zu erwartenden Geschwindigkeit, damit deutliche Kontakte in der genügenden Zahl entstehen. Diese Wagengeschwindigkeit ist wichtig zur Ermittlung des Beharrungszustandes, d. h. ob während der Messung irgendwelche Beschleunigungen oder Verzögerungen stattgefunden haben, weil sie infolge der großen Massen der Getriebe starke Beeinflussungen des Propellerschubes mit sich gebracht hätten.

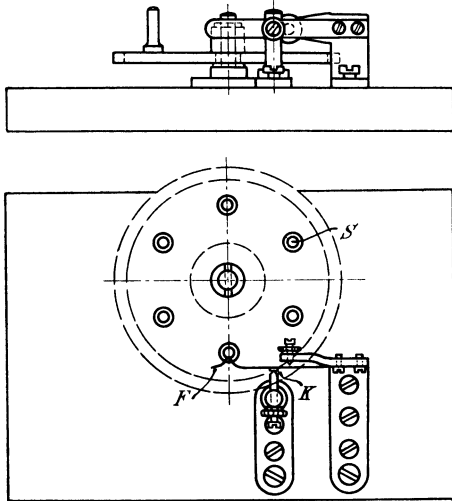


Fig. 66.

Elektrischer Kontaktapparat zur Registrierung der Wagengeschwindigkeit und der Motorumdrehungen; Seitenansicht und Ansicht von unten; *S* Stifte auf dem Schneckenrad; *F* Kontaktfeder; *K* Kontaktschraube.

Endlich kommt noch das wichtige Vergleichsinstrument, dessen Aufzeichnungen erst den Zeitmaßstab festlegen — die Sekundenkontaktuhr (Schäffer & Budenberg) (Fig. 67). Der umlaufende Zeiger schließt und öffnet die Kontakte; weil diese nun etwas groß sind, ergibt sich statt des Punktes auf dem Papierstreifen eine kurze Reihe. Aber die Wichtigkeit der Uhr beruht auf einer anderen Einrichtung (siehe schematische Zeichnung). Jeder zehnte Kontakt ist von den übrigen isoliert und führt den Strom statt zum Chronographen zu einem Zeiger des Registriermanometers; es gibt bei ersterem also eine Lücke, während beim Manometer gerade geschrieben wird. Bei gleichzeitig angestellten Instrumenten ergeben sich also die zu einem bestimmten Schub und Drehmoment gehörigen Geschwindigkeiten einwandfrei, indem man die Diagramme so zusammenlegt, daß das Sekundenzeichen des Manometerbulletins auf die Lücke des Chronographendiagramms paßt. Eine Deutung der Diagramme erfolgt am besten bei der Besprechung der Versuchsergebnisse und kann hier daher übergangen werden.

Außer den bisher erwähnten sind noch zwei für die Leitung des Wagens

Drittens ist die Relativgeschwindigkeit des Propellers zur Luft zu messen. Zu diesem Zwecke ist der Wagen vorn durch einen 5 m langen Mast verlängert, an dessen Spitze eine Windfahne mit darübersitzendem Schalenkreuzanemometer (R. Fueß, Berlin-Steglitz) angebracht ist. Die Windfahne (Georg Bartels, Göttingen) läuft auf zwei Kugellagern und dient dazu, während der Fahrt die durch den Seitenwind verursachte Abweichung der Bewegungsrichtung gegen die Luft von der Fahrtrichtung an der Skala abzulesen. Das Anemometer, dessen Schalenkreuz in fast 10 m Abstand von der Schraube in der verlängerten Propellerachse liegt, damit der Sog keinen Einfluß auf dasselbe ausübt (wie Versuche bestätigten), ist nun so eingerichtet, daß es nach je 20 m zurückgelegtem Luftweg einen Kontakt gibt — also ebenfalls einen Punkt auf dem Papierstreifen.

wichtige Instrumente eingebaut: ein Tachometer für die Wagengeschwindigkeit (Dr. Th. Horn, Großschocher-Leipzig) und ein Frequenzmesser für die Motor-

Fig. 67.

Sekundenkontaktuhr; Ansicht von oben und Seitenansicht; *K* Kontakte für die Zeitmarkierung am Registriermanometer (Fig. 61: *Z*³); *Z* umlaufender Zeiger.

tourenzahl (Hartmann & Braun, Frankfurt a. M.). Ersteres, ein einfaches Geschwindigkeitspendel mit umlaufendem Zeiger wird durch Riemen von der Vorderachse angetrieben und gibt die Wagengeschwindigkeit in Sekundenmetern an.

Fig. 68. Federnde Aufhängung der Meßinstrumente.

Der Frequenzmesser beruht auf dem Resonanzprinzip, der Erreger wird durch Riemen von der Motorwelle angetrieben, eine kleine Leitung verbindet ihn mit dem Umdrehungsanzeiger.

Diese beiden Apparate und die Zeigeranometer sind unmittelbar vor dem Führer angeordnet; auch die übrigen Instrumente sind auf den Tischen vorn

angebracht (siehe schematische Zeichnung). Ferner befinden sich links am Führersitz die Zündungs- und Gemischregulierhebel für den Motor; ein Fußhebel betätigt die Reibkupplung, ein großer Hebel vorn ist zur Handhabung der Bremse, ein

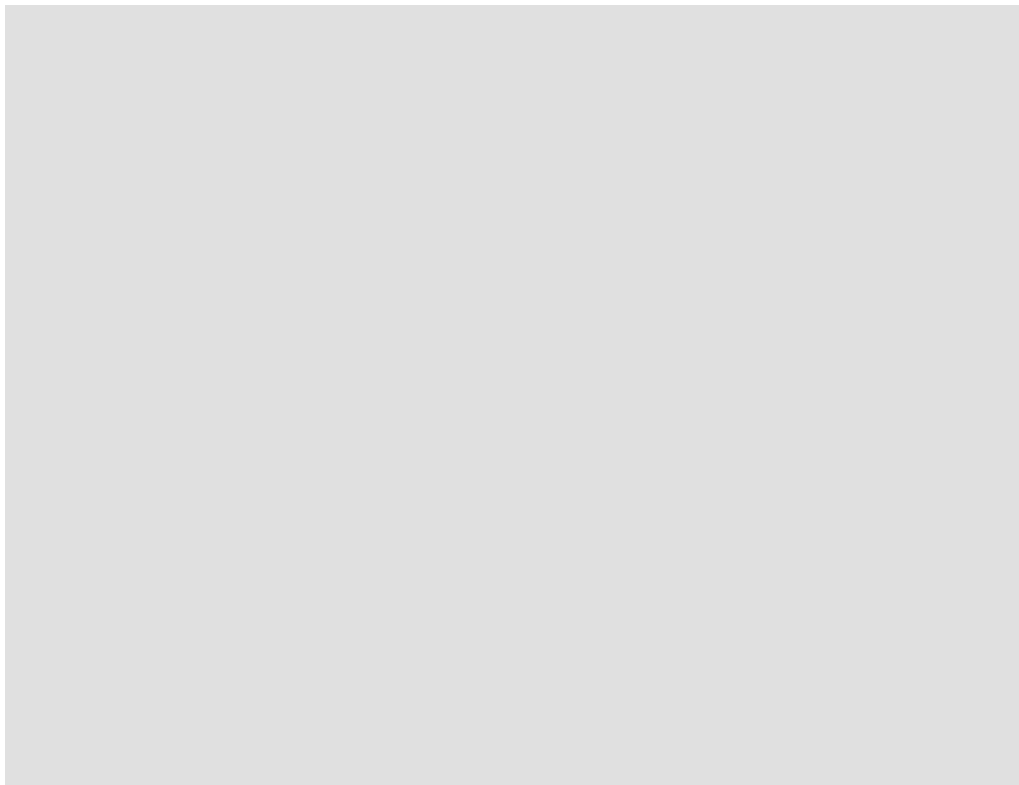


Fig. 69.

Führerplatz und Instrumente. Rechts vom Sitz die Handhebel für die Getriebe, links für den Motor, vorn der Fußtritt für die Reibkuppelung. Vor dem Sitz: Frequenzmesser, Tachometer, Manometer. Auf dem Tisch im Vordergrund: Kontaktuhr, besonderer Unterbrecher, Chronograph. (Spätere Abänderung siehe Fig. 68.)

weiterer rechts dient zum Schalten der Klauenkupplung, und endlich etwas zurück liegt der Betätigungshebel für den Rückwärtsgang. (Fig. 69.)

Der Motor wird vorn angedreht, wobei der Belag des Wagens schnell aufgehoben wird. Direkt am Motor befindet sich der Sitz für den Monteur, der stets die Fahrten mitmacht.

Im Laufe der Versuche stellten sich dann einige Abänderungen als wünschenswert heraus, die im folgenden kurz gestreift werden sollen. Zunächst gelang es trotz aller Vorsicht nicht, mit den Meßinstrumenten einigermaßen brauchbare Kurven schreiben zu lassen, weil sie in zu großem Maße durch die Motorerschütterungen beeinflusst wurden; die Zwischenlagen von Gummi erfüllten ihren Zweck nur unvollkommen. Bei den Standversuchen wurden zur Erzielung eines ruhigen Ganges sämtliche empfindlichen Instrumente neben dem Wagen auf einen Tisch gesetzt.

Für die Fahrversuche brachte die vollständig weiche Federaufhängung, die auf Fig. 68 zu sehen ist, endlich den gewünschten Erfolg. Uhr, Manometer und Chronograph funktionierten von da an tadelfrei; die einzige Schwierigkeit bestand in einer dichten und doch nachgiebigen Weiterführung der Druckölleitung, die erst durch Einführung eines besonders gefertigten Schlauches beseitigt wurde. Dann waren die Drosselhähne und die kleinen Absperrhähne stete Quellen von Undichtigkeiten; diese letzten Hähne erschienen bei genügender Aufmerksamkeit entbehrlich; die Drosselhähne bargen noch einen anderen Fehler in sich: bei großen Drucken ließ sich stets nach einigen Fahrten durch Eichung konstatieren, daß dieser Eichungsdruck um ein wenig nachgelassen hatte, was nur dadurch möglich war, daß sich etwas Öl in die Packung gepreßt hatte. Wurde aber bei geschlossenen Absperrhähnen geeicht, so bedurfte es nur einer sofortigen Wiederholung nach Öffnung derselben, um gleich einen kleinen Verlust zu bemerken, eben durch geringfügige Undichtigkeiten der stets fest angezogenen Hahnküken. Eine gewisse Drosselung in den Leitungen war aber durchaus notwendig, um unvermeidliche Stöße im Schub und im Drehmoment abzumildern und so die Registriermanometer zu schonen; diese wurde nun nach dem Entfernen der Drossel- und Absperrhähne dadurch erreicht, daß die Leitungsrohre kurz hintereinander an mehreren Stellen platt gedrückt wurden, aber so, daß die flachen Stellen stets in anderen Ebenen lagen. Dies hat sich gut bewährt. Die Meßkolben mußten in sorgfältigster Weise vor dem Eindringen von Staub, der auf freier Strecke natürlich unvermeidlich ist, geschützt werden; statt der ersten Füllung mit Glycerin hat sich bei allen Witterungseinflüssen und Temperaturschwankungen gutes Motorenöl am besten bewährt, bei welchem eine Reinigung und Auswaschung mit Benzin nur selten nötig war.

Da die Versuche auf einem Gleise stattfanden, das direkt in den Verschiebebetrieb eines Bahnhofes mündete, so erwies sich außer der vorgesehenen Bremse eine weitere Notbremse als zweckmäßig; sie wurde in einfacher Weise als Hemmschuh ausgebildet, der nach der Auslösung sich vor die Hinterräder legte, diese auf zwei große Schuhe auflaufen ließ und nun den Achsdruck auf die große Reibfläche des Hemmschuhes übertrug, wodurch ein sehr schnelles Halten ermöglicht wurde. Der anormale, große Kühler, der zu empfindlich gegen Stöße war, mußte gegen zwei hintereinander geschaltete normale Automobilkühler getauscht werden;

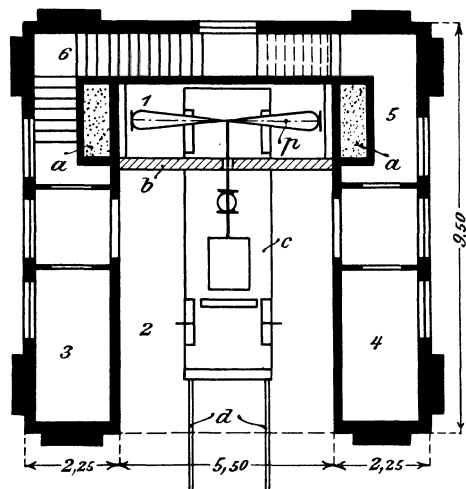


Fig. 70.

Grundriß des Propellerturmes mit Schleuderkasten.

1. Schleuderkasten für Propeller, *a* Sandfüllungen,
- b* Doppeltüren aus Holz mit Strohfüllung; 2. Wagen und Beobachtungsraum, *c* Prüfwagen, *p* zu prüfender Propeller, *d* Schienen Gleis für den Wagen;
3. Raum für Instrumente; 4. für Wagenführer;
5. Werkstatt; 6. Treppenhaus.

die Wasserzufuhr regelte eine Düse für beide Kühler gleichmäßig. Der in üblicher Weise fliegend aufgesetzte Ventilator, dessen Achse in einen Nocken der Kühlmantel-Wandung der Zylinder eingeschraubt war, gab infolge der Erschütterungen zweimal Veranlassung zu einem Mantelbruch, so daß schließlich ganz auf den Ventilator verzichtet werden mußte. Allerdings wurde dadurch ein häufigeres Wassernachfüllen nötig. (Siehe Fig. 68 u. 69.)

Zum Schluß sei noch auf den dritten Teil der Versuchseinrichtung hingewiesen, der sowohl der Sicherheit des Personals als auch des Publikums diene. Um zu verhindern, daß zu schwach eingelieferte Konstruktionen durch Auseinanderfliegen während der Fahrt Schaden anrichten, wurden sämtliche Propeller einer Festigkeitsprobe unterzogen. Zu diesem Zweck war in den Unterkunftsraum des Wagens, in den sogenannten Propellerturm, ein besonderer Kasten eingebaut, der aus starken Balken mit einer dazwischen liegenden $\frac{1}{2}$ m

Fig. 71.

Inneres des Propellerturmes, Schleuderkasten geöffnet.

dicken Sandschicht besteht. Der allseitig geschlossene Raum umfängt die Peripherie des Propellers, während seine Vorder- und Rückseite durch starke Doppeldielen verkleidet werden, die sich türenartig auseinanderklappen lassen, um den Propeller hineinzubringen. In diesem allseitig geschlossenen Raum, in welchem der Propeller also nur die Luft zum Wirbeln bringt, ohne irgendwelche Arbeit zu leisten, wird die Luftschraube durch den Motor auf eine Tourenzahl gebracht, die ihre Gebrauchstourenzahl vielleicht um 20 % überschreitet; die hierbei auftretenden Zentrifugalkräfte sind bedeutend größer als bei der Fahrt, so daß ein Propeller, der diese Probe besteht, ohne Gefahr dem Publikum vorgeführt werden kann. Eine zu schwache Konstruktion kann aber bei dieser Vorprobe wenig Schaden anrichten, weil die starken Sandschichten einen abfliegenden Flügel auffangen und den Stoß aufnehmen, ohne die Prüfungsvorrichtung und das Personal zu gefährden.

Bei den Standversuchen ist diese Schutzvorrichtung insofern etwas ab-

geändert worden, als statt der Sandschicht die Schraubenperipherie mit einer doppelten Lage Drahtnetz umgeben wurde. Diese beiden 100 mm voneinander entfernten, weitmaschigen Drahtnetze wurden recht weich unter der Decke aufgehängt (siehe Fig. 92), so daß die lebendige Kraft eines abfliegenden Teiles erst allmählich aufgezehrt wurde. Diese Schutzvorrichtung ist mit erheblich geringeren Mitteln herzustellen.

Die Einsendungen.

Trotzdem die Bekanntmachungen nicht so verbreitet wurden, wie es vielleicht im Interesse der Sache wünschenswert gewesen wäre, lagen doch am Meldungsschluß 48 Anmeldungen vor, nachdem sich eine große Zahl Anfragen wegen der kurzen Vorbereitungszeit nicht mehr zu Anmeldungen entwickeln konnte. Diese Einsendungen, die zugleich als Ausstellungsgegenstände einer näheren Würdigung unterzogen werden sollen, sind nach ihren Hauptmerkmalen in einer Tabelle zusammengefaßt, so daß weiterhin nur noch das besonders Interessante hervorgehoben zu werden braucht. (Siehe die nächsten Seiten.)

Wenden wir uns zuerst dem für den Fachmann erfreulicheren Teil der konstruktiv bedeutenden bzw. der durch ihre Leistungen hervortretenden Propeller zu, so steht wohl im Vordergrund des Interesses die durch ihre Abmessungen alle anderen überragende Luftschraube des Oberbaurats Rettig, Fig. 54 (S. 215). An die vielleicht etwas reichlich dimensionierte Holznahe schließen sich vier hohlgearbeitete Flügel an, die in diesen Abmessungen eine hervorragende Leistung moderner Holzverarbeitung darstellen. Über Profile, den einzelnen Querschnitten entsprechend, die gleichzeitig zur Verstärkung dienen, sind dünne Fourniere verlegt, und zwar in schrägen Schichten übereinander, so daß eine völlig hinreichende Festigkeit entsteht. Beide Flächen sind sauber geglättet und poliert. Die Eintrittskanten sind äußerst scharf ausgebildet, so daß ein Transportieren der Schraube nur mit größter Vorsicht möglich ist, wenn nicht erhebliche Beschädigungen der dünnen Fourniere eintreten sollen. Im montierten Zustand dagegen widersteht der Propeller allen Witterungseinflüssen und äußeren Kräften sehr gut. Zwei infolge des vorjährigen Unfalles (s. S. 247) zerbrochene Flügel sind ohne Schwierigkeit wieder repariert bzw. ausgewechselt worden, was jedenfalls sehr zugunsten der Konstruktion spricht. (Es mußte lediglich ein späteres Ausbalancieren durch Ausgießen mit Blei erfolgen.) Der in gleichen Abmessungen gehaltene Konkurrent war die 5-m-Ruthenberg-Schraube (Fig. 97 u. 98). Bei dieser war nicht die Flügelbreite konstant angeordnet wie beim Rettig-Propeller, sondern die Schraubentiefe. Ihr Erfinder, der Berliner Fabrikant R u t h e n b e r g, hat mit dieser Konstruktion die Wege gezeigt, bei großen Abmessungen doch leichte Gewichte zu erzielen; wiegt doch der 5-m-Propeller nur 34 kg. Dies ist hauptsächlich durch die Verwendung zweier den äußeren Spitzenkreis bildender Rohrfelgen erreicht, die durch Speichenkreuze ebenfalls aus feinem Stahlrohr mit der Nahe verbunden sind. Bildet die senkrechte Entfernung — der Abstand — der beiden Felgen die Schraubentiefe, so läßt sich durch entsprechende Verdrehung der Speichenkreuze gegeneinander die gewünschte Steigung einstellen, d. h. nur vor der Fertigmontage, nicht während des Betriebes (wie häufig zu lesen ist). Je zwei zu-

Tabelle I.

Nr.	Name	Radius des Flügels		Steigung s m	Flügelzahl z	Größte Flügelbreite beim Radius		Aktive Flügelfläche divid. durch Schrauben- kreis $\frac{F}{\pi \cdot r^2}$
		r m	r ₁ m			b mm	r' m	
1	Bachmann	0,45	0,03	—	2×2	—	—	—
2	Barnickel	2,25	0,20	—	4×2	—	—	—
3	Brand	0,89	0,13	2,55*)	2	360	0,61	0,135
4	Chauvière	2,00	0,13	—	4	—	—	—
5	„	1,80	0,15	—	4	—	—	—
6	Chillingworth	1,0	0,2	1,76*)	2	410	0,97	0,14
7	Dürr	1,0	—	—	—	—	—	—
8	Groß	1,13	0,17	1,3	2	375	0,85	0,148
9	Gutmann	1,04	0,14	4,35*)	2	270	1,04	0,114
10	Holder	2,5	0,08	flach	2	—	—	—
11	Horn	2,5	0,04	„	2	—	—	—
12	Jerzykowski	0,925	0,08	1,8*)	2	225	0,65	0,114
13	Jerzykowski	1,05	0,08	—	2	—	—	0,114
14	Kalb	1,0	—	—	2	—	—	—
15	Kiesewalter	2,5	0,03	—	—	—	—	—
16	Klemm	1,04	0,15	1,68*)	3	440	0,61	0,28
17	Lack	1,27	0,3	1,8	2	—	—	—
18	„	1,27	0,3	1,8	2	—	—	—
19	Ludwig	1,80	0,06	—	—	—	—	—
20	Paruszewski	1,205	0,21	variabel	2	270	0,21	0,068

*) Die hier angegebene Steigung bezieht sich auf den Radius r' und hat für andere

Tabelle I.

Gesamt-Gewicht G kg	Material	Profil Wölbungstiefe f/b mm	Bemerkung
— —	Planetenschraube — Stahlblech „ Blechflügel — Eisenrahmen		Nur geschleudert „ „
6	Aus einem Stück Holz geschnitzt	31/360 	Beim Schleudern eingerissen
— —	Verleimte Holzplatten, poliert do. zweiteilig		} Nur für Vorversuche
17,5	Stahlblech gepreßt		
—	Metall; Turbinenprinzip		Nicht eingeliefert
12,5	Holzrahmen mit Ballonstoff	15/375 geschätzt 	
26	Stahlarme mit Aluminiumblech	31/270 	
— —	Stahlblech „		Nicht eingeliefert Nicht montiert, weil zu schwer
6,1	} Kreuz und quer liegende ver- leimte Fourniere	11/225 	} Beide Propeller sollen geo- metrisch ähnlich sein
6,5			
— —	Stahl mit Aluminium Stahlrahmen mit Flügeln		Nicht eingeliefert Nicht geprüft, weil Flügelrad
46	Stahlblech gehämmert	35/440 	Nur zu den Standversuchen
58 61 120 21,1	Holzfourniere hohl über Quer- rippen Holzfourniere mit Leitblechen Bambus-Malaga-Rohr, Ballonstoff Stahlarme und Stahlblech	Gr. Mulde Flach, nicht verdreht	} Verstellbare Steigung Nur zu den Standversuchen

Radien verschiedene Werte.

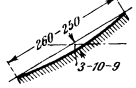

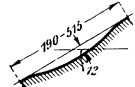
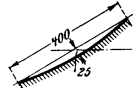
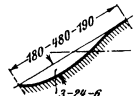
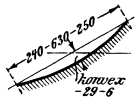
Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Name	Radius des Flügels		Steigung s m	Flügelzahl z	Größe Flügelbreite beim Radius		Aktive Flügelfläche divid. durch Schrauben- kreis $\frac{F}{\pi \cdot r^2}$
		r m	r' m			b mm	r' m	
21	Poelke**)	1,31	0,02	3,3	2	260	0,93	0,125
22	„	1,31	0,02	3,3	2	260	0,3	0,125
23	Reißner	1,05	0,15	1,2	2	255	konst.	0,142
24	Reißner	1,5	0,26	3,0	2	515	1,48	0,195
25	Rettig	2,5	0,3	4,0	4	400	konst.	0,197
26	Ruthenberg	2,5	0,14	4,0	4	1965	2,5	0,606
27	„	1,5	0,12	2,64	4	1223	1,5	0,533
28	„	1,5	0,12	2,64	4	1400	1,5	0,61
29	„	1,25	0,08	1,32	4	1000	1,25	0,593
30	„	1,25	0,08	1,32	4	1120	1,25	0,665
31	„	1,25	0,08	2,72	4	520	1,25	0,351
32	„	1,25	0,08	2,72	4	680	1,25	0,396
33	„	1,25	0,08	2,72	6	680	1,25	0,594
34	„	1,25	0,08	2,72	4	580	1,03	0,396
35	Schäfer	0,442	0,04	Schnecke	—	—	—	1,3
36	„	0,75	0,05			—	—	1,27
37	Schaettgen	0,96	0,08	14,2*)	4	230	0,96	0,423
38	Schlotter	0,5	0,06	Schnecke	—	—	—	—
39	Schülke	2,5	0,3	—	8	600	konst.	—
40	Schütze	0,93	0,04	6*)	2	1030	0,93	0,381
41	Schurig	1,5	0,025	Schnecke	—	—	—	—
42	Wagner	0,80	0,15	Turbine	3	—	—	—
43	„	0,80	0,15	„	4	—	—	—
44	Wartscher	2,25	0,35	—	2	800	2,05	0,074
45	Wilckens	1,08	0,20	6,4*)	4	1760	0,65	0,855
46	Zeise	1,6	0,175	ver- änder- lich	3	480	1,140	0,215
47	Zeise	1,6	0,25					

*) Die hier angegebene Steigung bezieht sich auf den Radius r' und hat für andere

**) Fabrikant: Poelke, Besteller: Dr. Gans-Fabrice.

Tabelle I (Fortsetzung).

Gesamtgewicht G kg	Material	Profil Wölbungstiefe f/b mm	Bemerkung
4,3 4,3	Aus einem Stück Holz geschnitzt	10/260 	Rechtslaufend Links „
6,55	Verleimte Holzplatten	10/255 	
21	Stahlarne mit Aluminiumblech		
99,9	Holzfourniere hohl über Querrippen		
34 30 32 17,7 19 15 16,5 18,8 12,4 17 23 26 30 59,4 7,3 92 140 150 180 45	Zwei Stahlrohrfelgen mit Speichenkreuzen, von denen immer zwei zusammengehörige mit Ballonstoff überzogen sind do. aber nur eine Felge Längs d. Achse div. Stahlspeichen, durch Ballonstoff verbunden Stahlblech, längsgespalt., gespreizt Stahlblech Bambusrohr bespannt Holzarne mit Segeltuch Kreuz und quer verleimtes Holz Aus Stahlblech und Gußstücken zusammengesetzt Eichenholz Stahlarne, Zinkblech, Bronzenabe	gerade „ gewölbt gerade gewölbt gerade gewölbt gerade „ Baulänge 0,75 m „ 0,75 m flach — gewölbt flach flach — flach S-förmig	Sonst gemeine Schraubenfläche Auch mit 2 Flügeln geprüft Nur bei den Vorversuchen „ „ „ Standversuchen „ „ „ „
26,5	Stahl - Aluminiumgerippe, mit Ballonstoff überspannt; Stahlarne, Bronzenabe	18/480 	
89,4	Gegossenes Aluminiumgerippe, mit Ballonstoff überspannt; Stahlarne, Bronzenabe	29/630 	Nach den Standversuchen ausgeschieden

Radien verschiedene Werte.

Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Name	Äußerer Innerer Radius des Flügelkreises		Steigung s	Flügelzahl z	Größte Flügelbreite beim Radius		Aktive Flügelfläche divid. durch Schrauben- kreis $\frac{F}{\pi \cdot r^2}$
		b m	r ₁ m			b mm	r' m	
48	Zeise	1,02	0,19	ver- änder- lich	2	440	0,580	0,227
49	Zeise	1,05	0,23					

Die Abmessungen in der vorletzten Rubrik bei den Skizzen gelten stets in der Richtung Nabe — außen; z. B. Zeise Nr. 47 Flügelbreite in der Nähe der Nabe 240, dann steigend

sammengehörige Speichen werden nun mit Ballonstoff verbunden und bilden so die aktive Flügelfläche, also eine gemeine Schraubenfläche. Eine Anzahl feiner Spanndrähte gibt diesem Gefüge die nötige Festigkeit, gewährleistet auch jederzeit ein Nachspannen, bietet aber recht viel Luftwiderstand.

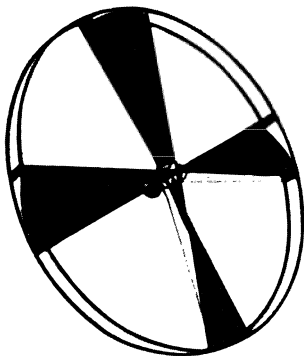


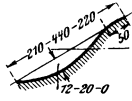
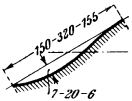
Fig. 72.

Ruthenberg, 2,5 m Durchm.

Der Witterungsbeständigkeit halber ist der Ballonstoff mit Leinölfirnis getränkt, was sich während der langen Versuche gut bewährte. Allerdings sind die Flügel etwas rauh, wodurch sicher eine große Luftreibung entsteht. Bei den 3- und 2,5 m-Propellern sind abwechselnd die Flügel mit gemeiner Schraubenfläche und in der Weise ausgeführt, daß die Sehne eines Flügelquerschnittes, dem eine Wölbung von $\frac{1}{20}$ (Sehne durch Wölbungspfeil) gegeben war, eben diese gemeine Schraubenfläche beschrieb. Die kleinen Holzzwischenlagen, die nur die Form erhalten sollten, waren in diesem Fall genau nach dem Profil gearbeitet.

Weil besonders bei höheren Umdrehungszahlen die große Flügelfläche hinderlich erschien, wurden zwei 2,5 m-Schrauben nur mit der halben Fläche, aber mit größerer Steigung ausgeführt, Fig. 72; auch einmal mit normalen Schraubenflächen, einmal gewölbt. Dem vierflügeligen 2,5 m-Propeller mit kleinen gewölbten Flächen stellt sich eine gleiche Ausführung mit derselben Steigung, aber mit 6 Flügeln gegenüber; da ferner durch die nach außen stark an Breite zunehmenden Flügel ein großer Teil der Leistung durch Reibung verloren gehen wird, ist bei einem 2,5 m-Propeller der Versuch gemacht, die Flügel nach der Peripherie zu allmählich abzurunden; es konnten naturgemäß keine geraden Begrenzungsspeichen mehr verwendet werden, auch lag für einen doppelten Felgenkreis keine Veranlassung mehr vor, so daß diese Ruthenbergschraube sich aus zwei Nabenringen, zwei gebogenen Speichenkreuzen und einer Felge zusammensetzt. Wenngleich diese Konstruktion bei genügender Aus-

Tabelle I (Fortsetzung).

Gesamt- Gewicht G kg	Material	Profil Wölbungstiefe f/b mm	Bemerkung
11,9	Stahl - Aluminiumgerippe, mit Ballonstoff überspannt; Stahl- arme, Bronzenabe	20/440 	
11,5	Stahl - Aluminiumgerippe, mit Ballonstoff überspannt; Stahl- arme, Bronzenabe	20/320 	

bis 630 und wieder verjüngend auf 250. Das Profil ist erst leicht konvex, geht dann in eine Wölbung von 29 mm Pfeiltiefe über und verflacht sich auf 6 mm Pfeiltiefe am Umfang.

bildung sicher einen Fortschritt bedeutet, ließ sich dies bei diesem ersten Exemplar noch nicht nachweisen, weil ein statisches Ausbalancieren des einen Außenringes mit den vorgesehenen Spanndrähten nahezu unmöglich war. Da sich diese Fehler aber bei weiteren Konstruktionen sicher vermeiden lassen, ist die Ruthenbergsche Ausführung als recht aussichtsreich anzusprechen. Ich möchte hier nur kurz auf die große Sicherheit gegen Auseinanderfliegen hinweisen, die diesem Propeller innewohnt, ferner auf die leichte Ausbesserungsfähigkeit und nicht zum mindesten das geringe Gewicht. Außen durchlaufende Kränze sind daher wegen der Festigkeit und Leichtigkeit der Propeller durchaus vorteilhaft, aber sie setzen ihrer Unzerlegbarkeit wegen jeglichem (Bahn-)Transport große Schwierigkeiten entgegen.

Daß sich sowohl in Holz als auch in reiner Metallausführung leichte und gute Konstruktionen herstellen lassen, zeigt Professor Reißner-Aachen mit seinen beiden Luftschrauben Fig. 73, 74; die kleinere, deren eigenartige bis scharf an die Achse heran die Flügelfläche ausnutzende Linienführung die Abbildung gut erkennen läßt, ist aus einzelnen durch die Achse hindurchgehenden Holzschichten zusammengesetzt, die gut miteinander verleimt und auf der ganzen Fläche¹⁾ mit einem Leinwandüberzug geschützt sind. Für eine tadellose Glättung und Politur ist Sorge getragen.

Fig. 73.
Kl. Reißner.

Fig. 74.
Gr. Reißner.

Die konstante Flügelbreite geht bei dem einen Propeller bis unmittelbar an die

¹⁾ Dadurch hat der Propeller trotz der Verwendung von Kiefernholz die großen Überbeanspruchungen gut ausgehalten und befindet sich noch jetzt im Betrieb.

Außenkante, nur eine kleine Abrundung ist an den Flügelspitzen vorhanden. Die Flügel der zweiten Schraube sind aus Aluminiumblech gepreßt (und zwar mittels Zementformen in der Versuchsanstalt von Professor Junkers-Aachen); ein Vorder- und ein Rückenblech umschließen den allmählich zugeschärften Stahlarm und sind sowohl untereinander als auch mit dem Arm durch Kupferniete verbunden. Wie sehr der Konstrukteur der auf die höchste Ökonomie angewiesenen Luftschiffahrt Rechnung getragen hat, das ist deutlich aus der Umwicklung der Arme direkt bei den Flügeln zu sehen; die an sich runden Arme erhalten durch diese Umwicklung

Fig. 75. Chauvière.

Fig. 76. Poelke.

einen vorn und hinten (d. h. bei ihrer Relativbewegung) zugespitzten Querschnitt. Gerade diese Kleinigkeiten lassen so viele Neukonstruktionen sehr zum eignen Nachteil außer acht, so daß ich bei dieser Gelegenheit ausdrücklich darauf hinweisen möchte. Die Verbindung von Aluminiumblechen durch Kupferniete hat sich nach meinen Erfahrungen als nicht zweckmäßig erwiesen, da besonders bei feuchter Witterung zwischen beiden Metallen elektrische Ströme fließen, die Anfressungen hervorrufen und ein Losspringen der Niete nach sich ziehen. Es wäre zu erwägen, über das Aluminiumblech einen dünnen Stahlbandstreifen zu verlegen und dann Stahlniete zu verwenden; die Reibung läßt sich durch geeignete Zuschärfung klein halten, es bleiben also nur die größeren Fliehkräfte zu berücksichtigen.¹⁾

Die beiden in konstruktiver Hinsicht recht bemerkenswerten Chauvière-Propeller „Intégrale“ konnten leider nicht bis zu den eigentlichen Fahrversuchen zu unserer Verfügung bleiben, weil sie inzwischen verkauft waren; auch konnte

¹⁾ Besser haben sich noch Aluminiumniete bewährt, die auch ursprünglich vorgesehen waren, wie mir Herr Prof. Reißner freundlichst mitteilte.

uns die Firma wegen übergroßer Beschäftigung keinen Ersatz stellen, so daß auf Grund der Vorversuche lediglich konstatiert werden kann, daß von diesen Schrauben gute Güteziffern zu erwarten standen; der Wagen erreichte mit ihnen sehr schnell die angegebene Geschwindigkeit, ein

Beharrungszustand stellte sich schnell ein. Beide Schrauben waren aus sehr gleichartigem, amerikanischen Nußbaumholz hergestellt, die kleinere war insofern für Erprobungen sehr geeignet, als sie die Möglichkeit bot, mit 2 oder 4 Flügeln montiert zu werden, indem die beiden zweiflügeligen Einzelstücke durch entsprechendes Einkerbungen an der Nabe zu einem ganzen verbunden werden konnten, andererseits aber auch für sich zu prüfen waren. Die Schrauben zeigen eine peinlich saubere Ausführung, was auf Verarbeitung mit bestem Leim und witterungsbeständigem Lack schließen läßt. Die mit nicht konstanter Steigung angeordnete Flügelform verläuft in eleganter Linie an der Nabe, so daß eine gute Luftführung gesichert erscheint; die Ein- und Austrittskurven sind hier so

Fig. 77.

Zeise: Flügel aus Aluminiumguß mit Ballonstoff.

Fig. 78.

Zeise: Zweiflügel-Schraube, Druckseite.

Fig. 79.

Zeise: Zweiflügel-Schraube, Saugseite.

gewählt, daß sich nach dortigen Versuchen die besten Luftwinkel ergeben. Um einer Entformung durch die Zentrifugalkraft vorzubeugen, sind die Flügelspitzen bis auf 35 cm mit Leinwand überzogen. Mit Rücksicht auf die großen Erfolge, die mit Chauvière-Propellern erzielt werden, ist es sehr zu bedauern, daß wir keine Vergleichsresultate aufnehmen konnten.

Zwei für ihre Abmessungen außerordentlich leichte Schrauben sind die dem Wrightschen Modell nachgebauten¹⁾ Poelke-Propeller, die einem Flugapparat entnommen waren. Beide sind aus einem Stück Holz geschnitzt, was leider bei dem einen zum Bruch führte; die dann erfolgte Reparatur konnte nicht ganz verhindern, daß der eine Flügel sich während des Betriebes etwas deformierte, was

Fig. 80.

Zeise: Dreiflügel-Schraube, Druckseite.

natürlich die Leistung stark herabminderte. (Siehe die Ergebnisse.) Die von der deutschen Gesellschaft gebauten Propeller werden jetzt auch aus mehreren Brettern zusammengeleimt. Die Schraubenfläche beginnt unmittelbar an der Achse,

Fig. 81.

Lack.

Fig. 82.

Jerzykowski.

die Flügelenden zeigen die für Wright charakteristische Abstutzung und sind auch mit Leinwand überzogen. Gegen die vorher besprochenen Schrauben machen diese, was die Ausführung, namentlich die Glättung betrifft, einen etwas rohen, primitiven Eindruck. Jedenfalls ließe sich auch hier durch Kleinigkeiten noch eine Verbesserung erzielen.

¹⁾ Im Auftrag von Dr. Gans-Fabrice.

Um den Arbeitsverbrauch der Schraube wenigstens in kleinen Grenzen nach der Leistung des zur Verfügung stehenden Motors variieren zu können, ist es häufig wünschenswert, die Flügel um ein geringes vor dem endgültigen Einbau verdrehen zu können; dieser Möglichkeit tragen die Luftschrauben der Firma Zeise-Altona in jeder Weise Rechnung. Zu diesem Zweck werden in einer Rübelsbronz-Nabe stets kreisrunde Buchsen vorgesehen, in welche die Ansätze der Flügelarme, event. mit feinem Gewinde, hineinpassen; je ein durch Schrauben anzupressender Federkeil bzw. Quadrantschrauben sichern die Einstellung. Der zuerst eingelieferte verhältnismäßig schwere, dreiflügelige Propeller Fig. 77 bestand aus Stahlarmlen mit gegossenen Aluminiumflügeln, die nach der Austrittskante zu ausgespart und mit Ballonstoff überzogen waren. Die den Zeisepropellern eigentümliche, radial nach der Nabe zu hyperbolisch wachsende Steigung tritt hier besonders hervor; da die Flügel sehr unsymmetrisch zur Befestigungsachse der Arme ausluden, trat sehr leicht eine ungewollte Drehung der Arme an der Nabe ein; der Propeller war sofort dynamisch nicht mehr balanciert und konnte sich deformieren, was tatsächlich bei einem Versuch (allerdings nur in geringem Maße) sich ereignete. Die übrigen in der Konstruktion sich vollständig ähnlichen Schrauben werden ebenfalls aus Stahlarmlen gebildet,

Fig. 83.
Groß.

Fig. 84.
Chillingworth.

Fig. 85.
Paruszewski.

auf die sich in bestimmten Abständen Aluminiumrippen setzen, die wieder am Umfang durch einen festen Stahldraht verbunden sind, wodurch die Flügelform festgelegt ist. Dieses Gerippe wird nun mit einem besonders präparierten Ballonstoff bespannt, der unter allen Witterungseinflüssen seine Straffheit bewahrt. Die Abbildungen lassen alles Nähere erkennen; wie sicher die Konstruktion ist, zeigt das

Bild eines bei einem Unfall um über 90° verbogenen Flügels, der aber nicht bis zur Trennung zerrissen ist und später durch Richten des Armes und Überziehen wieder ausgebessert wurde. Für die Druckfläche ist die Zeise-Konstruktion ihrer Einfachheit wegen recht gut, die Rückenfläche bedarf aber noch einer eingehenden Durcharbeitung; die gänzlich unverkleideten Verbindungsstücke geben zu großen Wirbeln Anlaß und müssen unbedingt vermieden werden ¹⁾).

Eine eigenartige Konstruktion tritt uns im Propeller von R. Lack entgegen; an der Außenseite einer verstärkten Fahrradfelge mit 3 mm-Speichen sitzen drehbar an Stahlrohrarmen zwei hohle Holzflügel, in deren Hohlraum die zugeschärften Rohre auslaufen;

Fig. 86.
Brand.

Fig. 87.
Gutmann.

die Flächen bestehen ähnlich Rettig aus polierten, dünnen Fournieren über Querschnittsprofilen. Eine messerscharf zugespitzte Eintrittskante ist durch eine Anzahl Blechstreifen mit den Flügeln verbunden. Ihr Vorteil ist eben-

Fig. 88.
Wilckens.

Fig. 89.
Klemm.

sowenig einzusehen, wie jener der an den Speichen sitzenden Leitspiralen, welche die Luft von der Achse den Flügeln zutreiben sollen. Die beiderseits zugeschärfte Profilierung der Flügel dürfte dagegen zweckmäßig sein.

¹⁾ Die neuesten Zeise-Propellertypen sind denn auch beiderseitig bespannt, wie mir die Firma freundlichst mitteilte.

Während der Fahrt vom Führerstand zu betätigende Umsteuerbarkeit soll der von Groß-Ems entworfene Propellermechanismus bezwecken, der sich nun allerdings auf den kurzen zur Verfügung stehenden Strecken mit dem schweren Wagen nicht erproben ließ. Die Flügel bestehen aus einem Gerippe von zwei gegeneinander verdrehbaren Holzstäben, die durch einen elastischen Stab verbunden sind (eben der Reversierbarkeit wegen); die Fläche wird von Ballonstoff gebildet, der sich wohl im Betriebe einwölbt; das Nabenmaterial ist Rübelerbronce.

Die nach dem Patent Jerzykowski-Nürnberg angefertigten Propeller zeigen einige Abweichungen gegen die anderen Holzschrauben, so daß näheres Eingehen geboten ist. Um zu vermeiden, daß die Längsfaser wegen der verschränkten und gewölbten Flügelform mehrfach in ihrer Auslaufrichtung unterbrochen wird, kommt hier ein Holzplattenpack, aus mehreren kreuz und quer aufeinander liegenden, verleimten und gespaltenen Fournierblättern bestehend, zwischen geheizte Matrizenhälften, die ihn dann zusammenpressen. Auf dieses schon vorgeformte Bündel wird nun eine Nußbaumplatte genau aufgepaßt, ebenfalls heiß damit zusammengepreßt und das Ganze durch eingesetzte, verleimte Holzdübel gesichert. Die Propeller machen einen guten, soliden Eindruck, es bleibt aber abzuwarten, ob die durch heiße Pressung hergestellte Form genügende Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, besonders im Dauerbetrieb, besitzt.

Fig. 90.

Wagner.

Die Chillingworth-Schraube besteht aus gepreßten Blechflügeln, die durch Versteifungsrippen verstärkt sind; ist dies im Interesse einer wirbelfreien Luftführung schon nicht gut zu heißen, so muß die Verbindung der Flügel mit der Nabe als direkt fehlerhaft bezeichnet werden; bei einer Vorwärtsbewegung des Propellers stehen die inneren $\frac{2}{3}$ des Radius senkrecht zur Bewegung und wirken bremsend. Der Paruszewski-Propeller stellt den Versuch dar, die Steigung während der Fahrt zu verstellen; die nicht verdrehte flache Form ist natürlich ungünstig, durch das Verjüngen nach außen liegt der Angriffsmittelpunkt verhältnismäßig nahe der Achse, was eine schwache Dimensionierung rechtfertigt. Ebenfalls aus einem Stück Holz angefertigt ist die Luftschraube von Brand; die stark löffelartig ausgebildeten Flügel zeigen den vorhin erwähnten Fehler der Unsymmetrie; der Druckmittelpunkt der Flügel liegt daher außerhalb der Symmetrieachse der Befestigung und sucht die Flügel stets zu verdrehen, wodurch auch dieser Propeller im Betriebe zerbrach. Das Gestänge am Gutmann-Propeller sollte bezwecken, die Flügel während der Rotation noch einzelne Schläge erteilen zu lassen, was natürlich nur eine Erschwerung des Ganges bedeutet, ohne irgendwelchen Nutzen zu versprechen. Der flache Stahlarm ist an die Innen- (Druck-) Seite der Aluminium-Flügel angenietet, während die Rückenfläche glatt ist. Das erscheint auf den ersten Blick merkwürdig, dürfte aber doch nicht ganz unrichtig sein, soweit sich in Anbetracht der sonst verfehlten Konstruktion eine Schlußfolgerung aus den Ergebnissen ziehen läßt. Gerade für die Rückenfläche ist eine gute Luftführung Bedingung. Die Flügelwölbung nimmt von der Nabe nach außen zu; dies ist nicht zu empfehlen, da bei zunehmender Geschwindigkeit die günstigste Wölbung abnehmen muß.

Der auf dem Bilde der *s t e h e n d e n* Versuchsanordnung Fig. 53 zu sehende *S c h a e t t g e n*-Propeller ist seiner Herstellung wegen interessant, wenn er auch für Vortriebszwecke weniger geeignet erscheint als für Luftförderung. Die Stahlblechflügel sind in der Mitte aufgeschnitten und gespreizt, so daß sie an zwei auf der Welle auseinandergezogenen Nabenkreuzen befestigt werden können. Die räumlich hintereinander sitzenden Flügelkreuze fassen eine große Luftmenge und werfen sie nach hinten fort, wobei sich zwei schräg aufeinander folgende Flügel gut ergänzen; es sind somit die Grundbedingungen eines Ventilators erfüllt, zumal die Antriebskraft gering ist.

Der *Wilckens*-Propeller besteht aus 4 dünnen, aber sehr breiten Stahlblechflügeln, die in gespaltene und breitgeschlagene Stahlrohrarme eingesteckt und durch Niete befestigt sind; die Arme sind an der Nabe warm über Bronzeansätze gezogen

und durch Stifte gesichert. Die außerordentlich breiten Flügel hatten stets das Bestreben, sich nach der Geschwindigkeit einzustellen, die versteifenden Nietreihen suchten dies zu verhindern, und die Folge war ein beständiges Einreißen an diesen Stellen. Derartig breite Flächen sind, abgesehen von der hervorgerufenen Reibung, auch konstruktiv unrichtig. Die Luftschraube von

Fig. 91.

5 m Durchmesser-Eichenholz-Propeller
von Wartscher.

K l e m m ist wegen ihrer großen, senkrecht zur Achse stehenden Flächen (bei der Nabe) zum Vortrieb gänzlich ungeeignet; auch bilden die beiden Flügelhälften in der Drehrichtung einen Sack, aus dem die Luft nicht wieder entweichen kann, was natürlich große Verluste nach sich zieht. Auf ähnlichen falschen Voraussetzungen beruht der *W a g n e r*-Propeller, der noch die Energie der zentrifugal aus den Luftschrauben entweichenden Luft ausnutzen will und diese daher durch Leitbleche parallel zur Achse auswirft. Dadurch entsteht die turbinenartige Form, die bei der hohen Zusammendrückbarkeit der Luft nur eine geringe Wirkung aufweisen kann. Zu welch gigantischen Abmessungen sich einige Erfinder verstiegen hatten, und mit wie unzulänglichen, primitiven Mitteln sie teilweise an die Ausführung herangegangen waren, das zeigen die drei Propeller Fig. 91-93. Der *Ludwig*-Propeller hatte 5 m Baulänge, und doch sollten 14 (!) derartige Luftschrauben an e i n e m starren Luftschiff angebracht werden; beim *Schülcke*-Propeller sollten die in der Drehrichtung angeordneten Leitstreifen ein radiales Abgleiten der Luft verhindern; die Arme waren übrigens in sehr hübscher Weise aus aufgespaltenen und bikonvex wieder zusammengeleimten Bambusstäben hergestellt, um große Festigkeit mit geringem Widerstand zu vereinigen. Zwei ähnliche Ausführungen sind in Fig. 94 u. 95 zusammengestellt. Im Gegensatz zum *Schäfer*-Propeller soll die nach einer räumlichen Archimedes'schen Spirale entstandene *Schurig*-Schnecke, die sich gleichsam in die Luft einschraubt, der radial abgleitenden Luft folgen und ihr noch eine größere Geschwindigkeit erteilen.

Endlich sind noch die beiden Planetenschrauben von *Barnickel* und *Bachmann* zu erwähnen. Beide beruhen auf dem *Jarolimekschen* Gliederungsprinzip, d. h. sie lassen um die Hauptachse ein System von Wellen rotieren, auf denen die eigent-

lichen Propeller sitzen, die also außer der schnellen Drehung um die eigene Achse gleichzeitig eine langsame um die Hauptachse ausführen. Bei Bachmann wurden zweiflügelige, schmale Propeller durch Kettenübertragung angetrieben, Barnickel verwendete je zwei Hilfsachsen, um die gegenläufig 2 mit großen Blechschaufeln versehene, zweiflügelige Schrauben so rotierten, daß immer die Luftmenge der einen Schaufel von der nächsten weiterbefördert werden sollte; zum Antrieb dienten Seilscheiben und Hanfseile. Alle diese Konstruktionen kranken an der Schwierigkeit, die notwendigen Lagerungen leicht und doch genügend fest auszuführen; auch die besprochenen Propeller kamen dadurch über die ersten Schleuderproben nicht hinaus. Es ist außerdem nicht recht einzusehen, warum man zu diesen doch immerhin schwierigen Konstruktionen greift, da ein langsam laufender Propeller vom gleichen Spitzenkreis selbst unter Hinzurechnung der Getriebeverluste doch einen erheblich besseren Wirkungsgrad hat und außerdem viel größere Sicherheit bietet. Zum Schluß möchte ich noch die durchweg schlechten Erfahrungen erwähnen, die ich bei allen den Verbindungen von Luftschrauben gemacht habe, die mittels autogener Schweißung hergestellt waren. Den beim Betrieb durch die Kraftschwankungen des Motors und durch die Turbulenz

Fig. 92.
Schülcke.

Fig. 93.
Ludwig.

des Windes auftretenden ruckweisen, manchmal erheblichen Beanspruchungen ist dieses Schweißen in keiner Weise gewachsen, zumal die angrenzenden Teile des Materials scheinbar stets in Mitleidenschaft gezogen werden. Wenn man dann fernerhin in Betracht zieht, daß in den meisten Fällen eine genaue Kontrolle der ohnehin scharf berechneten Luftschrauben nach ihrer fabrikmäßigen Herstellung einfach unmöglich ist, dann wird man es verstehen, wenn ich im Interesse der Sicherheit unbedingt eine Schleuderprobe aller überhaupt im Gebrauch befindlichen Propeller für notwendig halte. Diese Schleuderprobe muß natürlich mit einer zusätzlichen Überlastung (vielleicht auch unter gleichzeitiger Drehung der Achse senkrecht zur Schraube — wegen der Kreiselwirkung) stattfinden.

Eine kurze Sichtung des beschriebenen Materials und mehr noch der folgenden Ergebnisse läßt so recht die Wege erkennen, die man bisher beim Entwerfen der Schrauben gegangen ist. Durch rasches Probieren und versuchsweises Verbessern kam man zu teilweise praktisch recht brauchbaren Formen; mehr oder weniger glückliche Griffe einzelner Erfinder wurden von praktischen Konstrukteuren lediglich nach technischen Grundsätzen sinngemäß für besondere Fälle verändert. Es fehlte eben jede Möglichkeit, auf rechnerischem Wege mit absoluter Sicherheit im voraus denjenigen Propeller nach seinen Dimensionen festzulegen, der für eine gegebene Maschine unter bekannten Bedingungen den größten Nutzeffekt ergibt. So verständlich dieses Vorgehen für die praktische Luftschiffahrt erscheint, so wenig sind die Produkte dazu geeignet, auf irgendeine Richtung hinzuweisen, in der

Fig. 94.

Schurig.

Fig. 95.

Schäfer.

Verbesserungen zu erfolgen haben, oder anzugeben, welche konstruktiven Änderungen einen Fortschritt bedeuten, bzw. womit dieser Fortschritt begründet werden kann. Von diesem Gesichtspunkte aus konnten die Wettbewerbe für irgendwelche Theorien nur wenige bedingte Unterlagen liefern.

Die Versuche.

Wenn die Versuchsanlage auch in erster Linie zur Austragung der beiden Wettbewerbe bestimmt war, so bestand doch gleichzeitig die Hoffnung, sie später für weitere Erprobungen benutzen zu können. Im Gegensatz zu den Modellversuchen kann sie im wirklichen Maßstabe die Kenntnis der aerodynamischen Vorgänge vermitteln, ohne auf Ähnlichkeitsschlüsse vom Kleinen ins Große angewiesen zu sein. Es war natürlich vorauszusehen (und die Einsendungen haben es vollauf bestätigt), daß das zur Prüfung vorliegende Material in hohem Maße heterogen sein würde, so daß die Versuchsergebnisse lediglich zum Vergleich untereinander dienen konnten, daß es jedoch in keiner Weise genügen würde, um irgendwelche für den praktischen Gebrauch zweckmäßige Theorien aufzustellen. Die vielen Formverschiedenheiten, die konstruktiven Abweichungen, elastische Flügelausführungen, veränderliche

Steigung — und wie die vielen Verschiedenheiten alle heißen — sie stellen ebenso viele unkontrollierbare gegenseitige Beeinflussungen dar. Ihre Güteziffern konnten wohl festgelegt werden, bei einigen während der Versuche vorgenommenen Änderungen ließ sich auch wohl nachweisen, ob diese Änderung zweckmäßig gewesen ist oder nicht; aber das für die Praxis wichtige Ziel, für alle Anwendungen sofort die günstigste Form und Dimensionierung festzustellen, dieses Ziel konnte im Rahmen der Wettbewerbe nicht vorgesehen und erreicht werden, sondern mußte späteren systematischen Versuchen überlassen bleiben, an deren Unterstützung sich die einschlägige Industrie hoffentlich rege beteiligen wird. Ich möchte einer systematischen Erprobung nach genau festgelegten Methoden umsomehr das Wort reden, als es in absehbarer Zeit für die Luftschraube als Übertragungsorgan wohl keinen Konkurrenten geben wird — gleichgültig, ob man den Kolbenmotor durch eine Turbine ersetzt —, so daß jede Ökonomie beim Fliegen auch durch den guten Wirkungsgrad der Propeller bedingt ist.

Die Versuche begannen während der Ausstellungszeit mit den Schleuderproben und den ersten Fahrten; bei dem aus so vielen empfindlichen Apparaten zusammengesetzten Wagen war natürlich erst ein exaktes Einarbeiten des Personals notwendig, bis es erreicht wurde, daß während der nach Sekunden bemessenen Fahrzeit wirklich sämtliche Aufschreibungen mit Sicherheit erfolgten. Doch auch später, besonders bei Regenwetter, mußten manche Fahrten wiederholt werden, weil das eine oder andere Instrument ausgesetzt hatte. Nachdem also die Festigkeitseigenschaften der Schraube einer Prüfung unterzogen worden waren, begannen die Fahrten auf dem von der Stadt Frankfurt a. M. zur Verfügung gestellten Gleis, endeten aber leider plötzlich mit einem Unglücksfall, verursacht durch Schleifen der Räder wegen zu festem Anziehens der Bremse bei einem plötzlichen Windstoß, wodurch natürlich die Bremsstrecke sehr verringert und eine Beschädigung des Wagens am Gleiseinde unvermeidlich wurde. Die Versuche konnten daher erst nach beendeter Reparatur wieder aufgenommen werden, und zwar zuerst im Januar 1910 zur Austragung des vom Kriegsministerium ausgeschriebenen Wettbewerbes.

Diese Versuche sollten in einer Halle auf festem Versuchsstand stattfinden; nach langen Bemühungen wurde für diesen Zweck die große Bierhalle auf dem städtischen Ausstellungsterrain zur Verfügung gestellt; der Wagen konnte auf flachen Schienen in der Längsrichtung der Halle verschoben werden, um bei der Montage schwerer Propeller unter einen Kran zu gelangen; zur Feststellung dienten Paßstücke vor den Rädern sowie die festangezogene Bremse; die registrierenden Meßinstrumente wurden neben dem Wagen auf einen Tisch gestellt und in geeigneter Weise mit den Wagenleitungen verbunden, sonst wurde nichts an der Einrichtung geändert. (Siehe Fig. 53.)

Die Versuche verliefen ohne Anstände, nur bereitete das Kühlhalten des Motors einige Schwierigkeit. Vor der eigentlichen Erprobung mußte der montierte Propeller 2 Minuten mit der höchst zulässigen Tourenzahl laufen, um dann bei ausgekuppeltem Getriebe auf Beschädigungen genau überholt zu werden. Erst nachdem diese Vorprüfung zufriedenstellend ausgefallen war, wurden während des eigentlichen Versuches in auf- und absteigender Richtung eine Reihe verschiedener Umdrehungszahlen durchgeprobt, um genügend Aufzeichnungen zu erhalten. Bei den

genannten Vorproben mußten eine Anzahl Luftschrauben wegen Beschädigungen ausscheiden.

Die Erprobungen für den internationalen Wettbewerb konnten durch das liebenswürdige Entgegenkommen der städtischen Behörden auf einem Gleis des neuen Osthafens stattfinden; die Versuchsfahrten selbst spielten sich im wesentlichen folgendermaßen ab: Nachdem das für den Propeller bestimmte Übersetzungsverhältnis der Getriebe eingesetzt ist, werden die Meßleitungen und Instrumente zum Versuch hergerichtet, der Wagen wird festgebremst, der Motor angelassen, das Getriebe mit der Klauenkupplung eingerückt und die Reibungskupplung am Motor mittels des Fußhebels langsam eingeschaltet. Nachdem der Propeller dann bei stillstehendem Wagen durch Betätigung der Zündungs- und Gemischregulierhebel auf die richtige Umdrehungszahl gebracht ist, wird die Bremse gelöst, und der Wagen kommt hierdurch äußerst schnell auf die erforderliche Geschwindigkeit. Sowie eine gewisse Beständigkeit in der Tourenzahl sowohl als auch an den Zeigermanometern zu bemerken ist, werden mittels geeigneter Schnurzüge sämtliche Meßinstrumente gleichzeitig eingerückt, hierauf der Strom durch einen kleinen Schalter vor dem Führersitz geschlossen, während der Wagenführer die Geschwindigkeit durch Regulierung des Motors bzw. durch Benutzung der Bremse einigermaßen konstant zu erhalten sucht. Sobald eine Aufzeichnung geschehen ist, was bei einer angenommenen Dauer von zehn Sekunden am besten beim Ausschlagen des Zeitzeigers am Registriermanometer zu ersehen ist, werden die Instrumente zur Ruhe gebracht und, falls die zur Verfügung stehende Strecke noch lang genug erscheint, eine andere Geschwindigkeit eingestellt, worauf sich der zweite Versuch in ähnlicher Weise entwickelt.

Bevor jetzt auf die Versuchsergebnisse näher eingegangen werden soll, möchte ich nicht versäumen, allen denen in lebhafter Weise zu danken, die es in großzügigster Art verstanden haben, diese neuartige Prüfeinrichtung ins Leben zu rufen. Gebührt hier auch in erster Linie der Ausstellungsleitung das Verdienst für die nicht unerhebliche pekuniäre Unterstützung, ihrer Wissenschaftlichen Kommission für die Anregung, Herrn Prof. Dr. Prandtl-Göttingen für die geschickte Ausarbeitung und den beteiligten Firmen, insbesondere Herrn Direktor Paul von den Adlerwerken, für die schnelle und zweckmäßige Herstellung, so ist es mir doch vor allen Dingen ein Bedürfnis, der Bemühungen der Herren Geheimrat Dr. Gans und Professor Dr. Wachsmuth zu gedenken, die es unter den schwierigsten Verhältnissen stets wieder verstanden haben, zwischen den städtischen, staatlichen und militärischen Behörden wegen der Gleise, der Halle, des Geländes und der häufigen, umständlichen Transporte zu vermitteln. Ihnen ist es daher hauptsächlich zu danken, daß die Versuche überhaupt erfolgen und trotz aller Hindernisse zu Ende geführt werden konnten.

Zum Schluß möchte ich noch erwähnen, daß ich bei den ersten Vorversuchen in dankenswerter Weise von den Herren Dr. Schames und Bild unterstützt wurde, und daß der Monteur Siebert, der sämtliche Versuche und Fahrten (auch nach dem Unfall) mitgemacht hat, sich die stete Betriebsfertigkeit der Anlage angelegen sein ließ, was ich mit größter Anerkennung hervorheben möchte.

a) Der nationale Wettbewerb für Luftschrauben.

Von

Dipl.-Ing. C. Eberhardt-Berlin,

Ingenieur beim Kgl. Preuß. Luftschiffer-Bataillon.

Preisrichter:

Major Groß-Berlin, Vorsitzender; Major Lehmann-Berlin; Hauptmann de le Roi-Berlin; Oberleutnant Geerdts-Berlin; Ingenieur Eberhardt-Berlin.

Preise:

1. Gruppe (Zugkraft 300 kg): I. Preis: Ingenieur H. Ruthenberg, Weißensee; II. Preis: Oberbaurat a. D. Rettig, Berlin; 2. Gruppe (Zugkraft 150 kg): I. Preis: Professor Dr.-Ing. Reißner, Aachen; II. Preis: Maschinentechniker A. Groß, Ems.

Die der Konkurrenz zugrunde liegenden Bedingungen waren folgende:

1. Zugelassen werden nur Marschpropeller mit konstanter Steigung. Bei Schrauben mit gewölbten Flächen ist die Sehne des Wölbungsbogens maßgebend für den Steigungswinkel.

2. Die zu prüfenden Schrauben werden in zwei Gruppen eingeteilt.

Von der ersten Gruppe wird verlangt auf ruhendem Versuchsstande eine Zugkraft von 300 kg. Der Durchmesser der Schrauben darf 5 m nicht überschreiten.

Von der zweiten Gruppe wird verlangt auf ruhendem Versuchsstande eine Zugkraft von 150 kg. Der Durchmesser der Schrauben darf 3 m nicht überschreiten.

3. Für jede Gruppe sind zwei Preise ausgesetzt. Diejenige Schraube erhält den ersten Preis, für welche das Produkt $N_i^2 \cdot r \cdot G$ ein Minimum wird.

Dabei bedeutet N_i die Leistungsaufnahme der Schraube in PS bei der geforderten Zugkraft, r den größten Radius und G das Gewicht der Schraube.

Durch die Einführung des Faktors r in die Berechnungsformel kommt die Raumausnutzung, durch die des Eigengewichtes G das Konstruktionsgewicht zur Geltung. Die Leistungsaufnahme der Schraube ist in der Formel in der zweiten Potenz vertreten, da geringer Arbeitsbedarf der Schraube in der Praxis die Hauptrolle spielt und auf die Gewichtsverhältnisse des Fahrzeuges einen tiefgehenden Einfluß auszuüben vermag, als dies durch das Konstruktionsgewicht der Schraube geschehen kann. Setzen wir z. B. eine 20 stündige Arbeitsdauer voraus, und nehmen wir das Gewicht des Motors pro PS = 4 kg, ferner den Benzinverbrauch pro PS-Stunde zu 250 g an, so entspricht jede Pferdestärke, welche die Schraube zur Erzielung der gewünschten Zugkraft weniger braucht, einer Gewichtersparnis von $4 \text{ kg} + 0,250 \cdot 20 = 9 \text{ kg}$.

Eine Prüfung der Schrauben auf fahrbarem Versuchsstande wurde nicht für notwendig gehalten, zunächst deshalb, weil es keine Schwierigkeiten bietet, die Zugkraft und die Leistungsaufnahme einer Schraube bei jeder beliebigen

Marschgeschwindigkeit und Tourenzahl mit genügender Genauigkeit festzustellen, wenn deren Zugkraft und Arbeitsaufnahme für eine beliebige Tourenzahl auf ruhendem Versuchsstande bekannt ist; hauptsächlich aber auch wegen der größeren Ungenauigkeiten, die den auf bewegten Versuchsständen vorgenommenen Messungen anhaften.

Einwandfreie Messungen auf bewegten Versuchsständen sind jedenfalls nur bei völliger Windstille zu erwarten, während der feste Versuchsstand von Wind und Wetter unabhängig im gedeckten Raume arbeiten kann.

Es ist vielleicht angebracht, hier etwas näher auf die theoretischen Grundlagen einzugehen, mit deren Hilfe auf die Zugkraft einer Schraube im Marsch geschlossen werden kann, wenn dieselbe auf ruhendem Versuchsstande gemessen wurde.

Bezeichnen wir die Zugkraft einer Schraube mit P und das zur Erzeugung dieser Zugkraft erforderliche Drehmoment mit M , ferner mit s die Steigung der Schraubenfläche, so gilt folgende Beziehung:

$$P = \frac{2\pi}{s} \cdot M^*).$$

Diese Gleichung besitzt ganz allgemeine Gültigkeit, gleichgültig, ob die Schraube normale oder gewölbte Flächen besitzt, und gleichgültig, ob sie im Stand oder im Marsch arbeitet.

Es geht aus ihr die wichtige Tatsache hervor, daß eine gegebene Schraube unter ein und demselben Drehmoment unabhängig von Tourenzahl und Marschgeschwindigkeit stets die gleiche Zugkraft liefert.

Die Schraube nimmt dann mit zunehmender Marschgeschwindigkeit immer größere Tourenzahlen an, um den Einfluß der kleiner werdenden Einfallswinkel auf die Zugkraft wieder wett zu machen.

Es muß daher mit wachsender Marschgeschwindigkeit auch andauernd die Arbeitsaufnahme der Schraube zunehmen, da bei gleichbleibendem Drehmoment die Tourenzahl eine höhere wird.

Nun besitzen die zum Betriebe der Luftschrauben in der Praxis verwendeten Benzinmotoren innerhalb gewisser Grenzen, unabhängig von der Tourenzahl ein konstantes Drehmoment.

Die auf ruhendem Versuchsstande unter dem Antriebe des Benzinmotors gemessene Zugkraft der Schraube ist also genau dieselbe wie die bei jeder beliebigen Marschgeschwindigkeit unter dem Antriebe desselben Benzinmotors entwickelte Zugkraft.

Der Motor wird während der Anlaufperiode eines Luftfahrzeuges unter dem Einflusse der mit zunehmender Marschgeschwindigkeit dauernd abnehmenden Neigungswinkel von selbst immer schneller laufen, um schließlich nach Eintritt des Beharrungszustandes seine maximale Tourenzahl zu erreichen und damit auch seine größte Arbeitsleistung an die Schraube abzugeben. Die Zugkraft bleibt

*) Siehe Eberhardt, Theorie und Berechnung der Luftschrauben. Berlin 1910.

während der ganzen Beschleunigungsperiode unabhängig von Tourenzahl und Marschgeschwindigkeit ein und dieselbe.

Die nachfolgende Tabelle zeigt deutlich die Übereinstimmung des eben ausgesprochenen Satzes mit der Wirklichkeit.

Aus einer Versuchsreihe, die für eine dreiflügelige Schraube mit gewölbten Flächen bei den verschiedensten Tourenzahlen und Marschgeschwindigkeiten gewonnen wurde, sind vier Versuche ausgewählt, bei denen für verschiedene Marschgeschwindigkeiten ungefähr die gleiche Zugkraft gemessen wurde. Die gemessenen Zugkräfte schwanken zwischen 170 und 175 kg, wie aus der Tabelle hervorgeht.

Die Steigung der Schraube betrug $s = 4,2$ m.

Als Steigungswinkel bei Schrauben mit gewölbten Flächen in irgendeinem Abstände von der Schraubenachse gilt derjenige Winkel, den die Sehne des Wölbungsbogens an der betrachteten Stelle mit der Umdrehungsrichtung einschließt.

Nr.	Marschgeschwindigkeit v in m per Sek. (Standversuche)	Tourenzahl per Min.	Zugkraft P gemessen in kg	Drehmoment M gemessen in mkg	Drehmoment berechnet nach Gl. $M = \frac{s}{2\pi} \cdot P$
1	$v = 0$	268	171	109	114,5
2	9,9	300	175	115	117
3	12,4	310	174	114	116,5
4	12,6	319	170	112	114

Aus dem Vergleich der beiden letzten Rubriken erkennt man, daß die Übereinstimmung der Gleichung $M = \frac{s}{2\pi} \cdot P$ mit der Wirklichkeit nicht viel zu wünschen übrig läßt, ferner zeigt die vorletzte Rubrik der Tabelle, daß die gemessenen Drehmomente bei konstanter Zugkraft unabhängig von Tourenzahl und Marschgeschwindigkeit tatsächlich dieselben bleiben, wie dies von der in Rede stehenden Gleichung gefordert wird.

Der geringe Unterschied zwischen den gemessenen Drehmomenten entspricht lediglich den ebenso unwesentlichen Unterschieden der Zugkräfte untereinander.

In diesem einfachsten Fall des konstanten Drehmomentes ist also die Zugkraft für jede Marschgeschwindigkeit ohne weiteres gegeben durch die auf ruhendem Versuchsstande gemessene Zugkraft.

Es bietet jedoch auch weiter keine Schwierigkeiten, sofort auch auf Zugkraft und Arbeitsbedarf einer Schraube für irgendeine gegebene Tourenzahl und Marschgeschwindigkeit mit genügender Genauigkeit zu schließen, wenn Zugkraft und Drehmoment bei irgend einer Tourenzahl am festen Versuchsstand gemessen wurden.

Es würde an dieser Stelle zu weit führen, die dazu erforderlichen Gleichungen abzuleiten, und ich verweise daher auf die von mir entwickelte „Theorie und Berechnung der Luftschrauben“, in der die fraglichen Gleichungen, gestützt durch Versuchsergebnisse, vorgeführt sind.

Zu beachten ist nur noch die Form der Rückenflächen einer Schraube, falls man von den Ergebnissen der Messung auf ruhendem Versuchsstande auf die Verhältnisse der im Marsch befindlichen Schraube schließen will.

So zeige z. B. Fig. 96 den Querschnitt eines beliebigen Schraubenelementes mit dem Steigungswinkel α , die Umfangsgeschwindigkeit desselben sei μ und die Marschgeschwindigkeit der Schraube v . Es ist klar, daß bei der skizzierten Querschnittsform dieses Flächenelement bei der Marschgeschwindigkeit v unter dem gleichen Drehmoment nicht mehr dieselbe Zugkraft zu entfalten vermag wie

Fig. 96.

Fig. 97.

Prüfwagen mit 5 m Ruthenberg-Schraube. Rückansicht.

auf ruhendem Versuchsstand, da es teilweise mit der Rückseite durch die Luft gezogen wird. In der Figur ist jener Teil des Luftstromes, der infolge der falschen Konstruktion der Rückenfläche bremsend statt treibend wirkt, durch Schraffur angedeutet.

In Wirklichkeit wird die bremsende Wirkung sogar noch etwas größer sein, da die Luft nicht mit der Marschgeschwindigkeit v in axialer Richtung durch die Schraube zieht, sondern mit einer um den sogenannten Vorstrom vermehrten Geschwindigkeit. Dieser Vorstrom entsteht durch die saugende Wirkung der Schraube, und er hat zur Folge, daß der Lufteinfallswinkel α' in Fig. 96 etwas kleiner, die absolute Geschwindigkeit v_1 dagegen, mit der das Flächenelement durch die Luft gezogen wird, etwas größer ausfällt.

Auf die Zugkraft einer Schraube hat dieser Vorstrom jedoch nur einen unmerklichen Einfluß, wie die Versuche ergeben haben, so daß er bei der Berechnung einer Schraube ohne Schaden vernachlässigt werden kann. Es ist dies leicht einleuchtend, wenn man beachtet, daß bei Luftschrauben die Umfangs-

geschwindigkeiten derartig die üblichen Marschgeschwindigkeiten an Größe übertreffen, daß die Vermehrung der letzteren um den Vorstrom den Lufteinfallswinkel α' nur unwesentlich zu ändern vermag.

Im folgenden sollen nun diejenigen Schrauben, welche von den 27 zum Wettbewerb gemeldeten Schrauben als Preisträger in Betracht kommen, einer näheren Besprechung unterzogen und in ihren Versuchsergebnissen vorgeführt werden.

Fig. 98.

Prüfwagen mit 5 m Ruthenberg-Schraube. Seitenansicht.

Ein großer Teil der Schrauben mußte zunächst deshalb aus der Konkurrenz ausscheiden, weil sie der ersten der gestellten Bedingungen nicht entsprachen, nach der nur Propeller mit konstanter Steigung zugelassen waren.

Ein anderer Teil zerbrach während der Versuche, bevor die geforderte Zugkraft erreicht war, während der Rest die verlangten Zugkräfte nicht annähernd zu entwickeln vermochte.

Für die erste Gruppe — Zugkraft 300 kg, größter Durchmesser 5 m — waren nur zwei Schrauben gemeldet, die beide ihrer Aufgabe gewachsen waren: die Schrauben von Ruthenberg und Rettig.

Die Ruthenbergsche Schraube, deren konstruktive Ausführung aus den Figuren 97 und 98 deutlich erkennbar ist, besitzt einen Durchmesser von

5 m, eine Steigung von 4 m und eine konstante Flügeltiefe von 50 cm. Unter Flügeltiefe ist der senkrechte Abstand der beiden Reifen zu verstehen, die in der Seitenansicht der Schraube (Fig. 98) deutlich zu erkennen sind, und durch deren Ebenen die Flügel in axialer Richtung begrenzt werden.

Wie aus der Vorderansicht der Schraube (Fig. 97) hervorgeht beträgt die axiale Projektion der vier Flügel des Propellers gerade die Hälfte der gesamten Kreisfläche.

Die Flügelflächen bestehen aus Ballonstoff, der so fest gespannt und außerdem noch imprägniert ist, daß eine Deformation der Flächen während des Laufes kaum eintreten kann.

Das Gesamtgewicht der Schraube beträgt nur 34 kg.

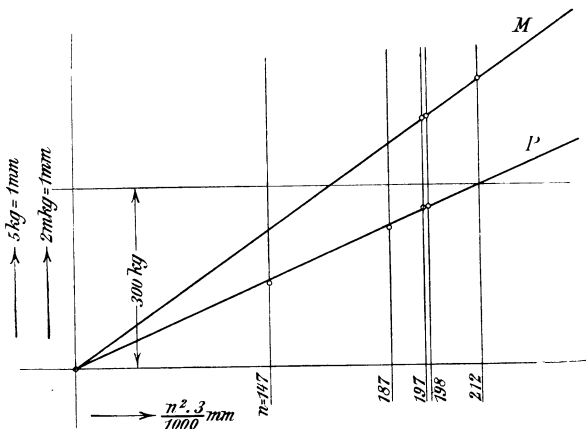


Fig. 99.

Ruthenberg 5 m Durchmesser, s = 4 m.

Zu bemerken ist noch, daß die Flügel normale Schraubensflächen bilden; es handelt sich also hier um eine Schraube, deren Flächen keine Wölbung besitzen. Die gesamte in Aktion befindliche Flügelfläche berechnet sich zu 11,92 qm.

Fig. 99 zeigt nun die Versuchsergebnisse dieser Schraube auf ruhendem Versuchsstand.

Zur Erklärung der Diagramme sei vorausgeschickt, daß es eine sowohl theoretisch als auch praktisch nachgewiesene Tatsache ist, daß Zugkraft und

Drehmoment einer Schraube mit dem Quadrate der Tourenzahl wachsen. Trägt man also auf der x-Achse die Tourenzahlen und auf der y-Achse die zugehörigen Zugkräfte bzw. Drehmomente auf, so erhält man Parabeln. Da eine Parabel jedoch nicht besonders bequem zu zeichnen ist, so tut man besser, auf der x-Achse die Quadrate der Tourenzahlen aufzutragen, so daß sich für die Zugkräfte und Drehmomente gerade Linien durch den Pol ergeben müssen.

Dies ist in Fig. 99 geschehen, in der mit M die Linie der Drehmomente, mit P diejenige der Zugkräfte bezeichnet ist. Die verwendeten Maßstäbe sind in der Figur eingeschrieben.

Für die aus der Zugkraftlinie herausgeschnittene Zugkraft von 300 kg ergibt sich ein Drehmoment von 189,5 mkg und eine Tourenzahl von $n = 212$.

Die zur Erzeugung der verlangten Zugkraft von 300 kg erforderliche PS-Zahl berechnet sich daher zu

$$N_i = \frac{2 \pi \cdot n \cdot M}{60 \cdot 75} = \frac{2 \pi \cdot 212 \cdot 189,5}{60 \cdot 75} = 56,1 \text{ PS,}$$

also eine Zugkraft pro PS von

$$\frac{P}{N_i} = \frac{300}{56,1} = 5,35 \text{ kg.}$$

Die Schraube von Rettig, die in Fig. 54 abgebildet ist, besitzt ebenso wie die vorhergehende Schraube einen Durchmesser von 5 m, eine Steigung von 4 m und vier Flügel, hohl aus Holz konstruiert, mit einer konstanten Flügelbreite von 44 cm, während bei der Ruthenbergschraube nicht die Breite, sondern die Tiefe des Flügels konstant gehalten war. Die gesamte in Aktion befindliche Flügelfläche beträgt 3,87 qm, während das Gewicht der Schraube 99,9 kg ausmacht. Die Schraube weist gewölbte Flächen auf.

Fig. 100 zeigt das Versuchsdiagramm, dem wir für die Zugkraft $P = 300$ kg ein Drehmoment von 194,5 mkg bei einer Tourenzahl von $n = 200$ entnehmen. Die erforderliche PS-Zahl ergibt sich daher zu

$$N_i = \frac{2 \pi \cdot 200 \cdot 194,5}{60 \cdot 75} = 54,3 \text{ PS.}$$

Die Zugkraft pro PS wird daher:

$$\frac{P}{N_i} = \frac{300}{54,3} = 5,52.$$

Der Vergleich zwischen diesen beiden Schrauben ist insofern interessant, als beide gleiche Flügelzahl, gleichen Durchmesser und gleiche Steigung besitzen und die geforderte Schubkraft von 300 kg ungefähr bei derselben Tourenzahl und demselben Drehmoment entwickeln, obgleich die Schraube von Rettig nur den dritten Teil an Flügelfläche besitzt als die Stoffschraube von Ruthenberg; denn erstere weist nur 3,87 qm aktive Flügelfläche auf.

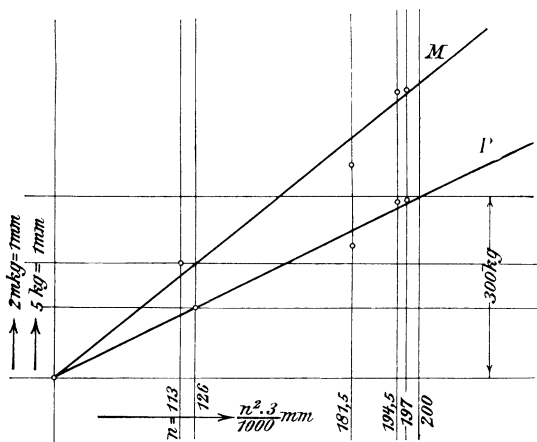


Fig. 100.

Rettig 5 m Durchmesser, $s = 4$ m.

Diese Überlegenheit der Rettigschen Schraube liegt in der Wölbung der Flächen, während die Ruthenbergschraube, wie schon vorher bemerkt, normale Schraubenflächen ohne Wölbung besitzt. Ferner geht bei der Ruthenbergschen Schraube ein beträchtlicher Teil durch Reibung verloren infolge der außerordentlich großen Flügelbreite, die außen 2 m überschreitet, während 60, allenfalls 70 cm für ganz große Schrauben schon das äußerste Maß der Flügelbreite bezeichnen dürfte, bei welchem die Reibungsverluste noch in einem annehmbaren Verhältnis zur aufgewendeten Gesamtarbeit stehen.

Trotzdem erhielt die Ruthenbergschraube infolge ihres überraschend geringen Gewichtes den ersten Preis der ersten Gruppe, wie durch Einsetzen der angegebenen Zahlen in die Berechnungsformel hervorgeht.

Für die zur zweiten Gruppe gemeldeten Schrauben — Zugkraft 150 kg, größter Durchmesser 3 m — kamen drei für die engere Bewerbung in Betracht, und zwar die Schrauben von Reißner, Groß und Ruthenberg.

Die zweiflügelige Schraube von Reißner (siehe Figur 73), deren Flügel aus massivem Holz gebaut waren, zeigte folgende Dimensionen:

Durchmesser 2,1 m; Steigung $s = 1,2$ m; Flügelbreite innen = 25,5 cm; Flügelbreite außen = 28 cm; gesamte Flügelfläche = 0,49 qm; Flügelflächen zeigten von innen nach außen zu abnehmende Wölbung. Gewicht der Schraube 6,6 kg.

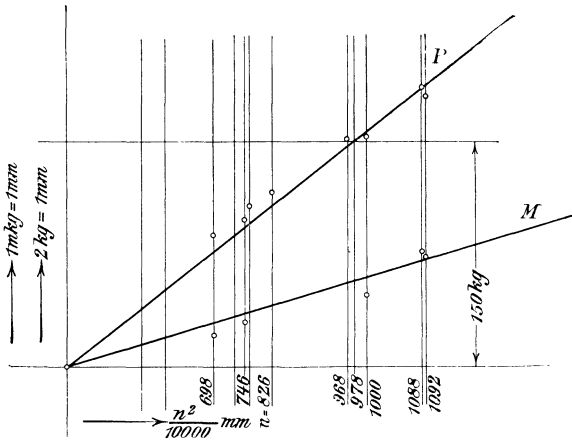


Fig. 101.

Reißner 2,1 m Durchmesser, $s = 1,2$ m.

Aus dem Versuchsdiagramm (Fig. 101), ist nun wiederum die geforderte Zugkraft von 150 kg herausgeschritten, wodurch wir das zugehörige Drehmoment zu 28,9 mkg und die Tourenzahl zu $n = 978$ erhalten, so daß sich eine PS-Zahl von

$$N_i = \frac{2 \pi \cdot 978 \cdot 28,9}{60 \cdot 75} = 39,4 \text{ PS}$$

ergibt und eine Zugkraft pro PS von

$$\frac{150}{39,4} = 3,8 \text{ kg.}$$

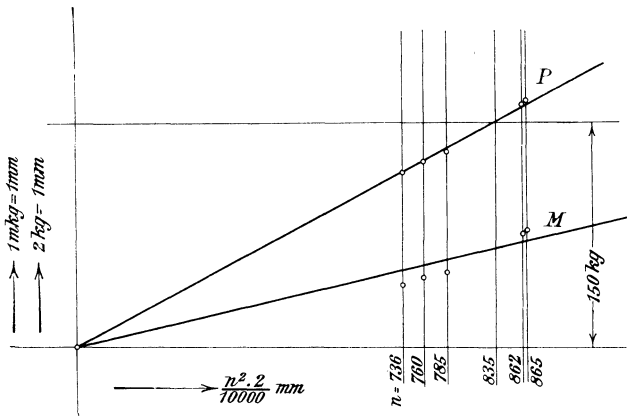


Fig. 102.

Groß 2,26 m Durchmesser, $s = 1,3$ m.

Die zweiflügelige Schraube von Groß, Fig. 83 deren Diagramm in Figur 102 gegeben ist, zeigt einen Durchmesser von 2,26 m, eine Steigung von 1,3 m bei einem Gewicht von 12,5 kg; sie besteht aus einem Holzgerippe in Bronzebuchsen, das mit Stoff bezogen ist. Die aktive Flügelfläche = 0,596 qm.

Das Diagramm liefert für 150 kg Zugkraft ein Drehmoment von 31,1 mkg bei einer Tourenzahl $n = 835$, so daß sich ein Arbeitsbedarf von

$$N_i = \frac{2 \pi \cdot 835 \cdot 31,1}{60 \cdot 75} = 36,2 \text{ PS}$$

ergibt, was einer Zugkraft von $\frac{P}{N_i} = \frac{150}{36,2} = 4,14$ kg entspricht.

Weiterhin für die zweite Gruppe sehr bemerkenswert ist die vierflügelige Schraube von *Ruthenberg* mit 3 m Durchmesser, 2,64 m Steigung, einer konstanten Flügeltiefe von 33 cm bei einer aktiven Flügelfläche von 3,75 qm und einem Gewicht von 30 kg. Das Diagramm Figur 103 liefert für 150 kg Zugkraft ein Drehmoment $M = 63$ mkg bei einer Tourenzahl von $n = 389$, was einer PS-Zahl von

$$N_i = \frac{2 \pi \cdot 389 \cdot 63}{75 \cdot 60} = 34,2 \text{ PS}$$

und einer Zugkraft pro PS von

$$\frac{P}{N} = \frac{150}{34,2} = 4,39 \text{ kg}$$

entspricht.

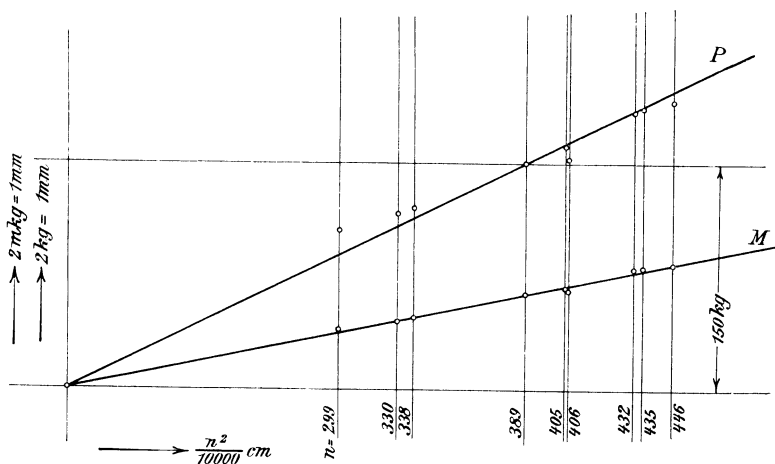


Fig. 103.

Ruthenberg 3 m Durchmesser, $s = 2,64$ m.

Durch Einsetzen der Versuchsergebnisse in die Bewertungsformel $N_i^2 \cdot r \cdot G = \text{Minimum}$ ergibt sich der erste Preis der zweiten Gruppe für die Schraube Reißner, der zweite Preis für Schraube Groß.

Aus sämtlichen Diagrammen geht hervor, daß die Lage der durch kleine Kreise markierten Versuchspunkte ziemlich genau dem Gesetze entspricht, wonach Zugkraft und Drehmoment mit dem Quadrate der Tourenzahlen wachsen, d. h. also, daß die Versuchspunkte in einer durch den Pol laufenden Geraden liegen müssen, da auf der x-Achse die Quadrate der Tourenzahlen aufgetragen sind.

Ferner zeigt sich bei allen Diagrammen auch die Übereinstimmung der eingangs erwähnten Gleichung $P = \frac{2 \pi}{s} \cdot M$ mit der Wirklichkeit, wenn man für zwei zusammengehörige Werte von P und M in obige Gleichung die zugehörige Schraubensteigung einsetzt.

β) Der internationale Wettbewerb für Luftschrauben.

Von

Paul Béjeuhr-Göttingen.

Preisrichter:

Professor Dr. Prandtl - Göttingen, Vorsitzender; Geh. Baurat Professor Berndt - Darmstadt; Professor Dr. Finsterwaller - München; Dr. Gans-Fabrice, Garmisch; Major Groß - Berlin; Major Dr. v. Parseval - Berlin.

Preise:

Erste Gruppe, bester Wirkungsgrad η : I. Preis: Professor Dr.-Ing. Reißner - Aachen; II. Preis: Ob.-Baurat Rettig - Berlin; — zweite Gruppe, beste Güteziffer der Raumaussnutzung ζ : I. Preis: Professor Reißner - Aachen; II. Preis: Ob.-Baurat Rettig - Berlin; — dritte Gruppe, beste Maßzahl für die Eignung als Schnellläufer ϑ : I. und II. Preis: Fabrikant Theodor Zeise - Altona.

Die Preisaufgaben.

I. Allgemeine Bestimmungen.

Für den internationalen Wettbewerb für Luftschrauben (Propeller) sind Geldpreise im Gesamtbetrag von 6000 M ausgeworfen. Der Preisbewerbung unterliegen wesentlich die aerodynamischen Eigenschaften der Luftschrauben.

Zugelassen sind Luftschrauben bis zu 5 m Durchmesser, die wenigstens 30 kg Schubkraft entwickeln müssen. Die Versuche werden mittelst eines auf Schienen laufenden Wagens vorgenommen, der durch die Luftschrauben angetrieben wird und Geschwindigkeiten bis zu 20 m/Sek. erreichen soll. Die Anordnung und näheren Details erhalten die Bewerber auf Anfrage. Zum Antrieb der Luftschrauben wird eine Arbeitsleistung von 60 PS bei allen Tourenzahlen in jedem Drehsinn zwischen 200 und 1200 Umdr. i. d. M. an der Schraubenachse zur Verfügung stehen. Geringere Leistungen lassen sich nach Belieben einstellen.

Der Anmeldung sind Angaben über den Propellerschub, die Fahrgeschwindigkeit und die größte Tourenzahl, für die der Propeller entworfen ist, beizufügen; ferner ist eine Maßzeichnung des Propellers beizugeben, aus der insbesondere die Nabenkonstruktion ersichtlich ist.

Die Paßstücke für den Anschluß eines jeden Propellers an die Achse der Versuchseinrichtung werden den Bewerbern von der Ausstellungsleitung gegen Berechnung der Selbstkosten geliefert. Das Verpassen dieser Stücke (zumeist Achsstümpfe) mit der Propellernabe ist von dem Bewerber vorzunehmen. Auf gute Ausbalancierung ist dabei sehr zu achten.

Die Propeller werden vor den eigentlichen Versuchen einer Schleuderprobe (Prüfung der Festigkeit gegen Zentrifugalkräfte) bei dem 1,2 fachen der maximalen Betriebstourenzahl unterworfen. Für irgendwelche Schäden, die bei dieser und auch

den nachfolgenden Proben an den Propellern entstehen, wird keine Haftung übernommen.

Die Ausstellungsleitung behält sich das Recht vor, Propeller, die ihr aus irgendeinem Grunde für den Wettbewerb nicht geeignet erscheinen, unter Angabe des Grundes von dem Wettbewerb auszuschließen.

II. Versuche und Formeln.

Die Fahrversuche mit den einzelnen Luftschrauben werden bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Tourenzahlen vorgenommen. Es wird hierbei gemessen: der axiale Propellerschub P (Nutzkraft des Propellers), das zum Betrieb des Propellers aufgewandte Drehmoment M , die Relativgeschwindigkeit v der Propellerachse gegen die umgebende Luft und die minutliche Tourenzahl n bzw. die Winkelgeschwindigkeit $\omega = \frac{2 \pi n}{60}$. Die Entfernung der äußersten Punkte der Propellerflügel von der Drehachse werde mit r (Radius) bezeichnet; endlich sei γ das Gewicht der Raumeinheit der Luft.

Aus diesen gemessenen Größen werden für jeden Versuch die folgenden drei Zahlenwerte abgeleitet:

a) Der Wirkungsgrad

des Propellers (d. h. das Verhältnis der gewonnenen Arbeit zu der aufgewandten Arbeit) wird erhalten durch die Beziehung

$$\eta = \frac{P \cdot v}{M \cdot \omega}$$

b) Als Gütegrad der Raumausnutzung

bei Beschränkung in den Außenmassen des Propellers ergibt sich das Verhältnis des Wirkungsgrades des Propellers zu dem Wirkungsgradmaximum, das ein idealer Propeller von gleichem Außendurchmesser $2r$ bei der beobachteten Fahrgeschwindigkeit v und Schubkraft P erreichen könnte. Wird zur Abkürzung die aus lauter gemessenen Größen gebildete Zahl $\varphi = \frac{P \cdot g}{\gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2}$ eingeführt ($g =$ Erdbeschleunigung, $\pi = 3,14159 \dots$), so ergibt sich der Gütegrad der Raumausnutzung ζ zu

$$\zeta = \eta \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{\varphi}{2}} \right)$$

c) Eine Maßzahl für die Eignung eines Propellertyps zur direkten Kupplung (also für die Eignung als Schnellläufer)

ergibt sich in der Größe

$$\vartheta = \frac{P^2}{M^2 \cdot \omega} \sqrt{\frac{P \cdot g}{\gamma}}$$

diese ist das Produkt des Wirkungsgrades mit einer Wertziffer für größte Kraftentfaltung bei gegebenem Drehmoment und ist um so größer, je größer einerseits die Kraftentfaltung, andererseits der Wirkungsgrad ist.

Die drei Maßzahlen η , ζ und θ nehmen für verschiedene Betriebszustände ein und desselben Propellers verschiedene Werte an; dadurch, daß man diese Werte als Ordinaten zu der den Betriebszustand charakterisierenden Größe $\lambda = \frac{v}{r \cdot \omega}$ als Abszisse aufträgt, ergeben sich *Kurven*, die für einzelne Propellertypen charakteristisch sind. Diese Kurven dienen als Grundlage für die Preisverteilung.

III. Preisverteilung.

Kann bei einer Luftschraube der Durchmesser wie auch die Tourenzahl frei gewählt werden (Übersetzungsgetriebe zwischen Motor und Luftschraube), so ist diejenige Luftschraube die beste, die den größten Wirkungsgrad η hat. Ist dagegen durch die räumlichen Verhältnisse ein größter Luftschraubendurchmesser vorgeschrieben, dabei aber die Tourenzahl frei wählbar, so ist diejenige Schraube die beste, die bei der verlangten Leistung, also bei dem entsprechenden Werte φ den größten Wert von ζ aufweist. Ist direkte Kuppelung der Luftschraube mit einer schnellaufenden Maschine vorgesehen, dabei aber der Schraubendurchmesser keiner Beschränkung unterworfen, so wägt die Größe θ die bis zu einem gewissen Grad sich widersprechenden Forderungen des Schnellaufs und des guten Wirkungsgrades gegeneinander in passender Weise ab.

Auf Grund der Versuchsergebnisse werden drei erste und drei zweite Preise erteilt:

- a) für die Luftschraube, die den besten bzw. zweitbesten beobachteten Wirkungsgrad η aufweist,
- b) für die Luftschraube bester bzw. zweitbesten beobachteter Raumaussnutzung ζ ,
- c) für den besten bzw. zweitbesten Schnelläufer, bewertet durch die beobachteten Werte der Größe θ .

Die Feststellung des größten beobachteten Wertes der Maßzahlen η , ζ , θ erfolgt dabei in folgender Weise: Besitzt die unter II erwähnte Kurve ein ausgesprochenes Maximum, so wird dies als maßgebend betrachtet, finden sich dagegen die größten Werte an einem Ende der Kurve, so gilt der äußerste direkt beobachtete Wert als maßgebend für die Preisbewerbung.

Liegen die entscheidenden Zahlwerte von zwei (oder mehreren) für die Preisverteilung in Betracht kommenden Luftschrauben sehr nahe aneinander, so daß der Vorrang des einen oder anderen wegen der unvermeidlichen Versuchungenauigkeiten unsicher erscheint, so behält sich das Preisgericht vor, die Entscheidung nach Gesichtspunkten der praktischen Verwendbarkeit der einzelnen Schraubenkonstruktionen zu treffen.

Die Entscheidungen des Preisgerichts sind endgültig.

Erläuterungen zu den unter II aufgeführten Formeln.

Die Anforderungen, die man an gute Luftschrauben stellen muß, sind je nach der Verwendungsart zu verschieden, um eine Preisbewerbung nach einer einheitlichen Formel empfehlen zu können.

Für diese internationale Luftschraubenkonkurrenz ist vorgeschlagen, lediglich aerodynamische Eigenschaften der Schrauben zu prämiieren; es läge sonst auch nahe, besonders geringes Konstruktionsgewicht zu belohnen, doch besteht hierbei die Gefahr, daß eine Reihe zu schwacher und deshalb gefährlicher Konstruktionen eingeliefert werden.

Was nun die Formeln betrifft, so ist zunächst zu sagen, daß die Werte η , ζ , θ sogenannte dimensionslose Größen sind, d. h. daß ihre Beträge sich unabhängig von dem gewählten Maßsystem und daher auch unabhängig von den Größenverhältnissen des einzelnen Propellers ergeben und somit geeignet sind, die besonderen Eigenschaften verschiedener Propellertypen zu charakterisieren.

Die erste Formel $\eta = \frac{P \cdot v}{M \cdot \omega}$ darf als bekannt vorausgesetzt werden; die zweite wird in folgender Weise erhalten. Das theoretische Wirkungsgradmaximum tritt ein, wenn der Propeller hinter sich einen geschlossenen Luftstrom von gleichmäßiger Stärke erzeugt. Ist w die Geschwindigkeit dieses Luftstroms und m die sekundlich durch den Propeller gehende Luftmasse, so ist die Kraftentfaltung des Propellers

$$P = m \cdot w.$$

Ist die Fahrgeschwindigkeit v , so ist die Nutzleistung des Propellers gleich $P v$, die aufgewandte Leistung ist um den Betrag $\frac{m w^2}{2} = \frac{P w}{2}$ größer, also gleich $P \left(v + \frac{w}{2} \right)$, so daß der theoretische Wirkungsgrad

$$\eta' = \frac{v}{v + \frac{w}{2}}$$

wird. Daraus, daß die aufgewandte Leistung auch als das Produkt der Kraft P mit der relativen Durchtrittsgeschwindigkeit der Luft durch die Propellerebene dargestellt werden kann, folgt nun, daß diese die Größe $v + \frac{w}{2}$ haben muß; hiermit ergibt sich die durch den Propeller mit dem Halbmesser r strömende sekundliche Masse zu $m = \frac{\gamma}{g} \pi r^2 \left(v + \frac{w}{2} \right)$.

Eliminiert man aus vorstehenden Gleichungen die Größe w , so ergibt sich, wenn zur Abkürzung die Größe $\varphi = \frac{P \cdot g}{\gamma \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2}$ eingeführt wird, der theoretische Wirkungsgrad zu $\eta' = \frac{1}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{\varphi}{2}}}$. Der Gütegrad ζ ergibt sich nun als $\zeta = \frac{\eta}{\eta'}$.

Die Wahl der Größe θ bedeutet — mehr wie die der beiden anderen Güteziffern — eine willkürliche Festsetzung. Wenn es gilt, zwei entgegenstehende Eigenschaften gegeneinander abzuwägen, bleibt die Entscheidung offen, welches Gewicht man der

Schema I.

Nr.	Datum	Barometerstand	Luft			Propeller	Übersetzungsverhältnis	Äuß. r	Inn. r _i	Teile d. Diagramms											
			Feuchtigkeit	Temperatur	Dichte																
18	21. 1. 10.	744	4,7	2,4	1,217	Poelke linkslaufend	³ / ₈	1,31	0,02	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>A</td></tr> <tr><td>B</td></tr> <tr><td>C</td></tr> <tr><td>D</td></tr> </table> } I <hr style="width: 100%;"/> <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>A</td></tr> <tr><td>B</td></tr> <tr><td>C</td></tr> <tr><td>D</td></tr> <tr><td>E</td></tr> <tr><td>F</td></tr> <tr><td>G</td></tr> </table> } II	A	B	C	D	A	B	C	D	E	F	G
A																					
B																					
C																					
D																					
A																					
B																					
C																					
D																					
E																					
F																					
G																					

einen oder der anderen Eigenschaft zuerkennen will. Die vorgeschlagene Formel, die einen brauchbaren Schnellläufertyp ergeben dürfte, ist auf die folgende Art entstanden.

Die dimensionslose Größe $\frac{P^{3/2}}{M \cdot v} \sqrt{\frac{g}{\gamma}}$ gibt eine Wertziffer für die Kraftent-

faltung bei gegebenem Drehmoment M des Motors und gegebener Fahrgeschwindigkeit v; die Kraftentfaltung bei gegebenem Drehmoment ist nun am größten bei gewissen, sehr hohen Umdrehungszahlen; wie eine nähere Untersuchung zeigt, werden gleichzeitig die Wirkungsgrade sehr klein. Um nicht solch extreme Ausführungen zu prämiieren und gleichzeitig einem Schnellläufer mit gutem Wirkungsgrad mehr Aussicht auf einen Preis zu geben, ist das Produkt der obigen Größe mit dem

Wirkungsgrad $\eta = \frac{P \cdot v}{M \cdot \omega}$ als Wertziffer für die Schnellläufer vorgeschlagen worden.

Die aus den einzelnen Versuchsreihen — sowohl bei den Prüfungen auf dem Stande als auch bei den Erprobungen in der Fahrt — erlangten Werte wurden in Tabellen nach folgenden Schemata eingetragen, aus denen später die Kurvenblätter hervorgingen.

Schema I. Standversuche.

Zu den einzelnen Rubriken ist noch zu bemerken: Übersetzungsverhältnis bedeutet Übersetzung zwischen Motor- und Propellerwelle; die dann folgenden großen Buchstaben beziehen sich auf den begrenzten Teil des Diagramms, der zur Auswertung herangezogen ist, während die römischen Zahlen für die Bulletin-Blätter gelten; beim Gewicht ist die Schraubenwelle und der Anschlußflansch an die Versuchseinrichtung nicht berücksichtigt, so daß große und kleine Propeller gleichmäßig beurteilt werden können. Zu diesem Schema gehört das erste Manometer-Bulletin (Fig. 104), bei dessen Ablesung noch zu berücksichtigen ist, daß die Null-Linie für den Schub nicht mit der vorgedruckten zusammenfällt, sondern bei 2 kg/cm² liegt, was durch ein Zusatzgewicht an der Druckstange bedingt wurde, welches sich wiederum durch die sonst nicht senkrechte Stellung des Unterstützungs-Parallelo-

Standversuche.

Touren- zahl n	Propeller- Winkel- geschw. ω	Schub P		Drehmoment M		Pferde- stärken Ni	Schub/Ps	Flügel-		Gewicht kg
		abgelesen	eff. in kg	abgelesen	eff. mkg			zahl	fläche qm	
572	59,8	7,35	104	15,6	55,1	44	2,36	2	0,67	4,3
514	53,8	5,9	83,5	13	45,9	33	2,53			
466	48,8	5	70,5	11,9	42	27,4	2,57			
443	42,4	4,6	65,3	10,2	36	20,4	3,20			
246	25,8	1,5	21,5	3,5	12,35	4,25	5,06			
300	31,4	2,2	31,3	4,4	15,5	6,5	4,82			
375	39,3	3,3	47	5,8	20,05	10,9	4,30			
480	50,3	5,4	76,5	11,3	39,9	26,8	2,85			
534	55,8	6,55	92,7	14	49,4	36,8	2,52			
585	61,3	7,88	110,2	16,8	59,2	48,4	2,27			
507	53	5,7	80,8	12,8	46,4	32,8	2,47			

grammes als notwendig ergab. Die bei den Zeitmarken eingeschriebenen Zahlen identifizieren sich mit denselben Zahlen auf dem Chronographen-Papierstreifen, wodurch sich ein schnelleres Zurechtfinden auf beiden Diagrammen ermöglicht. Es sei hier noch besonders auf den ruhigen Verlauf der oberen Schubkurve im Gegensatz zu den kleinen Schwankungen der unteren Drehmoment-Aufzeichnung hingewiesen. Letztere rühren von den unvermeidlichen Kraftschwankungen des Benzinmotors her, die sich im Verhältnis der gewählten Übersetzung auf die Manometeraufschreibungen übertragen, also bei den verschiedenen Diagrammen auch verschieden groß ausfallen. Ein genaueres Auswerten bzw. Aneinanderlegen zweier Aufschreibungen folgt weiter hinten.

Als weitere Beispiele mögen die Diagramme des kleinen Zeisepropellers (Fig. 105) sowie der 5 m-Ruthenbergschraube (Fig. 106) gelten. Ersteres zeigt recht hübsch, wie bei den Standversuchen der Propellerschub unmittelbar jeder, auch der geringsten Änderung des Drehmoments folgt, die ihrerseits wieder durch Verändern der Tourenzahl hervorgerufen ist. Letzteres ist insofern interessant, als aus ihm etwas über die Grenze der Brauchbarkeit von Standversuchen im allgemeinen zu ersehen ist. Diese Versuche fanden, wie vorhin erwähnt, in der großen Bierhalle auf dem Ausstellungsgelände statt, und zwar drückten die Schrauben die Luft durch das große Tor nach außen, während durch die vielen Fenster frische Luft nachströmen konnte. Da das Tor aber nur etwa 4 m hoch war, während die Oberkante des 5 m-Propellers fast 6,3 m über Fußboden maß, konnte sich hinter der Schraube keine glatt abfließende Luftsäule bilden, vielmehr konnten nur die unten liegenden Teile dieser Luftsäule ungehindert ins Freie gelangen, während die obere Luftschicht sich staute und lediglich in Schwingungen geriet. Die Flügel fanden daher an einer Kreisstellung zurückfließende Luft, d. h. größeren Widerstand vor und erzeugten daher verschieden großen Schub, was sich durch ähnliche Schwingungen der Schubkurve zum Ausdruck bringt, während das Drehmoment keinerlei Abweichungen zeigt. Natürlich steigerten sich die Störungen des fortgeschobenen Luftstromes mit den Tourenzahlen, was sich ebenfalls deutlich im Diagramm ausprägt. Die so eigenartigen Luftströmungen ließen sich sehr hübsch durch kleine Fähnchen nachweisen, die mittels

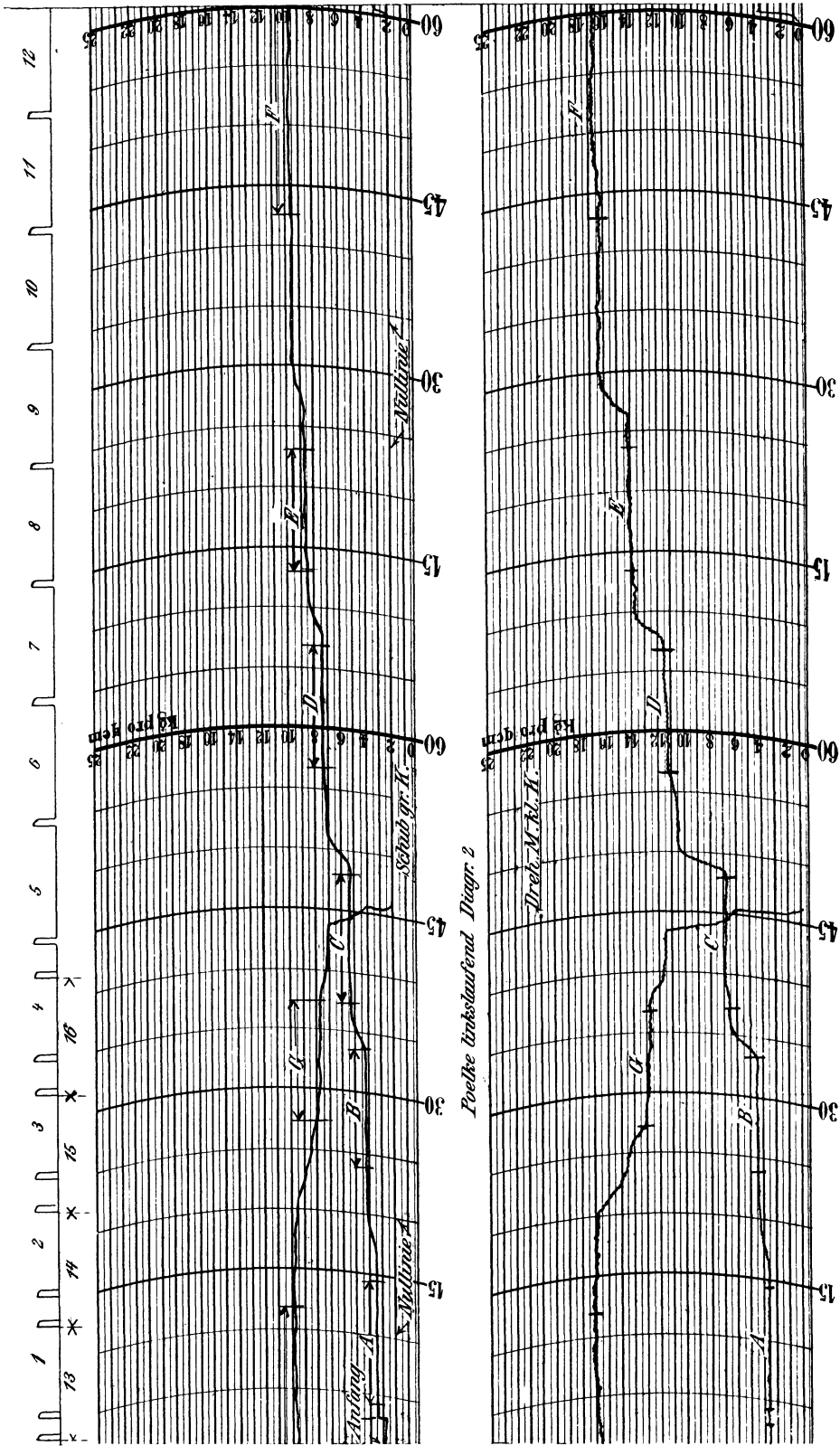


Fig. 104.
Manometer-Diagramm; Standversuch mit Poelke-Schraube.

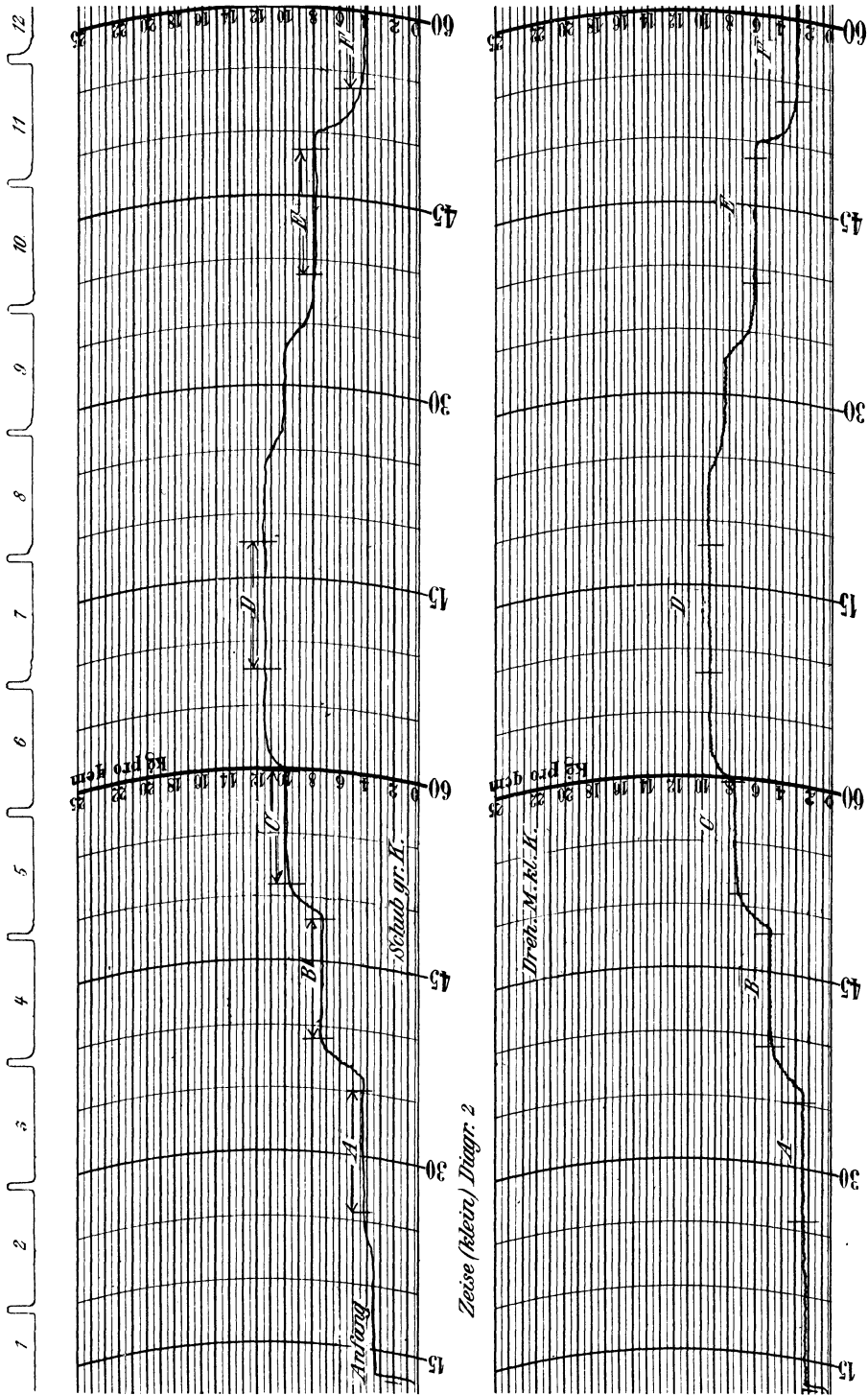


Fig. 105. Manometer-Diagramm; Standversuch mit kleiner Zeise-Schraube.

Stangen hinter dem Propeller aufgestellt waren. Während die tiefer sitzenden Fähnchen einen konstant von der Schraube abfließenden Luftstrom anzeigten, flatterten die etwas höher angebrachten unruhig hin und her, wohingegen die obersten manchmal direkt auf den Propeller zuwehten. Das ganze Vorkommnis gibt über den Wert

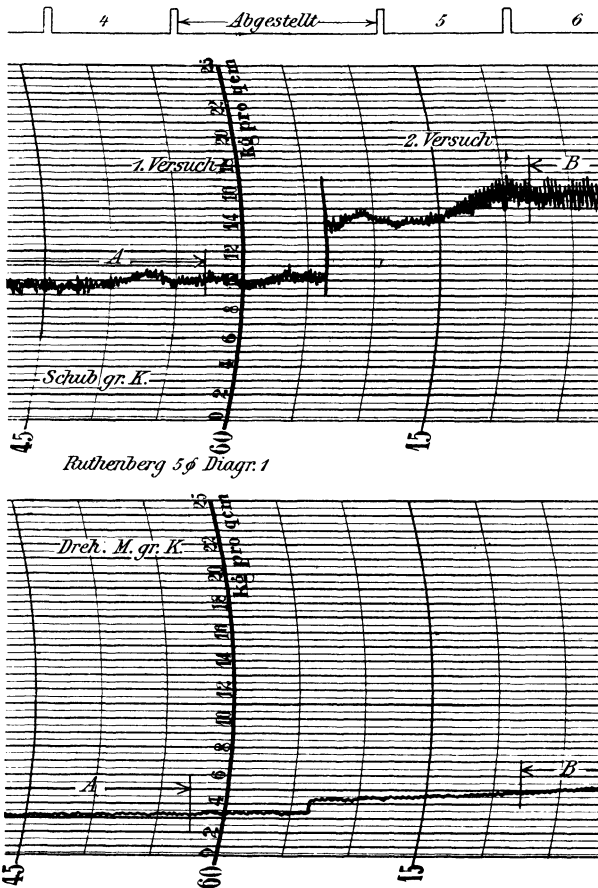


Fig. 106.

Manometer-Diagramm; Standversuch mit 5 m Durchmesser Ruthenberg-Schraube.

Tourenzahlen aufgetragen, denen dann die eingezeichneten Schübe und Drehmomente als Ordinaten entsprechen. Die dem vorgeschriebenen Schub von 150 kg zukommende Umdrehungszahl ist durch eine gestrichelte Linie besonders hervorgehoben. Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß in die Bewertungsziffer noch das Gewicht eingeht, wodurch sich der Abstand der einzelnen Propeller noch etwas verschiebt. Aber auch ohne die Hinzuziehung der Gewichte ist es deutlich erkennbar, wie die schmalen glatten Propellerflügel den geforderten Schub mit dem kleinsten Drehmoment, allerdings mit höherer Tourenzahl, erreichen, wie dann dickere, aber gewölbte Flügel folgen, und wie endlich nach verhältnismäßig schmalen, aber wenig geglätteten Schrauben die Flügel mit radial nach außen stark wachsender Fläche

denken: Der verfügbare Raum zeigte schon recht erhebliche Abmessungen, trotzdem werden gewisse Beeinflussungen durch die Wände vorhanden gewesen sein, wenn sie auch nicht nachzuweisen waren. Will man nun aber die Turbulenz des Windes ausschließen — und das ist der einzige Grund, der stets gegen die Fahrversuche zugunsten der Standprüfungen geltend gemacht wird — so muß man, wenn auch in größeren Entfernungen, Wände aufrichten, wodurch man sicher irgendwelche Beeinflussungen der Luftzufuhr oder des abfließenden Luftstromes mit in den Kauf nehmen muß, ohne sich jedoch gegen die Einwirkung des Windes auf die offene Seite der Halle überhaupt schützen zu können.

Die Hauptergebnisse der für den nationalen Wettbewerb in Frage kommenden Schrauben sind in Fig. 107 zusammengestellt. Als Abzissen sind die Quadrate der

kommen, wobei sich die Umdrehungsgeschwindigkeit stetig verringert. Auf folgende sehr wichtige Erscheinung möchte ich noch besonders hinweisen: Die zusammengehörigen Punkte der einzelnen Propeller, d. h. Schub und Drehmoment, liegen in guter Übereinstimmung auf Geraden, die durch den Nullpunkt gehen; die Schubkraft und das zu ihrer Erzeugung notwendige Drehmoment wächst also in genauer Anlehnung an die bestehenden Theorien mit dem Quadrate der Tourenzahl, woraus sich eine gute Kontrolle der Versuche ergibt.

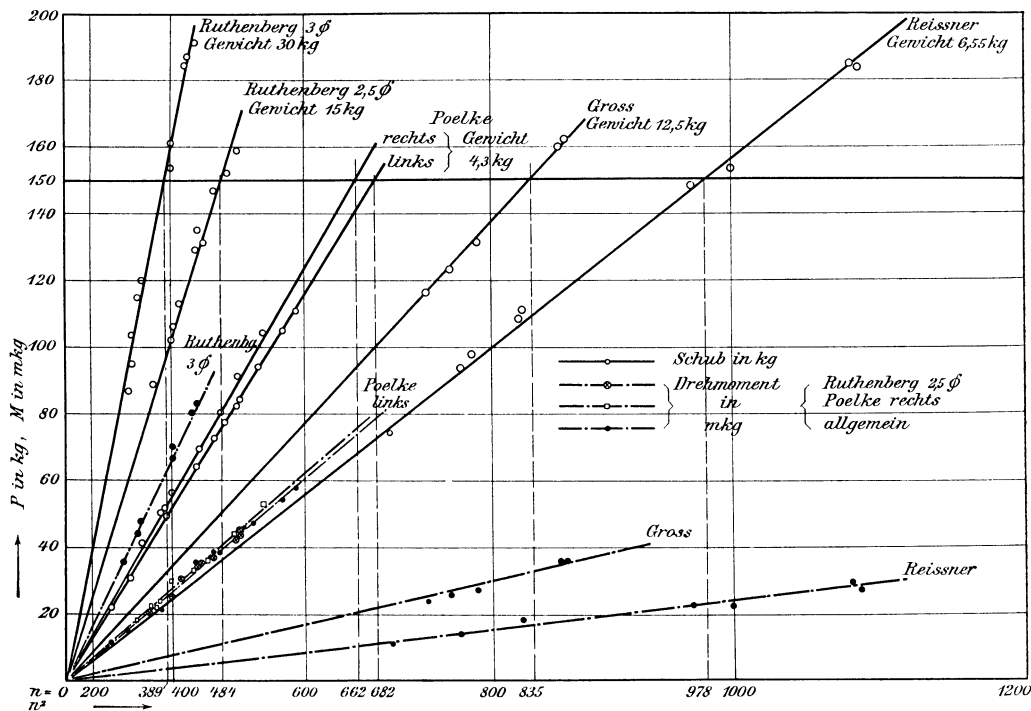


Fig. 107.

Ergebnisse der Standversuche.

Die jetzt folgende Tabelle II ist aus dem Bestreben heraus entstanden, die einzelnen Versuchsergebnisse in möglichst übersichtlicher Weise zu ordnen und aus ihnen das den Fachmann Interessierende in schnell zu überblickender Form zusammenzustellen. War dies für die Standversuche verhältnismäßig einfach, so ergab sich für die Resultate der Fahrten die Schwierigkeit, welche Werte aus den großen Zahlenreihen herausgegriffen werden sollten, um dem Leser ein möglichst zutreffendes Bild von den Leistungen des Propellers zu geben, da es mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum von vornherein als unmöglich angesehen wurde, sämtliche Erprobungen nach ihren Resultaten zu veröffentlichen. Allerdings konnte auf eine so eingehende Veröffentlichung um so eher verzichtet werden, als — leider — in den weitaus meisten Fällen die Leistungen in keiner Weise genügten, um ihre Resultate bekannt zu geben. So sind denn bei den Ergebnissen der Fahrversuche neben den Grenzen der bei den Prüfungen innegehaltenen Tourenzahlen für jeden Propeller

Tabelle II.

Nr.	Name	Äuß. Radius r m	Standardversuche				
			Minuten-Umdrehungen gemessen zwischen: n	$P\left(\frac{100}{n}\right)^2$	$Ni\left(\frac{100}{n}\right)^3$	Schub/PS	Bewertungs- ziffer
3	Brand	0,89	608—890	1,795	0,6520	3,03	13 120 ¹⁾
6	Chillingworth	1,0	1250—1430	0,810	0,0173	3,44	33 300 ¹⁾
8	Groß	1,13	736—865	2,142	0,0620	4,14	18 500
9	Gutmann	1,04	294—693	3,250	0,0735	6,50	14 400 ¹⁾
12	Jerzykowski	0,925	608—1230	1,005	0,0262	3,15	12 800 ¹⁾
13	„	1,05	—	—	—	—	—
16	Klemm	1,04	381—850	1,915	0,0416	5,26	3 890 000 ¹⁾
17	Lack	1,27	439—445	1,975	0,0955	2,38	292 000 ²⁾
18	„	„	304—355	4,410	0,2810	2,71	237 000 ²⁾
19	Ludwig	1,8	180	48,000	4,6200	5,60	155 000 ¹⁾
20	Paruszewski	1,205	445—1145	1,130	0,0401	2,46	94 500 ¹⁾
21	Poelke	1,31	330—544	3,540	0,2438	2,24	25 300
22	„	„	246—585	3,250	0,2350	2,06	30 800
23	Reißner	1,05	498—1092	1,561	0,0421	3,8	10 680
24	„	1,5	—	—	—	—	—
25	Rettig	2,5	118—197	75,000	6,7820	5,52	738 000
26	Ruthenberg	2,5	147—198	66,750	5,9100	5,35	267 500
27	„	1,5	299—446	9,860	0,5810	4,39	52 600
28	„	„	357—387	7,350	0,4860	3,33	97 200 ²⁾
29	„	1,25	528—730	2,041	0,1105	2,17	106 500
30	„	„	425—604	3,540	0,1965	2,78	69 200 ²⁾
31	„	„	310—545	2,523	0,0962	3,42	36 300
32	„	„	462—648	3,951	0,2061	3,13	47 500 ²⁾
33	„	„	486—790	1,713	0,1270	1,44	256 000 ²⁾
34	„	„	638—770	1,172	0,0799	1,31	205 000 ²⁾
35	Schäfer	0,442	1580—1630	0,1725	0,0053	2,76	165 500 ¹⁾
36	„	0,75	610—695	1,735	0,0722	2,6	57 600 ¹⁾
37	Schaettgen 4 fl.	0,96	456—854	1,885	0,0705	3,03	61 400 ¹⁾
37a	„ 2 fl.	„	607—930	1,430	0,0660	2,14	70 500 ¹⁾
39	Schülke	2,5	180—240	16,650	1,3120	4,23	186 500 ¹⁾
40	Schütze	0,93	230—600	3,540	0,2618	2,08	35 200 ¹⁾
41	Schurig	1,5	630—870	2,028	0,0736	3,21	318 000 ¹⁾
42	Wagner	0,8	480—785	1,210	0,0746	1,44	1 225 000 ¹⁾
43	„	„	304—630	1,072	0,0075	1,21	1 845 000 ¹⁾
45	Wilckens	1,08	470—672	3,000	0,1540	2,77	142 500 ¹⁾
46	Zeise	1,6	—	—	—	—	—
47	„	„	533—548	5,275	0,2241	4,43	164 000 ¹⁾
48	„	1,02	546—1125	1,260	0,0348	3,35	26 500 ¹⁾
49	„	1,05	—	—	—	—	—

¹⁾ Diese Schrauben kommen wegen nicht konstanter Steigung für den nationalen Wettbewerb nicht in Betracht.

²⁾ Diese Schrauben waren nur zum internationalen Wettbewerb gemeldet.

Die Ziffern der ersten Rubrik sind identisch

Tabelle II.

Fahrversuche							Bemerkungen
Minuten-Umdrehungen gemessen zwischen: n	ζ_{\max}	Zu-gehöriges λ	ζ_{\max}	Zu-gehöriges λ	η_{\max}	Zu-gehöriges λ	
586—962	0,321	0,143	0,553	0,143	2,33	0,083	
930—1415	0,555	0,154	0,675	0,154	3,15	0,097	
554—870	0,337	0,125	0,505	0,125	1,93	0,086	
586—644	0,375	0,116	0,71	0,109	3,85	0,116	
446—1213	0,362	0,125	0,697	0,125	3,84	0,100	
915—1163	0,257	0,077	0,490	0,068	3,0	0,068	
—	—	—	—	—	—	—	
680—996	0,506	0,131	0,618	0,131	2,55	0,131	
324—380	0,623	0,234	0,781	0,202	3,5	0,092	
—	—	—	—	—	—	—	
547—1367	0,489	0,151	0,689	0,151	2,52	0,151	Sehr verstellb. Steig.
433—630	0,429	0,173	0,533	0,153	1,78	0,153	
315—878	0,723	0,298	0,82	0,298	1,775	0,194	
445—1075	0,622	0,192	0,758	0,186	3,72	0,099	3)
185—466	0,826	0,284	0,936	0,284	3,31	0,231	
146—221	0,77	0,280	0,908	0,253	3,71	0,196	
118—244	0,453	0,220	0,513	0,215	1,073	0,196	
248—464	0,372	0,196	0,447	0,196	0,875	0,196	
270—455	0,692	0,220	0,875	0,220	3,59	0,173	
567—689	0,13	0,063	0,253	0,063	0,908	0,033	
405—689	0,35	0,137	0,5	0,137	2,04	0,052	
275—557	0,45	0,196	0,585	0,196	1,62	0,196	
334—522	0,608	0,207	0,842	0,207	3,27	0,207	
290—496	0,410	0,161	0,65	0,161	2,56	0,161	
656—931	0,284	0,107	0,395	0,107	1,235	0,092	
1596—1800	0,147	0,096	0,472	0,096	1,472	0,096	
486—688	0,312	0,170	0,691	0,127	2,53	0,127	
627—729	0,294	0,162	0,459	0,162	1,258	0,162	
972—1012	0,223	0,123	0,357	0,123	1,015	0,123	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
315—675	0,112	0,044	0,306	0,044	1,682	0,030	
257—486	0,1135	0,046	0,393	0,046	0,653	0,046	
343—459	0,066	0,074	0,219	0,074	0,416	0,074	
253—324	0,291	0,115	0,650	0,115	3,00	0,069	
292—529	0,71	0,172	0,87	0,157	3,93	0,155	
—	—	—	—	—	—	—	
942—1100	0,633	0,160	0,836	0,160	4,8	0,120	Sehr verstellb. Steig.
692—1407	0,477	0,125	0,741	0,123	4,4	0,123	

3) Diese Schrauben waren nur für Aufgabe 1 und 2 des internationalen Wettbewerbes bestimmt.

mit denen der gleichen Rubrik von Tabelle I.

Schema II.

Nr.	Datum	Barometerstand	Luft			Propeller	Überseztungsverhältnis	Äuß. Radius r m	Inn. Radius r ₁ m	Teile des Diagramms	Propeller-		
			Feuchtigkeit	Temperatur	Dichte						Tourenzahl n	Winkelgeschw. ω	
17	24. 4. 10.	743	6,2	8	1,188	Reißner klein	27/40	1,05	0,15	Blatt 3 A	880	91,8	
											B	1012	106
												972	101,8
												972	101,8
										850		89	
										C	1012	106	
											972	101,8	
											865	90,6	
										D	1012	106	
											1012	106	
											1052	110,1	
											1052	110,1	
											931	97,5	
										907	95		
										890	93,3		
										586	61,4		

die besten gemessenen oder aus den Kurven gefundenen Werte der Güteziffern aller drei Aufgaben eingetragen unter Angabe des zugehörigen $\lambda = \frac{v}{r \cdot \omega}$. Von den irgendwie bemerkenswerten Luftschrauben dagegen sind weiter hinten die Kurven wiedergegeben, aus denen sich natürlich die Güteziffern für jeden einzelnen Betriebszustand sofort ermitteln lassen.

Bei der Aufstellung der Rubriken für die Standversuche ist folgendermaßen verfahren worden. Unter Zugrundelegung der durch theoretische Überlegung wie auch durch zahlreiche praktische Versuche begründeten Erscheinung, daß bei ortsfest arbeitenden Propellern der Schraubenschub sowohl als auch das zu seiner Erzeugung nötige Drehmoment mit dem Quadrate der Umdrehungszahlen wächst (siehe Fig. 107), daß also bei Hinzuziehung der Formel

$$N_i = \frac{2 \cdot \pi}{60 \cdot 75} \cdot M \cdot n = \text{Const.} \cdot M \cdot n$$

die Leistungsaufnahme einer Schraube für die Erzeugung eben dieser Schubkraft mit der dritten Potenz der Tourenzahl steigt, sind für beide Größen bei jedem Propeller Konstanten aufgestellt, die für eine bestimmte Tourenzahl die erzeugte Schubkraft und die hierzu notwendige Arbeit in Pferdestärken leicht errechnen lassen. Die vordere Rubrik gibt wieder die Grenzen der Umdrehungszahlen an, die während der Versuche eingehalten wurden. Soll z. B. für die 3 m-Ruthenberg-Schraube mit geraden Flächen bestimmt werden, wieviel Schub sie bei 400 Minutenumdrehungen abgibt, und wie viele Pferdestärken sie hierzu verbraucht, so ist lediglich aus der ersten Rubrik 9,860 mit $\left(\frac{n}{100}\right)^2$, also mit 16 zu multiplizieren, woraus sich ein Schub

Fahrversuche.

Schub P		Drehmoment M		Pferdestärken Ni	v m	w m	$\frac{\varphi}{2}$	γ	ξ	θ	ψ	μ	λ
abgelesen	eff. kg	abgelesen	eff. mkg										
4,8	68	5,75	20,3	24,9	14,25	10,78	0,405	0,520	0,681	3,31	0,0175	0,0049	0,148
6,55	93,5	7,2	25,4	36,0	13,31	10,96	0,625	0,559	0,631	3,5	0,0180	0,0047	0,120
6,5	93	7,2	25,4	34,5	14,25	11,00	0,546	0,507	0,705	3,55	0,0194	0,0050	0,133
6,2	87,7	6,8	24	32,6	15	11,08	0,467	0,526	0,705	3,55	0,0184	0,0048	0,140
4,6	65	5,4	19	22,6	15	10,80	0,347	0,575	0,734	3,05	0,0177	0,0047	0,160
6,6	93,2	7,62	26,9	38,1	16,91	10,28	0,388	0,558	0,723	3,21	0,0180	0,0050	0,152
6,2	87,7	7	24,7	33,5	16	10,60	0,412	0,558	0,730	3,30	0,0183	0,0049	0,153
4,85	68,7	5,75	20,3	24,5	15,5	10,8	0,343	0,580	0,736	3,01	0,0174	0,0048	0,163
7,32	103,3	7,97	28,1	39,8	11,13	8,13	0,995	0,388	0,604	3,75	0,0205	0,0052	0,100
6,7	94,7	7,85	27,7	39,2	14,48	10,02	0,540	0,471	0,651	3,59	0,0186	0,0049	0,130
6,8	96,1	7,8	27,5	40,4	15,51	11,00	0,478	0,488	0,660	3,60	0,0179	0,0048	0,134
6,3	89	7,58	26,8	39,3	17,8	11,10	0,307	0,568	0,716	2,96	0,0165	0,0047	0,161
4,75	67,2	5,85	20,6	26,8	17,7	11,2	0,261	0,586	0,724	2,68	0,0156	0,0046	0,172
4,80	67,8	6	21,2	25,6	18,09	10,9	0,248	0,608	0,748	2,25	0,0145	0,0045	0,183
4,2	58,4	5,7	20,1	25	17,35	10,87	0,235	0,589	0,730	2,41	0,0146	0,0046	0,177
2,3	32,5	3,85	13,6	11,2	14,27	9,88	0,200	0,560	0,650	0,64	0,0094	0,0037	0,222

von 157,76 kg ergibt; die Konstante der nächsten Rubrik 0,5810 mit $\left(\frac{n}{100}\right)^3$, also mit 64 multipliziert, bestimmt den hierfür erforderlichen Arbeitsverbrauch zu 37,2 PS, so daß sich ein Quotient Schub/PS von 4,29 errechnet. Dieser Quotient ist für alle Propeller für die geforderte Schubkraft von 150 bzw. 300 kg der betreffenden Gruppe schon ausgerechnet und findet sich in der nächsten Spalte, während den Abschluß die Bewertungsziffer bildet, deren Minimum das Kriegsministerium als erstrebenswert für den nationalen Wettbewerb aufgestellt hatte. Es ist nun ganz interessant, daß mehrere Schrauben weit näher an den ersten Preisträger heranrücken als der mit dem zweiten Preise bedachte Propeller, wenn nicht die ausdrückliche Bestimmung der verlangten konstanten Steigung diese Bewerber von vornherein ausgeschieden hätte. Auch sonst ist aus dieser Spalte noch allerlei zu entnehmen; so sieht man z. B. ohne weiteres, daß eine Anzahl Schrauben die geforderte Schubkraft mit unserer Prüfeinrichtung gar nicht zu erreichen imstande waren, weil die von ihnen benötigte Arbeit von unserem Motor nicht hergegeben werden konnte. Die Multiplikation der Konstanten für P und Ni mit 100^2 bzw. 100^3 ist nur deshalb ausgeführt, um die vielen Dezimalstellen zu vermeiden.

Die für die drei Aufgaben der Fahrversuche nötigen Güteziffern wurden in ähnlicher Weise wie bei den Prüfungen auf dem Stande für jeden Propeller in Einzelstabellen Schema II zusammengestellt, sodaß sich jedesmal etwa folgender Rechnungsgang ergab, wobei als Beispiel die kleine Reißner-Schraube dienen möge: Von allen Prüffahrten liegen Diagramme wie Fig. 108 vor, zu denen dann noch entsprechende Streifen des Chronographen-Papiers gehören (Fig. 109 für Fahrt B und C). Es werden nun auf diesen Streifen Teile herausgesucht, bei denen ein genügender Beharrungszustand geherrscht hat, d. h. bei denen entweder eine nahezu konstante Wagen-

geschwindigkeit aufgezeichnet ist, oder bei denen eine wenig merkliche Änderung dieser Wagengeschwindigkeit doch nur durch gleichzeitige Änderung der Motortourenzahl bedingt ist. Für diese besonders geeigneten Strecken werden nun die korrespondierenden Abschnitte auf dem Manometer-Bulletin gesucht, wobei die vorerwähnte Einrichtung des Zeitschreibers sich sehr gut bewährt, indem jeder Lücke des Chronographenstreifens ein Ausschlag auf dem Manometerpapier entspricht, so daß in unserem Beispiel stets die kleinen Buchstaben zusammengehören. Die genaue Lage des für die Ausrechnung in Betracht kommenden Stückes findet sich mit geringer Mühe durch Berücksichtigung der Sekunden; nehmen wir einmal an, von Fahrt B sollte das Stück I näher bestimmt werden, für C die entsprechenden Teile II und III, so liegt I eine Sekundenteilung vor b, II beginnt ebensoviel vor c, und III fängt genau bei c an; eine Senkrechte im betreffenden Abstände von diesen Punkten auf den roten Vordruck gibt also die Entfernung von einer Bogenlinie,

Fig. 109.

Originalstreifen vom Chronographenpapier.

woraus sich wieder der Punkt auf der Kurve genau ergibt. Nun werden die aufgeschriebenen Drucke in die Tabelle eingetragen und die effektiven errechnet, wobei jedoch die Bemerkungen über die verwendeten Kolben beachtet werden müssen. Die untere Schubkurve ist unter Benutzung des großen Kolbens aufgezeichnet,

jedes Kilogramm/Quadratcentimeter entspricht also nach dem Querschnitt $\frac{6^2 \pi}{4} =$

28,3 kg, im Fall II z. B. $6,6 \cdot 28,3 = 186,4$ kg. Nun ist aber durch den Winkelhebel die Schubkraft des Propellers im Verhältnis 2 : 1 in die Druckstange geleitet, also ergibt sich ein wirklicher Schub von 93,2 kg. Bei der Aufschreibung des Drehmoments ist vermerkt, daß von der Aufzeichnung 3 kg/qcm abzuziehen sind, daß also die Null-Linie beim Strich 3 liegt. Dies wurde durch ein Zusatzgewicht hervorgehoben, das an die Druckstange gehängt war, um bei den kleinen Drucken bestimmt aus dem Reibungsgebiet des kleinen Kolbens herauszukommen, welches Verfahren häufig angewendet werden mußte. Das Drehmoment überträgt sich auf die Druckstange durch einen Hebelarm von 0,5 m, also entspricht beim gleichen Beispiel der Druck von $10,62 - 3 = 7,62$ kg/qcm bei einem Querschnitt des kleinen Kolbens von

$$\frac{3^2 \pi}{4} = 7,07 \text{ cm}^2; \quad 7,62 \cdot 0,5 \cdot 7,07 = 26,9 \text{ mkg}$$

In ähnlicher Weise ergeben I und III 65 bzw. 68,7 kg Schub bei 19 bzw. 20,3 mkg Drehmoment; in unserer natürlich stark eingeschränkten Tabelle sind die erwähnten Fälle übrigens als letzte Fahrt von B sowie erste und letzte von C aufgeführt. Die zugehörigen Tourenzahlen und Geschwindigkeiten sind nun aus dem Chronographen-Papier zu bestimmen. In der dritten Reihe von oben sind die regelmäßigen Zeitkontakte der Uhr deutlich zu erkennen, nach je neun Strichen eine Lücke für

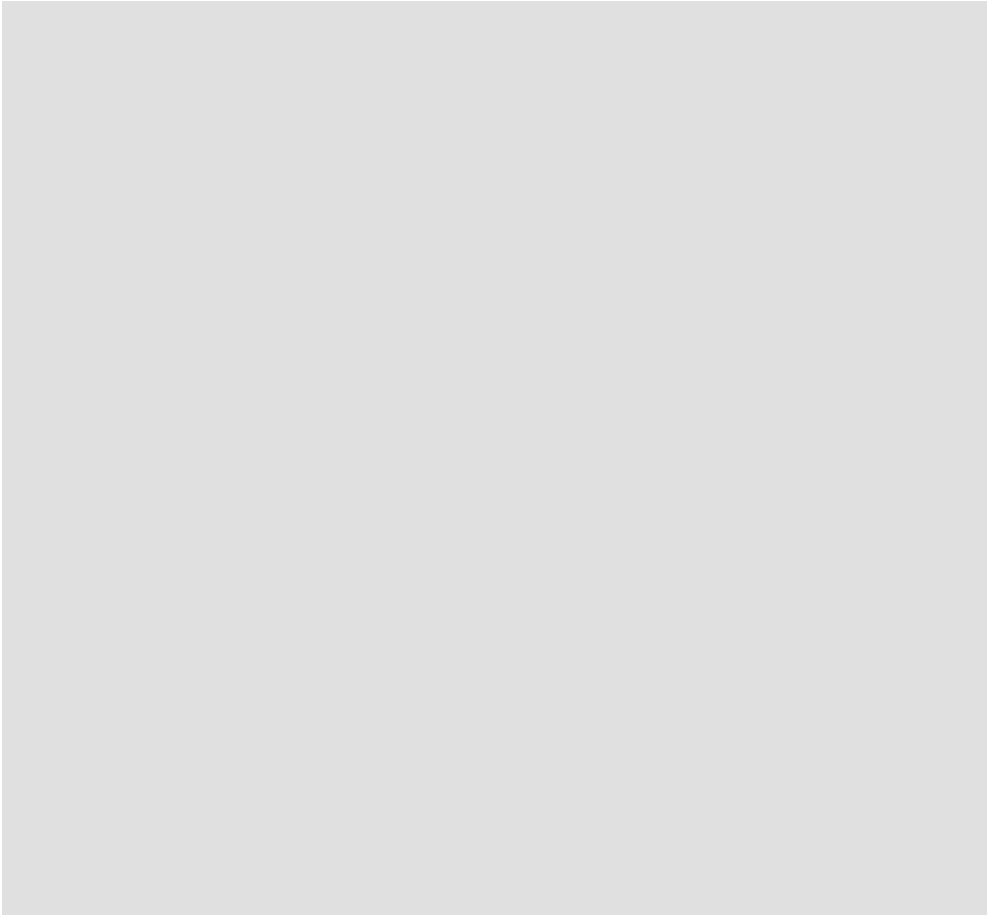


Fig. 110.

Manometer-Diagramm; Fahrversuch ohne irgendwelche Drosselung der Öldruckleitung.

die zehnte Sekunde; die Striche sind in Wirklichkeit eine Reihe kurz aufeinander folgender Punkte, hervorgerufen durch die verhältnismäßig langen Kontakte der Uhr und die vor den Magneten angeordneten Unterbrecher. Die bei jeder 1, 11 usw. Sekunde gezogenen Trennungsstriche dienen lediglich zum schnellen Überblicken der Diagramme. Zur Ausrechnung wird einfach ein bestimmtes Zeitintervall abgegrenzt, z. B. in Fall III 3 Sekunden, und seine Strecke auf den drei anderen Reihen abgetragen; je nach Ausfall der Kurven muß manchmal ein sehr kurzes Zeitintervall

den Ausrechnungen zugrunde gelegt werden, während bisweilen auch — bei langem Beharrungszustand in allen Aufschreibungen — 10 und noch mehr Sekunden abgeteilt werden können. Für unser Beispiel ergibt sich nun aus der oberen — der Anemometer-Punktreihe eine Geschwindigkeit des Propellers gegen die Luft von 2,4 Punkten in 3 Sekunden, d. h. 0,8 Punkte/Sek., also von $0,8 \cdot 20 \text{ m} = 16 \text{ m/Sek.}$; hierzu kommt noch die Anemometer-Korrektion, die für diese Geschwindigkeits-

Fig. 111.

Manometer-Diagramm; Fahrversuch mit leichter Drosselung in der Öldruckleitung.

ablesung 0,975 beträgt, so daß sich die wirkliche Geschwindigkeit zu $v = 15,5 \text{ m/Sek.}$ errechnet. Aus der zweiten Reihe bestimmt sich die Wagengeschwindigkeit nach folgender Überlegung: Der Kontaktgeber auf der Wagenachse hat drei Stifte bei 30 Zähnen und eingängiger Schnecke, also bedeutet jeder Kontakt 10 Radumläufe, die wiederum bei 500 mm Durchmesser = 15,28 m sind; 2,15 Punkte in 3 Sekunden oder 0,715 pro Sekunde entsprechen dann einer Wagengeschwindigkeit von $w = 0,715 \cdot 15,28 \text{ m} = 10,8 \text{ m/Sek.}$ In analoger Weise ergibt das Diagramm eine Motortourenzahl von $4,25 \cdot 15 \cdot \frac{60}{3} = 1275$ Touren, woraus sich die Propeller-Um-

drehungen durch Einfügen der Übersetzung $\frac{27}{40}$ zu $n = 865/\text{Minute}$ bestimmen. Werden so für eine hinreichende Anzahl Versuche die einzelnen Betriebszustände aufgemessen, so liegt die Tabelle wenigstens nach ihren Rubriken mit gemessenen Größen fest, und es können jetzt nach den betreffenden Formeln die Koeffizienten $\lambda, \zeta, \gamma, \vartheta$, die Pferdestärken usw. ausgerechnet werden. Zur Erleichterung für die Bestimmung von ζ empfiehlt es sich, zuerst φ bzw. $\frac{\varphi}{2}$ zu errechnen und gleichfalls

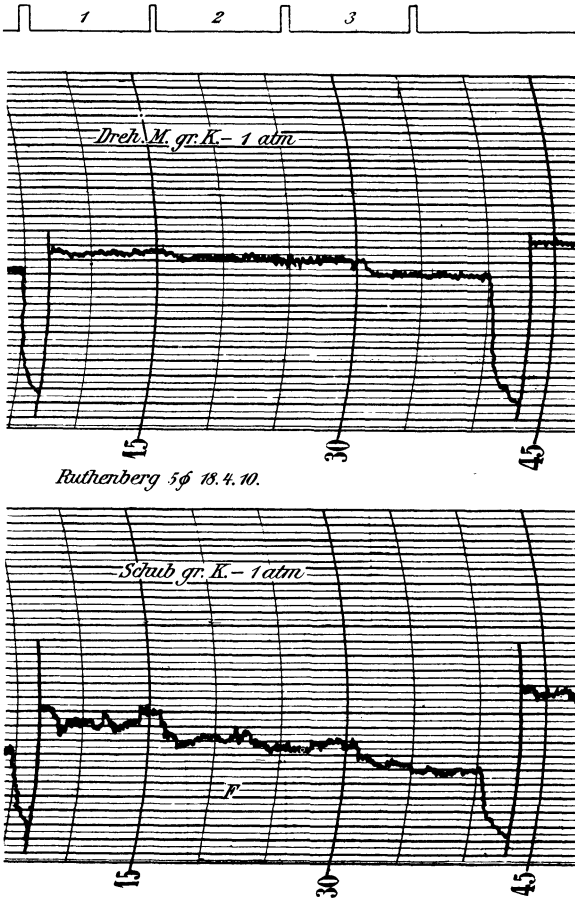


Fig. 112.

Manometer-Diagramm; Fahrversuch mit 5 m Durchmesser Ruthenberg-Schraube; große Schwankungen in der Schub-Aufzeichnung.

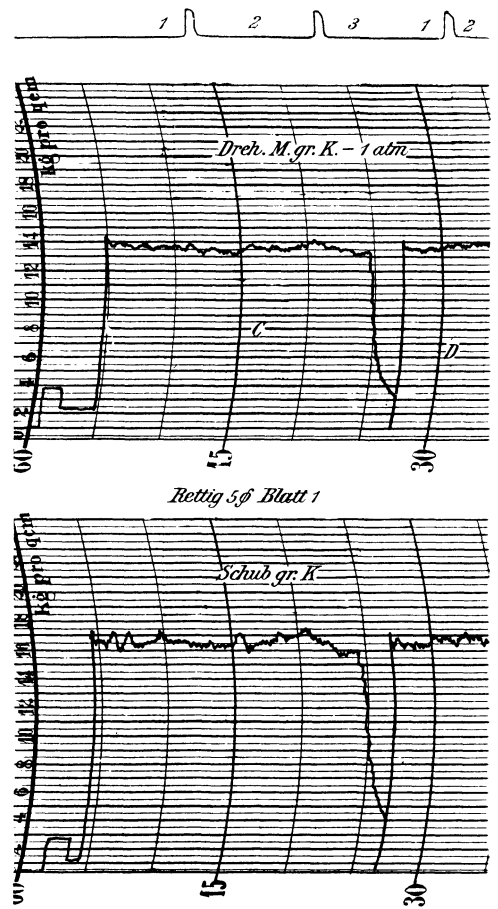


Fig. 113.

Manometer-Diagramm; Fahrversuch mit 5 m Durchmesser Rettig-Schraube; ruhiger Verlauf beider Aufzeichnungen.

in die Tabelle einzutragen, um bei Nachrechnungen diesen Wert sofort wieder zu haben. Ebenso zweckmäßig ist es, die Bewertungsgrößen sofort nach dem Ausrechnen in ein Koordinaten-System einzufügen, deren Abszissen die einzelnen Werte von λ bilden, während γ, ζ und ϑ in einem passenden Maßstab als Ordinaten aufgetragen werden. Auf diese Weise ergibt sich schon nach wenigen Punkten aus dem Verlauf der Verbindungskurve dieser Punkte eine gute Kontrolle der Rechnungen, die bei besonders herausfallenden Punkten sofort eine Nachprüfung veranlaßt.

Ehe nun weiter auf die Kurvenblätter eingegangen werden soll, mögen noch einige besonders interessante Registrierungen folgen. Fig. 110 zeigt eine der ersten Aufschreibungen nach dem Herausnehmen der Drossel- und Absperrhähne. Die recht erheblichen Kraftschwankungen des Motors während einer Arbeitsperiode sämtlicher Zylinder übertragen sich durch das Torsionsdynamometer trotz der langen Rohrleitung nur wenig gedämpft auf die Manometer, so daß irgend eine Drosselung dringend notwendig war. Diese wurde dann auch durch zweckmäßiges Zusammenpressen der Rohre auf kurze Stücke gut erreicht. In einem weiteren Diagramm Fig. 111 sind diese Stöße schon vollständig gedämpft, nur unter gewissen Vorbedingungen treten noch Resonanzerscheinungen auf, die kleinere Schwingungen in den Kurven hervorrufen. Natürlich hätten auch diese entfernt werden können, jedoch bestand dann die Gefahr, daß die Drosselung für kleine Drehmomente mit ihren geringen Veränderungen zu groß gewesen wäre, so daß diese nur fehlerhaft aufgeschrieben wären, sich zum mindesten aber ungenau ergeben hätten. Gerade die kleinen Zacken boten eine stete Gewähr dafür, daß die Meßvorrichtungen sich in gutem Zustand befanden. In Fig. 111 ist auch sehr gut der Einfluß (auch der unmittelbare zeitliche) ersichtlich, den die Drehmomentkurve auf die Schubaufschreibung ausübt, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß die Druck-Ordinaten der letzteren viermal so groß sind als die der ersteren. In Fig. 112 endlich ist die Aufzeichnung einer Fahrt mit dem 5 m-Ruthenberg-Propeller abgebildet, welche den großen Einfluß des stets turbulenten Windes auf die Versuche erkennen läßt. Bei gut eingestelltem Motor (wie aus dem Drehmoment ersichtlich) schwankt die Schubkurve infolge des verschiedenen Windwiderstandes erheblich — die Windstärke betrug 6—9 m/Sek. — so daß für die endgültige Prüfung ruhiges Wetter abgewartet werden mußte. Im Gegensatz hierzu verlaufen die Aufschreibungen des gleich großen Rettig-Propellers durchaus ruhig, wie aus Fig. 113 ersichtlich. Ich möchte noch darauf hinweisen, daß bei wenig verschiedener Geschwindigkeit v doch der Schub bei dieser Schraube wegen der weiter vorn erwähnten Eigenschaften im Verhältnis zum Drehmoment bedeutend zugenommen hat. Es erübrigt sich wohl zu sagen, daß den Windverhältnissen bei den Erprobungen die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden mußte, und daß mancher Versuchstag deswegen verloren ging, weil des böigen Wetters wegen keine eigentlichen Prüffahrten unternommen werden durften. Die erwähnte Erscheinung in der Schubkurve zeigte sich bei dieser Ruthenberg-Schraube natürlich besonders kraß, weil sie dem Wind eine recht beträchtliche Fläche darbot, nämlich 11,92 qm, was seinen Einfluß wesentlich verstärkte. Um infolgedessen auch bei geringer Luftbewegung bei den kleinen unvermeidlichen Stößen mit Sicherheit ein Abheben der Druckstangen von den Kugelpfannen ihrer Meßzylinder zu verhindern, wurden beide Stangen mit einem Zusatzgewicht beschwert, welches sich in der Aufschreibung dadurch bemerkbar macht, daß die Kurven nicht auf die Null-Linie zurückgehen, weil die durch Eichung festgestellte Mehrbelastung gerade 1 kg/qcm entsprach.

Kehren wir nun wieder zu unserem Beispiel zurück, so finden wir in Fig. 114 die Güteziffern in der vorerwähnten Weise als Ordinaten zu dem jeweiligen λ -Wert aufgetragen. Der Wirkungsgrad $\eta = \frac{P \cdot v}{M \cdot \omega}$ muß durch den Koordinaten-Anfangs-

punkt gehen, weil für $v = 0$ sowohl λ als auch $\gamma = 0$ wird. Über den ersten Verlauf der γ -Kurve gibt es, wenn Versuche auf dem Stand verliegen, noch einen Anhalt.

Erweitert man nämlich $\gamma = \frac{P \cdot v}{M \cdot \omega}$ mit r , so kann man in diesem Ausdruck $\frac{P \cdot r}{M} \cdot \frac{v}{r \cdot \omega}$

den zweiten Faktor durch λ ersetzen, für $\lambda_0 = 0$ muß also $\frac{d\gamma}{d\lambda} = \frac{P \cdot r}{M}$ sein. Für die kleine Reißner-Schraube ergibt dies 6,15, nach welchem Wert auch der erste Teil der Kurve gezeichnet ist. Die ξ -Kurve besitzt dagegen für λ_0 einen endlichen

Wert, der sich direkt errechnen läßt, aber auch aus anderen Größen zu bestimmen ist, wie weiter hinten gezeigt werden soll.

$$\xi = \gamma \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{\varphi}{2}} \right)$$

Unter der Wurzel den Wert für $\frac{\varphi}{2}$ eingesetzt und mit γ ausmultipliziert, gibt

$$\xi = \frac{\gamma}{2} + \frac{P}{M \cdot \omega \cdot 2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot g}{\gamma \cdot \pi}}$$

für Standversuche wird $\gamma = 0$, also

$$\xi_0 = \frac{P \cdot \sqrt{P}}{M \cdot \omega \cdot r} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\gamma \cdot \pi}}$$

Für alle Erprobungen eines Propellers am gleichen Tage ist

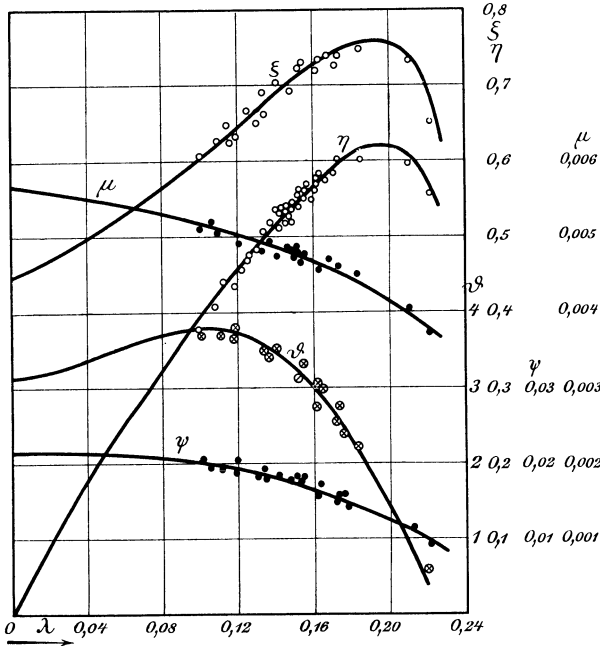


Fig. 114.
Reißner (klein).

$$\frac{1}{2 \cdot r} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g}{\gamma \cdot \pi}} = \text{Const.}, \text{ also } \xi_0 = C \cdot \frac{P \cdot \sqrt{P}}{M \cdot \omega}$$

Der endliche Wert von ψ für λ_0 ist ohne weiteres durch Einführung der Standversuch-Ergebnisse in die Formel zu bestimmen. Die Kurven sind durch passende Wahl des Ordinaten-Maßstabes übersichtlich zusammengedrückt, die Maßstäbe sind an der rechten Seite aufgezeichnet.

In Fig. 114 sind aber außerdem noch zwei weitere Kurven aufgetragen, die durch Verbindung der Werte für ψ und μ entstanden sind. Diese dimensionslosen Größen, deren Formeln ebenfalls von Professor Dr. Prandtl aufgestellt sind, sollen einen Aufschluß über die von der Schraube abgegebene Kraft sowie über die hierfür aufzuwendende Leistung geben, wie Professor Prandtl in einem größeren Aufsatz ¹⁾

¹⁾ L. Prandtl, Bemerkungen über Dimensionen und Luftwiderstandsformeln. Zeitschr. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, Jahrg. 1, S. 157 ff. 1910.

des weiteren ausgeführt hat. Es ist an dieser Stelle daher nur nötig, kurze Erklärungen zu geben. Um die formelmäßige Festlegung der verschiedenen ein Versuchsergebnis bestimmenden Größen von dem zufällig gewählten Maßsystem unabhängig zu machen, ihnen also eine allgemeine Gültigkeit zu verleihen, soll nach Möglichkeit angestrebt werden, die Koeffizienten als dimensionslose Größen, d. h. als einfache Zahlenwerte herauszuschälen. Soll nun das Maßsystem ohne Einfluß auf das wirkliche Resultat sein, so müssen alle Größen, die in den einzelnen Gleichungen zueinander addiert, voneinander subtrahiert oder einander gleichgesetzt werden sollen, in denselben Maßeinheiten gemessen werden. Man gelangt also folgerichtig zu einem „rationalen Maßsystem“, in welchem alle Maßeinheiten durch eine kleine Zahl von untereinander unabhängigen Grundeinheiten festgelegt sind. Auf beiden Seiten der Gleichung müssen dann wirklich gleiche Größen stehen, so daß von vornherein nur Größen gleicher Art einander gleichgesetzt werden dürfen.

Als bestimmende Größen treten bei Luftschrauben der Radius der Schraube r , die Schraubensteigung s , die Winkelgeschwindigkeit ω (aus der Umdrehungszahl n), die Fortschritungsgeschwindigkeit v der Schraubenachse relativ zur umgebenden Luft und die Luftdichte $\frac{\gamma}{g}$ auf. Nach Vorgesagtem lassen sich nun leicht die richtigen Formeln für die Schubkraft P in kg und für die aufzuwendende Leistung L in mkg finden. Zunächst ergibt sich in dem Verhältnis der Fortschritungsgeschwindigkeit v zur Umfangsgeschwindigkeit $r \cdot \omega$ eine dimensionslose Größe λ ; nur die Fälle, in denen λ konstant ist, dürfen miteinander verglichen werden. Als Fläche wird zweckmäßig die Schraubenkreisfläche $\pi \cdot r^2$ gewählt, als Geschwindigkeit das Produkt $r \cdot \omega$, weil es dadurch möglich wird, die beiden Kennzahlen auch für die am festen Punkt arbeitende Schraube aufzustellen. (Nimmt man dagegen als Geschwindigkeit v , so führt diese, weil sie für den Stand $= 0$ wird, den neuen Zahlenwert auch auf 0 zurück.) Wir erhalten nun die Formel

$$P = \psi \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot r^2 \cdot \omega^2$$

Hierin ist P in kg, r in m, γ in kg/m³, die Beschleunigung g in m/sec² und $r \cdot \omega$ als Geschwindigkeit in m/sec. Also heißt es

$$\text{kg} = \psi \cdot \pi \cdot \text{m}^2 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{sec}^2}{\text{m}} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}; \text{kg} = \psi \cdot \text{Zahl} \cdot \text{kg}$$

Folglich ergibt sich ψ als reiner Zahlenwert, wobei es gleichzeitig als Funktion von $\lambda = \frac{v}{r \cdot \omega}$ aufzufassen ist. Die zuzuführende Arbeitsleistung unterscheidet sich von der Kraft durch einen Faktor von der Dimension einer Geschwindigkeit. Fügt man also $r \cdot \omega$ als Faktor auf der rechten Seite hinzu, so ergibt sich

$$L = \mu \cdot \pi \cdot r^5 \cdot \omega^3 \cdot \frac{\gamma}{g}$$

Ferner ist $L = M \cdot \omega$, folglich

$$M = \mu \cdot \pi \cdot r^5 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\gamma}{g}$$

Nach diesen Formeln sind die einzelnen ψ - und μ - Punkte errechnet und in Fig. 104 eingetragen; will man nun für irgend einen Zustand P und M ermitteln, so ist es nur nötig, sich λ , ψ und μ zu notieren und dann folgende kleine Rechnung anzustellen. In der Gleichung $\lambda = \frac{v}{r \cdot \omega}$ sind jetzt noch zwei Unbekannte enthalten, weil der gleiche Betriebszustand sich sowohl durch Verkleinern von v als auch durch Vergrößern von ω herstellen läßt. Nun sind aber in Tabelle 5 bei den Fahrversuchen

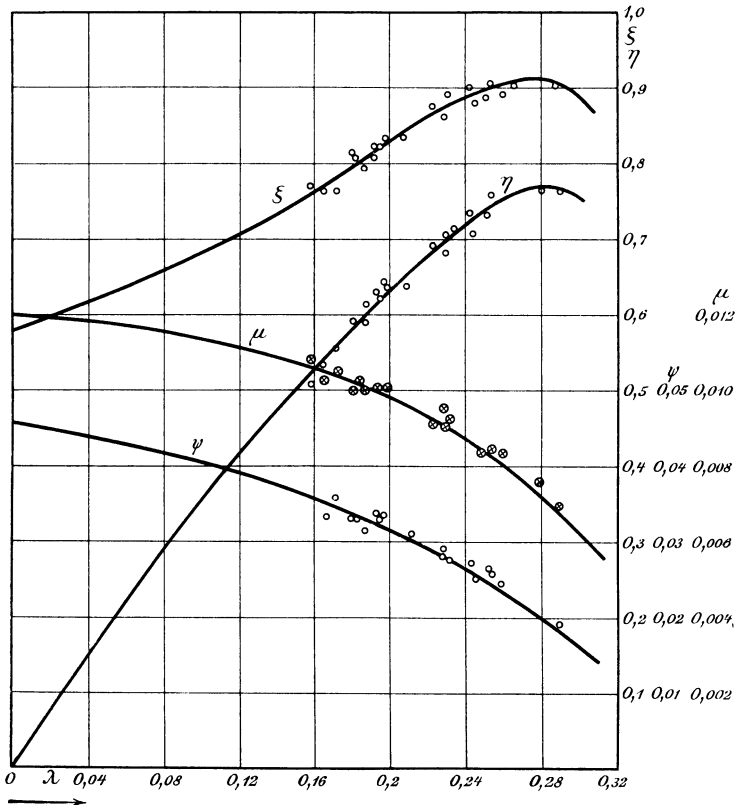


Fig. 115.

Rettig, 5 mm Durchmesser.

die den Prüfungen zugrunde liegenden Grenzen der Umdrehungszahlen, also auch der Winkelgeschwindigkeiten angegeben, so daß ein hierzwischen gewähltes ω sofort das betreffende v bestimmt, worauf dann P errechnet werden kann. Für $\lambda = 0,14$ ist z. B. $\psi = 0,018$, $\mu = 0,0048$, n ist zu 980 angenommen, entsprechend einem ω von 102,5. Dann ist: $v = 0,14 \cdot 1,05 \cdot 102,5 = 15,06$ m/sec.

Die Schubkraft $P = \psi \cdot \pi \cdot r^4 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\gamma}{g} = 0,018 \cdot 3,14 \cdot 1,05^4 \cdot 102,5^2 \cdot \frac{1,188}{9,81} = 88$ kg;

das Drehmoment $M = \mu \cdot \pi \cdot r^5 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\gamma}{g} = 0,0048 \cdot 3,14 \cdot 1,05^5 \cdot 102,5^2 \cdot \frac{1,188}{9,81} = 24,4$ mkg.

Natürlich lassen sich auch die Pferdestärken direkt bestimmen:

$$N_i = M \cdot \frac{\omega}{75} = \mu \cdot \frac{\pi}{75} \cdot \frac{\dot{r}}{g} \cdot r^5 \cdot \omega^3 = 33,1 \text{ PS.}$$

Durch die ψ - und μ -Kurven ist uns nun auch die Möglichkeit gegeben, die Werte von γ , ζ und ϑ einer Kontrolle zu unterziehen bzw. sie genauer festzustellen. Der Wirkungsgrad γ ist der Quotient aus der Nutzleistung $P \cdot v$ und der aufzuwendenden Leistung L ; mit $v = \lambda \cdot r \cdot \omega$ wird somit $\gamma = \frac{\lambda \cdot \psi}{\mu}$, d. h. für $v = 0$, also $\lambda = 0$ wird auch $\gamma = 0$. Anders ζ und ϑ .

Ersetzt man in der Formel $\zeta = \gamma \left(\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{\varphi}{2}} \right)$ nach Einführung der Einzelgrößen für φ die Schubkraft P durch $\psi \cdot \pi \cdot r^4 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\dot{r}}{g}$, so ergibt sich nach einigen Umformungen

$$\begin{aligned} \zeta &= \frac{\lambda \cdot \psi}{2 \mu} + \frac{\lambda \cdot \psi}{\mu} \sqrt{\frac{\lambda^2 + 2 \psi}{4 \lambda^2}} \\ &= \frac{\lambda \cdot \psi}{2 \mu} + \frac{\psi}{2 \mu} \sqrt{\lambda^2 + 2 \psi} \\ &= \frac{\psi}{2 \mu} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 + 2 \psi}) \end{aligned}$$

Für $v = 0$; $\lambda = 0$ wird

$$\zeta_0 = \frac{\psi}{2 \mu} \cdot \sqrt{2 \psi}$$

Ebenso bestimmt sich nach einigen Umformungen

$$\vartheta = \frac{\psi^2}{\mu^2} \cdot \sqrt{\pi \cdot \psi} = 1,773 \cdot \frac{\psi^2}{\mu^2} \sqrt{\psi}$$

Da nun ferner die Kurven im allgemeinen einen durchaus glatten Verlauf haben, lassen sich durch passende Verwendung dieser Formeln einige schlecht bestimmte Zwischenstücke von einer Kurve durch die andere genau festlegen. So ist z. B. für den Rettig-Propeller (Fig. 115) nach der ersten Formel:

$$\begin{aligned} \zeta_0 &= C \cdot \frac{P \cdot \sqrt{P}}{M \cdot \omega} \\ &= 0,46 \cdot \frac{300 \cdot \sqrt{300}}{196 \cdot 20,9} = 0,583. \end{aligned}$$

Lägen nun keine Standversuche vor, so würde man auf die ψ - und μ -Kurven angewiesen sein; aus diesen gut verlaufenden errechnet es sich zu:

$$\zeta_0 = \frac{\psi}{2 \mu} \cdot \sqrt{2 \psi} = \frac{0,046}{2 \cdot 0,012} \cdot \sqrt{2 \cdot 0,046} = 0,581$$

Die ψ -Kurve strebt sehr stetig der Abszissenachse zu; der Schnittpunkt muß sich auch vorher bestimmen lassen. Die Verhältnisse müssen bei umlaufenden

Propellerflächen ähnlich liegen wie bei geraden Platten im bewegten Luftstrom. Es wird auf der Eintrittseite ein Gebiet liegen, dem eine geringe Relativgeschwindigkeit der Luft gegen die Fläche eigen ist, während die Wirbel an der Rückseite die

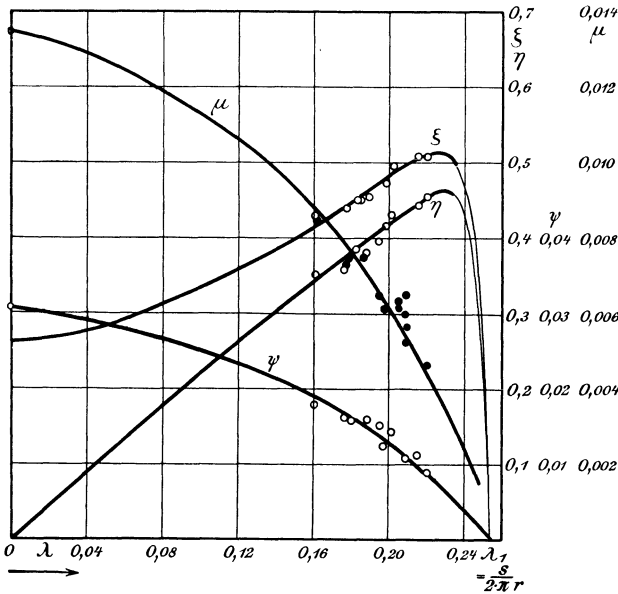


Fig. 116.

Ruthenberg, 5 m Durchmesser:

ausweichende Luft zu beträchtlicher Vergrößerung ihrer Geschwindigkeit veranlassen. Dieser Punkt bedeutet ja nichts anderes, als daß die Schubkraft = 0 wird; dies kann aber nur dann eintreten, wenn der Propeller sich mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt, daß die einzelnen Flügelemente bei ihrer Bewegung keinen Schub oder, allgemeiner gesprochen, keinen Auftrieb mehr geben. Bei geraden Platten, entsprechend geraden Flügelflächen, trifft dies zu, wenn sie gegen die Bewegungsrichtung keinerlei Neigung aufweisen; bei gewölbten Platten, die also auch gewölbten Flügeln entsprechen müßten, wird der Auftrieb jedoch erst = 0, wenn sie gegen die Bewegungsrichtung einen negativen Neigungswinkel von $20^{\circ}30'$ bis 30° einnehmen. (Ich verweise hier auf die Untersuchungen von O. Föppl, Zeitschrift f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, 1, 10. Heft, 8.) Die Schubkraft einer Schraube mit geraden Flügeln muß also dann verschwinden, wenn die Schraube sich mit der Geschwindigkeit fortbewegt, die ihrer Steigung entspricht; wenn sie sich also wie eine feste Schraube in ihre Mutter einschraubt. In diesem Fall würde sie den einzelnen Luftteilchen zwar keinerlei Bewegung erteilen, deshalb keine Energieverluste erleiden, sich auch mit der größten Geschwindigkeit vorwärts bewegen, aber aus ebendenselben Gründen könnte sie auch keinen Vortrieb ausüben. Fig. 116 zeigt nun sehr deutlich, wenngleich die Versuchspunkte nicht so weit gehen, daß

die ψ -Kurve die Abszissenachse im Punkt $\lambda_1 = \frac{s}{2 \cdot r \cdot \pi}$ schneidet. Diese größte Geschwindigkeit (auch die ideelle Marschgeschwindigkeit genannt) wird ja erreicht, wenn für jedes Flächenelement $v = u \cdot \text{tg } \alpha$ wird, wo u die Umfangsgeschwindigkeit, α aber bei der Rotation den Winkel zwischen Schraubenfläche und Bewegungsrichtung bedeutet. Nach den Eigenschaften der gemeinen Schraubenfläche ist die Gesamtsteigung dividiert durch den äußeren Kreisumfang

ausweichende Luft zu beträchtlicher Vergrößerung ihrer Geschwindigkeit veranlassen. Dieser Punkt bedeutet ja nichts anderes, als daß die Schubkraft = 0 wird; dies kann aber nur dann eintreten, wenn der Propeller sich mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt, daß die einzelnen Flügelemente bei ihrer Bewegung keinen Schub oder, allgemeiner gesprochen, keinen Auftrieb mehr geben. Bei geraden Platten, entsprechend geraden Flügelflächen, trifft dies zu, wenn sie gegen die Bewegungsrichtung keinerlei Neigung aufweisen; bei gewölbten

$$\frac{s}{2 \cdot r \cdot \pi} = \operatorname{tg} \alpha; \quad \text{also } v = u \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad u = r \cdot \omega \quad v = r \cdot \omega \frac{s}{2 \cdot r \cdot \pi} = \frac{\omega \cdot s}{2 \cdot \pi}$$

Daraus errechnet sich das zugehörige λ zu:

$$\lambda = \frac{v}{r \cdot \omega} = \frac{\omega \cdot s}{r \cdot \omega \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{s}{2 \cdot r \cdot \pi} = \lambda_1$$

Natürlich müssen die Kurven des Wirkungsgrades sowie der Gütezahl für die Raumaussnutzung ebenfalls im gleichen Schnittpunkt durch die Abszissenachse gehen, weil mit

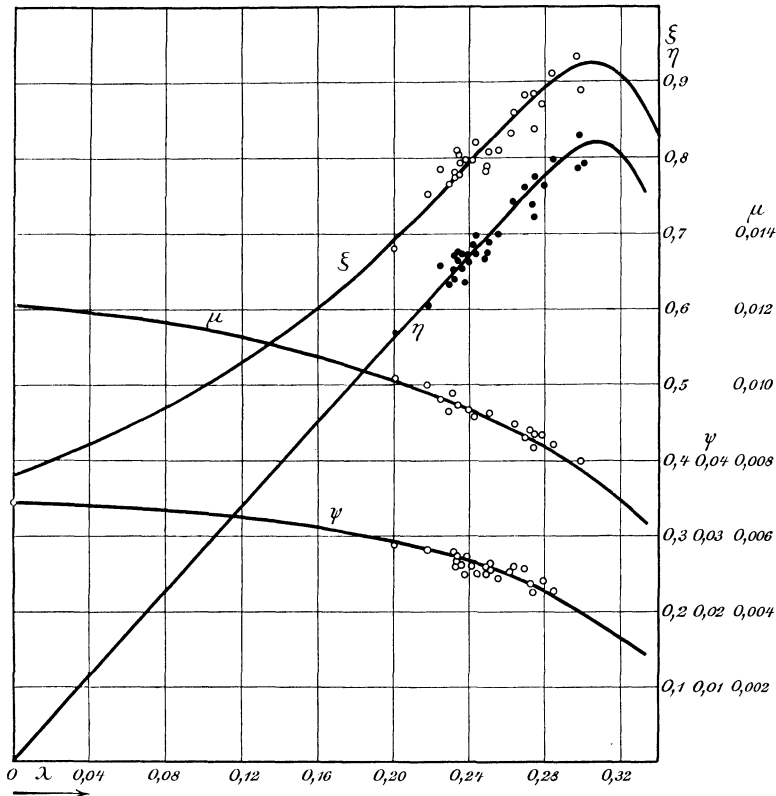


Fig. 117.
Reißner (groß).

ψ auch $P = 0$ wird. Der mutmaßliche Verlauf dieser beiden Kurven ist durch feine Linien angedeutet. Ich darf an dieser Stelle wohl in Erinnerung bringen, daß der zu diesen Kurven gehörige Ruthenberg-Propeller vollkommen gerade Flügel sowie konstante Steigung aufweist, welche letztere Bedingung daher notwendig ist, weil die Neigung der Flügelflächen gegen die Relativbewegung nur dann gleichmäßig = 0 sein kann, wenn jedes Flügелеlement sich auch genau mit derselben Steigung durch die Luft bewegt.

Trotzdem nun die Wölbungen fast ausschließlich innerhalb der Grenzen liegen, für welche Föpl übereinstimmend das Verschwinden des Auftriebs bei -2° bis

3^o festgestellt hat, so ließ sich doch bei den Versuchskurven dieser Punkt nicht mit Genauigkeit festlegen; jedenfalls scheinen alle drei Kurven erst viel später die Abszissenachse zu kreuzen. Soweit man die Kurven ihrem Verlauf nach verfolgen kann, scheint sich zu ergeben, daß bei allen Propellern mit gewölbten Flügeln der Auftrieb oder vielmehr der Schub erst dann verschwindet, wenn sich die Schraube mit einer derartigen Geschwindigkeit vorwärts bewegt, daß die Sehne der Flügelwölbung mit ihrer Relativbewegung einen negativen Winkel von 6—7^o

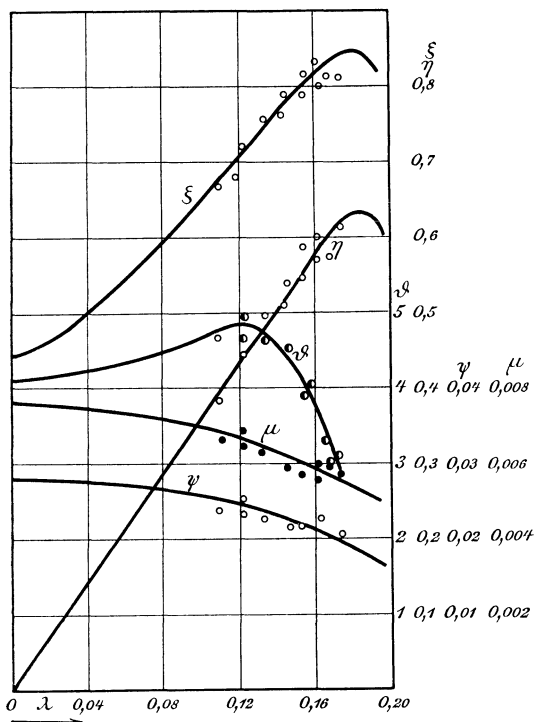


Fig. 118.

Zeise 2 Flügel; r = 1,02 m.

griffen, und auch ψ ist noch weit von der λ -Achse entfernt. Aber auch sonst bietet der Vergleich dieser beiden Schrauben manches Interessante. Zeigte die Rettig-Schraube schon bei den Standprüfungen einige Überlegenheit, so prägt sich diese noch viel mehr in den Fahrversuchen aus. Die Güteziffern steigen wesentlich steiler, und die Drehmomentkurve hat verhältnismäßig viel geringere Werte als beim Ruthenberg-Propeller. Besonders auffallend ist es aber, daß die Raumausnutzung auch bei kleinem v trotz der schmalen Flügel schon wesentlich besser bei Rettig ist; mit wachsendem v verschiebt sich dies noch mehr zu seinen Gunsten.

Im Gegensatz zu den anderen Kurven behält die μ -Kurve noch einen endlichen Wert, wenn $P = 0$ wird; dies hat seine Ursache darin, daß sich in ihr die ganzen Reibungsverluste zum Ausdruck bringen, die bei der Arbeitsumsetzung verlorengehen.

einschließt. Die stark überwölbten Propellerprofile (besonders an der hinteren Saugfläche) zusammen mit der eigenartigen Bewegung der einzelnen Elemente scheinen also den Anlaß zu weit komplizierteren Strömungs-Vorgängen zu geben, als sie bei einfachen Platten herrschen. Die Kurven verschiedener Schrauben zeigen auch trotz des glatten Verlaufs so wenig Übereinstimmung in dieser Beziehung (weil auch zu wenig vergleichbares, systematisch zu ordnendes Material vorhanden war), daß die offenbar vorliegenden Gesetzmäßigkeiten wohl keinen stetigen Charakter aufweisen werden, sondern gewissermaßen zwischen zwei möglichen Ästen von Versuchszuständen liegen. Dies bringt sich deutlich im Kurvenblatt von Rettig (115) zum Ausdruck; bei einem λ , bei dem beim gleich großen Ruthenberg-Propeller η , ξ und ψ schon verschwinden, sind hier die beiden ersteren noch im Steigen be-

Die Fig. 117 und 118 gebende Kurven der mit den ersten Preisen ausgezeichneten Luftschrauben wieder; und zwar die des Reißner-Propellers für bestes η und ζ sowie die der Zeise-Schraube für das beste β . Gerade die Ergebnisse der ersteren zeigen einen sehr guten stetigen Verlauf zum Maximum hin, doch ließ sich leider die Geschwindigkeit des Wagens nicht mehr erhöhen, um das Umwenden der Kurven

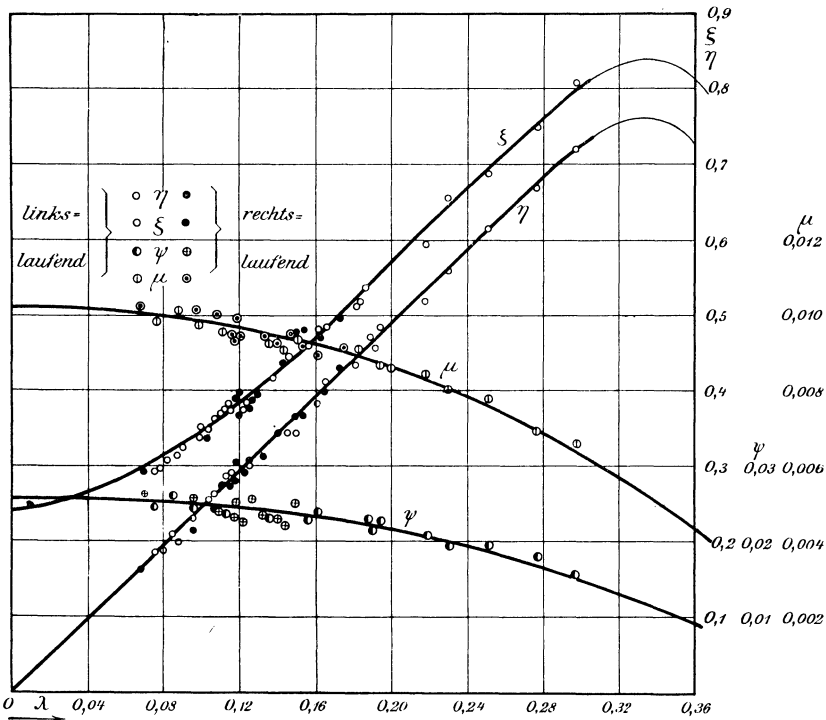


Fig. 119.

Zusammenstellung der Kurven für die beiden gleichen, aber gegenläufigen Poelke-Propeller, Bauart Wright.

genauer zu belegen; die β -Kurve bei Zeise hat jedoch einen deutlichen Wendepunkt. Besonders interessant ist Fig. 119, welche die Ergebnisse der beiden gegenläufigen Poelke-Propeller, System Wright, festlegt. Die Resultate der rechts- sowie der linksläufigen Schraube sind durch passende Wahl der Bezeichnungspunkte voneinander unterschieden, wobei ich daran erinnern möchte, daß der Rechtsläufer infolge ungenügender Reparatur nach einem Bruch nicht ganz die Werte für ein höheres λ (wie der linkslaufende Propeller) zu erreichen vermochte. Die Übereinstimmung der Versuche ist, wenn man bedenkt, daß es sich bei den Schrauben um reine Verkaufsgegenstände — nicht aber um besonders sauber hergerichtete Versuchsobjekte — handelte, auch im Hinblick auf den jedesmal erforderlichen Umbau unserer Versuchseinrichtung eine recht befriedigende. In Fig. 120 ist eine Schar gleich großer, gleichartig konstruierter Ruthenberg-Propeller mit verschieden großen, geraden und gewölbten Flächen nach den Ergebnissen von η

und ξ zusammengefaßt, und es zeigt sich nun recht hübsch, wie die Raumausnutzung bei kleinem λ , also auch bei kleinem v wesentlich verschieden ausfällt, obgleich γ verhältnismäßig wenig Abweichung ergibt — wenigstens in den unteren Grenzen von v . Diese Erscheinung ist nicht so sehr für Treibschrauben von Wichtigkeit

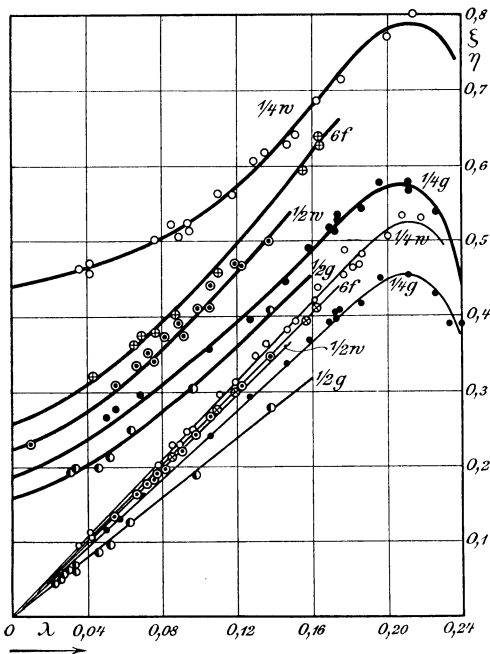


Fig. 120.

Ruthenberg; 2,5 m Durchmesser.

Die untere Schar feiner Linien gilt für γ ; die oberen starken für ξ .

$1/2 g =$	4 Flügel, die Hälfte vom Umfang bespannt	gerade Flächen	gerade	Flächen
$1/2 w =$				
$1/4 g =$	6 Flügel, ein Viertel vom Umfang bespannt	gewölbte	..	
$1/4 w =$				6 Flügel
$6 f =$				

als für Hubschrauben, da es hier bei geringer Vorwärtsbewegung der Achse — also kleinem v — d. h. bei geringer Steiggeschwindigkeit auf gute Raumausnutzung ankommt, um irgendwelche Lasten tragen zu können. Für diesen Fall ist also eine Kurve anzustreben, die bei λ_0 möglichst hoch anfängt und sich dann für einen gewissen Teil von λ ungefähr auf dieser Höhe erhält. Wenn sie wirklich bei größerem λ abfällt, so liegt dies außerhalb des Bereiches der Verwendung einer Tragschraube und ist daher auch nicht weiter bedenklich. Merkwürdig ist es nun, daß die großflächigen Schrauben (siehe Fig.) auch bei weitem das schlechteste ξ haben, wengleich ein geringes γ auch ohnehin zu erwarten stand; die schmalen Flächen dagegen weisen schon recht hohe Güteziffern auf. Auch die Vielzahl der Flügel ist von gutem Einfluß, denn der Propeller mit 6 Flügeln überholt die übrigen; würde man außerdem seine Flügel noch mit einer entsprechenden Wölbung versehen, so würde dieser Sechsfächner wahrscheinlich an die

erste Stelle rücken und schon einen Gütegrad von vielleicht 60 v. H. erreichen.

Ich möchte an dieser Stelle noch darauf hinweisen, daß bei allen Versuchen durch dicht hinterdem Wagen sowie seitlich in der Nähe der Schrauben vorgenommene Beobachtungen festgestellt werden konnte, daß der Abstrom des Propellers lediglich einem Zylinder von der Grundfläche des Schraubenkreises entsprach, daß auch ferner durch den arbeitenden Propeller kein größerer Luftstrom auf dem Wagen entstand, als wenn dieser sonst mit der gleichen Geschwindigkeit gefahren wäre, so daß der Lufteintritt im großen von außen in radialer Richtung erfolgte, während der Abstrom nur axial war.

Von großem Nutzen erweisen sich nun die von Prandtl aufgestellten dimensionslosen Größen, wenn es sich darum handelt, aus irgendwelchen vorliegenden

Kurven (etwa in der Art unserer Abbildungen) für irgendeine Verwendungsart die zweckmäßigste Schraube auszuwählen. Man wird dann etwa wie folgt verfahren: Nach den Versuchen von D o r a n d ¹⁾ haben die Umrechnungen von P r a n d t l ergeben, daß geometrisch ähnliche Schrauben gleiche Kurven für die dimensionslosen Größen besitzen, woraus dann weiter folgt, daß auch die hieraus abgeleiteten Funktionen der Gütezißern η , ζ und β gleichen Verlauf nehmen müssen. Das bedeutet nun, daß jedes Kurvenblatt für jede beliebige Schraube Gültigkeit besitzt, wenn diese nur die geometrische Ähnlichkeit mit dem Original einhält. Bei den in Frage kommenden Aufgaben ist meist der Schraubenschub P und die Fortschritungsgeschwindigkeit v vorgeschrieben; greift man nun die dem Wirkungsgradmaximum η_{\max} naheliegenden Werte von λ heraus und notiert die zugehörigen Punkte von ψ und μ , so folgt zunächst aus v und λ die Umfangsgeschwindigkeit

$$\omega \cdot r = \frac{v}{\lambda}$$

Setzt man nun diesen Wert in die Formel für P ein

$$P = \psi \cdot \pi \cdot r^4 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\gamma}{g},$$

so erhält man

$$r = \sqrt{\frac{P \cdot \lambda^2 \cdot g}{\psi \cdot \pi \cdot v^2 \cdot \gamma}}$$

und aus $\omega \cdot r = \frac{v}{\lambda}$ bestimmt sich dann wieder ω und n. Aus der Gleichung $L = \mu \cdot \pi \cdot r^5 \cdot \omega^3 \cdot \frac{\gamma}{g}$ oder noch einfacher aus $L = \frac{1}{\eta} \cdot P \cdot v$ ergibt sich dann L bzw. durch Hinzuziehung des Faktors $1/75$ direkt die Pferdestärken Ni.

Ein Beispiel mag diese Benutzung der Kurvenblätter erläutern: Der Rettig-Propeller (Fig. 115) hat bei 5 m Durchmesser 4 m Steigung und ergibt bei 9 m/sec. Geschwindigkeit und rund 50 PS 230 kg Schubkraft. Aus dem Kurvenblatt entnehmen wir nun in der Nähe des Wirkungsgradmaximums die zusammengehörigen Werte

λ	η	ψ	μ
0,27	0,769	0,022	0,0076
0,28	0,773	0,02	0,0072
0,29	0,768	0,018	0,0068

$$g = 9,81, \quad \gamma = 1,20, \quad \frac{g}{\gamma} = 8,16.$$

Nun wollen wir einen Propeller nach derselben Bauart haben, der bei 20 m/sec. Geschwindigkeit noch 100 kg Schub entwickelt; setzen wir nun diese und die Werte der ersten Reihe in die Formel ein:

$$r = \sqrt{\frac{P \cdot \lambda^2 \cdot 8,16}{\psi \cdot \pi \cdot v^2}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 0,27^2 \cdot 8,16}{0,022 \cdot 3,14 \cdot 20^2}}$$

so erhalten wir $r_1 = \sim 1,47$ m; mit den Werten der zweiten Reihe $r_2 = 1,59$ m; $r_3 = 1,74$ m; ω errechnet sich aus der Formel $\omega = \frac{v}{\lambda \cdot r}$; $\omega_1 = 50,5$, $\omega_2 = 45$, $\omega_3 = 39,6$, woraus sich dann wieder $n = 482 - 430 - 378$ ergibt. Die Leistung bestimmen wir mit Hilfe von μ oder aber die Pferdestärken direkt aus $\frac{P \cdot v}{75} \cdot \frac{1}{\eta} = \sim 35$.

Wählen wir nun einen mittleren Wert für $r = 1,60$ m, dessen $n = 425$ am besten zu unserem Motor paßt, so bestimmen sich die übrigen Abmessungen aus der geometrischen Ähnlichkeit, also $s = 2,56$ m u. s. w.

In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn ein Schnellläufer nach der η -Kurve bzw. eine den Raum gut ausnutzende (also etwa in den Außenmaßen beschränkte) Schraube nach der ζ -Kurve ausgesucht werden soll, so daß sich mittels der vorliegenden Versuche ganze Scharen von Propellern für jeden Verwendungszweck errechnen und nach den Konstruktionsangaben auch bauen lassen.

Es ist wohl verständlich, daß sich bei einer so neuen und doch komplizierten Einrichtung im Laufe der Prüfungen eine Reihe Wünsche geregt haben, daß eine Menge Verbesserungen erwogen sind, und ich möchte daher zum Schluß wenigstens kurz die wichtigsten Verbesserungsfähigkeiten skizzieren, die der Anlage einen größeren Wert verleihen würden. Da ist zuerst bei den Messungen eine Eichvorrichtung zu nennen, die in passender Weise mit Gewichten vorzunehmen wäre; gleichzeitig müßte dann die Schreibtrommel der Manometer von Hand zu drehen sein, um die wirkliche Nulllinie schreiben zu können (ähnlich den Indikatoren). An Stelle der Schreibspitzen im Chronographen wären event. Stifte mit Kugelspitze anzuwenden, die mit Hilfe eines endlosen Farbbandes schreiben, um das leichte Einreißen des Papierstreifens zu verhüten. Sehr nützlich wäre eine ausbalancierte hängende Platte, die etwa durch einen Zeiger dem Führer die wirkliche Geschwindigkeit gegen die Luft — v — anzeigt, die bis jetzt nur geschätzt werden konnte. Ebenso notwendig ist eine regulierbare Kurbelbremse (außer der vorhandenen), um bei Schrauben mit großem Schub kleine Geschwindigkeiten mit einiger Genauigkeit einhalten zu können. Andererseits ist eine Zusatzgeschwindigkeit sehr wünschenswert, um mit Sicherheit über die für den Propeller zweckmäßigste Geschwindigkeit hinwegkommen zu können — mit anderen Worten — um das Maximum der Güteziiffern genau bestimmen zu können. Ich denke da an einen kleinen Zusatzmotor, der den Wagen direkt antreibt und vom Führer nach Bedarf hinzugezogen werden kann, wobei jedoch der Hauptantrieb vom Propeller aus bestehen bleibt. Besonders wichtig ist ferner ein Ausbalancieren des oberen Gehäuses, damit bei irgendwelchen Beschleunigungen oder Verzögerungen des Wagens — und der Beharrungszustand läßt sich bisweilen sehr schwierig einhalten — die Masse des Gehäuses, welche die des Propellers größtenteils übertrifft, von allen Störungen der Aufzeichnungen ferngehalten wird. Diese Störungen können immerhin 10 v. H. der Aufzeichnungen ausmachen.

Die im vorigen behandelten Versuche werden in dieser skizzenhaften Aufzeichnung vor allen Dingen den Eindruck des Unsystematischen, Ungeordneten hervorrufen, was sich aber bei dem ganz zwanglos eingelieferten, nicht im geringsten homogenen Material in keiner Weise vermeiden ließ; es konnte sich bei den Wett-

bewerben — neben dem Abwägen gegeneinander, eben für die Preisausschreibungen — lediglich um einen Nachweis der Brauchbarkeit dieser neuartigen Anlage handeln, nicht aber schon um Erprobungen mit dem Endzweck, Theorien abzuleiten.

So wenig nun auch diese Materie der Theorie zugänglich erscheint, so sicher wird sich eine restlose theoretische Durcharbeitung doch mit der Zeit ergeben, denn die Praxis kann nicht nur mit Annahmen an die Konstruktion herantreten; sie benötigt unbedingt der wissenschaftlichen Unterlagen für den weiteren Ausbau. Die vielen theoretischen und experimentellen Vorfragen jedoch, die einer umfassenden Theorie und einer sicheren Berechnungsform der jeweils günstigsten Schraube voranzugehen haben, sie sind noch so mannigfaltig, daß an eine Erledigung in absehbarer Zeit nicht zu denken ist.

Zweierlei ist den Prüfungen jedoch mit Sicherheit zu entnehmen. Erstens zeigen die Schrauben mit wenigen, schmalen, glatten Flügeln schon hinreichend gute Güteziffern, um zu der Annahme berechtigt zu sein, daß h i e r der rechte Weg zur Vervollkommnung liegt, nicht aber bei den gerade in letzter Zeit häufig auftretenden Schnecken-Turbinen- und Leitschaufel-Anordnungen. Dann aber weisen die Ergebnisse der Standprüfungen zu jenen der Fahrversuche doch recht große Abweichungen auf, die jedenfalls nicht nur durch Meßfehler hervorgerufen sind, sowie durch Ungenauigkeiten, die etwa durch die Turbulenz des Windes, durch Seitenwind oder durch die Bodennähe entstehen könnten, sondern im Wesen der verschiedenen Versuche beruhen. Luftschrauben, die irgendwie in der Luft treibend wirken sollen, müssen eben in der Fahrt gemessen werden; die Strömungsvorgänge in ihrer Wirksamkeit lassen sich am Fixpunkt nicht nachahmen. Man braucht nur daran zu denken, wie die Schraube bei Standversuchen durch ihre Saugwirkung der Luft erst die nötige Eintrittsgeschwindigkeit erteilen muß, die diese sonst zwanglos durch die Translationsgeschwindigkeit des Propellers erhält, u. a. m. Folgerichtig wären nun diese Prüfungen in d e r L u f t an irgendeinem Fahrzeug vorzunehmen. Wer aber an die vielen Variationsmöglichkeiten denkt, welche die vorbesprochene Einrichtung bot — und die sich auch als notwendig erwiesen, weil sie sämtlich des öfteren benutzt wurden — der gelangt ohne weiteres zu dem Schluß, daß sich dies alles zusammen an e i n e m Fahrzeug schon des Gewichts wegen nicht vereinbaren läßt, daß also eine ziemlich große Zahl Fahrzeuge zur Verfügung stehen müßten. Andererseits hat nun der Prüfwagen die zeitraubenden Vorversuche überstanden, die unvermeidlichen Kinderkrankheiten liegen hinter ihm, und während dreier — und nach der Witterung vielleicht der ungünstigsten — Monate hat er in angestrengtestem Wettbewerbsbetrieb seine Leistungsfähigkeit bewiesen; da wäre es nach meinem Dafürhalten sehr bedauerlich, wenn diese Versuche jetzt nicht fortgesetzt würden, zumal sie nun einer bestimmten Methode untergeordnet, nach einem bestimmten System gegliedert werden könnten. Wenn durch das Entgegenkommen der Eisenbahnbehörden ein Gleis zur Verfügung stände, womit wohl zu rechnen ist, dann ließen sich umfangreiche Erprobungen schon mit verhältnismäßig geringen Mitteln durchführen, besonders bei Berücksichtigung des Folgenden: Ein Zusammenarbeiten mit den bestehenden Instituten wäre ohnehin in jeder Beziehung wünschenswert, so daß den Modellerprobungen im bewegten Luftstrom (Göttingen) sowie den Standversuchen in Lindenbergl die Prüfungen in der Fahrt zu

folgen hätten. Nun würde es sich unschwer einrichten lassen, das systematisch zusammengestellte Versuchsmaterial gerade dieser letzteren Anstalt auch für die Fahrt-Prüfungen zu verwenden, was nicht nur im Interesse beider Prüfungen läge, sondern auch noch den Vorzug der Billigkeit hätte. Eine Kontrolle der Ergebnisse im Luftfahrzeug, die natürlich schon engebrenzter und nicht so umfangreich wäre, könnte dann immer noch in Erwägung gezogen werden. Faßt man all dieses kurz zusammen, so erscheint irgendeine technische Versuchsanstalt oder aber ein großer Luftschiffhafen als der gegebene Ort, um diese Prüfeinrichtung anzugliedern; besonders letzterer bietet die nötige Werkstelle, das vorgebildete Personal und die Möglichkeit, eventuell eine Kontrolle in einem Luftfahrzeuge vorzunehmen, ohne daß der Betrieb der Anlage erheblich belastet und verteuert wird.

Ich möchte daher der Hoffnung Ausdruck geben, daß diese mit großen Mitteln, mit vielen Mühen und unter regster Beteiligung der Industrie ins Leben gerufene Prüfeinrichtung, nachdem jetzt mit einiger Sicherheit gute Resultate zu erwarten sind, nicht brach liegen bleibt, sondern dazu bestimmt wird, uns zu einer besseren Kenntnis der Einzelvorgänge zu verhelfen, so daß die Theorie in der Lage ist, der Praxis eine sichere und zweckmäßige Rechnungsmethode zu übermitteln.

B. Die Ausstellung.

I. Die Aerologische Ausstellung.

Von

Dr. Franz Linke-Frankfurt a. M.

Unter den Abteilungen der Luftschiffahrtausstellung, welche wenigstens teilweise in sich abgeschlossen und auch örtlich von anderen getrennt untergebracht waren, vertritt die Aerologische Abteilung die wissenschaftliche Luftschiffahrt. Der Name „Aerologie“ hat sich für diejenige Wissenschaft eingebürgert, welche sich mit den meteorologischen Vorgängen in höheren Schichten beschäftigt. Es ist allgemein anerkannt, welche außerordentlichen Vorteile die Erforschung der Atmosphäre der Entwicklung der Luftschiffahrt geboten hat. Beider Fortschritt geht miteinander Hand in Hand: Durch die wissenschaftliche und sportliche Luftschiffahrt wurde den Meteorologen Gelegenheit gegeben, mit ihren Apparaten in höhere Regionen vorzudringen, und die dabei aus den Beobachtungen gewonnenen Resultate haben wesentlich dazu beigetragen, das Verständnis für die meteorologischen Verhältnisse zu verbreitern.

Allmählich aber zeigte sich, daß diese neuen Untersuchungen abseits der gewöhnlichen meteorologischen Tätigkeit liegen, und man mußte sich entschließen, besondere Institute einzurichten, und zwar an Plätzen, welche sich speziell dafür eignen, und bei denen es von Wichtigkeit war, die Verhältnisse der höheren Luftschichten kennen zu lernen. Es entstanden also *aerologische Observatorien*, wenn auch bisher nur an sehr vereinzelt Stellen.

Die erste große Schwierigkeit, welche überwunden werden mußte, war die Instrumentenfrage. Beobachter durch große Freiballons zu großen Höhen hinaufzutransportieren, ist zu kostspielig und nicht häufig genug durchführbar. Man mußte also dazu schreiten, Registrierinstrumente anzufertigen und auf Mittel zu sinnen, durch diese aus den höheren Schichten Kunde zu erlangen. Aus dem Gesagten ist es verständlich, daß in der Aerologischen Abteilung der Ausstellung im wesentlichen wissenschaftliche Institute und einige Mechaniker, welche Apparate angefertigt haben, vertreten gewesen sind.

Der Betrieb der Observatorien wird in den Ausstellungen des *Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg*, des *Teneriffa-Observatoriums* und der *Aerologischen Station des Physikalischen Vereins* sehr anschaulich dargestellt. Die Eigenart jeder dieser

Fig. 121.

Aus dem Pavillon des Teneriffa-Observatoriums.

Fig. 122.

Aerologische Apparate von I. u. A. Bosch (Straßburg)
im Pavillon des Teneriffa-Observatoriums.

Ausstellungen machte es leider unmöglich, sie an einem Platze unterzubringen, zumal mit den gegebenen Räumlichkeiten der Festhalle gerechnet werden mußte. Es ließ sich daher zum größten Bedauern der Veranstalter nicht umgehen, diese aerologische Abteilung auseinanderzureißen, wodurch ihre Übersichtlichkeit allerdings wesentlich beeinträchtigt wurde. So stellten Geheimrat Professor Dr. Hergesell und Professor Dr. Pannwitz die im Teneriffa-Observatorium gebräuchlichen Arbeitsmethoden in einem besonders dazu erbauten Hause aus. Die Eigentümlichkeit dieser Ausstellung besteht ferner darin, daß sie die Methoden der Erforschung der Atmosphäre über dem Meere in den Vordergrund stellt. Auf einem Schiffe wird ein kleines Observatorium eingerichtet, welches Drachen und Gummiballons beherbergt. Diese werden an Winden mittels dünnen Klaviersaitendrahtes hochgelassen, wobei durch die Bewegung des Schiffes in der Windrichtung oder dagegen die vorhandene Windgeschwindigkeit entweder verringert oder verstärkt wird, um die für die Drachen günstige Windgeschwindigkeit zwischen 10 und 20 m/sec zu erzielen. Die Gummiballons, welche mit Wasserstoff gefüllt werden, tragen Apparate bis zu Höhen über 20 km. Doch da sich hierbei das eingeschlossene Gasquantum infolge des oben geringeren Druckes ausdehnt, wird allmählich die Festigkeitsgrenze des Gummis erreicht; sie platzen, und der Apparat würde beim schnellen Herabfallen am Erdboden zerschellen oder, wenn er auf Wasser herabkommt, in die Tiefe sinken, wenn nicht durch besondere Vorrichtungen eine Verminderung der Fallgeschwindigkeit bzw. eine Schwimmfähigkeit erzielt würde. Dazu werden im allgemeinen zwei Methoden angewandt; entweder man befestigt über dem platzenden Gummiballon einen Fallschirm, oder man benutzt statt des einen Ballons deren zwei, wovon der nicht geplatze die Aufgabe hat, den Apparat einigermaßen sanft wieder zur Erde zu bringen. Diese Methode der Gummiballons verdankt die Aerologie hauptsächlich Herrn Geheimrat Professor Dr. R. Aßmann, dem Direktor des Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg. Geheimrat Professor Dr. Hergesell wandte sie an auf Beobachtungen vom Schiffe aus und fügte Schwimmvorrichtungen für den Apparat hinzu. Er verfeinerte außerdem die Methode so weit, daß der Apparat von dem übriggebliebenen Ballon über dem Wasser gehalten wird, während die Fetzen des geplatzen Gummiballons, welche im Wasser nachschleifen, die Geschwindigkeit erheblich verringern und so die Schiffe in den Stand setzen, den Ballon und den Apparat wieder einzuholen. — Weitere Eigentümlichkeiten der Hergesell-Pannwitzschen Ausstellung sind die Methoden zur Bestimmung von Windrichtung und Stärke in höheren Schichten mittels Pilotballons. Geheimrat Hergesell hat nachgewiesen, daß Gummiballons, welche mit Wasserstoff gefüllt sind, mit einer im wesentlichen unveränderten Geschwindigkeit steigen. Um diese Geschwindigkeit aus dem Auftriebe und Gewichte des Gummiballons zu ermitteln, hat der Erfinder auf halb empirischem, halb theoretischem Wege Formeln aufgestellt, welche sich der Wahrheit ganz gut anpassen. Mißt man nun von dem Ausgangspunkte eines solchen Pilotballons aus den Höhenwinkel, unter welchem man den Ballon sieht, und die Himmelsrichtung mittels eines für diesen Zweck besonders konstruierten Theodoliten, so kann man unter Berücksichtigung der Höhen, welche man unter der Annahme der konstanten Aufstiegsgeschwindigkeit berechnen kann, die horizontale Entfernung für jeden Moment der Beobachtung berechnen.

Fig. 123. Instrumente des Aeronautischen Observatoriums in Lindenbergl.

Aus dieser ergibt sich ohne weiteres die Windgeschwindigkeit. In der Ausstellung von Hergesell und Pannwitz war eine Reihe solcher Projektionen der Flugbahn eines Pilotballons auf die Erdoberfläche ausgestellt, ferner Tabellen, nach welchen man die Vertikalgeschwindigkeit der Ballons ermittelt, und alles weitere Zubehör, dessen man bei der Füllung und Verfolgung bedarf.

Die Apparate, welche Geheimrat Professor Dr. Hergesell und seine Mitarbeiter erdacht haben, wurden von der Firma I. & A. Bosch in Straßburg ausgeführt. Auch sie waren in großer Auswahl und verschiedener Ausführung zu sehen. Von hohem Interesse, besonders für die Fachleute, waren die ausgestellten Registrierungen, welche mit diesen Apparaten gewonnen sind. Sie erfolgen auf dünner Aluminiumfolie, welche mit Ruß geschwärzt ist. Feine Stiftchen an den Zeigern zeichnen den Verlauf durch feine Linien ein. Nach der Landung des Apparates wird die gewonnene Kurve durch Übergießen von Schellacklösung fixiert, so daß sie nun ohne Gefahr des Verwischtwerdens ausgemessen werden kann.

Die Ausstellung des *L i n d e n b e r g e r O b s e r v a t o r i u m s*, obgleich sie doch im allgemeinen auf dasselbe hinzielt, ist von der zuerst genannten wesentlich verschieden. Wie schon gesagt, ist Herr Geheimrat Professor Dr. R. A ß m a n n zuerst auf die Idee gekommen, Gummiballons anstatt der früher benutzten Baumwollfirnis-Ballons für aerologische Zwecke zu verwenden. Er stieß auf außerordentliche Schwierigkeiten, weil es früher nicht möglich war, Gummiballons von den notwendigen guten Eigenschaften, d. h. genügender Elastizität und Reinheit des Gummis zu bekommen. Die Gummitechnik mußte erst auf dieses neue Bedürfnis aufmerksam gemacht werden, So ist es den unermüdlichen Versuchen von Geheimrat Aßmann und den ihm nahestehenden Gummifabriken zu verdanken, daß im Laufe der Jahre wirklich passende Gummisorten fabriziert worden sind. Aber der Erfinder der Gummiballons will sich dabei nicht begnügen, sondern hatte auf Anregung der Luftschiffahrts-Ausstellung einen Wettbewerb für Gummiballons ausgeschrieben, für deren Prüfung ein umfangreiches Instrumentarium in dem Mittelraum der Ausstellung des Lindenberger Observatoriums eingerichtet war. Mittels eines Ventilators wurden Gummiballons langsam aufgeblasen, wobei der Volumeninhalt fortwährend durch einen Gasometer gemessen wurde. Durch Bestimmung des Gewichtes sowie des Durchmessers der Ballons vor und nach dem Aufblasen wurde die Ausdehnungsfähigkeit des Gummis festgestellt. Das Kriterium für die Güte gab dann die geringste Platzdicke, d. h. die Dicke der Gummiplatte im Moment des Platzens. Weitere Urteile über die Güte des Gummis sind die Gleichmäßigkeit, mit der die Ballons sich ausdehnen, und das Fehlen von Unregelmäßigkeiten in der Gummiplatte. Alle bedeutenden Gummifabriken hatten zu dem interessanten Wettbewerbe Gummiballons zur Prüfung eingeschickt.

Weitere Sehenswürdigkeiten bietet die Ausstellung des Lindenberger Observatoriums in einigen Vitrinen. Da sah man höchst interessante Registrierkurven, welche mittels Registrierballons, Fesselballons und Freiballons gewonnen sind; auch Drachen verschiedener Art waren ausgestellt. An den Wänden befanden sich, leicht übersehbar, einige Serien von besonders interessanten Kurven welche die Temperaturen über Berlin bis zu mehreren Kilometern Höhe für jeden einzelnen

Fig. 124. Gummiballon-Prüfungseinrichtung des Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg.

Tag während zweier Jahre (1902 und 1903) angaben. In diesen Kurven steckt eine außerordentlich große Summe von Arbeit und zweckmäßiger Organisation. Sie werden eine Fundgrube für meteorologische Forschung für lange Zeit hinaus bleiben. — Ebenfalls an den Wänden aufgehängt sah man eine Reihe von Aquarellen von Professor M. M y l i u s. Sie sollen versuchen, das, was man in der Wetterkunde bisher nicht messen und auch nicht beobachten konnte, wissenschaftlich zu verwerten, nämlich jenes unbestimmte Gefühl für das kommende Wetter, welches jeder dafür Empfängliche aus der Farbenstimmung des Himmels und der Landschaft erhält. Besonders Landwirte und Seeleute, welche täglich im Freien beschäftigt sind und am meisten an der Voraussage des kommenden Wetters Interesse haben, können, ohne sich darüber Rechenschaft zu geben, oft allein nach ihrem Gefühl recht gut das Wetter auf einige Stunden vorhersagen. Professor Mylius hat derartige Wetterstimmungen durch vorzüglich ausgeführte Aquarelle festgehalten. Die Unterschriften zeigten an, welcher Wetterlage das betreffende Stimmungsbild entspricht. Oft waren wenige Stunden nacheinander Aquarelle angefertigt, aus denen dann die Veränderung der Witterung überraschend hervorging.

Diese Aquarelle stellten also einen aner kennenswerten und vielleicht weiter zu verfolgenden Weg dar, wie man jenes unbestimmte Empfinden eines denkenden Naturfreundes in der Wissenschaft verwerten kann.

Erwähnt werden sollen auch noch die Apparate und Registrierungen von der Hochfahrt Bersons und Sürings mit dem Ballon „Preußen“ auf 10800 m. Der Ballon war bekanntlich in der Mitte der Ausstellungshalle aufgeblasen.

Die verschiedenen Methoden und Apparate zur Erforschung der meteorologischen Verhältnisse höherer Schichten, welche in den beiden soeben geschilderten Unterausstellungen zu sehen waren, wurden in einer weiteren Abteilung, der *Aerologischen Station des Physikalischen Vereins*, praktisch durchgeführt. Die Station befand sich auf dem unvollendeten Nordostturme des Ausstellungsgebäudes, etwa in gleicher Höhe mit den drei Kuppeln der übrigen Ecktürme. Es war dort eine Drachenwinde nach Professor Köppen aufgestellt, welche durch einen Elektromotor getrieben wurde, den in dankenswertem Entgegenkommen die Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke hergeliehen hatte. Diese Winden ist für zwei verschiedene Drahtsorten eingerichtet, je nachdem ob mit Drachen oder mit Fesselballon gearbeitet wurde. Die Drachen verlangen etwas kräftigeren Klaviersaitendraht, 0,6 mm oder 0,7 mm stark, während die Fesselballons, welche nur bei schwachem Winde verwandt werden, schon durch Draht von 0,5 mm Durchmesser gehalten werden können. Die Winde war so eingerichtet, daß die sie Geschwindigkeit, mit der der Draht abläuft, den Zug, welchen der Ballon ausübt, und die Menge des abgelaufenen Drahtes abzulesen gestattete. Das Turmzimmer über der Drachenwinde war als Ballonraum eingerichtet. Hier mündete ein Füllrohr, an dessen unterem Ende, einige Stockwerke tiefer, die Wasserstoffflaschen angeschlossen wurden. Die Ballons wurden hier zwischen den einzelnen Aufstiegen aufbewahrt. Es waren deren zwei aus verschiedenem Material vorhanden: einer von 35 cbm Inhalt aus gummiertem Baumwollstoff, von der Firma Metzeler in München dem Physikalischen Verein als Geschenk überwiesen, und ein zweiter von 25 cbm Inhalt aus gefirnißtem Baumwollstoff, beide angefertigt von Käthchen Paulus, Frankfurt a. M.

Über diesem Ballonraum befand sich die Plattform, von welcher die Ballons aufgelassen wurden. In der Mitte war eine durch horizontale Schiebetüren verschließ-

bare Öffnung gelassen, durch welche die Ballons nach der Plattform geschafft wurden, um an dem Draht, welcher von der Winde nach hier oben über Rollen geleitet wurde, befestigt zu werden. Diese Ballons haben bisweilen eine Höhe von nahezu 4000 m erreicht. Sie wurden, wenn die Wetterverhältnisse und die auch sonst sehr in Anspruch genommene Zeit der Beamten es erlaubte, in den Vormittags- oder Nachmittagsstunden aufgelassen. Zum Registrieren der meteorologischen Verhältnisse wurde diesen Ballons ein Meteorograph mitgegeben, der zur Registrierung der Lufttemperatur, des Luftdrucks und der Feuchtigkeit eingerichtet war. Von solchen Apparaten war ein von I. & A. Bosch in Straßburg verfertigter und ein anderer von der Firma Bunge in Berlin vorhanden.

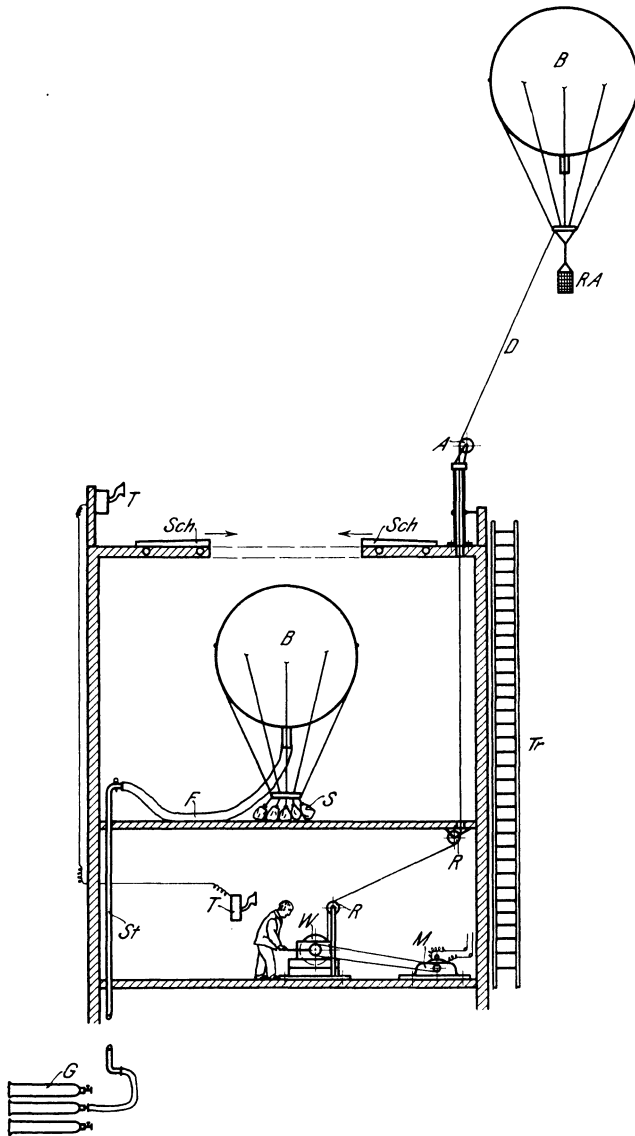


Fig. 125.

Aerologische Station des Physikalischen Vereins.

Die Aerologische Abteilung der Internationalen Luftschiffahrt - Ausstellung enthielt ferner noch die Spezial - Ausstellung des Meteorologischen Observatoriums in

Aachen durch dessen Direktor Herrn Dr. Polis.

Hier war in Diagrammen, Photographien und Zeichnungen die Tätigkeit einer modernen Wetterdienststelle zur Darstellung gebracht. Die einzelnen Modelle zeigten die Neuerungen, welche in Aachen an den Registrierballonaufstiegen angebracht waren. Das Spezialinteresse des Herrn Dr. Polis an der Beschaffung von Radiogrammen von Ozeandampfern war ebenfalls zum Ausdruck gebracht.

Hervorzuheben sind ferner die Ausstellungen des Niedersächsischen Vereins für Luftschiffahrt und des Münchener Vereins für Luftschiffahrt mit ihren prächtigen Photographien und lehrreichen Diagrammen sowie einer Reihe ballontechnisch wichtiger instrumenteller Neuerungen, besonders die Apparate von Freiherrn von Bassus, München, und Dr. Bestelmeyer, Göttingen.

Es bleibt noch übrig, kurz auf die Firmen hinzuweisen, welche in der Aerologischen Abteilung ausgestellt hatten. Da ist in erster Linie die Firma R. Fuß-Steglitz zu nennen, welche eine Kollektion ihrer vorzüglichen meteorologischen Instrumente ausgestellt hat. Besonders interessant waren die Windrichtungssindikatoren, welche in den verschiedenen Ballonhallen, auf dem Flugplatze und auf dem Turm der aerologischen Station die Windrichtung und Windgeschwindigkeit auf einen Blick erkennen lassen. Alle diese Indikatoren wurden von einer Windfahne und einem Anemometer getrieben, die auf dem Turm des Hauptrestaurants aufgestellt waren. Die Übertragung geschah elektrisch. Ferner war die Firma Butenschön, Bahrenfeld, mit ihrem Libellenquadranten vertreten; Hartmann & Braun, Frankfurt, mit Fernthermometern und Fernpsychrometern, besonders ihren Ballongasthermometern, deren Wirksamkeit auf der Temperaturempfindlichkeit eines elektrischen Widerstandes beruht; nicht zuletzt auch die Firma Grünewald, Frankfurt, mit einer Reihe von optischen Instrumenten, Kompassen und Registrierinstrumenten.

Wir haben also gesehen, daß die Aerologie in der Ausstellung ganz besonders gut und würdig vertreten war. Eins nur bleibt bedauerlich: daß infolge der verschiedenen Spezialausstellungen, welchen besondere Räumlichkeiten zugewiesen werden mußten, die einzelnen Ausstellungen der Abteilung weit voneinander entfernt untergebracht waren, so daß man einen Gesamteindruck über diesen Teil der Ausstellung erst bei einem genauen Studium und bei häufigeren Besuchen gewinnen konnte.

II. Ausstellung von Flugorganen der Tiere und Pflanzen.

Veranstaltet durch die

Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, Frankfurt a. M.

Von

Dr. H. Merton-Heidelberg.

Wenige Monate vor Eröffnung der „Ila“ erging die Anregung, eine Sonderausstellung zu veranstalten, in der alle diejenigen Einrichtungen, die es den verschiedensten Organismen ermöglichen, sich auf größere oder geringere Entfernungen hin in der Luft zu halten, zusammengestellt werden sollten. Eine derartige Ausstellung, die veranschaulichen sollte, in welcher Weise das Flugproblem in der Natur gelöst worden ist, durfte mit Recht ein besonderes

Interesse beanspruchen, denn gerade das Problem des Tierfluges hat neuerdings für die Aviatik eine große Bedeutung gewonnen, und sowohl theoretische Untersuchungen über den Flug der Tiere, als auch die Konstruktion der verschiedenen Flugmechanismen haben der Technik mancherlei Anregung gegeben.

In voller Würdigung der Bedeutung dieser Fragen hatte sich die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft entschlossen, soweit es in Anbetracht der Kürze der Zeit anging, eine Ausstellung von Flugorganen der Tiere und Pflanzen zu veranstalten. Hier ist wohl zum ersten Mal der Versuch gemacht worden, in Form einer Ausstellung in dieses Gebiet einen Einblick zu verschaffen; aus diesem Grund mußte auch die Zusammenstellung und Beschaffung der geeigneten Objekte einige Schwierigkeiten verursachen. Die Präparate, Abbildungen und Tafeln konnten größtenteils nicht aus den Beständen des Museums entnommen werden, sondern mußten speziell für die Zwecke der Ausstellung hergestellt werden. Nicht unwesentlich wurde diese Aufgabe dadurch erleichtert, daß eine Anzahl von Gelehrten von Ruf in bereitwilligster Weise dem Unternehmen mit Rat und Hilfe zur Seite standen. Alle diese Herren, die sich um das Zustandekommen der Ausstellung so verdient gemacht haben, (ihre Namen waren in dem Ausstellungskatalog einzeln angeführt) dürfen des aufrichtigen Dankes der Gesellschaft versichert sein.

Die Ausstellung sollte neben der Vorführung einzelner Flugtypen aus dem Tier- und Pflanzenreich, ihre Konstruktion und ihre Wirkungsweise dem Verständnis näherbringen, ferner noch veranschaulichen, in welcher Weise sich wohl im Organismenreich aus einfachen Fallschirmvorrichtungen und primitiven Gleitfliegern Flugmaschinen von höchster Vollkommenheit entwickelt haben.

Unter den Pflanzen besitzen nur die Früchte und Samen besondere Einrichtungen, um sich längere Zeit in der Luft zu halten, und zwar ist es der Natur gelungen, auf sehr verschiedene Weise das gleiche Ziel zu erreichen. Es ist durchaus nicht notwendig, daß der Samen besondere Vorrichtungen besitzt, um in der Luft zu schweben. Erinnern wir uns nur an die Unmenge von Pilz- und Bakteriensporen, die durch die Luft getragen werden. Ihre winzige Größe und ihr geringes spezifisches Gewicht ermöglichen es diesen Gebilden, sich in der Luft zu halten. Dabei wird das spezifische Gewicht der Sporen vielfach noch dadurch verringert, daß sich zwischen Spore und Hülle ein lufthaltiger Raum befindet. Es sei hier auch erwähnt, daß eine große Zahl von Pflanzen auf die Beförderung ihres Blütenstaubs durch den Wind angewiesen sind (z. B. Gräser, Coniferen), und manche Pflanzen, wie z. B. die Orchideen, staubfeinen Samen besitzen, der durch den leisesten Luftzug fortgetragen werden kann.

In allen diesen Fällen wird die Sinkverzögerung durch geringe absolute Größe erzielt; die Grenze nach oben ist sehr niedrig. Bei den Samen und Früchten, die nicht mehr zu dieser Kategorie gehören, müssen besondere scheibenartige oder flügelartige Fortsätze ausgebildet sein, damit sie nicht, dem Gesetz der Schwere folgend, senkrecht zu Boden fallen. Eine besondere Tabelle illustrierte, wie bedeutend die Fallverlangsamung ist, die durch Fallschirm- und Flügelvorrichtungen erzielt wird. Auf der Tabelle waren neben-

einander aufgeführt: die Fallzeit eines Samens mit Schwebevorrichtung und die Fallzeit der Nuß allein. Dabei ergab sich denn, daß beispielweise die Frucht des Götterbaumes (*Ailanthus*), sie gehört zur Gruppe der Rotationsfallschirme, 5,66 mal so lange braucht, um eine Höhendifferenz von 6 m zu durchmessen, als die Nuß allein, und daß der Samen einer Liane (*Bignonia echinata*), die zu den Gleitfliegern ohne Motor (Segelflieger) zu rechnen ist, für den gleichen Höhenabstand 8,2 mal soviel Zeit braucht wie die Nuß allein.

Hieraus geht hervor, welche Bedeutung diesen Schwebeeinrichtungen zukommt; natürlich darf auch bei diesen Samen das Gewicht nur gering sein. Der Hauptanteil vom Gewicht des Gesamtkörpers entfällt auf den Samen bzw. die Früchte selbst, während die besonderen Schwebeapparate selbst sehr leicht sind; sie sind nur dazu da, der Luft einen möglichst großen Widerstand entgegenzusetzen und dadurch den Fall zu verlangsamen. Ist aber der Samen an seinem Bestimmungsort angelangt, dann zerfallen bald die nunmehr bedeutungslos gewordenen Anhänge. Wie lange die Luftfahrt eines Samens dauert, darüber läßt sich Bestimmtes nicht aussagen; zunächst richtet sich das natürlich nach der Vollkommenheit des Schwebeapparats, dann spielen aber auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Windstärke hierbei eine entscheidende Rolle, und es ist schwer zu entscheiden, ob ein System unbedingt den Vorzug verdient.

Eine außerordentlich große Verbreitung besitzen die Fallschirme, die sehr verschiedene Formen haben können, und aus feinen Härchen, Haarbüscheln, kleinen Federchen und mannigfach gestalteten Membranen bestehen. Sie dienen alle dazu, die Samenhülle flächenhaft zu vergrößern. Der Samen selbst ist meist an dem einen Pol des Fallschirmes befestigt und kann an einem besonderen Stiel aufgehängt sein (Löwenzahn). Man darf, wenn die Klassifikation nach physiologischen Gesichtspunkten vorgenommen wird, nicht nur alle regelmäßig gebauten Fallschirmvorrichtungen zu dieser Kategorie rechnen; dazu gehören auch die Pflanzensamen, deren Samenhülle ganz oder teilweise von einer Unmasse feiner Haare besetzt ist, so daß der Samen in eine wollige Flocke oder eine Hülle aus seidigen Haaren eingebettet ist (Baumwollstaude, Pappel usw.). Alles zusammengenommen, kann man vier verschiedene Typen von Fallschirmen unterscheiden: die Blasenflieger, Haarflieger, Napf- und Schirmflieger. Bei allen diesen Körpern liegt der Schwerpunkt in der Vertikalaxe, und zwar häufig dem unteren Pol genähert, so daß sich der Fallschirm in ganz bestimmter Weise im Luftraum einstellt. Die Fall-Linie ist bei allen mit einfachen Fallschirmvorrichtungen versehenen Samen — vollkommene Windstille vorausgesetzt — eine senkrechte Linie.

Eine große Gruppe von Früchten und Samen, die flügelartige Fortsätze besitzen, faßt man als Rotationsfallschirme zusammen. Bei ihnen ist die Fall-Linie meistens keine Senkrechte, sondern verläuft in verschiedenartigen Schraubenlinien, je nach der Beschaffenheit der Frucht. Auch bei den Rotationsfallschirmen kann man vier verschiedene Typen unterscheiden. Die Walzendrehflieger; bei diesen sind die Flügel, in verschiedener Zahl bei den einzelnen Arten, radiär angeordnet. Zu den Plattendrehfliegern gehört z. B. die Frucht

des Götterbaumes, die von zwei seitlichen Flügeln eingefaßt wird, welche derartig schraubenförmig gekrümmt sind, daß die Frucht beim Fall eine eigentümlich wirbelnde Bewegung erhält. Nun gibt es aber auch viele Früchte mit nur einseitig ausgebildetem Flügel; bei diesen hat der Schwerpunkt eine stark exzentrische Lage, und der Flügel rotiert beim Fall um die Nuß als Achse. Das sind die beiden Typen der Schraubendrehflieger (Frucht der Esche) und der Schraubenflieger (Halbfrucht des Ahorns).

Bisher haben wir nur Früchte und Samen kennen gelernt, bei denen, sei es durch geringe absolute Größe oder durch besondere Einrichtungen, wie Fallschirme und Rotationsfallschirme, „einfache Sinkverzögerungen“ hervorgerufen werden. Die Gleitflieger ohne Motor sind eine zweite, wenn auch viel weniger verbreitete Schwebereinrichtung im Pflanzenreich. Zwei charakteristische Vertreter dieses Typs sind die Samen einer Liane (*Bignonia echinata*) und die Samen von *Zanonnia javanica*. Bei diesen Gleitfliegern ist der stark abgeplattete Samen in die dünne membranartige Gleitfläche eingebettet, und diese Körper sind zum Teil so konstruiert, daß sie sich von der Abflugstelle in nahezu horizontaler Richtung fortbewegen, um dann in weiten Spiralen den Boden zu erreichen.

An Hand einer reichhaltigen Sammlung verschiedener Arten von Samen, Früchten und Fruchtständen mit Flugvorrichtungen konnte man sich hierüber genau unterrichten. Einzelne charakteristische Formen waren auf Wandtafeln abgebildet, und einige Tabellen orientierten darüber, welcher Kategorie von Schwebearrangen ein bestimmtes Objekt zuzurechnen sei (nach Dingler und Pütter), andere illustrierten die Fallbahn einiger Schwebetypen, wie sie durch die Wirkung der Schwerkraft und durch den Luftwiderstand bestimmt wird.

Alle Schwebereinrichtungen im Pflanzenreich dienen also dazu, den Fall zu verlangsamen, aber viele von diesen Gebilden können bei geeigneten Luftströmungen meilenweit durch die Luft fortgetragen werden. Nur diese passive Art der Fortbewegung durch die Luft ist bei den Pflanzen vorgesehen. Aus eigener Kraft können sich die Früchte und Samen nicht vorwärts bewegen. Ein Motor fehlt ihnen, und so wird ein Samen wie ein Freiballon vom Winde fortgetragen. Der Samen mit seinen Flugeinrichtungen ist zwar schwerer als Luft, aber die Art seiner Fortbewegung setzt seinem Gewicht eine niedrige Grenze.

Derartige Flugeinrichtungen fehlen im Tierreich vollkommen. Wenigstens gibt es keine Tiere von geringem Körpergewicht, wie z. B. die Insekten, die Schwebereinrichtungen besitzen, die auf eine passive Fortbewegung durch die Luft zugeschnitten wären. Dabei kommen natürlich Fälle, wo Fluchttiere durch den Sturm weit fortgetrieben werden, hier nicht in Betracht. Alle jene Tiere, die Gleitflugvorrichtungen besitzen, haben ein viel größeres Gewicht wie die Gleitflieger im Pflanzenreich, und ihre Gleitflächen sind verhältnismäßig nur schwach ausgebildet. Diese Tiere können ihre Gleitflächen nur dazu benutzen, um bedeutend weitere Sprünge auszuführen, wie ihnen das ohne dieselben möglich wäre; aber die Gleitflächen reichen nicht dazu aus, daß diese Tiere

etwa wie ein Drachen, der von einem Luftzug ergriffen wird, vom Boden aus mit Hilfe des Windes sich in die Luft erheben können.

Im Tierreich gibt es nur wenige Gleitflieger ohne Motor. Die meisten Tiere, die sich frei durch die Luft fortbewegen, haben sich schon zu vollendeten Fliegern entwickelt, die sich freilich sehr verschiedener Systeme bedienen. Wir wollen aber zunächst diejenigen Tiere betrachten, die es nicht so weit gebracht haben, die Anfänger, die von ihrer Abflugstelle durch die Luft schräg nach abwärts gleiten. In der großen Klasse der Insekten gibt es keine einzige Art, die wir zu dieser Kategorie rechnen dürfen. Die wenigen Vertreter dieses Systems gehören verschiedenen Klassen der Wirbeltiere an.

In Ostindien gibt es eine auf Bäumen lebende Eidechse, (*Draco*), bei der seitlich am Rumpf zwischen den vorderen und hinteren Gliedmaßen halbkreisförmige Hautlappen ansitzen, die von sogenannten falschen Rippen gestützt werden. Diese Rippen können entweder dem Körper anliegen, dann ist die zwischen ihnen ausgespannte Haut fächerförmig zusammengefaltet (Ruhestadium), oder sie sind, wenn die Eidechse einen Sprung ausführt, ausgebreitet; diese beiden seitlich ausgespannten Gleitflächen befähigen die Eidechse, sich etwas länger, wie ihr das sonst möglich wäre, in der Luft zu halten.

Unter den Säugetieren gibt es in verschiedenen Ordnungen Gleitflieger ohne Motor. Bei diesen ist die Flughaut, wie sie hier bezeichnet wird, zwischen den vorderen und hinteren Gliedmaßen ausgespannt. So bei den Flugbeutlern, kleinen Eichhörnchen-ähnlichen Tieren, die mit Hilfe ihrer Flughaut 20 und 30 m weite Sprünge durch die Luft ausführen können. Außerdem gibt es verschiedene Nagetiere, wie die Flughörnchen, bei denen die Flughaut auch noch zwischen Hals und Vorderbeinen ausgespannt ist; die ausgebildetste Flughaut finden wir bei dem Vertreter einer besonderen Ordnung, dem Flattermaki (*Galeopithecus volans*), bei dem die Begrenzungslinie der Flughaut vom Hals zu den Zehen der vorderen Gliedmaßen, von da zu den Zehen der hinteren Gliedmaßen und von dort bis an das Ende des ziemlich langen Schwanzes verläuft. Die Flughaut des Flattermaki ist demnach sehr entwickelt und vergrößert bedeutend die Unterfläche des an sich schlanken Tieres. Der Flattermaki ist imstande, bei seinen Gleitflügen kurze flatternde Bewegungen auszuführen und dadurch seine Bewegungsrichtung zu ändern. Hier lernen wir zum erstenmal eine Flugvorrichtung kennen, die aktiv bewegt werden kann.

Auch der sog. javanische Flugfrosch (*Racophorus javanicus*) kann seine Flughäute, die im allgemeinen nur als Gleitflächen benutzt werden, rasch und kräftig bewegen und dadurch noch während des Abgleitens Richtungsänderungen hervorrufen. Bei diesem auf Bäumen lebenden Laubfrosch werden die zwischen den Zehen stark entwickelten Schwimmhäute als Flughäute verwandt, und beim Flug gibt der Frosch seinen Gliedmaßen eine derartige Stellung, daß der Körperumfang durch die Flughäute bedeutend vergrößert wird (nach Siedlecki).

Wir wenden uns jetzt zu den niedersten Wirbeltieren, den Fischen. Auch unter ihnen, deren eigentliches Element das Wasser ist, gibt es einige Formen, die sich vorübergehend in die Luft erheben können. Es sind die

beiden Gattungen *Dactylopterus* und *Exocoetus*, die im Mittelländischen Meer und vor allem in tropischen Meeren vorkommen. Hundert bis zweihundert Meter weit können sich die fliegenden Fische über dem Wasser halten. Mit der Schwanzflosse als Motor wird der Körper mit kräftigem Schlag aus dem Wasser herausgeschwimmt; der Fisch erhebt sich durch diesen Sprung wenige Meter über den Meeresspiegel, um sich dann mit ausgebreiteten Brustflossen allmählich auf seiner Bahn durch die Luft immer mehr dem Wasser zu nähern, und schließlich wieder in das Meer einzutauchen. Die Brustflossen sind bei diesen Fischen zu großen Gleitflächen umgebildet, und wie bei dem Flugdrachen die Rippen, so dienen hier die Flossenstrahlen als Stützen für die Flughaut. Die Schwimmbewegungen der Fische haben mit den Flugbewegungen viel Ähnlichkeit, und es läge nahe anzunehmen, daß die fliegenden Fische mit ihren großen Brustflossen auch beim Flug rudernartige Bewegungen ausführen. Das scheint jedoch nicht zuzutreffen; die zitternden Bewegungen der Brustflossen, die man bei den fliegenden Fischen beobachtet hat, sollen passiver Natur sein und durch die Einwirkung des Flugwindes zustande kommen (nach Ahlborn).

Diese Fähigkeit einiger Fische, sich in die Luft zu erheben, ist schon eine Erwerbung von altersher. Aus früheren Erdperioden kennt man die fossilen Reste verschiedener fliegender Fische, die die jetzt lebenden Formen an Größe zum Teil noch übertreffen.

In der gleichen Abteilung mit den hier besprochenen Flugtieren, die die Anfänge und die Entwicklung des Tierfluges veranschaulichen sollen, waren auch die Fledermäuse ausgestellt; verschiedene Arten europäischer Fledermäuse in Flug- und Ruhestellung, und als Vertreter der fliegenden Hunde ein Kalong; diese Flattertiere erreichen eine Spannweite von 150 cm. Die oben besprochenen Flugtiere, die Fische ausgenommen, leben ausschließlich auf Bäumen und kommen nur selten mit dem Boden in Berührung. Sie springen von einem Baum zum andern, wobei ihnen die Ausbildung ihrer Flugapparate sehr zustatten kommt. Wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir annehmen, daß sich auch die eigentlichen Flieger aus solchen auf Bäumen lebenden Tieren entwickelt haben. So auch die Fledermäuse, die wir hier betrachten. Wenn eine Fledermaus vom Boden aus auffliegen will, muß sie ein umständliches Manöver ausführen, wenn ihr das gelingen soll; hängt sie dagegen an einem Ast oder einer Felswand, so kann sie jederzeit mühelos ihre Flügel ausbreiten; sie braucht sich dann nur, wenn sie sich zum Fliegen anschickt, von ihrem Aufhängepunkt etwas fallen zu lassen. Der Flug der Fledermäuse hat etwas Unruhiges, denn ständige Ruderbewegungen sind nötig, um das Tier in der Luft zu halten. Dadurch wird der Flug auch recht anstrengend, wenig ausdauernd und erfordert einen ziemlichen Aufwand an Energie. Nur die fliegenden Hunde und ihre Verwandten können längere Zeit fliegen, ohne dazwischen ausruhen zu müssen. Sie sind auch die einzigen Fledermäuse, die bei ruhigen Windverhältnissen streckenweise segelnd sich durch die Luft vorwärts bewegen können.

An dem Skelett der Fledermause fällt vor allem die starke Entwicklung der Hand auf, weshalb sie auch Handflügler (*Chiroptera*) genannt werden.

Schon der Unterarm ist bedeutend verlängert, und die Fingerglieder der vier hinteren Finger sind lang ausgezogen. Nur der Daumen ist kurz geblieben und mit der starken Kralle am Ende desselben hängt sich das Tier auf. Zwischen den vier Fingern, den Armen und Beinen ist die Flughaut ausgespannt und bei vielen Formen (nicht bei den fliegenden Hunden) auch noch zwischen den Beinen und dem Schwanz. Die Flughaut ist sehr elastisch und besteht im wesentlichen aus einer Hautduplikatur, die als eine Fortsetzung der Körperbedeckung aufzufassen ist.

Diese Flattertiere haben auch schon in früheren Erdperioden (Tertiär) existiert; aber schon einmal, in einer noch weiter zurückliegenden Epoche, hat es auf der Erde Tiere gegeben, die sich mittels Flughäuten in die Luft erhoben, die aber zu den Fledermäusen in keinerlei verwandtschaftlichen Beziehungen stehen. Das waren die Flugsaurier (Pterosaurier), die zu den Kriechtieren gerechnet werden. Kein Vertreter dieser Gruppe hat sich bis in unsere Zeit hinüber gerettet. Wir kennen die Flugsaurier nur aus den versteinerten Resten ihrer Skelette und Abdrücken ihrer Flughaut. Sie lebten in der Jura- und Kreidezeit und waren längst erloschen, als die jetzt noch existierenden Flattertiere zuerst auftraten. Der Natur ist es demnach zweimal gelungen, in zwei verschiedenen Klassen des Stammes der Wirbeltiere, das Flugproblem auf ähnliche Weise zu lösen. In Europa lebten der kurzschwänzige Pterodactylus und der langschwänzige Rhamphorhynchus, die etwa Tauben- bis Adlergröße erreichten. Es gab aber unter den Flugsauriern auch Arten von gewaltiger Größe, die an Spannweite die größten jetzt lebenden Vögel noch weit übertrafen. Diese riesigen Flugsaurier, die in den Kreideschichten Nordamerikas vorkommen, sind zugleich die größten Tiere, die sich jemals in die Luft erhoben haben. Auf zwei großen Tafeln von 8 m Breite und 3 m Höhe waren diese Riesenflugsaurier (*Ornithostoma*) in Lebensgröße abgebildet. Auf der einen Tafel (verkleinerte Wiedergabe siehe Fig. 126) war der Flugsaurier nach einer Rekonstruktion fliegend dargestellt, von vorn und von der Seite gesehen, auf der anderen (verkleinerte Wiedergabe siehe Fig. 127) ein Skelett des *Ornithostoma* mit ausgebreiteten Armen und darunter zum Vergleich das Skelett eines Kondors. Der Kondor findet mit ausgebreiteten Armen, einschließlich der Länge der Schwungfedern, unter dem einen Arm des *Ornithostoma* bequem Platz. Auch bei den Flugsauriern ist die Flughaut wie bei den Fledermäusen zwischen Armen und Beinen ausgespannt gewesen, aber die einzelnen Finger waren nicht in die Flughaut eingeschaltet, nur der fünfte Finger war stark verlängert; er bildete zusammen mit dem Arm die vordere Ansatzfläche für die Flughaut. Die übrigen vier Finger sind kurz geblieben und waren außer dem Daumen mit Krallen ausgerüstet. Die Gestalt der Flügel war bei den einzelnen Flugsauriern sehr verschieden. Wahrscheinlich gab es auch unter ihnen gute und schlechte Flieger. Die hier beschriebenen Verhältnisse waren an einigen Originalen und Gipsabgüssen kleinerer Flugsaurier zu erkennen.

In der gleichen Periode, in der die Flugsaurier die Luft belebten, tauchte noch ein anderes Fluchtier auf, mit Flügeln aus ganz anderem Material; es besaß richtige gefiederte Flügel. Zum ersten Male finden wir hier Federn

als Körperbedeckung und an den vorderen Gliedmaßen und am Schwanz Federn von besonderer Stärke, in Reihen nebeneinander angeordnet und dazu geeignet, dem Tier den Flug zu ermöglichen. Der Besitz von Federn spricht für die Vogelnatur des *Archaeopteryx*, und manche Forscher betrachten ihn auch als einen echten, aber sehr tief stehenden Vogel. Eine Reihe von Merkmalen im Skelettbau sprechen mehr für ein Reptil; so gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir ihn als ein Bindeglied zwischen echten Vögeln und eidechsenartigen Reptilien ansehen, da er Merkmale beider Tierklassen in sich vereinigt. Über den Bau des *Archaeopteryx* wissen wir Genaueres nur durch

Fig. 126.

zwei Skelette, die im lithographischen Schiefer von Solnhofen und Eichstätt gefunden wurden. Von anatomischen Merkmalen sei erwähnt, daß der Schädel durchaus vogelähnlich ist. Die Kiefer sind aber mit feinen Zähnen besetzt; weiter besitzt der *Archaeopteryx* einen langen, aus zahlreichen Wirbelkörpern bestehend Schwanz, der die Rumpfwirbelsäule an Länge übertrifft. Die Finger der vorderen Gliedmaßen sind nicht miteinander verschmolzen, wie bei allen jetzt lebenden Vögeln, sondern bleiben frei und endigen in Krallen. Diese drei freien Finger konnten zum Klettern benutzt werden, denn allem Anschein nach war der *Archaeopteryx* ein Klettertier, das seine Flugvorrichtungen vor allem als Gleitflächen benutzte, um damit größere Sprünge auszuführen. Auch der lange gefiederte Schwanz muß das Flugvermögen ungünstig beeinflußt haben. (Hierzu waren ausgestellt: Abbildungen von Rekonstruktionen des *Archaeopteryx*-Skeletts und des ganzen Tieres, daneben ein Gipsabguß des Berliner Exemplares mit Erklärungstafeln.)

Wir wenden uns jetzt zu den Vögeln selbst. Bevor wir den Vogel als Ganzes betrachten, wollen wir erst einiges von seiner Organisation kennen lernen, soweit es für das Verständnis des Vogels als Flugtier notwendig erscheint. Man unterscheidet bei den Vögeln hauptsächlich zwei Arten von Federn: Deck- oder Konturfedern und Flaumfedern. Die ersterwähnten sind große mit steifen Kielen versehene Federn, die den Flügeln und dem Schwanz ihre Umrisse verleihen. Die Flaumfedern liegen der Haut dicht an und bedecken den größten Teil der Körperoberfläche.

An dem Federkiel unterscheidet man die Spule, das ist der stärkste Teil der Federachse, der an dem Knochen ansitzt, und als Fortsetzung desselben nach oben, den Schaft, der sich nach außen immer mehr verjüngt. Die Feder ist infolgedessen an ihrem freien Ende bedeutend biegsamer wie an der Basis. Die beiden Flächen zu beiden Seiten des Schafts bezeichnet man als die Fahne, die von schräg aufwärts steigenden Seitenästen gebildet wird. Diese tragen wieder Nebenäste oder Fasern, die mit ineinandergreifenden Häkchen und Bogenfasern besetzt sind. Durch diese Art der Konstruktion besitzt die Fahne eine bedeutend größere Elastizität, wie sie der Flughaut zukommt. Ein weiterer

Fig. 127.

Vorteil besteht in Folgendem: Wird die Elastizitätsgrenze überschritten, dann entsteht in der Fahne ein Riß in der Richtung der Seitenäste, denn die Häkchen und Bogenfasern sind ja nur ineinandergehakt und können bei starkem Zug ihre Verbindung lösen. Streicht man über eine Feder von unten nach oben und gleichzeitig in der Richtung der Seitenäste, so ist die Verankerung wieder hergestellt, der Spalt ist verschwunden. Diese Erscheinung ist wohl jedem bekannt, der beobachtet hat, wie Schwäne oder Enten mit dem Schnabel ihre Federn in Ordnung bringen.

Eine Schwungfeder, von der Seite betrachtet, besitzt eine bestimmte Krümmung, deren Konkavität nach unten gerichtet ist. Die einzelnen Schwungfedern sitzen ziemlich nahe nebeneinander und decken sich dachziegelig, und der ganze Flügel erhält, abgesehen von einer Wölbung von seiner Ansatzstelle nach dem freien Ende zu, auch eine Krümmung von seinem vorderen Rand nach hinten (namentlich bei Rudervögeln).

Die Schwungfedern stecken mit ihren Spulen fest in röhrenförmigen elastischen Scheiden, die mit dem Skelett innig verknüpft sind. Je nachdem die Schwungfedern an dem Handskelett oder am Unterarm ansitzen, bezeichnet man sie als Handschwingen und Armschwingen. Am Oberarm sitzen die sogenannten Achselchwingen, die den Schulterfittich bilden. Keine einzige Schwungfeder ein und desselben Flügels ist der andern gleich, und wir können zum Beispiel, wenn wir die Feder eines Reihers finden, mit ziemlicher Genauigkeit angeben,

Fig. 128.

an welcher Stelle sie am Flügel ansitzen muß. Die beiden Teile der Fahne sind bei den inneren Schwingen noch nahezu gleichgroß. Bei den äußeren Armschwingen ist der Vorderbart schon bedeutend schmaler; bei den äußersten Handschwingen ist der Vorderbart auf einen ganz schmalen und steifen Rand reduziert. Die Schwungfedern werden also nach außen hin immer asymmetrischer. Der Federschaft liegt jeweils an der Stelle des stärksten Luftdruckes für jede einzelne Feder.

Betrachten wir den Flügel des Vogels als Ganzes: Arm und Hand bilden den vorderen Rand des Flügels, und an ihnen sitzen die Schwungfedern die seitlich und nach hinten ausstrahlen. Die Spalträume zwischen den Spulen werden an der Ober- und Unterseite des Flügels durch einige Reihen enganschließender Deckfedern verschlossen. Die Skeletteile sind so in die Flugfläche eingeschaltet, daß sie ziemlich nahe dem vorderen Rand des Flügels zu liegen kommen. Die einzelnen Teile bilden selbst bei dem ausgestreckten Flügel noch stumpfe Winkel miteinander, sind aber auch gelenkig verbunden; so wird die Flugfläche durch das Skelett ausgesteift und auch lenkbar gemacht. (Die hier beschriebenen Verhältnisse konnten an verschiedenen Präparaten studiert werden. Aufgestellt waren Präparate von einzelnen Schwungfedern, von der Fläche und von der Seite gesehen, Serien von Schwungfedern, Flügelpräparate verschiedener Art, um zu zeigen, wie die Schwungfedern am Knochen ansitzen; ferner ein Präparat, an dem der Verlauf des Flügel skeletts im Flügel zu sehen war u. a. m.)

Der Vogelflügel hat also eine ausgeprägt unsymmetrische Gestalt. Die Biegefestigkeit des Flügels ist am vorderen Rande am größten, nach hinten zu wird sie immer geringer. Daraus erklärt es sich, daß der Vogel durch jeden Flügelschlag nach vorn getrieben wird. Am besten kann man sich das an einem künstlichen Flügel klarmachen, den man auf folgende Weise herstellt. Man nimmt einen etwa 2 m langen elastischen Stock und bindet an dessen eines Ende eine Schnur, biegt dann den Stock etwas und befestigt das andere Ende der straffgezogenen Schnur etwas oberhalb vom anderen Stockende, während der Stock gekrümmt bleibt; bespannt man nun noch den Raum zwischen dem gekrümmten Stock und der Schnur mit Leinwand, so hat man damit einen künstlichen Flügel, der im Prinzip mit dem Vogelflügel übereinstimmt (nach Ahlborn). Nimmt man den künstlichen Flügel mit horizontal gestellter Fläche in die Hand und schlägt senkrecht nach unten, dann wird der Flügel die Hand in der Richtung des Stocks ziehen, und das ist bei dem künstlichen Flügel, verglichen mit dem Vogelflügel, nach vorn. Der Niederschlag eines Vogelflügels hat also eine Ablenkung desselben nach seinem vorderen Rande zur Folge, und zwar beruht das darauf, daß die Kraft, die den Flügelschlag bewirkt, an dem Arm und Handskelett ansetzt. Zwei künstliche Flügel lagen zur freien Benutzung auf einem Tisch, und jedem Besucher stand es frei, den eben geschilderten Versuch auszuführen.

Daneben stand ein Apparat, bei dem ein senkrecht gestellter Taubenflügel mittels einer Kurbel in schnell schlagende Bewegung versetzt werden konnte. Man sah dann wie die Seidenpapierstreifen, die rechts und links von dem Flügel

aufgehängt waren, wenn dieser in Bewegung versetzt wurde, nach der gleichen Richtung, und zwar nach rechts, getrieben wurden (nach Exner). Der Flügel war so aufgestellt, daß sein Vorderrand dem Beschauer zugekehrt war. Es wurde also durch die Flügelbewegung ein Luftzug in der Richtung nach abwärts erzeugt; die über dem Flügel befindlichen Papierstreifen wurden gewissermaßen angezogen, die unter demselben wurden weggeweht. Durch dieses ständige Nachabwärtspressen der Luft bei jedem Flügelschlag gelingt es dem Vogel, sich in der Luft zu halten; ja er erhält dadurch, daß sich die Luft unter dem Flügel staut, erst den richtigen Auftrieb und kann nun je nach der Art seiner Körperlage und der Stellung seines Schwanzes verschiedene Höhen aufsuchen. Daß hierbei noch eine Anzahl anderer Faktoren mitwirken, die hier nicht näher besprochen werden sollen, sei nebenbei erwähnt.

Der hier beschriebene Vorgang dürfte sich am lebenden Flügel noch vollkommener abspielen wie an unserem Apparat, und zwar aus folgendem Grund: Wir haben oben gesehen, daß die einzelnen Schwungfedern dachziegelig übereinander greifen, und zwar deckt jedesmal die innere Schwungfeder die nächst folgende nach außen mit einem Teil ihres Bartes, so daß diese Federn eine zusammenhängende Fläche darstellen. Wird nun der Flügel nach unten geschlagen, so preßt eine Feder auf die andere, und es ist keine Lücke vorhanden, durch die die unter dem Flügel befindliche Luft nach oben entweichen könnte. Wird der Flügel dagegen nach oben bewegt, so entstehen zwischen den einzelnen Schwungfedern Spalten, durch die die über dem Flügel befindliche Luft durch denselben hindurchtreten kann. Wir können die Stellung der Federn in beiden Phasen mit einer Jalousie vergleichen, wenn sie geöffnet und geschlossen ist. Die verschiedene Stellung der Schwungfedern wird dadurch möglich, daß dieselben, obwohl sie am Skelett ansitzen, eine geringe Drehung um ihre Längsachse erfahren können. Durch diese Einrichtung bleibt der Luftstrom nach abwärts ziemlich konstant, und der Vogel hat bei dem Heben des Flügels einen bedeutend geringeren Luftwiderstand zu überwinden.

Wir betrachten jetzt das Knochengüst der Vögel. Bei der Mehrzahl der auf dem Boden lebenden Wirbeltiere sind die meisten Knochen des Rumpfes gelenkig miteinander verbunden, bei den Vögeln hingegen ist das Rückgrat starr, und auch alle anderen Knochen stehen in festem Zusammenhang. Das starre System ist hier zum Prinzip geworden. Beim Flug erhalten auch diejenigen Skeletteile (abgesehen von den Flügelknochen,) die an sich in gelenkiger Verbindung stehen, eine starre Stellung. Der Hals wird eingezogen oder steif nach vorn gehalten, und in gleicher Weise werden auch die Beine eingezogen oder nach hinten gestreckt.

Ein Vergleich mit dem Skelett der übrigen Wirbeltiere lehrt weiter, daß bei den Vögeln auch eine starke Verkürzung des Schwanzes eingetreten ist. Der lange Schwanz, wie er beim Archaeopteryx noch vorhanden war, mußte das Körpergewicht unnötig vergrößern und den Flug hemmen. Infolgedessen ist die Zahl der Wirbel der Schwanzwirbelsäule bedeutend verringert worden, und die wenigen Wirbel, die jetzt noch vorhanden sind, sind starr untereinander

und mit dem Rumpfe verbunden. Schließlich hat auch das Handskelett wesentliche Veränderungen erfahren; als Gehwerkzeug und Greiforgan hat es seine Bedeutung vollkommen eingebüßt, und die meisten Rückbildungen und Verschmelzungen der einzelnen Knochenelemente sind darauf gerichtet gewesen, das Handskelett in eine Leiste zu verwandeln, die den Schwungfedern passende Ansatzstellen bieten kann. Die Knochen des Ober- und Unterarms, der Schultergürtel und das Brustbein sind dagegen durch ihre engen Beziehungen zum aktiven Teil des Flugmechanismus außerordentlich entwickelt. Auf dem Brustbein sitzt eine besondere Leiste (*Crista sterni*), die bei den einzelnen Vogelgattungen verschieden stark ausgebildet ist; durch sie werden die Ansatzflächen für die Flugmuskulatur bedeutend vergrößert. Es ist einleuchtend, daß für die recht beträchtlichen Kraftaufwendungen, die nötig sind, um den Vogel in die Luft zu heben, auch entsprechende Energiemengen von einem starken Motor geliefert werden müssen. Daher ist die Brust- und Armmuskulatur der meisten Vögel sehr entwickelt.

Man kann wohl sagen, daß der starre Bau des Rumpfes und die starke Entwicklung der Armknochen durch die Leistungen, die der Vogel als Flügeltier vollbringt, bedingt werden. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß das Skelett des Vogels die einzige Möglichkeit darstellt, wie überhaupt das Gerüst eines solchen Fliegers beschaffen sein könnte. Ein Prinzip würde aber in jedem Fall für den Aufbau des Skeletts maßgebend sein, und das wäre: möglichst große Festigkeit bei äußerster Sparsamkeit in der Verwendung des Materials; denn jede unnütze Erhöhung des Gesamtkörpergewichts würde auch eine Vermehrung der Arbeitsleistung nötig machen. Das Skelett vieler Vögel ist dadurch relativ leicht geworden, daß fast alle Knochen im Innern hohl sind oder höchstens von einem schwammigen Gerüst durchsetzt werden. Man spricht bei den Vögeln von *pneumatischen Knochen*, weil sie im Innern mit Luft gefüllt sind, während die Skelettelemente der meisten auf dem Boden lebenden Wirbeltiere, aber auch verschiedener Vögel, z. B. des Vogelstraußes, viel massiver und schwerer sind.

Bei den jetzt lebenden Wirbeltieren, die Vögel ausgenommen, sind fast alle Knochen ganz massiv oder mit Mark gefüllt. Die Knochen der Vögel erhalten dadurch, daß sie hohl sind, größere Festigkeit und Elastizität, und gleichzeitig können hier, wie das schon in anderem Zusammenhang bemerkt wurde, mit verhältnismäßig wenig Material große Ansatzflächen für die Muskeln geschaffen werden.

Außer den pneumatischen Knochen enthält der Vogelkörper noch andere lufthaltige Elemente; es sind die sogen. *Luftsäcke*, dünnwandige Ausstülpungen, die mit den Lungen in Verbindung stehen und von diesen aus mit Luft gefüllt werden können. Die Luftsacksysteme sind bei den einzelnen Vogelgattungen verschieden ausgebildet. Die größten Luftsäcke liegen zwischen der Leibeswand und den Eingeweiden, sie können sich aber auch zwischen die Muskeln schieben und selbst in die Knochen vordringen. Man könnte versucht sein von aeronautischen Gesichtspunkten aus, die Luftsäcke als *Ballonetts* zu bezeichnen. Diese Annahme wäre irrig. Die Luftsäcke sind, wie

ihr Name sagt, mit Luft gefüllt und nicht mit einem Gas von geringerem spezifischen Gewicht, und auch der Auftrieb der auf Körpertemperatur erwärmten Luft in den Luftsäcken ist ein derartig minimaler, daß er nicht in Betracht kommt. Die eigentliche Funktion der Luftsäcke besteht darin, die Lungen nach Art der Saug- und Druckpumpen zu ventilieren. Die Vögel stellen beim Fliegen ihre Atmung ein; durch die Flügelbewegung werden die Luftsäcke abwechselnd ausgedehnt und komprimiert, und damit den Lungen die nötige Atemluft wie von einem Blasebalg zugeführt. Übrigens tragen die Luftsacksysteme jedenfalls auch dazu bei, das absolute Gewicht des Vogelkörpers zu verringern.

(Es waren aufgestellt u. a. verschiedene Vogelskelette, ein Querschnitt durch einen Brustkorb, verschiedene Längsschnitte durch Oberarmknochen, Luftsackpräparate usw.)

Auf die physiologische Seite des Flugproblems hier näher einzugehen, würde den Rahmen dieses Berichts überschreiten. Verschiedene tabellarische Zusammenstellungen sollten über einige Fragen aus diesem umfangreichen Gebiet orientieren. Zwei Tabellen enthielten Angaben über die Flugarbeit, die von verschiedenen Vögeln geleistet wird; das eine Mal berechnet aus der Flugmechanik (nach *Parseval*), die andere Tabelle enthielt eine Zusammenstellung über die maximale Flugarbeit, berechnet aus dem Stoffwechsel (nach *Pütter*), wobei die Leistungen in P.S. angegeben waren. Diese Tabellen gaben zu interessanten Vergleichen Anlaß. Eine andere Tabelle orientierte über die Segelgröße verschiedener Vögel und Insekten (nach *K. Müllenhoff*). Die Segelgröße σ der Flugtiere berechnet sich aus ihrem Körpergewicht P und ihrem Segelareal F . $\sigma = F^{1/2} \times P^{1/2}$.

Auf die Art des Fluges ist die Segelgröße von größtem Einfluß, und es hat sich ergeben, daß die Fähigkeit, sich ohne starke Flügelbewegung in der Luft zu halten, d. h. zu segeln, mit wachsender Segelgröße zunimmt. Kleine und große relative Segelgröße findet sich ohne Unterschied bei Tieren mit geringem und hohem Körpergewicht.

Daß die Flugleistungen der Vögel sehr verschieden sind, dürfte jedem, der sie im Fluge beobachtet hat, bekannt sein. Man vergleiche nur den angestregten Flug eines Rebhuhns, das nur durch heftige Ruderschläge sich einige hundert Meter weit in der Luft hält, mit den eleganten Evolutionen einer Möwe, wenn sie über das Wasser dahinfliegt; für sie ist das Fliegen, wie es scheint, keine Anstrengung. Man vergleiche weiter die breiten, stark gewölbten Flügel des Rebhuhns mit den nahezu flachen, schmalen, aber sehr langen Flügeln der Möwe und wird begreifen, daß auch die Gestalt der Flügel auf die Art des Fluges von großem Einfluß ist. Und je nach der Form der Flügel ist die Arbeit, die bei dem Flug geleistet werden muß, eine verschieden große. Die kurzen, stark gewölbten Flügel der Hühner sind für den Ruderflug bestimmt, bei ihnen ist infolgedessen auch die Flugmuskulatur besonders stark ausgebildet, während die Möwen und Sturmvögel eine verhältnismäßig schwache Flugmuskulatur besitzen. Dagegen ermöglicht ihnen „die Länge ihrer Flügel und die weite Hinauslegung der Druckmittelpunkte der beiden Flügel vom

Körper, die vorhandenen Luftströmungen auszunutzen“. Diese Vögel sind besonders zum Segelflug befähigt und können mühelos weite Wanderungen unternehmen.

Erstaunlich sind die Flugleistungen vieler Zugvögel, die in wenigen Tagen Strecken von Tausenden von Kilometern durchfliegen. So weiß man, daß viele Vögel jährlich zweimal die enorme Entfernung von Skandinavien bis Südafrika, eine Strecke von 10 000 km, in kurzer Zeit zurücklegen, und daß z. B. der virginische Goldregenpfeifer eine Reise von 5000 km von Labrador bis Südamerika beinahe ohne Unterbrechung ausführt. Zur Illustration dieser Flugleistungen war von Prof. Schillings eine Landkarte ausgestellt, auf der diese größten Zugstraßen markiert waren.

Aus dem Vergleich zwischen der Art des Fluges der Segler (Möwe) mit den Ruderern (Hühner) ging schon hervor, mit welchem verschiedenen Mitteln es den Vögeln gelingt, sich in der Luft zu halten. Der Segelflug der Möwen und Sturmvögel muß entschieden als die vollendetste Form der Fortbewegung durch die Luft betrachtet werden. Es ist bekannt, wie namentlich Albatrosse oft tagelang den Schiffen folgend, dieselben in weitem Bogen umkreisen und 10—15 Minuten dahinsegeln können, ohne die Schwingen merklich zu bewegen, dann machen sie vielleicht ein paar Flügelschläge, und der Segelflug beginnt von Neuem. Diese Vögel haben ein ungemein feines Gefühl für jede Luftströmung, und können, je nach der Windstärke, ihr Segelareal vergrößern oder verkleinern.

Die schmalen Flügel der Segler sind den speziellen Windverhältnissen auf der offenen See angepaßt. Die Segelkünstler in den Lüften über dem Lande sind die Raubvögel; die spezielle Art ihrer Fortbewegung ohne Flügelschlag nennt man das Kreisen der Raubvögel. Wie beim Segeln werden die Luftströmungen hierbei geschickt ausgenutzt; diese beiden Arten der Fortbewegung sind möglich ohne eine Verminderung der Geschwindigkeit und ohne daß der Vogel dabei sinkt. Er kann sogar beim Segeln oder Kreisen auch in größere Höhen aufsteigen. Als Gleitflug bezeichnet man diejenige Art der Fortbewegung ohne Flügelschlag, die mit oder gegen den Wind ausgeführt wird, und bei der sich, falls der Vogel in gleicher Höhe bleibt, die Geschwindigkeit vermindert. Es bedarf dann eines erneuten Antriebes, um wieder die alte Geschwindigkeit zu erreichen. Will der Vogel beim Gleiten seine ursprüngliche Geschwindigkeit beibehalten, so muß er schräg nach abwärts fliegen. Alle Vögel, die keine sehr hohe Segelgröße besitzen, sind für den Segelflug ungeeignet, sie müssen sich mit dem Gleitflug begnügen, den sie periodisch ausführen können. Die Segelgröße der Schwalben ($\log. \sigma = 0,6$) reicht beispielsweise für den Segelflug noch nicht aus. „Die Länge ihrer Flügel und die starke Entwicklung ihrer Brustmuskulatur bewirken, daß ein einziger Flügelschlag dem Körper eine sehr bedeutende Bewegungsgröße verleiht. Nur durch diesen kraftvollen Flügelschlag werden die Schwalben instand gesetzt, größere Strecken zu durchgleiten“ (Müllenhoff).

Die größte Arbeit hat der Vogel dann zu leisten, wenn er vom Boden aufsteigen will. Dann müssen auch diejenigen Vögel, die sich sonst segelnd

vorwärts bewegen, mit aller verfügbaren Kraft in kurzer Zeit möglichst viele Ruderschläge ausführen. Zunächst ist es für den Vogel wichtig, eine gewisse Geschwindigkeit zu erreichen. So erklärt es sich auch, warum viele Vögel erst schnell über den Boden laufen und dabei flatternde Bewegungen machen, bevor sie auffliegen. Hat ein Vogel erst eine gewisse Höhe und die nötige Geschwindigkeit erreicht, dann kann er sich eine Zeitlang von der Luft tragen lassen.

Was hier über den Flug der Vögel gesagt worden ist, bildet eine kurze Erläuterung zu den verschiedenen Vogeltypen, die in Flug- und Ruhestellung in zwei großen Schauschränken aufgestellt waren. Als Beispiel für Vögel, die ihr Flugvermögen eingebüßt haben, war ein Kasuar und ein Pinguin ausgestellt. Bei ihnen sind die Flügel stark rückgebildet; sie haben ihre Schwungfedern ganz eingebüßt. Bei den Pinguinen sind die Flügel zu Ruderorganen umgebildet.

Die Verschiedenartigkeit der Segelflächen der Vögel sollten eine Anzahl Silhouetten illustrieren, die nach dem Werke von Mouillard: „L'empire de l'air“ in Lebensgröße reproduziert waren.

Wie bei vielen wissenschaftlichen Fragen, so ist auch für die Lösung des Flugproblems die Verwendung der Photographie von großer Wichtigkeit. Gerade von dieser Seite darf man für die in Betracht kommenden Fragen wertvolle Beiträge erwarten. Daher sei hier besonders erwähnt, daß der wissenschaftliche Ausschuß der Ila auf Anregung der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft sich bereit gefunden hat, Preise für die bestgelungenen Serienaufnahmen des Tierfluges auszusetzen.

Auf der Ausstellung selbst waren nur wenige Photographien fliegender Tiere und zwar hauptsächlich nur Einzelaufnahmen ausgestellt. Darunter eine ganze Serie fein kolorierter Momentaufnahmen verschiedener Vögel im Fluge von Prof. C. G. Schillings, mehrere vergrößerte Photographien von Vögeln im Flug, ausgestellt von R. Voigtländer, Leipzig, und eine Anzahl Photographien fliegender Störche von O. Anschütz, Berlin.

Die gleiche Firma hatte einen Schnellseher gesandt. Auf einer Papierrolle war eine Flugphase des Storches, in 16 Einzelaufnahmen zerlegt, reproduziert. Die auf ein Rad aufgesetzte Rolle konnte in Drehung versetzt werden, und man erhielt dadurch ein Bild von den Flugbewegungen des Storches. Schließlich muß noch im Anschluß hieran eine Serie von Tauben, die in verschiedenen Flugstellungen präpariert waren, erwähnt werden; auch dazu hatten Serienaufnahmen als Modell gedient.

Eine Sammlung ausgewählter Insekten bildete einen anderen Teil der Ausstellung. Mehr als die Hälfte aller bekannten Tierarten gehören zu dieser Klasse der Gliederfüßer (Arthropoden) und nur wenige von ihnen haben ihr Flugvermögen eingebüßt. Der größere Teil aller lebenden Tiere besitzt demnach die Fähigkeit sich in die Luft zu erheben; es sind im Ganzen etwa 62%, von denen nur knapp 5% auf Vögel und Fledermäuse entfallen.

Bei den Insekten ist der Flugmechanismus ganz anders konstruiert, wie bei den fliegenden Wirbeltieren. Diese beiden Tiergruppen stehen in vieler Be-

Fig. 120.

ziehung in einem prinzipiellen Gegensatz zueinander. Bei den Wirbeltieren ist ein Paar von Gehwerkzeugen zu Flugwerkzeugen umgebildet worden. Bei den Insekten sind die Flügel als besondere Bildungen entstanden; die meisten Insekten besitzen sogar zwei Paar von Flugwerkzeugen. Diese Art der Organisation scheint entschieden die vollkommeneren zu sein, denn hier steht dem Gewinn der Flugfähigkeit kein Verlust gegenüber, und die Zahl der Gehwerkzeuge ist unverändert geblieben.

Unter den Vögeln gibt es gute und schlechte Flieger, die aber alle den gleichen Flugapparat, nur in sehr verschiedener Ausführung benutzen; anders bei den Insekten, die sich verschiedener Systeme bedienen, um sich in die Luft zu erheben. Infolgedessen können wir bei den Insekten schon aus der Art des Fluges häufig Rückschlüsse ziehen auf die Beschaffenheit und das System des angewandten Flugapparates. Wie sind nun die Flugwerkzeuge bei den einzelnen Typen beschaffen?

Die meisten Insekten besitzen zwei Paar Flügel, die ursprünglich ziemlich gleichartig gestaltet waren. Die Flügel sitzen am Rücken des Mittelleibs (Thorax) an und sind mit diesem gelenkig verbunden. Sie bestehen, ähnlich wie die Flughaut der Fledermäuse, aus einer dünnen, vielfach durchsichtigen Hautduplikatur, die durch ein System festerer Rippen, die Adern, gespannt und gestützt wird. Die Adern entspringen an der Wurzel, das ist die Ansatzstelle des Flügels, und verlaufen in seiner Längsrichtung, können aber durch eine Anzahl von Queradern miteinander verbunden sein. Die kräftigeren Adern sind an den Vorderrand des Flügels gerückt, da dieser beim Durchschneiden der Luft den größten Druck auszuhalten hat. Diese Verstärkung des vorderen Flügelrandes und seine nach hinten sich verringernde Widerstandsfähigkeit ermöglicht den Flug der Insekten (entsprechend wie bei den Wirbeltieren). Die Größe und Form der Flügel sowie die kräftige Ausbildung und der Verlauf des Geäders sind für die Art des Fluges von größter Bedeutung. Die guten Flieger unter den Insekten besitzen nach der Spitze zu sich verjüngende Flügel und eine kräftige Aderung (Zweiflügler, Libellen, Schwärmer, Hautflügler). Bei vielen dieser Insekten sind die Flügel glasartig durchsichtig, bei den Schmetterlingen mit Schuppen bedeckt; bei den Wanzen und Heuschrecken haben die Vorderflügel zur Hälfte oder ganz eine pergamentartige Konsistenz, und bei den Käfern haben die gewölbten Vorderflügel eine zähe, feste Beschaffenheit; sie bilden eine Schutzdecke für den weichhäutigen Hinterleib, sind aber auch für den Flug des Käfers von Wichtigkeit.

Die Skelettelemente sitzen bei den Insekten nicht im Innern des Körpers, sondern an seiner Oberfläche. Das ganze Tier ist in einen mehr oder minder festen Panzer gekleidet, der nur an denjenigen Stellen, wo die einzelnen Teile gegeneinander verschoben werden sollen, dünnhäutig ist. Die Ansatzstellen für die einzelnen Muskeln befinden sich infolge dieser Verteilung des Skeletts auf der Innenseite der einzelnen Skelettplatten. Eigentliche Flügelmuskeln, d. h. Muskeln, die an den in die Leibeshöhle vorstehenden Fortsätzen der Flügel ansetzen, sind nur bei den Libellen und wenigen andern Formen gut ausgebildet. Bei allen übrigen Insekten sind diese direkten Flügelmuskeln nur

schwach und werden durch starke Muskelbündel ersetzt, die von der Rücken- zur Brustseite ziehen und durch rhythmisches Zusammenpressen und Erweitern der Brust ein Heben und Senken der Flügel veranlassen (indirekte Flügel-muskeln).

Die Vorder- und Hinterflügel der *Libellen* sind fast gleichgroß, gleich- artig beschaffen und werden von einem feinen Adernetzwerk gestützt. Wir können bei der Libelle nicht von einer eigentlichen Ruhestellung der Flügel sprechen, denn wenn sie sitzt, sind die Flügel nach den Seiten gerichtet; es bedarf keiner besonderen Vorbereitungen, wie z. B. beim Käfer, wenn sie auffliegen will. Beim Fliegen werden die Vorderflügel unabhängig von den hinteren bewegt, was auf der Verbindung mit direkten Flügelmuskeln beruht. Die Libellen können durch verschiedenartige Be- wegungen ihrer Flügel ihre Flugrichtung ändern. Jeder, der einmal Libellen im Fluge beobachtet hat, wie sie dahinschießen und in der Luft stehen, wird nicht darüber im Zweifel sein können, daß sie gute Flieger sind.

Bei den meisten anderen Insekten, deren vorderes Flügelpaar nicht wesentlich verschieden ist von dem hinteren, werden die vier Flügel nie unabhängig voneinander bewegt. Vorder- und Hinterflügel der gleichen Seite wirken physiologisch wie ein Flügel. Es bestehen da an den Flügelsäumen besondere Vorrichtungen, wie Häkchen, Borsten und Falzleisten, durch die die Flügel beim Fluge miteinander verkettet werden, während sie sich in der Ruhelage übereinander legen. Solche Einrichtungen finden wir bei Faltern, Hautflüglern und Zikaden.

Die Größe der Flügel ist bei den einzelnen Arten den größten Unterschieden unterworfen. Gerade die *Schmetterlinge* haben zum Teil im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht außerordentlich große Flugflächen, die sogar diejenigen mancher Vögel (Kolibris) noch übertreffen. Die großen Flügel dieser Schmetterlinge erhöhen jedoch durchaus nicht die Flugfähigkeit dieser Tiere. Im Gegenteil, schon ein einigermaßen starker Wind macht es dem Schmetterling unmöglich, mit seinen Segelflächen dagegen anzukämpfen, und zur Bewegung dieser großen Flugflächen ist eine verhältnismäßig große Arbeitsleistung nötig. Andererseits aber kann eine Ruderbewegung eines großflügeligen Schmetterlings diesen länger in der Luft halten als der Flügelschlag eines kleinflügeligen Insekts. Ein Kohlweißling führt nur neun Schläge pro Sekunde aus, während eine Biene in derselben Zeit 190 Schläge macht. Die Tagschmetterlinge werden wegen ihrer langsameren Bewegungen als Ruder- flieger bezeichnet, und dadurch, daß jede einzelne Bewegung die Flugrichtung etwas verändert, erhält der Flug eines Tagschmetterlings etwas Unruhiges. Einige können hiervon zeitweise eine Ausnahme machen und bei günstigem Wetter mit dem Wind längere Strecken gleitend zurücklegen. Bei diesen sogenannten Seglern unter den Schmetterlingen sind die Hinterflügel nach hinten in Fortsätze ausgezogen.

Schmetterlinge mit relativ großem Körpergewicht und schmalen, aber langen Flügeln, wie z. B. die Schwärmer, führen ebenso wie alle Hautflügler schnell schwirrende Bewegungen aus; sie werden als *Schwirflieger* zusammengefaßt. Die schnelle Bewegung der Flügel ist bei diesen Insekten durch die relative Kleinheit ihrer Flügel bedingt; verkleinert man die Flugfläche eines Insekts, indem man auf beiden Seiten ein Stück derselben abschneidet, so muß sich

die Schwingungszahl pro Sekunde noch steigern, wenn es sich in der Luft halten soll.

Bei allen diesen zu den Schmetterlingen und Hautflüglern zu rechnenden Insekten scheint die Höhensteuerung durch verschiedene Einstellung der Körperachse zu den Flügeln, die Seitensteuerung durch schnellere Bewegung der beiden Flügel einer Seite zustande zu kommen. Die Ruhestellung ist bei den einzelnen Insekten sehr verschieden. Die Flügel können über dem Körper zusammenklappen, oder die hinteren Flügel werden gefaltet, und die vorderen legen sich dachförmig darüber, oder die Vorder- und Hinterflügel können gefaltet werden usw. Der Übergang aus dem aktiven in das Ruhestadium vollzieht sich von selbst und mühelos; umgekehrt bedarf es zur Entfaltung des Flügels der Anspannung von Muskeln und Bändern.

Zu den Schwirrfüglern gehört auch die Ordnung der Zweiflügler (Diptera), die, wie ihr Name schon sagt, nur ein Flügelpaar besitzen, während an Stelle der hinteren Flügel kleine kolbenförmige Schwinger getreten sind, die beiderseits dem Körper ansitzen. Unter den Zweiflüglern gibt es Formen mit Flügelbewegungen von sehr hoher Schwingungszahl. Die Bachmücke macht z. B. 330 Schwingungen in der Sekunde. Zu dieser Ordnung gehören die besten und gewandtesten Flieger aller Insekten. Hier seien nur die Schwebefliegen (Syrphidae) erwähnt, die außerordentlich schnell und lebhaft fliegen und imstande sind, längere Zeit auf einem Punkt in der Luft zu „stehen“. Bei dieser Flugart wird die Arbeitsleistung vergrößert, und die Flügel müssen schneller bewegt werden.

Die Schwinger sind für die Richtungsorientierung der Zweiflügler von der größten Bedeutung. Diese Apparate können ebenso wie die Flügel sehr kurze Schwingungen ausführen. Infolge doppelter Gelenkverbindung und vier ansitzender Muskeln können die Schwinger auf- und niedergehende und rotierende Bewegungen ausführen. Durch gleichartige Bewegung der Schwinger wird der Flug in der Vertikalen beeinflußt, ungleichartige Bewegungen der Schwinger bewirken eine Wendung in der Horizontalen. Werden die Schwinger entfernt, so ist damit die Möglichkeit der Höhen- und der Seitensteuerung aufgehoben. Das Insekt kann dann nur noch schräg nach abwärts fliegen (nach Weinland).

Wir kommen jetzt zu einem Fliegertypus, der uns deshalb besonders interessieren muß, weil die Flugmaschinen, mit denen es dem Menschen gelungen ist, sich in die Luft zu erheben, nach einem ähnlichen Prinzip gebaut sind: die Gleitflieger mit Motor. Mit diesem System fliegen die Käfer, viele Gradflügler und Schnabelkerfen (Wanzen). Wir können nicht behaupten, daß es das beste System sei, dessen sich diese Tiere bedienen; es gibt viele schlechte Flieger unter ihnen, die sich im allgemeinen lieber auf dem Boden aufhalten und nur ungern zum Fliegen entschließen. Bei allen Tieren, die wir unter diese Kategorie zusammenfassen, besitzen die Vorderflügel eine andere Form und größere Festigkeit wie die Hinterflügel. Die Vorderflügel werden nicht eigentlich zur Fortbewegung benutzt und stehen beim Flug nach beiden Seiten vom Körper ab; sie vergrößern damit die Segelfläche des Tieres und dienen als Gleitflächen. Somit entfällt auf das hintere Flügelpaar die ganze

Arbeit der Vorwärtsbewegung, sie entsprechen den Propellern. Es sind häufig relativ schwere Körper, die durch die Luft fortbewegt werden. Nehmen wir als Beispiel den männlichen Hirschkäfer; da sind schon Flügel von großen Dimensionen nötig, um diese Tiere durch die Luft zu tragen. Nun sollen aber die dünnhäutigen hinteren Flügel gegen Beschädigung geschützt werden und unter den Flügeldecken, wie man die vorderen Flügel nennt, Platz finden. Da blieb nichts anderes übrig, als die hinteren Flügel, die im ausgebreiteten Zustand eine viel größere Fläche einnehmen wie die Flügeldecken, zusammenzufalten und umzuschlagen. In diesem Zustande finden sich die Flügel bei dem Käfer, der über den Boden läuft, unter den Flügeldecken verwahrt. Schickt sich der Käfer zum Fluge an, so werden die Flügeldecken in die Höhe gehoben und die hinteren Flügel langsam entfaltet. Die einzelnen Scharniere müssen aufgeklappt, die Falten geöffnet werden, und erst wenn die Flughaut zwischen den Rippen ausgespannt ist, ist der Käfer flugbereit. Infolge dieser ziemlich umständlichen Prozeduren kann sich ein Käfer nicht so schnell von seiner Unterlage erheben wie beispielweise eine Fliege.

Die Flügeldecken des Käfers dienen nicht nur dazu, ihm Schutz zu bieten und seine Segelfläche zu vergrößern, sie spielen auch bei der Höhensteuerung eine Rolle, denn jede kleinste Verschiebung in ihrer Stellung muß auf die Lage des Schwerpunkts von Einfluß sein. Die Seitensteuerung ist dagegen bei den Käfern wenig ausgebildet, sie können nur schlecht scharfe Wendungen ausführen.

Auch bei den Wanzen sind die Flügel in der Ruhelage gefaltet und liegen dem Rücken auf, bei den Heuschrecken liegen sie dagegen in der Ruhestellung in der Hauptsache seitlich dem Körper an. Die hinteren Flügel liegen unter den vorderen und sind fächerförmig zusammengefaltet. In ausgespanntem Zustand nehmen sie eine sehr viel größere Fläche ein wie die schmalen, aber langen Vorderflügel. Besonders merkwürdig ist die Art und Weise wie die Flügel bei den Ohrwürmern verwahrt werden. Ihre Vorderflügel sind sehr klein, die Hinterflügel nehmen mindestens das 10fache an Flächenraum ein und sind doch im Ruhestadium so zusammengefaltet, daß sie vollkommen von den Vorderflügeln bedeckt werden.

Die Heuschrecken entfalten ihre Flügel erst in der Luft; mittels ihrer kräftigen Sprungbeine schnellen sie sich in die Höhe, und erst dann geben sie den Vorderflügeln, den Gleitflächen, eine seitliche Stellung, und die Hinterflügel, die Propeller, beginnen zu schlagen. Auch bei diesen Fliegern unter den Insekten kann ähnlich wie bei den Wirbeltieren der Sprung in die Luft durch Benutzung eines Flugapparates über eine größere Strecke hin verlängert werden. Vielleicht daß auch bei den Insekten das Flugvermögen auf diese Weise erworben wurde!

Die versteinerten Insekten, aus früheren Perioden, geben uns hierüber keine Auskunft, denn auch sie waren schon im Besitz wohl ausgebildeter Flugorgane. Aus den Versteinerungen wissen wir aber, daß es früher auch unter den Insekten sehr viel größere Formen gab, die die jetzt lebenden in ihren Dimensionen weit übertrafen. So besaß eine Libelle aus dem Jura (*Meganeura*) eine Flügelspannung von etwa 70 cm.

Schließlich muß noch erwähnt werden, daß es unter den Insekten einige Formen gibt, die sich nicht mit Flugmembranen, sondern mittels kleiner federartiger Gebilde in die Luft erheben. Verschiedene Kleinschmetterlinge, die man als Federmotten (*Pterophorus* und *Alucita*) zusammengefaßt hat, und noch eine andere Insektengruppe, die sogen. Blasenfüßer (*Physopoda*), besitzen ähnliche Einrichtungen.

In der Ausstellung von Insekten waren nur verhältnismäßig wenige, charakteristische Formen aufgestellt, an denen die hier beschriebenen Verhältnisse veranschaulicht wurden. Auf verschiedenen Wandtafeln waren einzelne Typen in großem Format abgebildet, und besondere Abbildungen orientierten über die Stellung der Schwinger bei den Zweiflüglern und die Art der Flügel-faltung bei den Käfern. Als Ergänzung dazu waren noch eine Anzahl fossiler Insekten und eine Abbildung der Riesenlibelle ausgestellt. Ein besonderer Schrank enthielt die interessanten Resultate mühevoller Untersuchungen über den Flug der Schlammfliegen von Dipl.-Ing. Slessarew, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

In der Ausstellung, über die hier berichtet worden ist, ist, wie eingangs erwähnt wurde, zum ersten Mal der Versuch gemacht worden, in dieser Form über die Flugorgane der Tiere und Pflanzen einen Überblick zu geben. Die Neuartigkeit der Aufgabe hatte viel Reizvolles; andererseits lag es in der Natur der Sache, daß die Ausstellung mancherlei Lücken aufwies. Daß aber die Sonderausstellung der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft allgemeinere Anerkennung gefunden hat, dafür spricht wohl das Interesse, das ihr von seiten des Publikums entgegengebracht worden ist.

III. Die Ausstellungsgegenstände nach Gruppen.

Von

P. Béjeuhr - Frankfurt a. M.

Einführung.¹⁾

Die wahrhaft gigantische Größe der städtischen Festhalle vermochte eine solche Vielseitigkeit und Reichhaltigkeit von Ausstellungsgegenständen in sich aufzunehmen, ohne auch nur im geringsten den Eindruck des Gedrängten, Überfüllten hervorzurufen, daß wohl viele Beschauer selbst nach mehreren Besuchen von der Fülle der Darbietungen keine rechte Vorstellung erlangten. Erst der Fachmann, der systematisch das reiche Material in seinem ganzen

¹⁾ Der vorliegende Bericht über die Ausstellungsgegenstände wurde noch zur Zeit der IIa abgefaßt; die bei der Beschreibung angewandte Präsensform war damals also die gegebene und bei einem Gang durch die Ausstellung natürliche. Aus stilistischen Gründen, und weil ein zur Ausstellungszeit gedruckter Bericht heute schon an demselben Fehler kranken würde, wurde diese Form nicht geändert.

Umfange ergründen will, wird stets wieder zu der Überzeugung kommen, daß hier tatsächlich zum ersten Male die sich so schnell entwickelnde Luftschiffahrt mit allen angrenzenden Gebieten einheitlich zusammengefaßt ist — der Technik und Industrie zur Ehre, der praktischen Luftschiffahrt und Flugtechnik zum Nutzen, allen Weiterstrebenden auf dieser Linie aber zur Bereicherung ihres Wissens.

Fig. 130.
Westseite der Halle.

Es verbietet sich naturgemäß durch den engen Rahmen dieser Zusammenfassung von selbst, die einzelnen Ausstellungsobjekte ihrer gesamten Bedeutung nach eingehend zu würdigen, ihnen vom wissenschaftlichen und technischen Standpunkt aus gerecht zu werden; auf derartig detaillierte Schilderungen kann auch um so mehr verzichtet werden, als die Fachliteratur die näheren Aufklärungen und Beschreibungen zu vermitteln bestimmt ist. Hier soll lediglich ein Bild dessen gegeben werden, was die Ausstellung dem geboten hat, der ernstlich seine Kenntnisse erweitern wollte. So ist denn das Gesamtmaterial nach Gruppen zusammengefaßt, wobei allerdings auf die Anordnung in der Ausstellung keine Rücksicht genommen werden konnte.

In den einführenden Worten der 12 Gruppen sind die leitenden Grundsätze ausgesprochen, die bei der Herstellung oder Verwendung der Gegen-

stände maßgebend sind, so daß es sich dann bei diesen selbst erübrigt, auf die Hauptcharakteristika einzugehen.

Nach diesen Gesichtspunkten geordnet, wird eine Besprechung der Ausstellungsgegenstände gleichzeitig einen Überblick über den derzeitigen Stand der Luftschiffahrt bedeuten.

Fig. 131.

Westseite der Halle.

Gruppe 1. Ballonfabrikation.

Als im Jahre 1782 durch die Erfindung der Gebrüder Montgolfier die Grundlegung zur Entwicklung der aerostatischen Luftdurchquerung erfolgte, da konnte die gänzlich unvorbereitete Industrie den genialen Erfindern keinen besseren Ballonstoff geben als dünnes festes Papier; das heißt einfache Sackleinwand mit aufgeleimtem Papierüberzug. Auch die nächsten Nachfolger, vor allen Professor Charles, welcher der Luftschiffahrt statt des Warmluftballons die Leichtgasfüllung für Luftschiffe schenkte, Pilâtre de Rozier, Roberts u. a. m. — sie alle durften noch nicht mit allzu großen Ansprüchen an das Material herantreten. Die Anschauungen der damaligen Zeit trugen auch ihr Teil dazu bei, weniger die Technik zur Herstellung einer leichten dauerhaften Hülle anzuspornen, als vielmehr die Phantasie des Kunstgewerbes zu immer willkürlicherer Ausschmückung des Tragkörpers in Form und Malerei zu treiben. Man sah eben in der damaligen Betätigung der Luftschiffahrt eine zwar sehr hübsche, aber doch immerhin müßige Spielerei ohne ernsthaften Hintergrund — man brachte ihren Jüngern wohl das übliche Teil Begeisterung entgegen,

konnte sich auch gelegentlich zu exorbitanten Verherrlichungen derselben aufschwingen, aber man erblickte in ihnen doch mehr die Schausteller und blieb dem eigentlichen Wesen des neuen Fortbewegungsmittels innerlich fremd.

Erst allmählich zwang die doch zu lebenskräftige Luftschiffahrt die Technik zu neuen Erfindungen. Vor allen Dingen der rasche Verlust an Auftrieb durch die Gasdiffusion, aber auch die Empfindlichkeit und Feuergefährlichkeit der bisher verwendeten Pergamentpapiere machten einen dichten Zeugstoff wünschenswert. Zunächst schien man in der Seide das Rechte gefunden zu haben. Jedoch deren üble Eigenschaft, leicht zu brechen, ließ sie für öfteres Verpacken bald ungeeignet erscheinen — und wieder mußte die Technik helfen. Erst nach langem Bemühen war es der letzten Entwicklungsperiode vorbehalten, andere Gewebe, in erster Linie Baumwollgespinste (Percale) heranzuziehen. Als Grundbedingung für alle Ballonstoffe wird jetzt ein leichtes, dichtes, leinwandbindiges oder diagonales Gewebe verlangt, mit gleichstarkem Faden sowie ungefähr gleicher Fadenzahl in Schuß und Kette.

Nun sind aber diese Stoffe noch nicht gasdicht. Ihre Undurchlässigkeit für Gase wird durch Tränken mit einem Dichtungsmittel erzeugt; Leinölfirnis, in Benzin gelöster Paragummi sind wohl heutzutage die verbreitetsten; und zwar wird bei einfachem Stoff die Innenseite mit der Lösung behandelt, bei zwei Lagen befindet sie sich dazwischen. Um ein Durchreißen zu verhindern, werden bei doppelten Stofflagen die Gewebefäden diagonal gegeneinander verlegt. Als Farbe gibt man dem intensiven Gelb den Vorzug, weil diese Färbung die Strahlen zurückhält, welche die Gummierung chemisch zersetzen können und so die Dichtigkeit der Hülle gefährden. Weder das eine noch das andere erfüllt alle Ansprüche, das sei hier gleich vorweggenommen; je nach Verwendungszweck müssen daher Vor- und Nachteile erwogen werden. Den vorgenannten Stoffen reihen sich dann noch die Goldschlägerhäute sowie die mit Metallfolie belegten Baumwollgewebe an, die ebenfalls noch besprochen werden. Und endlich müssen wir hier der für die Wissenschaft so bedeutungsvollen Pilot- und Registrierballons gedenken mit ihren Patentgummi-Hüllen, aus mehreren Gummipplatten bestehend.

Die weiteren Hauptteile des Freiballons — das Netzwerk und der Korb — haben in ihrer Entwicklungszeit zumeist qualitative Änderungen erfahren, während in ihrer Anordnung gegen früher wenig verschoben ist. Auch hier hat die Gewichtserleichterung durch Verwendung besserer Materialien eingesetzt und Bedeutendes geschaffen.

Hätte die Ausstellung sich nur ausschließlich mit Freiballons befaßt, wie es wohl vor ganz kurzer Zeit noch nötig gewesen wäre, hätte sie nicht auch die Lenkbaren mit in ihr Programm aufgenommen, dann wären jetzt die Baustoffe aufgezählt. Wie ganz anders hätte sich dann wohl das Bild gestaltet; man wäre versucht gewesen, von einer sportlichen Schaustellung zu sprechen, nicht aber von einer technischen Ausstellung. Diese kurze Überlegung charakterisiert uns auch die Stellung der Technik zur Luftschiffahrt. Die bisher genannten Baustoffe vermochten die Technik nicht zu reizen, sie fanden anderweitig zu wenig Verwendung — da kam durch den Bau von

Lenkballons der Umschwung. Man brauchte Motoren, Propeller; Hülle und Netzwerk mußten fester sein, die Körbe oder Gondeln sollten geräumiger werden — das waren Aufgaben für die Techniker, das waren gewohnte Wege, die doch wieder neue Ausblicke erschlossen. Dann mußte alles für dieses neue Absatzgebiet leicht sein, und doch sollte die Sicherheit nicht nur nicht leiden, sondern im Gegenteil weit höheren Anforderungen genügen. Nun ist es interessant, zu betrachten, wie die Technik sich mit Feuereifer an die neuen Aufgaben macht und hierbei rückwirkend die bisher wenig beachteten Baustoffe verbessert.

So kommen wir also zuerst zu den Metallen, deren zwei Eigenschaften: Leichtigkeit und Festigkeit in erster Linie für die Begutachtung in Frage kommen. Beide Bedingungen stehen einander diametral gegenüber, und erst durch Konzessionierung ist das jeweilig Beste zu ermitteln.

Endlich ist dann noch als ein wichtiger Teil das Holz zu erwähnen, das aber weniger als solches zur Ausstellung gebracht ist, sondern bei den einzelnen fertigen Gegenständen in bearbeitetem Zustande als Nebensächlichkeit leicht übersehen wird. Das ist aber vom Standpunkt des Flugtechnikers aus sehr zu bedauern, denn Holz ist nicht nur jetzt ein sehr wichtiger Baustoff, sondern wird auch noch in der weiteren Zukunft einen hervorragenden Platz im Flugzeugbau einnehmen.

Wenden wir uns jetzt den einzelnen Ausstellungsgegenständen zu!

Die Continental-Caoutchouc- und Gutta-Percha-Compagnie, Hannover, kann sich vor allen Ausstellern rühmen, durch Vorführung eines ihrer Erzeugnisse den Beweis der Dauerhaftigkeit ihres Fabrikats zu führen, hat sie doch vor 8 Jahren die Hülle des gigantischen „Preußen“ angefertigt, der durch seine reckenhafte Größe der ganzen Festhalle den Charakter der Luftschiffahrt direkt aufzwingt und durch seine Prallheit noch heute seinen aufstiegsfähigen Zustand erweist. Auf dem Stande selbst wechseln Ballonstoffe sowie Aeroplanbespannungen in bunter Folge ab, und ein Verzeichnis der von dieser Firma ausgerüsteten Luftschiffe, Ballons und Flugzeuge (Z. I., Z. IV., Groß, Parseval, Ville de Paris, Helvetia — Sieger im Gordon-Bennett-Wettfliegen —, Wright, Farman, Blériot, Euler u. a. m.) spricht wohl deutlich genug für die Qualität und die reichen Erfahrungen dieses Unternehmens.

Zuerst haben wir da die „Double-Ballonstoffe“, d. h. die diagonal übereinandergelegten Stofflagen mit einem Einheitsgewicht von 260 g/m^2 gegen eine Bruchfestigkeit (bezogen auf 1 m Breite) von 800 kg für die Kette, 620 kg für den Schuß. Doch diese hervorragende Leistung wird noch übertroffen; eine leichtere Qualität hat bei denselben Annahmen bei 195 g Gewicht sogar 850 kg Zerreißfestigkeit für Kette und Schuß. Noch geringere Gewichte zeigen die Aeroplanstoffe, die allerdings auch nicht gasdicht zu sein brauchen; sie beanspruchen für 900 kg Bruchfestigkeit für die Kette, 1100 kg für den Schuß nur ein Einheitsgewicht von 140 g, also fast nur die Hälfte. Ein zweckmäßiges Eingehen auf die Beanspruchung durch große Stöße unter Hintansetzung der Abnutzung zeigen auch die Flugzeug-Reifen.

Wohl die einzige Fabrik, die ihre Ballons in jeder Beziehung von A bis Z selbst anfertigt, ist die Rheinische Gummiwarenfabrik G. m. b. H. Franz Clouth, Cöln-Nippes. Da sie schon seit 1862 besteht, verfügt sie natürlich über eine Fülle einschlägiger Erfahrungen, die wir in ihren Erzeugnissen auf Schritt und Tritt spüren. Neben verschiedenen Stoffproben in gummierter und gefirnißter Manier, einfach und diagonal, besonders für Fessel- und Lenkballons, sehen wir hier als Neuheit einen roten gummierten Stoff, der gegenüber dem gelben bedeutende Vorteile haben soll, aber wohl erst erprobt werden muß. Zweckmäßig ist auch eine Schließvorrichtung für den Füllansatz, die sich vom Korb aus in jeder Lage des Ballons mit Sicherheit öffnen und schließen läßt. Ein sparsamer Gasverbrauch bei nur vorübergehender Ausdehnung ist dadurch gewährleistet (natürlich nur bei guter fester Hülle), während ebenfalls die Gefahr einer Wasserlandung abgeschwächt ist, was beides Freifahrten zugute kommt. Zwei Modelle von Reißbahnen sind wohl geeignet, das Dunkel in Laienkreisen zu klären, das sich um dies vielgenannte Wort breitet; in gleicher Weise instruktiv wirken die beiden Glaskästen mit den peinlich sauberen Freiballon- bzw. Motorluftschiff-Modellen. Die ausgestellten Aufhänger für den Korb geben ein recht deutliches Bild, wieviel eleganter bisweilen Holz als Eisen wirkt, wobei dem Holzring noch der Vorzug zukommt, magnetische Meßinstrumente im Korb nicht zu beeinflussen. Etwas Ähnliches kann man bei den Netzen beobachten; die Holzkauschen mit ihrem etwas größeren Durchmesser verhindern die scharfen Knicke der Seile, tragen also wesentlich zu deren Erhaltung bei und sehen gleichzeitig hübsch aus. Ein weiterer Beweis für die Wichtigkeit des Holzes im Luftfahrzeugbau!

Ein drehbarer Ständer zeigt die von der Aktiengesellschaft Metzeler & Co., München, für alle möglichen Verwendungszwecke hergestellten Stoffe. So kann man sich durch eigene Anschauung davon überzeugen, mit welchen Merkmalen sich die Freiballonstoffe (geringste Beanspruchung, weil stets ein Druckausgleich erfolgt) von denen für Fessel- und unstarre Lenkballons (größte Beanspruchung, weil die äußere Kraft — Seilzug, bzw. Propellerschub — zusammen mit dem Winddruck dem Gasdruck entgegenwirkt) unterscheiden; und wie die Aeroplanbespannungen wieder andere Verarbeitung zeigen.

Die Vereinigten Gummiwaren-Fabriken Harburg-Wien, vormals Menier-I. N. Reithoffer, Harburg a. E., Hannover-Linden, Wien-Wimpassing, die als erste einen kompletten Freiballon in der Halle aufhängen konnten, mußten sich später mit der Auslegung ihrer Stoffproben begnügen, weil der Ballon sofort verkauft war. Ebenso zeigt Richard Schmitz, Hamburg V, ein reiches Sortiment Stoffe verschiedener Breiten und Qualitäten. Auch die Mitteldeutsche Gummiwarenfabrik Louis Peter, A.-G., Frankfurt a. M., hat in letzter Zeit der Luftschiffahrt ihre Aufmerksamkeit zugewandt und in erstaunlich kurzer Spanne in der neuen Zweigfabrik Corbach (Waldeck) wirklich gute Ergebnisse erzielt. Besonders zweckmäßig scheinen uns die Ballonfüllschläuche zu sein, die handlich und doch solide durchgearbeitet sind. Hübsch ist auch die Auslage von Rohmaterialien.

Es ist selbstverständlich, daß ein derart wichtiges Detail, wie es der Ballonstoff für jedes aerostatische Luftfahrzeug ist, stets erst einer genauen Prüfung auf seine Festigkeit unterzogen werden muß. Die hierzu nötigen Zerreißmaschinen sind von Richard Gradenwitz, Berlin, ausgestellt. Mit ihnen kann ein über die Öffnung eines Zylinders gespanntes Stück Ballonstoff gleichzeitig auf Gasdichte (durch Innendruck) und Festigkeit (durch Zug) geprüft werden.

Eine zweite Frankfurter Firma hat es unternommen, den Besuchern einen Ballon deutlich vorzuführen. Zwischen den großen Freiballons draußen auf dem Korbplatz, die wegen der unvermeidlichen Menschenansammlung beim Abwiegen ein ruhiges Betrachten nicht zulassen, und den kleinen Modellen, die eben nur ein Betrachten erlauben, ist hier der glückliche Mittelweg gewählt. Ein Kugeldurchmesser von 3 m, Korb und Ausrüstung in entsprechendem Verhältnis, dazu Ventil und Reißbahnleinen so stark, daß man auch einmal daran ziehen kann, kleine Sandsäcke, das Netzwerk mit Ring und den Gänsefüßen — kurz ein Ballon, das ist das, was die Neulinge einmal in der Nähe genau sehen wollen, und das haben Gebrüder Cassel, Frankfurt-Main, in restloser Weise durchgeführt. Ballonverpackungsdecken, Bodendecken (Unterlagspläne) aus wasserdichtem Segeltuch vervollständigen das Gesamtbild.

Einen äußerst leichten Ballonstoff stellen auch die gegerbten und besonders präparierten tierischen Därme und Häute dar, die unter dem Namen „Goldschlägerhaut“ von C. Weilbier, Hannover, ausgestellt sind. Ihr erstaunlich geringes Gewicht von $12,5 \text{ g/m}^2$ muß von vornherein bestechen, wenn man dagegen die üblichen Gewichte von 195 bis etwa 275 g/m^2 einsetzt, aber die große Empfindlichkeit und der teure Anschaffungspreis ergeben direkt märchenhafte Amortisationskosten, die einer größeren Verwendung wohl ein schnelles Ziel setzen.

Eine besondere Aufmerksamkeit wendet die Singer-Manufacturing Co., A.-G., Frankfurt a/M., der weiteren Verarbeitung der Ballonstoffe zu. Sorgfältig ausgeführte Spezial-Nähmaschinen mit 1 und 2 Nadeln ermöglichen es, eine feste sichere Verbindungsnaht herzustellen.

An dieser Stelle mögen auch die Zuschneidevorschriften und Schnittmuster des Herrn Professor Finsterwaller, München, erwähnt werden, die den Zweck verfolgen, die Hülle mit möglichst wenig Verschnitt aus den Stoffbahnen herauszuschneiden.

Haben sich die vorgenannten Firmen um den eigentlichen Tragkörper bemüht, ging ihr Bestreben dahin, dessen Auftrieb durch möglichst leichte Ausführung zu vergrößern, während andererseits die Dichtigkeit der Hülle einen Gasverlust tunlichst vermeiden sollte, so kommen wir jetzt zu dem für Luftschiffer mindestens ebenso wichtigen Teil — dem Korb. Auch hier wieder große Reichhaltigkeit! Den Größenrekord hält natürlich ebenfalls der Preußenkorb. Mit seinen Riesenabmessungen, den schweren Holzpfosten und den eisernen Beschlügen mutet er uns wie eine längst vergangene Zeit an; und doch sind kaum 8 Jahre seit seiner Entstehung verflossen — ein gutes Zeichen für unsere rastlos fortschreitende Technik.

Gleichsam um die Gegensätze zu betonen, steht daneben ein winziger dreieckiger Korb von Ingenieur R o d e c k , Hamburg; neben seinen angeblichen, jedoch nicht recht einzusehenden Landungsvorzügen muß er jedenfalls bei zwei Insassen den Aufenthalt darin bald zu einer direkten Qual gestalten, so daß er nur für ganz kurze Fahrten durch seine Leichtigkeit den Vorzug verdient.

Die Firma Franz Clouth, Cöln, dagegen hat sich gerade die Erfahrungen der in letzter Zeit häufiger werdenden Ballon-Dauerfahrten zunutze gemacht und geht von dem Prinzip aus, den Korb möglichst bequem und zweckmäßig einzurichten, damit die Kräfte der Ballonfahrer geschont und für etwaige Anstrengungen frisch erhalten werden. Es ist nun geradezu erstaunlich, wie der verhältnismaßig kleine Raum raffiniert ausgenutzt wird, und nur mit dem modernen komfortablen Karosseriebau lassen sich vielleicht Vergleiche anstellen. Außer bequemen Sitzen ist an der einen Längswand ein Ruhelager angebracht, welches ein vollkommnes Ausstrecken erlaubt. Hierzu ist die eine Querwand durchbrochen, um die Füße des Ruhenden hindurchzulassen; diese sind dann gegen die Unbilden der Witterung durch einen Überzug geschützt. Diese Durchbrechung der Korbwand, die gleichzeitig einer Einrichtung für körperliche Bedürfnisse dient, ist so geschickt eingebaut, daß der Korb nicht geschwächt und auch für schwere Landungen wohl geeignet ist.

Weitere praktisch ausgestattete Körbe hat Ch. H a c k e n s c h m i d t , Straßburg, sowie die Aktien-Gesellschaft für Korbwaren- und Kinderwagen-Industrie, H o u r d e a u x - B e r g m a n n , Lichtenfels-Hirschfeld, ausgestellt. Besonders zweckmäßig dürften die verschiedenen, direkt eingebauten Schränkchen für allerlei Zubehör sein. Das leichte Gewicht eines nach Angaben von R i e d i n g e r - A u g s b u r g gebauten Korbes für Wettfahrten erhellt aus den Abmessungen von $1,2 \times 1,1 \times 1,1$ m bei nur 40 kg Schwere, während ein Fesselballonkorb derselben Firma (der allerdings auch den Gipfel der Unbequemlichkeit darstellt) sogar nur 26 kg wiegt.

Diese beiden Hauptteile — Hülle und Korb — werden jetzt durch ein zweckmäßiges Netzwerk und durch richtige Takelung zu einem Ganzen verbunden. Da ist es nun vor allen P a u l V o l k m a n n , Mechanische Draht- und Hanfseilfabrik, Berlin N. 20, der mustergültige Takelung vorführt. Netzleinen mit 118 g/m Gewicht und 775 kg Zerreißeftigkeit, rote Reißleinen sogar mit 825 kg Bruchfestigkeit bei 140 g/m Einheitsgewicht wechseln ab mit Ventilleinen in der vorschriftsmäßigen schwarz-weiß-roten Ausführung; ganze Netze zeigen die Verbindung mit eleganten Korbringen; Schleppseile der üblichen Art sind geflochtenen Kabeln gegenübergestellt, so daß man hier einen genauen Einblick in die Takelage-Fabrikation bekommt.

Da es beim Schleppseil größtenteils auf die fahrtmindernde Eigenschaft ankommt, d. h. auf die größtmögliche Oberfläche bei kleinem Gewicht, so werden die aus Kokosfasern hergestellten Seile wohl den Hanfseilen den Rang ablaufen. Eine übersichtliche Kollektion ist bei Franz Clouth vereinigt, welche Firma auch noch die Schwimmfähigkeit dieser Seile besonders hervorhebt. Die lenkbaren Luftschiffe haben infolge ihrer Landungsmanöver besondere kurze Seilenden gezeitigt (sog. Serpents), die — in großer Zahl an beiden

Längsseiten gleichmäßig verteilt — ein gutes Festhalten und Verholen durch die Mannschaft ermöglichen. Auch diese kurzen starken Seile sind hier ausgestellt. Ähnlichen Zwecken sollen die gegossenen nahtlosen Ketten aus Aluminium von Gebr. Schürhoff, Gevelsberg, dienen, über deren Zugfestigkeit jedoch nichts gesagt ist.

Die Schwimmfähigkeit ihres Schleppseiles, die besonders bei größeren Überwasserfahrten durchaus notwendig ist, damit der Ballon nicht langsam heruntergeholt wird, demonstriert die Voltohm Seil- und Kabelwerke A.-G., Frankfurt a/M., sehr nett an einem von der Decke in ein kleines Bassin hineinhängenden Seil. Außerdem zeigt der Stand ebenso wie der von W. Reutlinger, Mechanische Hanf- und Drahtseilfabrik, Frankfurt a/M., eine große Auswahl der verschiedensten Drahtseile, namentlich für Lenkballons, wengleich der Nutzen der Aluminiumverwendung in diesem lediglich nach seiner Zerreißfestigkeit dimensionierten Maschinenelement nicht einzusehen ist. Äußerst feiner Siemens-Martin-Stahldraht dagegen für Flugzeug-Spanndrähte wird eine große Anerkennung finden.

Nun kommen wir zu den Armaturen:

Abgesehen von den vielen Einzelheiten der Takelung, der weiteren Ausrüstung, die E. Alisch & Co. und Richard Gradenwitz, beide in Berlin, in übersichtlicher Weise zur Schau gestellt haben, ist ein für jeden Ballon sehr wichtiges Element — das Ventil — bereits in einer ganzen Reihe Konstruktionen ausgelegt. Die Ballonfabrik Aug. Riedinger, G. m. b. H., Augsburg, zeigt eine Ausführung, bei der die eigentliche Ventilklappe durch mehrere über Rollen laufende Drahtseilzüge betätigt wird. Eine in der Mitte faltenartig zusammenlegbare Schneeschutzhaube ist ebenfalls durch Seilzug zu handhaben. Das Ventil ist in übersichtlicher Weise in einen Tisch eingebaut, um so seine Funktionen beim Seilziehen leicht zu verfolgen.

Ein Aluminiumteller, der durch Gummischnüre (die wiederum durch Einnähen in Ballonstoff gegen die Einwirkung des Gases geschützt sind) an einen Gummiring gedrückt wird und dort abdichtet, ist das Hauptmerkmal eines Ventils von C. A. Justus & Sohn, Barmen, die übrigens sonst noch Ballonarmaturen in sauberer Ausführung ausstellen.

Ganz anders die Konstruktionen der Vereinigten Gummifabrik Harburg, Wien. Die Ventilklappe sitzt an 4 Federscharnieren und wird gegen den Dichtungsring gedrückt. Der Ballonstoff ist zwischen die beiden Holzringe geklemmt, während kleine Flügelschrauben die Ringe fest zusammenpressen.

Ehe wir nun zu den fertig montierten Ballons übergehen, finden wir auf dem Stand der Firma A. Riedinger, Augsburg, noch sehr interessante Schemata. Die beiden Tische, deren Mitte die vorbesprochenen Ventile einnehmen, tragen an ihren zusammenstehenden Seiten ein großes Schild, das oben durch übersichtlich und klar gezeichnete Barogramme zwei denkwürdige Freifahrten von Riedinger-Ballons vorführt: die Höhenfahrt des „Cognac“ und die 72stündige Dauerfahrt der „Helvetia“ mit dem Schweizer Oberst Schaeck. — Unter diesen Kurven sind die schematischen Zeichnungen eines

Frei- und eines Drachenballons (Parseval — Siegsfeld) aufgehängt, die dadurch besonderen Wert erhalten, daß jedes Stück der Takelung, jede Kleinigkeit mit ihrem Fachausdruck bezeichnet ist. Zu beiden Seiten der Ventile geben Diagramme über die Veränderlichkeit der Auftriebe Auskunft.

Fig. 132.

Nachdem wir so die einzelnen Teile besprochen haben, die in ihrer Vereinigung den Ballon, besser den „nicht lenkbaren“, ausmachen, wollen wir der ausgestellten Ballons gedenken. Die erste Stelle nimmt auch hier sowohl nach Volumen als nach Anciennität der „Preußen“ ein, so daß einige Daten wohl nicht ohne Interesse sind. Im Auftrage des Ingenieurs Zekéli im Jahre 1900 von der Continental-Co. Hannover angefertigt, ging er durch Schenkung seines späteren Besitzers, Architekt Enders, im Frühjahr 1901 an das Aeronautische Observatorium Potsdam über und wurde u. a. zu folgenden wissenschaftlichen Hochfahrten verwendet: 11. Juli 1901 und 24. Juli 1903 mit den Herren Berson, Süring und v. Schrötter in 7475 m und 8770 m Höhe, in eine Temperaturschicht von -22° bzw. $-35,5^{\circ}$ und 31. Juli 1901, Beobachter

Süring und Berson, in 10 800 m Höhe bei $-39,7^{\circ}$. Mit dieser Fahrt brachte der Ballon seine Insassen in die höchste bisher erreichte Höhe. Die wahrhaft gigantischen Abmessungen von 25 m Durchmesser der Hülle mit einem Volumen von 8400 cbm machten natürlich die peinlichste Arbeit zur Bedingung. Die obere Kalotte besteht aus 4fach — die untere aus 3fach

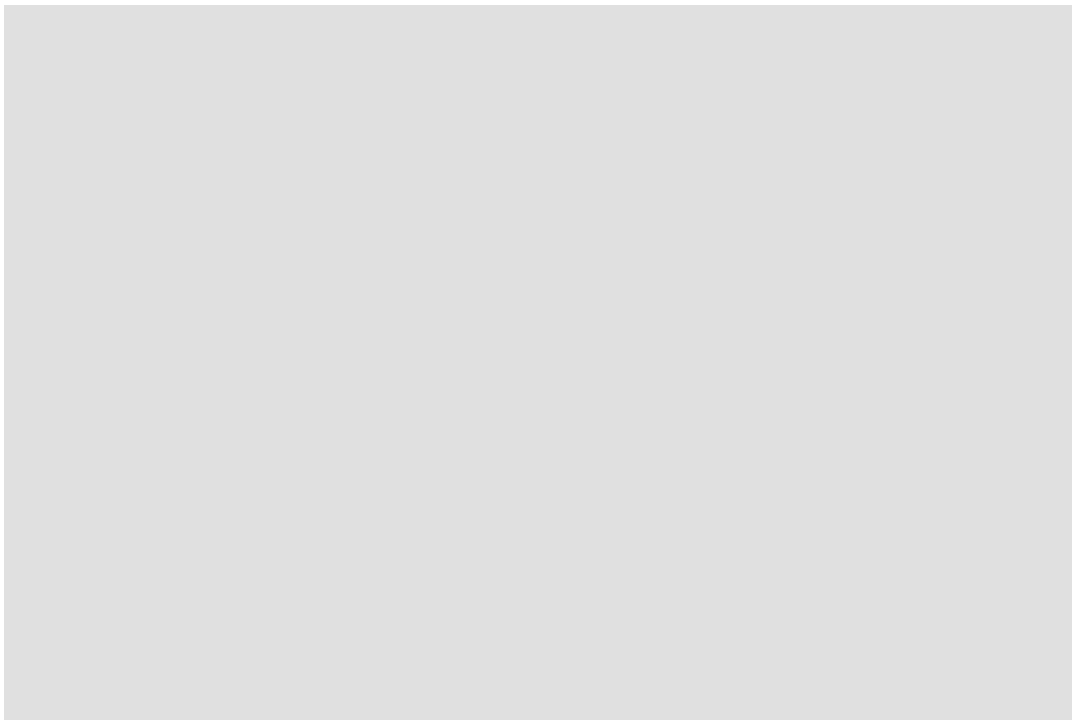


Fig. 133.

Korbplatz der IIa.

— diagonal verlegtem Stoff von gelb gefärbter Baumwolle mit in 1 mm Stärke aufgepreßter Paragummischicht. Bei 740 kg Nettogewicht und kompletter Ausrüstung wiegt der fahrtbereite Ballon 3000 kg, hat also bei Wasserstoff-füllung immer noch einen Nutzauftrieb von 6000 kg, also rund 80 Personen.

Gegenüber an der Westwand hängt der Firnisballon von Kä tchen Paulus, Frankfurt a. M. Wenn die wohl allgemein bekannte Luftschifferin jetzt als Fabrikantin ihre reichen Erfahrungen verwertet, so liegt es nahe, daß sie in erster Linie dabei an ihr eigenes Gebiet denkt, nämlich an die Freiballons, die Demonstrations-Aufstiegen dienen sollen. So sehen wir denn auch am Netz' den bekannten Fallschirm hängen, der durch seine eigenartige Ausführung den Zuschauern zweimal den Anblick eines ungehemmten Falles gibt, ehe das eigentliche sanfte Herabsinken erfolgt.

Zwei weitere Firmen haben vollständig ausgerüstete Freiballons zu Aufstiegen zur Verfügung gestellt:

Clouth III, der Cölner Firma gehörig, mit allen neuen Einrichtungen versehen, ist mit seiner gummierten Doppel-Diagonal-Stoffhülle infolge seiner Leichtigkeit imstande, 4 Personen und 10 Sack Ballast zu tragen, trotzdem er nur 940 cbm Volumen hat — er eignet sich also vorzüglich zu den „billigen“ Fahrten; — „Louis Peter“, ein Ballon der 3. Rennklasse, bildet gleichsam den Beweis der Leistungsfähigkeit dieser Frankfurter Firma.

Und nun verlassen wir das Gebiet der sportlichen Luftschiffahrt und ihrer Bedarfsartikel — ihrer Einzelindustrien, um uns den Baustoffen der lenkbaren Luftfahrzeuge zuzuwenden.

Die Hüllen des Lenkballons und die Bespannungstoffe der Flugzeuge sind im vorherigen schon besprochen. Die wasserdichten gefirnißten Stoffe sind vorzüglich für Aeroplane, weniger gut für Luftschiffe; stellen doch gerade die unstarren Lenkballons sehr hohe Anforderungen an die Gasdichtigkeit ihrer Hüllen. Ein neuer Aeroplanstoff ist nach den Angaben von Ziv.-Ing. Bauschlicher z. T. von der Stanniol- und Metallkapselabrik vorm. Conrad Sachs, G. m. b. H., Eppstein, angefertigt. Er besteht aus einem Baumwollstoff, dessen gummierte Seite mit Aluminiumfolie von 0,01—0,04 mm Stärke bewalzt wird. Dieser äußerst dünne und biegsame Metallbelag dient einerseits zum Schutz der Gewebe, ferner zur Verminderung des Luftwiderstandes, weil die Folie sehr glatt ist. Allerdings muß die Hülle nach Möglichkeit prall gehalten werden, weil die dünne Metallschicht leicht bricht.

Leitet uns dieser Stoff mit seinem Metallbelag schon auf das Gebiet der Metallverwendung in der Luftschiffahrt über, so soll im folgenden die ungeheuer reichhaltige Beschickung der Ausstellung mit diesem jüngsten und wichtigsten Kinde der Technik — der Spezial-Metall-Industrie — eingehend behandelt werden. Die für die letzten Fortschritte auf dem Gebiete der Luftschiffahrt notwendigen Metalle und Legierungen sind in einer Vollkommenheit ausgestellt, daß der Eindruck eines angestregten Suchens nach dem Richtigen ganz verwischt wird, daß man im Gegenteil meint, alles hätte sich fast von selbst zur rechten Zeit eingefunden. Gerade diese Wirkung auf den Beschauer aber stellt der Industrie das glänzendste Zeugnis aus, ist sie doch ein Zeichen dafür, wie schnell sich Theorie und Praxis vereinigt, um einem Bedürfnis abzuhelpfen. Der alte solide stationäre Maschinenbau mit seinen bescheidenen Ansprüchen begnügt sich mit Festigkeiten von 45—50 kg/qmm bei 20 % Dehnung für seine S. M. Stähle, während Grauguß und Stahlguß zu allen komplizierteren Stücken verwendet werden. Schärfere sichtet schon der Schiffsmaschinenbau, vor allen Dingen mit Rücksicht auf die Gewichtsersparnis, während der Automobilbau bereits weitgehende Qualitätsforderungen stellt. Und jetzt haben wir ein Gebiet beschritten, wollen wir ein Medium durchqueren, bei dem das schwierige Erkaufen jeden Kilogramms Belastung direkt auf die Gewichtsersparnis hintreibt, während andererseits die große Gefahr, die der Bruch selbst des kleinsten Elementes für Fahrzeug und Besatzung mit sich bringt, energisch die höchsten Qualitäten für das Material verlangt. So kommen wir auf der einen Seite zu Metallen mit ungeheuren Festigkeiten, auf der anderen Seite zu solchen mit geringsten spezifischen Gewichten.

Bei der ersten Gruppe hat sich vor allen Dingen die Bismarckhütte, Oberschlesien, hervorgetan und sowohl Konstruktions- als auch Werkzeugstahl von großer Gleichmäßigkeit und hoher Festigkeit angefertigt. In den beiden Materialien N. C. 2 und N. C. 4 hat die Firma ein geradezu unerreichtes Fabrikat auf den Markt gebracht, das überall da noch zu verwenden ist, wo jeder andere Stahl versagt. Die Festigkeit gehärteter Nickelchromstähle steigt beim N. C. 4 bis zu 200 kg/qmm, d. h. man ist zu einer Vollkommenheit gelangt, die man früher nicht einmal zu erhoffen wagte. Dies ist nun nicht etwa ein Zufallsresultat, das sich bei einer besonders glücklichen Mischung ergab, sondern die Eigenschaft einer stets gleichbleibenden Qualität, worauf die Bismarckhütte besonderen Wert legt. Diese große Gleichmäßigkeit und Reinheit soll durch das immer mehr ausgebaute Elektroschmelzverfahren noch an Zuverlässigkeit gewinnen.

Das gleiche Gebiet der Materialien hoher Festigkeiten hat auch die Krefelder Stahlwerk A.-G., Krefeld, in reichstem Maße beschickt. Eine reinliche Scheidung in Konstruktionsstahl und Werkzeugstähle fällt wohltuend auf. Die letzteren nach den zu bearbeitenden Werkstücken mit den kleinen Qualitätsdifferenzen zu betrachten, ist für den Fachmann eine äußerst interessante Aufgabe, bekommt er doch gleichzeitig ein Bild der zwischen weichstem Flußeisen oder Messing und härtestem Material (Hartgußwalzen, Bremsbandagen) variierenden Arbeitsstücke mit ihren verschiedenen Schnitt- bzw. Stoßgeschwindigkeiten. Wenn nun heute für jedes Material und jede Beanspruchung ein anerkannt zweckmäßiger Bearbeitungsstahl vorliegt, so ist das ein vortreffliches Zeugnis für die zähe Energie und die unermüdliche Ausdauer der Spezialwerke. Die Unterschiede des Stahles beruhen in erster Linie auf seinem Kohlenstoffgehalt, der zwischen 0,5 und 1,5 % beträgt; dieser härteverleihende Bestandteil ist nun äußerst fein im Stahl verteilt und eingesprengt, kann aber durch leichtes Erwärmen gelöst und durch schnelles Abkühlen in einem bestimmten Lösungsverhältnis festgehalten werden. Das ist der Härtevorgang. Dadurch hat man es in der Hand, einen Stahl von höherer Härte, der gleichzeitig zäh sein soll, durch nachträgliches Erwärmen gerade für seinen einen Zweck passend zu machen. Nun stellt aber die heutige Technik derartige Anforderungen an die Schnelligkeit der Bearbeitung, daß einfache Kohlenstoffstähle durch natürliche Erwärmung bei der Arbeit in kurzer Zeit alle Stadien durchmachen würden, die wir eben als Härten kennen gelernt haben, d. h. der Stahl würde in unkontrollierbarer Weise seine Eigenschaften ändern. Die Industrie mußte einen neuen Weg suchen, und dieser hieß: andere Beimengungen. Dadurch entstand der große Zweig der Spezialstähle, die einerseits bleibende Beimengungen erhalten (Chrom — Wolfram — Molybdän — Mangan — Vanadin), dann aber auch solche nur im Status nascendi zur Herstellung eines besonderen Zustandes bekommen (Titan).

Ein anderes Vorgehen ist bei den Konstruktionsstählen geboten. Auch hier gegen früher rapides Anwachsen der zulässigen Geschwindigkeiten, schnellere Reihenfolge von Zug und Druck. In ähnlicher Weise wurde die Qualitätserhöhung durch Beimengung von anderen Elementen erreicht wie Nickel,

äußerst wenig Chrom, Mangan und Vanadin, von denen besonders das erstere große Festigkeit, Dehnung und Elastizität verleiht. Der große Vorzug dieser Zusatzstahle besteht darin, daß die gefürchtete Materialermüdung nicht eintritt, d. h. daß ohne irgendwelche Veranlassung plötzlich ein Bruch innerhalb der zulässigen Grenze geschieht. Durch die Einsatzhärtung ist man nun in der Lage, ein durchweg zähes Material an der Oberfläche durch nachträgliche Vermehrung des Kohlenstoffgehaltes der Abnutzung gegenüber sehr widerstandsfähig zu machen. Der gewünschten Zähigkeit des Materials entsprechend, werden bis zu 5 % Nickel und vielleicht 2 % Chrom zugesetzt, wodurch Festigkeiten bis zu 150 kg erreicht werden, bei einer Nachgiebigkeit, daß selbst große Stöße unbeschadet aufgenommen werden können.

Neben der zweckmäßigen Vorführung dieser Qualitätsstähle zeigt der Stand noch Materialien mit hohem bleibenden Magnetismus, Spezialstahl für Kugeln (hoher Druck — geringe Reibungsabnutzung), Ventilkegel- und Panzerstahl sowie einige Graphittiegel. Ein reichhaltiges Sortiment aller möglichen Stahlsorten, Bleche, Drähte und Werkzeuge finden wir auf dem Stand der Firmen Schmidt Clemens, Frankfurt a. M., sowie Eisen- und Stahlwerke vorm. Georg Fischer, Schaffhausen, vereinigt.

Auch die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik, Düsseldorf-Derendorf, ist mit hervorragenden Stahlsorten vertreten, von denen ein vergüteter Spezialstahl besonders durch seine große Dehnung von 83,8% bei 95,5 kg Festigkeit auffällt. Übersichtlich ist auch eine Behandlungstabelle für Werkzeugstahl, aus welcher für jede Sorte die richtige Schmiede- und Anlaßhitze zu entnehmen ist.

Dieser überreichen Fülle von Stählen, die der Luftfahrzeugbauer schon in großer Vollkommenheit vorfand, und die auch schon gewisse Erfahrungen auf ihrer Seite hatten, dieser Fülle reihen sich die übrigen hochwertigen Materialien durchaus ebenbürtig an.

Vor allem die Bronzen haben in der letzten Zeit einen auffallenden Veredelungsprozeß durchgemacht. Wenn man das frühere Messing oder Rotguß — kurzweg Metall genannt — mit der modernen Bronze vergleicht, wird man außer der Farbe wenig Ähnlichkeit finden. Zumal die schmiedbaren Rübbronzen der Julius Pintsch A.-G. zeigen den S.-M.-Stählen verwandte Eigenschaften. Besonders drei Arten werden ständig auf den Markt gebracht; eine sehr harte Bronze von 75,7 kg/qmm Festigkeit und 8 % Dehnung und zwei weitere mit 55,7 bzw. 55,8 kg Festigkeit, entsprechend 11,9 und 28,8 % Dehnung. Die Rübbronze, die übrigens in der Kriegsmarine schon ausreichende Verwendung als Ersatz für Stahlguß findet, hat diesem gegenüber den großen Vorzug, daß sie auch in der kleinsten Gießerei anstandslos verarbeitet werden kann, wodurch man sich von den langen Lieferfristen der großen Werke freimacht und außerdem den Guß selbst überwachen kann. Dann ist die Rübbronze sehr viel zäher als Stahlguß, was sich besonders für hochbeanspruchte Armaturen als nützlich erweist. Endlich aber kommt noch hinzu, daß sie nicht rostet und auch gegen unreines Wasser (Seewasser) unempfindlich, also das gegebene Festigkeitsmaterial für Luftfahrzeuge ist, da

weder Witterungsunbilden noch längere Betriebsperioden ohne Reinigung schädigende Einwirkungen haben.

Ehe wir nun zu den eigentlichen Leichtmetallen kommen, müssen wir noch eines eigenartigen Konstruktionsmaterials gedenken — des Frankits. C. & S. Frank, Frankfurt a. M., stellen alle Arten Profile zu sehr geringen Preisen her, indem flüssiges Zink unter hohem Druck in Formen geführt wird und auch unter gleichem Druck erkaltet, wodurch man äußerst dichtes Material herstellen kann. Die Festigkeit dieser Profile steht der vom gezogenen Zink nur wenig nach.

Besonders groß und bemerkenswert ist nun der Fortschritt, den die jüngsten Kinder der Technik, der Automobilbau und die Luftfahrzeug-Industrie auf dem Gebiete der Leichtmetalle gezeitigt haben. Als vor Jahren das Aluminium auftauchte, staunte man die Leichtigkeit desselben gebührend an, verwies es jedoch seines hohen Preises wegen in der Hauptsache auf die Herstellung besserer Gebrauchsgegenstände (Federhalter, Schlüssel etc.); ein Jahrzehnt später schuf ihm die aufblühende Elektrizität durch billige Herstellung schon größere Absatzgebiete im Motorenbau, und heute geht unsere nimmer rastende Technik schon mit Erfolg daran, noch leichtere und festere Legierungen zu schaffen.

Drei Werke in der Ausstellung haben in der Herstellung neuer Leichtmetall-Legierungen sich besonders hervorgetan. Zuerst die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, Griesheim, die in ihrem Pavillon das Elektronmetall in vielen Verarbeitungen zeigt. Am anschaulichsten wirken wohl die beiden Motorgehäuse gleichen Modells aus Aluminium und Elektronmetall, die 33,5 bzw. 22 kg wiegen, demonstrieren sie doch neben der Gewichtersparnis zugleich die gute Gießfähigkeit. So lehrreich diese Anschauungsobjekte sind, soviel sie auch dem Fachmann zu sagen vermögen, so geringe Bedeutung ist ihnen für eine große Ausstellung, die doch größtenteils von Nichtfachleuten besucht wird, beizumessen. Welche Dienste hätten die beiden Materialien-Proben getan, wenn man sie durch Abwägen in der Hand miteinander hätte vergleichen können! Das sagt der großen Menge etwas, und dann werden auch Zahlen gemerkt. Die Firma hat durch langjährige Versuche in ihrer neuen Legierung ein Material gefunden, das mit seinem spezifischen Gewicht von 1,7—2,0 je nach der Verwendung die gebräuchliche Aluminiummischung (2,9) weit übertrifft, aber auch mit hoher Festigkeit, Zähigkeit und Elastizität eine gute Bearbeitungsfähigkeit verbindet. Die schöne silberähnliche Farbe in poliertem Zustand und der reine gute Klang erwirken dem neuen Metall viele Freunde. An der Luft überzieht sich das Material sofort mit einer schützenden Oxydschicht, wodurch seine Wetterbeständigkeit noch verstärkt wird. Die Zugfestigkeit im gegossenen Zustand von 18 kg/qmm bei 5 % Dehnung läßt sich durch Verdichtungsprozesse bis auf 35 kg/qmm bei 18% Dehnung steigern ohne merkliche Erhöhung des spez. Gewichts. Die ausgestellten Profile mit ihren Biege- und Torsionsproben verdienen um so mehr Beachtung, als bei einer weiteren Bearbeitung mit allen vorkommenden Werkzeugen keinerlei Vorsichtsmaßnahmen oder besondere Vorkehrungen notwendig

sind. Sieht man von dem hohen Preis von zirka M 9,— per kg ab, so ergeben sich für die nächste Zukunft recht erfreuliche Ausblicke. Das 6000 kg schwere Gerüst eines Z. I in der üblichen Aluminiumlegierung würde z. B. bei gleicher Festigkeit nur etwa 3500 kg wiegen. Welche Vergrößerung von Aktionsradius, Geschwindigkeit oder Tragfähigkeit bedeutet das!

Natürlich liegt nicht alles Heil nur in den leichten Metallen, sondern auch in der Verbesserung der Arbeitsverfahren, besonders des Walzens im kalten Zustand. Die Firma Basse & Selve, Altena i. W., vertreten durch J. A. Kühn, Frankfurt a. M., hat gerade hierin bemerkenswerte Erfolge zu verzeichnen. Die Rohre aus ihrer Aluminiumlegierung haben bei einer Dehnung von 6% eine Festigkeit von 33,6 kg/qmm an der Bruchgrenze, die Profile kommen sogar auf 36,6 kg/qmm, das gegossene Material noch auf 24 kg/qmm, während das spezifische Gewicht das des Elektronmetalls kaum überschreitet.

Das dritte Werk schlägt einen anderen Weg ein, es beschränkt sich auf das spezifische Gewicht des Aluminiums und verbessert nur seine Festigkeit; so wird mit 90 % Aluminium eine Legierung mit einem Schmelzpunkt von 650° C hergestellt, das erstaunliche Festigkeiten zeigt. Das Material wird nach den Patenten von Oberingenieur A. Wilm, Schlachtensee bei Berlin, in den Dürener Metallwerken, Düren (Rheinland), hergestellt und zeigt in seinen Blechen, Profilen und Bändern eine gute Verarbeitungsfähigkeit. Die Bleche besitzen in normal harter Ausführung von 6—2 mm Stärke eine Bruchfestigkeit von 42 bis 57 kg/qmm, wobei die Dehnung von 20 auf 2,5 % fällt. Draht ist weich und halbhart im Handel mit Festigkeiten von 50—40 kg/qmm, die Dehnungen von 20—18 % entsprechen. Die Legierung Nr. 681 ergab für ein 2-mm-Blech sogar: Streckgrenze 60 kg/qmm; Bruchfestigkeit 62 kg/qmm, Dehnung 3,5 %; Kontraktion 10%, Härte nach Brinell 174. Die Verdichtung geschieht in kaltem Zustande durch Walzen. Es dürfte vielleicht noch von Interesse sein, daß die elektrische Leitfähigkeit ungefähr der vom Reinaluminium entspricht¹⁾.

Derganz aus Aluminiumprodukten hergerichtete Stand der Hedderheimer Kupferwerke und Süddeutschen Kabelwerk-A.-G., Frankfurt a. M. und Mannheim, der äußerst dekorativ durch ein Auffang-Bassin für einen Sprudel wirkt, zieht wohl vor allen Dingen durch die Bodenplatten die Aufmerksamkeit auf sich. Diese sind nämlich aus einem 10-t-Block gewalzt — bei dem geringen spezifischen Gewicht schon einer erheblichen Menge Aluminium. Während diese schweren Platten nur Demonstrationszwecken dienen, zeigen die drei Gruppen: Leichtmetalle, Qualitätsbronzen, Leitungsmaterial peinlich sauberen Guß und exakt gewalzte Profile. Die Drähte usw. sind für Signal- und Beleuchtungsleitungen unserer Luftschiffe von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Außerdem stellen noch die Metallwalzwerke A.-G., Frankfurt a. M., eine recht übersichtlich gehaltene Kollektion ihrer aus Nickel, Aluminium, Neusilber und anderen Metallen nahtlos hergestellten sowie gezogenen Rohre aus.

¹⁾ Über diese 3 Leichtmetalle siehe auch den Bericht in den Wettbewerben.

Außer den bisher besprochenen Metallen sind noch von einer großen Anzahl Firmen Halbfertig- und Fertigprodukte auf dem Gebiete der weiteren Metallverarbeitung zur Ausstellung gebracht. Weil diese Gegenstände sich am besten im Anschluß an die Motorenindustrie würdigen lassen, erfolgt eine Besprechung in Gruppe 10.

Fig. 134.

Auflassen von Montgolfières auf der Ila.

Gruppe 2. Lenkballons.

Eine Fahrt mit den im vorigen Abschnitt besprochenen Ballons entspricht wohl am meisten unseren Ansprüchen an eine lediglich der Erholung gewidmete Reise. Zuerst das sanfte Schweben, gegen das jede andere, auch die raffinierteste Bewegungsmöglichkeit roh erscheint, dann die Fülle ungeahnter Eindrücke, die selbst die bekannteste Gegend dem Ballonneuling bietet, und endlich die beim Aufstieg offene Frage des Landungsplatzes. Eine solche Fahrt birgt viel Poesie, aber der Praxis gilt sie nicht viel, weil die Lenkbarkeit fehlt. Nun kann zwar der Führer durch Erreichung bestimmter Höhenschichten und ihrer

Winde in gewisser Beziehung dem Ballon seine Fahrt vorschreiben, und sorgfältig ausgeführte Vorrichtungen in der Hand geschickter Führer haben ja auch teilweise ausgezeichnete Freiballonleistungen gezeitigt. Aber der alte Wunsch der Menschheit, ein vorherbestimmtes Ziel auch bei schwieriger Witterung auf dem Luftweg zu erreichen, war dadurch um keinen Schritt weiter ge-

Fig. 135.

kommen. Und doch lebte diese Hoffnung schon seit undenklichen Zeiten und trieb ihre Jünger zu den wunderlichsten Erfindungen. Längst ehe die Brüder Montgolfier den Heißluftballon ersonnen, arbeiteten kühne Theoretiker schon mit gigantischen Segelkonstruktionen an den späteren „Luftschiffen“, ohne sich die veränderten Verhältnisse von beiden Transportmitteln in bezug auf das tragende Medium klar zu machen; andere wieder machten den mehr originellen als praktischen Vorschlag, große Vögel zum Ziehen zu benutzen; kurz eine phantastische Reichhaltigkeit beherrschte die Gemüter. Sowie aber die Montgolfieren erst das wirkliche Erheben in die Lüfte bewiesen hatten, sowie also das Prinzip gelöst war, da kam man auch schnell zur Erkenntnis des praktisch richtigen Vortriebes, nämlich — die Luft selbst zu benutzen, um den Vortriebs-

mitteln die nötige Angriffsfläche zu bieten. Zweierlei Schwierigkeiten mußten beseitigt werden; erstens konnte man nicht die genügend großen Tragkörper herstellen, um die Nutzlast zu heben, zweitens aber waren die Antriebsmittel im Verhältnis zu ihrer Leistung so schwer, daß an ein Unterbringen im Ballon nicht zu denken war. So finden wir denn auch im weiteren Entwicklungsgang ein stetes Kämpfen gegen diese Hauptfeinde und an die Namen Henry Giffard 1852, Paul Haenlein, Dr. Wolfert, Gebrüder Tissandier, Renard, Krebs knüpft sich stets ein Fortschritt, und sei er noch so wenig zu merken. Der letztgenannte Punkt — das Gewicht der Antriebsmittel — wird bei Betrachtung von Gruppe 10 besonders hervortreten.

Als man durch den Bau von Freiballons auch in der Herstellung größerer Hüllen einige Erfahrung besaß, ergab sich eine weitere Behinderung. Der bei Freiballons offene Füllansatz bewirkte in jeder Höhenlage stets einen Druckausgleich zwischen innen und außen, ferner war auch die Kugelform der Hülle die einfachste und wegen des geringen Gasverlustes die günstigste; aber die große Stirnfläche machte ein seitliches Verschieben gegen die bewegte Luft äußerst schwer. Es mußte also die länglich gestreckte Form gewählt werden, die dann aber auch unter allen Umständen gewahrt bleiben muß, d. h. das Gasvolumen mußte unter einem bestimmten Überdruck stehen, gleichgültig ob der Außendruck sich durch Höhenlage oder sonstige Einflüsse änderte. Auch hier wurde der richtige Weg gefunden, indem man innerhalb einer allseitig geschlossenen Hülle einen Ausgleichbehälter anordnete und sein Volumen zwangläufig regulierte — der durch Ventilatoren aufgeblasene Luftsack oder das Ballonet. Weil bei dieser Anordnung die Hülle stets sehr prall gehalten werden muß, was nur durch einen gewissen Gas- und Luft-Überdruck erreicht werden kann, woraus aber auch eine hohe Beanspruchung derselben resultiert, weil ferner von der Wirkung dieses Ballonets die ganze Flugfähigkeit abhängt, verfolgten andere Erfinder den Weg, die Hülle in ein starres mit Stoff oder Blech bespanntes Gerüst zu legen. Dann nimmt das Gehäuse die Reaktion des Vortriebes auf, und die Hülle selbst unterscheidet sich prinzipiell nicht von den bekannten Freiballons. Auch hier suchten dann wieder andere das Heil im Mittelweg; sie nahmen von der ersten Art den Tragkörper mit seinen Einrichtungen, von der zweiten die Gondel nebst einem Teil des Gerüsts, das sie unter der Hülle anordneten. So kommen wir zu den drei jetzt verbreitetsten Systemen, dem unstarren, starren und halbstarren.

In richtiger Würdigung der eminenten Bedeutung der lenkbaren Luftschiffahrt sind dann auch auf der Ausstellung in gebrauchsfähiger Ausführung und im Modell eine so große Anzahl „Lenkbarer“ zusammengetroffen, daß sich ein umfassenderes Bild schlechterdings nicht ausmalen läßt. Zunächst auch hier ein historischer Zeuge: die Überreste des alten Schwarzschen Luftschiffes, ausgestellt auf dem Stande der Firma Carl Berg A.-G., Eveking i. W. Die Konstruktionspläne und Photographien nach der Zerstörung lassen deutlich den schwachen Punkt des Systems — die übergroße Beanspruchung der Metallhülle — erkennen, so daß die Inbetriebsetzung am 4. November 1897 das Scheitern zur Folge haben mußte. Der alte Daimler-Motor mit seiner Glüh-

rohrzündung mutet uns jetzt ganz altertümlich an, und doch liegen erst 13 Jahre zwischen seiner Ablieferung und jetzt — ein deutliches Zeichen für die rasche Entwicklung auf diesem Gebiet. Der 4-Zylinder-Motor leistete bei 480 Minutenumläufen 10 PS und wog mit Schwungrad 320 kg, d. h. 28,2 kg/PS. Von Interesse dürfte übrigens der Hinweis sein, daß Schwarz für sein Luftschiff dieselben Materiallieferanten hatte wie Zeppelin, — nämlich Carl Berg A.-G. für Aluminium, Daimler für Motoren.

Fig. 136.

Wenden wir uns dann den wirklich erprobten Lenkballons zu, die in großen mit Leinwand gedeckten Holzhallen Unterkunft gefunden haben, um bei günstiger Witterung ihre Fahrten zu unternehmen, so finden wir zunächst draußen auf dem Flugplatze die gigantischen Z. II und Z. III, die Vertreter des starren Systems, gebaut von der Luftschiffbau G. m. b. H. Zeppelin. Die eigentliche Konstruktion der Zeppelinschen Luftschiffe ist so bekannt, daß es genügt, hier einige Besonderheiten hervorzuheben. Z. III, das sechste nach dieser Bauart hergestellte Luftschiff, ist 136 m lang, hat 13 m Durchmesser und bei 17 einzelnen Tragkörpern einen Inhalt von 15 000 cbm. Es zeigt gegen die früheren Schiffe erhebliche Verbesserungen; zunächst ist der Stahlbandantrieb seiner 4 Propeller dem Kegelradgetriebe überlegen; er ist leichter, sicherer, geräuschloser und hat einen besseren Wirkungsgrad. Namentlich der

vorletzte Umstand ist im Interesse des Führers nicht zu unterschätzen, weil fortwährende Geräusche leicht zu vorzeitiger Ermüdung Veranlassung geben. Auch die zweiflügeligen Schrauben scheinen uns ein Fortschritt, der wohl dann erst deutlich wird, wenn die günstigste Umlaufszahl festliegt. Das Gerüst, das bei den vielen Landungen seine Zweckmäßigkeit bewiesen hat, besteht aus 18 durch Längsträger verbundenen Ringen; jeder Ring oder besser jedes Sechzehneck, dessen Seiten dreieckige Träger bilden, ist durch Spannseile nach dem Mittelpunkt versteift, während die Felder des Längsverbandes, also 2 Längs-

Fig. 137.

Parseval-Ballon „P III“.

träger und 2 korrespondierende Ringseiten, durch 8 Stäbe diagonal gespannt werden. Die Ringe der Lagerböcke, die Spitze und der Bug sind besonders verstärkt, namentlich letzterer wegen des schweren Seitensteuers. Starke Aluminiumrohre und Stahlseile verbinden Gerüst und Gondeln, welche letztere sich nach beiden Seiten als dreieckiges Kielgerüst fortsetzen. Interessant ist auch die Anordnung der Stahlbänder; diese laufen in Schutzhülsen bis an die mit Leder bespannten Aluminiumscheiben heran, deren Peripherie wieder eine Schutzhaube umspannt. Der Propellerschub überträgt sich durch eine Strebe auf das Gerüst.

Zum Antrieb dient in jeder Gondel ein 110-PS-Daimler-Motor, deren 6 Zylinder zusammen mit den Kühlmänteln aus Eisen gegossen sind. Die Bienenkorbkühler werden durch einen Schraubenventilator mit Luft gekühlt. Eine zwischen Motor und Stahlbandgetriebe eingebaute Zwischenwelle mit Um-

kehrkupplung ermöglicht ein Rückwärtsarbeiten der Propeller, während eine Reibkupplung ein sanftes Einrücken erlaubt. Die Ventile und Schläuche der Säcke des Wasserballastes sind durch Seile mit einem Brett der vorderen Gondel verbunden, so daß von hier die Ballastabgabe zu regulieren und auch der Vorrat zu ersehen ist. Die beiden Höhensteuerpaare vorn und hinten sind durch ihre Betätigungshandräder so zu kuppeln, daß entweder beide gleichzeitig in gleichem Sinne gelegt werden — dann hält sich das Luftschiff

Fig. 138.

während der Fahrt wagrecht über oder unter der Gleichgewichtslage — oder beide verschieden gedreht werden — dann legt sich das Luftschiff schief, wirkt dadurch als Drachen und verändert seine Höhenlage schnell. Die Seitensteuer zeigen die übliche Anordnung. Unter dem Gondelboden sollen luftgefüllte Leinwandsäcke die eventuellen Landungsstöße aufnehmen. Die Hüllen der einzelnen Ballons sind aus einfach gummiertem Continental-Ballonstoff hergestellt und durch ein Netz von Ramie-Garn umspannt. Das Gesamtgewicht des Luftschiffes beträgt 10 000 kg, so daß zirka 5000 kg für Nutzlast restieren.

Das völlige Gegenbild des Zeppelinschiffes ist der ganz unstarre Ballon des Majors v. Parseval. Derselbe ist von der Luftfahrzeug-Gesellschaft m. b. H., Berlin, besonders für Passagierfahrten für die Ila hergerichtet und hat für diesen Zweck einige Änderungen erhalten. Auch bei diesem Ballon

können wir die näheren Details sparen, weil sie wohl allgemein bekannt sind. Der Tragkörper, der bei 69 m Länge und 12 m Durchmesser 6700 cbm Inhalt hat,

Fig. 139.
Unmontierte Gondel.

Fig. 140.
Gondel von „P. III“.

besteht aus einem mittleren, zylindrischen Teil, dem vorn ein Halbellipsoid vorgesetzt ist, und der hinten ziemlich spitz ausläuft. Die Hülle setzt sich

aus 900 mm breiten Querbahnen zusammen von doppeltem Diagonalbaumwollstoff mit 3 Gummilagen. Die vorn und hinten eingebauten Ballonets, die stets die notwendige Prallheit des Ballons hervorbringen, dienen gleichzeitig als (statisches) Höhensteuer, d. h. die Einleitung der Steuerwirkung erfolgt durch statische Hilfsmittel, indem die Ballonets durch Verteilen der schwereren Luft den Ballon beliebig neigen können, was den großen Vorteil hat, auch bei ruhiger Lage des Ballons, d. h. ohne Fahrt, sicher zu wirken. Ohne Ballastabgabe und Geschwindigkeitssteigerung lassen sich bis zu 400 m Höhenunterschied bewältigen. Eine geeignete Seilverbindung der Ballonets über eine Rolle des Gasventils sowie dessen direkte Kupplung mit einer Membrane gewährleistet die nötige Sicherheit gegen zu großen Innendruck (zulässig 20—25 mm Wassersäule).

Die in Brückenträgerform in Chromnickelstahlprofilen und Stahlrohren hergestellte Gondel enthält hinten die beiden 100-PS-N. A. G.-Motoren nebst Kühlern und einem Benzinbehälter, während der vordere spitz zulaufende Teil zur Aufnahme der Passagiere dient. Ein zweiter Benzinbehälter ist noch geschickt unter den Sitzen angebracht. Unmittelbar hinter dem Kartentisch ist der Führerplatz, durch Kompaß, Variometer, Überdruckmanometer für den Gasinhalt und Ventilzüge für die Höhensteuerung, Seitensteuerhandrad und Umsteuerungsvorrichtung der Propeller deutlich gekennzeichnet. Die Gondelaufhängung geschieht in der bekannten doppelten Parsevalschen Art durch senkrechte Tragseile und zwei unter der Gondel entlanglaufende, an den Ballonenden befestigte Seile, wodurch erreicht wird, daß der Ballon sich gut wagrecht hält, daß die Erschütterungen durch die Motoren minimal sind, und daß die Reaktion des Propellerschubs direkt vom Ballonkörper aufgenommen wird. Die Flügel der beiden Parsevalschen Fahnenpropeller haben eine zur Druckrichtung parabolische Wölbung und lassen sich durch eine Reversiervorrichtung sowohl entsprechend der Geschwindigkeit verstellen als auch völlig umsteuern. Eine besondere Sicherheit des Luftschiffes liegt darin, daß jeder Motor auf beide Propeller und auf den Ventilator arbeiten kann, während normal beide Motoren auf Propeller und Ventilator zusammen wirken.

Ein weiterer Lenkballon unstarren Systems ist von der Firma Franz Clouth, Cöln-Nippes, nach eigenen Entwürfen mit durchweg eigenem Material hergestellt. Äußerst schlank ausgeführt, mit 8,26 m Durchmesser bei 42 m Länge, liegt sein Hauptvorteil in der Luft vor allen Dingen in den eleganten graziösen Bewegungen. Die vorn und hinten spitze Form scheint mit Rücksicht auf eine möglichst kleine Oberfläche bei gegebenem Inhalt von 1700 cbm gewählt zu sein; jedoch dürfte auch für diese kleinen Ballons die Parsevalsche Form die zweckmäßigere sein, wie die Experimente der Professoren Dr. Prandtl und Dr. Ahlborn übereinstimmend ergeben haben. Die intensiv gelb gefärbte Hülle aus doppeltem Baumwollstoff mit äußerer Gummilage wird durch ein an der Unterseite liegendes langgestrecktes Ballonet prall erhalten, welches letzteres durch durchlöchernte Zwischenwände geteilt ist, die nur ein langsames Überströmen der Luft erlauben. Die vorn und hinten spitze Gondel hat bei $7\frac{1}{2}$ m Länge nur 1 m Breite und ist aus Stahlrohren zusammengelötet; eine Teilung der Gondel wäre im Interesse des Transportes anzustreben. Hinten

befindet sich der Motor mit Bedienungsraum, vorne der Führerplatz, der neben den üblichen Instrumenten noch die verschieden gefärbten Ventilzüge und Reißbahnleinen, ferner die Betätigungsvorrichtung des Ventilators sowie ein Mano-

Fig. 141.
Ballon Clouth.

Fig. 142.
Gondel des Ballon Clouth.

meter enthält, das durch Einbau eines Dreiweghahnes sowohl den Überdruck im Ballonet wie im Ballon anzeigen kann. Der 40-PS - Automobilmotor (4 Zylinder mit Wasserkühlung) treibt mittels einer senkrechten, zweier hori-

zontalen Wellen und den nötigen Kegeltrieben 2 gegenläufige Holzpropeller; und zwar beträgt die Übersetzung vom Motor auf die Schrauben 1:2 ($n_m = 1300$; $n_p = 650/\text{Min.}$) Die zweiflügeligen Chauvière-Propeller haben 2,8 m Durchmesser; ihre Lagerarme sind durch Stahlrohre miteinander verbunden, auf welcher Verbindung gleichzeitig der Ventilator ruht. Hierdurch wird der Luftschlauch kurz, sein Luftwiderstand beim Fahren daher gering. Der Antrieb des Ventilators erfolgt durch Riemen von der Querwelle aus, was uns als prinzipieller Fehler erscheint, denn ein Abstellen der Propeller bedeutet zugleich Stillstand des Ventilators und eventl. Schlaffwerden der Hülle. Die Gondel hängt mit den üblichen Gänsefüßen an zwei die Länge des Tragkörpers einnehmenden Längsträgern. Diese ihrerseits sind wieder alle 450 mm mit der Hülle verschnürt und gewährleisten so eine gleichmäßige Lastverteilung, nur müssen die Verbindungsstellen der aus je 5 m langen Stücken zusammengesetzten hohlen Holzstäbe noch besser durchgeführt werden. Das dreiflächige Höhensteuer hängt

Fig. 143.

Ballon Ruthenberg.

vorn unter den Längsträgern und ist nach der Zeppelin-Art ausgebildet; da es aber reichlich dicht unter der Hülle sitzt, erweist sich seine Wirkung als zu schwach; besonders, wenn es gilt, den durch die Sonne erwärmten Ballon abwärts zu steuern. Eine längere Kielfläche führt dem Seitensteuer die Luft zu, das in seiner doppelten Flächenausführung sich die Vorzüge der Wrightschen Anordnung zunutze gemacht hat. Bei 1491 kg Ausrüstungsgewicht (Gondel komplett 850 kg, Hülle 430 kg, Takelung 85 kg und 100 kg Benzin) vermag das Luftschiff bis zu 4 Personen zu tragen.

Weitere interessante Neuerungen bietet der halbstarre transportable Ballon der Firma Hermann Ruthenberg, Berlin-Weißensee. Der unstarre Tragkörper wird durch einen darunter angebrachten, nach beiden Seiten durch

Seile verschnürten Gitterträger aus Stahlrohr versteift. Die einzelnen Felder dieses Kielgerüsts werden durch Drähte verspannt. Fest verschraubt mit diesem Träger ist die ebenfalls aus Rohren gebildete Gondel, die kurz und geräumig ausgeführt ist. Dieses ganze Gefüge, das dem Ballon seine Festigkeit verleiht, ist nun durch einfache Handgriffe leicht zu zerlegen; die Gondel wird zum Packraum — je zwei Felder des Kiels bilden ein Ganzes und werden zu beiden Seiten an die Gondelwand gehängt, Stabilisierungs- und Steuerflächen

Fig. 144.

Gondel des Ballon Ruthenberg.

ebenfalls, Hülle und Takelung nehmen den Innenraum der Gondel ein — und das ganze Luftschiff ist versandfähig! Fürwahr eine hübsche Leistung moderner Technik! Gerade durch diese Eigenschaft erscheint uns der Ruthenbergtyp sehr geeignet für Sport- und militärische Aufklärungszwecke. Ein weiterer Vorteil dieser Bauart beruht darin, einen verhältnismäßig großen Propeller in denkbar leichtester Weise zu lagern und so die Motorenleistung gut auszunutzen. Der ebenfalls neuartige Ruthenbergpropeller besteht aus 2 Stahlrohrfelgen, die durch Stahlrohrspeichen mit der Nabe verbunden sind; je 2 benachbarte Speichen der beiden Ringe erhalten dann durch doppelte Stoffbespannung eine feste Verbindung — die wirksame Schraubenfläche, deren Steigung durch Verdrehen der beiden Ringe gegeneinander (vor der Bespannung!) beliebig einzustellen ist. Durch diese Konstruktion ist leichtes Gewicht mit großer Festigkeit in geschickter Weise vereint. Weil dieser Propeller leicht zu zentrieren ist, sitzt er auch unmittelbar unter dem Kiel, eine einfache Kettenübertragung innerhalb des Gondelraumes arbeitet mit gutem Wirkungsgrad,

sicher und stets kontrollierbar. Der verhältnismäßig große Durchmesser der Schraube von 3 m gegen 6,5 m Durchmesser des Ballons bei 40 m Länge erklärt auch die hohe Fahrgeschwindigkeit von 50 km/st. Der Tragkörper faßt rund 1150 cbm, so daß bei einem Eigengewicht von 800 kg (Hülle 350 kg, Gondel 370 kg, Gerüst, Dämpfungsflächen, Steuer 75 kg) immer noch eine Nutzlast von 450 kg, d. i. bei 2 Personen eventl. für 10 Stunden Ballast, Benzin und Öl befördert werden können. Als Motor ist ein normaler 4-Zylinder-Typ von 24 PS verwendet. Auch hier zeigt sich also, daß eine Ökonomie in der Gesamtanordnung (namentlich beim Propeller) das Verlangen nach dem bis aufs Gramm ausgetüftelten Leicht-Motor gar nicht aufkommen läßt. Am vorderen Ende des Kielgerüsts ist das 8 qm große Höhensteuer angebracht und hat durch seine relative Größe sowie durch den langen Hebelarm natürlich eine beträchtliche Wirkung, so daß das Luftschiff bei Schräglage und arbeitendem Propeller infolge seiner Drachenwirkung erhebliche Überlasten zu tragen vermag. Die zuerst voreinander gelagerten Flächenelemente des Höhensteuers sind später übereinander angeordnet. Ballonet und Tragkörper haben Überdruckventile, die mit entsprechend geänderten Drucken abblasen; das Ballonet früher, damit ein Gasaustritt stets erst bei leerem Luftsack erfolgt. Die Hülle besteht aus Metzeler-Ballonstoff und stammt aus dem Augsburger Werk von Riedinger; alles übrige ist von Ruthenberg in eigener Werkstätte gefertigt.

Das ebenfalls zum Besuch der Ausstellung angemeldete deutsche Militärluftschiff M 3 konnte leider infolge längerer Bauverzögerung nicht kommen, so daß nur einige Angaben und Bilder der Firma Körting-Hannover hier zu erwähnen sind. Der Ballon hat die gegen früher erheblich vergrößerten Abmessungen von 86 m Länge und 13 m Durchmesser erhalten, so daß sich bei einer Füllung mit 8000 cbm Wasserstoff 8000 kg Tragkraft ergibt. Die 10 m lange Gondel enthält neben den vier 75-PS-Körting-Motoren noch Platz für 15 Personen; die Propeller sitzen seitlich an der Gondel. Das Gerüst ist in sofern geändert, als es jetzt in vertikaler Richtung eine gewisse Gelenkigkeit und Nachgiebigkeit zeigt. Die Höhensteuerung besteht im Verschieben von Wasserballast in langen längs gelagerten Rohren und hat sich ausgezeichnet bewährt. Die Geschwindigkeit dieses Schiffes beträgt 16,8 m, womit es den Schnelligkeitsrekord bei weitem hält.

Die Zusammenfassung wäre nicht vollzählig, erwähnten wir nicht noch den Pilzballon von Dr. Paul Gans-Fabrice, München. Allerdings ist derselbe hier nicht über das Vorversuchsstadium hinausgekommen; aber ein großes Modell und auch fertigestellte Einzelteile rechtfertigen doch eine kurze Besprechung. Der Tragkörper ist in Kalottenform ausgebildet, ein großer Ring aus Stahlrohren bildet die Peripherie und dient zur Aufrechterhaltung dieser Form. Die Gondel — ein stehender Zylinder mit kreisförmiger Grundfläche — hängt in der üblichen Befestigung am äußeren Ring; ein in der Mitte angeordneter Motor überträgt seine Kraft auf einen Propeller, und zwar ist die Einrichtung derart getroffen, daß der Propeller und sein Antrieb um den Mittelpunkt der Gondel geschwenkt werden kann, so daß

sein Vorschub gleichzeitig zur Steuerung ausgenutzt wird. Ein besonderer kleiner Motor treibt den Ventilator für das Ballonet. Die Ausführung dieses in mancher Beziehung hübschen Gedankens scheiterte da, wo sie scheitern mußte, an der Schwirigkeit, die Aufrechterhaltung der Kalottenform in genügend leichter und stabiler Weise durchzuführen. Viele Einzelheiten aber werden in nächster Zeit wohl beim Bau von Schraubenflugzeugen Bedeutung finden.

Diese letzte Ausführung, die sich den praktischen Erprobungen bisher entzogen hat, leitet uns ohne weiteres über auf die Modelle der lenkbaren Luftschiffe, die natürlich auch in reichhaltiger Zahl in teilweise außerordentlich sauberer Ausführung ausgestellt sind. Bieten auch viele dieser Konstruktionen wenig oder gar keine Neuerungen, muß man sogar einige direkt als utopistisch bezeichnen, so bedeutet doch die Vorführung in ihrer Gesamtheit entschieden etwas Lehrreiches, denn Modelle reden nun einmal eine deutlichere Sprache als Zeichnungen; Vorzüge und Mängel werden sozusagen greifbarer, und aus allem erwachsen für Erfinder die Vorteile, ungangbare Wege noch rechtzeitig zu verbessern, ehe eine unheilbare Beeinflussung geschehen ist, die schon so manchen tüchtigen Konstrukteur für seinen Beruf untauglich machte.

Wir wollen an dieser Stelle nicht vorübergehen an den Modellausführungen praktisch verwendeter Luftschiffe, wengleich hier nur die Neukonstruktionen besprochen werden sollen. Da haben wir zuerst die wunderhübsche Verkleinerung (1:50) des Zeppelinballons 1908, der bei Echterdingen verunglückte. Das von Dipl.-Ing. L. Kühn-Hannover angefertigte Modell zeigt auch in Einzelheiten eine derart liebevolle Ausführung, daß sich wohl kein Beschauer dem Reiz der sauberen Arbeit entziehen kann. In ebenfalls exakter Herstellung sehen wir in der Koje der Motor-Luftschiff-Studiengesellschaft, Berlin, die 4 Parsevaltypen, vom großen Ila-Ballon bis zum kleinsten Sportschiff D. aufgehängt. Gerade diese Gruppierung, die von der Luftfahrzeug-Ges. m. b. H. angefertigt ist, zeigt deutlich die Variationsfähigkeit dieses unstarren Ballons. Ferner ist hier zu erwähnen das Modell des Clouthballons, das allerdings etwas andre Ausführung zeigt, aber doch das Verständnis des Luftschiffes erleichtert. Und endlich das Modell des Motorballons System Erbslöh der Rheinisch-Westfälischen Motorluftschiff-Ges., Elberfeld, das für die Ila um so wertvoller wurde, als der Ballon selbst infolge späterer Ablieferung nicht zur Ausstellung kommen konnte ¹⁾. Dieses erste Fahrzeug der Gesellschaft erhält bei 53,2 m Länge, 10 m Durchmesser 2900 cbm Volumen. Eine fast unter dem ganzen Tragkörper entlang laufende schmale Gondel von 26 m Länge, als Gitterträger ausgebildet, dient gleichzeitig zur Aufnahme des Propellerschubs in ihrer Symmetrieachse. Die Gondel setzt sich aus Eschenholzstäben zusammen, die durch Aluminiumschuhe und Drahtverspannungen versteift sind, sodaß ein

¹⁾ Den Lesern wird der traurige Untergang dieses in der Zwischenzeit fertiggestellten Luftschiffes „Erbslöh“ und seiner Passagiere am 13. Juli 1910 noch in lebhafter Erinnerung sein. Ob ein fehlerhaftes Ventil oder etwa, wie andere sagen, eine Unterschätzung des dymetrischen Druckes der Luft auf die Ballonhülle während der Fahrt das Unglück veranlaßt hat, wird wchl niemals zu ermitteln sein. (D. Herausgeb.)

geschlossenes Zugsystem in Parabelform entsteht. In der Mitte der Gondel (System-Schwerpunkt) befindet sich der Benz-Motor mit 110 PS bei 1200 Touren. Die Propeller-Antriebswelle, die direkt an den Motor angeflanscht ist, wird zweimal durch Hooksche Gelenke unterbrochen und dadurch über die Motorenachse verlegt; sie arbeitet durch ein Stirnradpaar (1:3) direkt auf den Propeller, der bei 4,5 m Durchmesser rund 400 Touren macht. Er ist aus furniertem Mahagoniholz gedacht und soll saugend wirken, d. h. das Schiff nach vorne ziehen. Die nicht unbedeutenden Knicke der Zwischenwelle erscheinen uns als ein sehr schwieriger Punkt, der leicht zu Pannen Anlaß geben wird. Ein hübscher Gedanke besteht darin, daß der Ballonetventilator die Luft durch den Kühler hindurchsaugt, also erstens das Kühlwasser vor Erwärmen schützt und dann warme Luft in den Luftsack bringt. Endlich ist noch die sogenannte statische Höhensteuerung zu erwähnen, bei der die Gewichtsverschiebung durch Wasserregulierung in 2 Behältern erzielt wird. Rund 12 m vom System-Schwerpunkt entfernt, sitzen vorne und hinten in der Gondel Behälter, die durch eine Rohrleitung mit einer kleinen, von der Transmission angetriebenen Pumpe verbunden sind und normal 25 kg Wasser enthalten. Wird nun ein Behälter auf Kosten des andern gefüllt, so bedeutet dies bei 12 m Abstand vom Schwerpunkt $12 \cdot 50 = 600$ mkg, wodurch auch unter schwierigen Verhältnissen eine Schräglage zu erzielen ist. Die maschinentechnischen Arbeiten haben zum größten Teil in den Händen der Firma Basse & Selve, Altena i. W., gelegen, die vor allen Dingen durch vielseitige Verwendung ihres vorzüglichen Aluminiumgusses eine beträchtliche Gewichtersparnis erzielt hat.

Einer eigenartigen Neuerung sehen wir uns in dem Motorluftschifftyp „Pfeilsystem“ C. Brand, Rotterdam, gegenüber. Es handelt sich hier um 2 Tragkörper, die in der Mitte durch eine große Trommel, die gleichzeitig Motorenraum ist, verbunden sind. Die beiden Tragballons mit entsprechend konischen Spitzen, in denen Wassertanks für Flüssigkeits-Laufgewichte als Höhensteuerung angebracht sind, sitzen zu beiden Seiten der Trommel, so daß eine torpedoartige Gesamtform entsteht. Vom Maschinenraum führen 2 die Mittelachse der Tragkörper bildende Rohre nach hinten und vorn, in denen die Propellerwellen liegen. Hinter der Heckschraube sitzt das Steuer, während die vertikalen und horizontalen Dämpfungsflächen an beiden Enden angebracht sind. Unter dem Ballon befindet sich die wasserdicht gebaute Führergondel, deren Räder- oder Schlittenkufengarnitur für Land- und Wassertransporte mit eigener Kraft bestimmt ist. Als spätere Erweiterung ist noch vorgesehen, die beiden Traghüllen durch ein teleskopartig gebautes Rohr von der Trommel aus beliebig verlängern oder verkürzen zu können, damit das entleerte Luftschiff auf dem Boden wenig Windfläche bietet. Die Schwäche der Konstruktion liegt wohl darin, eine genügend feste Verbindung zwischen den Tragkörpern und der Hülle herzustellen, wenn auch der zentrale Schraubenangriff in der Symmetrieachse etwas Bestechendes hat.

Ein Luftschiffmodell halbstarren Systems in Fischform, die aber entschieden karikierend wirkt durch die unverhältnismäßige Breite, angefertigt

von Joseph Wartscher, Wien, das durch ein Uhrwerk an einem Seil durch die Halle gleitet, bietet sonst nichts Erwähnenswertes.

Den schon von Schwarz vertretenen Gedanken finden wir im Modell von Albert Wetzel, Stuttgart, zur Ausführung gebracht. Die absolut gasdichte Metallhülle hat es schon von jeher den Erfindern angetan, würde doch eine einmalige Füllung mit reinem Wasserstoff fast nicht zu verbrauchen sein. Ob aber selbst der heutige Stand der Technik schon berechtigt, derartig leichte Hüllen mit der nötigen Sicherheit herzustellen, das müssen wir sehr bezweifeln. Der Erfinder will geripptes „Chrominium“ zur Hülle verarbeiten, eine unbekannte Legierung, über die sich natürlich auch nicht urteilen läßt. Jedenfalls dürfte bei den Angaben über Geschwindigkeit (8 Motoren mit 1600 PS u. 80 km-Stunde) sowie über Rentabilität (300—400 Passagiere) der Wunsch die Berechnung stark beeinflußt haben.

Entschieden mehr auf dem Boden der Wirklichkeit stehen die interessanten Bilder und Angaben von Dr. Wagner, Stettin und Carl v. Radinger, Kiel. Ihr Projekt vereinigt unveränderliche äußere Form und ihre Vorzüge mit leichter Transportfähigkeit und Herstellung in kleinen Dimensionen. Die hintereinander gekuppelten, trommelförmigen Einzelkäfige mit ihren besonderen Gashüllen werden durch Drahtseile verspannt. Das zu den rohrförmigen Bauteilen verwendete Material besteht aus Papieren hoher Festigkeit in Verbindung mit besten Textilfabrikaten (Papyrolin) und eventuellen Einlagen aus hochwertigen feinen Tiegelstahlsträhnen. Besondere Appretur- und Bindemittel sowie hoher Druck im Verein mit Spezialmaschinen vervollständigen die Herstellung und geben dem Material eine 20—30 % größere Reißlänge, als bestes Nickelaluminium besitzt. Diese Rohre sind noch als Vorratsraum für Preßgas, wie auch als Aufnahmeraum für infolge der Ausdehnung überflüssiges und an Bord zu komprimierendes Gas gedacht. Die einzelnen Trommeln von 15—20 m Länge werden nach Entleeren der Gashülle regenschirmartig zusammengeklappt, nachdem die wenigen Spannseile gelöst sind. So ist der Ballon schnell in transportfähige Stücke zerlegt, die zusammen mit Gondel und Endhauben leicht zu verschicken sind. Nach den Angaben der Erfinder würde ein Luftschiff von 9000 cbm Verdrängung bei 240 PS Motorenleistung rund 3200 kg verfügbar haben für Brennstoff, Vorratsgas und Personen, wobei der geringe Anschaffungspreis von 150000 M ebenfalls bemerkenswert ist.

Die Hintereinanderkupplung dreier selbständiger Motorballons (von denen jeder 4 Propeller und einen Motor besitzt), so daß eine Achsenbeweglichkeit möglich ist, bildet das Patent der Rhein. Patent-Luftschiffahrts-Ges. Zorn & Hense, Krefeld. Kopf und Schwanzstück dieses Gesamtballons ersetzen die Steuer, indem sie gegen das Mittelstück entsprechend geneigt werden. Die Bewegungen in der Luft sind also am besten mit denen eines Wurmes zu vergleichen. Als Versteifungsmaterial ist Holz vorgesehen. Ob wirklich eine feste Kupplung dieser 3 Teile auch bei schwierigen Landungen gewahrt bleibt, erscheint sehr fraglich, wie überhaupt die ganze Anordnung noch der praktischen Erprobung bedarf. Eine praktische Ausführung soll übrigens mit Unterstützung

einer Düsseldorfer Holzfirma in Angriff genommen werden. Eine ähnliche Ausführung zeigt der Entwurf von A. d. H a n s e n, Idstein i. T.

Einen kleinen Motorballon für 6 Personen für Luftfahrten demonstriert ein Modell von E m i l Z i m m e r, München. Zwei Neuerungen besonders sind von Interesse; erstens wird das Höhensteuer dadurch ersetzt, daß der ganze Ballon um eine Achse gedreht wird, dann aber soll das Ballonet vermieden werden, indem ein besonderer Gassack mittels Einschnüren oder Nachlassen den Gasdruck im Ballon regelt. Beiden Neuerungen ist für kleine Ballons ein gewisser Vorzug nicht abzuspochen, jedoch wird sich die Ausführung wohl teurer stellen, als der Prospekt angibt.

Vielfach sind dann die Kombinationen von Ballon mit Flugzeug vertreten, indem an einen Tragkörper bedeutende Längsflächen angebracht sind, die bei Schrägstellung durch ihre Drachenwirkung größere Lasten tragen sollen. Hierbei ist vorweg zu bemerken, daß diese Kombinationen nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn die Treibkraft ihrer Propeller wirklich nennenswerte Geschwindigkeiten gegen die ruhende Luft hervorbringen kann, daher ist die Außenform bei vielen Modellen als durchaus verfehlt anzusprechen wegen ihres großen Luftwiderstands. Hübsch durchdacht sind die auf dieser Grundlage beruhenden Entwürfe von O s w a l d K a h n t, Eisleben, Franz L i n d h o r s t, Ichtrup i. W., Gg. S t e i n m e t z & C o., Nieder-Eschbach. Auch einen zusammenlegbaren transportablen Ballon starren Systems von A. W e i ß e n b u r g e r, Offenbach a. M., wollen wir erwähnen, weil das Modell sehr exakt gearbeitet ist.

Wieder andere Erfinder legen bei ihren Entwürfen den Hauptwert auf zweckmäßigere Antriebs- und Steuerorgane, jedoch mit negativem Erfolg. Lediglich von Interesse sind die Vorschläge von P e t e r L a h r, Nürnberg, der komprimierte Luft zum Fortbewegen und zum Steuern verwenden will, und J o s. R e n o l d i, Minden i. W., der zu den gleichen Zwecken Ventilatoren nützlich machen will. Praktische Bedeutung ist aber beiden Entwürfen nicht zuzusprechen.

Endlich gehört hierher noch das Modell eines Gerippes für ein starres Luftschiff, das nach den Entwürfen von Oberbaurat a. D. W. R e t t i g, Berlin, ganz aus Holz hergestellt ist. Die Hauptform (Torpedo) wird durch Längsversteifungen und Querringe gebildet, deren gegenseitige Lage dann durch 2 nach beiden Seiten herumlaufende Spiralen fixiert wird, wodurch eine große Festigkeit mit genügender Zähigkeit zu erzielen ist. Das Modell und seine einzelnen Teile zeigen, wie groß die Verwendungsmöglichkeit von Holz bei geschickter Verarbeitung ist. An dieser Stelle sind dann noch die in Zeichnungen und Modellen ausgestellten Blitzschutzvorrichtungen für Luftschiffe zu erwähnen (Patent- und techn. Bureau K r u p p & C o., Frankfurt a. M., und Automobiltechn. und Flugtechn. Gesellschaft E. V. Bezirksverein Frankfurt a. M.).

An wichtigen für den Gesamtaufbau von Luftschiffen in Frage kommenden Einzelteilen sind außer Propellern und der nach dem Parsevaltyp hergestellten N. A. G. Gondel noch die hölzernen Rekord-Riemenscheiben der Firmen J u l i u s R o s e n a u und A. F l e n d e r & C o., Frankfurt a. M., zu nennen, die ev. durch einen besonderen Belag auch für Stahlbandantrieb benutzbar gemacht werden können, wodurch sich eine ideale Antriebsscheibe für den Propellertrieb an

Luftschiffen ergibt. Die Propeller sind aber mit geringen Ausnahmen auch zum Wettbewerb für Luftschrauben eingeschickt und werden bei Besprechung dieser Einrichtung eingehend gewürdigt, so daß es sich hier erübrigt, die wenigen nachbleibenden Luftschrauben zu erwähnen. Der österreichische Ingenieur Wels ver-

Fig. 145.

Parseval-Gondel, ausgestellt von der N. A. G.

wendet bei seinem Motorschlitten aus Aluminiumblech hergestellte zweiflügelige Propeller, deren rohrförmige Flügelenden einfach durch Einsägen und Aufschlitzen mit Spannung in die Nabenöffnung gepreßt werden.

Starke & Tarabochia, Darmstadt, zeigen umsteuerbare Luftpropeller, deren Umsteuerung aber noch praktischer Erprobung bedarf. Ein Propellermodell der A.-G. für autogene Aluminium-Schweißung in Zürich demonstriert mehr die gute Verbindungsnaht, als daß es zu Nachahmung gerade für diesen Bauteil anregt.

Ein wirkungsvoller Ausstellungsgegenstand zeigt die Leistungsfähigkeit der Neuen Automobil-Gesellschaft m. b. H., Oberschöneweide — die Parsevalgondel. Die Firma hat es verstanden, das Charakteristische hervorzuheben, ohne

durch unnützes Beiwerk die Aufmerksamkeit zu zersplittern. Die Konstruktion der Gondel in Profilen und Rohren als Brückenträger, die vordere Spitze, der hintere Ausbau für das Stützlager, die einseitige Aufstellung des Motors mit seinen ebenfalls einseitigen Organanordnungen, Kühler mit Ventilator, Antrieb des Propellers und vieles mehr, das redet ohne aufdringliche Erklärung für sich, so daß wohl jeder mit Interesse die Einzelheiten studiert. Auch der Propeller zeigt den Parsevaltyp, wenigstens in der Nabenkonstruktion und der Steigung, wenn auch sonst statt der schlappen Seile feste Rohre und feines Drahtnetz statt des Segeltuches gewählt ist, weil nämlich ein geschickt verborgener Elektromotor Getriebe, Propeller, Ventilator, Motor und Ventilgestänge in Betrieb setzt, und bei Leinwandbespannung der Propellerschub zu groß würde.

Die sich lediglich auf die Hauptmerkmale beschränkenden Worte konnten natürlich den vielen Kleinigkeiten nicht gerecht werden, die doch vielleicht dem Interessenten vieles Neuartige geboten haben — das aber lassen sie doch wohl erkennen, daß nämlich auch diese Gruppe ihr Teil dazu beigetragen hat, den heutigen Stand der Luftschiffahrt mit ihrem Vorwärtstreben ihrem gewaltigen Sichertfallen in überzeugender Weise darzutun.

Gruppe 3. Militärluftschiffahrt. — Hallenbau.

Schon während der Zeiten, als man die Ausübung der Luftschifferei — des Freiballonfahrens — noch lediglich den Artisten zu überlassen für richtig befand, erblickte man in militärischen Kreisen in diesem neuen Fortbewegungsmittel einen nicht unwichtigen Fortschritt. Wenn trotzdem während geraumer Jahre keine eigentliche Entwicklung zu verzeichnen ist, so lag das wohl mehr an der Fülle organisatorischer Aufgaben, welche die militärischen Führer zu bewältigen hatten. Vergessen ist der Ballon nie, und irgendwo glommt der Funke von der Erkenntnis seiner eminenten Bedeutung stets, um dann durch die von Erfolgen begünstigten Förderer der Lenkbarkeit sofort zu lebhafter Flamme emporzulodern; zu einer Glut, der etwas Fortreißendes, Faszinierendes innewohnt. So danken wir denn der Militärluftschiffahrt vielleicht mehr als dem Sport die heutige Entwicklungsstufe, hat sie doch vor allen Dingen die Bahn frei gemacht für zielbewußtes Vordringen nach bestimmten Richtungen, frei von Seitensprüngen ins Ungewisse.

Von historischem Interesse sind hier in erster Linie der französische Kriessballon und die Ballonabwehrkanone aus dem Deutsch-Französischen Krieg. Wenn es auch bedauerlich ist, daß die militärische Luftschiffahrt ihre Vorgeschichte, die jedenfalls an Denkwürdigkeiten keinen Mangel hat, nicht in lückenloser Form oder wenigstens in reichhaltigerer Art zur Darstellung gebracht hat, so gibt doch gerade das erste Objekt einen Anhalt, wie weit die ersten zögernden Versuche auf diesem Zweige der Luftschiffahrt zurückliegen. Der dem k. u. k. Heeresmuseum, Wien, gehörige französische ballon captif ist nach der Schlacht bei Würzburg (3. Sept. 1796) erbeutet worden, hat also ein für diese leichtbeschwingte, schnellebige Industrie respektables Alter. Der

seidene Ballon ist nahezu kugelförmig bei 9,8 m Durchmesser (30 Pariser Fuß Durchmesser bei 50 Fuß Gesamthöhe), die Hülle besteht aus ursprünglich weißem Taffet (400 Ellen), ist aber infolge mehrfachen Firnisses braun geworden. Ein sehr feinmaschiges Netz aus festgeflochtenen Kordeln dient zur Aufhängung des Korbes oder — wie man damals sagte — der Gondel. Diese war nur für 2 Personen bestimmt und hat daher geringe Abmessungen: 105 cm Brüstungshöhe bei 114 cm Länge und gewölbtem Querschnitt von 57 bzw. 75 cm. Der Boden ist aus Holz, die Wände aus Leisten, mit blauer Leinwand bezogen. Der Ballon wurde durch ein einfaches Seil gefesselt, das gleichzeitig von den Gondelinsassen für Signale und Verständigung mit dem Bedienungspersonal benutzt wurde.

Die daneben aufgestellte, dem Kgl. Zeughaus, Berlin, entlehene Ballonabwehrkanone beansprucht in ihrer primitiven Ausführung eigentlich lediglich historisches Interesse, wenn man sie nicht als wirksame Gegenüberstellung der modernen Automobilgeschütze zur Demonstration der Entwicklung bezeichnen will. Das auf einer vierräderigen Plattform in Anlehnung an den bei der Artillerie üblichen Unterbau montierte, ziemlich senkrecht einstellbare, nach allen Seiten zu schwenkende Geschütz ist von der Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen-Ruhr, 1870 für die Belagerung von Paris konstruiert, kam aber infolge der inzwischen erfolgten Kapitulation nicht zur Verwendung. Der gußstählerne gezogene Hinterlader hat mit Schaft 2,39 m Rohrlänge (1,85 m Seelenlänge), er besitzt bei 4 cm Kaliber 8 Züge mit Rechtsdrall und ist mit stählernem Liderungsring, Rundkeil-Verschluß, Schließschraube und Kurbel ausgerüstet. Ein am Bodenstück befestigter eiserner Schaft mit 2 Backen in Form eines Gewehrkolbens erlaubt einen Abzug mit Pistonzündung. Das Rohr hängt in einem Stahlträger mit Drehzapfen.

Fig. 146.

Französischer Ballon von 1796.

Bei den derzeit gebräuchlichen Fesselkugelballons, denen immer eine gewisse Schwerfälligkeit innewohnt, konnte das umständliche Geschütz wohl noch auf einige Erfolge rechnen, den heutigen Erkundungs-Luftfahrzeugen wäre es dagegen in keiner Weise gewachsen. Da treten dann die modernen Erzeugnisse der Geschützindustrie in ihre Rechte. Besonders 3 Typen bringt die Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen-Ruhr, auf Grund ihrer Versuche und Erfahrungen heraus, die alle unter den besonderen Voraussetzungen Vorzügliches leisten. Die Vervollkommnung der Luftschiffahrt im allgemeinen, wie der Aufschwung, welchen die Motorluftschiffe besonders in den letzten

Jahren machten, erforderten notwendig Geschütze, die neben hoher Feuergeschwindigkeit und der Möglichkeit, schnelle Ortsveränderungen vorzunehmen, raschen Richtungswechsel des Feuers in Höhen- und Seitenrichtung zuließen. Fesselballons können auch wohl mit einfacher Artillerie erfolgreich beschossen werden, handelt es sich aber um Freiballons oder gar um Motorluftschiffe, so vermögen diese Geschütze nicht schnell genug mit ihren Richtvorkehrungen zu folgen; es muß daher das Hauptaugenmerk auf unbegrenzte Schwenkbarkeit

Fig. 147.

6,5 cm Ballonabwehrkanone L 35 von Fried. Krupp, A.-G.

nach der Seite, großes Höhenrichtfeld, große Feuergeschwindigkeit, geringe Flugzeit der Geschosse, große Rasanz und Treffähigkeit gelegt werden.

Bei der 6,5 cm-Ballonabwehrkanone L 35 in Feldlafette, einem Rohrrücklaufgeschütz mit Flüssigkeitsbremse und Federvorholer, ist das Rohr mit hintenliegenden Schildzapfen versehen, um in allen Rohrlagen laden zu können und um ständig langen Rücklauf zu ermöglichen. Das Vordergewicht von Rohr und Wiege ist im Drehzapfen der Oberlafette durch eine Feder ausgeglichen. Die Höhen werden mit der Zahnbogenrichtmaschine genommen, die Schwenkungen werden ermöglicht, indem die Lafettenräder mit ihren Achsen so weit ausgeschwenkt werden, daß sie auf einem um den Sporn beschriebenen Kreis laufen. Genauere Nachstellung erfolgt dann durch die drehbare Oberlafette. Ähnlich ist die Rohrkonstruktion der 5,7 cm-Ballonabwehrkanone L 35 in Mittelpivotlafette auf Kraftwagen, nur eliminiert ein Luftausgleicher das Vordergewicht von Rohr und Wiege. Die Seitenrichtmaschine ist behufs

schnelleren Schwenkens ausrückbar angebracht. Das Geschütz ist als Vorlaufgeschütz ausgeführt, bei der Fahrt ist sein Vorbringer schußfertig gespannt, beim Schuß löst sich die Riegelung des Rohres, die Ausdehnung der Luft bringt dasselbe vor, nach der Abfeuerung zwingt der Gasdruck das Rohr wieder in die Anfangslage und komprimiert gleichzeitig wieder die Luft im Vorbringer. Der Kraftwagen hat 4-Räderantrieb, 50 PS-Motor und kann da-

Fig. 148.

5,7 cm-Ballonabwehrkanone L 35 von Fried. Krupp, A.-G.

her 45 km/Stunde fahren, ist ferner auch in schwierigem Terrain brauchbar und vermag sogar größere Steigungen zu nehmen. Es mag hier erwähnt werden, daß der Kraftwagen lediglich dazu dient, das Geschütz schnell an einen gewünschten Ort zu bringen, nicht aber — den Ballon zu verfolgen, wie es häufig zu lesen ist. Beim Schießen werden die Wagenfedern entlastet, der Druck überträgt sich direkt auf die Achsen.

Die dritte Ausführung, die 10,5 cm-Ballonabwehrkanone L 35 in Schiffslafette, ist nur in Abbildungen ausgestellt; sie bietet auch an sich nichts Neues, als daß sie auch zum Beschießen jeden anderen Ziels verwendet werden kann. Die Schußweiten der drei Geschütze stellen sich zu etwa 8650 m, 9100 m, 13500 m bei größten Steighöhen von 5700 m, 6300 m, 11400 m.

Die bisher benutzten Schrapnells beschädigen den Ballon wohl, vermögen ihn aber nicht tödlich zu treffen, daher werden von der Firma Krupp Sprenggranaten verwendet, die bei einem Volltreffer unbedingt zerstörend wirken. Der äußerst empfindliche Zünder, der absolut fahr- und rohrsicher ist, und den

auch der Luftwiderstand nicht zum Zünden bringt, erzeugt sofort nach Durchschlagen der Hülle eine Detonation der Brisanzladung, reißt den Ballon weitklaffend auf und bringt ihn unbedingt zum Stürzen, selbst wenn das Ballongas nicht explodiert. Die Geschosse sind mit einem Rauchsatz versehen, der nach Beginn des Geschößfluges entzündet wird, um so die Flugbahn und ihre Lage zum Ziel gut verfolgen zu können, da es natürlich verhältnismäßig schwerer ist, einen Volltreffer zu erzielen, als Sprengstücke eines Streugeschosses in den Ballon zu bringen.

Auch die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik hat ihr Hauptaugenmerk auf die große Bewegungsfähigkeit ihres Geschützes „System Ehrhardt“ zum Ballonabwehren gelegt, weil erst diese Eigenschaft gewährleistet, dem Luftschiff unvermutet entgegenzutreten und ferner rasch solche Gegenden zu erreichen, die voraussichtlich vom Lenkballon erkundet werden. Die 5 cm-Schnellfeuerkanone, die ein Geschöß von 1,5 kg entsendet, erreicht eine größte Schußweite von 7800 m (bei Brennzünderfeuer 4200 m) und bei einer Schuß-

höhe von 2480 m einen Scheitelabstand von 4260 m. Das Ballongeschöß erhält einen Flügeldoppelzünder aus Aluminium mit 3 symmetrisch sitzenden Flügeln, die beim Rotieren nach außen schwingen und so größere Löcher reißen. Ein Messingzünder mit Raketensatz, der die Geschößbahn durch einen Rauchstreifen markiert, erleichtert wesentlich das Einschießen. Das kräftig und widerstandsfähig gebaute Auto wiegt komplett 3200 kg (bei 100 Patronen und 5 Mann Bedienung) und erhält durch seinen 60 PS-Motor eine Geschwindigkeit von 43 km/Stunde.

Fig. 149.

10,5 cm-Ballonabwehrkanone L 35 von Fried. Krupp, A.-G.

Alles zusammengefaßt, stellen diese leichten Geschütze mit großer Feuergeschwindigkeit, auf Automobile montiert, das beste Kampfmittel gegen Motorluftschiffe dar.

Fig. 150.
Automobil mit Ballongeschütz, System Ehrhardt.

Galten die bisher besprochenen Gegenstände der Abwehr und Zerstörung feindlicher Luftschiffe, so kommen wir jetzt zu den ebenso wichtigen Einrichtungen, die der eigenen Luftflotte sowohl als überhaupt dem Heer zur Erhaltung und Unterstützung dienen.

Da ist zuerst der in der ersten großen Halle untergebrachte Fesselballon der Firma Riedinger, Augsburg, zu erwähnen. Diese Spezialkonstruktion bezweckt die Erreichung voller Stabilität auch bei Windgeschwindigkeiten von

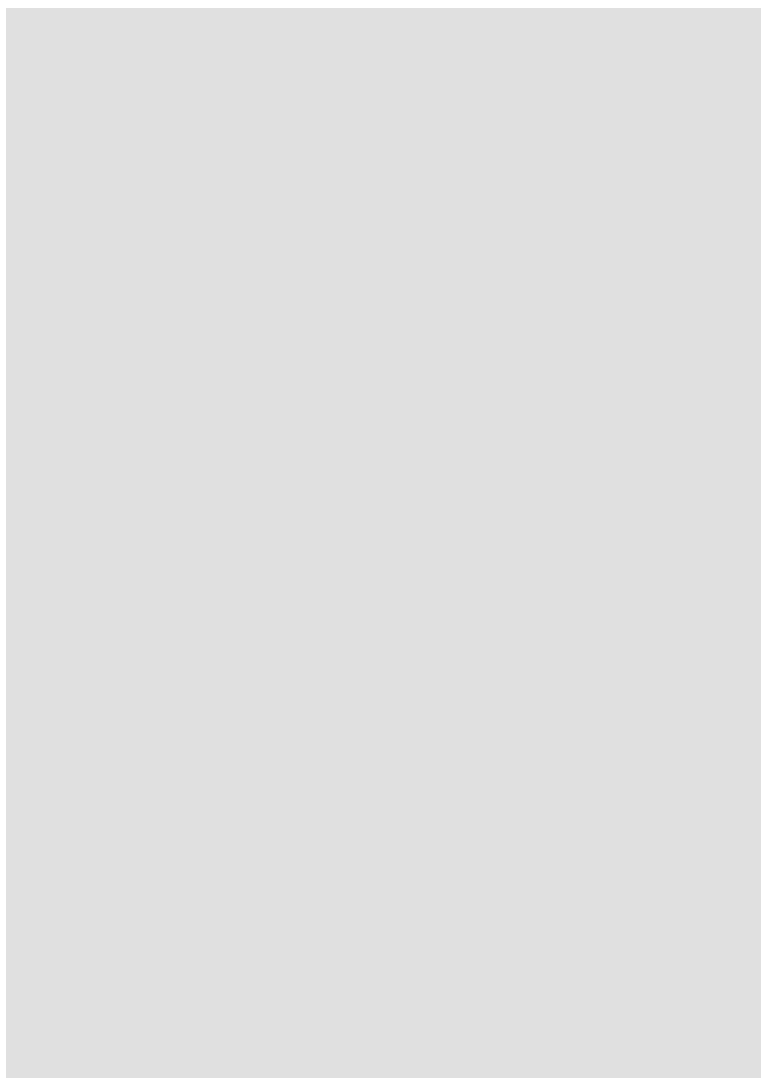


Fig. 151.

Panzerautomobil mit 5 cm Schnellfeuerkanone L 30, System Ehrhardt.

20 m/Sek.; der zylindrische Ballon mit halbkugelförmigen Enden ist am hinteren unteren Ende durch eine horizontale Querwand in einen oberen größeren Gasraum und einen Luftraum geteilt, welcher letzterer sich durch ein Windmaul mit Rückfallklappe selbsttätig mit Luft füllt. Es herrscht also im Ballonet derselbe Winddruck wie an der Stirnseite des Ballons; dieser Winddruck wirkt

von unten durch die Scheidewand auf den Gasraum, addiert sich zum statischen Gasdruck und ergibt so einen Überdruck gegen außen, der Einbeulungen durch

Fig. 152.

5 cm-Ballongeschütz, System Ehrhardt. Rohr horizontal gestellt.

den Wind nicht entstehen läßt, so daß der Hauptfehler der übrigen Fesselballone — die Winddallen — glücklich vermieden ist. Aber auch die Prallheit

bei Gasverlusten wird durch diese Einrichtung gut gewahrt. Zur Erreichung der Stabilität benötigt der Ballon noch 3 Organe: Steuer, Segel und Windfänge. Das Steuer besteht aus einem sich an den unteren Teil des Ballonets anschmiegenden Segment von kreisförmigem Querschnitt, das sich nach dem vorderen Windmaul (mit Rückschlagklappe) zu verjüngt, und das am halbkugelförmigen Ende eine kleinere Luftaustrittsöffnung hat. Der Luftüberschuß des Ballonets entweicht in das Steuer. Der vom Steuer in den Wind gebrachte

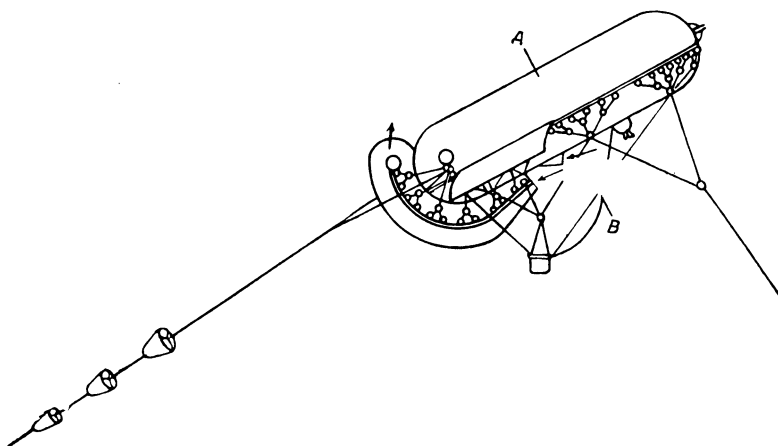


Fig. 153.

Skizze eines Fesselballons von August Riedinger, Augsburg.

Ballon würde nun noch den von den Luftwellen erzeugten Oszillationen folgen können und dadurch den Aufenthalt im Korb und die Beobachtungen sehr beeinträchtigen. Dies wird durch Segel und Windfänge vermieden. Letztere bestehen aus einer Reihe im Windschatten des Ballons an einer langen Leine hängender Zeugkegel, in deren offene, innere Mantelfläche der Wind hineinbläst und dadurch senkrechte Bewegungen des Ballons abbremst. Die hierdurch erhöhte Belastung gleichen die am hinteren zylindrischen Teil des Ballons angebrachten Segel wieder aus, indem sie den Auftrieb durch die Vertikal-komponente des Windes vergrößern. Die Takelung greift an einem Mittelgurt an; Kabel wie Korb hat sein eigenes Leinensystem. Vom Gasventil (dem höchsten Punkt) führt ein isoliertes Kupferkabel zum Halteseil, durch das irgendwelche atmosphärische Ströme in die geerdete Kabelwinde fließen, so daß genügender Blitzschutz sich ergibt. Ein Telephonkabel, das sich gleichzeitig mit dem Halteseil abrollt, ermöglicht mit den nötigen Apparaten eine stete Verständigung. Zum Auflassen und Bergen des Ballons dient eine fahrbare Kabelwinde mit Motorantrieb. Ein 4 Zylinder-Argusmotor zu 24 PS in der üblichen Ausführung mit kompletter Akkumulatoren- und Magnetzündung, Vergaser, Schwungrad-Reibungskupplung, Kühler u. s. f. mit 60 l Benzinvorrat reicht für 5—7stündigen Dauerantrieb. Zum Einholen stehen 2 Geschwindigkeiten zur Verfügung; 2,3 m/Sek. für 600 kg Kabelzug und 0,7 m/Sek. für 1800 kg.

Die Trommel reicht für 1100 m Kabel, eine Brandbremse und die sehr kräftige Glyzerinbremse sichern den Ablauf des Kabels, welcher noch durch automatische Kabelführung mit selbsttätiger Hin- und Herbewegung der Führungsrolle er-

Fig. 154.
Der Fesselballon Riedinger-Parseval-Sigsfeld.

leichtert wird. Vorgelege und Seiltrommel haben Kugellagerung erhalten, um leichten Lauf zu erzielen. Eine Kabelverbindung mit der Erde dient zur Ableitung der elektrischen Ströme bei Blitzgefahr. Zwei Kurbelwellen mit je zwei Kurbeln für Handbetrieb sind als Reserve vorgesehen.

Eine weitere Anwendung dieses Drachen-Fesselballons sehen wir auf dem Stande der Svenska Aeronautiska Sällskapet, Stockholm in den Zeichnungen und Modellen des der Kgl. Schwedischen Flotte gehörigen Ballon-Prahmes, der mit einer vollständigen Gasabfüllanlage im Vorschiff ausgerüstet ist und am Achterschiff starke Winden zum Auflassen und Einholen des Fesselballons besitzt.

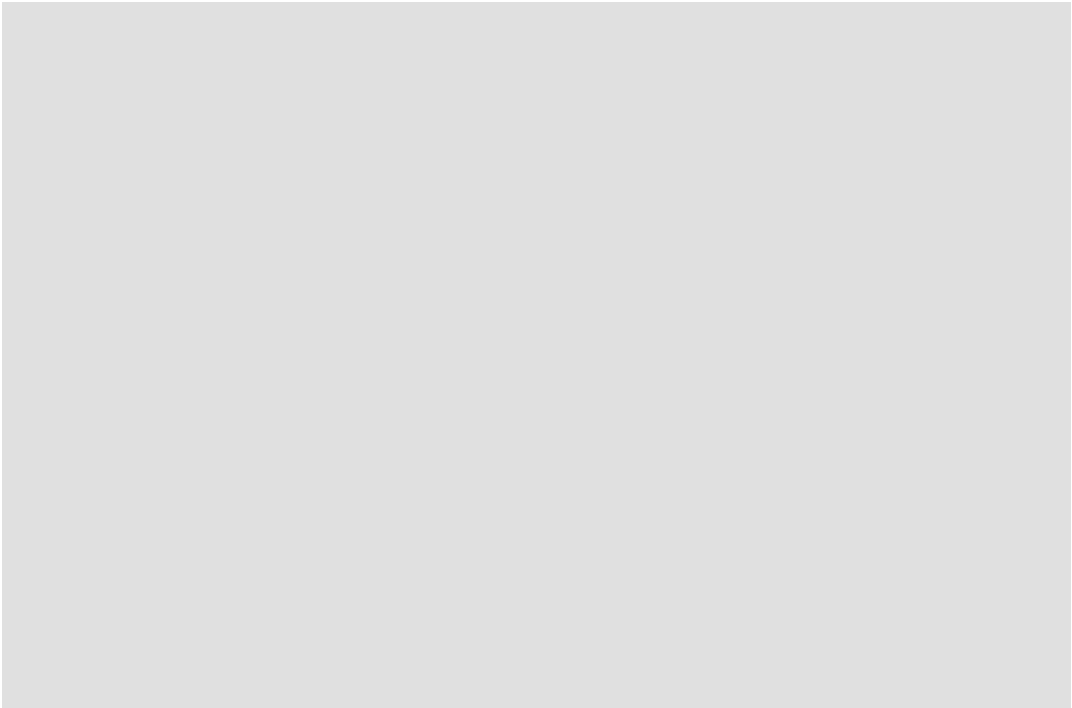


Fig. 155.

Der Fesselballon auf der Ila.

Ein sehr notwendiges Requisit für die Unterhaltung einer Luftflotte ist eine hinreichende Anzahl von Luftschiffhallen und -häfen bzw. Ankerstationen, um die Fahrzeuge nach der Landung vor den Unbilden der Witterung (Halle), zum mindesten aber gegen Sturm zu schützen (Ankerplätze). Durch die bereits bestehenden, militärischen Zwecken dienenden Hallen (Tegel, Bitterfeld, Friedrichshafen, Cöln, Metz) sind schon gewisse Erfahrungen gezeitigt und bestimmte Ausführungsformen ins Leben gerufen; daß aber trotzdem noch eine große Variationsfähigkeit möglich ist, das beweist die Reichhaltigkeit der ausgestellten Entwürfe sowie die große Beschickung des von der Ila ausgeschriebenen Wettbewerbs, über den an anderer Stelle genauer berichtet wird. Mehrere der ausgestellten Entwürfe waren auch gleichzeitig zum obengenannten Wettbewerb gemeldet, so daß auch deren Besprechung passend im Bericht des Preisausschreibens erfolgt.

Die einfache feststehende Halle genügt den Anforderungen an einen Luftschiffhafen nur unvollkommen, weil ein Luftschiff zweckmäßig stets gegen den

Wind aufsteigt und landet, was bei derartigen Bauwerken natürlich nur bei bestimmten Windrichtungen der Fall ist. Am einfachsten läßt sich dies natürlich bei einer schwimmenden Halle erreichen, die nur mit ihrer bei der Einfahrtsöffnung liegenden Schmalseite vor einem Anker liegt, sich also stets gegen den Wind stellt. Sehr hübsch demonstriert ein kleines Modell in einem Wasserbassin diesen von **Al b e r t B u ß & C o.**, Wyhlen (Baden), für die erste Reichsluftschiffhalle auf dem Bodensee verwirklichten Gedanken. Im Betriebszustand hat die Halle eine Wasserverdrängung von 1200 Tonnen bei 150 m Länge, 24,5 m Breite und

Fig. 156.

Kabelwinde von August Riedinger, G. m. b. H., Augsburg.

23 m Höhe. Die Ankerspitze ist polygonförmig ausgebildet und trägt die Ankerkette von 75 mm Kettenstärke. Die Halle ruht auf 38 allseitig wasserdichten Pontons, während sich unter dem Boden ein ausziehbares Floß von 28 Stück kleineren Pontons befindet, das als Aufenthalt für die Bedienungsmannschaft beim Ein- und Ausfahren des Luftschiffes dient; die Querschnittsform der Eisenkonstruktion ähnelt der alten hölzernen Halle, wie auch die aufklappbaren Seitengalerien von dort übernommen sind. Das mit Wellblech gedeckte Dach (im Gegensatz zur sonstigen Holzverschalung) ist durch eine Aussichtsgalerie gekrönt. Besondere Tore sind wegen der stets gleichen Windrichtung nicht notwendig.

Vom gleichen Grundgedanken sind andere Konstrukteure ausgegangen, die große kreisrunde Hallen vorgeschlagen haben. Von den auf den ganzen Umfang verteilten Toren wird das für den Tag geeignete als Ein- oder Ausfahrt benutzt. Die natürlich bedeutend höheren Kosten reduzieren sich dadurch, daß gleichzeitig mehrere Luftschiffe in der Halle liegen können, und daß erheblich an Bedienungsmannschaft gespart wird ¹⁾.

Neben diesen kostspieligen Anlagen, die nur für dauernde Luftschiffhäfen von Bedeutung sind, finden wir eine Reihe ortsfester, langer Hallen, die wieder viele bemerkenswerte Neuerungen enthalten. Als Material ist bei den meisten Entwürfen Eisen vorgesehen; doch sind auch in Holz hervorragende Arbeiten vertreten, während Eisenbeton nur einige Anfänge gezeitigt hat, die aber trotzdem auf eine große Entwicklung schließen lassen. Die größten Schwierigkeiten machen bei

¹⁾ Näheres siehe Ballonhallenwettbewerb.

der letzten Ausführungsart scheinbar die bei dem erheblichen Winddruck schlecht anzubringenden Lehrgerüste für die Abbindung; ferner lassen die vorliegenden Tor-konstruktionen noch immer einen Rückschluß ziehen auf die Unmenge Arbeit und die Schwierigkeiten, die ihr Entwurf bereitet hat.

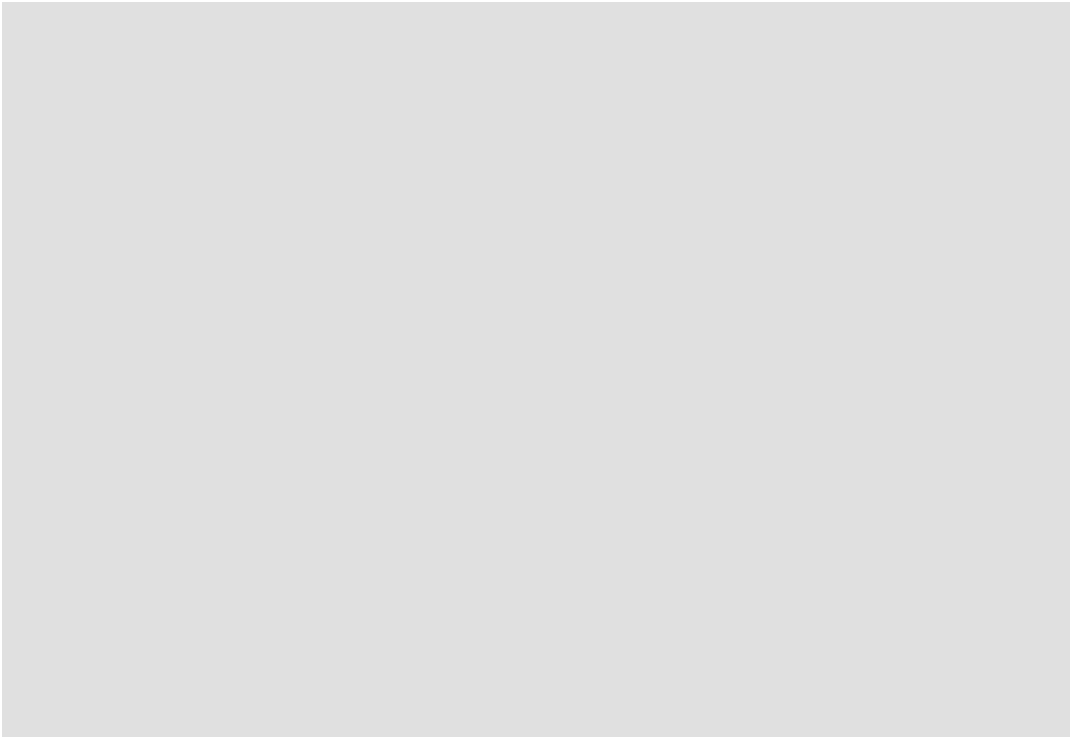


Fig. 157.

Die Ballonhallen der Ila auf dem Korbplatz.

Auf dem Korbplatz erheben sich die 4 von der Firma *Arthur Müller-Charlottenburg* zur Aufnahme von Freiballons und Luftschiffen errichteten Hallen in Holzkonstruktion mit Segeltuch-Bespannung. Gemäß ihren verschiedenartigen Bestimmungen variieren die Abmessungen bedeutend. Von links nach rechts haben wir 25 m Höhe, 13,5 m Spannweite, 30 m Tiefe für die Halle des Fesselballons; 15 : 14 : 50 für das Clouth-Schiff; 20 : 45 : 62 für den Pilzballon Gans-Fabrice; 25 : 20 : 75 für die Parseval-Type B. Die erste Halle ist nach den Plänen der Militärbehörde gebaut, damit der Fesselballon ganz hoch aufgehängt werden kann, und unten noch andere Gegenstände, ev. Freiballons, Platz finden. Besonders die dritte Halle mit ihrer großen Spannweite zeugt für die Leistungsfähigkeit der Firma auf diesem Gebiete. Endlich ist noch auf dem Fluggelände die große Zeppelinhalle erbaut, die bei 144 m Tiefe, 22 m Höhe eine nutzbare Breite von 28 m hat. Ein kleineres Modell, das aber bei 2 m Höhe noch zu betreten und genau zu besichtigen ist, erläutert die Einzelheiten der Bauausführung. An dieser Stelle mögen gleich die weiteren, zum Betriebe eines Landungsplatzes notwendigen Einrichtungen,

wie sie gerade auf dem Korbplatz gut zu studieren sind, erwähnt werden. Zuerst die fahrbare Patent-Magirus-Leiter der *Ver. Feuerwehrgert-Fabriken*, G. m. b. H., Ulm a. D., die infolge ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit beim Ausbessern kleiner Schäden an den Schiffen nicht zu entbehren ist. Zum Abwiegen des Ballastes, der Hülle, des ganzen Inventars ist eine Brückenwage notwendig, die hier von der Firma *Welb & Söhne*, G. m. b. H., Offenbach a. M., in durchaus zweckmäßiger Ausführung ausgestellt ist.

Zur Eindeckung der Hallen lieferten *L. Strohmeyer & Co.*, Konstanz, sowie *Koppel & Temmler*, Mannheim, die Zeltdecken, die auch selbst den schwersten Regengstürmen hinreichenden Widerstand bieten. Während *Schäfer & Montanus*, Frankfurt a. M., durch eine umfangreiche Blitzschutz-

Fig. 158.

Überholen einer Ballonhülle.

anlage einer Zündungsgefahr vorbeugten, sorgten die *Perkeo-Gesellschaft*, Frankfurt a. M., *H. Müller & Co.*, Offenbach (Handfeuerlöscher *Veni-Vici*), und die *Minimax-Apparate-Baugesellschaft*, Cöln a. Rh., durch Verteilung einer großen Anzahl dieser zweckmäßigen Handfeuerlöschapparate für sofortige Unterdrückung eines zufällig entstandenen kleinen Feuers. Um die zur Unterhaltung eines Luftschiffhafens unbedingt nötigen feuergefährlichen Flüssigkeiten: Benzin, irgendwelche Farben usw., ohne die geringste Gefährdung für Hafen und Schiff unterzubringen, bauen *Martini & Hüneke*, A. G., Berlin, unterirdische Lagerräume, die irgendwelche Explosionen sofort ersticken. Das Salzkontener Verkaufsbüro *Engelke & Huth*, Frankfurt a. M., bringt explosions sichere Gefäße für dieselben Zwecke in den Handel. Das häufig notwendig werdende Anheben schwerer Werkstücke (Motoren, Propeller, Getriebeteile usw.) sollen, soweit er sich um kleine Höhendifferenzen handelt, die *Omega-Teleskop-Schraubenwinden*, System *Schroer*, der Firma *Wiesche & Scharrffe* Frankfurt a. M. (Tragkraft 4000—70000 kg), bei größeren Höhen die Flaschenzüge sowie die Laufkrane mit Hand- und Maschinenbetrieb der Firma *Heinrich de Fries*, G. m. b. H., Düsseldorf, erleichtern. Irgendwie gefährliche Plätze wurden durch *Viktoriaketten*, die von der *Nolle* sehen Werken zur Verfügung gestellt wurden, abgesperrt. Ferner seien noch die Ventilatoren von *G. Schiele & Co.*, G. m. b. H., Frankfurt a. M.-Bockenheim, erwähnt, die zum Luftaufblasen der Hüllen bei der Kontrolle Anwendung finden. Zum Schluß müssen hier noch die

Fig. 159.
Runde Halle der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

künstlichen Hallenbeleuchtungen durch die Firmen: Quarzlampe n - G e - s e l l s c h a f t m. b. H., Hanau, und D e u t s c h e B e c k - B o g e n l a m p e n - G e s e l l s c h a f t m. b. H., Frankfurt a. M., genannt werden, die beide eine indirekte, außerhalb der Halle angebrachte Beleuchtung in den Handel bringen. Als grundlegend für die zweckmäßige Anlage eines Flugplatzes mit seinen Hangars, seinen Abflughügeln, dem Benzinlagerraum und allen notwendigen Inventarien kann außerdem das sehr hübsche Modell für den Entwurf des ersten deutschen Flugplatzes von Eschenbach, A. Müller, von Pustau, von Tschudi gelten.

L. B e r n h a r d & C o., Berlin, zeigen den Entwurf und Ausführungsbilder der von ihnen erbauten Luftschiffhalle in Metz, die bei 150 m Länge, 40 m Breite und 31 m Höhe bis 4 Luftschiffe gleichzeitig beherbergen kann. Interessant ist die Verwendung der seitlichen Wellblechverschalung, gegen die man bisher wegen der Wärmeleitung Bedenken hatte, die sich aber gut bewährte. Der Dachbinder, ein Zweigelenkbogen, stützt sich auf 20 m hohe Säulen; da diese zuerst aufgestellt werden konnten, und dann erst die Binder montiert wurden, ergab sich eine gute Arbeitsteilung. Die Tore schieben sich seitlich über die Hallenwand hinaus durch elektrischen oder Handbetrieb.

Ein sauber ausgeführtes Modell der Firma H e i n r. W e l b & S ö h n e, G. m. b. H., Offenbach a. M., zeigt die Ausführungsform einer Ballonhalle ganz in Wellblech, also auch für das Dach. Es handelt sich hier wohl mehr um das Projekt kleinerer Hallen, da die ganze Konstruktion nur für geringe Spannweiten geeignet ist. Wir denken hier zunächst an Flugzeughangars oder Freiballonschuppen, für die der Entwurf sehr passend ist.

Eine daneben montierte Halle des Deutschen Scheunen- und Hallenbaues C. v o m H o e v e l, G. m. b. H., in peinlich sauberer Ausführung wird wieder beim Wettbewerb besprochen; ebenfalls das architektonisch imposante Modell der G e s e l l s c h a f t f ü r A u s f ü h r u n g f r e i t r a g e n d e r D a c h k o n s t r u k t i o n e n, S y s t e m S t e p h a n, G. m. b. H., Düsseldorf, und die Entwürfe des Ingenieurbureaus E r n s t M e i e r, Berlin W.

Das Werk G u s t a v s b u r g der M a s c h i n e n f a b r i k A u g s b u r g - N ü r n b e r g, A.-G., bringt mehrere Entwürfe und Photographien ausgeführter Hallen zur Ausstellung. Interessant ist die Konstruktion der Luftschiffhalle Cöln mit 140 m Länge, 28 m Breite und 20 m Höhe. Das ganz in Eisen ausgeführte Bauwerk hat nur an der einen Schmalseite 2 drehbare Torflügel, die in der Mitte geteilt sind; die Wände sind $\frac{1}{2}$ Stein stark ausgemauert; 2 Laufstege unter der Decke, einer außen über dem Tor und beiderseits Arbeitsgalerien vervollständigen die innere Einrichtung. Oberlichte und Seitenfenster schaffen ein gutes Arbeitslicht. Ein zweites Modell zeigt ähnliche Ausführungsformen, jedoch mit fester Angliederung von Verwaltungs- und Werkstattträumen.

Das Modell einer kreisrunden Halle und der Entwurf eines rechteckigen Baues bekundet die Tätigkeit der O b e r h a u s e n e r G u t e h o f f n u n g s h ü t t e. Das erste (Gips-)Modell läßt allerdings nur auf die äußere Form schließen und verrät nichts über die Ausführung; jedoch hat die Anordnung viel Einnehmendes. Die rechteckige Halle wirkt durch die reiche Verwendung von Stein und durch die beiden

Fig. 160. Luftschiffhalle Cöln der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

Türme äußerst monumental. Die Torflügel sind drehbar, die Türme enthalten Arbeitsräume; große seitliche Glasfenster sorgen für das nötige Arbeitslicht, weshalb auf größere Oberlichte verzichtet werden darf.

Das Modell einer runden Ballonhalle mit hübscher dekorativ wirkender Kuppel von Alfr. Frank - Karlsruhe birgt noch einen zweiten netten Entwurf in sich. Unter der großen Kuppel läuft auf einer kreisförmigen Bahn ein die ganze Halle überspannender Luftkran, oder vielmehr er dreht sich als Durchmesser

Fig. 161.

Tor der Luftschiffhalle Cöln.

um seinen Mittelpunkt. Diese Einrichtung hat den Zweck, das eingefahrene Luftschiff mit Hilfe des Krans ohne großes Bedienungspersonal an seinen vorgeschriebenen Platz zu bringen; besonders praktisch dürfte sich diese Einrichtung erweisen, wenn bereits 2 Luftschiffe in der Halle sind, und ein drittes einfahren soll, zumal wenn dessen Einfahrtsrichtung senkrecht zur Längsachse dieser Ballons steht. Dann nimmt einfach der Kran die nahezu bis zur Schwebelage entlasteten Ballons hoch und schwenkt sie parallel zum einfahrenden, so daß sich der sonst etwas schwierige Zustand leicht entwickelt. Der Entwurf ist, wie gesagt, sehr hübsch; aber man braucht nur an die Dimensionen der Z-Schiffe zu denken, um sofort die konstruktive Schwierigkeit im Bau von Kran und Kuppel zu sehen. Dem Vorzug der runden Halle entsprechend, wäre auch noch eine größere Zahl Tore notwendig.

Ein weiterer Entwurf einer runden Ballonhalle ist vom Regierungsbaumeister L a u b e , Teplitz. Die Durchführung des Modells ist aber so wenig konstruktiv für größere Verhältnisse und auch so überladen durch Äußerlichkeiten (kleine Glühlampen usw.), auf die scheinbar der Hauptwert gelegt ist, daß es als nicht

ernsthafte Projekt einer großen Luftschiffhalle keine eingehendere Besprechung erfordert.

Durch äußerst sauber ornamentierte Architektur zeichnet sich das im Maßstab 1 : 100 ausgeführte Modell einer halben Ballonhalle (Dyckerhoff & Widmann, A.-G., Karlsruhe; Architektur: Professor Eugen Beck) aus; aber hierin liegt gerade auch die Schwäche des Entwurfs. Die Kosten würden ganz unverhältnismäßig gesteigert, ohne daß sich der praktische Wert der Halle verbessert; besonders beim Modell wird sich aber als leichtverständliche Folge ergeben haben, daß viele Leute achtlos vorübergeeilt sind, ohne in dieser kleinen Veranschaulichung die gigantische Ballonhalle zu erblicken, für deren äußere Formen das Auge doch immerhin schon bestimmtere Voraussetzungen hat. Die weitere Ausführung der Eisenbetonkonstruktion ist sonst in großzügiger Art durchgeführt, wodurch wiederum der Beweis geführt ist, daß der Eisenbetonbau auch auf diesem Gebiet durchaus konkurrenzfähig ist.

Sauber ausgearbeitete Entwürfe, die sogar kleine Details erkennen und beurteilen lassen, haben dann noch die Firmen Leinau & Becker, Westerhüsen i. E., Zivilingenieur Fritz Lüders, Berlin-Wilmersdorf, Deutsche Hausbau-Gesellschaft, Berlin W., und Buchheim & Heister, Frankfurt a. M., ausgestellt. Da aber nichts eigentlich Neues in diesen Projekten enthalten ist, können wir sie in dieser kurzen Besprechung übergehen.

Ein kleines unscheinbares Modell, das wohl von vielen übersehen wird, ist doch bemerkenswert seiner Grundidee wegen. Hans W. Herwarth von Bittenfeld, Reinickendorf-Berlin, will nämlich schon durch die Gestaltung der Halle das Ein- und Ausfahren erleichtern und gibt ihr im Längsriß eine trapezförmige Gestalt mit zum Tor ansteigendem Dach, so daß gewissermaßen eine trichterförmige Einfahrt entsteht. So hübsch der Gedanke ist, so schwierig ist die Ausführung, weil der unsymmetrische Bau ganz wesentlich teurer wird. Man denke nur an die Dachbinder und ihre Auflagerung, die stets neu durchgerechnet und konstruiert werden müssen.

Als Demonstrationsobjekt hat das Rheinische Schwemmstein-Syndikat, G. m. b. H., Neuwied a. Rh., nach dem System Prüß eine kleine Wand errichtet und an dieser seine Entwürfe befestigt. Die Wand läßt sich durch die eigenartige Kanten-Profilierung der Steine bis zu gewissen Größen innerhalb eines Rahmens ohne jede weitere Stütze sofort errichten, ist ferner ein absoluter Abschluß gegen Wärmestrahlung und sehr leicht. Die Entwürfe selbst sind beim Wettbewerb einzusehen.

Ebenso die der A.-G. für Verzinkerei und Eisenkonstruktion vorm. Jakob Hilgers, Rheinbrohl a. Rh., der Neuwieder Brückenbau-A.-G., Neuwied, und von Otto Wolberg, Architekt, Frankfurt a. M.

Mit letztgenanntem Entwurf sind wir zu den drehbaren Ballonhallen übergegangen, deren Zahl wegen der erheblich schwierigeren Aufgabe wesentlich geringer ist.

Ein wunderbar exakt gearbeitetes Modell stammt von der Firma August Klönne, Dortmund. Die Halle, deren wirkliche Abmessungen $150 \times 20 \times 20$ m

betragen sollen, ist zur Aufnahme eines Z-Schiffes bestimmt; sie ist vollständig drehbar angeordnet, so daß das Ein- und Ausfahren bei jeder Windrichtung gefahrlos erfolgen kann.

Zu diesem Zweck ist unter der Hallenmitte, in einem genügend großen Bassin schwimmend, ein großer runder Ponton angebracht, dessen Auftrieb die Halle mit Inventar zu tragen vermag. In der Ruhe nehmen 2 nach der Peripherie von konzentrischen Kreisen aufgemauerte Fundamente das Gewicht auf und entlasten den Schwimmer; wird aber mittels Schleuse oder dgl. der Wasserstand im Bassin gehoben, so liegt die Halle frei auf dem Ponton, während die Fundamente nur zur Zentrierung dienen. Das Drehen selbst kann durch Segel, durch Motorkraft oder von Hand erfolgen. Durch die Grundidee war auch die Ausführung der Halle festgelegt; sie mußte ein starker Gitterträger werden, der in der Mitte unterstützt ist; daher reine Eisenkonstruktion mit leichter Bedachung und Verschalung (Asbestschiefer-Eternit — Gewicht in wassersattem Zustand 8,5 kg/qm —) sowie leichtem Holzfußboden. Die Seitenwände erhalten verschließbare Jalousien für den Lufteintritt, während die höchsten Dachreiter zur Entlüftung dienen; Seiten- und Oberlichte sorgen für das nötige Arbeitslicht. Die Tore bestehen aus einzelnen Längsstücken und sind zickzackartig an beiden Enden zusammenzuschieben; auch sie sind lediglich als Eisengerüst mit Eternitbekleidung durchgebildet; ihre Betätigung ist für Motor- und Handantrieb vorgesehen.

Fig. 162.
Modell einer drehbaren Luftschiffhalle von Aug. Klönne, Dortmund.

Man wird vielleicht nach den Gründen fragen, solch komplizierte Bauwerke mit vielen maschinellen Einrichtungen zu bauen, wo doch die erdfesten runden und die schwimmenden Hallen dieselben Zwecke einfacher erreichen. Letzteren gegenüber ergibt sich der große Vorteil, daß sie nicht ständig in Bewegung ist, also ruhiges Arbeiten ermöglicht (ganz abgesehen von dem notwendigen, großen strömungs-

losen Wasser); ersteren aber ist sie doch bei weitem in den Anschaffungskosten überlegen, wenn auch die maschinellen Einrichtungen etwas teurer zu unterhalten sind; ferner behelligen sich in keiner Weise die eingefahrenen Luftschiffe, und jedes kann in der gewünschten Richtung wieder ausfahren.

In etwas anderer Weise sucht E m i l Z i m m e r , München, die gleiche Aufgabe zu lösen. Bei diesem Entwurf fehlen die Fundamente ganz; die Halle ruht ständig auf Pontons und auf Schienen, ist aber durch eine schwere Drehachse in der Mitte zentriert, Die Pontons sind in ringförmigen Kanälen, die eben die notwendige Breite für die Schwimmkörper zu haben brauchen, untergebracht, wodurch sich die Anlage in der Nähe eines größeren Baches in jedem Gelände verwirklichen läßt. Da nur die geringen Widerstände der Mittelachse und der Pontons sowie der etwaigen Räder zu überwinden sind, reichen schwächere Antriebsmotoren zum Drehen aus, die Bauart selbst wird durch die bessere Auflagerung günstiger beansprucht. Um eine Beschädigung durch Seitenwind zu verhüten, sind auf dem Dache Windmotoren angeordnet, die selbsttätig den die Halle drehenden Elektromotor ein- und ausschalten, so daß auch unerwartetes Unwetter keinen Schaden anrichten kann. Ein großer Nachteil der letztgenannten Ausführungen ist ihre Abhängigkeit von der Witterung; namentlich bei kleinen Kanälen vermag schon geringer Frost die ganze Beweglichkeit der Hallen durch Einfrieren der Pontons zu unterbinden. Es ist daher stets auf eine gewisse Strömungsgeschwindigkeit zu achten, um solcher Manövrier-Unfähigkeit vorzubeugen.

Ehe wir dann zu den Ankerplätzen übergehen, seien hier noch zwei wichtige Bedarfsartikel des Hallenbaues erwähnt; dies sind erstens die besonders groß und kräftig ausgeführten Ventilationsaufsätze der Firma J. A. J o h n , A.-G., Ilvershofen, die in der bekannten Art sich in den Wind einstellen und durch Düsenwirkung die verbrauchte Luft absaugen; zweitens von der Firma J. E b e r s p a c h e r , Eßlingen a. M., Oberlichte in kittlosem System, wodurch sich vereinfachte Montage und leichtes Auswechseln ergibt.

Von den transportablen Hallen ist außer den am Wettbewerb beteiligten nur die Ausführung des D o r t m u n d e r B r ü c k e n b a u e s C. H. J u c h o , Dortmund und Hamm i. W., zu erwähnen. Diese Firma hat eine Halle von rund 40 m Länge, 20 m Breite und 22 m nutzbarer Höhe hinter der Festhalle errichtet, und zwar nach dem „Universal“-System. Auf einem Holzrost-Fundament von der Dicke der Wand werden nur die beiden Längswände der Halle aus gleichartigen Eisenpfosten zusammengestellt und durch wenige Schrauben verbunden; zum Abfließen des Regenwassers wird die eine Wand entsprechend höher aufgerichtet. Durch eine Zwischenverbindung der beiden Wände durch Drahtseile sowie ähnliche seitliche Verankerung wird das Ganze versteift. Über diese Drahtseile wird dann eine Zeltleinwand gespannt, ebenso werden Kopf- und Toröffnung mit Segelleinwand bekleidet. Der Entwurf ist hauptsächlich für militärische Zwecke bestimmt, schnelles Aufrichten und Versetzen, leichtes Verpacken und Transportieren einerseits und vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Elemente für Mannschafts- und Pferdezelte, Beobachtungstürme andererseits waren daher maßgebende Faktoren beim Projektieren.

Gleichen Zwecken zu dienen, ist die Bestimmung einer äußerst sinnreichen Konstruktion, die wohl in allen Fachkreisen gewürdigt ist. Wir meinen die von *Alexander Siewert*, Berlin-Wilmersdorf, ausgestellten „Fontana-Maste“. Diese vollständig gerüstlosen, bis zu großen Höhen (bisher 25 m, soviel uns bekannt) auskurbelbaren Maste bestehen aus elastischen Stahlbändern, die sich von großen Trommeln zu einem regelmäßigen Polygon abwickeln (Dreieck, Sechseck) und dann durch gestanzte Blechscheiben unveränderlich in dieser Form gehalten werden. Diese Blechscheiben sind durch dünne Kettchen auf 20—25 cm distanziert und werden mit in die Höhe gewunden. Weil die Trommeln zwangsläufig geführt sind, die einzelnen Bänder sich also nicht gegeneinander längen können, steht der Mast in jeder Höhe absolut sicher. Die gestanzten Bleche dienen gleichzeitig als Stufen beim Besteigen des Mastes. Die Vorrichtung läßt sich gleich gut für das Signalwesen als auch für drahtlose Telegraphie und zu Rettungszwecken verwenden. Mehrere derartige Maste zusammen ergeben einen guten Mittelpfeiler für ein großes Zelt, ebenfalls läßt sich eine Halle aus mehreren Masten errichten. Die Vorrichtung ist stationär und fahrbar ausgestellt; jedoch dürfte die fahrbare Verwendung die gegebene sein.

Die bisherigen Unterkunftsstationen für Luftschiffe waren immer nur mit erheblichen Kosten zu errichten, selbst die transportablen Hallen rentieren sich nur bei einer größeren Frequenz, so daß alle diese Bauwerke nur in beschränkter Zahl, d. h. also räumlich sehr weit entfernt, im Reiche vorhanden sein werden. Um nun aber bei plötzlichem Unwetter jedes Schiff schnell außer Gefahr bringen zu können, gleichgültig, wo es sich gerade befindet, ist es notwendig, zwischen den bestehenden Luftschiffhäfen einfache Ankerplätze zu errichten, die wohl imstande sind, das Schiff gegen Sturm zu bergen, die aber sonst mit möglichst geringen Mitteln erbaut werden können. Auch für diese Anker- oder Landungsplätze liegen viele Entwürfe vor.

Die *Deutsche Aerostations-Gesellschaft*, Frankfurt a. M., zeigt einige solche Projekte, und *D. Walter Ilges*, Cöln-Bayental, erläutert durch ein übersichtliches Modell seine Vorschläge, die im wesentlichen auf der Anlage von Erddocks beruhen. Die erste Art, bei der die Ausschachtung so groß bemessen ist, daß sie das ganze Luftschiff aufzunehmen vermag, ist allerdings schon mehr ein ständiger Luftschiffhafen. Die Wände der Ausschachtung sind in Mauerwerk oder Beton ausgeführt, als Dach ist eine Wellblech-Schiebeebühne vorgesehen, die sich am Ende in einzelnen Segmenten übereinander schiebt. Die ganze Anordnung ähnelt einem Trockendock, hat aber in ihrer Anwendung für Luftschiffe den Nachteil äußerst schwieriger Ein- und Ausfahrt. Innerhalb der Ausschachtung ist ja der Windschutz gut, aber ein Ausfahren bei Seitenwind ist ohne Beschädigung des Luftschiffes gar nicht zu denken. Ferner werden die Anlagekosten auch ziemlich hoch. Besser ist entschieden Vorschlag 2. Vorhandene Wallgräben alter Festungen und dgl. werden als geschlossenes Ganzes zum Nothafen eingerichtet, auch in der Ebene ist eine derartige Anlage leichter herzustellen, indem der ausgeschachtete Teil gleich zum Aufwerfen der Umwallung benutzt wird, die Erdbewegung also in kleinen Grenzen bleibt. Die Böschungen sind nicht zu steil angeordnet, und eine Bedachung fällt fort. So ist die Anlage billig, die Benutzung weniger schwierig und der Schutz im Unwetter auch für Reparaturen hinreichend. Gerade diese Art Nothäfen, zumal

für viele Orte die Vorbedingungen vorhanden sind, würde sich sehr empfehlen für einen größeren Verkehr.

Aber noch einfacher und billiger bei ausreichender Sicherheit lassen sich Landungsplätze errichten. Es braucht nur ein starkes Drahtseil mit einem genügend großen Rost von kräftigen Eisenschienen im Erdboden befestigt und dann von diesem Mittelpunkt ein ausreichend großes freies Feld vorgesehen zu werden, um dem vor einem Anker liegenden Schiff genügendes Spiel zu geben — und eine sichere Bergung ist in den meisten Fällen möglich. Auf diese Weise ist Z II mehrere Tage auf dem Flugplatz der Ila verankert gewesen, weil die Holzhalle noch nicht fertig war.

Im weiteren Ausbau dieses Gedankens hat Emil Zimmer, München, eine Ankervorrichtung entworfen, die ziemlich leicht und klein ist, so daß sie von jedem Luftschiff mitgeführt werden kann. Sie besteht aus 10 einzelnen Pflöcken, die durch ein endloses Seil mit einem Mittelring verbunden sind, der wieder durch eine Kugel mit einem etwas größeren Durchmesser und Halteseil die Verbindung mit dem Luftschiff herstellt. Die Pflöcke werden im Kreise in die Erde getrieben, das Halteseil kann mittels des Kugelgelenks jeder Windrichtung folgen, während das Lager die Zugkraft auf alle Pfähle (auch bei wechselndem Wind stets in gleicher Richtung) überträgt, so daß kein Lockern erfolgt. Für größere Luftschiffe können wieder mehrere Apparate zu einem Kugelgelenk führen; auch bei schlechtem Boden ist dadurch sicheres Halten möglich. Diese kleine Vorrichtung ist überaus praktisch erdacht und besonders für kleine Sportballons geeignet, weil sie das Fahren nach jedem Ort ermöglichen.

Dann sind hier noch die Verankerungspfähle von Carl Soffler, München, zu erwähnen, die auf einem System von Widerhaken an einem Pfahl beruhen, so daß sie wohl leicht einzutreiben, aber schwer aus dem Boden zu ziehen sind. Berücksichtigt man aber bei dieser Gegenüberstellung die ungleichen Kräfte — Eintreiben von Hand — Losreißen durch Sturm mit dem Auftrieb gemeinsam — so stellt sich die Wirkung schon ungünstiger. Für Freiballons und im gewachsenen Boden mögen die Pfähle aber immerhin ihre Wirkung tun.

Eine für alle gebräuchlichen Systeme passende Ankerstation mit Zubehör ist ebenfalls durch Emil Zimmer, München, im Modell zur Ausstellung gebracht. Als leitender Gedanke liegt dieser Ausführung zugrunde, daß der Wert einer Ankerstation um so größer, je schneller, selbständiger und billiger sich eine Landung selbst im Sturm ermöglichen läßt, d. h. je weniger Hilfsmannschaften sie erfordert. Auf einem Platz von 20—30 m im Quadrat wird in der Mitte eine im Boden versenkte Bogenlampe mit breiten hellen Reflexrändern angeordnet. An den vier Ecken des Platzes stehen zirka 5 m hohe starke, eiserne Ständer, die den Ankerapparat tragen, der ähnlich der vorigen Beschreibung aus Kugelgelenk mit endlosem Seil besteht. Von diesem Gelenk nun geht ein starkes Seil aus, das in eine schwere Kugel endigt, die in einer Pfanne des nächsten Ständers lose aufliegt. Dadurch ist der Platz in 5 m Höhe von Tauen eingefaßt. Das schutzsuchende Luftschiff wird nun durch den senkrechten Lichtstrahl angelockt (derartige Strahlen sind sehr weit deutlich zu erkennen, wie sich durch einen senkrechten Scheinwerfer gelegentlich der Z-Landungen auf der Ila ergab), wirft ein Schleppseil mit 4 mauligem Anker aus und überfährt die Station. Der Anker faßt eines der 4 Taue, die Kugel setzt sich im Maul fest,

und eine Verbindung zwischen Schiff und Ständer ist geschaffen — der Ballon wird sich gegen den Wind einstellen und kann so gefahrlos das Abflauen des Sturmes abwarten. Die Ständer sind außen glatt betoniert, um Anker- und Schleppeisen keine Angriffspunkte zu bieten, der Innenraum kann als Warteraum für Passagiere, Hilfsmannschaften usw., Vorratsraum für Betriebsstoffe, Reparaturwerkstätte verwendet werden. Durch das Abheben der Kugel beim Verankern eines Schiffes betätigt sich ein elektrischer Alarm-Kontakt für Polizei, Feuerwehr usw., so daß sogleich die nötige Hilfe zur Stelle ist. Dieser Entwurf hat etwas ungemein Frisches an sich, so daß sicher die eine oder andere Vorrichtung bald ausgeführt wird.

Gerade bei dieser Gruppe, die in fast lückenloser Reichhaltigkeit zur Ausstellung gelangte, tritt augenscheinlich der befruchtende Einfluß hervor, den die beiden Hauptförderer der praktischen Luftschiffahrt auch auf die verwandten Industrien ausüben — der Sport und die Kriegstechnik. Beide sehen in der Luftdurchquerung noch nicht das Mittel zum Zweck, beiden ist sie noch als Selbstzweck maßgebend, so daß die Wirtschaftlichkeit erst in zweiter Linie folgt. Da kann sich dann die Industrie frei entfalten, neue Möglichkeiten erschließen sich, sonst nicht betretene Wege werden gangbar, die Ziele sind weit gesteckt, und in unfaßbar kurzer Zeit wird ein unbekanntes Gebiet in Theorie und Praxis beherrscht.

Gruppe 4. Signaldienst.

Die Beschilderung dieser Gruppe kann in Anbetracht des begrenzten Gebietes und vor allen Dingen des kurzen Bestehens nur gering sein, handelte es sich bis vor kurzer Zeit doch lediglich um mechanische Signal-Übertragungsmittel, weil alle elektrischen Leitungen wegen der Kurzschlußgefahr mit der Zündungsneigung streng verpönt waren. Interessant ist es nun, zu beobachten, wie sich die Elektrotechnik — in diesem Falle die Schwachstromtechnik — auch dieses Absatzgebiet erobert hat, wie sie erfolgreich die alten Vorurteile zu überwinden versteht. Galt das bisher Gesagte hauptsächlich für den Signaldienst im Ballon, so trifft es auch in vielen Dingen auf die Arbeiten um den Ballon herum zu. Aber hier mußte die Elektrotechnik schon eher helfend eingreifen, denn hier brauchte man hauptsächlich Licht, und da erschien das elektrische neben dem Tageslicht das beste. So stand die Luftschiffahrt mit der Starkstromtechnik schon auf vertrautem Fuß, als sie sich gegen die einfachste elektrische Klingelanlage noch sträubte. Als Befehlsübermittlung zwischen Ballon und dem festen Boden finden fast ausschließlich optische Signale Verwendung, wenn man von den in nächster Nähe üblichen Pfeifen und sonstigen Schallsignalen absieht. Aber auch hierin hat man schon Verbesserungen gebracht; so finden wir auf dem Stand von *Arthur Solmitz*, Köln a. Rh., eine Handsirene „Marsiana“ der *Marswerke A.-G.*, Nürnberg, die große Tonfülle und Schallweite mit Unempfindlichkeit gegen Witterungseinflüsse verbindet. Sie ist leicht zu handhaben, der Ton hört sofort auf, wenn nicht mehr gedreht wird, und eine eigene Vorrichtung ermöglicht, besonders zeitlich begrenzte Signale einzustellen.

Die optischen Signale vom Ballon aus werden zumeist durch transportable elektrische Lampen gegeben, die beim Kapitel Korbbeleuchtung besprochen werden.

Von Land aus benutzt man zu Signalzwecken neuerdings mit Vorliebe Scheinwerfer. Auch der Korbplatz der Ila hat auf den drei ihn flankierenden Türmen

solche erhalten, die einerseits zur Beleuchtung bei Nachtaufstiegen dienen, andererseits aber spät zurückkehrenden Luftschiffen die Landungsdirektiven geben sollen. Die Scheinwerfer sind vom Nürnberger Werk der *S i e m e n s - S c h u c k e r t - W e r k e*, G. m. b. H., geliefert und haben die bei der Kriegsmarine erprobte Garnitur und Gesamtanordnung; durch einfachen Strahl, Streuer und endlich die Vorrichtung, farbige Gläser vorzuschieben, haben sie eine große Vielseitigkeit besonders für Ausstellungszwecke in sich vereinigt. Sie sind um fast 360° (jedoch nicht kontinuierlich in einer Richtung) schwenkbar und lassen sich um über 45° über und unter die Horizontale neigen. Der auf dem Südturm montierte Scheinwerfer ist nun aber noch mit einer Vorrichtung versehen, die ihn für Signale in hervorragender Weise wertvoll macht. Durch einen unter 45° vor dem Scheinwerfer angebrachten Planspiegel ist die Möglichkeit gegeben, senkrechte Strahlen auszusenden, die außerordentlich weit sichtbar sind. In gleicher Weise läßt sich hierdurch ein Luftschiff beleuchten, das sich direkt über dem Beobachter befindet, ohne daß eine Steillage des Scheinwerfers notwendig wird, die durch Abfallen glühender Kohlenstückchen den Sammelspiegel beschädigt.

Für die nächste Zukunft ist nun wohl bestimmt zu hoffen, daß für das immerhin lückenhafte optische Signalwesen die drahtlose Telegraphie in ihre Rechte tritt, wie sie jetzt schon in durchaus erprobter Weise der Wasserschifffahrt als Verständigungsmittel dient. Unbedingt erforderlich oder wenigstens dringend wünschenswert wäre allerdings eine gerichtete drahtlose Telegraphie, die ihre Schwingungen nicht allseitig aussendet, sondern (wenigstens in der Hauptsache) in einer gewünschten Richtung. Von vornherein muß wegen der Explosionsgefahr Wert darauf gelegt werden, mit kleinen Energiemengen, daher auch kleinen Antennen und Apparaten zu arbeiten. Eine reichhaltige Ausstellung aller notwendigen Gegenstände für eine Empfänger- und Geberstation am Lande finden wir von der Firma *W o h l - l e b e n & W e b e r*, G. m. b. H., Saarbrücken 3, gestellt. Wir sehen hier die Garnituren der Maste, Transformatoren, die Kondensatoren nach dem System Moscicki, ferner Batterien von 0,02 bis 4 Mikrofarad für 10 000 bis 110 000 Volt, endlich Kondensatoren gleicher Bauart und Ventile (System Giles) zum Schutz der Verteilungsnetze gegen atmosphärische Entladungen und Resonanz-Erscheinungen. Auch *F r i e d r i c h L u x*, G. m. b. H., Ludwigshafen a. Rh., stellt eine besondere Anwendungsart der Wellentelegraphie aus, nämlich die wellentelegraphische Ortsbestimmung, erläutert durch eine stationäre Funkenstation, einen Empfänger im Luftschiff sowie durch eine Übersichtskarte der projektierten deutschen Stationen. Es ist nun dringend zu hoffen, daß es bald gelingt, die Luftschiffe gefahrlos mit ähnlichen Stationen auszurüsten, damit eine stete Kommunikation mit dem Lande möglich wird.

Einfacher läßt sich natürlich der gleiche Zweck bei einem Fesselballon durchführen, und hier ist es die Firma *S i e m e n s & H a l s k e*, A.-G., Berlin, die zwei hübsche Ausführungen zeigt. Die erste, als untere Station gedacht, ist im Observatorium angebracht und besteht aus einem Lautfernsprecher, der z. B. bei Schußbeobachtungen vom Ballon aus direkt die Entfernungen und Höhenwinkel den einzelnen Geschützführern zurufen soll. Die zweite Einrichtung wird beim Fesselballon im Betrieb vorgeführt. Ein tragbares Fernsprechgerät wird in den Korbleinen

befestigt, das Kabel rollt sich mit dem Halteseil zugleich ab, der zweite Apparat befindet sich bei der Winde — und ein steter Verkehr ist ermöglicht.

Aber auch im Ballon selbst ist es notwendig, Befehle zu übermitteln, sei es in einer langgestreckten Gondel oder gar bei getrennten Gondeln von einer zur anderen. Die Übersendung von geschriebenen Mitteilungen mittels endloser Seile (Zeppelin) ist entschieden nur als ein Provisorium anzusprechen, weil es viel zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Für häufig wiederkehrende Signale (Anlassen der Motoren, Touren der Propeller usw.) werden schon jetzt elektrische Klingelzeichen benutzt. Jedoch macht sich die Notwendigkeit direkter Kommandogeber immer mehr bemerkbar, und die Firma *V o i g t & H ä f f n e r*, A.-G., Frankfurt a. M., hat eine ganze Reihe solcher Apparate ausgestellt, die für Starkstrom gebaut sind und in ihrer Ausführung vielfach an die bewährten Maschinentelegraphen der Marine erinnern. Dieselbe Firma führt auch Schalter mit Sicherung in leichten Aluminiumgehäusen für elektrische (Beleuchtungs-) Leitungen in Luftschiffen aus, die erstaunlich leicht sind.

Die Gesamteinrichtung von Signalanlagen für Schwachstrom ist das Spezialgebiet der *F r a n k f u r t e r P r i v a t - T e l e p h o n - G e s e l l s c h a f t* m. b. H., die durch übersichtliche Vorführung ihrer Fabrikate den leichten Einbau in ein Luftschiff demonstriert. Außerdem verdient ein kleiner Apparat noch nähere Beachtung. Falls die Akkumulatoren irgendwo ladebedürftig werden, wo kein Gleichstrom zur Verfügung steht (und die größere Wahrscheinlichkeit spricht dafür), so ist ein Ladeapparat vorhanden für Wechselstrom. In diesem Apparat wird der Strom erst durch einen Transformator auf niedrigere Spannung gebracht und dann durch einen schwingenden Anker gleichgerichtet, indem nämlich nur die eine Phase weitergeleitet, der andere vernichtet wird. Der Apparat ist wirklich äußerst praktisch.

So eng begrenzt diese Gruppe und ihr Gebiet auf der Ausstellung erscheinen, so gering auch ihre Beschiekung ist, so wichtig sind die jetzt schon treffend erfaßten Grundlagen für einen weiteren Ausbau, und so sehr ist es zu hoffen, daß recht bald ein weiterer Fortschritt den Signaldienst so weit vervollkommenet, daß der Wasserschiffahrt ähnliche Verhältnisse geschaffen werden. Erst dann wird der Luftverkehr als solcher beginnen können.

Gruppe 5. Gasfabrikation.

Als wenige Jahre nach der grundlegenden Erfindung der Gebrüder Montgolfier der Professor Charles mit kühnem Griff statt des unsicheren Gemisches heißer und kalter Luft ein homogenes Medium verwendete, und zwar gleich das überhaupt bekannte leichteste Gas, als er also damit die günstigsten Auftriebsbedingungen gleichsam erschöpfend festlegte (wenn man an dem absoluten Vakuumschiff, das noch so viel genannt wird, vorübergeht) — da hätte man eigentlich denken sollen, daß nun der Entwicklungsgang der aerostatischen Luftfahrzeuge bestimmt wäre. Nun entstand aber im Jahre 1818 durch die Verwendung des Leuchtgases ein Mitkämpfer um die Gunst der Luftschiffer, der bald den Sieg davontrug. Die allerorts erbauten Gasanstalten lieferten ja auch ein sehr brauchbares Ballongas zu erheblich niedrigerem Preise, so daß sich eine Vergrößerung der Hülle zur Erreichung eines genügenden Auftriebs wohl lohnte.

Erst bedeutendere Anforderungen an die Tragkraft bestimmter Ballons, sei es, um große Lasten zu heben (zuerst der Pariser Ausstellungsfesselballon mit seinem schweren Halteseil; dann aber in der Neuzeit die gewichtigen Motoren mit Zubehör bei allen Lenkballons), sei es, um mit kleinen Hüllen auszukommen (wodurch sich wieder größere Unabhängigkeit von Temperaturschwankungen ergibt), und um überall — auch im Feld — füllen zu können (Militärluftschiffahrt), drängten notwendigerweise wieder auf eine Verwendung von Wasserstoff hin. So soll denn auch im folgenden lediglich die Erzeugung, Lagerung und Versendung von Wasserstoff, soweit dies auf der Ila vorgeführt wird, besprochen werden. Eine eingehendere Behandlung der Methoden der Ballongaserzeugung ist im Bericht des Wettbewerbs zu finden.

Ein mehr hüttenmännisch anzusprechendes Verfahren der Internationalen Wasserstoff-A.-G. Frankfurt a. M. besteht darin, daß Wasserdampf auf in Glühhitze befindliche Eisenpräparate einwirkt, die dann später durch Wassergas, das nach dem System „Dellwik-Fleischer“ zur Darstellung gelangt, reduziert werden. Der Prozeß wird derart geleitet, daß unmittelbar ein Wasserstoffgas von 98 % Reinheit entsteht, welches den von den Militärbehörden verlangten Auftrieb von 1,185 kg/cbm besitzt, so daß sich umständliche Reinigungen erübrigen. Wegen der erforderlichen billigen Rohmaterialien, der mäßigen Anlagekosten läßt sich der Wasserstoff schon zu 15 Pfg./cbm herstellen, was schon verschiedene in- und ausländische Militärbehörden veranlaßt hat, derartige Wasserstofferzeugungsanlagen zu bauen und ihre Luftschiffe direkt am Gestehungsplatz zu füllen.

Eine zweite Methode — die elektrische Wasserzersetzung — wird durch die Maschinenfabrik Örlikon, Örlikon bei Zürich, durch einen Apparat vorgeführt. Die elektrischen Wasserzersetzer, die in 4 Größen nach den normalen Stromstärken 20, 40, 75 und 125 Ampere angefertigt werden, haben gußeiserne Elektrodenplatten mit ringsum laufendem, 30 mm breitem, vorspringendem Rand und vertikalen Rippen. Die zwischen den Platten befindlichen Diaphragmen aus reinem Asbestgewebe haben einen 30 mm breiten Gummiring, der zwischen den Platten dichtet und gleichzeitig isoliert. Dadurch wird zwischen zwei Platten mit den Diaphragmen der Zellenraum gebildet. Entsprechend der Spannung werden eine gewisse Zahl Zellen hintereinandergeschaltet, in ein dem Filter-

Fig. 163.

Wasserzersetzer der Maschinenfabrik Örlikon.

pressensystem ähnliches Gestell gelegt, und durch eine Schraube zusammengepreßt. Jede Platte besitzt drei Löcher, die durch das Aufeinanderpressen zu drei durchlaufenden Kanälen werden; der linke Kanal oben ist durch kleine Schlitze mit den Vorderseiten der Platten verbunden, er führt

also stets dasselbe Gas ab; der rechte Kanal dient in entsprechender Weise der Plattenrückseite und dem anderen Gas; die untere Bohrung sorgt für die Wasserzufuhr. Durch die Gasentwicklung ergibt sich von selbst eine rege Flüssigkeitszirkulation. Die Füllung besteht aus einer 10 proz. Lösung von kohlen saurem Kali in destilliertem Wasser, auf dessen Reinheit großer Wert gelegt werden muß. Zur Erzeugung von 1 cbm Wasserstoff und $\frac{1}{2}$ cbm Sauerstoff pro Stunde sind bei 40 ° C rund 6 Kilowatt erforderlich, wobei ca. 0,8 Liter Wasser zersetzt werden. Eine Erhöhung der Temperatur, die durch den Strom von selbst eintritt, ergibt nur eine geringe Verminderung des Effektverbrauches, kann jedoch für das ganze System leicht schädlich werden. Die Betriebsspannung für diese zu erzeugende Gasmenge beträgt pro Kammer in kaltem Zustand 2,7 Volt, bei 60 ° C dagegen nur noch 2,3 Volt. Bis die Gasentwicklung eintritt, d. h. so lange keine Polarisationsspannung besteht, muß der geringe innere Widerstand des Wasserzersetzers durch einen Vorschaltwiderstand ersetzt werden, während außerdem ein Zellschalter gestattet, eine Anzahl Zellen zu- und abzuschalten. Die entwickelten Gase können unter einem Druck von 2,5 m Wassersäule entnommen werden; jedoch läßt sich der Apparat auch für 25 m Wassersäule (2,5 atm) bauen. Bei kontinuierlichem Betrieb, normaler Stromstärke und richtiger Temperatur ist die Reinheit der Gase sehr hoch; Wasserstoff enthält ca. 1 % Sauerstoff, dieser dagegen rund 2,5—3 % Wasserstoff. Ein sehr hübscher Apparat

Fig. 164.
Prüfapparat
der Maschinenfabrik
Örlikon.

dient zur Kontrolle der Reinheit. Ein kleines Teilchen der Gase strömt durch zwei mit Wasser gefüllte Rohre (ähnlich den Wasserstandszeigern) hindurch und wird an zwei gegenüberstehenden Specksteinspitzen entzündet. Dieses Knallgas brennt nun so lange mit kleiner hellblauer Flamme, als die Gase rein sind. Ein irgendwo entstehendes Gemisch hat jedoch sofort zur Folge, daß die Flamme mit hellem Knall in das betreffende Rohr zurückschlägt, aber am Weiterkommen durch das Wasser gehindert wird. Die Kosten sind zum größten Teil vom Preise der elektrischen Energie abhängig, da die Amortisation der Anlage im Vergleich zum Preise der erzeugten Gase belanglos ist. 2 cbm Wasserstoff und 1 cbm Sauerstoff erfordern zur Darstellung ungefähr 12 Kilowattstunden.¹⁾

Im Gegensatz zu diesen Wasserzetzern sind die Elektrolyseure der E l e k t r i z i t ä t s - A. - G. vorm. S c h u c k e r t & C o., Nürnberg, ohne Diaphragmen

¹⁾ Es sind bereits 78 Apparate für eine normale Gesamtaufnahme von ca. 1400 KW geliefert.

Fig. 165. Elektrolyseure der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg.

ausgeführt. Ein sauber gearbeitetes Modell ($1/25$ der natürlichen Größe) dieses nach dem Glockensystem gebauten Apparates läßt die Arbeitsweise gut erkennen. Durch den Fortfall der porigen Diaphragmen, die ev. reißen und den Betrieb gefährden können, ist der Schuckert-Elektrolyseur betriebsicherer. Zur Trennung der an den Elektroden freiwerdenden Gase dienen nur volle metallische Scheidewände. Das Entstehen explosiver Gasgemische ist nur durch Vertauschen der Zuleitungskabel denkbar, oder wenn durch grobe mechanische Eingriffe in die Elemente die Stromrichtung geändert wird. Die Anodenbleche sind aus Eisen, 2 mm stark, leicht und ohne Betriebsstörung auszuwechseln und haben nur geringen Verschleiß (etwa 0,05 kg/cbm Sauerstoff). Dichtungs- und Isoliermaterial ist ausschließlich Weich- oder Hartgummi. Die Wartung besteht darin, daß täglich einmal das verbrauchte Wasser nachgefüllt wird. Als Elektrolyt wird eine 20 proz. Kalilauge oder Natronlauge verwendet. Die theoretische Zersetzungsspannung beträgt 1,5 Volt, doch muß man für die technische Verwendung mit 2,3 bis 3,5 Volt rechnen. Während bei der Örlikon-Anlage der Gasdruck im Apparat genügt, um dieses längeren Leitungen zuzuführen, werden beim Schuckert-Elektrolyseur 2 Gasdruckpumpen mit Rezipienten für Riemenantrieb hierzu benötigt, weil das Gas nur unter einem Druck von 60—70 mm Wassersäule steht. Beim Modell soll hochgespannter Drehstrom der Gaserzeugungsanlage zugeführt und dort erst durch einen Motorgenerator in Gleichstrom umgeformt werden. Die Batterie besteht aus drei parallel geschalteten Reihen zu 36 Elektrolyseurelementen, die zusammen bis 320 KW aufnehmen, wobei stündlich 50 cbm Wasserstoff und 25 cbm Sauerstoff an den Elektroden freierwerden. Die aufsteigenden Gase werden getrennt in Eisenglocken aufgefangen und durch Rohre zu den Waschern geführt. Mittels Wasserberieselung werden hier die mechanisch beigemengten Verunreinigungen abgeschieden. Eine große Anlage für das Luftschifferbataillon in Berlin schafft in 24 Stunden 2400 cbm Wasserstoff und 1200 cbm Sauerstoff. Als wesentlich ist noch der Umstand zu bezeichnen, daß reine, besonders arsenfreie Gase erzeugt werden, daß also Vergiftungserscheinungen durch Arsenwasserstoffe ausgeschlossen sind. Die Reinheit der erzeugten Gase beträgt 96—97 % für den Sauerstoff, 98—99 % für den Wasserstoff. Eine höhere Reinheit der Gase wird noch durch ein elektrisch geheiztes Silberrohr mit Palladiumbimsstein-Füllung erzielt, das die Gase durchströmen, bevor sie in den Sammler kommen. Die Kosten eines solchen Silberrohres nebst Heizkörper und Regelwiderstand betragen 450 M.; der Energieaufwand stellt sich für stündlich 5 cbm Gasdurchgang auf etwa 0,73 KW (7 Ampere bei 110 Volt). Der Platzbedarf der Elektrolyseurbatterie ist gering; beispielsweise braucht eine Batterie nebst Zubehör für täglich 30 cbm Wasserstoff und 15 cbm Sauerstoff eine Bodenfläche von 5×3 qm.

Eine dritte Methode — das Kohlenoxyd im Wassergas durch ein gleiches Raumteil Wasserstoff zu ersetzen — und so Wasserstoff darzustellen, ist von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron jetzt erfolgreich angewendet worden, und die so hergestellten Gase gelangen auf der Ausstellung zur Verwendung. Das Verfahren besteht darin, daß in einer Retorte Wasserdampf und Wassergas zusammen auf Ätzkalk oder gelöschten Kalk einwirken, während gleichzeitig ein Rührwerk für eine intensive Mengung sorgt, wobei die bedeutende Wärmeentwicklung bis auf 500°C

abgeleitet wird. Geringe Beimischung von Metallteilen (5 % Eisenpulver) beschleunigen den Vorgang wesentlich.

Für alle Fälle, wo die Aufspeicherung Schwierigkeiten macht, und schnellste Gaserzeugung Bedingung ist, z. B. bei transportablen Anlagen, wird ein chemisches alkalisches Verfahren mit Erfolg angewendet, das bei einfachster Erzeugungsart, stabiler eiserner Apparatur und geringster Platzbeanspruchung ein verhältnismäßig billiges Gas liefert. Eine derartige Methode ist ebenfalls durch die Elektrizitäts-A.-G. vorm. Schuckert & Co. in Modellen vorgeführt; und zwar ist eine stationäre Anlage bis zu 400 cbm Stundenleistung und ein transportabler Apparat von 60 cbm Stundenleistung nebst Hilfwagen zum Mitführen von Rohmaterialien ausgestellt. Die stationären Anlagen werden bis zu 1000 cbm Stundenleistung geliefert, die fahrbare Anlage auch noch bis zu 120 cbm/Stunde, wobei allerdings ein besonderer Generator- und ein Dampferzeugungswagen verwendet wird. An Rohmaterialien sind pro cbm Gas rund 2,4 kg in Blechbüchsen verpackt mitzuführen; die Abwässer sind vollkommen neutral und unschädlich. Das auf dem Fahrzeug befindliche Pumpwerk dient zur Wasserberieselung des aus dem Entwickler kommenden Gases, um ihm die mechanischen Beimengungen zu nehmen; die Reinheit des Gases ist 99 %.

Hierher gehört auch noch das Verfahren von Dr. E r n s t L u k s c h , Frankfurt a. M., Wasserstoff während der Fahrt im Ballon durch Zersetzen von Wasser zu erzeugen und als Nachfüllung zu verwenden. Hierbei wird Natriumaluminium und Wasser benutzt, so daß es sich außer um den Apparat nur noch um die Mitnahme von hydrierten Aluminiumlegierungen in Büchsen und von Wasser handelt. Es können natürlich nur geringe Gasmengen dargestellt werden, die aber wohl ihren Zweck erfüllen, zumal die Gasentwicklung bei der Einwirkung stürmisch vor sich geht.

Für kleinere Mengen Wasserstoff, wie sie z. B. meteorologische Observatorien für die Pilot- und Registrierballons gebrauchen, eignet sich sehr gut der transportable Gaserzeuger, wie er von der Firma R i c h a r d G r a d e n w i t z , Berlin, in drei Größen ausgestellt ist.

Sollen nun die nach den bisher besprochenen Verfahren erzeugten Gase nicht sofort verwendet werden, sondern an irgendeinem entfernten Ort zur Benutzung kommen, so müssen sie, um den Bahntransport zu rentieren, auf ein möglichst geringes Volumen reduziert werden, d. h. es muß eine starke Kompression erfolgen. Auch hier hat die Industrie bereits bestimmte Normen geschaffen, die sich erfahrungsgemäß bewährt haben.

Sowohl die zum Verdichten des Wasserstoffs nötigen Hochdruck-Kompressoren als auch die transportablen Mannesmann-Stahlflaschen nebst den Abschlußventilen sind von der Maschinenfabrik S ü r t h , G. m. b. H., Sürth bei Köln, ausgestellt. Der normale Drei-Stufen-Kompressor hat drei in Tandemanordnung hintereinanderliegende Zylinder, von denen der Niederdruckzylinder in der Mitte liegt und doppelwirkend ist. Bei einer Demontage muß der Hochdruckzylinder losgeschraubt werden, worauf der durchgehende Stufenkolben und die übrigen Zylinder freiliegen. Hervorzuheben ist noch, daß nur e i n e Stopfbüchse (relativ klein) nach der Außenluft abdichtet, und zwar für die Mitteldruck-Kolbenstange, so daß auch nur ein geringes Druckgefälle für sie in Frage kommt. Die so gefährliche Lufteinströmung und Knall-

gasbildung im Kompressor ist dadurch glücklich vermindert. Die Ventile sind senkrecht angeordnet, im Niederdruckzylinder als Plattenventil, in den andern als selbsttätige federbelastete Kegel- und Nadelventile. Zwecks ausreichender Kühlung ist das ganze hufeisenförmige Fundament als Kühlbassin ausgebildet und unterstützt so wirksam die Mantel- und Deckelkühlung. Ausreichende Ablassvorrichtungen erleichtern ein Entleeren im Winter und verhüten so ein Einfrieren. Die Arbeitsweise des Kompressors ist so eingerichtet, daß sich pro Zylinder eine mittlere Drucksteigerung 1 : 6 ergibt, so daß bei 3 Zylindern 200 atm Enddruck resultieren. Diese be-

Fig. 166.

Gerissene (nicht geplatzte) Stahlflaschen der Firma Rhein. Metallwarenfabrik.

währten Verhältnisse brauchen auch bei höherem Enddruck nicht verändert zu werden, weil durch Einschalten eines Zylinders jede gewünschte Erhöhung zu erreichen ist. Eine größere Kompressionsanlage für die Militärluftschiffhalle Köln ist im Entwurf ausgestellt.

Eine ähnliche Anlage führt die Firma *E d u a r d W e i l e r*, Heinersdorf bei Berlin, im Betriebe vor. Der ebenfalls in Tandem-Anordnung, aber stehend gebaute Kompressor (System *K l e p a l - T r a u b*) wird elektrisch angetrieben und zeichnet sich durch äußerst geräuschlosen Gang aus. Durch die gedrungene Bauart ist der schädliche Raum sehr verringert, wodurch sich wieder ein guter volumetrischer Wirkungsgrad ergibt. Die Ventile sind leicht einstellbar und zugänglich; da keine Ledermanschetten verwendet werden, ist die Kolbenabnutzung gering. Die Schmierung wird kontinuierlich und selbsttätig vorgenommen. Der ausgestellte Hochdruckkompressor verdichtet Wasserstoff auf 150 atm Enddruck bei 50 cbm Stundenleistung.

Haben wir mit den eben beschriebenen Maschinen die Möglichkeit, die erzeugten Gase zu komprimieren, so müssen wir andererseits zweckmäßige Behälter haben, in denen sie in diesem Zustand versandt werden können. Hierzu bedient man sich der nach dem Mannesmann-Verfahren oder nach dem Ehrhardtschen Preß-System hergestellten Stahlflaschen, die wir auf den Ständen der Firmen Richard Gradenwitz, Berlin, Eduard Weiler, Heinersdorf-Berlin, Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik und Maschinenfabrik Sürth, G. m. b. H., ausgestellt finden, Je nach den Drucken und dem Inhalte (d. h. ob Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff.

Fig. 167.

Aus der Mitte der Halle.

Chlor, Ammoniak, Schwefelsäure, Luft oder Kohlensäure verdichtet ist) werden auch die Absperr- und Regulierflaschenventile anders ausgeführt, wie die verschiedenen Schnittmuster zeigen. Besonders instruktiv ist der Herstellungsgang eines solchen Ventils bei R. Gradenwitz vorgeführt. Dieses Ventil hat z. B. bei der Südpolexpedition auf der „Gauß“ drei Jahre völlig dicht gehalten, trotz aller äußeren Einflüsse. Die große Festigkeit der Flaschen und ihr durchaus ungefährliches Verhalten selbst beim Platzen zeigen künstlich durch Überdruck zerstörte Flaschen der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik; bei rund 570 atm innerem Wasserdruck sind sie nur aufgerissen, zeigen aber keinerlei zerrissenes Material, so daß also Beschädigungen durch herumfliegende Metallteile ausgeschlossen sind.

Weitere Armaturen, wie sie zur Verbindung mehrerer Flaschen benötigt werden (Druck-Reduzierventile), ferner Manometer zur öfteren Kontrolle der Flaschen auf Haltbarkeit usw.) sind in übersichtlicher Weise durch die Firma R. Gradenwitz zugänglich gemacht.

Wie das Abfüllen des Wasserstoffs am zweckmäßigsten geschieht, wie die Gesamtanordnung zu treffen ist, das ist auch wieder durch hübsche Modelle und Entwürfe vorgeführt. Zuerst die Modelle der von R. Gradenwitz gebauten Füllstationen für die Hallen I und II des Luftschifferbataillons in Tegel, für Metz, für die Reichsluftschiffhalle Zeppelin, für die M. St. G., Berlin, u. a. m., aus welchen stets zu ersehen

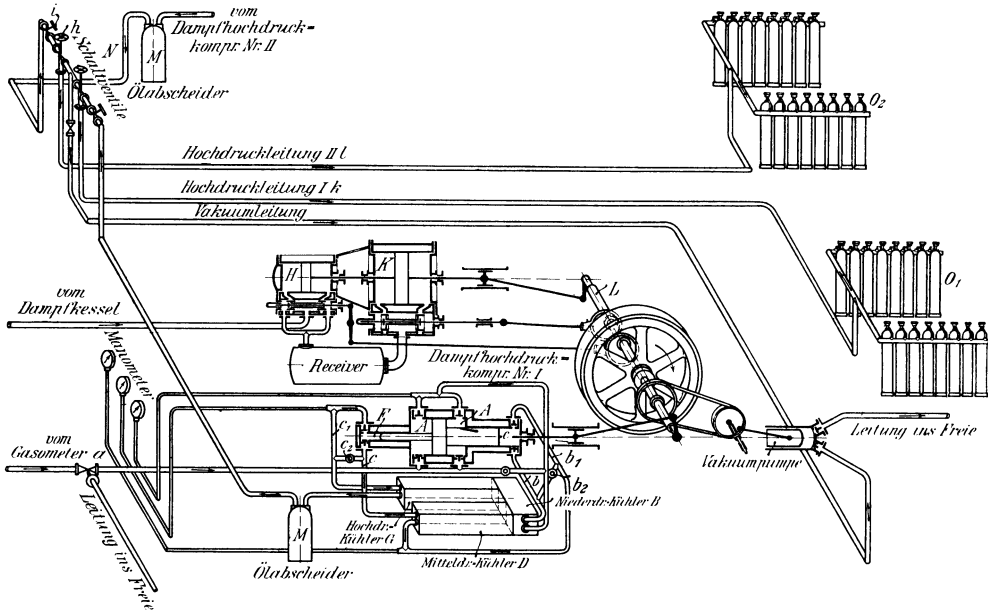


Fig. 168.

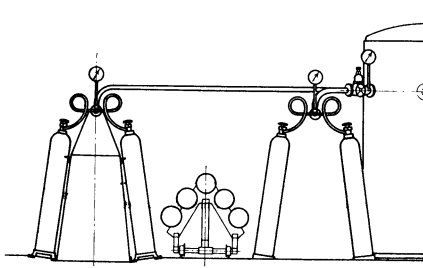


Fig. 169 a.

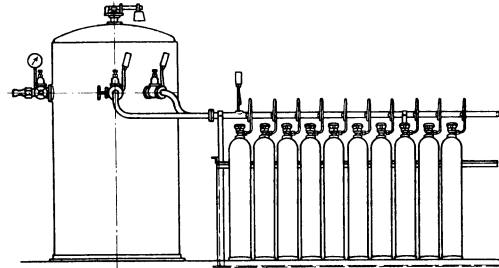


Fig. 169 b.

Fig. 168—169. Schematische Darstellung einer Wasserstoffanlage und -abfüllung der Maschinenfabrik Sürth.

ist, daß vor allen Dingen schnelle gleichmäßige Entleerung sämtlicher Flaschen Bedingung ist; dann ein recht anschaulicher Entwurf der Maschinenfabrik Sürth bei Köln, über den vielleicht noch ein paar Worte zu sagen sind. Die vom Wasserstoffgasometer kommenden Gase gehen durch Leitung a, durch den Niederdruckzylinder A, werden auf 5—6 atm komprimiert, in den Kühler B gedrückt, von hier durch den Mitteldruckzylinder C (30—35 atm), im Kühler D aufs neue gekühlt und erhalten endlich im Hochdruckzylinder F ihren Enddruck (175—200 atm), worauf

sie im Hochdruckkühler G wieder auf ihre Anfangstemperatur zurückgebracht werden. Nachdem dann die Gase den Ölwasserabscheider M passiert haben, gelangen sie in die gemeinsame Regulierstätte N und von hier zu den Stationen O_1 und O_2 . Es kann also mit jedem Kompressor sowohl auf beide Stationen gedrückt werden, als auch mit jedem Kompressor auf jede Station, was sich leicht durch Betätigung der Ventile f—i erreichen läßt. Das Arrangement der Abfüllstationen O_1 und O_2 ist mit der Anzahl der Flaschenanschlüsse so getroffen, daß jede Station die Stunden-

Fig. 170.

Gastransportwagen der Neuen Automobil-Gesellschaft.

leistung eines Kompressors, d. h. 20 Flaschen à 36 Liter Inhalt auf 175 atm komprimiert, aufnehmen kann; das entspricht einem stündlichen Ansaugvolumen für einen Kompressor von 125 cbm Wasserstoff bei atmosphärischer Spannung. Durch die angestrebte Einfachheit der Bedienung und durch den geregelten Betrieb lassen sich beide Kompressoren und beide Stationen durch einen Mann überwachen, während natürlich zum Wechseln der leeren und gefüllten Flaschen besonderes Personal vorhanden sein muß. Wir möchten noch an dieser Stelle auf die Sicherheitsventile der einzelnen Druckstufen a_2 , b_2 , c_2 hinweisen, deren Einrichtung so getroffen ist, daß die ausblasende Gasmenge stets in die vorangehende niedrigere Stufe übergeführt wird, so daß also ein Gasverlust nicht eintritt. Für die Abfüllvorrichtung ist ferner eine Evakuierungsanlage vorgesehen, mit der die Flaschen vor der Abfüllung entlüftet werden, so daß ein reiner luftfreier Wasserstoff zur Abfüllung gelangt.

Die ferner von R. Gradenwitz im Modell gezeigte transportable Füllanlage ermöglicht den Anschluß von Wasserstoffgasflaschen an einem beliebigen Platz und

Fig. 171.

Gastransportwagen der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron.

Fig. 172.

Ventile des Gaswagens von Griesheim-Elektron.

findet hauptsächlich für etwaige Nachfüllungen von Ballons Verwendung, die außerhalb der dafür vorgesehenen Anlagen erforderlich werden.

Der so versandfähig gemachte verdichtete Wasserstoff muß nun aber auch möglichst schnell nahe an die zu füllenden Ballons gebracht werden, und auch hier hat die Spezialindustrie den rechten Weg gefunden, wie zwei Ausstellungsgegenstände bekunden.

Der erste ist das Gasflaschen-Auto der *Neuen Automobil-Gesellschaft m. b. H.*, Oberschöne-weide-Berlin, das die Gasflaschen in fertig abgeschlossenem Zustand trägt, so daß ein Abfüllen jederzeit möglich ist. Ferner sind hier die Gastransportwagen der Chemischen Fabrik Elektron zu nennen, die täglich 1000 cbm Wasserstoff nach Frankfurt befördern und sie der Ausstellung kostenlos

Fig. 173.

Verbindung der Flaschen mit der Sammelleitung (Griesheim-Elektron).

zur Verfügung stellen. Die großen nach Entwürfen vom Obergeringieur Wiß des Werkes ausgeführten vierachsigen Wagen auf 2 Trucks tragen jeder 500 Flaschen, die insgesamt 2750 cbm Wasserstoff enthalten. Diese Flaschen sind in 6 Gruppen angeordnet, je 2 Flaschengruppen stoßen mit den Füßen zusammen, und zwischen jeder Doppelgruppe ist eine trennende Schutzwand errichtet, so daß zwischen Blechwand und den Flaschenköpfen lediglich der Bedienungsraum für die Ventile freibleibt. Von den in 6 Reihen übereinanderliegenden Flaschen werden je 2 Reihen mittels federnder Stahlrohrbogen an eine durch ein Ventil absperrbare gemeinsame Rohrleitung l angeschlossen. Eine solche Querleitung mit den Stahlrohrbögen ist in der Abbildung zu sehen. Die Überwurfmutter m eines jeden Federbogens wird mit dem betreffenden Flaschenventil verschraubt, die Federbogen selbst sind an das Querrohr und an die Endstücke mit Bund, welche die Überwurfmutter tragen, autogen mit Sauerstoff angeschweißt, wodurch sich für jeden Wagen an 1000 Schweißstellen nur für diese Federrohre ergeben, abgesehen von den Verbindungsstellen der Sammelleitung. Diese für 170 atm Betriebsdruck bestimmten Leitungen sind mit 300 atm abgenommen, so daß eine große Betriebssicherheit vorliegt; ein zweiter Vorzug der autogenen Schweißung liegt dann noch in der billigeren Herstellung als bei Anwendung von Verschraubungen und darin, daß keinerlei Nacharbeiten (Dichten, Verpacken) usw. vorkommen. Gegen die Einwirkung der Sonnenstrahlen sind die Flaschen von allen Seiten durch Segeltuch geschützt, das über eine Eisenkonstruktion gespannt ist und sich an den Seiten hochklappen läßt. Diese Gastransportwagen,

Fig. 174.
Ausstellung der modernen Literatur über Luftschiffahrt und Flugtechnik von F. B. Auffahrt.

die im Gegensatz zu den früher verwendeten Tankwagen (für verflüssigte Gase) mit vorhandenen Mitteln schnell herzustellen sind, wobei allerdings peinliche Sorgfalt in der Lagerung und Verankerung der vielen Flaschen zueinander notwendig ist, haben sich ausgezeichnet bewährt, und es ist vielfach angeregt worden, sie für die Luftschifflinien für den Nachschub des Gases zu benutzen. Kürzere Entfernungen vom Wagen bis zum Luftschiff lassen sich sehr leicht durch mitgeführte innen gummierte Feuerwehrschräuche überwinden, die vollständig den Anforderungen genügen; die Kupplungen dichtet man in einfachster Weise durch feste nasse Tücher, die stets feucht gehalten werden. Liegt der Ballon unmittelbar am Gleis, so benutzt man einen Metallschlauch zur Füllung. Die Entleerung der Flaschen geht dadurch äußerst schnell vonstatten, daß bei geschlossenem Ventil *v* die einzelnen Flaschenventile geöffnet werden, so daß das Querrohr unter Druck steht. Während nun nach Öffnung von *v* die erste Serie von Flaschen ihren Wasserstoff an den Ballon abgibt, wird das zweite Querrohr in gleicher Weise unter Druck gesetzt, und auf diese Weise wird der Wagen kontinuierlich entleert. Wie kurze Zeit das in Anspruch nimmt, erhellt aus der Tatsache, daß der 730 cbm fassende Fesselballon in 15 Minuten gefüllt wird.

Wenn in vorstehendem auch nur kurz auf die äußerst interessanten Darbietungen eingegangen werden konnte, so werden doch schon diese Skizzen genügen, um zu zeigen, wie schnell irgendein Gebiet gefördert wird, wenn sich nur die Industrie ernstlich mit der Sache befaßt. Immer mehr ergibt sich daraus die Notwendigkeit, auch die jetzt der Luftschiffahrt fernerstehenden Zweige der Technik hinzuweisen auf diesen lebenskräftigen, jungen Sprößling, dem man nur neue Bedürfnisse nachzuweisen braucht, um auch bald durch größere Nachfrage neue Absatzgebiete zu finden.

Gruppe 6. Wissenschaft der Luftschiffahrt.

Bei dem großen Interesse, das die Ausstellung allen wissenschaftlichen Veranstaltungen entgegenbringt, bei dem Hauptwert, den sie darauf legt, die Wissenschaft zu fördern, ist es ohne weiteres verständlich, daß fast ausnahmslos alle irgendwie an der Luftschiffahrt beteiligten wissenschaftlichen Institute durch Beschickung mit Einzelheiten oder aber durch in sich abgeschlossene Sonderabteilungen an der lückenlosen Ausgestaltung mitgewirkt haben. Diese Sonderabteilungen haben z. T. einen derartigen Umfang angenommen, sind auch durch den Wert ihrer Darbietungen so wichtig geworden, daß sie in gesonderten Kapiteln — die Ausstellung der

Fig. 175.

Ausstellung der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft (linke Seite).

Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Frankfurt a. M.; die Aerologische Station der Ila, — ja sogar in einem besonderen Band der Denkschrift — die historische Abteilung der Ila — behandelt werden, worauf wir gleich an dieser Stelle hinweisen möchten.

Beginnen wir mit dem durch die historische Abteilung in so erschöpfender Weise bis zum Beginn dieses Jahrhunderts gesammelten und verständlich ausgelegten ersten Teil dieser Gruppe — der Literatur —, so finden wir außer 4 für sich ausgelegten Zeitschriften: „Flugsport“, Zivilingenieur O s c a r U r s i n u s, Frankfurt a. M., „Der Ingenieur“, C o r d e l & R e n n é, G. m. b. H., Berlin W 15, „Der Chauffeur“, Berlin W, „Aeronautics“, London (Englische Flugsportschrift) im Anschluß an diese Sonderausstellung einen der Vertiefung und Ergänzung des Wissens, dem Studium der einschlägigen Literatur gewidmeten Ausstellungs-

stand. Die Frankfurter Buchhandlung F. B. A u f f a r t h hat nämlich zu diesem Zweck die selbständigen Werke, wichtigeren Aufsätze und hauptsächlichsten Fachzeitschriften über Luftschiffahrt, Aviatik und aus verwandten Gebieten in großen Vitrinen ausgelegt. Um den engen Anschluß an die historische Abteilung gut herzustellen, ist schon der Platz der Verlagsbuchhandlung äußerst günstig gewählt, indem sich der Stand unmittelbar an den Ausstellungssaal der Historischen Abteilung angliedert. Der Anordnung der ausgestellten Literatur ist in der Hauptsache folgendes Schema zugrunde gelegt:

Fig. 176.

Ausstellung der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft (rechte Seite).

1. Gesamtgebiet der Luftschiffahrt; 2. Geschichte und 3. Methodik derselben; 4. Luftfahrzeuge, in welcher Gruppe sowohl über Freiballons, Drachen, Fallschirme, Fesselballons, lenkbare Luftschiffe, Flugzeuge und deren Einzelheiten als auch über den Tierflug, den Flug pflanzlicher Organismen alles Wissenswerte zu erfahren ist. Gruppe 5 behandelt einzelne Bestandteile der Luftfahrzeuge (Motor, Ballonstoff, Gastechnik usw.); Gruppe 6 ist der Anwendung der Luftschiffahrt gewidmet, also dem Verkehr (Brieftaube), der Militärluftschiffahrt, der Wissenschaft in weitester Beziehung (Geographie, Photographie, Astronomie, Medizin, Recht, Kartierung usw.); Gruppe 7 befaßt sich mit schöngeistiger Literatur dieser Spezialtechnik, während die 8. Gruppe deren Kunsterzeugnisse zusammenstellt und Gruppe 9 endlich die notwendigen Hilfswissenschaften (Meteorologie und Physik) im weitesten Sinne umfaßt.

Durch diese wissenschaftliche Übersicht der aeronautischen Systematik ist es auch dem Fernerstehenden leicht gemacht, sich das ihm zusagende und seinem

Verständnis zugängliche Werk auszusuchen. Unterstützt wird dieses Bestreben noch durch einen kleinen, sehr übersichtlichen Katalog — die Eroberung der Luft —, so daß den weitestgehenden Anforderungen entsprochen werden kann.

Es ist jedoch noch mehr geschehen; um die hauptsächlichsten Bücher und Zeitschriften nicht nur am Stand der Buchhandlung flüchtig durchblättern zu müssen, sondern sich von deren Inhalt ein besseres Bild machen zu können, ist ferner im Zwischenstock der Festhalle ebenfalls von der Firma Auffahrt ein Lesezimmer eingerichtet, in welchem sowohl die maßgebenden Tageszeitungen als auch illustrierte Journale neben in- und ausländischen Fachzeitschriften und den gelesenen Werken über Luftschiffahrt und verwandte Gebiete ausliegen. So ist dem Besucher Gelegenheit geboten, sich mit der gesamten aeronautischen Literatur vertraut zu machen, sich einen Einblick zu verschaffen in die Vielgestaltigkeit der Darbietungen, bei denen so häufig noch Gut und Böse beieinander wohnt, in der Fachleute und Phantasten erst nach längerem Studium mit Sicherheit zu scheiden sind, weil die festumgrenzten Gesetze noch fehlen, die uns leiten sollen, die um dieses letzte Medium Schulter an Schulter Kämpfenden richtig zu trennen. Und doch ist gerade auf diesem technischen Neuland die Literatur in keiner Weise zu unterschätzen oder zu vernachlässigen. Unter den vielen Gedanken und Projekten, die in den zahllosen Broschüren niedergelegt sind, in diesen vielen unscheinbaren Heften, denen weder der Name des Autors noch der Ruf des Verlags Eingang verschafft in die große Menge, unter ihnen ist vielleicht so manches kräftige Samenkorn, das, von Berufenen verwertet, die günstigsten Resultate erzielt. Das lehrt wohl am besten die Geschichte der Flugtechnik, die zwar heute noch gar nicht genügend bearbeitet ist, die aber den Suchenden doch schon überall und auf allen Gebieten Anklänge finden läßt an heute erprobte und durchgeführte Konstruktionen. Im gleichen Raum hat Herr Major v. Tschudi 37 große Rahmen mit Ansichtskarten der Luftschiffahrt in großer Reichhaltigkeit ausgehängt.

Wenden wir uns nun der Ballonphotographie und ihrer Ausstellung zu, so tritt uns hier eine Fülle der Objekte, eine Reichhaltigkeit der Ausführungsformen und eine solche Menge Sehenswertes entgegen wie wohl bei keiner anderen Gruppe. In erster Linie ist dies wohl auf den Wettbewerb der Ballonphotographien zurückzuführen, dessen angemeldete Bilder zum größten Teil ausgestellt sind. Ein kurzes Eingehen auf die einzelnen Abteilungen dieses Preisausschreibens wird daher die knappe Besprechung der Photographien von selbst ergeben.

Die Preise für die beste Ballonphotographie von Frankfurt sowie die beste Aufnahme überhaupt von einem auf dem Ila-Korbplatz gestarteten Ballon erhält Herr Hermann Sauerwein für eine Gesamtansicht und Bilder der Altstadt, die trotz der erheblichen Vergrößerung sehr scharf und deutlich sind. Die zweite Abteilung des Wettbewerbs bewertet alle ausgestellten Bilder und ist wohl die am meisten beschickte; Alpenphotographien vom Ballon „Cognac“ aus, lebhaft wirkende Stadtbilder, kolorierte Landschaften — alle möglichen Aufnahmen liegen vor. Die ersten vier Preise verteilen sich der Reihe nach auf die Bewerber: Ludwig Märck, Frankfurt a. M. (künstlerische Ausführung von Aufnahmen aus Frankfurts Umgebung), Halldin-Svenska Aeronautiska Sällskapet, Stockholm (wissenschaftlich ausgezeichnete Fahrtenbilder), Lohmüller, Straß-

burg (große Kollektion elsässischer Landschaften, die in eigenartiger Weise den Charakter dieses Landstriches dartun) R u d. L i c h t e n b e r g, Osnabrück (technisch gutes Bild von Osnabrück). Für sorgfältige Bearbeitung und Ausführung ihrer Aufnahmen erhalten die Herren H. S c h e i n e r, Würzburg, v o n F r a n k e n b e r g, Berlin (Alpenphotographien), H ä r t e l, Leipzig-Gohlis, und D. M ü l l e r, Berlin, eine besondere Anerkennung, während E d. S p e l t e r i n i, Zürich, für die prachtvollen Heliokoloren (Eiger-Mönch-Jungfrau mit wunderschönen Wolken- und Nebelfiguren, Kairo, Wüste usw. mit scharfer Betonung der Charakteristik) sowie für zahlreiche Ballonphotographien — außerhalb des Wettbewerbs — die silberne Medaille zuerkannt wird. 14 sauber und exakt behandelte Bilder, mit Objektiven großer Brennweite von Freiherrn v o n B a s s u s aufgenommen, werden mit dem Ehrenpreis des Wettbewerbs für die beste Fernaufnahme bedacht.

Interessant sind noch die von Professor Dr. C. K a ß n e r, Berlin, ausgestellten Photographien von Lilienthals Flügen und seinen Flugmaschinen, die wohl als die ersten Aufnahmen eines fliegenden Menschen gelten können; in gleicher Weise interessieren den Flugtechniker die einzelnen Stellungen der „Möven im Fluge“ (F. Schensky, Helgoland), lassen sie doch alles Wissenswerte deutlich erkennen.

Neben einigen bemerkenswerten Bildern, vom Ballon des S ä c h s i s c h e n V. f. L. „D r e s d e n“ aufgenommen (H. E l s n e r), sowie Photographien von M. P i c h l e r - Schwetzingen stellt der M ü n c h e n e r V. f. L. eine besonders reiche Sammlung von Aufnahmen seiner Mitglieder aus: Ansichten von München, schöne Gebirgsphotographien, Landschaftsbilder vom Inn (Professor Emden) und vieles andere ist dort in geschmackvoller Weise gruppiert. Diverse photogrammetrische Aufnahmen (Professor F i n s t e r w a l d e r) und photogrammetrische Rekonstruktionen mit Höhenkurven leiten uns schon auf das große Anwendungsgebiet der Ballonphotographie: die kartographische Vermessung, über.

Wenn wir die stattliche Sammlung von Ballonphotographien in vorstehenden Worten auch nur skizzenhaft schildern konnten, so lassen doch diese wenigen Zeilen schon die Reichhaltigkeit dieses Sportes erraten — wenn man dieses Gebiet überhaupt als Sport bezeichnen will. Diese Geländeaufnahmen vom Ballon aus enthalten aber derart viel Wissenswertes für den, der sie zu deuten versteht, daß durch immer präziser gearbeitete Hilfsmittel, durch stets exakteres Operieren während der Aufnahme die Grenzen zwischen Wissenschaft und Sport längst verwischt sind. Je weniger die Photographien aber einfache Gelegenheitsaufnahmen wurden, je mehr sie ganz bestimmte Zwecke verfolgten, scharf umgrenzte Ziele festhielten und einem gewissen System sich einfügten, desto mehr trat das Interesse bestimmter Wissenschaften für sie in den Vordergrund, sich dieses neuen Hilfsmittels zur Förderung irgendwelcher Aufgaben zu bedienen.

Die einfache, systematisch in gewissen Zeiträumen während bestimmter Jahreszeiten aufgenommene Ballonphotographie soll die Landesgeschichte, besonders die Siedelungsgeschichte in wirksamer Weise unterstützen. Bilder sprechen nun einmal ihre eigene Sprache für jeden, sie sind international; ein Atlas, der Landesgeschichte beigefügt, wird nach kurzem Studium das Bild des Landes zur Zeit der

Aufnahme lebenswahr und deutlich vor dem Beschauer entstehen lassen, wird in vielen Fällen lange Abhandlungen unnötig machen. Die charakteristische Einteilung der Dorfflur, Sommer- und Winterfeld, Wiese und Wald, Brachfeld und Weide, alles geht deutlich aus diesen Photographien hervor und läßt sich für spätere Zeiten festhalten. Aber auch die Entwicklungsgeschichte läßt sich durch diese Bilder ganz anders ausgestalten. Wie deutlich würden heute solche Aufnahmen zu uns reden, die uns die alten Städte in ihren Entwicklungsphasen vor Augen führten; wieviel mühsame Forschungsarbeit würde dadurch vermieden, und wieviel einwandfreier wären die Resultate! —

Aber, wie vorhin schon angedeutet, noch einem anderen Zwecke können die Ballonphotographien dienen. Sie können direkt das Ausgangsmaterial für die kartographische Landesvermessung bilden. Dieses Gebiet wird eingehend im ersten Band von Hauptmann Scheimpflug - Wien behandelt, so daß hier einige kurze Worte genügen. Eine der Hauptmethoden arbeitet derart, daß jede einzelne Aufnahme für sich im Raume mittels Fixpunkten orientiert wird, indem man Ort und Neigung bei der Aufnahme bestimmt. In dieser Art sind die Aufnahmen nach Professor Finsterwaller photogrammetriert. Dann kann auch die Stereophotogrammetrie herangezogen werden, wie die aerophototopographischen Bilder des russischen Staatsrates Ing. Richard Thiele, Moskau, zeigen. Bei den üblichen Höhen jedoch, in denen zweckmäßig gearbeitet wird (500—1000 m), ergibt sich sofort die Schwierigkeit, die beiden Apparate starr und mit parallelen optischen Achsen am Korb zu befestigen und auch die Schwingungen des Trägers auszuschalten, welche die Genauigkeit stark verringern. Eine weitere Ausbaufähigkeit ergibt sich durch Anwendung starrer Luftschiffe, die hinten und vorne einen Apparat tragen, und bei denen man dann mit einer Basis von 100 m und mehr arbeiten kann. Das dritte System — Hauptmann Scheimpflug — benutzt eine feste Vereinigung mehrerer Apparate, um ein möglichst großes Terrain aufnehmen zu können. Um eine Mittelkamera, die bei der Aufnahme durch Libellenkontrolle mit ihrer optischen Achse senkrecht gerichtet wird, gruppiert sich unter einem bestimmten Winkel ein Kranz von Seitenkameras, die die weitere Umgebung des Ballonortes, soweit die Mittelplatte sie nicht aufnimmt, im Bilde festhalten. Diese Seitenbilder werden dann in die Ebene des Mittelbildes (ebenfalls photographisch) zurückgeklappt — transformiert —, wodurch sich natürlich eine Verzerrung der Originalbilder ergibt, so daß ein großes Panoramabild entsteht, dessen Maßstab aus bestimmten Fixpunkten leicht errechnet werden kann.

Haben wir so die Herstellungsmöglichkeiten der Karten kennen gelernt, so finden wir auch diese selbst in eigens der Luftschiffahrt angepaßter Ausarbeitung. Namentlich die Firma Ludwig Ravenstein, Geographische Anstalt Frankfurt a. M., und der Deutsche Luftflottenverein zeigen mehrere dieser übersichtlichen Karten, die dem aufmerksamen Leser eigentlich alles sagen, was er als Luftschiffer von der Gegend wissen muß. Da sind zuerst die Bodenerhebungen von 50 zu 50 m durch Umgrenzungen und Farbentöne eingetragen, dann die gefährlichen Hoch- und Niederspannungsleitungen, die Drahtseilbahnen, Türme wie überhaupt gefährliche Landungsplätze. Aber auch die für den Luftschiffer wichtigen Leuchtgas- und Wasserstoffanstalten, die verschiedenen Straßen,

Wege und Eisenbahnen sind vermerkt, während ferner die optischen und akustischen Zeichen (Küsten usw.) mit der nötigen Erklärung versehen sind.

Bei dieser Kartierung ist auch die internationale Orientierungsmethode nach dem Entwurf des Rittmeisters v. F r a n k e n b e r g zu erwähnen. Diese besteht darin, daß an geeigneten Stellen wie Dächern, Türmen, trigonometrischen Punkten usw. schwarze Tafeln angebracht werden, auf die bestimmte Kombinationen von weißen Buchstaben und Zahlen geschrieben sind. Nun ist Deutschland in 90 Be-

Fig. 177.

Auflassen eines Pilotballons.

zirke geteilt, jeder Regierungsbezirk bzw. jeder Kleinstaat erhält eine bestimmte Nummer; die ersten 25 Ortschaften eines jeden Bezirkes bekommen die Buchstaben des Alphabetes, der hinter der Zahl steht. Orte an der Grenze oder in der Nähe der Küste sind mit einem bunten Strich über oder unter der Aufschrift versehen (Frankreich rot unter der Schrift), so daß sich mit verhältnismäßig kurzen Zeichen einwandfrei die Ortslage festlegen läßt. Jedes Reich könnte dann noch ein bestimmtes Unterscheidungszeichen erhalten (z. B. einen großen Buchstaben v o r der Kombination). Um diese Schilder auch nachts gut sichtbar zu machen, schlägt die Firma R. P o e t z s c h , Berlin C, elektrische Glasblenden-Buchstaben und -Zeichen vor, die sich leicht irgendwie erleuchten lassen und dadurch weithin zu erkennen sind.

Sind dem praktischen Luftschiffer durch die Karten über die Verhältnisse des überflogenen Terrains genaue Aufschlüsse gegeben, kann er sich so im voraus über einen Landungsort Klarheit verschaffen, und ist ihm auch in fremder Gegend durch das Orientierungssystem ein schnelles Zurechtfinden möglich, so weiß er doch noch über die Verhältnisse des von ihm durchquerten Mediums sehr wenig. Da setzen nur die Arbeitsgebiete der meteorologischen und aerologischen Stationen ein, die auch hier die nötigen Aufklärungen geben, ohne die heute überhaupt eine Luftschiffahrt nicht mehr zu denken ist. So ist denn auch während der Ausstellung auf einem Turm der Festhalle eine aerologische Station errichtet, während gleichzeitig der Wetterdienst des nahen Physikalischen Vereins durch entsprechende Erweiterung für die Luftschiffahrt in zweckmäßiger Weise hergerichtet wurde. (Die Einrichtungen werden in einem besonderen Abschnitt besprochen.)

Die zur Erforschung der freien Atmosphäre notwendige Kenntnis der Windverhältnisse in größeren Höhen vermittelt die Benutzung von kleinen, festgeschlossenen Gummiballons, die sich genau in Richtung und Geschwindigkeit der herrschenden Luftströmung anpassen, und denen man durch bestimmten Auftrieb eine annähernd konstante Steiggeschwindigkeit verleiht. Außer diesen sogenannten Pilotballons verwendet die Meteorologie ähnliche Ballons zum Hinauftragen selbsttätiger Registrierinstrumente, die natürlich größer bemessen werden müssen.

Fig. 178.

Apparat zur Messung des Luftwiderstandes von Prof. König.

Da bei beiden Ballons ihre Verwendungsmöglichkeit und die Erreichung großer Höhen in erster Linie von der Ausdehnungsfähigkeit der Gummihülle abhängt, die beispielsweise eine Expansion auf den doppelten Durchmesser zulassen muß, soll der Ballon von 2 m Durchmesser 500 g Belastung in 18000 m Höhe bringen, so ist ein Gummi von vorzüglicher Qualität und peinlicher Bearbeitung Vorbedingung. Um diese wichtigen Hilfsmittel noch weiter zu fördern, ist auch hier ein Wettbewerb veranstaltet worden ¹⁾, zu welchem die Prüfstation nach den Angaben des Kgl. Preuß. Aeronautischen Observatoriums Lindenberg von der Firma Julius P i n t s c h A.-G., Berlin, gebaut ist.

Außer dieser großen Prüfungs-Einrichtung enthält dieser Ausstellungsstand noch eine Reihe interessanter und für die Meteorologie wichtiger Instrumente. Eine G a e d e sche Luftpumpe mit den nötigen Ablesevorrichtungen dient zum

¹⁾ Siche oben S. 175.

Prüfen der kleineren Pilotballons; ein Sirocco-Ventilator, dessen Luftstrom in einem längeren Kanal gleichmäßig gemacht wird, dessen Geschwindigkeit aber durch Einsetzen von Blenden beliebig zu regulieren ist, wird zum Eichen von Drachen-Anemometern benutzt, indem man mittels eines Normal-Anemometers auf das gleiche Papier eine Kontrollkurve schreiben läßt. Unter den selbsttätigen Registrierinstrumenten, wie sie den Ballons und Drachen bei Höhenfahrten für die gleichzeitige Messung von Luftdruck, Feuchtigkeit und Temperatur mitgegeben werden, wobei zum Luftdruckmessengrößtenteils eine Bourdon-Röhre, für die Feuchtigkeit ein Haar-Hygrometer und für die Temperatur eine Metall-

Fig. 179.

Apparat von Prof. König.

Fig. 180.

Apparat von Prof. König.

spirale vorgesehen ist, muß besonders die Ejektor-Vorrichtung erwähnt werden, die in vorher bestimmter Höhe (12—14000 m) einen starken Luftstrom am Thermographen erzeugt, um sicher zu sein, daß der Einfluß der Sonnenstrahlung beseitigt ist; ferner ein Angströmsches Kompensations-Pyrheliometer zur Messung der Sonnenstrahlung.

Außer großen von Dr. E. Mylius nach der Natur gemalten Wolken-aquarellen, die der örtlichen Wetterprognose dienen sollen, und einer Anleitung des Künstlers hierzu: Volkswetterkunde; außer wunderbaren Photographien des aeronautischen Observatoriums und seiner Ostafrika-Expedition sowie einigen Jahrgängen Höhenisothermen, Kurven über die Aufstiege und einem Atlas graphischer Luftströmungsdarstellungen finden wir dann noch zwei historische Apparate:

Barometer und Barograph von der Höhenrekordfahrt des „Preußen“ und ein Chromoskop nach M i e t h e zur Betrachtung von Dämmerungsaufnahmen in natürlichen Farben.

Im Vorraum sind 6 Registrier-Drachen verschiedener Bauart, doch in der im allgemeinen bekannten H a r g r a v e - Art ausgestellt; einer derselben ist vom Blitz getroffen, aber nur eingeknickt und zersplittert, so daß kein jähes Niederfallen erfolgte.

Ebenfalls historisch wertvolle Instrumente stellt die Svenska Aeronautiska Sällskapet, Stockholm, aus, indem sie von der verunglückten Andrée-Expedition 1897 sowohl Modelle des Ballons und der Ballonhalle als auch viele Zeichnungen und Bilder über die Ausrüstung sowie endlich noch Reste des Konservenproviantes und Bilder der inneren Einrichtung in hübscher Zusammenfassung vorführt.

Direkt neben der Sonderausstellung des Aeronautischen Observatoriums finden wir wenigstens im Bilde die interessantesten Einrichtungen der Geschäftsstelle für Flugtechnik Lindenberg-Beeskow vorgeführt. Diese ist seinerzeit auf Anregung von Professor C. v o n L i n d e zur Förderung technisch wissenschaftlicher Untersuchungen durch die Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie ins Leben gerufen, wurde durch Dr.-Ing. B a u e r s f e l d eingerichtet und steht jetzt unter Leitung von Dr.-Ing. B e n d e m a n n. In der Hauptsache ist die Versuchsanstalt zur wissenschaftlichen Erforschung der Vorgänge an Tragschrauben ausgebaut, während Treibschrauben ausgeschlossen sind. Es können durch eine sinnreiche Einrichtung auch gegenläufige, vollständig ungleichartige Flügelpaare in exakter Weise geprüft werden. Außer diesen Erprobungen werden auch Versuche darüber angestellt, wieviel Tragkraft die bisher üblichen Tragdecken der Drachenflugzeuge ergeben, welchen Luftwiderstand sie hervorrufen, und welcher Lufteinfallswinkel für ihre Benutzung am günstigsten ist.

Ein besonderer kleiner Stand ist von Professor Dr. K ö n i g, Gießen, mit Demonstrationsapparaten zur direkten Messung des Luftwiderstandes¹⁾ ausgefüllt. In Fig. 178 wird der durch einen elektrisch angetriebenen Ventilator erzeugte Luftstrom durch eine längere konische Röhre geradlinig geführt und direkt gegen eine an langen Fäden pendelnd aufgehängte Platte geleitet, die durch den Druck des Luftstroms in irgendeiner Entfernung von der Röhre in Ruhelage gehalten wird, woraus sich direkt der auf die Platte ausgeübte Luftdruck pro Flächeneinheit ergibt. Andere kleine Vorrichtungen, Fig. 179 u. 180, dienen dazu, die Tatsache zu demonstrieren, daß eine um eine Achse drehbare Platte sich unter einen ganz bestimmten Winkel gegen den Luftstrom einstellt, derart, daß der Druckmittelpunkt in der Drehungsachse liegt. Der Bauart sämtlicher ausgestellten Apparate liegt der Gedanke zugrunde, uns die Kenntnis der hauptsächlichsten Gesetze des Luftwiderstandes zu vermitteln und durch Beispiele vor Augen zu führen. In der Kojen der Motorluftschiff-Studien-Gesellschaft finden wir ferner Bilder und Schemata aus der dieser Gesellschaft gehörenden Versuchsanstalt in Göttingen, die unter der Leitung von Professor Dr. L. P r a n d t l steht. In dieser Anstalt ist wohl zum ersten Mal in erfolgreicher Weise

¹⁾ Vgl. Illa-Wochenrundschau S. 169. Eine ausführliche Beschreibung steht noch aus.

der Versuch gemacht, Luftwiderstandsmessungen an Ballon- und Flugzeug-Modellen derart zu machen, daß die betreffenden Modelle in Ruhe bleiben, während ein möglichst gleichgerichteter homogener Luftstrom mit der betreffenden Geschwindigkeit gegen dieselben bewegt wird. Der von einem großen Ventilator erzeugte Luftstrom fließt in einem großen Rechteck im Kreislauf, so daß stets dieselbe Luft vom Ventilator wieder angesaugt wird. Die Schwierigkeiten, den wesentlich in der Fläche eines Kreisringes austretenden Luftstrom vor dem Modell gleichmäßig auf die ganze Quadratfläche (2×2 m) zu verteilen, ist dadurch überwunden, daß man eine Reihe Leitapparate dazwischen einbaute, die von 400 schließlich auf 100 000 parallele Kanäle übergehen, während zuletzt noch ein Sieb die letzten Ungleichmäßigkeiten entfernt. Die Geschwindigkeitsmessungen werden durch Pitotsche Röhren und zugehörige Mikromanometer vorgenommen. Die Widerstände selbst werden abgewogen. Außerdem sind noch ein paar kleine Modelle von Ballonkörpern ausgestellt, die mit sehr geringem Gewicht galvanoplastisch aus einer dünnen Kupferoberfläche hergestellt werden; eine Reihe in der Längsrichtung über das Modell verteilter Löcher dient dazu, die Druckunterschiede an der Oberfläche dieses Ballonkörpers mittels des Mikromanometers abzutasten.

An dieser Stelle möge auch gleich die Ausstellung der Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt erwähnt werden, deren Hauptarbeitsgebiet die Erforschung der Atmosphäre über dem Meere ist. Sie hat denn auch vor etwa 4 Jahren die ersten größeren Untersuchungen der Atmosphäre mittels Registrier- und Pilotballons in den Passatregionen ausgeführt, und erhält jetzt auf Teneriffa zum Studium der besonders interessanten aerologischen Verhältnisse ein ständiges Observatorium. Der Ausstellungspavillon selbst ist in der Art der Baracken ausgeführt, wie sie der deutsche Kaiser dem Observatorium zum Geschenk gemacht hat. Die beiden Ausstellungsabteilungen teilen sich nach den verwendeten Ballons; die Abteilung für Pilotballons zeigt zum größten Teil graphische Projektionsdarstellungen von Ballonbahnen sowie einige spezielle Untersuchungen und eine praktisch eingerichtete Pilotballonstation. Die Abteilung für Registrierballons stellt die bekannten automatischen Registrierapparate aus, ferner die Methode der Aufstiege auf See, die zugehörigen Instrumente, die Ballonanordnung (Hergesellschaftes Doppelgespann) sowie einige Ergebnisse von Registrierungen verschiedenster Form.

Eine weitere interessante Ausführung von Registrierballons finden wir auf dem Stand der Firma S. S a u l, Aachen, welche Firma die von der Aachener Dienststelle benutzten Registrier- und Pilotballons liefert. Zuerst haben wir hier die nach dem A s s m a n n schen Prinzip gebauten Registrierballons mit einem für den doppelten ursprünglichen Durchmesser bemessenen Netz mit Fallschirm, welcher im Moment des Platzens vom Ballon in Funktion tritt und die Instrumente in langsamem Gleitflug unbeschädigt zur Erde bringt. Für geringere Höhen wird auch durch eine Verbindung des Appendix mit dem Ventil das Platzen vermieden, so daß auch ein durch den Gasauftrieb gemilderter langsamer Fall der Instrumente möglich wird. In etwas anderer Form wird dann das Hergesellschaftes Doppelgespann modifiziert, indem zwei Ballons untereinander im gleichen Netz sich befinden (Tandem-System), von denen durch die Größe der Füllung der untere zuerst platzt, so daß

der nachbleibende Auftrieb des einen Ballons ein langsames Herniedergleiten der Instrumente gewährleistet.

Der Niedersächsische V. f. L. in Göttingen führt eine Reihe der allermodernsten Balloninstrumente vor, zum größten Teil Erfindungen und Arbeiten seiner Mitglieder. Dienen diese Apparate der Orientierung über den Wolken, der Ortsbestimmung im Ballon überhaupt oder um die vertikale Ortsveränderung des Ballons

Fig. 181.

Ballonsextant nach Prof. Schwarzschild, gebaut von Spindler & Hoyer, Göttingen.

festzustellen, in jedem Falle werden sie das Interesse aller Ballonfahrer auf sich richten. Der Ballonsextant nach Professor S c h w a r z s c h i l d (siehe Wettbewerb für astronomische Ortsbestimmung) zeigt insofern eine Neuerung, als der zur Einstellung nötige Horizont durch eine mittels eines umgekehrten Fernrohres verkleinerte Libelle dargestellt wird. Der Horizont ist also ein künstlicher; bei Drehung des Instrumentes verschiebt sich die Blase nicht nur im selben Sinne, sondern auch um denselben Betrag, um den sich die Objekte im Gesichtsfeld bewegen. So hat man z. B. bei Sonnenbeobachtungen unter Vorschaltung des Rauchglases nur die Libellenblase konzentrisch zum Sonnenbilde einzustellen. Bei Nachtbeobachtungen benutzt man eine Glühlampe, deren direkte Lichtstrahlen abgeblendet werden, so daß nur durch die seitliche Spiegelbeleuchtung zwei Reflexe an dem Bilde der Blase entstehen, in deren Mitte man den Stern zu bringen hat. Der Ballonkompaß nach Schwarzschild, der den Azimut

der Sonne im Ballon zu messen bestimmt ist, vermeidet sehr glücklich den Übelstand des gewöhnlichen Peilkompasses, bei welchem nämlich bei der gewöhnlich ständigen Rotation des Ballons ein fortwährendes Neuanpeilen der Sonne mit gleichzeitigem Azimutablesen notwendig wird. Durch Spiegelung an einem die Rose überdeckenden sphärischen Meniskus wird nämlich ein Reflexbildchen der Sonne erzeugt, welches auch bei einer Drehung des Ballons ruhig über der Rosenteilung steht, wodurch natürlich die Ablesung genauer und wesentlich einfacher wird. Ein Vertikalane-

Fig. 182.

Ballon-Variometer nach Bestelmeyer von Spindler & Hoyer, Göttingen.

moskop nach Wiechert-Gerdien, bestehend aus zwei schräg gestellten, um eine vertikale Achse drehbaren, schwach gewölbten Schalen dient zum Anzeigen jeder Vertikalbewegung des Ballons relativ zur umgebenden Luft. Durch diese Anordnung der nach unten offenen Schalen wird erreicht, daß die Lagerdrucke der senkrechten Welle bei Auf- und Abstieg annähernd gleichmäßig ausfallen.

Das Bestelmeyersche Ballon-Variometer dient zur Messung des Steigens und Fallens des Ballons; es beruht auf der Änderung des Luftdruckes mit der Höhe. Im Gegensatz zum Barometer und Barographen zeigt es jedoch nicht den momentanen Luftdruck (die momentane Höhe), sondern dessen Änderungsgeschwindigkeit (Geschwindigkeit des Steigens und Fallens) an. Ist der Ballon im Gleichgewicht, zeigt es in jeder Höhe auf 0; jede Änderung wird in m/sec selbsttätig angegeben. Der Bestelmeyersche Ballonkompaß zur Geschwindigkeitsbestimmung in horizontaler Richtung bei sichtigem Wetter besteht im wesentlichen aus einem Objektiv mit einer senkrecht darüber kardanisch aufgehängten durchsichtigen Windrose. Um den Mittelpunkt dieser Windrose sind konzentrische Kreise gezogen; man mißt nun die Zeit, die der Ballon gebraucht, um irgendeinen Gegenstand auf der Erde innerhalb des Abstandes zweier Kreise zu überfliegen. Aus beigefügten Tabellen

ergibt sich dann aus der gemessenen Zeit und der senkrechten Entfernung über dem Gegenstand (Unterschied zwischen Ballonhöhe und örtlicher Lage) ohne weiteres die momentane Geschwindigkeit des Ballons. An dieser Stelle möchten wir eine kleine Einrichtung nicht unerwähnt lassen, die nach einer Erfindung von O. N e u - m a n n , Frankfurt a. M., von S p i n d l e r & H o y e r , Göttingen, gebaut wird und zur inneren Beleuchtung der zum Ballonfahren notwendigen Korbinstrumente dient, und die, weil sie ihre kleine Lichtmenge lediglich auf das betreffende Instrument beschränkt, die Korbinsassen in keiner Weise blendet und an der Fahrtbeobachtung behindert.

Außer den bekannten Höhennavigations-Instrumenten für Luftschiffe, Barographen usw. stellt Freiherr von B a s s u s , München, noch ein registrierendes Thermometer zur Messung der Gas-temperatur sowie ein Fahrdreieck für Luftschiffe zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit aus. Besonders interessant ist noch ein großes Demonstrations-Modell, welches den Einfluß des Windes auf die Flugbahn eines Luftfahrzeugs nachweisen soll. Der auf Schienen laufende Kreis versinnbildlicht Stärke und Richtung des Windes. Das mittels elektrischen Antriebs auf einem beliebig einzustellenden Durchmesser des Kreises laufende kleine Luftschiff dient zur Veranschaulichung der Eigengeschwindigkeit desselben. Die wirkliche Bahnkurve wird dann durch aus dem Schiffe fallenden Streusand auf der Tischplatte markiert.

Sowohl für die Bedürfnisse der praktischen und wissenschaftlichen Luftschiff-fahrt als auch für die Laboratoriumsversuche zur Ermittlung des Luftwiderstandes sorgt die Firma R. F u e ß , Steglitz bei Berlin, wie dies aus ihrer reichhaltigen Musterkollektion hervorgeht. Die nach Aßmann zur Ermittlung der wahren Temperatur auch bei voller Sonnenstrahlung durch den Einbau eines Federkraftventilators konstruierten Aspirations-Psychrometer, äußerst solid ausgeführte Ballonbarographen, für jede Höhe passend, Thermographen nach Aßmann, Aspirationsthermographen, kleine, sehr handliche Statoskope wechseln ab mit Anemometern in jeder Ausführung. Kleine, sehr empfindliche Flügelrad-Anemometer stehen neben regen- und sturmsicheren Schalenkreuz-Anemometern, die natürlich eine größere innere Trägheit besitzen. Für Luftwiderstandsmessungen dienen in erster Linie Stauscheiben und Pitotsche Röhren, die ebenfalls in allen Abmessungen und Größen vertreten sind. Hier ist auch zu erwähnen der Schalenkreuzwindmesser mit Flüssig-

Fig. 183.

Ballonkompaß nach Bestelmeyer
von Spindler & Hoyer, Göttingen.

keitssäule, der dadurch ein direktes Ablesen ermöglicht, daß man den Niveauunterschied, der sich je nach dem Winddruck einstellt, einfach an einer Skala abliest (Richard Gradenwitz, Berlin); ferner Aneroide, Statoskope usw. von J. K. Léon Paris, in der französischen Abteilung.

Georg Butenschön, Bahrenfeld bei Hamburg, stellt einen Libellenquadranten nach Professor Marcuse aus, der den besonderen Vorteil hat, daß Objekt und Libelle gleichzeitig im Fernrohr zu Gesicht gebracht werden können,

Fig. 184.

Nordostecke der Galerie.

indem nämlich im Fernrohr unter 60° ein durchlochter Spiegel angebracht ist, in welchem die Libellenblase in aufrechter Stellung sichtbar wird.

Das meteorologische Observatorium und die öffentliche Wetterdienststelle Aachen, die mit ihrer Pilotballonstation seit September 1909 täglich Beobachtungen über die Richtung und Geschwindigkeit der Luftbewegungen der freien Atmosphäre gemacht haben, zeigen einige charakteristische Diagramme von Projektionen der Flugbahnen, sowohl von einfachen als auch von Doppelvisierungen. Vier Glasmodelle, welche plastisch die Temperatur und Windverhältnisse in der freien Atmosphäre darstellen, sowohl nach Registrier-Ballonaufstiegen an den internationalen Tagen bis zu 15000 m Höhe als auch nach Drachenaufstiegen für die unteren Schichten, sind derart entstanden, daß man auf einer Karte die Beobachtungsorte zu einem Vieleck verbunden und auf den Verbindungslinien die senkrechten Glaswände zu einem Prisma vereinigt hat. Auf diesen Prisma-Seitenflächen deuten farbige Linien die vorerwähnte Schichtenbildung an. Ein weiteres Tableau stellt die meteorologische

Organisation anlässlich der Kölner Wettfahrten am 27. und 29. Juli 1909 mit sämtlichen Wetterzahlen und den zur Bestimmung der Flugbahn benutzten Windmessungen der aerologischen Stationen dar. Interessant sind auch die Wetterkarten vom Atlantischen Ozean, welche auf Grund von Beobachtungen an Bord des Dampfers

Fig. 186. Ballonbarograph.

Fig. 185.

Aspirationspsychrometer
für Ballonfahrten mit
Haarhygrometer.

Fig. 187. Schalenkreuzanemometer.

Kaiserin Auguste Victoria, die durch Funkentelegraphie übermittelt sind, vom Direktor zusammengestellt wurden. Wetterkarten aus der Versuchsreihe von 1908, verschiedene Gegenstände der Studienreise nach den Vereinigten Staaten (1907), Graphikons über die Verteilung des Luftdrucks und des Sonnenscheins vervollständigen die sehr übersichtliche Ausstellung.

Auch die Firmen *O t t o B o h n e* Nachf., Berlin S., und *J. & A. B o s c h*, Straßburg, führen uns automatische Registrierapparate für unbemannte als auch Ableseinstrumente für bemannte Ballons in einer großen Reichhaltigkeit vor Augen.

Von den zum größten Teil bekannten Instrumenten ist noch besonders der Abwurfhaken für Registrierballons nach Hergesell erwähnenswert, der entweder bei einem bestimmten Luftdruck oder aber nach einer vorher festzusetzenden Zeit den einen Ballon des Doppelgespanns freigibt. Hingewiesen sei noch auf die Füllwage mit automatischer Auftriebsbestimmung zum Abwägen der Pilotballons.

In ihrer Reichhaltigkeit und abgeschlossenen Durchführung dürfte wohl gerade diese Gruppe um so mehr belehrend und anregend gewirkt haben, als sich jetzt größere Kreise der sportlichen Luftschiffahrt widmen, die aber ihrerseits ohne genügende Kenntnis der Vorgänge in der freien Atmosphäre nicht denkbar ist. So werden denn auch in den weitaus meisten Luftschiffahrtsvereinen nunmehr zur Erreichung der Führer-Qualifikation umfangreichere Kenntnisse in der Meteorologie verlangt, für deren Erreichung gerade ein so zweckmäßig vorgeführtes Demonstrationsmaterial von großem Nutzen, ja von direkter Notwendigkeit ist.

Gruppe 7. Präzisionsinstrumente.

Das hier behandelte Material läßt sich nicht mit absoluter Schärfe von der vorigen Abteilung trennen, so daß wohl schon über einige Gegenstände in der vorigen Gruppe berichtet ist.

Eine sowohl durch ihre Zweckmäßigkeit als auch durch ihre allgemeine Verteilung über das ganze Ausstellungsterrain wohl den meisten bekannte Vorführung ist die Installation und der Betrieb der elektrischen Uhrenanlage durch die Firma *Schäfer & Montanus*. Durch diese Einrichtung soll in erster Linie den Ballonführern auf dem Korbplatz die Ablesung einer genauen Zeit ermöglicht werden, welchem Zwecke zwei vom Korbplatz aus deutlich zu erkennende Uhren dienen, während für die Ausstellungsbesucher noch weitere fünf Uhren in der Halle und auf dem Gelände angebracht sind.

In ähnlicher Weise benutzt die Firma *Hartmann & Braun*, Frankfurt a. M., ein von ihr angefertigtes Fernthermometer zur direkten Demonstration seiner Funktionen im Ballon. Dieses Fernthermometer wird sich besonders nützlich erweisen zur Messung der Gastemperatur in Lenkballons; es überträgt die gemessene Temperatur sowohl auf einen für Ballonkörbe ausgeführten Anzeiger als auch auf einen registrierenden Messapparat. Ebenfalls für Motorballons wichtig sind die ausgestellten Präzisions-Ferntachometer, die in beliebiger Anzahl an einen gemeinsamen Magnetinduktor angeschlossen werden können und die jeweilige Tourenzahl durch einfache Drahtleitung auf die nach dem Voltmeter- oder Resonanz-Prinzip gebauten Anzeiger übertragen, so daß man an jeder Stelle, in jeder Gondel die Motoren- und Propellerumdrehungszahl ablesen kann. Ähnliche Geschwindigkeitsmesser für Luftschiffmotoren, nach dem *Frahm*schen Patent ausgebildet, führt die Firma *Fr. Lux*, Ludwigshafen a. Rh., vor, während sie außerdem noch eine exakt arbeitende Gaswage zur spezifischen Gewichtsbestimmung von Gasen auslegt.

Naturgemäß ist die photographische Industrie besonders zahlreich vertreten; die im vorigen erwähnten Ballonphotographien sprechen ja in ihrer Reichhaltigkeit zur Genüge dafür, welches Interesse der praktische Luftschiffer den Aufnahmen vom Ballon aus entgegenbringt, welchen Wert die Wissenschaft diesem besonderen Zweig beimißt.

Die Firma *Carl Zeiß*, Jena, hat besonders lichtstarke Objektive, die sich in hervorragender Weise zur Ballonphotographie eignen, ausgestellt; mit Rücksicht auf das geringe Gewicht sind besonders die *Palmos-Kameras* aus Leichtmetall hergestellt, und zwar findet man bei ihnen die üblichen Ausführungsformen in *Minimum-Palmos*, *Universal-Palmos* und *Stereo-Palmos*. Zur Betrachtung der von letzterem Apparat hergestellten Stereoskopbilder dienen besondere kleine Vorrichtungen: der *Doppel-Verant* und das *Verant-Stereoskop*, die dem Beobachter einen prachtvollen, vollkommen naturgetreuen Eindruck der betreffenden Aufnahme vermitteln. Um auch eine gewöhnliche Handkamera zur Fernphotographie benutzen zu können, liefert die Firma auch sogenannte *Teleansätze*, d. h. *Rohransätze* mit *Negativlinse* geeigneter Brennweite, die dem Objektiv der Handkamera einfach hinzugefügt werden. Ist die Lichtstärke auch für Momentaufnahmen bewegter Figuren nicht genügend, so ergeben sich doch recht brauchbare Gebirgsansichten und Landschaften. Auch für die Photographie in natürlichen Farben wird nach den gebräuchlichsten Systemen von *Carl Zeiß* alles Notwendige geliefert, wie wohl am besten aus den farbenprächtigen Reproduktionen nach den Naturaufnahmen mit *Zeiß-Tessar* hervorgeht.

Haake & Albers sowie *Moses & Neithold*, Frankfurt a. M., als Vertreter der Firma *Goerz* in Berlin bringen im wesentlichen die gleichen Gegenstände zur Ausstellung; bemerkenswert ist noch eine Ballonkamera mit besonders langer Brennweite, von welcher viele Aufnahmen aus Berlin und Friedrichshafen ausgelegt sind. Ebenfalls mit besonderen Kollektionen optischer Instrumente vertreten sind die Firmen *W. Röder*, Berlin, *Witwar & Mori*, Frankfurt a. M., *J. Zrenner*, Darmstadt, *J. W. Albert*, Frankfurt a. M.

Außer vielen Ballonaufnahmen gelegentlich der denkwürdigen Fahrt *Zeppelins* vom 4. August 1908, die sich durch große Schärfe auszeichnen, stellt *Freiherr von Bassus* noch eine photogrammetrische Ballonflinte mit einer daran befestigten *Magazinkamera* (12×16) mit *Steinheil-Orthostigmat* ($f = 150$ mm) aus. Die Benutzung der Flinte geschieht derartig, daß der Momentverschluß der Kamera mittels des Abzugs in dem Augenblick ausgelöst wird, in welchem die Blase der Dosenlibelle im Rektifikationskreis steht, wodurch sich mit großer Genauigkeit das Aufnahmeobjekt einstellen läßt.

Die Firma *Ernst Leitz*, Wetzlar, hat es sich zur Aufgabe gemacht, den als vorzüglichen Momentverschluß bekannten *Fokal-Schlitz-Verschluß*, der bisher nur für die sogenannten *Klappkameras* angewandt wurde, auch für die mit *Balgen* versehenen Momentapparate einzubauen, die nunmehr, da sie auch den doppelten Bodenzug besitzen, das Arbeiten mit verschiedenen Brennweiten, ja sogar ohne jeden weiteren Kameraansatz Aufnahmen mit der *Objektiv-Hinterlinse* gestatten. Reichhaltige Musterkollektionen von Objektiven verschiedener Lichtstärke, von verschiedenen *Objektivfassungen*, stets mit den ausführlichsten Erklärungen sind besonders für die Einführung in die Photographie äußerst zweckmäßig.

In einer Glasvitrine stellt *Dr. Neubronner*, Cronberg, die Vorrichtungen aus, die er zur Ermöglichung der *Brieftaubenphotographie* er-

funden hat. Da sehen wir zuerst an ausgestopften Tauben die Anbringung der kleinen Kameras in ihrer verschiedenen Ausführungsform, dann die Einrichtung am Taubenschlag, daß die mit dem Apparat zurückkehrende Taube den Schlag nicht sofort wieder verlassen kann, ehe nicht der durch das Klingelzeichen verständigte Besitzer ihr den Apparat abgenommen hat. Außer einigen kleinen Kameras und sehr hübschen Reproduktionen von Brieftaubenphotographien sehen wir dann noch den Situationsplan des für den Wettbewerb für Brieftauben-Photographie ausgesuchten Geländes sowie das mit dem ersten Preise prämierte Bild dieses Wettbewerbs. Der ebenfalls im Wettbewerb vorgeschriebene fahrbare Brieftaubenschlag, der mittels einer Nürnberger Schere beim Stillstehen in einfacher Weise von Wagenhöhe auf etwa 6 m in die Höhe zu heben ist, während außerdem noch ein besonderer kleiner Raum als Dunkelkammer sowie Wohn- und Schlafzimmer eingerichtet ist, dieser ebenfalls nach den Angaben von Dr. Neubronner gebaute fahrbare Brieftaubenschlag ist hinter der Festhalle aufgestellt. Alle näheren Angaben über diese wirklich sehr hübsche neue Betätigungsart der Brieftauben sind im ersten Band der Ila-Denkschrift S. 77 u. f. zu finden.

Auf einer Ausstellung, die mit Recht das Prädikat der „fliegenden“ Ausstellung für sich in Anspruch nehmen kann, ist natürlich ein Hauptwert darauf zu legen, daß die zweckmäßigsten Feldstecher-Typen sowohl vorgeführt werden, als auch daß sie leihweise zu haben sind. Diesem dringenden Bedürfnisse entspricht die Firma S. G r ü n w a l d , Frankfurt a. M., indem sie zwischen der Festhalle und dem Korbplatz einen kleinen Pavillon errichtet hat, der in gleicher Weise der Ausstellung ihrer Fabrikationsgegenstände als auch der Verleihung von Feldstechern gewidmet ist. Die Firma hat zu diesem Zweck ein besonderes Ila-Modell in sehr preiswerter Ausführung herausgebracht, das in Verbindung mit vorzüglichster Optik eine hervorragende Wirkung zeitigt. Auch die Prismen-Feldstecher, die bei starker Vergrößerung das größte Gesichtsfeld bieten und trotzdem eine relativ kleine Form besitzen, was ihrer bequemen Handhabung sehr zugute kommt, sind in für Ballonfahrer besonders praktischer Aufmachung in reichhaltiger Auswahl ausgelegt. Der kleine Pavillon ist von einer Galerie gekrönt, auf welcher mehrere Feldfernrohre mit Stativen Aufstellung gefunden haben, mit denen die Vorgänge auf dem entfernten Fluggelände verfolgt werden können. Gut vernickelte Kartenmesser mit einem die zurückgelegte Route ablaufenden geränderten Rädchen, deren Ableseskala sich nach dem betreffenden Kartenmaßstab richtet, sind infolge ihrer Handlichkeit auch für Ballonfahrer sehr geeignet.

In ähnlicher Weise bringt die Firma E r n s t L e i t z , Wetzlar, sehr reichhaltig die verschiedensten Typen von Fernstechern zur Ausstellung. Ihre Prismen-
gläser haben vornehmlich eine hinreichend gesicherte Befestigung der Prismen, während andererseits auf eine sorgfältigste Abdichtung gegen atmosphärische Einflüsse und das Eindringen von Staub geachtet wird. Für Militärzwecke und Sport scheint sich am besten die Konstruktion ohne Mitteltriebverstellung, d. h. nur mit besonderer Einstellung für jedes Auge, zu bewähren. Jedoch werden auch unter Beibehaltung der besonderen Einstellung für jedes Auge die Gläser mit einer Mitteltrieb-Doppelführung versehen, wie es einige besonders hübsch ausgeführte Feldstecher zeigen.

Moderne Feldstecher mit Prismen-Ausrüstung, die Bilder von gesteigerter Plastik geben, und Reliefferröhre „Teleplaste“ sind für diesen Zweig die Hauptausstellungsgegenstände der Firma *C a r l Z e i ß*, Jena. Durch Verwendung einer leichten Aluminium-Legierung, durch übergreifende Deckel und möglichste Vermeidung von Schraubenlöchern wird auch bei diesen Gläsern eine vollkommene Abdichtung gegen das Eindringen von Staub und Feuchtigkeit erzielt. Zum Anpassen des Okular-Abstandes an den Augenabstand des Beobachters ist ein drehbares Gelenk angeordnet, welches die beiden Fernrohrhälften nähert oder voneinander entfernt. Das Einstellen der Okulare auf die Sehweite des Beobachters (Fokussieren) ist nur einzeln rechts und links möglich, weil sich dadurch ein ungleich schärferes Sehen bei gleichzeitiger Schonung der Augen ergibt. Neben diesen Doppel-Feldstechern finden wir noch monokulare Feldstecher, denen natürlich ein plastisches Bild abgeht, die aber sonst sämtliche der Prismenausführung innewohnenden optischen Vorzüge besitzen; ferner Teleplaste, die einen stark erweiterten Objektiv-Abstand ergeben und somit besonders zur Beobachtung großer Gebiete geeignet sind. Als Ergänzungsstücke sind noch zu erwähnen: die Baumschraube für längere Beobachtungen vom selben Ort aus, die Regenschutzdeckel zum Schutz der Okulare gegen Regen sowie die kleinen im Behälterdeckel angebrachten Kompass.

Zeigt diese Gruppe auch in der Hauptsache dem Fachmann bekannte Dinge, so bietet sie doch durch ihre Zusammenfassung und ihre fast lückenlose Reichhaltigkeit ein des allgemeinen Interesses würdiges Bild.

Gruppe 8. Ausrüstung für Fahrer.

Wohl keine Gruppe hat wie diese widerspruchsvollste Kritik gefunden. Zu leicht sind eben Anhänger und Gegner geneigt, Extreme einander gegenüberzustellen. Der eine erkennt für diesen Sport keine besondere Richtung in der Gesamtausrüstung an, der andere wieder sieht alles Heil in besonders ausgetüftelter Kleidung, in eigens erfundenem Proviant usw. Natürlich liegt auch hier im goldenen Mittelweg das Rechte, und als besonderes Verdienst muß es den interessierten Firmen angerechnet werden, wenn sie gemeinsam bemüht sind, lückenlos das auf diesem Gebiet überhaupt Vorhandene zu zeigen, wobei es jedem überlassen bleibt, sich das Passende auszusuchen.

Die Berufskleidung für die praktische Ausübung der Luftschiffahrt läßt im allgemeinen keine direkten Neuerungen gegen die sonst übliche Sportkleidung feststellen; festen enganschließenden Joppen oder kombinierten dichtgeschlossenen Anzügen für Flieger stehen dicke, plumpe Pelzröcke für Ballonfahrer gegenüber, während auch hier der Führer eine mehr Bewegungsfreiheit zulassende knappe Kleidung vorziehen dürfte. Wenn auch bei vielen Vorschlägen ein „Zuviel“ zu konstatieren ist, so macht sich doch ein frischer Zug, ein entwicklungsfreudiger Wille bemerkbar, so daß die Firmen *N. R o s e n a u*, *E. & W. B o c k*, *B a m b e r g e r & H e r t z*, *G e b r. R o b i n s o h n*, *F. K o h l e n & C o.*, sämtlich in Frankfurt a. M., für Luftschifferbekleidung, *L e o n h a r d H i t z* für Pelze usw., der *D e u t s c h e V e r b a n d f ü r V e r b e s s e r u n g d e r F r a u e n k l e i d u n g* und endlich *E. S c h u s t e r*, Oberrad-Frankfurt, auf ihren Gebieten durchaus allen Anforderungen genügen können.

Um eine lokale Beheizung am Arbeitsplatz zu ermöglichen, bringt die *P r o - m e t h e u s* G. m. b. H., Frankfurt a. M., recht zweckmäßig eingerichtete elektr. Heizkörper (Öfen) sowie elektr. geheizte Fußbänke auf den Markt, die sich vielleicht für den Führerplatz in Motorballons als praktisch erweisen.

Von besonderer Wichtigkeit ist für den erfahrenen Ballonfahrer die Proviantfrage; vielleicht noch brennender wird sie aber für den Flieger, wenn erst größere Überlandflüge unbedingt eine Verproviantierung an Bord erheischen. Leicht, bequem zu verpacken, haltbar, schmackhaft, dem Körper zuträglich und geringe Ansprüche an Körperfunktionen erfordernd — das sind so die Anforderungen, die schnell aufgestellt werden können, aber nur schwer zu erfüllen sind.

R ö b i g & F u n k, Frankfurt a. M., liefern verschiedene Fleischkonserven, Suppen und Getränke in Blechdosen, welche letztere gleichzeitig zum Erwärmen dienen. Zu diesem Zweck wird unmittelbar vor Gebrauch in einer Doppelwand der Dose ein Trennungsblech zwischen zwei Substanzen durchstoßen, deren nun erfolgende chemische Verbindung eine genügend große Wärmemenge freimacht, um die Speisen in der Dose zum Kochen zu bringen. Gerade diese Vorräte sind für die Dauerfahrten sehr geeignet.

H o u s s e d y & S c h w a r z, G. m. b. H., München, führen eine hochkonzentrierte Bouillon in Würfelform vor, die lediglich mit heißem Wasser zu bereiten ist und daher für alle Motorluftfahrzeuge, die durch das Auspuffrohr einen stets bereiten Ofen mit sich führen, überall leicht herstellbar wird.

Ferner sind Waffeln von weit begrenzter Haltbarkeit, Pastillen und Tabletten in verschiedensten Formen ausgestellt und durch die Firmen: *F a b r i k c h e m i s c h e r P r ä p a r a t e*, G. m. b. H., Charlottenburg; *A d o l f E r i c h s e n*, Berlin C.; *F r. P f r o m m e r*, Stuttgart; *A. S e l t m a n n*, Glogau, vertreten. Erwähnenswert dürften hier noch das konzentrierte diätetische Nähr- und Kräftigungsmittel „Hygiama“ von *Dr. T h e i n h a r d t*, Stuttgart-Kannstatt, sein, das sich als sogenannter eiserner Bestand empfiehlt und wohl geeignet ist, die Gefahren einer Landung in Einöden wenigstens in der Richtung der Ernährungsfrage erheblich abzuschwächen.

Als Aufbewahrungsbehälter für Speisen sind die bekannten Thermosflaschen (*S t e d i n g & M a u s*, sowie *K ü s t e r, P e r r y & C o.*, *N a c h f.*, Frankfurt a. M.) und Isola-Gefäße (*I s o l a*, G. m. b. H., für Wärme- und Kälteisolierung, Berlin SO.) für lange Erhaltung der ursprünglichen Temperatur der Speisen zu nennen, während „*R e x*“, Konserververlagsgesellschaft, Homburg v. d. H., dicht schließende Gläser liefert, die natürlich der Außentemperatur unterworfen sind; *J. W e c k*, G. m. b. H., Oflingen, wendet für den gleichen Zweck noch einen besonderen Luftdruckverschluß an.

Auch der Körper-Hygiene wendet eine Spezialindustrie ihre Gesamttätigkeit zu; Tabloid-Erste-Hilfe scheint die vollkommenste Ballonapotheke zu sein. (*B u r r o u g h s W e l l c o m e & C o.*, London). Sie enthält sowohl das nötige Material für Notverbände als auch Medikamente, Tee, gebräuchliche Arzneien. Hygienische Vorbeugemittel (Schutz gegen Sonnenbrand) sind ferner in den kleinen Apotheken anzufinden, die von *Dr. W a s s e r z u g N a c h f.*, Einhorn-Apotheke, Frankfurt a. M., ausgestellt werden. Die bekannte chemische Fabrik *Dr. G r a f*

& Co., Berlin-Schöneberg, liefert ein zweckmäßiges Byrolin-Präparat zum Schutz der Haut gegen Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen.

An dieser Stelle sind dann noch die kombinierten Respirationsapparate für Sauerstoff- und Freiluftatmung zu erwähnen, wie sie bei Höhenfahrten Verwendung finden¹⁾. J. S e i p p , Eschersheim, führt diese in übersichtlicher handlicher Weise aus und fügt ihnen eine genaue Gebrauchsanweisung bei, was sich besonders der Schemata wegen als zweckmäßig erweist. Derartige Apparate werden aber so selten gekauft, daß auch auf die Gesamtherstellung des einzelnen große Sorgfalt verwendet werden kann. Auch die Firma R. Gradenwitz, Berlin, zeigt ihre bekannten, nach Prof. Dr. Erdmanns Entwürfen angefertigten Sauerstoff-Atmungsapparate.

Die chemische Fabrik G r i e s h e i m - E l e k t r o n und das D r ä g e r - w e r k Lübeck stellen ihre gemeinsamen Erzeugnisse in geradezu vollendeter Weise aus, so daß sich hier am leichtesten eine Übersicht anschließen läßt. Da ist zuerst der Inhalations-Apparat für Ballon-Höhenfahrten; der Sauerstoffverbrauch ist regulierbar und läßt sich zwischen 1 und 10 l/min einstellen, was nach v. S c h r ö t t e r auch für Höhen über 7500 m genügt, um den Bedarf der Sauerstoffspannung und Lungenventilation zu decken, selbst wenn dabei die Expansion des Sauerstoffs unter dem verminderten Druck eingerechnet wird. Ein weiterer Sauerstoff-Atmungsapparat für Höhenfahrten ist mit Regenerationspatrone ausgerüstet, die 6 Stunden exakt arbeitet. Die Wirkungsweise dieses Apparates ist sehr interessant. Ein einfaches Öffnen des Flaschenventils genügt zur Inbetriebsetzung; der stark komprimierte Sauerstoff entströmt langsam dem Verschlußventil, erhält durch das Reduzierventil einen geringeren Druck und tritt nun in den Injektor, in welchem er die im Apparat befindliche Luft zur Zirkulation bringt. Durch ein leichtes Glimmerventil saugt er die Ausatemluft an, befördert sie durch die Kalipatrone, welche diese Ausatemluft regeneriert, d. h. ihr Kohlensäure, Wasserdampf und organische Säuren entzieht, sie aber gleichzeitig durch die Reaktionswärme der chemischen Reaktion anheizt, so daß die frische Luft unabhängig von der äußeren Temperatur angewärmt dem Körper zuströmt, während sich außerdem die Patrone noch zum Wärmen der Hände benutzen läßt. Die auch zur Ausstellung gebrachten Rettungsapparate „Dräger“ mit Helm- oder Mundatmung dienen mehr für den Aufenthalt in Räumen mit irrespirablen Gasen, während ein Sauerstoffkoffer schnell für die nötige Sauerstoffzufuhr bei der Wiederbelebung nach Gasvergiftungen dient, und endlich für den gleichen Zweck ein Pulso-meter automatisch die künstliche Atmung bei den Verunglückten einführt.

Als weitere Ausrüstungsutensilien sollen hier noch genannt werden der Stylograph der E x p r e s s - F ü l l f e d e r - I n d u s t r i e , Wurtsiedel (Bayern), und die passende Füllfedertinte von G ü n t h e r W a g n e r , Hannover; ferner die sehr zweckmäßigen Reinigungsinstrumente für Ballons und Ballonkörper von M a x H a a c k , Leipzig.

Bei der Wichtigkeit, eine angemessene Beleuchtung im Korb zu besitzen, ist es erklärlich, daß gerade dieses Gebiet in überaus reicher Weise beschickt ist. Ein großer Teil der Gegenstände wird im Wettbewerb für Korbbeleuchtung ein-

¹⁾ Siehe Vortrag: Dr. v. S c h r ö t t e r. Ila-Denkschrift I. Bd.

gehender gewürdigt, so daß wir hier nur in großen Zügen auf dieselben einzugehen brauchen.

Natürlich sind vor allen Dingen die kleinen elektrischen Taschenlampen zur Ausstellung und zum Verkauf gebracht; bei ihnen bestehen die Unterschiede lediglich in verschiedener Aufmachung der im übrigen fabrikmäßig hergestellten Batterien und Birnen, sie sind sonst hinlänglich bekannt. Das *D r ä g e r w e r k* Lübeck, *P. P i n o f f*, Berlin-Rixdorf, Berliner Metallwaren-Industrie *J. K r a t z & C o.*, Berlin, und noch einige andere Firmen beteiligen sich an der Vorführung dieser zweckmäßigen Ausrüstungsgegenstände. Letztere Firma und die *E l e c t r i c - E x p o r t w e r k e*, G. m. b. H., Berlin, zeigen ferner Signallampen mit verschiedenen Farben, die durch Abstimmung ein sehr verständliches Signalisieren ermöglichen. Besonders hübsch ist ferner der verschiebbare Reflektor einer tragbaren Lampe, der Ablesungen dadurch erleichtert, daß das Auge im Dunkeln bleibt. Zum Schreiben im Dunkeln dient ein selbstleuchtender Bleistift, der aus zwei kleinen runden, hintereinander liegenden Batterien von 12 mm Durchmesser, einer hellbrennenden Birne und einem Crayon besteht, der aus Glas angefertigt ist (mit Ausnahme der Graphitaufnahme) und über die Birne geschraubt wird. Eine Drehung der Hülse betätigt einen kleinen Schalter, und das Licht der Lampe fällt durch den Crayon auf das Papier, so daß bequem zu schreiben ist. Eine Anzahl Lampen dieser Firma ist ferner auf die einzelnen Hallen verteilt, um hier für irgendwelche Arbeiten benutzt zu werden. Auch die Erzeugnisse der Firma *A. Z i l l i c h*, Frankfurt a. M., sind in ähnlicher Weise über die Ausstellung verteilt; sie sind teils mit Akkumulatoren ausgerüstet und dann mehr für Luftschiffe bestimmt, teils haben sie Trockenelemente erhalten, so daß ihr leichtes Gewicht sie auch für Freiballons geeignet erscheinen läßt.

Gruppe 9. Flugapparate.

Die kurze Vorbereitungszeit der Ausstellung und der Umstand, daß die junge Flugtechnik als solche eigentlich noch keine verfügbaren reinen Ausstellungsmaschinen besitzt, ermöglichten es leider nicht, eine größere Anzahl Flugapparate lediglich zu Schauzwecken in der großen Halle vorzuführen. Nimmt man jedoch zu letzteren, besonders für das Studium der einzelnen Systeme geeigneten Apparaten alle auf dem Fluggelände in der Arbeit vorgeführten Maschinen, so ergibt sich für den Fachmann immerhin ein erfreuliches zusammenhängendes Bild vom heutigen Stande der Flugtechnik. In erster Linie sind natürlich deutsche Erfindungen bzw. nach ausländischen Ideen in Deutschland gebaute Apparate ausgestellt, doch ist auch das Ausland durch mehrere der hauptsächlichsten Maschinen vertreten.

Wenden wir uns zuerst der gewissermaßen als Pendant zum „Preußen“ unter der zweiten Galerie aufgehängten Wright-Maschine zu, so bietet schon diese allein für Fachmann und Laien eine Fülle der besten konstruktiven Ideen, eine Menge der glücklichsten Vereinigungen von Theorie und Praxis. Die in der ersten Zeit ausgestellte Original-Wright-Maschine wurde sehr bald von *O r v i l l e W r i g h t* für seine Flüge nach Berlin beordert, wurde aber sofort durch ein Erzeugnis der *F l u g m a s c h i n e W r i g h t*, G. m. b. H., Berlin, einer Tochter-Gesellschaft der *M. St. G.*, ersetzt. Die Konstruktionsdetails und die allgemeinen Bau-

prinzipien der Wright-Maschine sind zu allgemein bekannt, als daß hier noch besonders darauf hingewiesen werden müßte. Jedoch sagt eine nähere Betrachtung dieses interessanten Drachenflugzeuges doch noch immer wesentlich mehr, als die genaueste Beschreibung in Fachzeitschriften. Die einfache Verwindung der Tragflächen, die gleichzeitige Betätigung des Seitensteuers, die zweckmäßige Einrichtung, das Höhensteuer nicht nur einfach zu verstellen, sondern auch gleichzeitig nach oben oder unten zu wölben, die Anordnung der beiden Propeller mit der für Wright typischen Kettenschränkung, dies alles wirkt in der tatsächlichen Ausführung doch noch viel überzeugender, als eine Beschreibung darzutun imstande ist. Verstärkt wird dieses nähere Kennenlernen eines Wright-Apparates noch dadurch, daß auf dem Fluggelände ein Herr Dr. G a n s - F a b r i c e gehöriger Wright-Apparat im Fluge vorgeführt wird, so daß man auch Gelegenheit hat, die zur Erreichung einer erhöhten Abfluggeschwindigkeit von Wright angewendete Startvorrichtung, bestehend aus Abflugschiene mit Gerüst- und Fallgewicht, kennen zu lernen. Einige Bilder führen uns den Entstehungsgang dieser Flugmaschine in der Tegeler Werkstätte in übersichtlicher Weise vor. Wir sehen dort die mit den modernsten Maschinen ausgerüstete mechanische Werk-

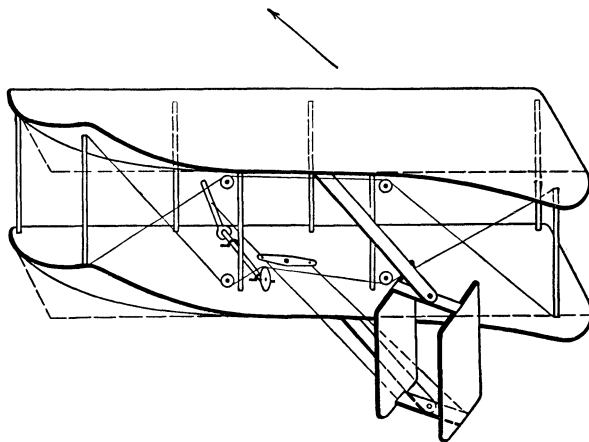


Fig. 188.

Verwindung der Tragflächen bei der Wright-Maschine.

stätte, während uns zugleich die für Flugapparate und ihre Herstellung notwendigen anderen Handwerkszweige im Bilde vorgeführt werden. Da muß das Holz für das Traggestell sorgfältig ausgewählt und bearbeitet werden, damit keine Rauheiten irgendwelchen Luftwiderstand ergeben; die Enden der Tragflächen werden dann in Gelenken befestigt, um die bekannte Verwindung durchführen zu können. Der Querschnitt der vorne stumpfen, hinten dagegen sehr schlank zulaufenden Trag-

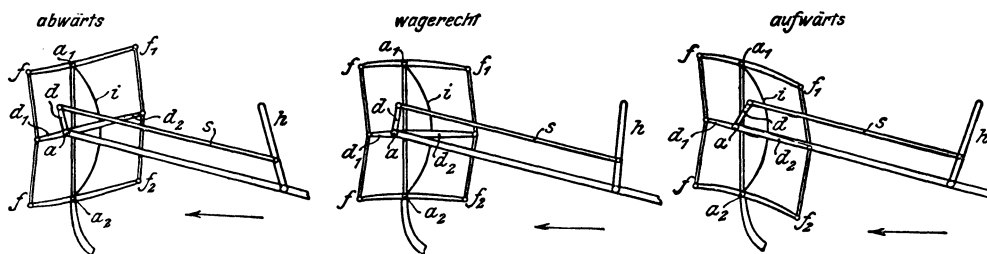


Fig. 189.

Höhensteuer der Wright-Maschine.

flächen wird durch dünne Leisten mit dazwischen sitzenden Holzklötzchen hergestellt.

Nachdem dann die einzelnen Stützen durch eine gemeinsame Stofffläche straff gespannt sind, werden die einzelnen Stahldrähte durch das Anziehen der Spannschlösser auf Spannung gebracht und diese hierauf gesichert. Ein weiteres Bild zeigt uns den Werdegang der aus mehreren Brettern zusammengeleimten Luftschraube, die bei 3,2 m Durchmesser nur 4 kg wiegt, trotzdem sie ungefähr 15 PS zu übertragen hat. Die Bilder geben uns einen hübschen instruktiven Einblick in diese erste deutsche fabrikmäßig eingerichtete Flugzeugwerkstätte.

Fig. 190.

Wright-Apparat im Flug, unten die Startvorrichtung.

Im unteren westlichen Teil der Festhalle (vgl. Fig. 130 auf Seite 321) sind die großen Flugapparate von August Euler, Frankfurt, aufgebaut, die nach der Lizenz Voisin hergestellt werden. Der Eulersche Apparat ist ausschließlich in Deutschland gebaut und zeigt eine ganz hervorragende Detailarbeit, die sich natürlich in den Hauptprinzipien an die bekannten Voisin-Apparate anlehnt. So finden wir denn auch hier den üblichen Aufbau der zwei Tragflächen mit den senkrechten Zwischenwänden, das gesonderte Chassis mit dem vorne weit ausladenden Höhensteuer, die durch lange Spiralfedern abgefangenen Vorderräder usw. Als Motor ist ein 50 PS-Adler-Flugmaschinen-Motor direkt hinter dem Führersitz eingebaut; der zuerst zur Wasserkühlung benutzte Bienenkorbkühler wurde in der Folge durch die Erfahrungen auf dem Flug-

gelände durch eine große Zahl langer, um das Chassis herumgeführter einfacher Rohre ersetzt. Auch diese Flugmaschine ist auf dem Fluggelände in der Arbeit zu

Fig. 191.
Voisin-Maschine (Deutsche Lizenz) von Aug. Euler.

beobachten, wengleich die hier verwendeten Ausführungsarten mit wesentlich größerer Berücksichtigung der Benutzung robuster und derber entworfen sind und dadurch vielleicht nicht ganz den eleganten Eindruck des Ausstellungsapparates

Fig. 192.

Voisin-Maschine von Aug. Euler (im Flug).

hervorrufen. Diese Maschinen benutzen ferner zum Antrieb einen Antoinette-Motor. Die verhältnismäßig tiefe Lagerung der Schraubenachse im Zusammenhang mit der rückwärtigen Schwanzsteuerzelle ergibt ein unökonomisches Arbeiten; die vertikalen

Seitenflächen begünstigen eine seitliche Abdrift bei irgendwelchen Seitenwinden, welche Nachteile nur durch ein geschicktes Manövrieren des Führers bzw. einen kräftigen Motor ausgeglichen werden können, was sich häufig bei den Flügen beobachten ließ.

Auf dem Stand von Dr. Gans-Fabrice, München, wird uns eine Kombination zwischen Schwingen- und Drachen-Flugzeug vorgeführt, das allerdings wohl noch kaum als abgeschlossene Konstruktion gelten kann. Der bootförmige Mittelbau, an welchen sich beiderseitig die Schwingen angliedern, dient zur Aufnahme eines kleinen Zweizylinder-Motors, Dutheil & Chalmers, der gleichzeitig den Propeller antreiben und die Schwingen betätigen soll. Die geringen Abmessungen der Tragflächen lassen es als ausgeschlossen erscheinen, daß der Apparat überhaupt einen Menschen in die Lüfte hebt.

Auf dem benachbarten Stande führen uns einige Bilder ein Drachen-Flugzeug von Carl Jatho, Hannover, vor, welches selbst auf dem Fluggelände zu besichtigen ist. Der in seinen Versteifungen aus Bambus hergestellte Zweidecker besitzt eine dreirädrige Anfahrvorrichtung, die infolge der leichten Bauart lediglich aus gewöhnlichen Fahrrad Einzelteilen besteht. Die 54 qm großen Tragflächen sind mit Metzeler Aeroplanstoff bespannt; die aus Magnaliumblech hergestellte Luftschraube von 2,5 m Durchmesser wird durch einen 36-PS-Körting-Luftschiff-Motor in nicht sehr zweckmäßiger Weise durch einen Riemen angetrieben. Höhen- und Seitensteuer erhalten ihre Betätigung gleichzeitig durch einen Steuerhebel. Die eigenartige Anordnung des Fahrgestells befähigt den Apparat, auch bei unebenem Gelände aufzusteigen, weil das vordere Anlaufrad durch eine Winkelhebelverstellung in senkrechter Richtung verschiedene Höhenlagen einnehmen kann. Jatho erstrebt eine selbständige Stabilität durch tiefe Schwerpunktlage, was natürlich nur in bedingter Weise zulässig ist. Ob das Verstellen der als Höhensteuer ausgebildeten oberen Tragflächen während der Fahrt überhaupt durch einen einfachen Handhebel möglich ist, wird sich erst durch umfangreiche Versuche ergeben.

Auf dem Fluggelände sind außer den nach dem Voisin-Typ gebauten Apparaten von Nervö, Rougier, de Caters, die in hervorragender Weise einen kurzen schnellen Abflug ermöglichen, und welche ferner besonders unter Rougiers bewährter Führung ganz bedeutende Höhen erreichen, noch einige interessante Eindecker zu besichtigen. Neben den bekannten Blériot-Apparaten, die zum Kurvenflug lediglich das äußere Ende der Tragflächen verdrehen, sehen wir hier den eleganten Latham-Typ, der in ähnlicher Weise wie Wright die ganze Tragfläche verwindet, aber es stellt sich uns auch ein ganz neuer Einflächner von Sido entgegen, der nach ganz anderen Prinzipien gebaut ist. Im Gegensatz zu den eben genannten Monoplanen, welche sämtlich den Propeller vorne anordnen und so den Führer in sehr störender Weise durch den kräftigen Propellerstrom den Auspuffgasen aussetzen, ihn auch ferner am freien Ausblick durch die Propellerflügel hindern; im Gegensatz hierzu baut Sido den Propeller hinten ein. Der an sich richtige Gedankengang hat aber die konstruktive Schwierigkeit in der Holmausführung nicht überwunden, so daß das ganze Aussehen des Flugapparates wenig glücklich ist. Als direkt fehlerhaft muß dagegen die Hebelausführung zur Betätigung des vorne angeordneten Höhensteuers bezeichnet werden, die mit wachsendem Steuerausschlag der Zug-

kraft des Führers einen kleiner werdenden Hebelarm zur Verfügung stellt. Gegenüber den letzterwähnten Bauarten, die stets zur Aufrechterhaltung der Stabilität in der Flugrichtung die ganze Aufmerksamkeit des Führers und fortwährendes Betätigen der Steuerung bedingen, ist beim Latham-Flugzeug durch die Flächenverziehung erreicht, daß der Apparat eine fast automatische Stabilität in der Flugrichtung zeigt, so daß Latham mehrfach ohne irgendwelche Handgriffe am Volant

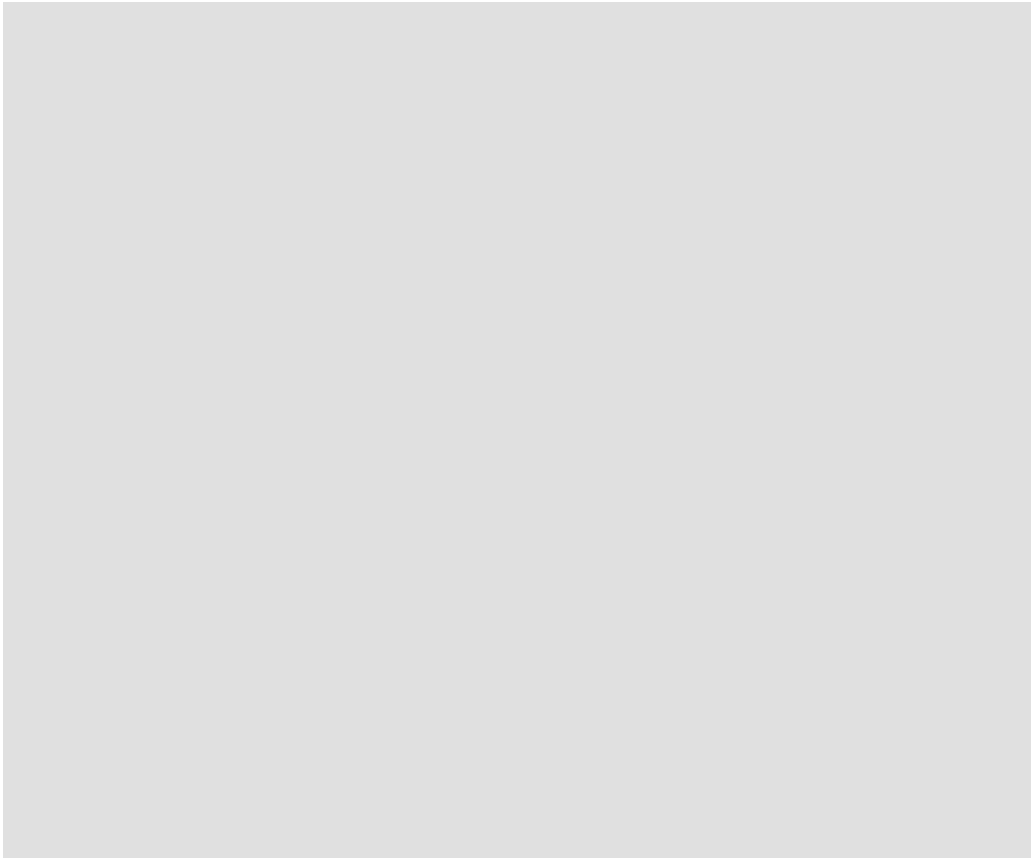


Fig. 193.

Chanute-Gleitflugzeug.

doch ziemlich geradlinige Flüge ausführen konnte. An der gleichen Flugmaschine kann man auch die hydraulische Abfangvorrichtung bei heftigen Landungen genau betrachten, die zuerst von Levavasseur angewendet ist.

Neben diesen lediglich dem Kunstflug mit Motorantrieb gewidmeten Apparaten finden wir auch eine größere Anzahl Gleitflugzeuge, von ihren ersten Anfängen bis zur Gegenwart. Zuerst ist hier ein Original-L i l i e n t h a l -Eindecker zu nennen, den das D e u t s c h e M u s e u m für Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik, München, in dankenswerter Weise der Ausstellung überlassen hat; ferner einige Versuchsflächen von seinen

ersten Experimenten auf dem Stande von Oscar Ursinus. Dieser Lilienthalsche Apparat, der noch zu den eigentlichsten Schöpfungen des Altmeisters unserer modernen Flugtechnik gehört, zeigt dem Fachmann so recht das konstruktive Geschick und das liebevolle Eingehen dieses genialen Mannes selbst auf die geringfügigsten Kleinigkeiten. Da ist von irgendwelchen Flüchtigkeiten bei der Herstellung nebensächlicher Details keine Rede; die sorgfältige Ausführung der Stoffbespannung und ihrer Verknüpfung mit den einzelnen

Fig. 194.

Gleitflugapparat, zur Erhöhung der Geschwindigkeit durch Seile gezogen.

Tragstäben, die schmiegsame und doch feste Verbindung der beiden Flügel mit dem Stützpunkt für den Körper des Fliegers — alles und jedes zeigt die ernste Auffassung eines Konstrukteurs, der sich wohl bewußt war, daß von der Haltbarkeit seiner Konstruktion sein Leben abhing. Gerade im Hinblick auf die sorgfältigen, mit Überlegung ausgeführten und stets mit einem gewissen Geschick auf dem Boden der Wissenschaft und der Praxis stehenden Arbeiten kann es nicht genügend bedauert werden, daß dieser hervorragende Mann so früh ein Opfer seines Berufes werden mußte; wäre doch wahrscheinlich der Entwicklungsgang der Flugtechnik und der Anteil Deutschlands an derselben wesentlich anders verlaufen! —

Der Schlesische Flugsport-Klub, Breslau-Krietern, stellt einen, nach Lilienthal ausgeführten, zusammenlegbaren Gleitflugapparat aus, bei dem man aber den Hauptwert auf zu geringe Herstellungskosten gelegt hat. Wenigstens zeigt derselbe in der Herstellung direkt grobe Vereinfachungen von der sorgfältigen Lilienthalschen Ausführung. Wir halten es eigentlich für etwas prekär, derartige Gleitflugzeuge nicht mit allen zu Gebote stehenden Mitteln lediglich nach den Anforderungen der Sicherheit herzustellen, weil selbst in geringen Höhen durch einen plötzlichen Fall schon größere Unfälle hervorgerufen werden können.

Ein Original-Chanute-Gleitflugapparat ist auf dem Stande von August Euler, Frankfurt a. M., zu besichtigen. Er zeigt die übliche Ausführung in Kasten-Drachenform, d. h. der Flieger hängt aufrecht in der unteren durchbrochenen Tragfläche, während die obere Tragdecke glatt durchgeführt ist; zwei an einem längeren Holm angebrachte kleinere Tragflächen dienen zur Erhaltung der Stabilität in der Flugrichtung, wohingegen die seitliche Stabilität durch Veränderung der Körperlage des Fliegers aufrechterhalten werden muß.

Ein nach ähnlichen Prinzipien gebauter, aber im Gegensatz zum aus profiliertem Holz hergestellten Chanute-Flugzeug lediglich mit Verwendung von Bambusstäben angefertigter Flugapparat von H. Ch. Riedel, Charlottenburg, der ebenfalls vom Flieger in aufrecht hängender Stellung geführt wird, besitzt nur eine einzige Schwanzfläche. Die verhältnismäßig leicht ausfallenden Bambusstäbe haben dem profilierten Holz gegenüber den Nachteil des größeren Luftwiderstandes, sind dagegen besonders den Landungsstößen gegenüber wesentlich widerstandsfähiger.

Wenn wir uns jetzt nach der Betrachtung der Fertig-Fabrikate den einzelnen Bestandteilen zuwenden, so finden wir bei der Firma Preß-, Stanz- und Ziehwerke Rud. Chillingworth, Nürnberg, eine sehr zweckmäßige Kreuzverbindung für Bambusstäbe jeden Durchmessers, sowie Verbindungsstücke für Stahlrohre in der bekannten, hier jedoch wesentlich erleichterten Muffen-Ausführung. Bei der Kreuz-Verbindung für Bambusstäbe ist das Hauptaugenmerk darauf zu legen, daß die Bambusstäbe nicht durch übermäßiges Anziehen aufspalten und einreißen, da hierdurch natürlich die Festigkeit bedeutend verringert wird. Dies läßt sich in zweckmäßiger Weise vermeiden, indem man das Innere des Bambusrohres mit einem festen Holz vollständig ausfüllt, zu welchem Zwecke es allerdings vorher besonders an den Knoten vollkommen geglättet werden muß.

In etwas anderer Art sucht Oskar Ursinus, Frankfurt a. M., die Verbindung von Bambusstäben zu erreichen, indem er entsprechend profilierte dünne Blechstreifen derart um die zusammentreffenden Bambusstäbe herumlegt und sie mit diesen verbindet, daß eine absolut sichere Vereinigung entsteht.

Waren schon die wirklichen Flugzeuge in großer Anzahl auf der Ausstellung vertreten, so ist es wohl naheliegend, eine noch weit reichere Sammlung von Modellen anzutreffen. Die schnell aufblühende Luftschiffahrt hat es nun einmal den meisten Menschen angetan, jeder fühlt in sich die beseligende Kraft, der Allgemeinheit zu nützen, indem er den Konstrukteuren neue Wege weisen kann. Große Geldmittel sind zum Bau dieser Flugzeugmodelle in den meisten Fällen auch nicht erforderlich — also ist denn der erfindungsbedürftigen Menschheit (und diese rekrutiert sich größtenteils nicht aus Fach-

leuten) ein reiches Betätigungsfeld eröffnet. Während nun eine ganze Zahl Modelle stets Anklänge an unsere erfolgreichen Standardtypen aufweisen, gehen andere bewußt ihre eigenen Wege, ohne jedoch auf die Erfahrungen dritter zu verzichten, während wieder weitere alle mühsam erworbenen Grundsätze moderner Wissenschaft kühn übergehen und so schließlich gänzlich unbrauchbaren Gedankenverbindungen Leben zu geben suchen. Wenn wir aus diesem Grunde die letzte Art Modelle auch nur kurz streifen wollen, so haben die ersten beiden doch teilweise so hübsche Gedanken verwirklicht, daß sich eine nähere Besprechung wohl lohnt. Vorauszuschicken ist die Erwähnung der hübschen Kollektiv-Ausstellungen des Vereins Deutscher Flugtechniker, Berlin, der Automobiltechn. und flugtechn. Gesellschaft, E. V. Frankfurt a. M. sowie des Frankfurter Flugtechn. Vereins.

Die eigentlichen Drachenflugzeuge sind natürlich als Ein-, Zwei- und Vielflüchler vertreten. Die kleinen Antriebsschrauben, die auch in großer Vielseitigkeit ausgebildet und in verschiedener Zahl verwendet sind, werden zumeist durch tordierte Gummischnüre, weniger durch kleine Uhrwerke betätigt. Ein kleines, von Ingenieur H. H. K r o m e r, Hannover, hergestelltes Gleitflugzeug zeigt mit seinen verspannten Röhren eine sehr niedlich und sauber durchgeführte Konstruktion. Es ist hauptsächlich zum Experimentieren gebaut und mit Rücksicht darauf in eigenartigen Konturen durchgeführt, um eine große Stabilität zu erreichen. Das verwendete Material: Aluminium und präparierte Leinwand dürfte sich für diese Zwecke wohl empfehlen.

Bei den Eindeckermodellen muß auch ein mit Motor ausgerüstetes Drachenflugzeug erwähnt werden, das wohl von den meisten Vorübergehenden gar nicht für ein Modell gehalten ist; wir meinen nämlich die nach den Entwürfen des Ingenieurs W e l s gebaute Flugmaschine auf dem Stande von J. E t r i c h, Wien. Die beiden Konstrukteure waren wohl nächst Blériot die ersten, die sich die Erfahrung zunutze gemacht haben, daß der Samen der Zanonía nicht nur am weitesten von allen Flugsamen fliegt, sondern auch keinerlei Neigung zum Überschlagen zeigt. Auf diese Tatsache ist übrigens von Professor Dr. A h l b o r n, Hamburg, zuerst hingewiesen. Nachdem Etrich und Wels nun ihre bedeutenden Erfolge auf dem Gebiete des Gleitflugs errungen hatten, montierten sie in einen Flugapparat einen kleinen 3 pferdigen G r ä f & S t i f f - Motor und kamen so auf das ausgestellte Drachenflugzeug, das sie zu Erprobungen benutzten. Weil diese Versuche noch zu einer Zeit vorgenommen wurden, als bemannte Flugapparate noch zu den frommen Wünschen gehörten, dürfte diesen Wiener Ingenieuren wohl die Priorität gebühren, durch Explosionsmotoren angetriebene Flugmaschinen zum Fliegen gebracht zu haben. An dieser Stelle sei übrigens gleich bemerkt, daß die Erfolge mit dem Zanonía-Drachenflugzeug in dieser Form nicht in jeder Weise befriedigten.

Eine von vornherein bestechende Form zeigt der Monoplan von F i r z l a f f; derselbe ähnelt in seiner rationellen Konstruktion dem bekannten Blériot-Apparat, hat jedoch die große Vertikalfläche über den Tragflächen noch beibehalten und außerdem am Schwanz zwei treppenförmig übereinander liegende Stabilisierungsflächen, wohingegen der Sporn fehlt.

In der Anordnung verwandt mit diesem Modell sind die kleinen Apparate von W. L u t h e r, Frankfurt a. M., und F. W e i s c h e r, Barmen. Ersterer verzichtet

ganz auf die Räder zugunsten der Kufen; letzterer läßt das Höhensteuer fort, was entschieden bei der endgültigen Ausführung nicht zweckmäßig ist. Vielfach finden wir die Idee angewandt, den Raum zwischen den eigentlichen Tragflächen und dem Seitensteuer zum Tragen heranzuziehen. Dies hat entschieden den Nachteil, daß die Stabilität in der Längsrichtung, die gerade durch das Ausnutzen der Luftwellen erzeugt wird, sich verringert. Weischer, Krause und Gebr. Homann, Dresden, demonstrieren mit ihren Modellen diesen Gedankengang. Die von letzteren als Militär-Aeroplan projektierte, leicht zusammenlegbare Flugmaschine „Blücher“

Fig. 195.

Modell von Tirzloff.

zeigt überdies den häufig vorkommenden Fehler, das Seitensteuer vorne anzubringen. Jeder seitliche Windstoß ist dann bemüht, das Flugzeug in den Wind zu drehen, und bringt es dadurch in Gefahr.

Bei den Zweiflächnern finden wir, wie schon vorher erwähnt, starke Anklänge an unsere bewährten Typen: Voisin, Wright, auch Wels u. a. m.

Ein sauber ausgeführtes Modell von Erich Junk, Darmstadt, benutzt sogar statt der Zanon-Form eine hufeisenartige Fläche, mit der erreicht werden soll, daß der Apparat-Schwerpunkt innerhalb und unterhalb von 4 Luftdruckzentren liegt und gewisse Stabilitätsvorteile erzeugt. Höhen- und Seitensteuer ähnelt der Wrightschen Anordnung.

Um durch die seitlichen Stabilisierungssteuer nicht in der Breitenausladung unnützen Raum zu vergeuden, haben Schwab und J. Niehues, Wesel, diese

zwischen den Tragflächen angebracht. Dieser Gedanke hat offenbar etwas Bestechendes, aber andererseits muß man sich sagen, daß der Trag- und Luftschatten dieser Steuerfläche doch nicht ohne Einfluß auf die obere Tragfläche ist. Wäre er es nämlich nicht, dann läge gar kein Grund vor, die Tragflächen nicht überhaupt näher aneinander zu rücken. Also, wie gesagt, dies Problem ist durch Versuche erst zu festigen. Sehr interessant ist auch die Verbindung der beiden Stabilisierungsflächen mit dem pendelnd aufgehängten Passagiersitz, wodurch eine automatische Querstabilität erreicht werden soll. Auf diese häufig auftauchende, auf falschen Voraussetzungen beruhende Konstruktion, deren Priorität wohl E l l e n h a m e r gebührt, gehen wir beim nächsten Modell näher ein. Eine weitere Neuerung bei Niehues ist das zylindrisch ausgeführte Seitensteuer, dessen Zweckmäßigkeit auch erst erprobt werden muß, und die Verwendung von Spurkränzen an den Laufrädern. Für den gebräuchlichen Startplatz mag dies ja ganz zweckmäßig sein, aber warum die Verwendungsmöglichkeit des Flugzeugs dadurch noch mehr beschränken? Sind doch die passenden Startplätze schon ohnehin gering.

Einen ganz anderen Weg schlägt Ingenieur W e i ß e n b u r g e r, Offenbach a. M., ein, indem er das Gleichgewicht automatisch durch die beiden Propeller regelt, die ähnlich wie bei Wright sitzen. Die Antriebswellen sind kurz vor den Schrauben durch Kugelgelenke unterbrochen, die eine Verstellung der Schraubenachsen in senkrechter Ebene gestatten. Das Schraubenlager ist nun durch einen Hebel über das Kugelgelenkmittel bis zur Tragflächenmitte verlängert. Der Motor und die Führersitze pendeln in einem festen Gehängeros unter der oberen Tragfläche. Der Antrieb der Schrauben erfolgt vom Motor aus über die Pendelachse zu den beiden Propellerwellen. Tritt nun durch irgendwelche Umstände eine Schräglage ein, sagen wir einmal: die Tragflächen sind rechts tiefer, so soll das Pendel durch die Schwere gegen die Tragflächen nach rechts ausschlagen, durch die zwangläufige Verbindung die Propellerwelle rechts etwas schräg nach unten, die linke dagegen nach oben knicken. Der Reaktionsdruck der Schrauben wirkt entgegengesetzt und bringt das Flugzeug wieder in die Wagerechte. Ähnlich sollte es beim Fahren in der Kurve sein. Das Seitensteuer leitet die Kurve ein, das Pendel schlägt nach außen aus und gibt dem Apparat die richtige Neigung, ohne daß der Flieger irgendwelche Handgriffe zu tun hat, während ein Ausschlagen des Pendels nach der Gegenseite durch Arretierung mittels Hebels vom Führer verhindert wird. Dieser Vorschlag von Weißenburger ist aber insofern praktisch nicht verwertbar, weil das Pendel bei Schräglage des fliegenden Apparates sich einfach in die Resultante der wirksamen äußeren Luftkräfte, d. h. senkrecht zum Apparat einstellt, oder mit anderen Worten: in Ruhe bleibt¹⁾. Außerdem geschieht das Anfahren des Flugzeugs auf Rädern, welche während der Fahrt hinter Kufen zurückgezogen werden, so daß Anfahren und Landen in zweckentsprechender Weise gelöst zu sein scheinen.

Ein kleiner Flugapparat von M o r d h o r s t, Kiel, zeigt gewisse Anlehnungen an Curtiß, d. h. die obere Tragfläche ist schräg nach unten gerichtet, die untere schräg nach oben, wodurch ein seitliches Aufsteigen der Luft erzielt und einem Kippen

¹⁾ L. Prandtl, Z. f. Flugt. u. Motorluftschiffahrt 1910, S. 3 ff.

vorgebeugt werden soll. Die Anordnung der beiden Propeller ganz außen darf wohl mehr originell als zweckmäßig genannt werden.

Sehr hübsch ist auch die Durcharbeitung eines kleinen Biplanes von Bahle. Die beiden Flächen laufen nach außen zusammen, sind dabei flügelartig gekrümmt und besitzen jedenfalls eine große Festigkeit. Während die Höhensteuer an Wright erinnert, geht Bahle bei der Durcharbeitung des Seitensteuers eigene Wege, die wohl nicht zu empfehlen sind. Einen zum mindesten hübschen Gedanken verkörpert das Modell von Reichelt. Beeinflußt von der Wrightschen Startmethode bringt

Fig. 196.

Modell von Bahle.

er an seiner Flugmaschine ein Gerüst nach Art der Heuschrecken-Beine an, das den Apparat beim Abflug durch Federkraft von hinten nach vorne schnell und ihn gleichzeitig in die Höhe bringt. Während der Fahrt wird dieses Gerüst dann eingezogen. Ob sich diese Idee konstruktiv durchführen läßt, steht allerdings auf einem anderen Blatt.

Originell ist außerdem auch eine System-Kombination von Ph. Majer, Hanau, die darin besteht, daß einem normalen Zweiflächner als Stabilisierungsfläche ein Monoplan hintangesetzt wird, der wieder bewegliche Seitenteile hat. Vor- und Rückwärtslegen des Betätigungshebels ruft bei beiden Seitenteilen eine gleiche Bewegung hervor, Seitwärtsdrehen des Hebels erzeugt eine Verwindung — beide Funktionen sind am Modell sehr instruktiv zu sehen.

Die aus zwei hintereinander angebrachten Zweiflächnern bestehenden Multiplan-Modelle, die sowohl Ph. Drester, Karlsruhe, als auch M. Pause, Heidel-

berg, ausstellt, bezwecken wohl eine bessere Längsstabilität; der erreichte Vorteil wiegt aber keineswegs den Mehraufwand an Material auf.

Das Modell eines Sechsfächners, von P e g a & E m i c h , Frankfurt a. M., das übrigens durch Anbringung von allerlei Äußerlichkeiten für das Auge des Fachmanns etwas Störendes erhält, hat vor allen Dingen den Nachteil, daß die Tragflächen nicht den nötigen Abstand voneinander haben, wodurch ein nicht unerheblicher Luftschatten sich ergibt.

Diesen Nachteil umgehen andere Ausführungen, indem sie die Tragflächen sozusagen in einzelne Elemente rechteckigen oder quadratischen Querschnitts zerlegen und nun in den übereinanderliegenden Tragflächen stets einem Element eine Lücke folgen lassen. Diese Modelle sind von der „Ersten Deutschen Automobil-Fachschule, Mainz“ und von A l . D i e t r i c h , Frankfurt a. M., ausgestellt, letzteres mit quadratischen Flächenelementen. Zu erwähnen ist hierzu, daß freilich unter jedem Element erst eine Lücke ist und hierauf erst wieder ein Flächenteil, daß also die Entfernung von Element zu Element doppelt so groß als die der Tragflächen ist, daß aber andererseits ja die nutzbare Tragfläche auch nur die Hälfte der sonst üblichen ausmacht, und ferner die komplizierte Ausführung und das Mehrgewicht als bedeutender Nachteil auftreten. Es ist daher nicht recht einzusehen, warum man zu solchen Konstruktionen greift.

Drei unterbrochene Tragflächen sind das Charakteristische des Modells von E. F r o w e i n , Elberfeld. Die mittlere Fläche besitzt große dreieckige Ansätze, die wohl lediglich zum Tragen mitdienen sollen. Die dem Modell nachgerühmte gute Stabilität und Manövrierfähigkeit ist demnach wohl in der Konturenführung zu suchen. Das Flugzeug von Neumann zeigt die für Kreß typische Anordnung der 3 Tragflächen in treppenartigem Ansteigen, was sich wohl bewähren wird.

Nächst den Aeroplanen sind natürlich die Schraubenflugapparate reichlich vertreten. Es ist eben gerade für den Laien von bestrickendem Reiz, sich ein Luftfahrzeug auszudenken, mit dem er senkrecht aufsteigen kann; man sieht es einigen Modellen förmlich an, daß ihr Erfinder in dem Gedanken geschwelgt hat, statt mit einem Wagen direkt von der Wohnung weg mit einem Aeroplan abzusegeln. Ganz schlimm sind nun natürlich Kombinationen von Schraubenflugzeug mit dem Aeroplan, die einfach neben den Tragflächen Hubschrauben anordnen und nun alles andere den Motoren überlassen. Wir können nicht genug betonen, daß solche Konstruktionen jeder Grundlage entbehren, denn wohl reicht unsere Motorkraft aus, den Stirnwiderstand der Tragflächen zu überwinden, niemals aber die große Lufthemmung senkrecht zur Fläche. Die nach diesem Prinzip gebauten Modelle von O. K l e m m , Frankfurt, G e i ß l e r , Hamburg, G e b r . H o f a c k e r , Altripp a. Rh., und B ö h r i n g e r , Stuttgart, erledigen sich hiermit von selbst. Letzterer verwendet außerdem dieselben Schrauben zum Tragen und zum Treiben, was nicht zweckmäßig ist, weil die Propeller nur für e i n e n Zweck richtig dimensioniert werden können. Zum Tragen benötigt man große Flächen mit geringer Steigung, zum Treiben kleiner schmaler Flächen mit der Drehgeschwindigkeit entsprechender, jedenfalls aber relativ größerer Steigung. Auch die Ausführung von K r i e g e r krankt an demselben Grundfehler, ist sonst aber so sauber, daß wir sie im Bild vorführen wollen.

Einen Schritt weiter auf diesem Wege geht das Modell von V o n h a u s & S t ü c k r a d t , Frankfurt, bei welchem zwar die Mittelfläche stehen bleibt, bei dem aber die dreieckigen Seitenstücke nach oben umgelegt werden, wenn ein senkrechttes Auffahren beabsichtigt wird. Die Konstruktion der Treibräder, die als Hub-schrauben und auch als treibende Propeller wirken sollen, scheint noch nicht ein-wandsfrei gelöst zu sein. F. E b e r h a r d t , Frankfurt a. M., verwendet zweimal

Fig. 197.

Modell von Krieger.

3 Flächen, die nach oben zu klappen sind, und benutzt ebenfalls die Tragschrauben durch Drehung um 90^0 zum Vorwärtsbewegen. Die phantastische Form der Propeller wird wohl in der Praxis ein anderes Aussehen erhalten.

Das nach seiner Art hier zu erwähnende Modell von E. N e y e n zeigt so recht deutlich die Sorte Erfinder, die einen guten Gedanken irgendwo aufnehmen, weiter-spinnen, sich immer mehr und mehr in ihn hineinarbeiten, bis sie ihn glücklich aus seinem Gefüge reißen und nun ins Uferlose steuern. Die wenigen guten Ideen bei diesem Modell sind begraben in einem Wust von Phantasien, so daß man nur den Eindruck von schrecklich vielen, nach allen Richtungen arbeitenden Propellern in der Erinnerung behält. Gut ist entschieden der Gedanke vom Zusammenfallen der Tragflächen, ob aber ausführbar, wenn der Luftdruck wirkt, das ist zweifelhaft.

Reine Gyroplan-Modelle, d. h. Hubschrauben ohne Tragflächen, stellen H. S c h u l z , Birnbaum i. P., und R. F e i g e , Nauheim, sowie J. B. B a r n i c k e l , Thurndorf-Bayern, aus.

Gerade diese Schraubenflugzeuge sind es von allen dynamischen Flugapparaten gewesen, die ein großes Kontingent der Erfinder auf sich gezogen haben. In erster Linie ist dies wohl ihrer Eigenschaft zuzuschreiben, sich direkt vom Boden in die Lüfte erheben zu können. im weiteren würden sie einen guten Ersatz für Luftballons ergeben, und drittens könnte man ihnen durch eine Schräglage des ganzen Systems oder aber durch besondere Vortriebs-Propeller auch eine Horizontalbewegung erteilen. Die erste größere Schwierigkeit, eine vertikal gelagerte Schraube zur Erzeugung eines Auftriebs zu benutzen, liegt darin, daß durch die Drehung dieser Schraube eine Reaktion auf das ganze System entsteht, durch welche letzteres ebenfalls in Drehung versetzt wird. Dieses kann man erstens dadurch umgehen, daß man genügend große senkrechte Flächen am Apparat anordnet, die sowohl in senkrechter Richtung als auch der Vorwärtsbewegung nur geringfügigen Widerstand entgegenzusetzen, während sie doch eine Drehung des ganzen Apparates verhindern. Der zweite, beste Weg ist der, daß man zwei gegenläufige Schrauben um dasselbe Mittel rotieren läßt; oder aber man ordnet diese gegenläufigen Schrauben mit räumlich entfernten parallelen Achsen an. Wenn aber bisher die Schraubenflugzeuge nicht über die ersten Versuche hinausgekommen sind, ja wenn selbst die Modelle noch kaum brauchbare Lösungen dieses Problems darstellen, so liegt es wohl hauptsächlich daran (wir verweisen hier auf den ersten Band der Ila-Denkschrift: Prof. Prandtl, S. 144 u. f.), daß es bis heute nicht möglich ist, eine Schraube mit der zum Heben des Gewichts notwendigen Tragfläche von rund 30 qm sowie außerdem noch das Lagergestell mit der nötigen Festigkeit unter Einhalten der beim Aeroplan bekannten Gewichte zu bauen. Dieser Schwierigkeit gehen diverse Erfinder dadurch aus dem Wege, daß sie statt der einen großen Schraube eine ganze Anzahl kleiner Tragschrauben verwenden, die dann, um eine möglichst große Kreisfläche zu bestreichen, vielfach nach dem System der Planetenschrauben mit weitausladendem Gestell um eine gemeinsame Achse rotieren (Barnickel). Auch dieser Gedanke birgt seine Schwächen in sich: die vielen an dem Hauptrahmen angebrachten Lagerungen für die einzelnen Propeller, ferner ihr Antrieb mit seinen vielen kleinen Antriebsvorrichtungen, das sind alles Dinge, denen unsere heutige Technik zwar durchaus gewachsen ist, die sich aber niemals mit einem genügend kleinen Gewicht vereinigen lassen. Um den sogenannten Königsantrieb von einem in der Gondel angebrachten Motor zu vermeiden, benutzt Barnickel übrigens bei seinen letzten Projekten für die übereinander gelagerten Hauptrahmen verschiedene Motoren.

Die älteste Methode, uns die Luft zu erobern, indem wir möglichst den Ruderflug der Vögel nachahmen, diese Methode sucht J a h r r e i s , Frankfurt a. M., durch wirklich gute Modelle zu demonstrieren, Auch R. B r a u n , Heilbronn, betritt diesen Weg, indem er einen Flügelflugapparat mit bewegten Tragflächen ausstellt. Durch Kurbelwellen mit entsprechend gesetzten Kurbelarmen werden die Flächen bewegt und so Schlag- und Drachenwirkung eingeleitet.

Weiter ist an dieser Stelle das „Luftauto“ des Oberleutnants S c h u e l k e , Hanau a. M., zu erwähnen. Die sehr sinnreich aus einer Vereinigung von aufgeschlitz-

ten Bambusstäben elastisch hergestellten Flügel erhalten zwangsläufig neben der rotierenden eine leicht verdrehende Bewegung, was mit der jalousieartigen Konstruktion der Flügel bezweckt, beim Aufwärtsgang keinen nennenswerten Luftwiderstand zu erzeugen, beim Abwärtsschlag dagegen gleichzeitig Auftrieb und Vorwärtsschub hervorzubringen.

Die alte Hoffnung der Menschheit, einmal ohne irgendwelche Unterstützung durch eigene Kraft die Lüfte zu durchqueren, kommt natürlich auch in vielen Modellen zum Ausdruck. Es ist wirklich schade um die viele Arbeit, die sich solche Erfinder mit ihren Basteleien machen, anstatt endlich einmal der wissenschaftlichen Forschung Glauben zu schenken.

Wir wollen denn auch hier lediglich der an sich hübschen Ausführung zweier solcher Modelle gedenken: Ad. P r e i ß , Frankfurt a. M., und E u g e n K r e i ß , Hamburg. Während beide Pedalantrieb vorsehen, ist Preiß schon zu der Ansicht gelangt, ev. ein Auto als Antriebsmittel zu verwenden, was sich aber wohl wegen des Gewichts verbietet.

Außer diesen Modellen sind noch diverse Bilder und Entwürfe von Flugzeugen ausgestellt, die aber wegen ihres Phantasie-Reichtums erst besprochen werden können, wenn sie wirklich ausgeführt sind. Dann werden sie zum Teil anders aussehen.

Wir sind uns wohl bewußt, kein erschöpfendes Bild der Flugmaschinen-Modellsammlung gegeben zu haben, langten doch noch kurz vor Schluß der Ila neue Objekte an, wir konnten auch nicht den vielen Sonderkonstruktionen gerecht werden, die mit weitausschauendem Blick schon an D e t a i l s gedacht haben (Beinmuskel-Abfederung, automatische Schubregler, Dreischraubentrieb usw.); wir wollten nur einen Überblick über die Fülle des Gebotenen geben, die wohl in keiner anderen Gruppe annähernd erreicht ist. Hier, wie nirgends anders, ist ja auch eine kritische Zergliederung n i c h t am Platze, sind doch unsere Erfahrungen noch äußerst gering; Fachmann und Laie kämpfen auf diesem Neuland noch Schulter an Schulter, wer will da heute schon sagen, was gut und was schlecht ist? Gerade deshalb wird von dieser Gruppe eine Befruchtung der Aviatik mit Sicherheit zu erwarten sein.

Gruppe 10. Motoren.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung, die der Motorenindustrie für die Entwicklung der Flugtechnik und lenkbaren Luftschiffahrt zukommt, ist die Zersplitterung dieser Gruppe auf viele räumlich entfernte Stände sehr zu bedauern, denn das vorgeführte Gesamtmaterial wirkt nicht genügend geschlossen auf den Beschauer und erweckt in ihm den falschen Eindruck, als wären nur wenige unbedeutende Motoren ausgestellt. Auch ist ein Vergleichen und Studieren, für den Fachmann der Hauptzweck einer Ausstellung, sehr erschwert, wenn nicht unmöglich.

Einige Worte über die hauptsächlichsten Anforderungen, die ein Luftfahrzeugmotor vor dem bekannten Automobilmotor erfüllen muß. Neben absoluter, weitgehendster Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit, die wir als die Kardinalforderung bezeichnen möchten, ein möglichst geringer Verbrauch an Speisematerial — als Benzin, Öl, Wasser — und endlich ein im Verhältnis zur Leistung geringes Gewicht. Die beiden letzten Punkte, und das möchten wir nochmals ausdrücklich betonen, kommen viel weniger in Frage, als jetzt angenommen wird, denn anstatt die letzten

PS-Gewichte der Motoren immer zu drücken, sollten lieber die bestehenden Flugzeuge konstruktiv durchkontrolliert werden; es würden leicht die dem Motor gemachten Zugeständnisse wieder eingebracht werden. Und der Speisematerialverbrauch läßt sich bei einem exakt und peinlich zuverlässig arbeitenden Motor leicht bei einer dann sehr einfachen Zwischenlandung ergänzen. Aber von der Zuverlässigkeit der Motoren hängt im geeigneten Augenblicke alles — für den Apparat, die Mitfahrenden und die in der Nähe Befindlichen ab.

Fig. 198.

100 pferdiger Luftschiffmotor der Daimler-Motoren-Gesellschaft
(geliefert für Zeppelin-Lenkballons).

Beachtenswert für den Entwurf von Luftzeugmotoren sind dann die verschiedenen Höhen, in welchen sie arbeiten müssen. In schneller Folge wechselt oft Luftdruck und Temperatur, so daß der Vergaser verschieden große Luftgewichte ansaugt. Ein Vorschlag von A. V o r r e i t e r geht dahin, die Luft in diesem Falle hinter dem Propeller oder bei Ballonetschiffen aus dem Ventilator zu saugen. Infolge ihrer Verwendung müssen sie auch in jeder geneigten Lage (etwa 15° gegen die Horizontale) gleichmäßig und sicher funktionieren, die Ölzufuhr und die Vergasertätigkeit darf dadurch nicht beeinflußt werden. Erschwerend für die Betriebssicherheit ist die stete volle Ausnutzung ihrer Leistungen, da ein Drosseln bei Flugmotoren gänzlich ausgeschlossen ist, sie vielmehr stets mit ihrer Höchstleistung beansprucht werden

Fig. 199. 60pferdiger Luftschiffmotor der Daimler-Motoren-Gesellschaft.
Ansicht von der Vergaserseite.

Fig. 200. 60pferdiger Luftschiffmotor der Daimler-Motoren-Gesellschaft.
Ansicht von der Auspuffseite.

Dies hat aber auch wieder den Vorteil, daß eine Veränderlichkeit hinsichtlich Leistung und Tourenzahl nur in geringen Grenzen nötig ist, wodurch sich am Regler und Vergaser Vereinfachungen ergeben.

Ein möglichst erschütterungsfreier Gang, d. h. Aufhebung der freien Massenkräfte, ist anzustreben, was bei Fortlassung des schweren Schwungrades zu 8 Zylinder-V-förmigen, stern- und fächerförmigen Zylinderanordnungen führte. Betreffs der Kühlung ist noch keine Einigung erzielt, Wasser- und Luftkühlung behaupten sich noch nebeneinander, wenngleich für Flugmotoren die Luftkühlung wohl mit der

Fig. 201.

Die Daimler-Motoren in der Ausstellung.

Zeit das Feld erobern wird. Eine eigentliche Gewichtsersparnis wird sich hierdurch wohl kaum ergeben, aber schon der vereinfachte Betrieb spricht zugunsten der Luftkühlung.

Eine besondere Wichtigkeit kommt namentlich wegen der Zuverlässigkeit der Materialfrage zu; hier ist mit äußerster Vorsicht weiter zu gehen und namentlich dem gegossenen Aluminium nur wenig Zugeständnis zu machen. Stahl in jeder Verarbeitung ist ein ideales, wenn auch teures Material für Luftfahrzeugmotoren, dessen Festigkeit man bis aufs genaueste verfolgen kann. Eine weitere Folge der Zuverlässigkeitsforderung ist eine verlässliche Zündung, die unter allen Umständen funktioniert; hier darf und kann nie wesentlich an Gewicht gespart werden.

Wenden wir uns jetzt den einzelnen Ständen zu und betrachten zunächst das Fertigprodukt — den Motor — ehe wir zu seinen Zubehöerteilen und endlich zu den zu seiner exakten Herstellung notwendigen Spezial-Einrichtungen übergehen, so sehen wir zuerst den Mercedes-Motor der D a i m l e r - M o t o r e n - G e s e l l -

s c h a f t , Untertürkheim-Stuttgart, — diesen ersten und ältesten Luftschiff-Motor, der schon bei den frühesten Lenkballon-Verwirklichungen mitgewirkt hat und auch den Z-Schiffen das Durchqueren der Luft ermöglichte. Beide Vierzylinder-Motoren zeigen den bekannten Automobiltyp: paarweise zusammengeegossene Zylinder aus Grauguß mit Kolben aus gleichem Material, oben auf den Zylindern liegende, durch Schwinghebel gesteuerte Einlaßventile, seitlich direkt durch Stößel betätigte Auslaßventile. Der große 90-PS-Motor hat bei 165 mm Zylinderbohrung 140 mm Hub, während beim 60-PS-Motor beide Dimensionen 140 und 130 mm betragen. Die Tourenzahl ist stets 1200. Das ganze Kurbelgetriebe samt den Steuerwellen ist vollständig eingekapselt, um eine ausgiebige Schmierung aller inneren Teile zu ermöglichen; das Aluminium-Kurbelgehäuse wird durch Abzugrohre entlüftet. Die geschmiedeten Schubstangen haben I-Querschnitt, die Kurbellager sind mit Weißmetall ausgegossen, Saug- und Auspuffventile zeigen schöne große Ausmaße, und die sehr kurzen, gegossenen Auspuffrohre münden gleich in einen großen gemeinsamen Behälter, was sich als sehr gut erwiesen hat. Das verhältnismäßig hohe Einheitsgewicht beträgt 4 kg/PS.

Einen zum Einbau in die Gondel fertigen Maschinenkomplex stellt die F a h r z e u g f a b r i k E i s e n a c h durch ihren „Dixi“-Motor aus; die vier mit Wassermänteln paarweise zusammengeegossenen stehenden Zylinder haben alle Ventile auf einer Seite, zur Zündung dient ein Gleichspannungs-Magnetinduktor. Die Schmierung erfolgt vom Kurbelgehäuse aus, weshalb für jede Kurbel ein besonderer Ölzufuß mit Schmierglas vorgesehen ist, und wegen etwaiger Schräglage des Motors besondere Querrippen im Gehäuse das Ansammeln von Öl an e i n e r Stelle verhüten. Die Wasserzirkulationspumpe ist mit dem Ventilator auf einer Welle angeordnet. Das Ankurbeln erfolgt mittels einer senkrecht zur Motorachse montierten Welle.

Die S ü d d e u t s c h e A u t o m o b i l f a b r i k G a g g e n a u hat es sich wieder in dankenswerter Weise angelegen sein lassen, dem großen Publikum die Wirkungsweise eines Benzinmotors mit seinen Ventilen usw. zu demonstrieren, indem an einem Vierzylindermodell der Zylinderkopf aufgeschnitten ist, und nun ein einfaches Drehen der Hauptwelle die Gesamtfunktionen in überzeugender Weise dartut. Der Gaggenauer Motor wird in 4-, 6-, 8-Zylinderbauart ausgeführt; bei 155 mm Zylinderdurchmesser, 160 mm Hub und 1400 Umdrehungen ergibt der Vierzylinder bereits über 100 PS bei etwa 3 kg/PS. Beide Ventile liegen im Zylinderkopf, sie werden durch eine auf den Zylindern in Kugellagern laufende Nockenwelle betätigt, die ihrerseits durch einen senkrechten Kegeltrieb ihre Drehung erhält. Die Zylinder aus Aluminiumguß erhalten eingesetzte, gußeiserne Laubbuchsen; das mittlere Grundlager ist als Gleitlager ausgebildet, während für die übrigen Kugellagerung vorgesehen ist. Der Achtzylindermotor ist lediglich eine Verdoppelung des Vierzylinders, weshalb er auch zwei Vergaser erhält; das Andrehen bei diesem Typ erfolgt automatisch.

Der in der Parsevalgondel mit allem Zubehör fest aufgestellte N. A. G.-Motor der Neuen Automobil-Gesellschaft, Oberschöneweide, wird in etwas anderer Weise zu Demonstrationszwecken benutzt; hier ist das Getriebe zwischen Propeller und Motor noch durch Zwischenschalten eines kleinen Elektromotors ergänzt, der dann rück-

wärts beide antreibt und nun sowohl den Betrieb des Propellers als auch das äußerliche Arbeiten des Luftschiffmotors, sein Ventilspiel, den Gang seines Ventilators u. a. m. gut erkennen läßt. Die sechs senkrechten hintereinander stehenden Zylinder sind aus dem vollen Stahl gedreht, die gußeisernen Zylinderköpfe werden aufgeschraubt; die Dichtung erfolgt durch zwischengelegte weiche Kupferringe; bei 150 mm Durchmesser, 130 mm Hub und 1500 Umdrehungen ergeben sich 120 PS. Der Motor arbeitet vollständig erschütterungsfrei wegen des vollkommenen Massenausgleiches. Sämtliche der Wartung bedürftigen Teile sind auf eine Seite des Motors gebracht, damit nur ein Maschinenstand erforderlich wird. Die sehr leicht gehaltenen Kolben zeigen eine Aushöhlung am Boden, um den Verbrennungsraum der Kugelform zu nähern, weshalb auch die Ventile hängend angeordnet sind und Schwinghebelbetätigung erhalten.

Fig. 202.

Achtzylinder-Motor
der Süddeutschen Maschinenfabrik Gaggenau.

Die Zylindermittel sind etwas gegen Mitte der Kurbelwelle versetzt, um kurze Schubstangen benutzen zu können. Das Aluminiumkurbelgehäuse ist durch große, mit Deckeln geschlossene Handlöcher zugänglich gemacht. Je zwei Zylinder haben einen gemeinsamen Vergaser; ein durch den Motor selbst gespeister Druckluftanlasser ist außer der üblichen Handkurbel für das Andrehen vorgesehen.

Die Adler-Werke vorm. H. r. ch. K l e y e r, A.-G., Frankfurt a. M., sind mit den zwei neuesten Typen ihrer Luftfahrzeugmotoren vertreten, nämlich einem 100-PS-Sechszylinder und einem 50-PS-Vierzylinder. Die Abmessungen sind: 115—100 mm Durchmesser, 135—125 mm Hub. Durch weitgehendste Materialausnutzung ist es hier gelungen, bei schrittweisem Verfeinern und Verbessern ohne gewagte Sprünge auf Kosten der Betriebssicherheit das Einheitsgewicht auf 2,25 kg pro PS zu erniedrigen. Hauptsächlich ist dies der ausgezeichneten Zylinderkonstruktion zu verdanken, die den fertigen Zylinder mit Ventilsitzen, Zylinderkopf und den für den hartangelöteten kupfernen Kühlmantel nötigen Ansätzen aus einem geschmiedeten Stahlstück herstellen läßt. Dadurch wieder ist hohe Kompression zulässig, der Explosionsraum ist einheitlich wegen der oben liegenden Ventile, und die obere Zylinderform verbürgt außerdem, daß ein etwa beschädigtes Ventil nie in den Zylinder fallen, dagegen sehr schnell und einfach ausgewechselt werden kann. Sämtliche Steuer- und Antriebsräder sind vollkommen eingekapselt, so daß jegliche Personengefährdung ausgeschlossen ist; außerdem arbeiten sie auf diese Weise in einem vollständigen Ölbad, was der Haltbarkeit zunutze kommt. Patentierte Zirkulations-

Schmierung und zwangläufige Wasserkühlung, die Zylinder und Ventile allseitig vom Wasser umspült, in üblicher Ausführung vervollständigen den Ausbau des Motors. Beim Entwurf des Vergasers ist besonders die Temperaturenniedrigung in höheren Luftschichten sowie die Schräglage durch große Heizkammer und zentrale Lagerung der Düse berücksichtigt worden. Die Regulierung ist an einer kleinen Säule zugleich mit der Ölkontrolle zusammengefaßt, und zwar sind drei besondere Hebel für Vergaserdrossel, Zusatzluft und Zündung vorhanden.

Durch einen besonders kleinen, recht leicht gebauten Vierzylindermotor ist die Firma P a l o u s & B e u s e , in Berlin, vertreten. Der Motor wiegt mit festangebautem Kühler bei 30 PS nur 75 kg, hat also ein sehr geringes Einheitsgewicht; er ist der kleinste Typ einer nach gleichen Prinzipien gebauten Gruppe von vier Größen von 30, 50, 80 und 100 PS, entsprechend Zylinderbohrungen von 100, 120, 120, 130 mm und Huben von 130, 140, 150 und 170 mm, während für alle Typen 1300 bis 1500 Touren pro Minute eingehalten werden. Das erstaunlich kleine Einheitsgewicht trotz der nebeneinander stehenden Zylinder wird hauptsächlich durch reichliche Verwendung von Aluminium erreicht; Motorgehäuse, die aufgesetzten Kühlmäntel, der mit dem Motor verbundene Kühlapparat, die besondere Kammer für Auspuff und Einlaß an den Zylindern, die Rohrleitungen und der Vergaser sind daher aus Aluminium angefertigt. Die Steuerwelle liegt in einem besonderen

Aluminiumrohr über den Zylindern, wie auch der senkrechte Antrieb zur Nockenwelle vollständig eingekapselt ist. Durch dieses Herausholen der Steuerungsorgane

aus dem Gehäuse wird dieses sehr in seiner Herstellung vereinfacht. Die Schmierung erfolgt zwangsweise mittels einer kleinen Kolbenpumpe durch die hohle Welle

in die Grundlager, durch die Pleuelzapfen in die Pleuellager. Die direkte Anordnung des Kühlers vor den Zylindern vermeidet lange Rohrleitungen. Der Vergaser sitzt

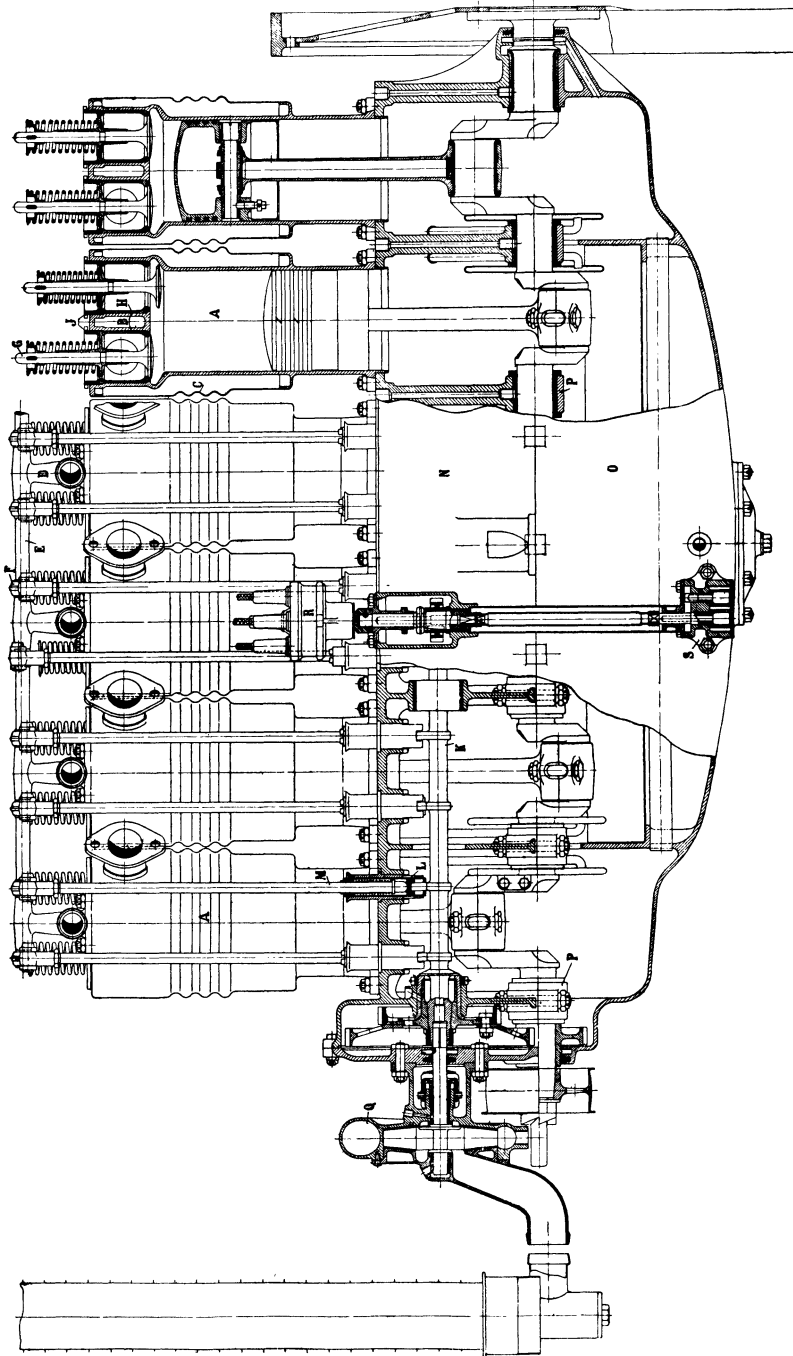


Fig. 205.
Schnitt durch einen 100pferdigen Adler-Motor.

vor der für alle vier Zylinder gemeinsamen Saugkammer. Der Schwimmer ist fortgelassen, die Benzinmenge bzw. der Hub des Ventils wird durch eine Stellschraube

reguliert, während ein Handhebel die Zusatzluft einstellt. Das leichte Schwungrad dient gleichzeitig als Ventilator für den Kühler. Die Zündung erfolgt mittels Hochspannungsmagnet-Induktor.

Starke & Tarabochia, Darmstadt, führen einen kleinen Vierzylinder-Motor vor, der im ganzen wohl kaum als betriebsfertig anzusprechen ist. Die horizontal zu beiden Seiten des Zylinderkopfes gelagerten Ventile werden durch eine über den Zylindern liegende Nockenwelle betätigt, die wiederum ihren Antrieb mittels Kettenübertragung von der Kurbelwelle erhält.

In der französischen Abteilung demonstriert eine Gondel-Sektion der Firma Clément-Bayard, Paris, in sehr instruktiver Weise den zweckmäßigsten Einbau eines Motors in eine Luftschiffgondel, um die Gondel von den Motorschütterungen unabhängig zu machen. Zu diesem Zwecke ist der Motor auf große Blattfedern gesetzt mit dem Vorbehalt, die beim Vierzylindermotor nicht ausgeglichenen freien Massenkräfte noch durch eine besondere Spiralfeder bzw. eine Luftbremse aufzunehmen. Diese Spezialanordnung ist der Firma übrigens nachträglich sowohl in Frankreich als auch in Deutschland patentiert worden, wie an dieser Stelle gleich hinzugefügt werden mag. Die sechs nebeneinander stehenden Zylinder des Clément-Motors leisten bei 1400 Touren, 155 mm Bohrung und 185 mm Hub 150 bis 180 PS. Die Steuerwelle ist ähnlich wie bei den Gaggenauer Motoren über den Zylindern gelagert und betätigt durch Kipphebel die in die Zylinderköpfe schräg eingesetzten Ventile. Durch diese Anordnung der Ventile erhält der Explosionsraum die günstige Halbkugelform. Von dem einen Vergaser mit automatischer Luftregulierung führt ein Steigrohr zu dem sämtlichen Zylindern vorgelagerten Saugrohr, das zur Verringerung des besonders für die äußeren Zylinder großen Saugwiderstandes reichlich dimensioniert ist. Als Zündung ist sowohl Akkumulator als auch Magnet vorgesehen, welcher letzterer durch eine besondere Querwelle betätigt wird. Der Auspufftopf liegt unter dem Motor und steht mit den Zylindern durch lange Rohre in Verbindung. In das leichte Schwungrad ist eine Segmenttreibungskuppelung zum Einrücken des Getriebes eingebaut.

Auf dem Stande von Dr. Gans-Fabrice stellt sich uns der kleine Duthiel & Chalmers-Flugmotor als ein äußerst kleines Maschinchen vor. Die beiden einander gegenüberliegenden Zylinder dieses Motors, der ja hauptsächlich von Santos Dumont bei seinen Flugmaschinen verwendet wird, ergeben ein sehr gutes Ausbalancieren und dadurch sehr ruhiges Arbeiten, so daß der Motor ohne Schwungrad nur mit dem Propeller frei von Erschütterung laufen kann. Der luftgekühlte Motor (er wird übrigens auch mit Wasserkühlung gebaut) leistet bei 125 mm Durchmesser, 100 mm Hub und 1500 Umdrehungen pro Minute 18 PS. Die Saugventile arbeiten selbsttätig, die Auspuffventile werden durch eine kurze Steuerwelle gesteuert und führen den Auspuff direkt ins Freie. Zur Zündung dient eine Batterie.

Der durch sein ungewöhnlich kleines Einheitsgewicht bekannte Antoinette-Motor ist nicht direkt zur Ausstellung gelangt, vielmehr weisen nur verschiedene Bilder auf seinen Herstellungsgang hin. Wir haben jedoch auf dem Fluggelände mehrfach Gelegenheit, so z. B. im Euler-Flugzeug, den Motor nicht nur in einer für Ausstellungen hergerichteten Form, sondern direkt in der Arbeit kennen zu lernen. Die V-förmig angeordneten Zylinder ermöglichen eine größtmögliche Platzausnützung

des zur Verfügung stehenden Raumes und andererseits eine besonders einfache Bauart. Durch die paarweise Anordnung können je zwei Kolben auf einen Kurbelzapfen wirken. Ferner können die auf der Innenseite der Zylinder liegenden Ventile, von denen die Einlaßventile automatisch arbeiten, ebenfalls durch eine Nockenwelle betätigt werden. Die Ventile sitzen übereinander in zwei Stahlbuchsen, welche in den Aluminium-Zylinderkopf eingepreßt sind. Um den Vergaser zu ersparen, wird den Zylindern das Benzin durch sehr dünne (sehr schwer dicht zu haltende) Kupferleitungen mittels einer kleinen Pumpe zugeführt. Diese Gewichtsverringernng ist keineswegs als zweckmäßig anzusprechen, da die erst im Zylinder erfolgende Vergasung unvollständig ist, und sich hierdurch ein höherer Benzinverbrauch ergibt. Ganz abgesehen hiervon ist auch die Herstellung der Benzinpumpe nicht wesentlich einfacher als die des Vergasers. Durch die V-förmige Anordnung der Zylinder ergibt sich ein sehr gleichförmiges Drehmoment, das ein Schwungrad entbehrlich macht. Als Zündung dient Batteriekerzenzündung mit Hochspannungsverteiler. Die Schmierung ist zwangsläufig.

Auch der Achtzylinder-Pipe-Motor der *Usines Pipe Société anonyme*, Brüssel, zeigt die V-Anordnung der Zylinder. Bei 100 mm Bohrung, 100 mm Hub und ca. 1200 Touren leistet der Motor 50 PS, jedoch ist eine Steigerung der Tourenzahlen auf 1950 zulässig, wobei sich 70 PS ergeben. In den gegossenen Zylindern arbeiten aus Stahl gepresste Kolben, deren Gewicht auf das zulässig geringste Maß gebracht ist. Die Ventile sind in der halbkugelförmigen Explosionskammer senkrecht angeordnet, und zwar ist das Einlaßventil in dem rohrförmigen Auslaßventil geführt; die frischen Gase kühlen daher stets das Auslaßventil. Beide Ventile sind in einem Ventilkorb angeordnet, der bei irgend einem Defekt leicht auszuwechseln ist. Die Anbringung der zentral gelagerten Zündkerzen in einer langen Bohrung ist sehr zweckmäßig, da einem Verschmutzen durch Öl hierdurch wirksam vorgebeugt wird. Das ganze Zylindersystem ist mit einem Aluminiumblechmantel vollständig umgeben, durch den zur Kühlung Luft von oben nach unten hindurchgeblasen wird; Kühlrippen an den Zylindern unterstützen diese Abkühlung wesentlich. Der Luftstrom wird durch einen direkt auf der Motorwelle sitzenden Ventilator erzeugt. Da je zwei Kolben auf einen gemeinsamen Kurbelzapfen wirken, benötigt die Kurbelwelle nur drei als Kugellager ausgebildete Grundlager — ihr Mehrgewicht ist durch reichliches Ausbohren der Kurbelwelle ausgeglichen. Der Vergaser sitzt in der Mitte zwischen den Zylindern, so daß die frischen Gase stets den gleichen Weg zurückzulegen haben; durch Anordnung der Düse in der Mitte des Schwimmers ist eine etwaige Schräglage berücksichtigt; als Zündung ist Hochspannungsmagnetzündung vorgesehen. Der betriebsfertige Motor wiegt 131 kg, also 2,62 kg pro PS.

Infolge Überlastung des Gesamtbetriebes konnten die für die Ausstellung bestimmten Luftschiffmotoren der Firma *Gebr. Körting, A.-G.*, Körtingsdorf bei Hannover, nicht zur Ablieferung kommen. Einige Bilder lassen jedoch die Hauptmerkmale der großen Motoren gut ersehen, während der 36 pferdige Flugmotor im Flugapparat von Jatho im Betrieb studiert werden kann. Erstere leisten bei 116 mm Bohrung, 126 mm Hub und 1250 bis 1300 Touren 75 bis 85 PS; letztere bei ungefähr gleichen Abmessungen und 120 kg betriebsfertigem Gewicht 36 PS. Die Zylinder

sind aus sehr zähem Spezialgußeisen hergestellt und an allen Stellen bearbeitet. Die kupfernen Wassermäntel sind mit Rücksicht auf die verschiedene Ausdehnung zweckmäßig den Zylindern angefügt. Die Ansaugventile liegen in einem besonderen Kopf unmittelbar über den Auspuffventilen, so daß eine einzige Nockenwelle zur Betätigung genügt; und zwar werden die Auspuffventile von unten, die Saugventile mittels Schwinghebel von oben gesteuert. Ein weiterer Vorteil ist die sich hierdurch ergebende übersichtliche Saugleitung. Die Kolben werden aus einem besonderen Spezialgußeisen hergestellt, dem fast die gleichen Festigkeiten wie Stahl zukommen; die aus feinstem Nickelchromstahl angefertigte Kurbelwelle, bei der sämtliche Kröpfungen in einer Ebene liegen, und bei welcher stets zwei der geschmiedeten Pleuelstangen auf einen Kurbelzapfen arbeiten, arbeitet in fünf mit Weißmetall ausgegossenen Gleitlagern. Besonders bemerkenswert ist noch die Zündung, die aus zwei Magnetapparaten besteht, welche von einer besonderen Querwelle je nach Einrückung der Klauenkupplung angetrieben werden; bei Störungen an einem Magnetapparat wird einfach der andere eingeschaltet, ohne daß der Motor angehalten werden muß, was sich besonders beim Militärluftschiff gut bewährt hat. Der für alle Zylinder gemeinschaftliche Vergaser hat eine Regulierdrosselklappe, während die Zusatzluft sich selbsttätig regelt. Der Motor hat ein Einheitsgewicht von 2,3 kg, das sich aber noch ermäßigen ließe, wenn man das infolge des gleichmäßigen Drehmomentes und des guten Massenausgleiches überflüssige Schwungrad (20 kg) fortläßt.

Fig. 206.
Gnôme-Motor.

Der im vorigen erwähnte Wrightapparat enthält den häufig erwähnten Wright-Motor, über den auch die wichtigsten Angaben hier gemacht werden sollen. Der 28/30 PS-Vierzylinder-Motor mit Wasserkühlung besitzt gegossene Zylinder und kupferne Wassermäntel, die Auslaßventile werden durch Stoßstangen und Kipphebel gesteuert, die Einlaßventile arbeiten automatisch. Der Vergaser ist fortgelassen, eine kleine Zahnradschlepppumpe drückt das Benzin durch eine feine Rohrleitung direkt in die Saugventile ähnlich wie beim Antoinette-Motor. Die Zirkulationspumpe zur Kühlung ist direkt auf die Kurbelwelle montiert, ein Manometer in der

Wasserleitung dient zur Druckkontrolle. Die Schmierung erfolgt zwangsläufig, gezündet wird mit einem Magnetapparat für Hochspannung.

Haben wir bisher auf der Ausstellung lediglich Motoren mit feststehenden Zylindern kennen gelernt, so kommen wir jetzt zu den Rotations-Motoren. Der erste in der Halle aufgestellte rotierende Motor ist nach den Erfindungen von Ingenieur *Bucherer*, Köln-Lindenthal, gebaut. Wie bei all diesen Motoren sucht auch Bucherer die in den Zylindern als schwersten Teilen des Motors liegende Schwungmasse zur Ersparung eines besonderen Schwungrades zu benutzen, während andererseits die Rotation für eine genügende Luftkühlung sorgt. Der Motor ist besonders interessant deshalb, weil nicht nur die vier Zylinder, sondern auch die Kurbelwelle rotiert. Letztere ist eine vollkommen glatte Welle mit einfacher Endkurbel und Gegenkurbel, auf welche die Kolbenstangen unter Vermeidung jeder Pleuelstange direkt arbeiten. Der Kolbenhub kommt dadurch zustande, daß erstens wie bei allen Kurbelmaschinen der Kurbelzapfen sich von der einen Endstellung nach der um den doppelten Kurbelradius entfernten zweiten Endstellung bewegt, daß ferner infolge der ebenfalls um den Betrag des Kurbelradius exzentrischen Lagerung der Kurbelwellenmitte zur Zylinderwellenmitte ein abermaliger Kolbenweg von gleicher Größe wie der erste zurückgelegt wird. Durch diese gegenseitige Rotation ergibt sich also ein Kolbenhub gleich dem vierfachen Kurbelradius, so daß man mit dem Hub anstandslos bis zum dreifachen Zylinderdurchmesser gehen kann. Wie hieraus hervorgeht, müssen sich die Rotationen von Kurbel und Zylinder wie 2 : 1 verhalten, d. h. eine Gleichmäßigkeit oder ein geradliniger Kolbenweg muß auf jeden Fall erzwungen werden. Dies wird erreicht, indem auf der Kurbelwelle ein Zahnrad vom Kurbeldurchmesser sitzt, das in ein großes Innenzahnrad vom doppelten Kurbeldurchmesser eingreift, so daß der Kurbelzapfenmittelpunkt auf dem Teilkreise des kleinen Zahnrades liegt. Dadurch ergibt sich natürlich eine Epicykloide in Form einer geraden Linie, wodurch eine Geradföhrung des Kurbelzapfens gewährleistet ist. Im Betriebe laufen die Zylinder mit der halben Tourenzahl der Kurbelwelle in gleicher Richtung herum, beide Maschinenhälfen bewegen sich also im Gleichgewicht, und bei gleichen Gewichten von Kolben, Kolbenstangen und Zylindern ist der Massenausgleich bis auf die Zentrifugalkräfte vollkommen. Als weiterer Vorteil ergibt sich, daß für sämtliche vier Zylinder nur zwei Zapfen mit zwei Lagern gebraucht werden gegenüber einem anderen Motor, der je acht besitzt; ferner, daß infolge der geradlinigen Kolbenbewegung kein Wandungsdruck mehr gegen die Zylinder geäußert wird, so daß das ovale Ausarbeiten in Fortfall kommt, und die Kolben selbst wesentlich kürzer gehalten werden können, woraus sich wieder eine um 60 % höhere Hubausnutzung ergibt. Hervorzuheben ist noch eine besondere Einrichtung der Auspuffhebel, deren Gewichte so gewählt sind, daß bei Überschreiten der Maximaltounenzahl die Auspuffventile durch die Zentrifugalkraft offen gehalten werden, um so automatisch ein Durchgehen der Maschine zu verhindern. Der Bucherer-Motor wird in Größen von 30—50 PS mit 2 und 4 Zylindern für Flugapparate geliefert.

Ein weiterer Motor mit rotierenden Zylindern ist der *Gnôme*-Flugmotor im Flugapparat von *Nervö*. Dieser von der *Société des Moteurs Gnôme*, Paris, nach ähnlichen Konstruktionsprinzipien gebaute Motor besteht bei gänzlicher Ver-

meidung von Aluminium fast ausschließlich aus Stahl. Nur die Kolben sind aus besonders zähem Spezialgußeisen angefertigt. An ein zylindrisches Gehäuse, dessen beide Abschlußscheiben zur Lagerung der Kurbelwelle dienen, schließen sich, gleichmäßig über den Umfang verteilt, 7 Zylinder an. Das Motorgehäuse wie auch die einen, den Kurbelzapfen umschließende Pleuelstange laufen in Kugellagern; die übrigen Pleuel sitzen gelenkig mittels Bolzen am Hauptpleuelkopf. Besonders bemerkenswert ist hier die Zuführung des frischen Gasgemisches, die natürlich wie bei allen Rotationsmotoren durch die hohle Kurbelwelle erfolgt. Von der in diesem Falle feststehenden Kurbelwelle geht das Gemisch ins Gehäuse und dann durch den Kolben mittels eines ungesteuerten Saugventils in den Zylinder. Um das Saugventil nachzusehen oder nachzuschleifen, muß allerdings der ganze Zylinder demontiert werden, was ein entschiedener Nachteil ist. Das Auspuffventil liegt oben im Zylinderboden, weshalb man den Zylinder aus dem Vollen herausdrehen kann, wodurch er wesentlich leichter herzustellen ist. Dieser Flugmotor erreicht bei gänzlicher Vermeidung von Aluminium das geringe Einheitsgewicht von 1,5 kg (bei 1300 Touren, 50 PS, 76 kg), ist also bei weitem der leichteste Motor, wenn man die Zuverlässigkeit des verwendeten Materials mit berücksichtigt. Der Schmierung ist das Hauptaugenmerk bei der Konstruktion zugewandt; eine Ölpumpe mit zwei Kolben wird durch einen Verteiler gesteuert und drückt das Öl zu den einzelnen Schmierstellen derart, daß stets so viel Öl nachgedrückt wird, als in den Zylindern verbrennt bzw. durch die Auspuffgase mitgerissen wird. Der hohe Ölverbrauch, der sich durch das Nach-Außen-Schleudern des Öls bei jedem Rotationsmotor ergibt, ist natürlich auch hier nicht zu vermeiden. Die drei üblichen Größen: 30, 50 und 100 PS werden erzielt durch 5, 7 bzw. 14 Zylinder, die bei 100 mm Bohrung, 100 mm Hub 1300 Touren machen, entsprechend 110 mm, 120 mm und 1200 Touren für die beiden großen Typen.

Für sämtliche in der Halle im Betrieb gezeigten Motoren ist eine gemeinsame Hochdruckrohrleitung zur Abführung der Auspuffgase von der Firma *F r a n z S e i f f e r t & C o m p .*, A.-G., Berlin, verlegt. Dieselbe zieht sich unter dem Hallenboden in einzelnen Rohrsträngen entlang, vereinigt sich in einem Sammelrohr und mündet in den für die Dampfheizungs-Kesselanlage errichteten Schornstein, wodurch ein gutes Absaugen der Auspuffgase gewährleistet ist.

Nachdem wir so den fertigen Antriebsmechanismus unserer modernen Luftfahrzeuge in mannigfachster Form kennen gelernt haben, kommen wir jetzt zu seinen Zubehörteilen. Ein für sämtliche Motoren gleich wichtiges Element ist ihre Zündvorrichtung, d. h. sowohl die den Strom erzeugende Akkumulatorenbatterie bzw. der Magnetapparat als auch die im Explosionsraum die Zündung vermittelnde Zündkerze. Da finden wir zuerst von der Firma „*R a p i d*“ Akkumulatoren- und Motoren-Werke, G. m. b. H., Schöneberg-Berlin, sowohl Zündspulen für Explosionsmotoren in jeder Art als auch Hoch- und Niederspannungsmagnet-Induktoren sowie Edison- und Bleiakkumulatoren. Wenn letztere beiden auch im Gewicht keine große Differenz zugunsten des Edison-Akkumulators zeigen, so ist dieser Nickelstahlbatterie doch der große Vorzug nachzusagen, daß sie noch über die untere Spannungsgrenze hinaus entladen werden darf, ohne sogleich einen erheblichen Spannungsabfall oder gar irgendwelchen Schaden zu erleiden.

Auf dem Stande von Alfred Teves, Frankfurt a. M., der in sehr übersichtlicher Weise eine ganze Reihe Zubehörteile und Konstruktionsmaterial für den Motorenbau ausstellt, sind auch die magnet-elektrischen Zündapparate von Ernst Eise mann & Co, G. m. b. H., Stuttgart, ausgelegt, die sich durch gute Ausführung und Leistungsfähigkeit besonders bei den Wrightschen Flugmaschinen bewährt haben.

Außer den magnet-elektrischen Zündapparaten der Mea - Gesellschaft m. b. H., Stuttgart, sowie der Taunus - Zünderfabrik, Frankfurt a. M.,

Fig. 207.

Nordostseite der Halle.

hat die Firma Robert Bosch, Stuttgart, ihre bekannte Bosch-Lichtbogenzündung in recht hübscher Weise instruktiv aufgebaut. In kleine Gestelle sind der Zylinderzahl entsprechend eine Reihe Zündkerzen einmontiert, die nach Inbetriebsetzung das Überspringen der Funken in der richtigen Zündfolge demonstrieren. Die Zündung erfolgt in diesem Falle, indem zwischen den Polschuhen von zwei sehr starken Stahlmagneten, die ein kräftiges magnetisches Feld bilden, ein sogenannter I-Anker rotiert; der dabei in der Wicklung dieses Ankers entstehende Wechselstrom, der bei jeder Ankerumdrehung zweimal ein Maximum erreicht, wird zur Zündung benutzt, so daß also nach jeder halben Umdrehung eine Zündung erfolgen kann. Die Spannung dieses so erzeugten Stromes wird dadurch gesteigert, daß man den primären Stromkreis (wenige Windungen dicken Drahtes) kurz schließt und dann unterbricht. Im Augenblick des Unterbrechens bildet sich zwischen den Elektroden der Zündkerze ein Lichtbogen, der die Explosion einleitet. Da dieser Lichtbogen nur

bei einer bestimmten Stelle des Ankers hervorgerufen wird, muß ein zwangsläufiger Antrieb des Ankers von der Motorwelle aus erfolgen. Es ist also bei dieser Zündung keine Spule notwendig, außerdem entstehen keine kurz andauernden Funken, sondern kleine, sehr heiße Lichtbogen, die längere Zeit stehen bleiben und infolgedessen auch ärmere Gasgemische zur Entzündung bringen.

Eine Reihe für die Unterhaltung von Luftschiffmotoren wichtiger Gegenstände finden wir von der Gesellschaft für Dürre-Patente, m. b. H., Frankfurt a. M., ausgestellt: kleine sehr solid aussehende Schmier- und Wasserpumpen, Zündkerzen mit Ringzündung sowie Vergaser für alle Brennstoffe.

Ein weiterer, sehr wichtiger Bestandteil des modernen Motorenbaus, der allerdings infolge seiner verhältnismäßig schweren Ausführung lange Zeit gebraucht hat, bis ihn die nach geringem Gewicht ihrer Fabrikate strebende Industrie aufgenommen hat, sind die Kugellager, die erstens wegen der kleinen Reibungsarbeit, dann auch wegen des geringeren Schmiermittelbedarfes und endlich wegen ihrer großen Betriebssicherheit bei hohen Umlaufzahlen mehr und mehr in Aufnahme kommen. Die namhaften Kugellager-Fabriken wie: Deutsche Waffen- und

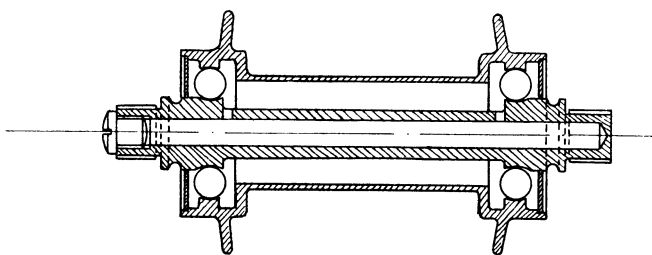


Fig. 208.

Lauf radnabe nach Bauschlicher.

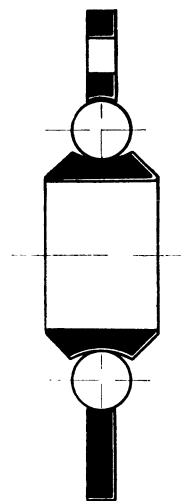


Fig. 209.

Ringlager nach Bauschlicher.

Munitions-Fabriken, Berlin; Schweinfurter Präzisionskugellager-Werke Fichtel & Sachs, Schweinfurt; Maschinenfabrik Rheinland, A.-G., Frankfurt a. M.; Fischer, Kugelfabrik A.-G., Schweinfurt, sind denn auch sämtlich mit gut durchgearbeiteten Kurbelwellenlagerungen am Platze, bei welchen Kugellager die Gleitlagerung ersetzen. Die ebenfalls vorgeführten Propeller-Kugellager kennzeichnen sich besonders dadurch, daß die Axialdrücke durch Spurlager, die Radialdrücke durch Ringlager aufgenommen werden, und daß beide Lager unter Verwendung kugeligter Auflagstellen universal eingestellt werden können. Außer diesen immerhin noch etwas schwer ausfallenden Normlagern sind bei Fichtel & Sachs nach den Vorschlägen von Ingenieur Bauschlicher noch besonders erleichterte Ringlager vorgeführt, deren äußere Laufringe aus Blech bestehen und somit an senkrechte Wände angeflanscht werden können. Hierdurch ist man noch nach Fertigstellung einer Maschinen-Zusammenstellung in der Lage, die Wellenmittel genau einzupassen. Nach Vorschlägen desselben Ingenieurs sind von der D. W. F. auch besonders

erleichterte Nabenlager für Laufräder gebaut, bei welchen die Kugellagereihen einerseits direkt im Nabenkörper, andererseits direkt auf der Welle angeordnet sind. Die vollständig durchbohrte Welle sorgt außerdem für eine reichliche Ölung.

Obleich schon bei der Besprechung von Gruppe 1 der Stand der Firma Basse & Selve ausführlich gewürdigt ist, sei an dieser Stelle nochmals auf die besonders zweckmäßigen Kühlapparate dieser Firma hingewiesen. Die verwendeten Aluminiumröhrchen von ca. 10 mm l. W. und 0,2 mm Wandstärke werden durch Dorne in die ca. 2 mm starken Frontwände der Kühlapparate eingepreßt, wodurch ein genügendes Dichthalten erreicht wird, z. B. genügt ein Kühler von 50 kg Gewicht für einen Motor von 150 PS. Auch ein äußerst gedrängt gebauter Kühler der Deutschen Patent-Kühler-Gesellschaft in Frankfurt zeigt die Fortschritte

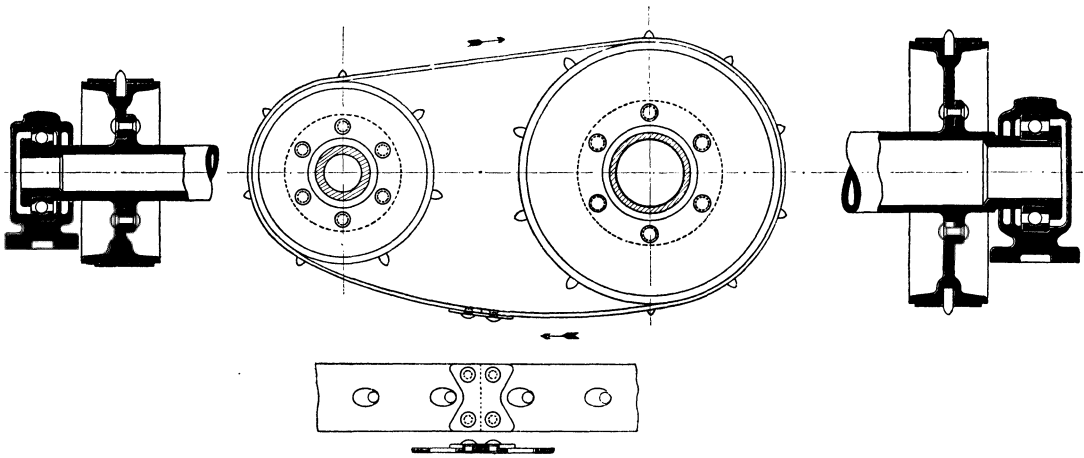


Fig. 210.

Stahlbandantrieb nach Bauschlicher.

auf diesem Spezialgebiet; eine photographische Aufnahme durch einen Kühler hindurch demonstriert die Luft- und Lichtdurchlässigkeit desselben (Chr. Kittsteiner & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M.).

Zahnräder und geeignete Verzahnung überhaupt spielen schon heute im Luftfahrzeugbau eine große Rolle, wie der Stand der Firma Gerhard Kestermann, Bochum, zeigt. Bei den fortwährenden Vibrationen werden bei den nach einer Evolvente hergestellten Gleit Zahnrädern die Zahndrücke sehr bald allerlei Durchbiegungen und ungleichmäßige Abnutzungen hervorrufen, so daß von der notwendigen Auflage längs einer Linie kaum noch die Rede sein kann. Bei den von Bauschlicher auf dem Stande der Automobiltechnischen Gesellschaft in großen Demonstrationsblättern vorgeführten neuen Verzahnungen soll ein kugelig ausgebildeter Zahn drehbar zwischen zwei Scheiben gelagert werden und so selbst bei relativ geringer Breite eben durch seine rollende Reibung eine sichere Übertragung bei gutem Wirkungsgrad gewährleisten. In ähnlicher Weise soll der jetzt vielfach angewendete Stahlbandantrieb, der schon wesentliche Vorzüge dem Riemen jeder Art gegenüber besitzt, noch durch das Ausstanzen ovaler Löcher verbessert werden,

die sich dann gegen feste Stifte der Treibscheiben legen und so eine bessere Arbeitsübertragung hervorrufen.

Es erübrigt sich jetzt noch, der vielen aus Spezialgußeisen, Temperstahlguß und ähnlichen Zusammensetzungen hergestellten Gußstücke, die zum Aufbau der Luftfahrzeugmotoren gehören, zu gedenken. Bei G. K u h n , G. m. b. H., Eßlingen, finden wir äußerst sauberen Zylinder- und Kolbenguß besonders für luftgekühlte Motoren mit viel kleinen Kühlrippen; einige aufgeschnittene Zylinder zeigen das homogene Gefüge des verwendeten Materials. C a r l O s t h o f f , Altvörder in Westfalen, dagegen fabriziert hauptsächlich besonders dünnwandige Stahlguß- und Temperguß-Einzelheiten, die ebenfalls in ihrer Gesamtwirkung trotz der geringen Dimensionierung einen äußerst soliden Eindruck machen. Weiter stellen die Firmen S c h u m a n n & C o . , Leipzig-Plagwitz, und C h r. K i t t s t e i n e r & C o . , G. m. b. H., Frankfurt a. M., besonders leicht gehaltene Aluminiumlegierungs-Gußteile und besondere Zubehörteile für Motoren aus, die sich aber im allgemeinen von dem Vorhergesagten nicht unterscheiden.

Für den ruhigen Gang unserer modernen schnellaufenden Motoren ist ein besonders gutes Schmiermaterial durchaus notwendig. Das verwendete Öl muß natürlich eine große Schlüpfrigkeit, hohes Adhäsionsvermögen besitzen, muß vollständig harz- und säurefrei sein und soll beim tunlichst geringsten Verbrauch trotzdem eine sichere Trennung der aufeinander gleitenden Flächen garantieren. Für die schwerer zugänglichen Teile muß ein gutes, konsistentes Maschinenfett verwendet werden, das einen großen Fettgehalt und einen hohen Schmelzpunkt besitzt, das jedoch aus solchen Grundstoffen hergestellt ist, die eine hohe Schmierwirkung gewährleisten und keinerlei harzende Bestandteile oder etwa gar Schwespat enthalten. Von großer Wichtigkeit ist außerdem bei einem solchen konsistenten Fett die sich stets gleichbleibende Zusammensetzung. Die Leichtflüssigkeit der verschiedenen Ölsorten wird auf vielen Ständen dadurch in hübscher Weise demonstriert, daß man das Öl in großen langen Glaszylindern vor irgendeine besonders helle Lichtquelle stellt und kleine Luftbläschen aufperlen läßt. An der gut abgeschlossenen Vorführung beteiligen sich die Firmen Z e l l e r & G m e l i n , Eßlingen; D e u t s c h e V a c u u m O i l C o m p a n y , Hamburg; D e u t s c h e Ö l w e r k e , G. m. b. H., Berlin; H. M ö b i u s & S o h n , Hannover-Wülfel, sowie E r n s t S c h m i d t , G. m. b. H., Düsseldorf. Letztere Firma hat es in dankenswerter Weise übernommen, sämtliche auf der Ila benötigten Öle, d. h. für alle im Betrieb befindlichen Motoren usw., kostenlos zur Verfügung zu stellen.

Zum Schluß sei noch auf ein Modell zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der Lenix-Spannrolle für den Riemenantrieb sehr nahe beieinander liegender Riemscheiben sowie auf ein Modell der Dohmen-Leblanc-Reibungskuppelung hingewiesen, die beide von der B e r l i n - A n h a l t i s c h e n M a s c h i n e n - b a u - G e s e l l s c h a f t in Dessau zur Ausstellung gebracht sind.

Wer vom hohen Standort des Ballons Preußen seine Blicke über den unteren Teil der Halle schweifen läßt, der wird gewiß überrascht sein über den grundverschiedenen Charakter, den die beiden Teile des Erdgeschosses bieten. Eine stärkere Betonung der Gegensätze zwischen den Konstruktionsprinzipien des alten, soliden und schweren Maschinenbaues und der modernen leichtbeschwingten Flugzeug-

technik ist auch schlechterdings nicht möglich. Auch hier der typische Zug nach dem Westen! Im Westen der Halle das Moderne, Neue — alles frei und luftig auf geräumigen Ständen, förmlich zum Fliegen einladend; im Osten gedrängt und massig, ein ungeheures Gewicht repräsentierend, fest an der Scholle klebend — die Hilfsindustrien.

Nun ist es ohne weiteres für den fachmännischen Beschauer klar, daß gerade allen diesen Nebenindustrien, die sich hier wie überall so willig von der jüngeren Schwester „überfliegen“ lassen, daß gerade ihnen das Hauptverdienst an der schnellen Entwicklung gebührt. Zumal nun die neueren Bearbeitungsmethoden von den be-

Fig. 211.

Südwestseite der Halle.

treffenden Werken fast geheimnisvoll behandelt werden und sich hinter den streng verschlossenen Toren der Fabriken abspielen, ist es doppelt hervorzuheben, daß hier dem Publikum alle diese Neuerungen in geschlossener Form anschaulich vorgeführt werden.

Wo das Materialgewicht von so einschneidender Bedeutung ist wie im Luftfahrzeugbau, da spielt natürlich die Präzisionstechnik eine Hauptrolle. Die Bearbeitung der dünnwandigen Teile schließt weit größere Schwierigkeiten in sich, als man sie sonst gewöhnt ist. Drehbänke mit hoher Schnittgeschwindigkeit, Schleifmaschinen für das Arbeitsstück und das Werkzeug müssen sich da die hilfreiche Hand reichen, um etwas Brauchbares zu schaffen. Ein weiterer erschwerender Umstand ist das zum Teil zur Verwendung gelangende hochwertige Material von großer Härte (Chromnickelstahl, Gußstahl, harte Bronze), das in einem anderen Teil dieser

Zusammenfassung gewürdigt ist. Vor allen Dingen die Bestandteile des Motors, dessen kleines stets noch herabzuminderndes Einheitsgewicht die Palme ist, um die von allen Seiten mit der ganzen Berufszähigkeit und Beharrlichkeit gekämpft wird, besonders diese vielen Kurbelwellen, Kolben, Zylinder, Ventile u. a. sind es, die ihrerseits eine Präzisions-Werkzeugmaschinen-Industrie von ungeahnter Höhe ins Leben gerufen haben. Nur Fabriken mit langjährigen, ausreichenden Erfahrungen werden daher mit ihren Erzeugnissen die Leistungsfähigkeit bekunden, mit der dem Luftfahrzeugbau gedient ist.

Unseren modernen Arbeitsgepflogenheiten entsprechend, ist natürlich die Schleifmaschinen-Industrie besonders zahlreich am Platze. Auf dem Stand der Naxos-Union (Julius Pfungst), Frankfurt a. M., sehen wir neben der wuchtigen Schmirgelscheibe zum rohen groben Schleifen von Arbeitsstücken und Werkzeugen die kleinere Schleifmaschine zum Instandhalten von Bohrern und Fräsern während Rund- oder Präzisionsschleifmaschinen den letzten Abschnitt im Bearbeitungsgang von Motorenteilen demonstrieren. Bei dieser Gelegenheit wollen wir gleich dankend hervorheben, daß sich die Gesamt-Werkzeug-Industrie es hat angelegen sein lassen, ihre Erzeugnisse im Betriebe vorzuführen. Was das aber bedeutet für das Verständnis des Laien und des nicht gerade in diesem Fachgebiet Bewanderten, das kann wohl nur der verstehen, dem es angelegen hat, die Funktionen solcher Spezialmaschinen mit Worten und Skizzen zu erläutern. Die Arbeitsweise der Schleifmaschinen ist ja nun recht einfach, aber trotzdem sind die verschiedenen Manipulationen der einzelnen Rädchen und Wellen jedem Beschauer bei ruhender Maschine ungleich schwerer zu erklären, als ein einfaches Inbetriebsetzen sie ihm ohne weiteres darstellt. Die zu schleifenden Rotationskörper drehen sich einerseits, während sich die ebenfalls rotierenden Schmirgelscheiben gleichzeitig auf deren Oberfläche vorwärts bewegen. Soll ein feiner Schliff erfolgen, so wird naß geschliffen, bei grobem Schliff — trocken; und entsprechende Vorrichtungen an den Maschinen sorgen dafür, daß sowohl der Staub als auch die nassen Rückstände fortwährend abgesaugt werden. Also auch in gesundheitlicher Beziehung arbeiten die Maschinen zufriedenstellend! —

Der oben erwähnte Arbeitsgang wird sich dann etwa so abspielen, daß die betreffenden Rotationsteile auf Schnell- oder Revolver-Drehbänken mit 0,2—0,3 mm Zugabe vorgedreht werden, und dann auf Präzisions-Rundschleifbänken die Fertigstellung nach Kaliber erfolgt, so daß dann die aus verschiedenen Bearbeitungsräumen kommenden Werkstücke in der Montagehalle einfach zusammengesteckt werden können. Erst bei solcher Arbeitsteilung ist an eine gedeihliche Entwicklung zu denken.

Speziell auf den Motorenbau zugeschnitten sind die Schleifmaschinen der Firma Mayer & Schmidt, Offenbach a. M. Besonders die Zylinderschleifmaschine zur Innenbearbeitung der Motorenzylinder fällt durch zweckmäßige Gliederung des Aufbaues in die Augen. Auch die Nockenschleifmaschine, die zum Überschleifen der Steuerungsorgane für Luftfahrzeugmotoren (Nocken) dient, und die Kolbenringschleifmaschine zeigen sich allen Anforderungen gewachsen. Gerade die letzterwähnten Spezialmaschinen sind schon durch die Automobilindustrie ins Leben gerufen und bedurften nur der zielbewußten Verfeinerung. So müssen die Flanken der Kolbenringe, wenn sie überhaupt in den Kolbennuten gut dichten

sollen, peinlich genau abgeschliffen werden, welchem Zweck die Maschine dem Anschein nach gut entspricht.

Neben einigen Schleifmaschinen von mehr allgemeiner Bedeutung, wie solchen zum Schärfen von Spiralbohrern und Fräsern, zum Nacharbeiten von Sägeblättern und Sägebändern für Holzbearbeitungszwecke, neben diesen Maschinen stehen auf dem Stand der Firma *F r i e d r i c h S c h m a l t z*, G. m. b. H., Offenbach a. M. einige Zylinderschleifbänke, die wohl das Gesamtinteresse auf sich ziehen. Die in drei Größen aufgebauten Maschinen, deren Wirkungsbereich sich auf Zylinder von 100—200 mm Durchmesser und von 200—900 mm Tiefe erstreckt, arbeiten mit vertikal stehender Planetenschleifspindel, die mittels eines Gegengewichts ausbalanciert ist. Die Spindel kann während ihres Ganges in ihrer kreisenden Bewegung

auf jede feinere Einstellung beliebig reguliert werden. Gleichzeitig erfolgt automatisch eine Auf- und Abbewegung, wodurch die zu rektifizierenden Zylinder, die auf einen festen Tisch geschraubt sind, bearbeitet werden. Nicht unerwähnt sollen hier auch die Universalschleifmaschinen dieser Firma bleiben, die freilich nicht nur für den Luftfahrzeugbau von Bedeutung sind. Aber die vielen in jeder Motorenwerkstätte vorkommenden Schleifarbeiten an den Kurbelwellen, Lagerungen der

Fig. 212.
Schleifmaschine von Fontaine & Co.,
Frankfurt.

Kugellager usw. berechtigen uns wohl, diese kleinen sauberen Maschinchen als notwendiges Werkstätteninventar zu bezeichnen.

F o n t a i n e & C o., Bockenheim-Frankfurt a. M., führen hauptsächlich kleine Schleifmaschinen zur Instandhaltung des Werkzeugs vor. Beteiligen sie sich somit auch nicht direkt an dem großen Wettlauf, die Werkstücke des Flugzeugbaues zur Verfeinerung zu bringen, so ist doch ihre indirekte Betätigung um so segensreicher; schaffen sie doch der Flugtechnik die Werkzeuge, ohne die Erfolge ausgeschlossen sind. Neben den Bänken zum Schärfen von Fräsern, Sägeblättern und Bohrern ziehen besonders kleine Fräuserschleifmaschinen die Aufmerksamkeit auf sich. Wegen ihrer besonders kompendiösen Bauart mit dem kleinen Vorgelege geben wir sie hier im Bilde wieder. Sie dienen zum Schleifen von Fräsern feiner und feinsten Zähnung.

Ist nun die Schleifmaschinen-Industrie durch ihre besonders glückliche örtliche Lage zur Ausstellung in erster Linie vertreten, so beweist auch die übrige Werkzeugmaschinenbranche durch ihre Produkte, daß sie wohlgerüstet ist für alle neuzeitlichen Anforderungen.

So zeigen besonders die Schnelldrehbänke jetzt eine Vollkommenheit, die schlechterdings nicht zu übertreffen ist. Schon dem flüchtigen Beschauer bieten sie etwas Neues: das Vorgelege und der Stufenkonus, dieses notwendige Übel der Drehbänke, ist nicht vorhanden. Trotzdem also nur eine einfache Antriebsscheibe an der Bank sichtbar ist, gewährt sie eine Fülle der verschiedensten Tourenzahlen. Die Antriebsscheibe überträgt die Kraft unter Zwischenschaltung von etlichen Stirn-

räderpaaren direkt auf die Hauptspindel; da eine ganze Reihe von Zahnrädern eingriffsbereit nebeneinander gelagert sind, ist auch beim Gewindeschneiden das mühsame Einsetzen der Wechsellräder ein überwundener Standpunkt. Lediglich einige Hebel am Spindelkasten werden in eine bestimmte Stellung gelegt, und jede gewünschte Spindelsteigung ist eingestellt.

Da diese Bänke aber auch sonst noch eine Menge interessanter Einzelheiten zeigen, wollen wir eine dieser Gruppen im Bilde bringen und näher besprechen. Diese von der Firma L. Schuler, Göppingen, ausgestellte Schnelldrehbank amerikanischer Bauart, die infolge ihrer kräftigen Bauart und ihrer gediegenen Räderausführung sowohl für schwere Schrumparbeiten (ermöglicht sie doch Schnittgeschwindigkeiten von 65 m/Min.) als auch für leichte Präzisionsarbeiten geeignet ist, kann man wohl als den geschaffenen Typ für Einzelantrieb ansprechen. Eine an der hinteren Seite des Spindelkastens stets mit konstanter, hoher Geschwindigkeit umlau-

fende Friktionsriemscheibe oder ein Kettenrad ermöglicht nämlich, entweder von der Transmission direkt zu treiben oder bei Gruppenantrieb von einem kurzen Vorgelege oder aber (und das dürfte wohl das Beste sein) von einem Elektromotor durch einen der modernen kurzen Kettentriebe, z. B. Renold-Rollenkette. Die Aus-

Fig. 213. Schnelldrehbank von L. Schuler, Göppingen.

lösung der Friktion kann von jeder Stelle der Bank mittels einer die ganze Länge derselben überspannenden Stange erfolgen.

In wenigen Sekunden kann ohne Zuhilfenahme eines Werkzeuges, lediglich durch Verstellung der wenigen Hebel (meist drei), die übersichtlich angebracht und leicht zu handhaben sind, und deren entsprechende Lage auf einem Schild vorgezeichnet und schematisch angedeutet ist, jede beliebige Umdrehungs- und Vorschubgeschwindigkeit beim Lang- und Plandrehen und beim Gewindeschneiden eingerückt werden. Eine einfache Betätigung der Holzquerstange ermöglicht außerdem sofort die gewünschte Drehrichtung. Es ist also bei dieser Bank alles bis ins kleinste durchgearbeitet, die Konstrukteure haben sich genau in die Bedürfnisse der Praxis hineingedacht und haben es verstanden, diese Bedürfnisse in jeder Weise zu befriedigen. Ein nur einigermaßen intelligenter Arbeiter muß an dieser Bank in kurzer Zeit Bescheid wissen. Der geschlossene Spindelkasten ist zur Hälfte mit Öl gefüllt, die Hauptspindel ist sauber geschliffen und läuft in langen Phosphorbronzelagerungen mit Ringschmierung, welche im Körper konisch gelagert sind und zentrisch nachgezogen werden können. Hierdurch ergibt sich ein sehr ruhiger Gang und eine tunlichst kleine Abnutzung. Die oben erwähnte Verstellung der Umdrehungszahl ergibt sich nun dadurch, daß der betreffende Hebel eine seitlich verschiebbare Schwinge betätigt, die ihrerseits wieder das Räderpaar in Eingriff bringt. Dieses außerordentlich sicher wirkende Nortongetriebe, das zwischen Antriebswelle und Hauptspindel liegt, läuft ganz in Öl, was besonders der Haltbarkeit zugute kommt.

Schnelldrehbänke in ähnlicher Ausführung sind dann noch von den Firmen *Heidenreich & Harbeck*, Hamburg, *Sondermann & Bansa*, Frankfurt a. M., und *Gebr. Böhringer*, Göppingen, ausgestellt, deren Erzeugnisse sich lediglich in kleinen Abänderungen von der beschriebenen Bank unterscheiden. Die Maschine der ersten Firma wird viel im Betrieb vorgeführt, zeigt hervorragende Schnittleistungen und besticht durch äußerst gefällige Form. Die Böhringer-Bank demonstriert ihre Leistungsfähigkeit wohl am besten dadurch, daß zum Fertigdrehen und Schlichten der 4 Kurbelzapfen einer Motorkurbelwelle (Chromnickelstahl) aus 85 mm Vierkant auf 65 mm Durchmesser und 90 mm Länge nur 4½ Stunden gebraucht werden einschließlich Ein- und Ausspannens. Sodann sehen wir bei derselben Firma noch eine exakt arbeitende Hobelmaschine, deren Wirkungsweise aber weiter nichts Neues bietet.

Die vielen sonst notwendigen normalen Drehbänke dem Publikum in anschaulicher Weise vor Augen zu führen, hat die Firma *Sondermann & Bansa* übernommen und diese Aufgabe auch in wirklich hübscher Weise gelöst. Neben den gewöhnlichen Revolverdrehbänken zum Herstellen von Verschraubungen, Bolzen, Muttern, Armaturteilen für Motoren u. dgl. finden wir eine neuartige Revolverbank mit Leitvorrichtung und einem Terrassenrevolverkopf. Ferner zieht wohl die Feilenhaumaschine das Interesse der Fachwelt in besonderem Maße auf sich. Sämtliche gangbaren Feilen können auf derselben hergestellt und wieder aufgehauen werden. Die größere Maschine dient für Feilen der Größen 8—20, die kleinere haut Feilen in den Grenzen 4—44 in S, ½ SS und SS. Eine derartige Feilenhauerei stellt sich komplett auf rund M. 8000 und dürfte sich für jede größere Maschinenfabrik zur Deckung des Bedarfs bezahlt machen, wenn — eben die Feilenhauerei nicht auch

ihre besonderen Erfahrungen sammeln müßte. Und da geht unsere Ansicht dahin, daß es doch noch immer zweckmäßiger ist, einen derart hoch entwickelten Bedarfsartikel beim Spezialfabrikanten zu beziehen, als sich womöglich erst in langer Zeit die unbedingt notwendigen Erfahrungen teuer zu erkaufen, seinen Betrieb unnötig dadurch zu vergrößern und im ungünstigen Falle durch Versagen der Einrichtung zu gefährden. Nicht im Generalisieren, sondern im Spezialisieren liegt der Fortschritt!

Die gleiche Firma zeigt eine Hobelmaschine mit Friktionsumsteuerung „System Haas“, welche ebenfalls direkt von der Transmission auf eine einzige Riemscheibe arbeitet. Ihre präzise Steuerung sowie die Möglichkeit, sie jeden Moment vom Stand aus ein- und auszurücken (selbst während der Umsteuerung) dürfte allgemein interessieren.

Daneben haben eine kombinierte Blechschere, Lochstanze und Fassoneisenschneider mit Riemenantrieb in genialer Weise einem langgehegten Bedürfnis abgeholfen. Ohne gegenseitige Behinderung können gleichzeitig auf einer Seite Bleche und Flacheisen geschnitten werden, während die andere Seite zum Stanzen, die Mitte zum Profileisenschneiden benutzt wird. Die Ausführung in Stahl verleiht der Maschine hohe Bruchsicherheit.

Weil man im hochentwickelten Motorenbau viele Einzelteile aus dem vollen Material herausarbeitet, z. B. Kurbelwellen, Zahnräder, Büchsen u. s. f., so bedürfen wir leistungsfähiger Abstech- und Kaltsägemaschinen.

Da liefert nun die Firma *G u s t a v W a g n e r*, Reutlingen, ausgezeichnete Spezialbänke. Zuerst eine Kaltsägemaschine, die Siemens-Martinstahl von 100 mm Durchmesser in einer Minute durchsägt. Gewiß eine außerordentliche Leistung! Den immerhin erheblichen Materialverlust durch das Sägeblatt verringert die Firma durch eine Vorrichtung, bei der Arbeitsstück und Blatt gegeneinander rotiert, und bei der erstaunlich dünne Sägeblätter verwendet werden. Hierher gehören auch die „Rapid-Sägeblätter“ mit eingesetzten Schnellaufstahlzähnen. Ein Patentvorgelege ermöglicht bei einer Gewindeschneidemaschine stets dieselbe Antriebsgeschwindigkeit, da die wechselnden Geschwindigkeiten durch Verstellung des Vorgeleges erreicht werden. Der Gewindebolzen löst außerdem an einer vorgemerkten Stelle selbsttätig den Kluppenkopf aus, was für die Massenanfertigung gleich langer Gewinde (z. B. Gerüst eines Flugzeugs) nicht unterschätzt werden darf.

A d o l f H e e r d t, Frankfurt a. M., versetzt uns in die nicht unmittelbar zur Hauptwerkstatt gehörigen Räume. Wohlfahrtseinrichtungen wie Kleiderschränke und Waschtröge mit einzelnen Becken — Expeditionsräume mit Ablegeständern — Montagehallen mit freistehenden Werkbänken, transportablen Bohrmaschinen und kleinen Handhobelmaschinen — alles ist mit der gleichen Fürsorge behandelt und durchgeführt. Bei der Handhobelmaschine wird der Hobelschlitten durch einen Handhebel bewegt; kleine Flächen können schnell und genau geglättet werden; allein schon die Anfertigung von Nuten in Wellen dürfte dem kleinen Apparat die Einführung in sämtliche Montagewerkstätten sichern.

Haben wir eben die transportablen Bohrmaschinen erwähnt, so handelt es sich jetzt um eine spezielle Ausführung. Der elektrische Strom wird nicht nur zum An-

trieb des Bohrers benutzt, sondern auch gleichzeitig zum Anheften am Werkstück durch zwei Elektromagneten, wodurch sich die lästigen Bohrwinkel u. dgl. erübrigen.

Mit Recht wird man nun diese immerhin schweren Bohrmaschinen im leichten Luftfahrzeugbau zurückweisen und ihre Verwendung vielmehr im Hallenbau suchen; dagegen sind die fahrbaren Antriebsgestelle der Firma *Emil Capitaine & Co.*, Frankfurt a. M., die notwendige Ergänzung der stationären Anlagen. Ein kleiner Antriebswagen enthält Elektromotor nebst Vorgelege und verschiedene Anschlußzapfen, so daß nicht allein Bohrmaschinen, sondern auch Fräsapparate angeschlossen werden können, wie denn auch vor allen Dingen die ausziehbaren Gelenkwellen dafür sorgen, daß die verschiedenartigsten Gegenstände einwandsfrei zu bearbeiten sind (Nuten-Schieberflächen-Fräsapparate).

Hiermit haben wir schon den wichtigen stationären Bohrmaschinen mit ihrem großen Arbeitsbereich vorgegriffen. Motorgehäuse und Zylinder, Lagerstellen für die Wellen und endlich die vielen Armaturen — alles dieses benötigt zur Fertigstellung der Bohrmaschinen, so daß auch diese Spezialindustrie nicht fehlen darf. Da ist es vor allen Dingen die Werkzeugmaschinen-Fabrik „*Union*“ in Chemnitz, die schwere Bohrwerke für die Gehäuse- und Zylinderbearbeitung ausstellt, während besonders die Dresdener Bohrmaschinen-Fabrik *A.-G.*, vorm. *Fischer & Winsch*, Dresden-A., Schnellbohrbänke in ein- und mehrspindelige Ausführung in anschaulicher Weise vorführt.

Außer den schon vorerwähnten Schnelldrehbänken und einigen eleganten Bohrmaschinen finden wir bei *Boeffinger & Schaefer*, Frankfurt a. M., eine neuere Konstruktion in Schnellhobelmaschinen, die mittels Schneckenantrieb auch bei schnellem Gang stoßfreies Arbeiten gewährleistet, und so durchaus saubere Fabrikation liefert. Nebenher sei noch bemerkt, daß der Fortfall von Vibrationen schwere Fundamente überflüssig macht.

Doch damit sind die für die Luftfahrzeugtechnik dank ihrer guten Konstruktion so wichtigen Erzeugnisse dieser Firma noch nicht erschöpft. Eine einschneidende Bedeutung wird die Schnellgewindeschneidmaschine sicher noch erlangen, mit der Gewinde (in Eisen bis zu 12 mm, in anderen Metallen bis zu 15 mm) schnell und sauber geschnitten werden können. Ein sanftes Andrücken des Arbeitsstückes gegen den Gewindebohrer kuppelt selbsttätig den Rechtsgang der Spindel ein, so daß das Gewinde geschnitten wird. Leichtes Anziehen des Arbeitsstückes nach Beendigung des Schneidens ergibt Umsteuerung der Spindel, also Rückdrehung des Bohrers. Der große Vorzug der Einrichtung liegt in der *selbsttätigen* Umsteuerung, ohne daß Hand- oder Fußhebel irgendwie betätigt werden. Die Spindel wird außerdem nicht durch Friktion, sondern durch Klauen mitgenommen, so daß die Aufrechterhaltung der Mitnahme keinerlei Reaktion auf das Gewinde ausübt, es also auch nicht verletzt oder streckt.

Für die feineren Vorarbeiten, ev. die Modellerprobungen erscheinen uns die Präzisions-Feinmechanikerbänke in besonderer Weise geeignet. *Flesch & Stein*, Frankfurt a. M., führen dieselben hauptsächlich für Fußbetrieb aus und haben wirklich zweckmäßige Bänke ausgestellt, *Lorch, Schmidt & Co.* und *Wolf, Jahn & Co.*, beide in Frankfurt a. M., sind dagegen mehr mit Drehstühlen und

ganz kleinen Bänken für sehr subtile Arbeit vertreten. Auch hier zeigt sich neben der Zweckmäßigkeit in der Durchführung die elegante Form.

Ehe wir die so interessante Abteilung der Werkzeugmaschinen verlassen, wollen wir noch der Blechbearbeitungsgruppe von L. S c h u l e r , Göppingen, gedenken.

Eine Exzenterpresse mit automatischem Materialvorschub dient vorzugsweise zur Anfertigung gliederloser Bandketten, wie sie S. 444 beschrieben sind, während die Friktionsspindelpresse Zieh- und Prägearbeiten vollzieht. Schlag- und Parallelscheren mit Kraft- und Fußbetrieb schneiden in exakter Weise Kühlmäntel, Auspufftöpfe usw. zu, kleine Handpressen lochen allerlei Schienen und stanzen Rondellen für Reservoirs aus, Bördel- und Falzbiegemaschinen nebst Rundmaschinen zum Falzen und Rundbiegen von Blehmänteln geben ein annäherndes Bild von der Vielseitigkeit auch dieses Zweiges. Erwähnenswert ist außerdem noch eine Universal-Abkantmaschine, welche Profilschienen aller Art erzeugt und so beim Bau von Gondeln, Trägern, starren Gerüsten eine großes Materiallager erübrigt, weil jedes Profil sofort angefertigt werden kann. Natürlich gibt es auch hier eine Grenze, bei welcher der Bezug von Spezialfirmen doch ökonomischer wird als Selbstanfertigung.

Dieser reichhaltigen Sonderausstellung von Werkzeugmaschinen gliedern sich die Werkzeuge selbst würdig an. Die Firma F r i e d r i c h D i c k , Eßlingen a. N., mit einer reichen Auswahl Feilen, W i g d o r , W o l f e r m a n n & C o . , G. m. b. H. Berlin, H ü m p f n e r , W. S c h r i m p f - B a u e r , P e t e r T i l l m a n n Nachf., G r o m & H o l l , G ü n t h e r & K l e i n m o n d , sämtlich in Frankfurt a. M., M. E h r l i c h , Wiesbaden, B a l d u i n D e h m e , Leipzig, D. G o l d m a n n , Berlin, A r t . H ä n d l e r , G. m. b. H., Berlin, O t t o F a u s t & C o . , Oberhausen — sie alle sind mit ihren Erzeugnissen erschienen und bieten ein überzeugendes Bild unserer Kleinindustrie, wie sie bestrebt ist, die Flugtechnik zu unterstützen. Wenn wir auch die vielen Gewindeschneidzeuge, Fräser, Reibahlen, Spiralbohrer u. dgl. nur kurz streifen können, so wollen wir hier doch besonders auf die Präzisionsmeßinstrumente verweisen, die A l i g & B a u m g ä r t e l , Aschaffenburg, in reichhaltiger Auswahl anfertigen. Neben Zirkeln, Winkeln und Wasserwagen sind es besonders Toleranzlehren, die außerordentlich saubere Arbeiten zeigen. Auch eine neue Schublehre ist interessant, weil man zweierlei Material bei ihr verwendet, Schnabel und Zunge sind aus gehärtetem Stahl, der Schieber aber aus Bronze, wodurch ein leichter Gang und geringe Abnutzung resultieren. Erwähnen wir dann noch die Diamantwerkzeuge von U r b a n e c k & C o . , Frankfurt a. M., so können wir diese Ausstellungsserie mit dem Bewußtsein verlassen, daß unsere Werkzeug- und Werkzeugmaschinen-Industrie wohl in der Lage ist, den weitgehendsten Ansprüchen an Solidität, Schnelligkeit und Genauigkeit zu genügen. Daß sich vor allen Dingen die um Frankfurt konzentrierte Industrie zusammengezogen hat, beruht einerseits in der örtlichen Lage, dann aber auch darauf, daß dieselbe auf durchaus gesunder Basis steht und daher wohl das Beste dieses Spezialgebietes zu zeigen vermag. Der etwas breit angelegte Raum für diese Nebenindustrie wirkt sofort verständlich bei der großen Wichtigkeit derselben für das Ganze. An dieser Stelle möge eingeschaltet werden, daß ein großer Zweig der Flugzeugtechnik, die Holzbearbeitungsmaschinen, mit Rücksicht auf den beschränkten Ausstellungsraum, und weil sie relativ bekannter sind, nicht ausgestellt sind, wobei

ihre große Bedeutung für den Gerüstbau, die Propelleranfertigung usw. keineswegs unterschätzt werden soll.

Verfolgten die bisher besprochenen Maschinen hauptsächlich die Zerkleinerung des Werkstückes, so kommen wir jetzt zu den verschiedenen Schweißverfahren, die gerade in der letzten Zeit so ungemein vervollkommnet sind. Gerade diese autogenen Schweiß- und Schneidverfahren haben sich dem eigentlichen Wesen des Luftfahrzeugbaues in einer Weise angepaßt, die vollkommener nicht zu denken ist. Wir brauchen uns nur der umständlichen Vorbereitung zu erinnern, die ein Schweißen im offenen Kohlenfeuer erfordert, wie sich da alles um den Schmied dreht, damit nur ja die Sache klappt, wir brauchen uns ferner nur vorzustellen, daß für die häufigen Reparaturen bei Flugzeugen jedesmal dieser ganze umständliche Vorgang eingeleitet werden muß, um sofort die Bedeutung der sauberen, peinlich lokal auszuführenden, autogenen Schweißung zu ermessen. Hauptsächlich zwei Verfahren treten in den Vordergrund; das erste arbeitet mit Wasserstoff und Sauerstoff und wird von der Chemischen Fabrik G r i e s h e i m - E l e k t r o n , Frankfurt a. M., vertreten, das andere benutzt Acetylen und Sauerstoff und wird von den Firmen H a g e r & W e i d m a n n , G. m. b. H., Berg-Gladbach, O s t e r m a n n & F l ü s , Köln-Riehl, und A l l g e m e i n e B e l e u c h t u n g s - I n d u s t r i e , Frankfurt a. M., vorgeführt. Letzteres Verfahren stellt einen Teil des notwendigen Gasgemisches, nämlich das Acetylen, selbst her, macht sich dadurch unabhängiger und verringert ferner auch die Betriebskosten. Das Gemeinsame hierbei ist ein Gaserzeugungsapparat, in welchem aus Calcium-Carbid Acetylen hergestellt wird, mit Gasometer. Die Unterschiede beruhen lediglich in der Ausführung der Brenner (oder „Schweißstellen“, wie der Fachausdruck nicht gerade übermäßig schön lautet); das Gas, von dessen Reinheit übrigens die Beschaffenheit der Schweißnaht abhängt, wird direkt in den Brenner geleitet und hier mit dem Sauerstoff vereinigt, dessen Zufluß ein kleines Reduzierventil auf der Flasche regelt. Die Stichflamme hat eine Temperatur bis zu ca. 3600° (je nach dem Sauerstoffgehalt) und bringt natürlich jedes Metall und jede Legierung zum Fließen, so daß eine Vereinigung der flüssigen Teile erfolgt. Hager & Weidmann bauen diese Anlagen recht kompensiös auf einen kleinen Wagen und entsprechen so allen Anforderungen. Die Allgemeine Beleuchtungs-Industrie geht noch wieder einen Schritt weiter; sie stellt Acetylen im großen her, komprimiert es in Stahlflaschen und arbeitet dann mit 2 Flaschen ähnlich dem Wasserstoff-Sauerstoffverfahren. Nebenbei bemerkt, sollen diese Flaschen mit Acetylen gleichzeitig zur Speisung von Lampen Verwendung finden. Ob dies nun die bewährten Acetylen-Laternen übertrifft, erscheint uns allerdings zweifelhaft. Ostermann & Flüs führen in der Halle ihre Apparate und diverse Metallmuster vor, während sie draußen in einem Zelt eine komplette Schweiß- und Schneidanlage nach dem autogenen Verfahren aufgebaut haben. Gerade dem Neuling sagt solche Anordnung mehr als die Stände der Halle; nun kann er sich doch ein Bild machen, wie er sich ev. eine solche Anlage bauen müßte. So etwas wirkt immer recht instruktiv.

Griesheim-Elektron endlich arbeitet mit Sauerstoff-Wasserstoff und wird wohl auf alle Besucher durch die Einfachheit einen bleibenden Eindruck machen. Unsere besonderen Bahnverbindungen setzen ja auch jeden in den Stand, die nötigen Flaschen

zu rechten Zeit zu erhalten. Die Vorgänge selbst sind ähnlich den vorgenannten. Entweder werden durch die Flamme die aneinanderstoßenden Blechkanten zum Fließen gebracht und so verbunden — oder aber das Eisen erhält durch die Flamme Weißglut, und auf die vorgewärmte Stelle wird ein Sauerstoffstrahl von hohem Druck geleitet, das Eisen verbrennt an dieser Stelle sofort, und das geschmolzene Oxyd wird fortgeblasen, d. h. es wird autogen geschnitten.

Jetzt finden wir aber noch einen wichtigen Faktor der ganzen Praxis — die Schraubenfabrikation — in mustergültiger Weise dargestellt durch G. C o l s h o r n , Frankfurt a. M., und F. M o l l e r , Offenbach a. M. Beide Firmen haben ihr Augenmerk darauf gerichtet, trotz der Massenanfertigung präzisierte Artikel zu liefern und besonders eine brauchbare Schraubensicherung auf den Markt zu bringen. Mehr noch als im Automobil- und Rennbootsbau, weit mehr als im stationären Maschinenbau hängt die Sicherheit und das Leben des Führers davon ab, daß jede Kleinigkeit ihre Pflicht tut, daß keine Mutter sich losrüttelt. Darum ist die federnde Schraubensicherung, so klein sie gegen viele Ausstellungsgegenstände erscheint, für die Gesamtentwicklung von großer Bedeutung.

Gruppe 11. Kunstgewerbe.

Wie alle technischen Fortschritte nicht lediglich materiellen Zwecken dienen, sondern einen bedeutenden Einfluß auf unser Geistesleben ausüben, ja — wie ihr Endziel geradezu das Erreichen neuer Steigerungsformen unseres Lebens ist, so hat auch die Luftschiffahrt selbst mit ihren bescheidensten Erfolgen stets die Kunst im weitesten Sinne zu immer hervorragenderen Leistungen angefeuert. Der letzte Abschnitt unseres Kampfes um die Eroberung der Luft — die Lenkballons und die Flugmaschinen — ist allerdings noch zu jung, um schon der modernen Kunst sein Gepräge gegeben zu haben, so daß uns ein Bild vom gegenwärtigen Stand menschlicher Herrschaft über die Luft aus neueren Erzeugnissen wenig entgegentritt. Aber etwas Gemeinsames begegnet uns überall auf diesen der Kunst geweihten Wegen: die große Freude, der enthusiastische Jubel der Menschheit über diesen neuesten Sieg menschlichen Geistes über die Natur, der uns wieder ein Stück weiter gebracht hat auf der Bahn zur großen Einigung der Welt, der uns gleichsam der Natur genähert, uns der Erdschwere enthoben hat.

Über die vielen Gegenstände selbst nur wenige Worte, um der Reichhaltigkeit der Ausstellung Genüge zu tun; sie selbst zu besprechen, reicht der Platz bei weitem nicht aus, wollten wir auch nur ein wenig den verschiedenen Eigenarten gerecht werden.

Zunächst die Ila-Plakette nach dem Entwurf von Wilhelm Oskar P r a c k , Frankfurt a. M.; sie findet sowohl für die Medaillen als auch für die Titelblätter der Ila-Wochenrundschaue Verwendung und zeigt in sicheren festen Linien die zum Himmel emporgereckte Gestalt eines schönen Jünglings, der anbetend zur Höhe schaut.

Dann in der großen Vitrine die Ehrenpreise der Ausstellung, die in der weitaus größten Zahl den Freiballon und seine Ausrüstung als Motiv benutzen, sofern sie plastisch ausgeführt sind; während in Reliefs mit Vorliebe das Zeppelin-Schiff festgehalten wird. Einen Hauptanziehungspunkt der

Sammlung bietet eine große in Cadiner Manier ausgeführte Vase — der Ehrenpreis S. M. des Kaisers.

Hübsche Plastiken vom Bildhauer *Carl Stock*, Frankfurt a. M., eine große Zeppelin-Plakette zur Erinnerung an den Echterdinger Unglückstag (*Ewald Schmahl*, Elberfeld) reihen sich an große Auslagen von Medaillen, Abzeichen, Preis-Plaketten, Ausstellungs- und Preismünzen usw. (*J. Chr. Lauer*, G. m. b. H., Nürnberg, *Franz Pfeiffer*, Frankfurt a. M., *Ad. Schwerdt*, Stuttgart, *Carl Pöllath*, Schrobenhausen, *Alfred Stübbe*, Berlin C), Kunstgegenstände als Ehrenpreise von *Otto Schulz*, Berlin, wechseln ab mit Bechern und ähnlichen Artikeln, die aus den Resten des Echterdinger Schiffes an-

Fig. 214.

Vitrine mit Ehrenpreisen.

gefertigt sind (*Cornelius Müller*, Bacherach) — kurz es ist eine große Vielseitigkeit. Sehr dekorativ wirkt ferner ein Beleuchtungskörper in Form des Zeppelin-Schiffes (*Hinkel & Sohn*, Frankfurt); die Hülle ist aus gekörntem Glas und wird durch elektrische Lampen erhellt, Gondel, Propeller usw. sind aus Nickel, so daß sich ein apart wirkender Leuchtkörper ergibt.

Doch auch die Malerei hat sich dies neue Gebiet nicht entgehen lassen; teils in direkter Anlehnung an die Wirklichkeit, teils in weitausschauender Phantasie, teils aber auch in lustiger Karikatur sind unsere jetzt bestehenden Luftfahrzeuge in wirkungsvollen Situationen festgehalten worden. Auch hier beherrscht das aerostatische Feld der Zeppelin-Ballon; er hat es nun einmal durch seine imponierende Gestalt, seine elegante Linienführung und nicht zum wenigsten durch seine

Popularität aller Welt angetan, ihm gelten dann auch die meisten ernsthaften Bilder, ihn nehmen aber auch unsere Spötter am liebsten zum Vorwurf für ihre größtenteils liebenswürdigen Bildchen. So finden wir denn bei **Heinrich Hahn**, Kunsthandlung, Frankfurt a. M., eine Reihe farbiger Lithographien mit Lenkbaren und Flugzeugen, ferner Reproduktionen von Porträts bekannter Aeronauten. Wie schön und stimmungsvoll die verschiedenen Situationen einer Luftschiffahrt sind oder werden können, wenn wir sie durch das Auge des Künstlers sehen, das zeigen die wirkungsvollen Gemälde eines Motorballons über Scheveningen (ausgestellt von der Kurverwaltung), sowie die Pastelle und Blätter der Herren **Otto Mäule**, Stuttgart, **Gustav Marx**, Düsseldorf, **Fritz von Wilde**, Düsseldorf, **Walther von Lübbers**, Berlin W, **E. Sauberghe**, Paris, und einige weitere mehr. Ein Bildnis des Grafen Zeppelin (**Friedr. Rudolph**, Frankfurt-Oberrad) und einige humoristische Zeichnungen von **Fritz Koch**, Gotha, mögen als Beispiele für die übrigen „Richtungen“ dienen. Ein durch seine übersichtliche und instruktive Zusammenstellung sehr empfehlenswertes Kunstblatt (bearbeitet von Oberstleutnant z. D. **Moedebeck**) stellt der Kunstverlag **Gustav Eyb**, Stuttgart, aus; 27 exakt ausgeführte Darstellungen von Aerostaten, angefangen bei dem Projekt Francesco de Lanas bis zum modernen Z- und P-Schiff werden umrahmt von 40 Porträts berühmter Förderer der Luftschiffahrt (Entwurf Professor **V. J. Cissarz**, Stuttgart), und trotz dieser Reichhaltigkeit bleibt eine ruhige Vornehmheit des Ganzen gewahrt. An dieser Stelle erwähnenswert sind noch die symbolischen Darstellungen über die Entwicklung des Deutschen Luftschiffer-Verbandes sowie des Berliner Vereins für Luftschiffahrt; ferner die Übersichtskarten über die Landungen der Mitglieder.

So finden wir denn auch diese wichtige Helferin der Luftschiffahrt und ihre Jünger gerüstet, die Freude an ihr auch in weitesten Kreisen zu wecken, den Anblick ihrer Hilfsmittel allgemein bekannt zu machen und so den Boden vorzubereiten für eine weitere Entwicklung, um so auch ihr Scherflein dazu beizutragen, um die Menschheit frei zu machen, ihr neue Schönheiten zu erschließen.

Gruppe 12. Spielwaren.

Das jüngste Kind der Technik — Luftschiffahrt und Flugtechnik — nutzt als junger Heißsporn seine bevorzugte Stellung aus; in frischem Draufgängertum terrorisiert er die verwandten Industrien und macht sie seinen Zwecken nutzbar. Der Motorenbau und die Textilbranche, die Hüttenwerke und Spezialgießereien, Bootsbau, Seilerei — sie alle müssen ihr Bestes hergeben, um ihn zu befriedigen. Wen kann es da noch wundernehmen, wenn er schon vorweg die künftige „fliegende“ Generation für sich einzunehmen sucht, wenn er alle Künste der hochentwickelten Spielwarenindustrie in Anspruch nimmt, um die Herzen der Jugend zu erobern. Und die Spielwarenindustrie verläßt ihn nicht, sie zeigt sich der Aufgabe gewachsen, das lehrt die reiche Fülle der ausgestellten Gegenstände, die hier nur sehr kurz gestreift werden können.

So gering der Wert freifliegender Modelle für die Konstruktion praktisch brauchbarer Flugmaschinen bemessen werden mag, weil eben die Verhältnisse nicht einwandfrei der wirklichen Maschine anzupassen sind, gewisse Schlußfolgerungen

lassen sich stets aus dem Verhalten der Modelle ziehen. Es ist daher nur dankbar zu begrüßen, daß die Spielwarenindustrie es so schnell verstanden hat, wirklich Brauchbares zu schaffen und mit freifliegenden Modellen das Interesse der heranwachsenden Jugend auf die neue Fortbewegungsmethode zu lenken.

Besonders die Firmen Eiser t & J ü n g s t, Berlin, L. d e S a n t a M a r i a, Paris, F. E h r e n f e l d und E. & W. B o c k, Frankfurt a. M., haben einige hübsche Spielzeuge ausgestellt, die eigentlich den Namen nicht verdienen, weil sie durch ihre saubere Arbeit wie auch ihr korrektes Verhalten in der Luft weit mehr zum Nachdenken anregen. Der Propellerantrieb erfolgt stets durch tordierte Gummischnüre, so daß sich die Apparate als die ausgiebigsten erweisen, bei denen sich lange kräftige Schnüre unterbringen lassen.

Sehr exakt arbeitet der kleine „Stabilmonoplan“, der sich durch einfache solide Konstruktion auszeichnet. Der Gummistrang wird durch Drehen des Propellers gespannt und dann gesichert; setzt man jetzt den Apparat auf eine glatte Fläche, löst die Sicherung, so hebt er sich nach kurzer Bodenfahrt und fliegt 20—30 m weit, worauf er ohne seitliche Neigung glatt auf seinen Kufen landet. Eine in der Längsrichtung verschiebbare Kugel ermöglicht das Einstellen der zu erreichenden Höhe.

Die „Robur“-Ein- und Zweidecker erhalten durch einen aus der Mitte versetzten Propeller die Tendenz, im Kreise zu fliegen, was sehr instruktiv wirkt durch die sich von selbst ergebende Seitenneigung; außerdem ist auch der notwendige Platz bescheidener.

„L'Aérien“ ist lang und mit kleinen Flächen gebaut, hat daher viel verfügbare Kraft und vermag auch geringen Seitenwind zu überwinden; er ist daher für Versuche im Freien wohl am geeignetsten.

Doch es sind noch bessere Modelle ausgestellt, die allerdings im Gegensatz zu diesen Fabrikaten einzeln hergestellt und daher wesentlich teurer sind. Wir meinen hier die getreuen Nachbildungen französischer Art des neuen Farman-Zweideckers, des Monoplans XI Blériot und von Santos Dumont „La Demoiselle“. Bei diesen wirklich reizenden Erzeugnissen kann man genau die Vorgänge der wirklichen Apparate verfolgen; sie rollen erst einige Meter auf ihren Rädchen, erheben sich dann plötzlich in die Luft und fliegen bis zu 40 m.

Dann werden auch lediglich die einzelnen Bestandteile zu einem Zweidecker (einem etwas abgeänderten Wright-Apparat) und einem Monoplan (Blériot) als Garnitur verkauft. Gerade diese Zusammensetzarbeit wird geschickte Knabenhände zu immer weiteren Versuchen veranlassen, wird sie vertraut machen mit den vielen Schwierigkeiten und wird so in praktischer Weise dazu beitragen, der Jugend ein bisher nur theoretisch behandeltes Gebiet faßlicher, schmackhafter zu machen. Die von M a r g a r e t e S t e i f f, G. m. b. H., Giengen, angefertigten Steiff-Roloplane, Stoffdrachen von $\frac{1}{2}$ —40 qm Tragfläche, werden wegen ihrer großen Steigfähigkeit schnell zu großer Beliebtheit gelangen.

Doch auch die Luftschiffahrt hat ihre Vertreter entsandt. Neben den bekannten kleinen Kugelballons, die hier allerdings schon ganz stattliche Größen angenommen haben und vollständiges Netzwerk mit Korb zeigen, die aber trotz der hübschen Ausrüstung schnöde als Fesselballons behandelt werden, bis sie dann mitunter — sehr gegen den Willen ihrer Besitzer — selbständig eine Freifahrt unternehmen, für

welches Unterfangen sie dann in der Höhe mit dem Tode bestraft werden; — neben allen diesen recht zahlreich und mannigfaltig Erschienenen gibt es auch einen wirklichen „Lenkbaren“. Die „A e o l u s“ - G e s e l l s c h a f t m. b. H., Hamburg, führt ein kleines Modellluftschiff vor, das ebenfalls durch tordierte Gummischnüre angetrieben wird. Es hat Höhen- und Seitensteuer und vollbringt während seiner fünf Minuten langen Fahrt sehr hübsche Manöver. Eine kleine Wasserstoffherstellungsanlage (Zink mit Säure), die dem Ballon beigefügt wird, ermöglicht jederzeit eine Nachfüllung dieses wirklich interessanten Spielzeugs.

Gute Modellierbögen zum Selbstarbeiten eines Zeppelinballons sind dann noch auf dem Stand der Buchhandlung Auffahrt ausgestellt, die ebenfalls wohl geeignet sind, wegen ihrer anregenden Beschäftigung das Interesse für Luftschiffahrt in weitere Kreise zu tragen.

In weit größerer Zahl sind natürlich die Luftfahrzeuge für unsere Jugend vertreten, die zur Luftdurchquerung immerhin noch einer Schnuraufhängung benötigen, diesen „kleinen“ Fehler — denn wie leicht setzt sich ein phantasiereiches Kindergemüt darüber hinweg — aber mit einer weit farbenprächtigeren Ausstattung leicht ausmerzen.

Wir sehen also, auch diese Industrie ist imstande, den Kampf mit dem letzten, uns noch nicht zugänglichen Medium aufzunehmen, um schon frühzeitig Bodenkultur zu treiben für ein flugfähiges Geschlecht.

Anhang.

Außer dem im vorigen bzw. im übrigen Teil dieses Bandes eingehender beschriebenen Ausstellungsgegenständen finden wir auf dem der Festhalle angrenzenden Gelände noch zwei besondere Einrichtungen, die wenigstens mit einigen Worten gestreift werden sollen.

Wir meinen hier zuerst die nach den Entwürfen von J a n s o n & H i l l, Frankfurt a. M., eingerichtete Schmalspurbahn, welche sowohl auf dem eigentlichen Ausstellungsgelände als auch nach dem Flugfelde und der Zeppelinhalle den Personenverkehr vermittelt. Lediglich die gemeinsame Arbeit und das willige Ineinandergreifen mehrerer Firmen haben es ermöglicht, in der kurzen Vorbereitungszeit dieses, für die glatte Erledigung des Verkehrs notwendige Mittel herzustellen. Die Firma M a x S t r a u ß, Karlsruhe, hat das ca. 2½ km lange Gleis inkl. Kurven und Weichen aus 70 mm hohen Stahlschienen in 600 mm Spurweite verlegt, während die zur Fertigstellung nötigen hölzernen Schwellen von G e b r. H i m m e l s b a c h, Freiburg i. B., geliefert sind. Die auf zwei Trucks gelagerten, mit 16 Sitzen und 4 Stehplätzen ausgerüsteten sechs Sommerwagen sind in der Feldebahnfabrik E u g e n L i e b r e c h t & C o., Mannheim, besonders angefertigt, während der Betrieb selbst durch 2 Benzinlokomotiven von 15 bis 20 Pferden in der bekannten Bauart der Motoren-Fabrik Oberursel, A.-G., Oberursel, aufrechterhalten wird.

Die zweite, speziell an heißen Sommertagen äußerst zweckmäßige Einrichtung ist die Fontänen-Anlage auf dem Promenadenplatz, die ebenfalls erst durch das einmütige Zusammenarbeiten diverser bedeutender Firmen zustande gekommen ist. Der zum Betrieb der Fontäne notwendige Wasserdruck wird durch eine Hochdruck-Zentrifugalpumpe der Firma K l e i n, S c h a n z l i n & B e c k e r, Franken-

thal (Rheinpf.), erzeugt, der ein patentierter Einzylinder-Verbund-Schnellkompressor System Klein angegliedert ist. Dieser Kompressor zeichnet sich dadurch aus, daß die gestanzten Stahlplattenventile, die eine sehr geringe Masse besitzen, fast reibungsfrei geführt sind. Der hell und luftig ausgeführte Maschinenraum dieser Pumpstation zeigt außerdem noch einige Armaturen und Pumpen der gleichen Firma in verschiedener Ausführung, ferner besonders für Luftfahrzeuge konstruierte Aluminium-Flügelpumpen und endlich die bekannten Kleinschen Original-Kondensationstöpfe. Zum Antrieb der Pumpe bzw. zur Kraftübertragung dient ein von C. O t t o G e h r c k e n s , Hamburg, gelieferter Antriebsriemen, der insbesondere

Fig. 215.

Blick auf das Gelände. Vorn die Bahn, in der Mitte die Fontaine, hinten die Ballonhallen.

Temperaturschwankungen gegenüber eine große Unempfindlichkeit besitzt. Der Antrieb selbst erfolgt durch einen von der Gasmotorenfabrik Deutz, Köln-Deutz, ausgestellten 60 pferd. Dieselmotor. Die Wirkungsweise eines Dieselmotors ist so bekannt, daß hier nur die hauptsächlichsten Punkte erwähnt zu werden brauchen. Im Betrieb wird zuerst eine reine Luftladung angesaugt, diese dann aber so hoch verdichtet, daß die entstehende hohe Temperatur über der Entzündung des Brennstoffes liegt. Im Augenblick der höchsten Kompression während eines kleinen Teiles des Kolbenvorganges wird nun in diese glühende Luft der Brennstoff eingespritzt, so daß er momentan ohne Drucksteigerung verbrennt, sich also nur allmähliche Druckänderungen ergeben, wie dies auch bei der Dampfmaschine der Fall ist. Das ist natürlich ein wesentlicher Vorteil gegenüber den gewöhnlichen Explosionskraftmaschinen, welche durch die eigentlich nur an einem Punkte auftretende Explosions-

kraft leicht ein Schlagen der Pleuel veranlassen. Trotz der einwandfreien Durchbildung des Motors war seine Einführung bis vor kurzer Zeit schwer möglich, weil er lediglich auf die Verwendung von Petroleum angewiesen war. Erst nachdem man es gelernt hatte, den Motor mit Gasölen aus der Erdöldestillation zu betreiben, stellte sich ein lebhaftes Bedürfnis der meisten Industrien nach dieser Kraftmaschine heraus, so daß vielleicht auch die Luftschiffahrt in absehbarer Zeit sich den Dieselmotor nutzbar machen wird. In bezug auf Genauigkeit der Regulierung, ruhigen Gang und Betriebssicherheit steht der Motor der besten Dampfmaschine nicht nach; der fehlende Dampfkessel, die ebenfalls fortfallende ständige Bedie-

Fig. 216.

Derselbe Teil des Ausstellungsgeländes, von der anderen Seite gesehen.

nungsmannschaft und seine stete Betriebsbereitschaft sichern ihm aber einen großen Vorzug. Versperrt ihm auch sein relativ hohes Eigengewicht heute noch den Eingang in die Luftschiffahrt, so ist er doch schon als Betriebskraft für stationäre Anlagen, Luftfahrzeug-Montagehallen, Luftschiff-Häfen usw. durchaus vorteilhaft.

Zur Fundament-Isolierung, d. h. um die lokale Maschinenschütterung nur auf das Fundament zu begrenzen, ist beim Einbau des Dieselmotors in das Pumpenhaus die Isolation mittels Korkeinlage nach E m i l Z o r n , Berlin SW, mit Erfolg angewendet.

Viel ließe sich noch über die Ausstellung als solche sagen, über die mannigfaltigen technischen Einrichtungen, die, oft durch den äußeren Schmuck, durch die prächtige Ausstattung eines Vergnügungsetablissemments verdeckt, dem Auge des Besuchers entzogen werden, und welche doch den eigentlichen Kern des betreffenden

Unternehmens bilden. Alle die prächtigen Lichteffekte, die bei hereinbrechender Nacht teils die Gebäudekonturen in überraschender Schärfe hervortreten lassen, teils der Fontäne ihr wunderbares Farbenspiel verleihen, die uns an anderer Stelle blitzschnell in ferne Erdteile entführen und uns deren Schönheiten vorzaubern, welche uns bekannt machen mit den jüngsten Tagesereignissen oder uns endlich im japanischen Teehaus mittels kleiner Lampions eine Idylle vorgaukeln — sie alle sind nur möglich durch ein weitverzweigtes Netz von Starkstromleitungen, deren Anlage und Wartung eine respektable Leistung moderner Ingenieurkunst bildet. Auch das Luftschiffpanorama enthält eine recht ernste Arbeit: die große Aufzugs- maschinerie für die Ortsveränderung des Beschauers gegen die jeweilig dargestellte Szenerie. Man vergegenwärtige sich ferner die umfangreiche Druckerei-Einrichtung, die nicht nur die tägliche Ausgabe einer Zeitung sowie das wöchentliche Erscheinen einer wiss.-techn. Rundschau ermöglichte, sondern auch noch einen großen Teil der weiteren zum Ausstellungsbetrieb notwendigen Druckerarbeiten erledigte, um sofort eine richtige Schätzung der großzügigen Anlage zu bekommen.

Gehören diese Einrichtungen auch nicht eigentlich zu den Ausstellungsgegenständen, sind sie infolgedessen auch nicht in der ihrem Werte entsprechenden Weise gewürdigt worden, — es darf doch keineswegs vergessen werden, daß auch sie ihr Teil dazu beigetragen haben, unserer Ausstellung den Platz in der Geschichte der Technik, insbesondere in der Geschichte der Luftschiffahrt einzuräumen, der ihr mit Fug und Recht gebührt — nämlich eines Unternehmens, das bei Heranziehung aller beteiligten Fachkreise von einem ernsten Willen getragen ist und unter Wahrung strengster Unparteilichkeit etwas geschaffen hat, das es fortleben läßt in der Erinnerung, fortleben unter der mit vollstem Rechte errungenen Bezeichnung:

1. Internationale Luftschiffahrt-Ausstellung.

