

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE
DER TECHNIK UND INDUSTRIE

JAHRBUCH DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
HERAUSGEGEBEN VON CONRAD MATSCHOSS BERLIN

1918

8. Band

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE DER TECHNIK UND INDUSTRIE

JAHRBUCH
DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

HERAUSGEGEBEN

VON

CONRAD MATSCHOSS

ACHTER BAND

MIT 145 TEXTFIGUREN UND 4 BILDNISSEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

1918

ISBN 978-3-662-24477-7 ISBN 978-3-662-26621-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26621-2

ISBN 978-3-662-24477-7 ISBN 978-3-662-26621-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26621-2

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1918

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Aus der Geschichte der Kältetechnik. Von Geheimen Rat Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. Carl v. Linde, München	1
August Wöhler. (1819 bis 1914.) Von Regierungsbaumeister a. D. R. Blaum, Bremen	35
Zur Ursprungsgeschichte der alkoholischen Getränke. Von Professor Dr. R. Stübe, Leipzig	56
Die Entwicklung der Waggonfabrik Jos. Rathgeber in München. Von Ingenieur Hans Hermann, München	64
Die Erfindung des Druckes in China und seine Verbreitung in Ostasien. Von Professor Dr. R. Stübe, Leipzig	82
Georg Sigl. (1811 bis 1887.) Dem Andenken eines unserer größten Industriellen. Von Oberinspektor F. R. Engel, Wien	94
Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik. Von Dr. Richard Hennig, Berlin . . .	100
England und die rheinisch-westfälische Eisenindustrie vor hundert Jahren. Von Dr. Hans Kruse, Siegen	117
Über Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt. Von Geh. Hofrat Professor Dr. E. Wiedemann, Erlangen, und Privatdozent, Dipl.-Ing. Dr. phil. und Dr. techn. F. Hauser	121
Der älteste Bergbau und seine Hilfsmittel. Von Geh. Bergrat E. Treptow, Freiberg i. Sa.	155

Aus der Geschichte der Kältetechnik.

Entstehung und Entwicklung meiner Tätigkeit auf dem Gebiete der Kältetechnik. — Luftverflüssigung. — Abteilung B für Gasverflüssigung. — Der Sprengstoff „Oxyliquit“. — Höllriegelskreuth. — Stickstoff. — Wasserstoff (partielle Kondensation).

Von

Geheimen Rat Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. Carl v. Linde, München ¹⁾.

Entstehung und Entwicklung meiner Tätigkeit auf dem Gebiete der Kältetechnik.

Den ersten Anstoß hierzu gab ein Preisausschreiben für eine Kühlanlage zum Auskristallisieren von Paraffin. Es erfaßte mich sofort der Gedanke, daß hier eine noch ungeklärte Aufgabe der mechanischen Wärmelehre vorliege. Dieser Eindruck verstärkte sich, als ein Studium der technischen Literatur über künstliche Kühlung zwar bereits das Vorhandensein der drei heutigen Systeme von Kältemaschinen aufwies, jedoch jeden Maßstab zu einer Vergleichung ihrer Leistungen in thermodynamischer Hinsicht vermissen ließ. Sofort ging ich daran, diese Grundlage für eine Theorie der Kältemaschinen aufzusuchen. Zunächst handelte es sich darum, festzustellen, 1. welches Verhältnis zwischen entzogener Wärmemenge (Kälteproduktion) und aufgewendeter Energie als das naturgesetzlich höchst erreichbare zu betrachten, 2. welcher Arbeitsvorgang zur Erreichung solcher Höchstleistung auszuführen sei, und 3. wie sich die verschiedenen bestehenden Kältemaschinen hierzu verhalten. Die Beantwortung dieser Fragen legte ich (1870) in einer Abhandlung im Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt nieder: „Über die Wärmeentziehung bei niedrigen Temperaturen durch mechanische Mittel“. Die ersten beiden Fragen fanden darin ihre allgemeine Lösung ²⁾, und die Wirkungsgrade der Kaltluftmaschinen, der Kompressions-Kaltdampfmaschinen und der Absorptionsmaschinen wurden rechnerisch ermittelt.

¹⁾ Der Begründer der Kältetechnik, Herr Geheimer Rat Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. Carl v. Linde, hat kürzlich unter dem Titel „Aus meinem Leben und von meiner Arbeit“ Aufzeichnungen herausgegeben, die er jedoch zunächst nur für seine Angehörigen, Mitarbeiter und Freunde bestimmt hat. Die freundliche Erfüllung meiner Bitte, die für die Geschichte der Kältetechnik besonders wichtigen Teile seiner Schrift im vorliegenden Jahrbuch abdrucken zu dürfen, macht weiteren Kreisen eine wertvolle Darstellung der Entwicklung hervorragender wissenschaftlicher Arbeit zugänglich. Viele Fachgenossen werden mit mir dem Verfasser für diesen Einblick in den Werdegang seines technischen Schaffens zu besonderem Dank verpflichtet sein.

Der Herausgeber.

²⁾ Die aus den Sätzen der Thermodynamik entwickelte und für die Kältetechnik fortan richtunggebende Beantwortung lautete dahin, daß der Arbeitsvorgang der Kältemaschinen sich als das Heben der dem abzukühlenden Körper bei der absoluten Temperatur T entzogenen Wärmemenge (W) von T auf die Temperatur T_1 der Umgebung darstelle unter Aufwand einer Energiemenge (AL), welche dem Produkte aus der entzogenen Wärmemenge (bzw. ihrer Entropie $\left[\frac{W}{T}\right]$) und aus der Differenz $T_1 - T$ der Temperaturen mindestens gleich sein muß, und daß das

Nachdem ich theoretische Einsicht in das Problem der mechanischen Kühlung gewonnen und dabei festgestellt hatte, daß keine der bis dahin bestehenden Kältemaschinen mehr als ein Fünftel der naturgesetzlich höchst erreichbaren Leistung geliefert habe, lag es nahe, zu überlegen, ob und auf welche Weise ein besseres Ergebnis zu erzielen sei. Den Inhalt dieser Überlegungen veröffentlichte ich (1871) in einer zweiten Abhandlung im Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt „Verbesserte Eis- und Kühlmaschine“.

War auch das Bayerische Industrie- und Gewerbeblatt nicht das geeignete Organ zur Verbreitung der neugewonnenen Erkenntnis, da in seinem beschränkten Leserkreise Verständnis und Teilnahme für die behandelten Fragen fehlten¹⁾, so spann sich doch unverzüglich ein Faden daraus an, der zur Überleitung der Theorie in die Praxis führte. Mein Kollege Erlenymer, mit dem ich in laufendem Gedankenaustausche stand, machte den (aus zwanzigjähriger Tätigkeit als Chemiker einer englischen Großbrauerei nach Deutschland zurückgekehrten) Dr. Böttinger²⁾ auf meine Arbeiten aufmerksam, und letzterer fand Gelegenheit, den Generaldirektor Deiglmayr der Dreherischen Brauereien darauf zu verweisen, als ihm derselbe von den Schwierigkeiten sprach, denen durch die feuchtwarme Atmosphäre in Triest der dortige Gärkellerbetrieb ausgesetzt war. Hierauf kam Deiglmayr mit dem Maschinenfabrikanten Prick aus Wien nach München, um zu fragen, ob ich bereit sei, auf Grund meiner Vorschläge eine Kältemaschine für Triest ausführen zu lassen. Ich mußte ihm antworten, daß diese Bereitwilligkeit wohl vorhanden sei, daß aber nicht erwartet werden dürfe, sofort eine den Anforderungen des praktischen Betriebes entsprechende Ausführung zu erhalten, daß vielmehr mit einem mehr oder weniger langen Versuchsstadium zu rechnen sein würde. Die Durchführung solcher Versuche in Wien würde mir nicht möglich sein, weshalb ich empfahl, den Münchner Großbrauer Gabriel Sedlmayr um die Erlaubnis anzugehen, daß die Versuchsmaschine bei ihm aufgestellt und ausprobiert werden dürfe. Herr Sedlmayr erklärte sich nicht bloß hierzu bereit, sondern zur Übernahme der ganzen Sache auf seine eigene Rechnung. Damit betrat ich den Boden einer konstruktiven Verwirklichung der bisherigen Überlegungen durch solche Bauformen, welche bei der Ausgestaltung unserer modernen Kältetechnik grundlegend und typisch geworden sind.

Von Anfang an betonte ich, daß es sich nicht bloß darum handle, Kältemaschinen mit höherem als dem bisher erreichten Wirkungsgrade zu bauen, sondern daß auch geeignete Mittel für die Verwendung und Übertragung der Kälte zu finden seien: Während die wenigen und verhältnismäßig kleinen Kältemaschinen, welche bis dahin gebaut wurden, fast ausschließlich zur Herstellung von Eis eingerichtet waren, um in Eingliederung an die damals schon hochentwickelte Natur-

höchste Leistungsverhältnis demgemäß betrage:

$$\frac{W}{AL} = \frac{T}{T_1 - T}$$

für isothermische und

$$\frac{W}{AL} = \frac{T_1 - T}{T_1 \log_n \frac{T_1}{T} - (T_1 - T)}$$

für „polytrope“ Wärmeentziehung.

¹⁾ Weshalb ich in der Zeitschrift des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes (1875) eine zweite Bearbeitung unternahm.

²⁾ Vater des Geheimrats Dr. H. v. Böttinger in Elberfeld.

eistechnik einen Ersatz für solche Fälle zu schaffen, in welchen das letztere fehlte, so ließ sich leicht nachweisen, wieviel vorteilhafter die unmittelbare Kühlung der Flüssigkeiten und Lufträume sei, welcher das Natureis zu dienen habe, ja daß bei Verbindung solch direkter Kühlung mit einer Kältemaschine besseren Wirkungsgrades die Kosten unter denjenigen Betrag sinken würden, welcher auch bei günstigen Beschaffungsverhältnissen für Natureis aufzuwenden sei. Diesen Nachweis führte ich im Juni 1873 bei einem Vortrage¹⁾ vor dem Internationalen Brauerkongresse während der Weltausstellung in Wien mit dem Erfolge, daß mehrere der hervorragendsten Bierbrauer (neben Gabriel Sedlmayr in München sind insbesondere Dreher und Faber in Wien, Jacobsen in Kopenhagen, Feltmann in Rotterdam, Hatt in Straßburg u. a. zu nennen) in nähere und dauernde Verbindung zu mir traten.

Inzwischen war für den Bau einer ersten Kältemaschine der Entwurf fertiggestellt und der Maschinenfabrik Augsburg zur Ausführung übergeben worden. Für diesen Entwurf war ich davon ausgegangen, daß derjenige Arbeitsgang einer Kältemaschine die beste Annäherung an die höchsterreichbare Leistung verspreche, bei welchem eine „flüchtige“ Flüssigkeit unter Aufnahme der zu entziehenden Wärme von dem abzukühlenden Körper verdampft und sodann die entwickelten Dämpfe durch eine Druckpumpe auf denjenigen Druck gebracht werden, bei welchem unter Abgabe von Wärme an Kühlwasser die Wiederverflüssigung und die Rückkehr zum Verdampfer stattfindet. Dieser Arbeitsgang war in England unter Anwendung von Schwefeläther (insbesondere durch Siebe) mehrfach angewendet. Der verhältnismäßig niedrige Druck, unter welchem hierbei derselbe verläuft, hat erhebliche Verluste zur Folge, so daß die Benutzung flüchtigerer Flüssigkeiten geboten erschien. Hierzu hatte man sich aber bisher nicht entschließen können mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten, welche insbesondere die Abdichtung der beweglichen Abschlußorgane bei höheren Drücken darbot. Voraussetzung für den Übergang zu flüchtigeren Flüssigkeiten war also die Auffindung geeigneter Abdichtungsmittel. Durch dieses Erfordernis war die erste Bauart völlig beherrscht, die ich schon in der Abhandlung über die „Verbesserte Eis- und Kühlmaschine“ vorgeschlagen hatte und nunmehr zur Ausführung brachte. Sie ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Der Raum vom Kolben *K* bis zu den Glocken *G* ist mit einer Sperrflüssigkeit angefüllt und durch Quecksilber *q* von dem über den Glocken befindlichen Gasraume getrennt, wodurch jede Entweichung von Gas durch die Stopfbüchsen vollkommen ausgeschlossen ist.

Seit Januar 1873 war mein damaliger Schüler Friedrich Schipper in seiner freien Zeit mit Herstellung der erforderlichen Zeichnungen beschäftigt und diente mir nach erfolgter Lieferung und Aufstellung der Maschine als Assistent bei der Inangsetzung und den weiteren Versuchsarbeiten. Von da an und nach Absolvierung der Technischen Hochschule im Herbst 1874 durch mehr als vier Jahrzehnte hindurch ist Schipper mein getreuer Mitarbeiter, Nachfolger und Freund geworden und geblieben.

Als flüchtige Flüssigkeit hatte ich Methyläther gewählt. Da damals die Beschaffung verdichteter Gase in Stahlflaschen noch nicht möglich war, so half mir Erlenmeyer in der Weise, daß er eine Lösung von Methyläther in Schwefelsäure herstellen ließ, welche in Korbflaschen in den Maschinenraum gebracht wurde und bei langsamem Eingießen in Wasser den Methyläther in dem Maße

¹⁾ s. Bayer. Ind.- u. Gewerbeblatt, München 1873.

freigab, in welchem er von der Gaspumpe angesaugt und im Kondensator in reinem Zustande verdichtet wurde. Nachdem verschiedene Schwierigkeiten der Inangsetzung überwunden und wir zu Leistungsmessungen gelangt waren, zeigte sich zu unserer großen Befriedigung, daß der erzielte Wirkungsgrad mindestens doppelt so groß war wie der als bester aus Messungen an den bisherigen Kältemaschinen bekannte. Gedämpft war die Befriedigung freilich dadurch, daß der Betrieb der Gaspumpe fortwährend einer so aufmerksamen Überwachung bedurfte und dabei einen so langsamen Gang bedingte, daß diese Bauart für die Erfordernisse der Praxis nicht als geeignete Lösung gelten konnte. Diese Erkenntnis führte zu dem Entwurf einer zweiten Bauart, welche von diesem Übelstande frei erschien. Auch glaubte ich einen Schritt weiter in bezug auf die Flüchtigkeit der als Kälteträger zu verwendenden Flüssigkeit wagen zu können durch Übergang zu dem in den Carréschen Absorptionsmaschinen bereits angewendeten Ammoniak. So er-

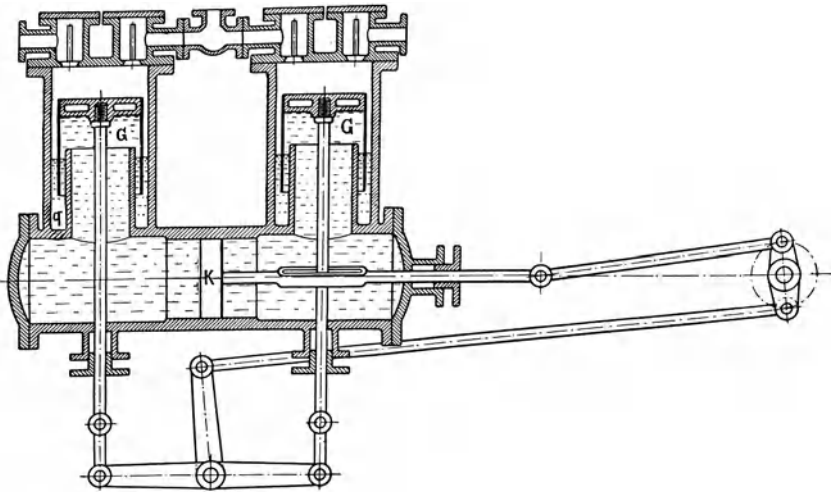


Abb. 1. Methyläther-Kompressor.

schien mir der Bau einer zweiten Maschine dringend wünschenswert. Ich trug jedoch Bedenken, Herrn Sedlmayr auch die Kosten für eine solche — und etwaige weitere Auflagen zuzumuten. Als ich hierüber mit Herrn Krauß (meinem früheren Chef) mich gelegentlich unterhielt, machte er den Vorschlag, ich möge Patente nehmen und einem Konsortium einen Teil des Patentbesitzes gegen Aufbringung der Mittel überlassen, welche zur Entwicklung der Sache bis zu industrieller Brauchbarkeit nötig seien. Diesem Vorschlage folgend, schloß ich ein Abkommen mit den Herren Krauß, Sedlmayr und Buz (dem Direktor der Maschinenfabrik Augsburg), welches mir volle Freiheit für die Fortsetzung der Versuche darbot, aber auch das erste Glied in der langen Kette darstellt, welche für meine künftige Beanspruchung als Geschäftsmann sich daran anschloß. So schritt ich zur Ausführung jenes zweiten Entwurfes. Abb. 2 zeigt die gewählte Bauart. Die beiden Arbeitszylinder sind unten in offener Verbindung miteinander und mit dem Raume G. Die Kolben K schieben die diesen Raum größtenteils ausfüllende Sperrflüssigkeit hin und her, wobei der daselbst herrschende Druck etwas höher gehalten ist als der höchste Gasdruck auf der Oberseite der Kolben.

Ebenso wie bei der ersten Bauart hatten hier die Stopfbüchsen nicht gegen das Gas, sondern nur gegen die — gleichzeitig zur Schmierung dienende — Sperrflüssigkeit abzudichten. Schon die ersten Versuche mit diesem zweiten Kompressor zeigten völlig befriedigende Ergebnisse. In Verbindung mit dem zur Abkühlung einer Flüssigkeit eingerichteten Verdampfer und dem Kondensator stellte er eine allen Anforderungen an den praktischen Betrieb entsprechende Maschine dar, welche in einer zweiten Ausführung — im Frühjahr 1877 — in der Dreher'schen Brauerei zu Triest aufgestellt, daselbst bis zum Jahre 1908 zu voller Zufriedenheit gearbeitet hat und nunmehr im Technischen Museum zu Wien als „Erstling der Lindeschen Kältemaschinen“ Aufnahme gefunden hat.

Wenn wir trotzdem nicht bei dieser Bauart stehengeblieben, vielmehr unter völliger Annäherung an die üblichen Anordnungen von Gaspumpen zu einer dritten Bauform übergegangen sind, so war dies einerseits dadurch veranlaßt, daß durch die seitherigen Beobachtungen die Furcht vor Gasverlusten vermindert war, und andererseits dadurch, daß die Herstellungskosten der

üblichen liegenden und doppelwirkenden Gaspumpen wesentlich niedriger erschienen als diejenigen der stehenden, einfachwirkenden Doppelpumpen, deren Hubzahl mit Rücksicht auf die Hin- und Herbewegung der Sperrflüssigkeit immer noch eine beschränkte bleiben mußte. Wie so oft bei der Lösung neuer Aufgaben, vollzog sich dieselbe auch hier unter dem Übergange von komplizierten zu immer einfacheren Konstruktionsmitteln. Die Vorsichtsmaßregeln gegen Gasverluste beschränken sich bei dieser dritten Bauart darauf, daß die gegen die Atmosphäre abschließende Stopfbüchspackung niemals gegen einen höheren inneren Druck abzudichten hat als den niedrigen im Verdampfer bestehenden, nicht also gegen die höheren aus der Kompression sich ergebenden Spannungen. Die Bauform dieser Stopfbüchsen ist aus Abb. 3 ersichtlich. Zwei Packungen sind durch eine „Laterne“ getrennt, deren Hohlraum mit Sperrflüssigkeit gefüllt ist und mit dem Verdampfer in Verbindung steht. Abb. 4 zeigt im Horizontalschnitte den ganzen Kompressorzylinder mit Saug- und Druckventilen.

Nach Ingangsetzung des ersten liegenden doppelwirkenden Ammoniakkompressors — er war von der Maschinenfabrik Augsburg in ebenso mustergültiger Weise ausgeführt wie die früheren Bauarten — überzeugten wir uns davon, daß es mit dieser

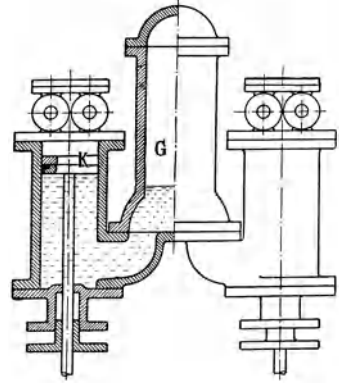


Abb. 2.
Stehender Ammoniak-Kompressor.

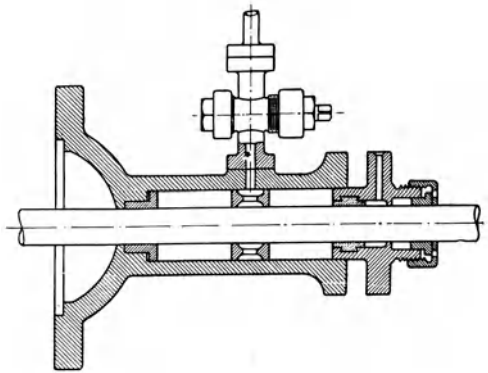


Abb. 3. Stopfbüchse.

Anordnung leicht möglich war, die Ammoniakverluste auf ein so geringes Maß zu beschränken, daß sie kein Hindernis in technischer und ökonomischer Hinsicht darstellten. Ernstliche Bedenken hatten auch darüber bestanden, ob bei liegender Anordnung die Saug- und Druckventile mit voller Zuverlässigkeit dauernd arbeiten würden. Ein durch mehrere Wochen hindurch unterhaltener Gang des Kompressors beruhigte uns vollständig hierüber. Diese dritte Bauform ist bis heute beibehalten und in Europa ganz allgemein für die Kompressoren der Kältemaschinen zur Anwendung gelangt, während in Amerika teilweise die zweite Bauart festgehalten wurde.

Als Sperr- und Schmierflüssigkeit mußte anfangs Glycerin dienen. Erst nachdem die Mineralöltechnik solche Öle zu liefern vermochte, welche bei den tiefsten in der Kältemaschine vorkommenden Temperaturen keinerlei feste Be-

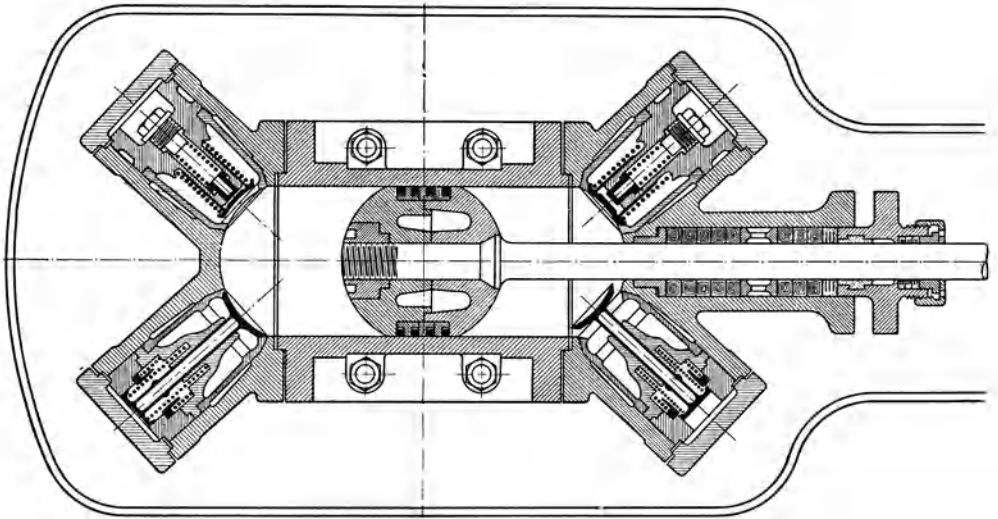


Abb. 4. Liegender Ammoniak-Kompressor.

standteile ausscheiden, konnte später zu solchen übergegangen werden. Besonderer Vorrichtungen bedurfte die Regelung der Wanderung, welche die Sperr- und Schmierflüssigkeit von den Stopfbüchsen durch die Kolben und Ventile hindurch nach der Druckleitung ausführt, wobei ihr die Aufgabe der Schmierung, aber auch der vollkommeneren Abdichtung aller dieser Organe zufällt. Es handelte sich darum, vor dem Eintritt der Gase in den Kondensator die Sperrflüssigkeit zurückzuhalten und zur Stopfbüchse zurückzuführen. Die hierzu dienenden Einrichtungen (Ölsammler und „rotierender Hahn“) sowie manche sonstige Einzelheiten nahmen unsere Aufmerksamkeit längere Zeit in Anspruch und haben damals schon ihre typische Ausgestaltung erfahren. Eine später durch Käuflichkeit flüssigen Ammoniaks in Stahlflaschen unnötig gewordene Arbeit machte dessen Destillation aus wässerigen Lösungen erforderlich.

Nachdem das Ziel erreicht war, eine Kältemaschine zu besitzen, welche bei mehrfach höherem Wirkungsgrade gegenüber den seitherigen Eismaschinen einen zuverlässigen und ökonomischen Betrieb gewährleistete, ging ich an die Überlegung, wie die Verwendung der Kälte in zweckmäßigster Weise zu gestalten

sein werde. Hierzu war zunächst eine Orientierung über Art und Umfang der kältetechnischen Bedürfnisse und Verwendungsmöglichkeiten geboten. In quantitativer Hinsicht stand die untergärige Bierbrauerei weitaus an erster Stelle. Die gewaltigen Eismengen, welche hierfür im Winter eingesammelt wurden, dienten sowohl für die Herstellung als für die Lagerung des Bieres. In erster Linie bedarf die Bierwürze vor der Gärung einer Abkühlung auf ungefähr 4°C und während der Gärung der Erhaltung auf solcher Temperatur. Erstere pflegte man dadurch zu erreichen, daß man die „Bierkühler“ mit Wasser beschickte, welches im Umlaufe durch einen mit Eis gefüllten Kasten auf niedriger Temperatur gehalten wurde. Während der Gärung aber wirkte das Eis innerhalb schwimmender Gefäße, die einzeln in die Gärbottiche von Hand eingesetzt wurden. Es lag auf der Hand, daß die Kältemaschinen, wenn sie nicht bloß Ersatzmittel bei vorübergehendem Eismangel bleiben, sondern ein dauerndes Betriebsmittel werden sollten, nicht den Umweg über das Eis zu machen, sondern unmittelbar das zur Kühlung dienende Wasser auf eine seinem Gefrierpunkte möglichst nahe Temperatur zu bringen haben. Unsere ersten Kälteverwendungsversuche bestanden nun einerseits in der Feststellung derjenigen Mengen solchen Wassers, welche in den gebräuchlichen „Bierkühlern“ gebraucht werden, und andererseits in der Herstellung von „Gärbottichschwimmern“, welche, an ein Rohrnetz mittels Gummischläuchen angeschlossen, durch den Umlauf kalten Wassers selbsttätig in allen Bottichen die erforderliche Kühlung bewerkstelligten. Das befriedigende Ergebnis dieser Versuchsarbeiten veranlaßte (1877) die Bestellung einer Kältemaschine seitens des Herrn Sedlmayr von solcher Größe, wie sie den Erfordernissen der ganzen Spatenbrauerei (d. i. nächst der Dreherischen Brauerei in Schwechat der größten damals bestehenden untergärigen Bierbrauerei) entsprach.

Daß die erste nach Triest gelieferte Maschine eine andere Aufgabe, nämlich die der Luftkühlung, zu erfüllen hatte, ist oben schon angedeutet worden. Wenn es bei genügendem Aufwande von Eis auch dort möglich war, die Bierwürze vor und nach der Gärung genügend abzukühlen, so bestand der Übelstand, daß aus der feuchtwarmen Atmosphäre Niederschläge an den kalten Oberflächen im Gärkeller auftraten, welche durch Wachstum und Abgabe mikroskopischer Pilze sehr nachteilig auf den Verlauf der Gärung einwirkten. Es handelte sich also darum, die Gärkellerluft sowohl abzukühlen, als zu trocknen und zu reinigen. Nach einem ersten ungenügenden Versuche (mittels indirekter Kühlung durch Rohrwände) wurde dies vollkommen dadurch erreicht, daß die Luft durch ein Netz von Saug- und Druckkanälen einem Strome von kalter Salzlösung entgegengeführt wurde. Während der Osterferien 1877 hielt ich mich 14 Tage in Triest auf, um die interessanten Messungen und Beobachtungen in Gemeinschaft mit Herrn Schipper vorzunehmen, welcher in mehrmonatigem Aufenthalt die Aufstellung und die Ingangsetzung bis zum regulären Betriebe geleitet hat. Nach vollendeter Lösung dieser Aufgabe brachte er die Bestellung des Herrn Dreher für eine zweite Maschine mit, welche nach der in der Spatenbrauerei erprobten Arbeitsweise das Eis für die Kühlung der Bierwürze vor und nach der Gärung ersetzen sollte. Während der Bauzeit für diese Maschine hat Schipper (Sommer 1877) in der Westminster Brewery zu London eine weitere, zur Wasserkühlung bestimmte Maschine in Gang gebracht.

Mit der Herstellung von Eis haben wir uns natürlich auch beschäftigt. Einerseits galt es in quantitativer Hinsicht die Abhängigkeit des Gefrierprozesses

von der Salzlösungstemperatur und von der Größe und Bauform der als „Eiszellen“ dienenden Blechgefäße und andererseits in qualitativer Beziehung die Bedingungen für die Gewinnung von ganz durchsichtigem und von möglichst keimfreiem Eise zu ermitteln. Als eine wirtschaftlich wichtige Aufgabe erschien es, Eisgeneratoren zu entwerfen, welche für den Großbetrieb die Handarbeit auf das geringste Maß vermindern sollten. Die bisherigen Eismaschinen bedienten sich solcher Einrichtungen, bei welchen die Eiszellen einzeln mit Wasser gefüllt, in die Salzlösung eingesetzt, nach vollendetem Gefrierprozesse (an der gleichen Stelle) ausgehoben, in ein mit warmem Wasser gefülltes Auftaugefäß eingetaucht und entleert wurden. Damit war, sobald es sich um größere Produktion handelte, eine ermüdende Handarbeit und eine größere Anzahl von Arbeitern erforderlich. Die Mittel zur Ver-

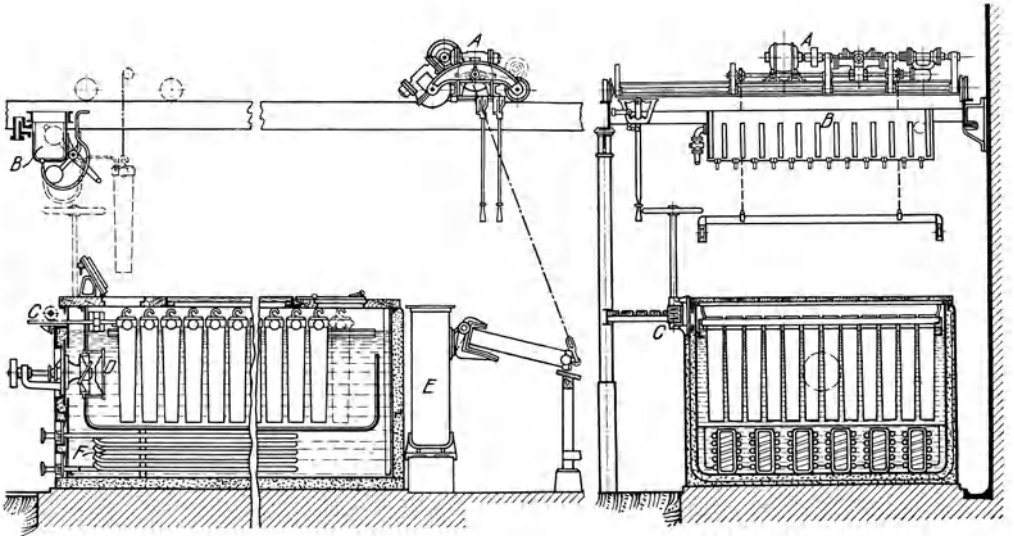


Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 5 und 6. Eiserzeuger.

A elektrischer Laufkran. B nach Füllvorrichtung. C Vorschubmechanismus. D Schraubenflügel.
E Auftauer und Kippapparat. F Verdampferrohren.

besserung dieses Zustandes bestanden nun darin: 1. daß die Eiszellen reihenweise durch Rahmen zusammengefaßt werden, welche mittels Rollen auf beiderseitigen Längsschienen beweglich sind, 2. daß diese Zellenreihen durch Laufkrane auf der einen („hinteren“) Seite des Generatorkastens mit Wasser gefüllt eingesetzt und auf der vorderen Seite ausgefroren ausgehoben und in das Auftaugefäß eingetaucht werden, während nach jedem Aushube die sämtlichen Zellenreihen durch einen Vorschubmechanismus um eine Reihe vorbewegt werden, 3. daß das Einfüllen der richtigen Wassermenge in die Zellen durch Umkippen eines Füllmechanismus für die ganze Zellenreihe selbsttätig geschieht, und 4. daß die den Eisgenerator füllende Salzlösung zwischen dem Zellenraume und einer die Verdampferrohre enthaltenden Abteilung in Umlauf gehalten wird. Diese Bauart — Abb. 5 und 6 zeigen das Schema und Abb. 7 die teilweise photographische Aufnahme einer ausgeführten Anlage — wurde erstmals (1878) für die Franziskanerbrauerei in München ausgeführt und ist seitdem für den gesamten Eismaschinenbau typisch geworden.

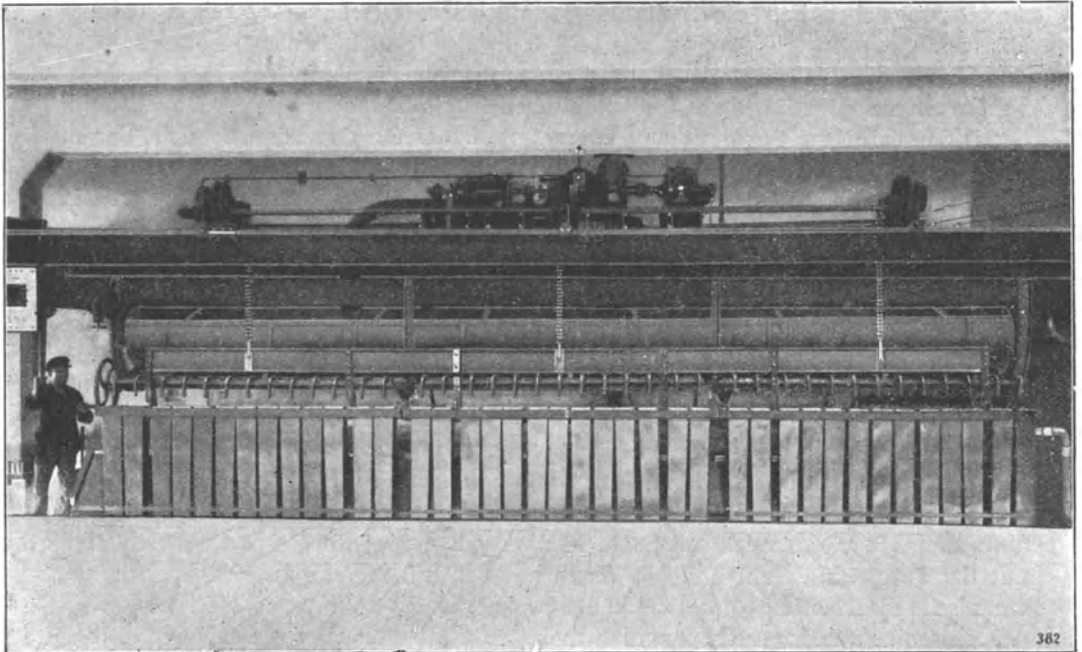


Abb. 7. Füllvorrichtung für Tagesleistung von 1000 Zentnern.

Für die Gewinnung von Klareis ging ich zu rotierenden Generatoren über (Abb. 8), bei welchen durch die Bewegung des Wassers an den Gefrierflächen die Luftbläschen weggeschwemmt werden, die das Eis undurchsichtig machen. Für die Trennung der außen zusammengefrorenen Eisplatten diente dabei ein gleichfalls

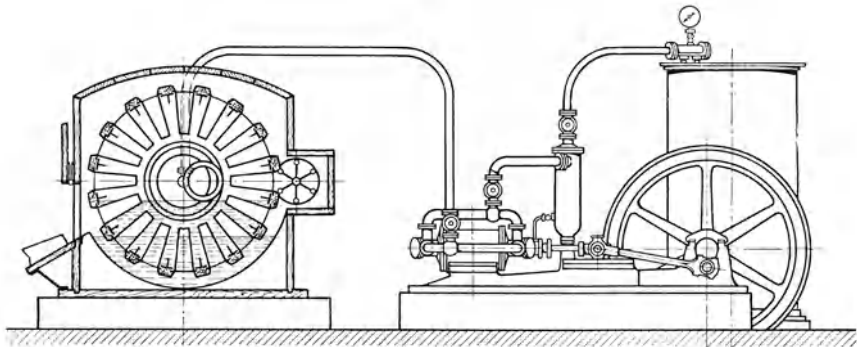


Abb. 8. Rotierender Eiszeuger.

(während des Auftauens) rotierendes Bündel von dampfgeheizten Röhren¹⁾. Zwei große Ausführungen dieser Bauform haben (neben einer Ausstellungsgarnitur) in Bombay und in Paris viele Jahre lang zufriedenstellend gearbeitet. Von weiterer

¹⁾ Mit Freude denke ich hierbei an eine lange (bei Tische in seinem Hause fortgesetzte) Unterhaltung mit Werner v. Siemens in Berlin (im April 1879) über die etwaige Anwendung elektrischer Auftau- bzw. Abtrennungseinrichtungen, welche damit endete, daß er für seine Telegraphenbauanstalt eine Kühlmaschine bestellte.

Anwendung aber ließ die Auffindung einfacherer Mittel zur Klareisdarstellung absehen.

Durch die Lieferung der bereits genannten und mehrerer anderer Anlagen waren wir aus dem Zustande der technischen Entwicklung bereits in den Zustand der industriellen Verwertung übergetreten. Da ich damals noch nicht daran dachte, mich an derselben unmittelbar und dauernd zu beteiligen, so war hierfür eine Organisation zu schaffen, welche ohne meine Mitwirkung zu solcher Verwertung geeignet sein sollte. Ich ging hierbei von der Überlegung aus, daß die technischen Erfolge, welche wir erzielt hatten, nur durch die auf höhere Stufe gebrachte Qualität der Ausführung, deren wir uns zu erfreuen gehabt hatten, möglich geworden waren, und daß auch das weitere Gelingen von einer erstklassigen Ausführung abhängig bleiben werde. Ich schlug deshalb unserem Konsortium vor, mit Maschinenfabriken von möglichst hoher Leistungsfähigkeit in ein Vertragsverhältnis einzutreten, durch welches denselben je für bestimmte Ländergebiete das Ausführungs- und Lieferrecht gegen Abgabe von Lizenzgebühren übertragen werden sollte. Solche Verträge schloß ich in erster Linie mit der Maschinenfabrik Augsburg für Deutschland und mit Gebrüder Sulzer in Winterthur für die Schweiz, Italien und Spanien ab, sodann für Frankreich mit Satre & Averly in Lyon, für Belgien und Holland mit Carels frères in Gent und für Großbritannien mit Morton in Burton. Für die technische Bearbeitung dieses Geschäftszweiges traten Schipper (Juli 1877) bei der Maschinenfabrik Augsburg und mein Schüler und Vetter W. Heyder bei Gebrüder Sulzer ein. Letzterer fand Gelegenheit, schon im Frühjahr 1878 eine Eismaschine mit rotierenden Generatoren zur Weltausstellung nach Paris zu bringen und alsdann eine ebensolche größeren Stiles in Bombay aufzustellen und in Betrieb zu setzen.

Ich gab auch den Maschinenfabriken Listen an die Hand, welche für sieben Maschinengrößen die Leistungen für verschiedene Temperaturen, den Kraft- und Kühlwasserverbrauch und die Lieferpreise angaben. Unsere Maschinennummern (I bis VII) wurden später auch von allen übrigen Lieferanten von Kältemaschinen (besonders in Deutschland) zugrunde gelegt, so daß sie die Bedeutung ganz allgemein geltender Einheiten bekamen¹⁾.

Wenn ich aber angenommen hatte, daß durch die getroffenen Maßnahmen meine Tätigkeit auf dem Gebiete der Kältetechnik im wesentlichen zum Abschlusse kommen werde, so stellte sich dies bald als ein Irrtum heraus.

Hätte nur die Aufgabe vorgelegen, Maschineneinheiten von vorgeschriebener Größe an die Industrie zu liefern, während deren Bestimmung und Verwendung ihr überlassen blieb, so würden unsere Maschinenfabriken meiner weiteren Mitwirkung nicht bedurft haben. Nun aber handelte es sich darum, einerseits die vorhandene Natureistechnik zu ersetzen und andererseits ganz neue Gebiete für die Anwendung der Kälte zu erschließen. Hierzu waren Anleitungen darüber zu geben, in welcher Weise und mittels welcher Einrichtungen von den neuen Kältemaschinen Gebrauch zu machen sei, und es waren zur Bestimmung der erforderlichen Maschinengrößen Berechnungen durchzuführen unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Kältebedarf meist nicht gleichmäßig über die Zeit verteilt, sondern (ähnlich wie bei den elektrischen Kraftzentralen mit größeren oder kleineren Spitzen) wechselnd war. Auch wurden vollständige wirtschaftliche Abrechnungen

¹⁾ In späterer Zeit hat die Gesellschaft aus taktischen Gründen und wegen der Notwendigkeit weitgehender Differenzierung eine neue Einteilung vorgenommen.

verlangt. Es mußten also jeder Bestellung von Maschinen eingehende Verhandlungen vorausgehen, und es konnte sich deren Gegenstand nicht auf die Kälteerzeugung beschränken, sondern mußte auch die Kälteverwendung umfassen. Nun fehlte es aber den Maschinenfabriken an sachverständigem Personal, welches die Gewähr für die Erfüllbarkeit der zu übernehmenden Verpflichtungen hätte bieten und übernehmen können. Infolge davon wandten sie sich immer wieder an mich, und ich war fortdauernd genötigt, einen Teil meiner Zeit diesen Arbeiten zu widmen und in den Ferientagen die damit verbundenen Reisen zu machen.

So kam ich im Frühjahr 1878 nach Frankfurt und Mainz zu Besprechungen mit einigen Brauereibesitzern. An letzterem Orte wurde ich zu dem als technischer Berater im Aufsichtsrate mehrerer rheinischer Brauereien geltenden Herrn Generaldirektor Lang¹⁾ geführt, dem ich in sechsstündigem Gespräche über die Gesamtheit unserer bisherigen Errungenschaften berichten mußte. Am nächsten Tage schloß er Lieferungsverträge für je eine Kälteanlage in der Mainzer Aktienbrauerei und in der Brauerei von Gebr. Dieterich in Düsseldorf mit mir ab. Nach erfolgter Aufstellung der Maschinen kam ich im Herbst wieder nach Mainz und hatte Gelegenheit zu weiteren eingehenden Gesprächen mit Herrn Lang²⁾. Die künftige Bedeutung der Kältetechnik hatte sich ihm aus dem mitgeteilten Tatsachenmaterial im weitesten Sinne erschlossen. Als ich mit Bedauern von der Notwendigkeit sprach, mich von der weiteren Teilnahme an der Entwicklung der Kältetechnik zurückziehen zu müssen, weil Kollisionen zwischen den damit verbundenen Beanspruchungen und zwischen meinen Pflichten als Professor daraus entstehen müßten, machte er den Vorschlag, eine Gesellschaft zu bilden, welche unter meiner Leitung (nach Rücktritt vom Lehramte) sich mit dem Entwerfen und Liefern von Kälteanlagen befassen sollte. Den Gedanken an eine solche Lösung trug ich mehrere Wochen lang in mir herum, ohne zu einem Entschlusse kommen zu können. Es erschien mir als ein zu schweres Opfer, ja als eine Treulosigkeit gegen meine bisherigen Berufsziele, daß ich die akademische Tätigkeit und Umgebung verlieren sollte, welche während eines Jahrzehntes sich immer wertvoller für mich gestaltet hatten. Auf der anderen Seite mußte ich mich zur Lösung der einzigartigen und verheißungsvollen Aufgabe insofern berufen fühlen, als mir die Werkzeuge zu solcher, mit gutem Erfolge ja schon begonnener, Lösung in besonderer Weise zur Verfügung zu stehen schienen, nämlich gleichzeitig die Beherrschung der physikalischen (insbesondere der thermo-dynamischen) Grundlagen und die Ausbildung als Maschinenbauer, eine Verbindung, welche damals noch nicht als Gemeingut zahlreicher Ingenieure gelten konnte, wie heute. Diese Überzeugung gewann immer mehr die Oberhand und reifte den Entschluß zum Rücktritt vom Lehramte.

In den letzten Tagen des Jahres 1878 reichte ich das Gesuch um Entlassung aus dem Staatsdienste ein, welches für Ende des Wintersemesters genehmigt wurde,

¹⁾ Vater des noch in dem Aufsichtsrate der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen tätigen Reichsrates Dr. Carl v. Lang-Puchhof.

²⁾ Herr Lang hatte als Miterbauer der bayerischen Ostbahnen sich durch ganz hervorragende technisch-wirtschaftliche Leistungen bekannt gemacht, worauf der Baron Moritz v. Hirsch für seine großen Eisenbahnbau-Unternehmungen — erst der Oberhessischen, insbesondere aber der Ottomanischen Bahnen — ihn zu gewinnen gewußt hatte. Mit reichen Früchten aus dieser Tätigkeit hatte sich nunmehr Lang in der Eigenschaft als Generalbau- direktor der letzteren Bahngesellschaft in Mainz niedergelassen und war im Begriffe, nach Wiesbaden (in sein Heimatland) überzusiedeln.

nachdem der Rektor den vergeblichen Versuch gemacht hatte, mich (unter dem Hinweise darauf, daß ich im Ministerium als „homo consularis“ ins Auge gefaßt sei) zur Zurücknahme zu bestimmen.

Damit war nicht nur für mich selbst die Loslösung aus dem bisherigen Berufsverbände, sondern für mich und meine Familie auch der Abschied von dem seitherigen Wohnorte entschieden. Denn es stand für mich fest, daß der Übergang zu der neuen Tätigkeit nicht inmitten der alten Umgebung erfolgen dürfe. In nebelhaften Umrissen lag die Zukunft vor mir. Wenn ich auch auf Grund der seitherigen Ergebnisse zuversichtlich meiner Aufgabe in technischer Hinsicht entgegensehen durfte, so waren mir Art, Umfang und Erfolg der Arbeit noch unklar, welche mir als Geschäftsmann obliegen würden. Überall begegnete ich der Annahme, daß weitgehende pekuniäre Anerbietungen mich zu dem Schritte veranlaßt hätten, was aber durchaus nicht zutraf. So war es mir ein Bedürfnis, die Entwicklung dieser Dinge auf einem anderen Boden sich vollziehen zu lassen. Gegen diese innere Notwendigkeit mußten auch Verluste in den wertvollen Beziehungen zurücktreten, welche während eines dreizehnjährigen Aufenthaltes in München für die Familie erworben waren. Ende März 1879 nahm ich Wohnsitz in Wiesbaden als Vorstand der „Gesellschaft für Lindes Eismaschinen“.

Die technischen Aufgaben, deren Lösung mir mit Hilfe meiner Mitarbeiter oblag, ergaben sich teils aus den Bedürfnissen, welche uns von außen entgegengebracht wurden, teils aus den neuen Anwendungen der Kälte, zu denen wir selbst die Anregung gaben. Schon oben habe ich erzählt, wie ich an den Ersatz des Natureises herangegangen war, welches in den Bierbrauereien, zunächst für die Zwecke des Betriebes, also für die Kühlung der Würze vor und während der Gärung gebraucht wurde, und daß darüber hinaus die Kühlung und Entfeuchtung der Gärkellerräume unternommen war. Die weitere Verfolgung dieser letzteren Aufgabe führte dazu, daß derselben je nach den vorliegenden Verhältnissen entweder durch natürliche Ventilation entsprochen wurde, indem Röhrenbündel an der Decke der Gärkeller (über den Gängen) aufgehängt wurden, durch welche — in Übereinstimmung mit dem Wesen der Warmwasserheizungen — eine von der Kältemaschine auf mehrere Grad unter 0° C abgekühlte Salzlösung strömt, oder durch das energischere, schon in Triest gebrauchte Mittel der künstlichen Ventilation, wobei jedoch an Stelle des dort angewendeten Soleregens ebenfalls Bündel von Solerohren (eingebaut in Kanäle) traten, an denen der Luftstrom durch Ventilatoren entlanggeführt wird.

Die Ersetzung des Natureises im Betriebe gelangte bald in einer so großen Anzahl von Bierbrauereien zur Einführung, daß die hierfür bei uns eingehenden Aufträge der Menge nach weitaus an erster Stelle unseres Umsatzes standen. In noch erhöhtem Maße wurde das der Fall, als auch die Kühlung der Lagerkeller zur Annahme gelangte. Noch im Jahre 1881 wurde mir von hervorragenden Bierbauern erklärt: „Ihre Kältemaschine ist für unsere Betriebszwecke sehr wertvoll, aber unser lagerndes Bier werden wir niemals einer Maschine anvertrauen, deren zeitweises Versagen eine Katastrophe bedeuten könnte.“ Als der Direktor der Dortmunder Aktienbrauerei im genannten Jahre mir seine Verlegenheit wegen Mangels an Lagerraum klagte und ich ihm auseinandersetzte, wie jene Gefahr völlig dadurch beseitigt werden könnte, daß mit dem zur Kühlung von Lagerkellern dienenden Rohrnetze ein Kasten verbunden würde, durch welchen die Salzlösung strömen und in welchen während einer etwaigen Störungsdauer Eis

und Salz eingeführt werden könnte, entschloß sich die Brauerei (als erste), für einen Block von sechs Kellern die maschinelle Kühlung einzurichten, wodurch die zugehörigen Eisräume für die Bierlagerung frei wurden. In Lagerkellern ist der natürliche Umlauf der Luft unter allen Umständen ausreichend. Es handelte sich also nur darum, Rohrnetze mit der nötigen Oberfläche (der Decke sich anschmiegend) aufzuhängen. — Ein Zufall schien den ursprünglichen Bedenken recht geben zu sollen, als ich bald nach Eröffnung des Betriebes (1882) einen telegraphischen Hilferuf erhielt, wonach die Anlage dadurch stillgelegt sei, daß (infolge eines Bedienungsfehlers) ein Kompressordeckel mit Ventilgehäusen durch Flüssigkeitsschlag zerstört wurde. Da ich aber in der Lage war, von Augsburg die sofortige Entsendung eines Monteurs mit einem Ersatzstücke (aus einer Vorratsbestellung) nach Dortmund telegraphisch zu beordern, so daß mir 48 Stunden nach dem Eintritt des Unfalles ein Danktelegramm für die schnelle Beseitigung der Störung zugehen konnte, so trug der Unfall nur dazu bei, das Gefühl der Verlässigkeit zu erhöhen. Die Vorteile der Lagerkellerkühlung (Gewinnung der Eisräume, Beseitigung der mit der Natureisfüllung verbundenen Schwierigkeiten und Verunreinigungen, gleichmäßige Temperatur in den Abteilungen und Regulierbarkeit derselben durch einfache Hahnstellung, wobei mit dieser Temperatur nunmehr stellenweise bis unter 0°C herabgegangen wurde) sprangen so deutlich in die Augen, daß andere Brauereien in schnellem Tempo sich anschlossen. Als im Winter 1883/84 die Natureisernte versagte, brach eine förmliche Sturmflut von Aufträgen über uns herein, welche die äußersten Anstrengungen unserer Maschinenfabriken und unseres Personals und die Heranziehung des ganzen Vorrates notwendig machte, zu dessen Bestellung ich glücklicherweise (für die gangbaren Maschinengrößen) Vorsorge getroffen hatte. Viele Hunderte von Kilometern Solerohre mußten verlegt werden, um die — in den Großbrauereien zu förmlichen Labyrinthen ausgebreiteten — Kellerkomplexe zu versorgen. Eine willkommene Zugabe war es meist, daß wir durch Aufstellung hochwertiger (gleichzeitig den übrigen Brauereibetrieb mit umfassender) Antriebsdampfmaschinen eine rationellere Bewirtschaftung des ganzen Dampf- und Heizbetriebes herbeizuführen vermochten, so daß in einzelnen Fällen mit Einschluß der Kältemaschine weniger Dampf gebraucht wurde als vor deren Anschaffung.

Schon zwei Jahre nach Einrichtung der ersten Lagerkellerkühlung war es eine feststehende Meinung in der Brauerwelt, daß diese zweite Leistung der Kältemaschine noch wertvoller sei, als der auf den Betrieb sich erstreckende erste Teil, und daß der untergärigen Bierbrauerei durch die Kältetechnik eine neue Grundlage gegeben sei, indem sie dieselbe unter wesentlichen Verbesserungen von den klimatischen Verhältnissen unabhängig gemacht habe.

Es versteht sich wohl von selbst, daß das Gelingen aller dieser Anlagen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht aufgebaut sein mußte auf richtigen Berechnungen und Einschätzungen aller in Betracht kommenden Größen und Verhältnisse, welche — nötigenfalls durch die Erfahrung korrigiert — so in Normalien gefaßt wurden, daß bald für die Herstellung der Konstruktionspläne einfach aus denselben alle Angaben zu schöpfen waren. Heute erscheint die Lösung der ganzen Aufgabe so einfach und selbstverständlich, daß niemand daran denkt, was zu überwinden gewesen ist, um sie ohne Fehlschlag durchzuführen. Als ich im Jahre 1891 Wiesbaden verließ, standen 747 meiner Kältemaschinen bei 445 Bierbrauereien in Gebrauch.

Neben die Bierbrauerei ist als wichtigstes Gebiet die Ausbildung der Fleisch-Kühl- und Gefrieranlagen getreten. Die erste Fleischkühlanlage in Deutschland wurde 1882 in Bremen durch den dort ansässigen Maschinenfabrikanten Osenbrück (von welchem ich später zu sprechen haben werde) ausgeführt. Sie blieb so weit hinter den zugesagten Leistungen zurück, daß ich vom Stadtrate nach Bremen berufen wurde, um für die erforderlichen Abänderungen Rat zu erteilen.

Wir bekamen unsererseits im städtischen Schlachthause Wiesbaden im Jahre 1883 die Gelegenheit zur Herstellung der ersten unter den zahlreichen im In- und Auslande von uns herrührenden Fleischkühlanlagen, an welche viele andere Einrichtungen zur Aufbewahrung von Lebensmitteln, zuletzt die großen Kühlhäuser sich anschlossen. Die Anforderungen an die Kühlung solcher Räume gingen über die in den Brauereien gestellten insofern hinaus, als hier neben Kühlung der Luft die Beseitigung großer Feuchtigkeitsmengen aus derselben und ihre Reinigung sich als notwendig erwies, und daß zu beliebig langer Lagerung gefrorenen Fleisches ausgedehnte Räume um mehrere Grad unter 0° C herabzukühlen sind. Für gewisse Lagerungsobjekte, z. B. Eier, haben sich diese Anforderungen dahin gesteigert, daß ganz bestimmte Temperaturen und Feuchtigkeitsgrade mit beinahe absoluter Konstanz verlangt werden, und auf dem Wege der Erfahrung mußte zuerst festgestellt werden, welche Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade für die verschiedenen Kühlgüter die besten sind, um alsdann zur Feststellung der Mittel zu gehen, durch welche die Erfüllung dieser Forderungen gewährleistet wird.

Unter den mannigfaltigen Bauarten von Kühlrichtungen, welche je nach den besonderen Verhältnissen zur Anwendung kamen, will ich hier nur diejenige beschreiben, welcher der höchste Grad von Vollkommenheit in der dreifachen Wirkung der Kühlung, Entfeuchtung und Reinigung der Luft von vielen Seiten zugeschrieben wird. Bei Benutzung des hierfür wirksamsten Mittels, nämlich unmittelbarer Berührung der Luft mit kalter Sole, kommt es darauf an, die Arbeit auf das geringste Maß herabzusetzen, welches aufzuwenden ist, um Luft und Sole mit der erforderlichen Oberflächenentfaltung zueinander zu bewegen, weil abgesehen von dem Arbeitsaufwand selbst das ganze Wärmeäquivalent dieser Arbeit an der produzierten Kälte verloren geht. Diesen Gesichtspunkten suchte ich bei dem Entwerfe der „Scheibenluftkühler“ — in Abb. 9 ist eine Fleischkühlanlage mit solchen Scheibenkühlern teilweise dargestellt — Rechnung zu tragen. Eine große Anzahl von kreisrunden Scheiben (mit ungefähr 1,5 m Durchmesser) ist in Abständen von etwa 2 cm je auf einer Achse aufgesteckt, und eine gewisse Anzahl solcher Aggregate wird hintereinander in ein geschlossenes Gehäuse eingebaut, dessen unterer Teil mit Sole gefüllt ist und den Verdampfer enthält, während durch den oberen Teil (ohne Richtungsänderung und mit geringer Geschwindigkeit) die von Ventilatoren bewegte Luft zwischen den Scheiben hindurchstreicht. Letztere drehen sich langsam um (etwa fünf Umdrehungen in der Minute) und bedecken sich hierdurch mit fortwährend wechselnden dünnen Soleschichten.

Bis zum Jahre 1891 haben wir 60 Fleischkühlanlagen mit 87 Kältemaschinen eingerichtet.

Als ein wichtiges Erfordernis hatte sich schon beim Bau unserer Eiswerke die Ausbildung solcher Einrichtungen für die Klareisgewinnung gezeigt, durch welche dieselbe in einfacherer und billigerer Ausführung ermöglicht werden sollte, als durch die rotierenden Generatoren. Ich baute (erstmalig in Barmen 1881) den

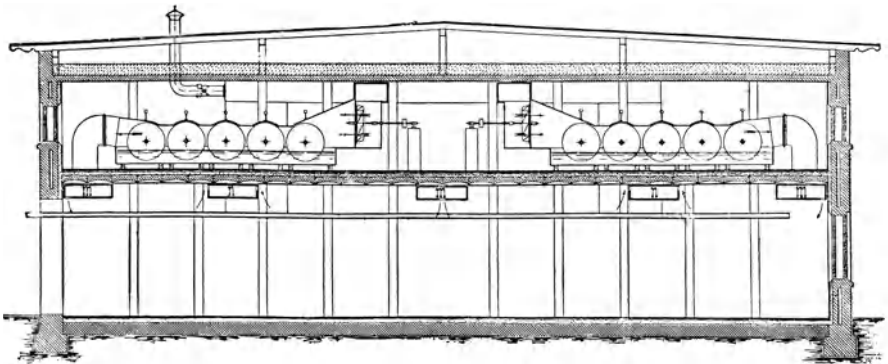
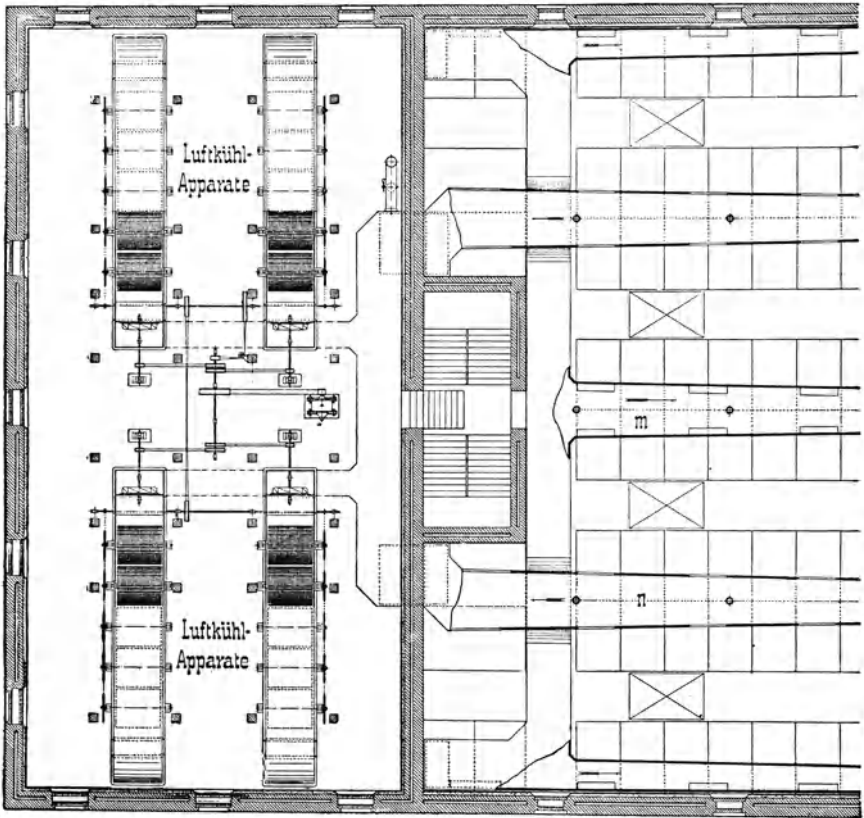
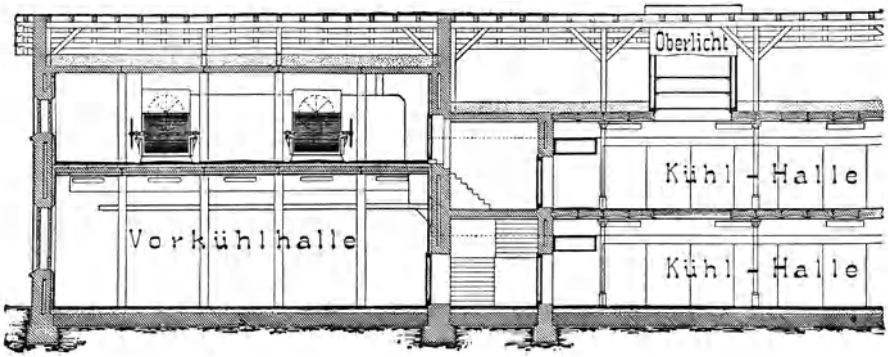


Abb. 9. Scheibenluftkühler.

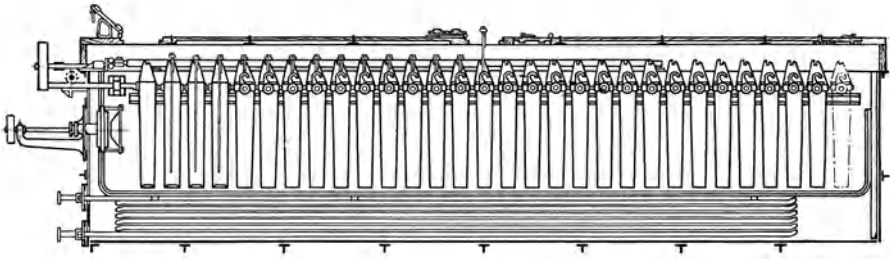


Abb. 10.

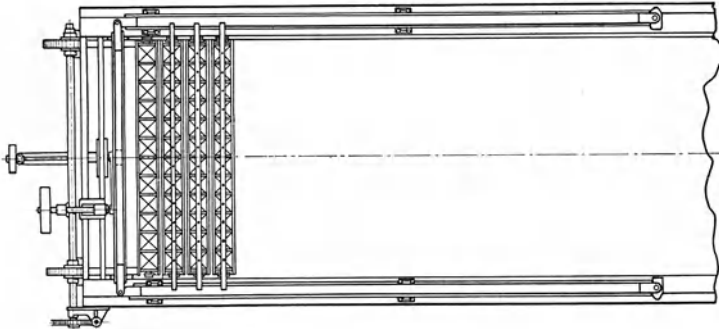


Abb. 11.

Abb. 10 und 11. Klareiszeuger mit Rührwerk.

„Flossenapparat“. Innerhalb der nach der oben beschriebenen Bauart hergestellten Kastengeneratoren taucht in jede der Eiszellen (von quadratischem Querschnitt) eine Stahllamelle („Flosse“) tief ein (Abb. 9 bis 12) und gibt durch horizontale Schwingungen dem Gefrierwasser solche Bewegung, daß dadurch das Abspülen der an der Gefrierfläche sich ausscheidenden Luftbläschen herbeigeführt wird. Die Schwingungsweite muß mit dem Fortschreiten der Zellenreihen abnehmen, zu welchem Zwecke die Flossen oben durch Stäbe zusammengefaßt und diese Stäbe seitwärts auf schwingenden Längsträgern aufgelegt werden, die auf der hinteren Generatorseite Kurbelantrieb erhalten, während sie am vorderen Ende in Zapfen drehbar sind. An geeigneter Stelle müssen die Flossenreihen herausgenommen werden, um nicht einzufrieren. Es bleibt also ein innerer Teil (reichlich ein Zehntel des Querschnittes) trübe. Obwohl demnach die Klareisbildung keine vollständige ist, so ist der Mechanismus und seine Bedienung so einfach, daß der Flossenapparat bis heute sehr allgemeine Anwendung gefunden hat.

Um aber die ganzen Eisblöcke durchsichtig zu erhalten und um gleichzeitig alle fremden Bestandteile zu beseitigen, auch möglichste Keimfreiheit zu erlangen, unternahm ich (zuerst im Eiswerke Shadwell in London 1886) den Bau von Hochdruckdestillatoren, in denen Wasser dadurch verdampft wurde, daß der Kesseldampf (als Destillat) sich kondensierte, wobei der nunmehr zum Antrieb der Dampfmaschine dienende (Sekundär-) Dampf natürlich einen gewissen Druckabfall gegenüber dem Heizdampf zeigt.

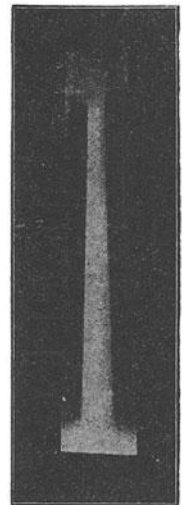


Abb. 12.
Klareis-Block.

Später gingen wir für eine größere Anzahl von Anlagen zu Niederdruckdestillatoren über unter Verwendung des Abdampfes der Dampfmaschine als Heizmittel, während der Sekundärdampf als „Destillat“ in Oberflächenkondensatoren verdichtet wird.

Eine Arbeitsweise, welche ich schon in München und auch für andere Zwecke (Soleabdampfung, Alkoholdestillation usw.) vorgeschlagen hatte und welche als „Thermokompression“ bezeichnet worden ist, besteht darin, daß in Übereinstimmung mit dem Wesen der Kältemaschinen die bei der Wasserverdampfung mit der Temperatur T aufgenommene Wärme durch Kompression des Dampfes auf solche Temperatur T_1 gehoben wird, daß sie (durch die Wandungen des Destillators) unter Wiederverflüssigung des Dampfes (zum „Destillat“) an das Wasser zu fortdauernder Verdampfung wieder abgegeben werden kann. Da hierbei $T_1 - T$ nur den zum Wärmeübergang durch die Wandung erforderlichen Temperaturunterschied darstellt, so wird der erforderliche Arbeitsaufwand durch große Wandungsflächen auf ein geringes Maß herabgesetzt werden können. In München (mit einem Enkeschen Gebläse als Kompressor) ausgeführte Versuche hatten ergeben, daß mit einem Kilogramm Betriebsdampf bis zu 10 kg Destillat gewonnen werden können. Zu einer Ausführung in größerem Maßstabe ist es aber erst vor wenigen Jahren in Dresden unter Anwendung eines Turbokompressors gekommen, wobei die Ergebnisse jedoch wirtschaftlich hinter denjenigen mit den Niederdruck-Destillatoren zurückzubleiben scheinen¹⁾.

Als im Jahre 1881 Pettenkofer unsere Eisfabrik in München besucht hatte, schrieb er mir: „Diese neue Technik der Kälte scheint berufen, als Träger der Kultur in den tropischen Gebieten ähnlich zu wirken wie die Technik der Heizung in den alten Kulturländern.“ In diesen Worten war eine Aufgabe gekennzeichnet, welcher eine noch größere Bedeutung innezuwohnen schien als den von unserer Industrie in den „alten Kulturländern“ gestellten Aufgaben, nämlich die Anwendung der Kälteanlagen für bewohnte Räume. Daß nun aber in dieser Richtung bis heute noch fast nichts geschehen ist (während meiner Wiesbadener Tätigkeit ist es nicht zu einer einzigen Ausführung gekommen), legt natürlich die Frage nach den Ursachen dieser Erscheinung nahe. Ich habe die Besprechung derselben zum Gegenstande des einleitenden Vortrages²⁾ bei dem ersten Internationalen Kältekongreß in Paris 1908 gemacht und dabei ausgeführt, daß technische Schwierigkeiten der Lösung dieser Aufgabe nicht entgegenstehen und daß von berufener (hygienischer und medizinischer) Seite dringende Aufforderungen zu ihrer Durchführung ergangen seien. Ich habe es seinerzeit nicht an Bemühungen hierfür fehlen lassen. So habe ich im Jahre 1888 die vollständigen Baupläne für ein in Kalkutta zu erbauendes Hotel herstellen lassen und Einrichtungen für die Entfeuchtung und Temperierung der Luft in den Wohn- und Schlafräumen entworfen. Aber alle Versuche zur Aufbringung des zur Verwirklichung dieser Pläne erforderlichen Kapitals scheiterten³⁾.

Schon im Sommer 1879 mußte ich häufig nach Waghäusel fahren, wohin eine

¹⁾ Neuerdings ist diese Arbeitsweise von anderer Seite unter Anwendung von Dampfstrahlapparaten für die Thermokompression aufgenommen worden.

²⁾ Bayer. Ind.- u. Gewerbeblatt, München 1908.

³⁾ Später hat unsere Gesellschaft mit bestem Erfolge in einem Frankfurter Privathause sowie im Telephonamte Hamburg Kühlanlagen eingerichtet. Diese sowie eine solche durch die Firma Humboldt im Kölner Stadttheater ausgeführte und einige wenige Einrichtungen in Amerika sind aber vereinzelt geblieben.

Kälteanlage für Strontianenzuckerung der Melasse zu liefern war, welches Verfahren durch die damalige Steuerpolitik eine vorübergehende Bedeutung erlangt hatte, so daß wir neben mehreren Anlagen in Deutschland auch eine solche für Say in Paris herzustellen hatten.

Im Jahre 1879 hat auch schon die Einführung unserer Maschinen in die chemische Großindustrie, in Molkereien, Butter- und Schokoladenfabriken begonnen.

Ich unterlasse es, die vielen einzelnen Aufgaben aufzuzählen, deren technische Bearbeitung für diese und andere Zwecke unsere Gedanken und Hände beschäftigte. Wohl in keinem anderen Zeitraume meines Lebens habe ich mit größerer Befriedigung gearbeitet. Auf einem noch beinahe ganz jungfräulichen und überaus fruchtbaren Boden bot sich ein weites Feld dar, das ich nach eigener freier Überlegung und mit großen Mitteln bebauen durfte — ein für den Maschineningenieur geradezu idealer Zustand! Jede neue Anwendung erforderte eine besondere Gestaltung der Einrichtungen, sei es hinsichtlich der Arbeitsweise, sei es mit Rücksicht auf bauliche Anpassung, so auf Schiffen, für Eisbahnen, zur Schachtabteufung, in Eisenbahnwagen usw. Bald galt es diese, bald jene Wirkung zu erzielen, diese und jene Schwierigkeiten zu beseitigen. Mußte z. B. an einer Stelle die Zusage gegeben werden, daß durch das allein zur Verfügung stehende Schmutzwasser die Wirksamkeit der Kondensatoren nicht beeinträchtigt werden dürfe, so wurde ein Kondensator mit horizontalen Röhren entworfen, an welchen sich (durch einen Schraubenmechanismus angetrieben) eine Schabevorrichtung hin und her bewegte. An anderen Stellen fehlte es überhaupt an Kühlwasser und mußte zum Bau von „Rückkühlern“ geschritten werden, wie sie jetzt eine so allgemeine Anwendung gefunden haben, damals aber noch nicht einmal dem Namen nach bekannt waren. Erstmals zwang uns die Not (1883) in unserem Eiswerke Stuttgart zum Bau einer solchen mit Kühlturm. Verschiedene Bauformen, u. a. auch mit Verwendung unserer „Scheibenkühler“ (unter Umkehr ihrer Arbeitsweise und Aufgabe), wurden je nach örtlichen, klimatischen und baulichen Umständen zur Ausführung gebracht . . .

Luftverflüssigung.

Meine Gedanken beschäftigten sich schon seit längerer Zeit mit den neueren Entdeckungen auf dem Gebiete weit tieferer Temperaturen, wie sie zur Verflüssigung der „permanenten“ Gase erreicht werden mußten. Einen Überblick über diese Entdeckungen gab ich in einem (im Januar 1893) im Polytechnischen Verein gehaltenen Vortrag¹⁾ „über die Verflüssigung der Gase“, wobei ich darlegte, es sei in den letzten anderthalb Jahrzehnten Neues und Bedeutsames darüber gefunden worden, „bedeutsam sowohl für die Erkenntnis der berührten Naturgesetze als auch für eine Verwertung der neuen Erkenntnis in technischer und industrieller Richtung“.

Die von den Physikern für die Gasverflüssigung angewendeten Verfahren und Hilfsmittel hatten wohl ausgereicht, um an einigen wenigen Orten (Paris, Krakau, London und Leyden) kleine, nach Kubikzentimetern zählende Mengen von Flüssigkeit aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd zu gewinnen, jedoch erschienen sie nicht geeignet zu einer Verallgemeinerung für den wissenschaftlichen Betrieb, geschweige denn zu Verwertungen „in technischer und industrieller Richtung“.

¹⁾ Bayer. Ind.- u. Gewerbeblatt, München 1893.

Noch fehlte ein gangbarer Weg aus dem Laboratorium des Naturforschers in die Werkstätte, und es drängte sich mir das Aufsuchen eines solchen Weges als nächstliegende Aufgabe auf. Im Sommer 1894 hatte ich eine Richtungslinie für denselben gefunden und ging daran, ihn auszubauen. Die Überlegung, daß bis zur Verflüssigung hinab dasselbe Verfahren anwendbar bleiben müsse, welches in den üblichen Kaltluftmaschinen zu Abkühlungen bis zu ungefähr -60° C reicht, wenn es nur gelänge, solche aufeinanderfolgende Abkühlungen in ihrer Wirkung zu summieren, führte folgerichtig zu dem Gedanken, das durch Expansion abgekühlte Gas im Gegenstrom dem zur nächsten Expansion gelangenden entgegenzuführen und dadurch die Anfangstemperatur der nachfolgenden Expansion der Endtemperatur der vorausgehenden zu nähern. Es stellte sich ja in der Folge heraus, daß dieser Gedanke schon im Jahre 1857 von William Siemens in einer englischen prov. Specification ausgesprochen worden war (ohne daß er dabei an Luftverflüssigung dachte) und daß Solvay im Jahre 1885 ein englisches Patent auf eine Luftverflüssigungsmaschine genommen hatte, bei welchem eine ähnliche Gegenstromwirkung mit einem Zylinder verbunden war, in welchem die Luft arbeitverrichtend expandieren sollte¹⁾. Während Siemens den Gedanken nicht einmal bis zur „complete Specification“ verfolgt zu haben scheint, war Solvay (wie er im November 1895 in der Pariser Akademie mitteilte²⁾), an die Verwirklichung gegangen, hatte aber eine Temperatur von -95° C nicht unterschreiten können, weil die von außen eindringende Wärme die gewonnene Abkühlung überwog. Nach außen hin war von den Erfindungsgedanken der beiden Männer nur denjenigen etwas bekannt geworden, welchen die englischen Patentbeschreibungen in die Hände kamen. In die Literatur war nichts davon gedrungen. Auch mir hatte zuerst die Absicht vorgeschwebt, als Kältequelle die Abkühlung zu verwenden, welche bei Expansion der Luft unter Leistung mechanischer („äußerer“) Arbeit bekannt war. Über verschiedene hierfür gemachte Entwürfe habe ich im Herbst 1894 mit Gebrüder Sulzer korrespondiert. Es stellten sich jedoch solche Bedenken und Schwierigkeiten bezüglich Isolierung und Schmiermaterial ein (Solvays Erfahrungen bestätigten mir später deren Richtigkeit), daß ich nach einer anderen Kältequelle Umschau hielt. Durch die Kühlwirkungen, wie sie bei Kohlensäure auch oberhalb der kritischen Temperatur noch erzielt wurden, war ich auf die Temperaturänderungen hingeleitet worden, welche schon im Jahre 1862 Thomson und Joule³⁾ beim Ausströmen von Gasen infolge der inneren molekularen Arbeitsvorgänge festgestellt hatten, wonach bei Luft eine Abkühlung

$$\delta^{\circ} = 0,29(p_2 - p_1) \left(\frac{273}{T_2} \right)^2$$

gefunden war, welche allerdings so geringfügig erschien (nur ungefähr $0,25^{\circ}$ C für jede Atmosphäre des Druckabfalles $p_2 - p_1$), daß sie von technischer Seite ganz unbeachtet geblieben war. Legte man die Drücke zugrunde, wie sie in den Kaltluftmaschinen üblich waren, also Kompression auf rund 5 at, so würde die Ausströmung auf atmosphärischen Druck nur rund 1° C als Abkühlung liefern, ein Betrag, mit dem tatsächlich nichts anzufangen war.

Indessen ließen die beiden nachstehenden Überlegungen erkennen, daß durch

¹⁾ „I produce low temperature by making a series of successive expansions of gas by mechanical power.“

²⁾ Compt. rend. 1895, S. 1141.

³⁾ Phil. Trans. Roy. Soc. 1862, S. 579.

geeignete Gestaltung der Verhältnisse vollkommen ausreichende Abkühlungen erreichbar seien:

1. Wie für die Kompressionsarbeit, so ist zwar für die Abkühlung durch Abgabe von „äußerer“ Arbeit das Druckverhältnis $p_2 : p_1$, dagegen für die „Entspannungsabkühlung“ infolge von innerer Arbeit die Druckdifferenz entscheidend. Die Kompression der Luft von 5 auf 25 at und von 25 auf 125 at erfordert je dieselbe Arbeit wie die Kompression von 1 auf 5 at, und es liefert die „äußere“ Expansionsarbeit innerhalb solcher Druckverhältnisse je gleiche Abkühlungswerte. Dagegen beträgt die Entspannungsabkühlung im letzten Falle zwar nur 1°C , im ersten aber schon 5°C und im zweiten Falle 25°C .
2. Da mit abnehmender Anfangstemperatur T_2 die Entspannungsabkühlung dem Quadrate der absoluten Temperatur umgekehrt proportional wächst, so kann sie durch Vorkühlung wesentlich gesteigert werden. Beträgt bei einer Anfangstemperatur von 16°C die Abkühlung $0,25^\circ \text{C}$ für jede Atmosphäre, so wächst dieselbe bei einer Anfangstemperatur von -30°C schon auf das Anderthalbfache ($0,36^\circ \text{C}$) und erreicht den doppelten Betrag bei einer anfänglichen Temperatur von -63°C .

Diese Überlegungen wurden für die weitere Entwicklung entscheidend und bestimmten mich dazu, die Sache jedenfalls mit dieser Kältequelle zu versuchen, wodurch das Verfahren und die Bauformen eine überaus einfache Gestalt bekamen. Die Luftpumpe P (Abb. 13) drückt die Luft von p_1 auf p_2 , wobei deren Temperatur von t_4 auf t_5 steigt.

Durch Kühlwasser wird dieselbe in K auf t_1 ermäßigt. Die auf p_2 komprimierte Luft tritt mit dieser Temperatur t_1 in das innere Rohr des Gegenströmers G ein und verläßt denselben (aus sogleich ersichtlichen Gründen) mit der niedrigeren Temperatur t_2 , um durch ein Entspannungsventil E in das Gefäß F überzufließen, wo der Druck p_1 herrscht. Bei dieser Entspannung sinkt (infolge Leistung innerer Arbeit) die Temperatur auf t_3 . Nun wird die Luft mit t_3 im Gegenströmer der ankommenden komprimierten Luft entgegengeführt und dadurch die eben erwähnte Absenkung der Temperatur von t_1 auf t_2 bewirkt. Die mit der Temperatur t_4 den Gegenströmer oben verlassende Luft kehrt zu neuem Kreislaufe in die Druckpumpe P zurück. Da die Entspannungsabkühlung $t_2 - t_3$ unausgesetzt fort-

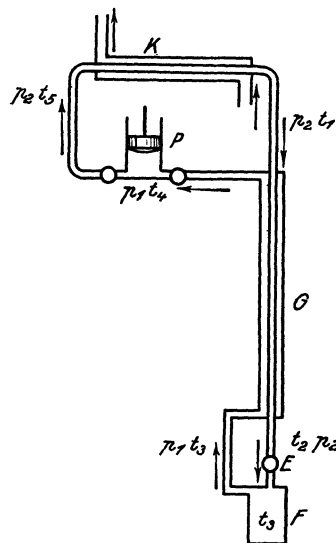


Abb. 13. Luftverflüssiger.

dauert, so müssen die Temperaturen t_2 und t_3 so lange sinken, bis entweder durch Wärmezufuhr von außen oder durch Freiwerden von Wärme im Inneren das Gleichgewicht hergestellt wird. Innere (latente) Wärme aber wird frei bei dem Übergang von der Gasform in die flüssige Form.

Da es meine Absicht war, in einem technischen Maßstabe zu arbeiten, welcher die gewerbliche Brauchbarkeit des Verfahrens erproben sollte, so beschloß ich, den Kompressor unserer Kohlensäuremaschine zu verwenden und mit Drücken zu arbeiten, wie sie bei diesen Maschinen zur Anwendung kommen, nämlich mit

einem Ansaugedruck von einigen zwanzig und Kompression auf einige sechzig Atmosphären. Der Gegenströmer¹⁾ und das Sammelgefäß für flüssige Luft erhielten dementsprechend solche Abmessungen, daß ihr Gesamtgewicht rund 1300 kg betrug.

Im Mai 1895 waren alle Bestandteile aufgestellt, und es konnte mit den Versuchen begonnen werden. Herr Mönch beaufsichtigte den Gang der Maschine, während die Temperaturmessungen von meinem Sohne Friedrich übernommen wurden, welcher damals nach Beendigung seiner Studien als Physiker promoviert hatte. Mit freudiger Spannung sahen wir die Temperaturen nach dem von Thomson und Joule angegebenen gesetzmäßigen Verlaufe sinken, auch nachdem die Grenzen weit überschritten waren, innerhalb welcher jene Forscher gearbeitet hatten. Wie voraus berechnet, nahm die Abkühlung des schweren Apparates so lange Zeit in Anspruch, daß ein Tag hierzu nicht ausreichte und daß während der Nacht je ein Teil der erzielten Temperatursenkung wieder verloren ging. Erst am dritten Tage stellte sich Beharrungszustand in jener Lage ein, die den von den Physikern festgestellten Bedingungen für die Sättigung bzw. Verflüssigung entspricht. Noch arbeiteten wir solange fort, bis die Ansammlung einer bestimmten Menge von flüssiger Luft erwartet werden durfte. Dann ließen wir, zwischen aufsteigenden Wolken, die schöne bläuliche Flüssigkeit in einen großen Bleicheimer sich ergießen. Die stündliche Ausbeute betrug ungefähr drei Liter.

Zum ersten Male war in solcher Größenordnung Luft verflüssigt worden und dies mit Hilfsmitteln, welche gegenüber den bisher gebrauchten von verblüffender Einfachheit waren.

Ich lud eine Anzahl von Vertretern der Naturwissenschaft und Technik zur Besichtigung und Erläuterung dieses Schauspieles ein, welches in den Tagen vom 20. bis zum 25. Mai 1895 stattfand.

Am 21. Mai 1895 hat Dr. Hampson in London eine kurze prov. Specification beim Patentamte eingereicht²⁾, welche lediglich eine Wiederholung der von Wil-

¹⁾ Die am 7. Dezember 1894 in Lauchhammer hierfür bestellte Doppelspirale von 100 m Länge (inneres Rohr 4 cm, äußeres Rohr 10 cm Lichtweite) wurde ohne jede Zwischenverbindung sorgfältig so isoliert, daß trotz einer Höhe von 5 m und eines Durchmessers von 1,5 m des Holzmantels die Kälteverluste sehr gering blieben und bei den tiefsten Temperaturen noch ein Temperaturausgleich ($t_1 - t_4$) bis auf $2\frac{1}{4}^\circ \text{C}$ erreicht wurde.

²⁾ Folgendes ist der gesamte Wortlaut der von Hampson am 21. Mai 1895 eingereichten prov. Specification:

„The usual cycle of compression, cooling, and expansion is modified by using all the gas, after its expansion, to reduce as nearly as possible to its own temperature the compressed gas which is on its way to be expanded; with this object all the expanded gas surrounds the pipe or pipes of compressed gas through all their length from the point of expansion to the point of normal temperature, and this length of the pipe is sufficient to allow of the fullest possible interchange of temperatures between the compressed and expanded gas.“

Übersetzt:

Der übliche Kreislauf von Kompression, Kühlung und Expansion ist dahin abgeändert, daß das gesamte Gas nach seiner Expansion dazu verwendet wird, das komprimierte Gas auf seinem Wege zur Expansion so nahe wie möglich auf seine eigene Temperatur zu erniedrigen; zu diesem Zwecke umströmt das gesamte expandierte Gas das Rohr oder die Röhre des komprimierten Gases auf deren ganzer Länge vom Expansionspunkte bis zum Punkte der normalen Temperatur, und diese Rohrlänge ist ausreichend, um den möglichst vollständigen Austausch der Temperaturen zwischen dem komprimierten und dem expandierten Gase zu gestatten.

Es ergibt sich daraus: 1. daß nirgends über den Inhalt der früheren Siemensschen und Solvayschen Patentanmeldungen hinausgegangen ist; 2. daß bezüglich einer Anwendung

liam Siemens und von Solvay ausgesprochenen Erfindungsgedanken (ohne Hinweis auf Luftverflüssigung) darstellt und mit keiner Silbe einer Benützung der Thomson - Jouleschen Entspannungsabkühlung Erwähnung tut.

Auf diese Anmeldung sind Prioritätsansprüche für Hampson mir gegenüber begründet worden. Auch in der deutschen Literatur wird er vielfach vor oder neben mir als Urheber des geschilderten Luftverflüssigungsverfahrens genannt, obwohl bezüglich der beiden Grundlagen dieses Verfahrens keine Spur von Unklarheit darüber bestehen kann,

1. daß die Benützung des Gegenstromes zur Anhäufung der Abkühlungen weder von ihm noch von mir zuerst angegeben wurde, sondern von William Siemens, was ich von Anfang an in jeder Veröffentlichung betont habe;
2. daß die Verwendung und brauchbare Gestaltung des Thomson-Joule-Effektes ausschließlich von mir herrührt.

Wer sich nur die Mühe geben will, die angemerkten Tatsachen zu prüfen, wird anerkennen müssen, daß Hampson keinerlei Anspruch auf irgend einen Teil der Erfindung zusteht.

Zu dieser etwas weitschweifigen Feststellung nötigt mich nicht nur das Recht, sondern mehr noch die Pflicht zur Abwehr aus dem Grunde, weil mir gerade aus Anlaß meines Luftverflüssigungsverfahrens mehrfache Ehrungen erwiesen worden sind, welche ich hätte abweisen müssen, wenn Autorrechte eines Dritten in Frage ständen.

Die Bedeutung des Verfahrens beruht nicht nur darauf, daß es die Grundlage für die Entwicklung einer — heute bis zur Großindustrie herangewachsenen — „Technik der tiefen Temperaturen“ geworden ist, sondern auch in wissenschaftlicher Beziehung darauf, daß es einerseits die Luftverflüssigung zum Gemeingut der naturwissenschaftlichen Laboratorien gemacht und andererseits die Verflüssigung des Wasserstoffs (nach Dewars Vorgang) und in neuerer Zeit diejenige des Heliums durch Kamerlingh - Onnes ermöglicht hat.

des Thomson-Joule-Effektes nicht nur jede Andeutung fehlt, sondern daß die Worte „the usual cycle“ dieselbe geradezu ausschließen. Denn unter dem „üblichen Kreislaufe“ kann doch nur ein solcher verstanden werden, der damals überhaupt bekannt war. Da es aber zu jener Zeit unter Theoretikern und Praktikern (und in der ganzen Literatur) feststand, daß eine Kaltluftmaschine ohne Leistung mechanischer (äußerer) Arbeit in einer Expansionsmaschine eine Abkühlung nicht erzielen lasse, so ist ein Arbeitsgang ohne solche Leistung nicht bekannt, geschweige denn „üblich“ gewesen.

Erst am 19. Februar 1896 (nachdem in der deutschen und englischen Literatur mein Verfahren vielfach erörtert war) hat Hampson den Thomson-Joule-Effekt in seine complete Specification eingeführt, und erst im April 1896 hat er vermocht, die Verwirklichung des Verfahrens in kleinem Maßstabe vorzuzeigen.

Daß unter solchen Umständen Hampson überhaupt in die Lage gekommen ist, Prioritätsansprüche zu erheben, scheint er mir ausschließlich Sir W. Ramsay zu verdanken, der wohl unter dem Eindrucke handelte, daß Hampson ihm zu seinen grundlegenden Forschungen über die Edelgase (natürlich erst nach dem April 1896) eine Verflüssigungsvorrichtung beigelegt hat. Als Ramsay das Ergebnis dieser Forschungen in Deutschland demonstrierte und dabei von Hampsons „Priorität“ sprach, veranlaßten mich Warburg und Emil Fischer zu einer Richtigstellung in den „Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft“ 1899, S. 925. Jede weitere öffentliche Abwehr habe ich seither unterlassen. Als ich Ramsay in dem guten und gewissen Glauben aufsuchte, daß eine Darlegung der Tatsachen ihn zur Anerkennung der Wahrheit veranlassen werde, begegnete ich einer, auch später wiederholten, abweisenden, ja feindseligen Haltung, für welche mir eine psychologische Erklärung bis zu seinem öffentlichen Auftreten nach Kriegsausbruch gefehlt hat, wo ich ihn mit derselben Verbissenheit sich auf einen Gipfel des Gebirges von Verleumdung und Lüge stellen sah, welches gegen deutsches Wesen und deutsche Wissenschaft von unseren Gegnern aufgetürmt worden ist.

Als eine wissenschaftliche Nebenausbeute erwähne ich die Auffindung des Zusammenhanges zwischen der Veränderlichkeit der spez. Wärme der Gase und dem Thomson-Joule-Effekt, auf welchen ich zuerst in den Annalen für Physik und Chemie 1896 S. 331 hinwies, während ich in der Bayer. Akademie der Wissenschaften (Sitzungsber. 1897 Heft 3) ausführlicher Mitteilung darüber folgen ließ.

In den Pfingsttagen 1895 hatte ich Gelegenheit, bei der Tagung des Kuratoriums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Berlin einem größeren Kreise von Physikern über das Verfahren zu berichten. Den Fachmännern erschien die Möglichkeit einer Steigerung des unbedeutenden Thomson-Joule-Effektes zu so bedeutsamer Wirkung so unwahrscheinlich, daß nur die Mitteilung von der vollzogenen Verwirklichung sie daran glauben ließ. Präsident Kohlrausch entsandte die Herren Holborn und Willy Wien nach München, um bei uns mit Hilfe von flüssiger Luft Untersuchungen für die Messung tiefer Temperaturen anzustellen, begab sich auch selbst dahin und fand unter anderem (mit Hilfe von Prof. v. Bae yer) im Petroleumäther einen Stoff, der bis zur Luftverflüssigungstemperatur flüssig bleibt und zur Füllung von Thermometern für tiefe Temperaturen brauchbar ist.

Die erste Mitteilung in der Öffentlichkeit war, einem Wunsche des Vereinsvorstandes entsprechend, der im August 1895 in Aachen stattfindenden Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure vorbehalten¹⁾. Da ich damals Mitglied des Vorstandes war, so wünschte ich nicht selbst damit aufzutreten, sondern bat Prof. Schröter, dies zu tun. Der Titel seiner Veröffentlichung²⁾ („Lindes Verfahren der Sauerstoffgewinnung mittels verflüssigter Luft“) zeigt, daß ich bereits über die Luftverflüssigung hinaus mit technischer Verwendung derselben mich beschäftigte.

Wenn es Aufgabe des Naturforschers ist, „ohne Rücksicht auf Nutzenanwendung“ zu arbeiten, so erfüllt der Ingenieur die seinige gerade durch möglichst vielseitige Nutzenanwendung der Forschungsergebnisse. In diesem Sinne fragte ich mich, und wurde ich von außen gefragt: Was ist mit der neuen Errungenschaft einer einfachen Vorrichtung zur Verflüssigung beliebiger Gasmengen anzufangen? Es hat damals Antworten auf diese Frage gerechnet, und wilde Spekulation hat daraus unlauteren Gewinn zu ziehen gesucht — allen voran der Amerikaner Tripler, der eine große Aktiengesellschaft mit phantastischen und schwindelhaften Zielen begründete. Ich war fast täglich veranlaßt, auf die (gegenüber jenen Übertreibungen sehr engen) Grenzen der Anwendbarkeit zu verweisen. Noch im Jahre 1899 fand ich es nötig, gelegentlich der Naturforscherversammlung in einem Vortrage³⁾ „über die Anwendbarkeit flüssiger Luft in der Technik“ zunächst darzulegen, „daß die Erwartungen zu einem großen Teile in das Reich der Fabel gehören“, ehe ich von möglichen Nutzenanwendungen sprechen konnte. Die letzteren bezogen sich darauf,

¹⁾ Später hat mich der Berliner Bezirksverein um einen Experimentalvortrag gebeten, der im Januar 1897 im Slabyschen Hörsaal der Technischen Hochschule zu Charlottenburg (unter Inbetriebsetzung einer Luftverflüssigungsvorrichtung) gehalten wurde. Nächsten Tages mußte ich denselben vor dem Reichskanzler und den Ministern wiederholen. Der Kaiser, dem darüber berichtet war, kam mit der Kaiserin ebenfalls dorthin und übergab mir nach der Demonstration einen Orden. Durch die Aufmerksamkeit, welche die Luftverflüssigung bei den hohen Herrschaften gefunden hatte, wurde dieselbe plötzlich zum Gegenstand der Besprechung in der Tagespresse, und ich wurde mit Bitten und Einladungen zur Abhaltung weiterer Vorträge bestürmt. Die natürliche Folge war eine grundsätzliche und allgemeine Absage, um den unerfreulichen Lärm möglichst bald verstummen zu lassen.

²⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1895, S. 1157.

³⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1900, S. 69.

1. daß allen wissenschaftlichen und industriellen Laboratorien durch den Bezug kleiner Luftverflüssigungsmaschinen nunmehr die Möglichkeit geboten sei, auf einem Temperaturgebiete bis zu -200° C zu experimentieren;
2. daß bei Wiederverdampfung von verflüssigten Gasgemischen dieselben in ihre Bestandteile getrennt werden können und
3. daß durch Mischung flüssiger Luft mit oxydierbaren Stoffen Sprengkörper sich herstellen lassen.

Die erste dieser drei Aufgaben konnte bereits als im wesentlichen gelöst betrachtet werden, und es bedurfte dafür nur noch baulicher Vervollkommnung und Anpassung. Die Gesellschaft für Lindes Eismaschine hat sich derselben durch Lieferung von 72 Luftverflüssigungsmaschinen¹⁾ gewidmet. Ich hatte nicht die Absicht, das Luftverflüssigungsverfahren unter Patentschutz zu stellen, und es sind von uns niemals gegen die Lieferung von auswärtigen Nachahmungen Einwendungen erhoben worden, wenn es sich um wissenschaftliche Zwecke handelte²⁾.

Anders dagegen war bezüglich der übrigen, zunächst nur in ihren naturgesetzlichen Grundlagen erfaßten Nutzanwendungen zu verfahren, bei welchen die technische Ausgestaltung bis zu der noch ungewissen industriellen Brauchbarkeit voraussichtlich noch langdauernde Arbeit und sehr bedeutende Geldmittel in Anspruch nehmen mußte. Zur Aufbringung solcher Geldmittel erschien es nötig, wieder den seinerzeit für die Entwicklung der Kältemaschine eingeschlagenen Weg zu betreten, nämlich die Anmeldung von Patenten, unter deren Schutz später im Falle des Gelingens eine entsprechende Vergütung zu erwarten war. So meldete ich jetzt in verschiedenen Ländern zunächst eine „Sauerstoffmaschine“ an, wobei ich von meinem Luftverflüssigungsverfahren ausgehen mußte, weil ein anderes hierzu brauchbares Verfahren nicht bekannt war. In anderen Ländern fand die Eintragung unter obiger Bezeichnung statt, das deutsche Patentamt aber lehnte dieselbe ab und erteilte (ab 5. Juni 1895) das Patent Nr. 88 824 auf „ein Verfahren zur Verflüssigung atmosphärischer Luft oder anderer Gase“.

Abteilung B für Gasverflüssigung.

Für Erwerbung und Verwertung dieser Patente sind mir mehrfache Anträge gemacht worden, die ich ablehnte, nachdem unsere Gesellschaft für Lindes Eismaschinen sich bereit erklärte, selbst in diese Verwertung und in die Bearbeitung derjenigen Verfahren einzutreten, welche für die Nutzbarmachung der Gasverflüssigung sich weiterhin ergeben sollten. Von dem etwa hierbei erzielbaren Gewinne (nach Abzug aller Kosten und nach Verzinsung des dafür einzusetzenden Kapitals) wurde mir ein namhafter Teil zugesprochen. Zur technischen und geschäftlichen Bearbeitung wurde in München eine besondere Abteilung für Gasverflüssigung gebildet, welche „meinen Instruktionen unterstellt sein“ sollte.

Als ersten Gegenstand faßten wir ins Auge ein Verfahren zur Gewinnung von Sauerstoff aus flüssiger Luft. Die von den Physikern festgestellte Tatsache,

¹⁾ Davon an Laboratorien in Deutschland 35, Frankreich 12, Rußland 10, Österreich-Ungarn 5, Schweiz 3, Vereinigte Staaten von Nordamerika 2, Dänemark, Spanien und Japan je 1.

²⁾ Hampson'sche Luftverflüssiger sind in größerer Zahl auch nach Deutschland gekommen und wurden vielfach unseren Vorrichtungen vorgezogen, weil sie (unter Verzicht auf Doppelspirale) die komprimierte Luft unmittelbar auf atmosphärischen Druck entspannend infolge viel geringerer Masse der Gegenströmer in kürzerer Zeit den Beginn der Verflüssigung erreichen.

daß der Siedepunkt des Sauerstoffs (-183°C) um etwa 13° höher liegt, als derjenige des Stickstoffs (-196°C) und daß deshalb der flüchtigere Stickstoff bei der Verdampfung flüssiger Luft in verhältnismäßig größerer Menge ausscheidet, so daß in der Flüssigkeit eine Anreicherung an Sauerstoff stattfindet, hatte schon mehrfach zu dem Ausspruche geführt, daß hierdurch die Möglichkeit zu einer Trennung (Fraktionierung) der Luft in ihre Bestandteile gegeben sei.

Betrachtete man diesen Gedanken von der wirtschaftlichen Seite, so stellte sich der große Arbeitsbetrag in den Weg, der für die Verflüssigung aufzuwenden ist, weil die dabei zu entziehende Wärme aus so tiefen Temperaturen heraufgehoben werden muß.

Zur Überwindung dieses Hindernisses half nun aber die Überlegung, daß man durch geeignete Anordnung nach einmal erfolgter Verflüssigung die Wärmeentziehung für weitere Mengen durch die Verdampfung der verflüssigten Luft besorgen lassen kann. Führt man einerseits die abziehenden Dämpfe im Gegenstrom der zu zerlegenden Luft entgegen (um dieselbe auf die Verflüssigungstemperatur herunterzukühlen) und läßt man die Verflüssigung unter Austausch der latenten Wärme innerhalb solcher Wandungen sich vollziehen, welche von der verdampfenden Luft umgeben sind, so wird für jede Gewichtseinheit verdampfender Luft eine neue Gewichtseinheit Luft verflüssigt werden können. „Auf solche Weise wird“ — sagt meine Patentbeschreibung — „eine vollständige Wiedergewinnung der zur Abkühlung und Verflüssigung der Luft aufgewendeten Kälte erreicht, und hat die Maschine lediglich die zur Deckung der Verluste erforderliche Kälte zu produzieren.“ Der Arbeitsbedarf für diese

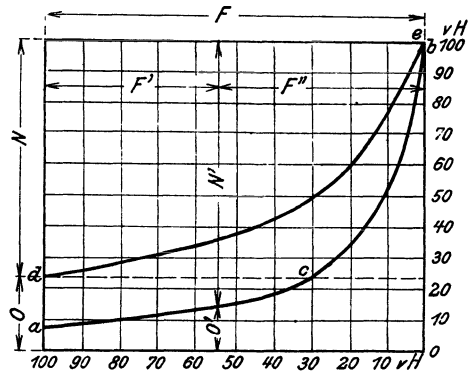


Abb. 14. Mengenverhältnis bei Verdampfung flüssiger Luft.

Deckung aber läßt sich leicht in solchen Grenzen halten, daß hierdurch die Durchführung des Verfahrens möglich erscheint¹⁾.

Auf dieser Grundlage wurde die Arbeit aufgenommen.

Als Mitarbeiter schien es mir zweckmäßig, neben dem Ingenieur Mönch und dem Physiker Dr. Friedrich Linde zur Herstellung eines näheren Anschlusses an die chemische Industrie einen Chemiker in der Person des Dr. Sieder zuzuziehen.

Zunächst war es notwendig, genau festzustellen, in welchen Mengenverhältnissen bei der Verdampfung flüssiger Luft die Bestandteile der Dämpfe sich zu denen der Flüssigkeit verhalten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden erst bei Gelegenheit einer Mitteilung über Sprengstoffe in der Bayer. Akademie der Wissenschaften (Sitzungsber. März 1899, S. 65) von mir veröffentlicht (Abb. 14). Stellen

¹⁾ Es wurde mir eine (unfruchtbar gebliebene) englische Patentbeschreibung von Parkinson vom Jahre 1892 entgegeng gehalten, worin derselbe den Gedanken an Sauerstoffgewinnung aus verflüssigter Luft (ohne Angabe eines Mittels zur Verflüssigung) ausspricht und dabei den Austausch der spezifischen Wärme der zu zerlegenden Luft und der abziehenden Dämpfe empfiehlt. Die Verdampfung der flüssigen Luft aber läßt er in einem Gefäße geschehen, dem aus der freien Atmosphäre die latente Wärme zugeführt wird, so daß gerade der wegen der tiefen Verdampfungstemperatur weit größere Teil des Arbeitsaufwandes bestehen bleibt und die wirtschaftliche Durchführung unmöglich macht.

N und O die Gewichtsmengen des Stickstoffes und Sauerstoffes einer Flüssigkeit von der Zusammensetzung der Atmosphäre dar, so enthalten beim Beginne der Verdampfung die Verdampfungsprodukte rund 93 vH Stickstoff (und Edelgase) und 7 vH Sauerstoff. Die Linie $a c b$ (Abb. 14) zeigt, wie sich bei andauernder Verdampfung das Verhältnis der Stickstoffmenge N^1 zur Sauerstoffmenge O^1 in den Verdampfungsprodukten ändert, wogegen die Linie $d b$ die Anreicherung der jeweiligen noch vorhandenen Flüssigkeitsmenge in Sauerstoff zeigt. Immerhin ist dies früher geschehen, als von seiten Balys (Phil. Mag. June 1900). Trotzdem wird in der Literatur stets auf diese letztere Mitteilung als Quelle verwiesen.

Wir hatten nun ziffermäßigen Aufschluß über das durch fraktionierte Verdampfung Erreichbare. Läßt man flüssige Luft verdampfen und fängt die Verdampfungsprodukte in den verschiedenen Abschnitten der Verdampfung auf, so ist man allerdings imstande, Gemische von beliebiger Zusammensetzung zwischen weiten Grenzen zu erlangen. Indessen wußten wir nunmehr auch, daß nur ein kleiner Teil des in der Flüssigkeit enthaltenen Sauerstoffes zurückbleibt, wenn sehr sauerstoffreiche Gemische erzielt werden sollen. Schon um 50proz. Sauerstoff zu gewinnen, müssen ungefähr 70 vH der ursprünglichen Flüssigkeitsmenge (mit rund 80 vH des darin enthaltenen Stickstoffs und 35 vH des darin enthaltenen Sauerstoffs) wegverdampft werden. Wollte man aber nahezu reinen Sauerstoff erhalten, so könnte nur ein verschwindend kleiner Teil des ursprünglich in der Flüssigkeit enthaltenen Sauerstoffs gewonnen werden.

Das Verfahren der einfachen fraktionierten Verdampfung war also zur wirtschaftlichen Herstellung von reinem Sauerstoff nicht brauchbar.

Wir glaubten aber darin kein entscheidendes Hindernis gegen Einführung desselben in die Industrie erblicken zu müssen, weil wir annahmen, daß derselben mit einer mäßigen Anreicherung von Sauerstoff schon genügend gedient werden könne, und wir richteten unsere weiteren Bemühungen dahin, Gemische mit gleichen Mengen von Sauerstoff und Stickstoff herzustellen. Bestärkt wurden wir in dieser Voraussetzung dadurch, daß einerseits auf dieser Grundlage Verträge mit chemischen Fabriken abgeschlossen werden konnten¹⁾ und daß andererseits Autoritäten wie Bunte und Hempel Aussichten für weitgehende Anwendung von „Lindeluft“ — so nannten sie dieses Gemisch — eröffneten. Ja, der Letztere veranlaßte den Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen zu einem Preisausschreiben für solche Anwendungen.

Die bauliche Anordnung, welche wir den Trennungsvorrichtungen gaben, war durch die Überlegung bestimmt, daß bei Durchführung der Verdampfung in einem

¹⁾ So schloß ich im April 1897 mit der chemischen Fabrik Rhenania in Stolberg einen Liefervertrag für eine Anlage ab, welche stündlich 50 cbm eines 50proz. Gemisches zur Darstellung von Schwefelsäureanhydrit herstellen sollte. Nicht lange nach ihrer Inangasetzung aber wurde das Winklersche Kontaktverfahren bekannt und dadurch ihre Verwendung aussichtslos. Unter den Personen, welche mit unserer Erlaubnis die Anlage in Stolberg besichtigt haben, befand sich der junge französische Ingenieur Georges Claude, welcher sich an mich mit der Frage gewendet hatte, ob ich ihm nicht in unserer Versuchsstation Gelegenheit geben wolle, eine Abänderung meines Luftverflüssigungsverfahrens unter Benutzung der Abkühlung durch mechanische Arbeitsleistung als Kältequelle auszuarbeiten. Ich hatte mit der Begründung abgelehnt, daß wir selbst solche (schon von Siemens und Solvay vorgesehene) Arbeitsweise ausprobieren würden, sobald uns dieselbe Vorteile zu bieten scheinen werde.

einigen Gefäßraum nur ein diskontinuierlicher Betrieb möglich war, weshalb wir die flüssige Luft eine Anzahl n von Gefäßräumen durchlaufen (z. B. dieselbe über n übereinanderliegende Schalen herabrieseln) ließen, wobei in jedem derselben der n te Teil der Flüssigkeitsmenge verdampfte, welcher der gewollten Anreicherung an Sauerstoff entsprach, während die Verdampfung des verbleibenden Restes (also von 30 vH der ursprünglichen Menge, wenn 50 proz. Gemische zu erzielen waren) in einem letzten Gefäße das Endprodukt lieferte.

Nachdem durch den Schröterschen Vortrag und durch meine Veröffentlichungen¹⁾ das Verfahren bekannt geworden war, ließ sich ein vielfaches Echo von Patentanmeldungen vernehmen, welche in verschiedenen Ausführungsformen die soeben erörterte Absicht verfolgten, zur Erreichung kontinuierlichen Betriebes die Verdampfung der flüssigen Luft in aufeinanderfolgenden Räumen erfolgen zu lassen. Von diesen Anmeldungen haben später insbesondere zwei (Hampson 9. April 1896 und Pictet 14. Dezember 1901) uns zu wiederholter Abwehr genötigt, während zunächst jeder Versuch zur Verwirklichung derselben unterblieb.

Als Ursache für diese Zurückhaltung wird weniger das Bekanntwerden meines Patentes, als der Umstand zu gelten haben, daß nach den vorerwähnten, aber kurzlebigen Anläufen die Industrie kein nachhaltiges Verlangen und Bedürfnis nach sauerstoffreichen Gasgemischen an den Tag legte.

Dagegen zeigte sich eine wachsende Nachfrage nach reinem Sauerstoff, welcher seit mehreren Jahren in Stahlflachsen unter hohem Drucke in den Handel kam. Wir erkannten, daß entgegen unserer bisherigen Meinung die anzustrebenden Fortschritte ihre Richtung demnach auf reinen Sauerstoff zu nehmen haben, und daß hierzu (unter Festhaltung des Grundsatzes einer vollen Wiedergewinnung der Verflüssigungskälte) ein neues Trennverfahren gefunden werden müsse, wenn wir weiterhin Anteil an dieser Entwicklung haben wollten. Es war in diesem Zusammenhange wiederholt auf das in der chemischen Technologie insbesondere zur Trennung von Alkohol und Wasser bekannte Rektifikationsverfahren hingewiesen worden, allein die Anwendbarkeit wurde allseits bezweifelt oder verneint. Es fehlten hier mehrere der Glieder, aus welchen dort die Kette sich zusammensetzt. Während bei der Alkoholrektifikation neben den beiden zu trennenden Stoffen ein Körper eingreift, der unten Wärme zuführt, und oben ein anderer (Kühlwasser), der dem flüchtigen Bestandteile Wärme zu entziehen vermag, weil seine Temperatur niedriger ist als der Siedepunkt des Alkohols, so müssen im vorliegenden Falle die Luft und ihre Bestandteile allein ausreichen, und es fehlt insbesondere die Möglichkeit, dem flüchtigeren Stickstoff Wärme durch einen Körper zu entziehen, dessen Temperatur unter der Siedetemperatur des Stickstoffes liegt. Wenn wir heute die einfache Lösung betrachten, welche die Aufgabe gefunden hat, so ist es uns schwer erklärlich, daß längere Bemühungen vergeblich blieben, bis wir die nunmehr so selbstverständlich scheinende Wärmebilanz erfaßt hatten und zu derjenigen Ausbildung des Verfahrens und zu denjenigen Bauformen gelangten, wie sie in meinem D. R. P. Nr. 173 620 und in dem Vortrage²⁾ niedergelegt sind, den ich im Juni 1902 auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure gehalten habe.

Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß der in einer „Rektifikationskolonne“ herabrieselnden, flüssigen Luft Sauerstoff entgegenströmt, welcher sich (vermöge

¹⁾ Ann. f. Phys. u. Chem. 1896, S. 331, Bayer. Ind.- u. Gewerbeblatt 1896, S. 361, Engineer 1896, S. 485 und Genie Civil 1897.

²⁾ Zeitschr. d. Vereins d. Ing. 1902, S. 1173.

seiner höheren Siedetemperatur) kondensiert und herabfließt, während die hierbei freiwerdende Wärme zur Verdampfung einer äquivalenten Menge von Stickstoff dient, welcher oben abgeführt wird. Die einfachste, im Aufrisse hier (Abb. 15) dargestellte Bauform hat die Vorrichtung durch meinen Sohn Friedrich erhalten. Die durch Rohr *a* ankommende komprimierte Luft kühlt sich im Gegenströmer *G* nahezu auf die Temperatur ab, bei welcher in der Rohrspirale *b* ihre Verflüssigung erfolgt. Durch das Ventil *E* entspannt, wird die flüssige Luft der Rektifikationssäule *R* oben zugeführt und rieselt in großer Oberflächenentfaltung nach unten, während die im Gefäß *V* sich ansammelnde Flüssigkeit ihre Dämpfe entgegenschickt. Der Sauerstoffgehalt dieser Flüssigkeit nimmt nach der Ingangsetzung infolge fraktionierter Verdampfung so zu, daß bald diese Dämpfe aus nahezu reinem Sauerstoffe bestehen. Der nun stattfindende Rektifikationsvorgang (Kondensation des

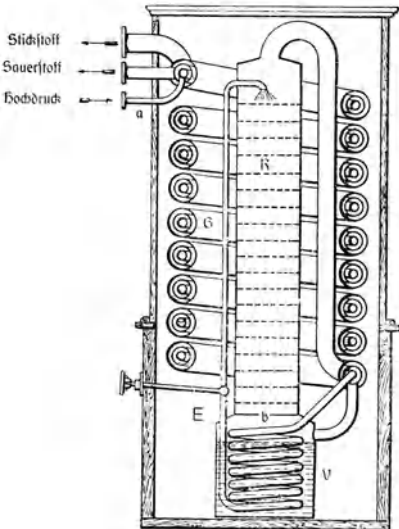


Abb. 15. Sauerstoff-Rektifikation.

wärmeren Sauerstoffs an der kälteren Flüssigkeit und Verdampfung äquivalenter Stickstoffmengen) setzt sich bei genügender Höhe der Säule so lange fort, bis oben der Gleichgewichtsstand zwischen den Dämpfen und der flüssigen Luft erreicht ist (mit rund 93 vH Stickstoff und 7 vH Sauerstoff). Das so abziehende Gasgemisch tritt durch die äußere Spirale des Gegenströmers aus, während das mittlere Spiralrohr denjenigen Teil des reinen Sauerstoffs abführt, welcher als Endprodukt gewonnen wird.

Damit war der Weg eröffnet, auf welchem die Technik der tiefen Temperaturen mit endgültigem Erfolge in die Industrie eingezogen ist.

Die Bedeutung dieses Erfolges kommt auch darin zum Ausdruck, daß alle auf die Sauerstoffgewinnung aus flüssiger Luft bezüglichen Patentanmeldungen und Mitteilungen

in der Literatur, welche bis Juni 1902 ausschließlich nur mit fraktionierter Verdampfung sich befaßt haben, nunmehr mit derselben Ausschließlichkeit nur das Rektifikationsverfahren zum Gegenstand haben.

Der Sprengstoff „Oxyliquit“.

Die überaus lebhaften Verbrennungserscheinungen, die uns schon bei der ersten Beschäftigung mit flüssiger Luft entgegengetreten waren, veranlaßten mich zu dem Versuche, durch Verbindung mit geeigneten Brennstoffen ein neues Sprengmittel herzustellen. Schon am 14. August 1897 waren wir in der Lage, in einer Patentanmeldung auf „Flüssigen Sauerstoff enthaltendes Sprengmittel“ das Folgende auszusprechen: „Eingehende Versuche erwiesen, daß ein Gemisch aus flüssiger Luft, aus welcher durch Abdampfen ein mehr oder weniger großer Teil des Stickstoffs entfernt ist, und aus oxydierbaren Substanzen (wie Holzkohle, Schwefel, Petroleum) sich ähnlich wie Dynamit verhält.“

Den neuen Sprengstoff nannte ich „Oxyliquit“, und wir vereinigten uns mit der Dynamit A.-G. vorm. Nobel in Hamburg zu einer G. m. b. H., die diesen Namen erhielt und in größerem Maßstabe Sprengversuche sowohl in der Sprengstoffversuchsstation in Schlebusch, als in der „Zentralstelle für wissenschaftl.-techn. Untersuchungen“ in Neubabelsberg ausführen ließ. Über die Ergebnisse solcher Versuche berichtete ich in der Akademie der Wissenschaften¹⁾ unter Hinweis darauf, daß eine Mischung von Petroleum und flüssiger Luft (mit Kieselgur) sowohl hinsichtlich der Verbrennungsdauer (Brisanz), als der volumetrischen Wirkung die Sprengelatine übertraf.

Für die Handhabung des Oxyliquits zeigte es sich als notwendig, nicht (wie zuerst versucht) die oxydierbare Substanz in die Sprenglöcher einzusetzen und dann flüssige Luft zuzuführen, sondern die erstere (in einer zum Aufsaugen der Flüssigkeitsmengen in großer Oberflächenentfaltung geeigneten Form) in Papierhülsen zu füllen und vor dem Besetzen der Sprenglöcher in die flüssige Luft einzutauchen. Immer entsteht erst an der Verwendungsstelle unmittelbar vor dem Gebrauch aus seinen Bestandteilen der Sprengstoff. Da nach Herausnahme der Patrone aus der flüssigen Luft der Bestandteil Sauerstoff sofort wieder auszuschcheiden beginnt, so kann Oxyliquit nicht als Sprengstoff aufbewahrt werden, wodurch auf der einen Seite die beim Transport und aus widerrechtlicher Entnahme erwachsenden Gefahren beseitigt werden, während auf der anderen Seite der Nachteil entsteht, daß man es vom Augenblicke der Herausnahme bis zur Detonation mit einem Körper von veränderlicher Sprengkraft zu tun hat, und daß von einem gewissen Zeitpunkte an überhaupt nicht mehr die zu vollkommener Verbrennung erforderliche Sauerstoffmenge vorhanden ist. Je kleiner der Durchmesser der Patronen, desto früher tritt dieser Zustand ein. Hierin lag, abgesehen von den widerstreitenden Interessen der mächtigen Sprengstoffindustrie, ein starkes Hindernis gegen Aufnahme des Oxyliquits in den Betrieb, obwohl die Billigkeit des Verfahrens ihm überall da hätte günstig sein müssen, wo an einer Stelle andauernd in größerer Menge Sprengstoffe gebraucht werden²⁾.

Unter der Einwirkung der in anderer Richtung unsere Kräfte in Anspruch nehmenden Erfolge wurde die Verwendung des Oxyliquits von uns nicht weiter verfolgt,

1) „Über Vorgänge bei der Verbrennung in flüssiger Luft.“ Sitzungsberichte 1899, S. 65.

2) Als im Jahre 1899 der Beginn des Tunnelbaues am Simplon eine besonders günstige Gelegenheit zu bieten schien, setzte ich mich mit den beiden mir bekannten Mitgliedern des viergliedrigen Baukonsortiums, dem Herrn Brandt und der Firma Gebrüder Sulzer in Verbindung und erlangte, daß daselbst Dauerversuche mit einer kleinen Verflüssigungsanlage in Angriff genommen werden konnten, deren Durchführung mein Sohn Friedrich während der Sommermonate in Brieg übernahm. Die Sprengwirkungen waren im allgemeinen zufriedenstellend, zeitweise jedoch reichte der bei der Detonation noch vorhandene Sauerstoff nicht aus, weil von den acht, je gleichzeitig zur Detonation kommenden Sprengladungen nur je eine oder zwei aus Oxyliquit bestanden und der Detonationszeitpunkt von verschiedenen Umständen abhängig war. Im Herbst 1899 fand ich Herrn Brandt geneigt, die Verwendung des Oxyliquits in größerem Maßstab (mit einem Verflüssiger für 50 l in der Stunde) fortzusetzen, womit die Herren Gebrüder Sulzer einverstanden waren. 14 Tage nach meiner Besprechung mit Herrn Brandt erhielt ich die Nachricht von seinem plötzlichen Tode. Sein Nachfolger in der Bauleitung aber wollte von weiterer Verwendung von Oxyliquit nichts wissen. Wertvolle Aufschlüsse über den Zusammenhang technischer und geschäftlicher Ursachen für diese Haltung gab mir später Herr Pressel (jetzt Professor an der Technischen Hochschule in München), welcher seine mehrjährige erfolgreiche Tätigkeit bei unserer Gesellschaft in Wiesbaden zu unserem besonderen Bedauern aufgegeben hatte, um die Leitung der Arbeiten an der Südseite des Tunnels zu übernehmen.

bis während der Kriegszeit die eingetretene Knappheit an Sprengstoffen die Aufmerksamkeit wieder darauf gelenkt und plötzlich eine starke Nachfrage insbesondere von seiten des Bergbaus herbeigeführt hat. Dem äußeren Anstoß kommt zur Einschränkung des oben geschilderten, durch die Verdampfung herbeigeführten Mangels der günstige Umstand entgegen, daß nunmehr statt der flüssigen Luft reiner flüssiger Sauerstoff zur Verfügung gestellt werden kann. In kurzer Zeit sind teils durch unsere Gesellschaft, teils durch andere Firmen (gegen Lizenzabgabe) zahlreiche Anlagen zur Herstellung von flüssigem Sauerstoff für Sprengzwecke geliefert worden, und es steht gegenwärtig im Bergbau die Verwendung von Oxyliquit in voller Blüte.

Höllriegelskreuth.

Die Abteilung B hatte bis zum Jahre 1901 ihren Sitz in der Kälteversuchstation in München. Als der Durchführung ihrer Aufgaben in größerem Maßstabe sich örtliche und räumliche Schwierigkeiten entgegenstellten, suchte ich nach einem geeigneten, außerhalb gelegenen Arbeitsplatz und fand einen solchen in Höllriegelskreuth. Die Erwerbung eines unmittelbar neben dem Bahnhofe der Isartalbahn (in 10 km Entfernung von München) gelegenen größeren Grundstückes mit Bahnanschluß bot die Möglichkeit jeder wünschbaren Erweiterung und ungestörter Ausführung der mannigfachen Arbeiten, welche mit der (nach Art und Umfang noch nicht übersehbaren) Ausbildung der Technik tiefer Temperaturen verbunden sein würden. Dabei konnten wir uns an das dortige Elektrizitätswerk „Isarwerke“ anschließen, was mit Rücksicht auf die oft wochenlang unterbrochenen und dann nur tageweise dauernden Versuche mit größeren Kräften (bis zu 150 PS) zweckmäßig erschien.

Zunächst errichteten wir dort neben dem Bureaugebäude eine Versuchshalle und stellten eine Maschine auf, welche bis zu 70 l flüssiger Luft stündlich zu beschaffen vermochte. Hier sind die entscheidenden Erfolge auf dem Gebiete der Sauerstofftechnik erlangt worden, über die ich berichtet habe, und schlossen sich diejenigen an, von denen noch zu berichten sein wird.

Im Jahre 1902 schritten wir hier zur Einrichtung unserer ersten Sauerstofffabrik und weiterhin zum Bau von Werkstätten, in welchen unsere Gesellschaft die Verflüssigungs- und Trennungsvorrichtungen selbst herzustellen begann. Bei der Eigenart derselben und bei der Wichtigkeit, welche dem Zusammenhalten aller Erfahrungen an einer Stelle beizulegen war, entschlossen wir uns hierzu im Gegensatze zu dem allgemeinen Grundsätze, nach welchem die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen sich auf Entwurf und Lieferung der Anlagen beschränkt, den Bau aber hervorragenden Maschinenbauanstalten überläßt. An diesem Grundsätze wurde übrigens auch in der Abteilung B für den eigentlich maschinellen Teil der Gasverflüssigungsanlagen festgehalten, insbesondere für Beschaffung der Kompressoren, so daß nur die ebengenannten (vorwiegend Kupferschmiede und Schreiner beschäftigenden) Vorrichtungen eine Ausnahme bilden. Die Werkstätten haben nach und nach einen stattlichen Umfang angenommen und beschäftigen jetzt mehr als 100 Arbeiter. Die Zahl der Beamten ist auf 38 gestiegen. An ihrer Spitze steht heute mein Sohn Dr. Friedrich Linde, gleichzeitig stellvertretender Vorstand der Gesellschaft, während nach dem Ausscheiden des Herrn Dr. Sieder (i. J. 1914) Herr Mönch, sowie mein im Jahre 1905 eingetretener Schwiegersohn, Dipl.-Ing. Wucherer, und mein seit 1906 hier tätiger Sohn Dr.-Ing. Rich. Linde mit Kollektivprokura an der Verwaltung teilnehmen.

Die Entfernung von der Stadt hat den Nachteil, daß Fahrzeit (25 Min.) und Fahrkosten die Arbeitslöhne erhöhen. Wenig macht sich diese Entfernung bei den Beamten geltend, da sich dieselben meist in der Nähe niedergelassen haben. Die eben genannten Herren wohnen, wie ich selbst, in der (mitten zwischen München und Höllriegelskreuth liegenden) Villenkolonie Prinz-Ludwigs-Höhe und sind mit 12 Minuten Fahrzeit an Ort und Stelle.

Stickstoff.

Bei der Trennung der Luft in ihre Bestandteile war es ursprünglich nur einer derselben, der Sauerstoff, dessen Gewinnung angestrebt wurde. Darin trat jedoch bald (i. J. 1904) eine Änderung, insbesondere dadurch ein, daß Frank und Caro das Zyanamidverfahren ausbildeten, bei welchem Kalziumkarbid in erhitztem Zustande Stickstoff aufnimmt, die Einwirkung von Sauerstoff aber ausgeschlossen bleiben muß. Es erwuchs daraus für uns die Aufgabe,

den aus unserer Rektifikationssäule austretenden Stickstoff noch von den verbliebenen 7 vH Sauerstoff zu befreien. Naheliegend war der Gedanke, daß bei Wiederholung des bisherigen Trennungsverfahrens mit diesem Gemische ein weiterer Teil des Sauerstoffs herausgeholt werden könne, und daß die Fortsetzung solcher Wiederholungen zu einer beliebigen Verminderung des Sauerstoffgehaltes führen müsse. Um diesen zunächst umständlich erscheinenden Arbeitsgang in einer Vorrichtung zu verwirklichen, entwarf ich die Bauart unserer selbsttätig wirkenden Stickstoffapparate (D. R. P. 180 014). Die bei 1 (Abb. 16) eintretende komprimierte, im Gegenströmer nahezu auf Verflüssigungstemperatur herabgekühlte atmosphärische Luft durchläuft in Spirale *a*, Entspannungsventil E_1 und dem unteren Teile der Säule denselben Kreislauf, wie bei Herstellung von Sauerstoff. Die durch den oberen Teil der Säule aufsteigenden Dämpfe, welche anfänglich 7 vH Sauerstoff enthalten, werden nun aber zu einem bestimmten Teile durch Rohr *n* einer Druckpumpe zugeführt, neuerdings komprimiert, durch Kühlwasser gekühlt und treten, im Gegenströmer nahezu auf Verflüssigungstemperatur gebracht, bei *p* in die Verflüssigungsspirale *b* ein. Durch das Entspannungsventil E_2 wird die hier gewonnene Flüssigkeit oben der Säule zugeführt und rieselt den aufsteigenden Dämpfen entgegen herunter, wobei nun die selbsttätige Reinigung des Stickstoffs sich vollzieht wie folgt: Dem anfänglichen Sauerstoffgehalte der Flüssigkeit von 7 vH entspricht eine Zusammensetzung der Verdampfungsprodukte mit 2 vH; nach kurzer Zeit bringt die aus *b* durch E_2 der Säule zugeführte Flüssigkeit diesen Sauerstoffgehalt mit; den 2 vH der Flüssigkeit entspricht aber nunmehr ein Sauerstoffgehalt der Dämpfe von 0,5 vH, welcher weiterhin in demselben Sinne sich vermindert.

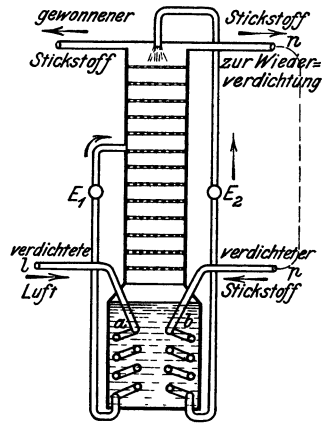


Abb. 16.
Stickstoff-Rektifikation.

Es arbeiten zahlreiche Stickstoffanlagen im In- und Auslande nach diesem Verfahren zur stündlichen Herstellung von je 125 bis 700 cbm Stickstoff. In noch erhöhter Größenordnung sind neuerdings solche Anlagen nach einer neuen Bauart der Lufttrennungs-Vorrichtungen, dem „Zweisäulen-Apparat“ ausgeführt, welcher durch Rud. Wucherer und Rich. Linde ausgebildet wurde und in einem

Zuge (ohne zweite Kompression) die nahezu vollständige Trennung so erreicht, daß je nach Art der Regelung des Arbeitsganges entweder Sauerstoff oder Stickstoff in technisch reiner Form gewonnen werden kann¹⁾. Auf diesem Wege läßt sich der Arbeitsaufwand innerhalb derselben Grenzen halten, wie bei Anwendung der Abkühlung durch äußere Arbeit, wenn man damit die schon in früheren Veröffentlichungen von mir vorgeschlagene Anordnung verbindet, daß die ganze zu zerlegende Luftmenge nur auf den Druck gebracht wird, welcher zur Übertragung der latenten Wärme auf den verdampfenden Sauerstoff erforderlich ist, während nur ein kleiner Teil auf den hohen Druck gehoben wird, wie er zur Gewinnung der für die Deckung der Kälteverluste erforderlichen Abkühlung nötig ist.

Der weiteren Aufgabe, aus atmosphärischer Luft den Bestandteil Argon auszuscheiden, welcher nahezu 1 vH derselben ausmacht, haben sich der seit 1911 bei uns zur Bearbeitung von Fragen aus dem Gebiete der physikalischen Chemie tätige Dr. Pollitzer und R. Wucherer mit gutem Erfolge gewidmet, nachdem dieses Gas dadurch zu wirtschaftlicher Bedeutung gekommen war, daß es zum Füllen der Halb-Watt-Lampen verlangt wird. Argon bleibt bei den bisher beschriebenen Trennungsverfahren zunächst dem Sauerstoff beigemischt, da die beiderseitigen Siedepunkte einander nahe liegen, läßt sich jedoch durch eine gesonderte Rektifikation bis auf gewisse Reste von letzterem trennen.

Wasserstoff (partielle Kondensation).

Andere Gasgemische als atmosphärische Luft zu verflüssigen und bei der Wiederverdampfung zu trennen, ist bisher nicht unternommen worden. Dagegen lag uns schon früh die Frage vor, ob es möglich sei, gewisse Gasgemische durch partielle Kondensation, d. h. dadurch zu zerlegen, daß nur der weniger flüchtige Teil verflüssigt wird, während der flüchtigere gasförmig bleibt. An Versuche in dieser Richtung sind wir schon im Jahre 1904 mit Leuchtgas herangetreten, um daraus Wasserstoff abzuscheiden. Störungen, welche durch festwerdende Bestandteile herbeigeführt wurden, unterbrachen zunächst diese Arbeit.

Im Sommer 1906 wandte sich Prof. Frank mit der Anregung an mich, die Gewinnung des Wasserstoffes aus Wassergas mit ihm zu studieren. Er hatte in Anlehnung an sein Zyanamidverfahren die Überleitung des Wassergases über erhitztes Kalziumkarbid ins Auge gefaßt, fand es aber aus wirtschaftlichen Gründen erforderlich, aus dem Wassergase die Hauptmenge des Kohlenoxyds auf andere Weise herauszuholen und dachte an partielle Kondensation desselben. Ich antwortete, daß diesem Vorgehen nichts im Wege stehe, wenn er die vorherige Ausscheidung der Kohlensäure in einfacher und billiger Weise herbeiführen könne, was er als leicht erfüllbar bezeichnete. Es bildete sich dann eine Studiengenossenschaft, bestehend aus: der Berlin-Anhalter-Maschinenbau-A.-G. (welche den Wassergasgenerator beistellte), den Herren Frank und Caro (unter Beistellung des Karbidofens zur Reinigung des Wasserstoffes) und unserer Gesellschaft (für die Beschaffung der Verflüs-

¹⁾ Dieser Fortschritt beruht darauf, daß in einer ersten Säule unter demjenigen Drucke gearbeitet wird, welcher zur Verflüssigung der aufsteigenden Dämpfe in einem darüber liegenden Kondensator ausreicht, unter Abgabe der Verflüssigungswärme an die auf atmosphärischen Druck entspannte mit Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit, deren Dämpfe nunmehr in eine zweite darüber liegende Säule eintreten und die Sauerstoffabgabe an die herabrieselnde Flüssigkeit vollenden.

sigungs- und Trennungsvorrichtung). Die in Höllriegelskreuth (1909 und 1910) durchgeführten Versuchsarbeiten lieferten ein durchaus befriedigendes Ergebnis, wobei allerdings die Beseitigung der Kohlensäure (durch Absorption in Wasser unter Druck) uns überlassen blieb. Um den gewonnenen Wasserstoff von den verbleibenden Resten an Kohlenoxyd und Stickstoff zu befreien, erwiesen sich andere Mittel günstiger als die Anwendung von Kalziumkarbid.

Das in die Trennungsvorrichtung (Abb. 17) eintretende komprimierte Wassergas (ein Gemisch von Wasserstoff [50 vH], Kohlenoxyd [45 vH], Kohlensäure und Stickstoff) kühlt sich im Gegenströmer nahezu auf den Siedepunkt des Kohlenoxyds (-190°C) ab, worauf dessen Kondensation stattfindet unter Abgabe der latenten Wärme an die auf atmosphärischen Druck entspannte Flüssigkeit, deren Dämpfe — ebenso wie der gasförmig bleibende Wasserstoff — im Gegenströmer ihre Temperatur gegen die des ankommenden Wassergases vor ihrem Austritte austauschen. Da der Thomson-Joule-Effekt des Wassergases keine ausreichende Abkühlung liefert (Wasserstoff zeigt bei der Entspannung sogar eine leichte Erwärmung), so muß zwischen den Gegenströmer und die Entspannung eine weitere Kältequelle durch Anwendung flüssiger Luft oder flüssigen Stickstoffes eingeschaltet werden, deren Temperatur zwecks möglichst weitgehender Kondensation des Kohlenoxyds unter ihren Siedepunkt gesenkt wird, indem ihre Verdampfung bei niedrigerem Drucke, als dem atmosphärischen, erfolgt.

Nunmehr begründete sich die Studiengenossenschaft als Verwertungsgenossenschaft für das „Linde-Frank-Caro-Verfahren“, sowie für einige andere, von den Mitgliedern erworbene Wasserstoffgewinnungsarten. Das ausschließliche Lieferungsrecht für das erstgenannte behielten wir uns vor.

Von sachverständiger Seite wurde unser Verfahren in technischer und wirtschaftlicher Richtung als das zur Zeit beste bezeichnet. So erklärten mir die Leiter der Badischen Anilin- und Sodafabrik, als sie an ihr großes Unternehmen der synthetischen Darstellung von Ammoniak herangingen, daß sie nach einem Studium aller bestehenden Gewinnungsarten der unseren den Vorzug einräumen, was zur Lieferung einer Anlage zu stündlicher Gewinnung von 2000 cbm Wasserstoff und 700 cbm Stickstoff geführt hat, die zu voller Zufriedenheit der Besteller ausgefallen ist.

Während bis zum Jahre 1910 der industrielle Verbrauch von Wasserstoff recht beschränkt war, so wurden damals neben dem obenerwähnten (für Ammoniak) ein neues großes Gebiet durch das aus den Arbeiten von Sabatier hervorgegangene Verfahren der „Fetthärtung“ erschlossen, so daß in kurzer Zeit eine größere Anzahl von Wasserstoffanlagen von uns zu bauen war. Dieses Anwachsen der Nachfrage nach Wasserstoff hat zur Folge gehabt, daß andere Verfahren¹⁾ teils verbessert, teils

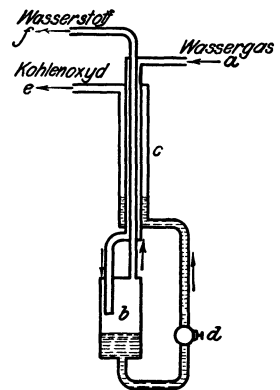


Abb. 17.
Wasserstoffgewinnung.

¹⁾ Die Badische Anilin- und Sodafabrik hat gefunden, daß aus dem Wassergas ungefähr die doppelte Menge von Wasserstoff gewonnen werden könne, wenn man dem Wassergase Wasserdampf unter der Einwirkung geeigneter Kontaktstoffe zuführt, wobei derselbe sich zersetzt. Der Sauerstoff wird von dem zu Kohlensäure sich umbildenden Kohlenoxyd gebunden, während eine dem Wasserstoffgehalte des Wassergases nahezu gleiche Menge von Wasserstoff frei wird. Auch das ältere Lane-Verfahren wurde durch wesentliche technische Verbesserungen, das elektrolytische Verfahren aber dadurch wirtschaftlich konkurrenzfähig, daß nunmehr die Gesamtheit der dabei gewonnenen Gase zur Verwertung gelangt.

neu erfunden wurden, welche in scharfen Wettbewerb zu dem unseren getreten sind. Die größere Anzahl von Vorrichtungen und Maschinen, aus denen sich unsere Anlagen zusammensetzen, hat zur Folge, daß ihr Anschaffungspreis hoch ist und die Anforderungen an die Betriebsführung erhebliche sind, so daß die ursprüngliche Überlegenheit unseres Verfahrens in Frage gestellt ist und von weiteren, immerhin möglichen Vereinfachungen abhängig erscheint.

Für fraktionierte Kondensation haben sich mehrere andere Aufgaben gezeigt, ohne daß es bisher zu ihrer Verwirklichung gekommen ist — abgesehen von solchen Einrichtungen, bei welchen es sich um eine sehr weitgehende Trocknung von Gasgemischen handelte. Nachdem die neue „Technik der tiefen Temperaturen“ nicht nur das durch flüssige Luft aufgeschlossene Gebiet bis zu ungefähr -200°C beherrscht, sondern auch bereit und fähig ist, das Bereich zu betreten, den flüssiger Wasserstoff mit seiner Siedetemperatur von -259°C eröffnet, so darf erwartet werden, daß die Zukunft von diesen Möglichkeiten noch mancherlei Gebrauch machen wird.

August Wöhler.

(1819 bis 1914.)

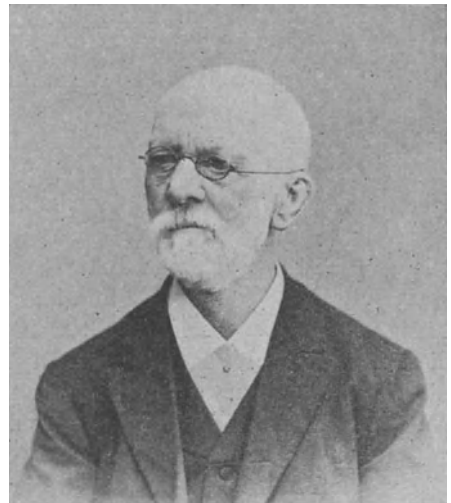
Von

Regierungsbaumeister a. D. R. Blaum, Bremen.

Einer der ersten deutschen Ingenieure, denen ehrenhalber die Würde eines Dr.-Ing. verliehen wurde, war Wöhler. Die Ernennungsurkunde sagt, man habe den auszeichnen wollen, der „mit seltener Ausdauer auf dem Gebiete des Materialprüfungswesens gearbeitet hat“. Die höchste akademische Würde, die dem damals 81jährigen zuteil wurde, bedeutete für ihn wohl die treffendste Anerkennung seiner Lebensarbeit. Nicht große industrielle Schöpfungen, sondern jahrzehntelange unentwegte, erfolgreiche Forschungsarbeit kennzeichnen Wöhlers Bedeutung für die Entwicklung technischer Wissenschaft; seine Arbeiten auf dem Gebiete des Materialprüfungswesens können in der Geschichte der Technik nicht vergessen werden.

August Wöhler wurde in Soltau als Sohn eines Lehrers am 22. Juni 1819 geboren und genoß dort den Schulunterricht bei seinem Vater. Eigene Begabung des Knaben und der Umstand, daß ein Geometer auf dessen gute mathematischen Kenntnisse aufmerksam wurde, mögen dem Vater den Gedanken nahegelegt haben, seinen Sohn zur weiteren Ausbildung auf die Höhere Gewerbeschule, die Vorgängerin der späteren Technischen Hochschule, nach Hannover zu schicken. Zwar konnte er ihm nur 40 Taler jährlich geben, er hoffte jedoch, daß der Sohn sich ein Stipendium von jährlich 100 Talern erwerben würde, das für solche Schüler ausgesetzt war, die sich besonders in der Mathematik auszeichneten. Mit Hilfe dieses Stipendiums hat Wöhler dann 4 Jahre die Höhere Gewerbeschule, die damals unter der Leitung des Technologen Karmarsch stand, besuchen können. Das Stipendium verpflichtete den Inhaber, während des vierten Studienjahres die eine Hälfte des Tages und im fünften Jahre den ganzen Tag in einer Werkstatt an Schraubstock und Drehbank zu arbeiten.

Nach beendeter praktischer Tätigkeit und kurzer Verwendung bei den Vorarbeiten an der Bahn Hannover-Harburg wurde dem damals 21jährigen Wöhler



August Wöhler

geb. 22. Juni 1819 gest. 21. März 1914

auf Grund seiner vorzüglichen Zeugnisse durch einstimmigen Beschluß des Provinzialvorstandes des „Gewerbevereins für Hannover“ im Jahre 1840 ein Stipendium von zunächst 100 Talern jährlich zu einer mehrjährigen Reise bewilligt, „um seine fernere Ausbildung durch Anschauung von Maschinenfabriken im Ausland zu fördern“. Das Stipendium war recht knapp bemessen, so daß sein Inhaber danach streben mußte, durch Annahme einer Stellung „im Auslande“ seinen Unterhalt zu verdienen. Dies mag wohl auch der Grund gewesen sein, weshalb Wöhler nicht, wie viele andere Ingenieure jener Zeit, nach Frankreich oder England ging, sondern nach Berlin, dem damaligen Mittelpunkt des deutschen Maschinenbaues und, nach den politischen Begriffen der Zeit, für den Hannoveraner „Ausland“. Wöhler versuchte, in Berlin bei Borsig Arbeit zu finden und wurde zunächst als Volontär beschäftigt. Ein viertel Jahr später berichtet er glücklich, daß er vom 1. Januar 1841 an mit einem Monatsgehalt von 10 Talern fest angestellt sei. In der Borsigschen Fabrik wurde im Juli 1841 die erste Lokomotive fertiggestellt, gleichzeitig lieferte Borsig die Weichen, Drehscheiben und Wasserkrane für die im Bau befindlichen Strecken der Berlin-Anhalter Bahn, der Bahn Berlin-Hannover und der Oberschlesischen Eisenbahn. Bei Aufstellung dieser Anlagen auf den Bahnstrecken ist Wöhler dann über 1 Jahr tätig gewesen und kostete, nach einem aus jener Zeit erhaltenen Tagebuch, gründlich die Leiden und Freuden einer solchen Stellung.

Im Januar 1843 kehrte er nach Hannover zurück und trat in den Dienst der Königlich Hannoverschen Eisenbahndirektion, die ihn zunächst wieder nach Belgien zur Erlernung des Lokomotivfahrens sandte, um ihn dann, nach etwa dreivierteljähriger Tätigkeit als Lokomotivführer, als Maschinenverwalter anzustellen.

Vier Jahre später, im März 1847, wurde er als Obermaschinenmeister an die Niederschlesisch-Märkische Bahn berufen. Die neue selbständigere Stellung, die er 23 Jahre innehatte, sollte ihm im hohen Maße Gelegenheit zur Entfaltung seiner Fähigkeiten geben; seine größten Leistungen als forschender Ingenieur fallen in diese Zeit. Wöhler hatte seinen Dienstsitz in Frankfurt a. O., wo sich gleichzeitig die Hauptreparaturwerkstatt der Bahn befand und wo sich ihm reichlich Gelegenheit bot, die Mängel, die den Lokomotiven und Wagen sowie dem Bahnbetriebe anhafteten, kennen zu lernen.

In die Frankfurter Zeit fallen die grundlegenden Versuche über Festigkeit von Eisen und Stahl. Bevor hierauf eingegangen wird, seien einige Arbeiten Wöhlers besprochen, deren Kenntnis für die Geschichte der Technik wertvoll ist.

Im Jahre 1851 veröffentlichte Wöhler in der „Eisenbahn-Zeitung“ eine Abhandlung über Eisenbahnwagenfedern, in der er zum ersten Male eine wissenschaftliche Untersuchung der bei solchen Federn auftretenden Vorgänge durchführt und Formeln für die Berechnung angibt. Dabei wurde auch die Bedeutung der durch die innere Reibung hervorgerufenen Trägheit der Federn auf Grund von Versuchen bewiesen. Diese Erkenntnis ist in der Fachwelt seinerzeit nicht beachtet worden. Redtenbachers wenige Jahre später veröffentlichte Untersuchungen über den sicheren Gang der Lokomotive hätten sonst nicht zu der lange Zeit verbreiteten falschen Ansicht geführt, daß ein größerer Triebraddurchmesser von Vorteil sei, um die durch den Druckwechsel des Kreuzkopfes hervorgerufene Nickbewegung der Lokomotive zu verringern, während diese Bewegungen in Wirklichkeit durch die innere Reibung der Federn aufgezehrt werden.

Am 31. Dezember 1852 wurde Wöhler zum Mitglied einer vom Preußischen Minister eingesetzten „Kommission für Untersuchung von Lokomotiven resp. Er-

mittlung der besten Konstruktionsverhältnisse derselben“ ernannt. Der Bericht der Kommission lag schon am 23. Februar 1853 vor und ist anscheinend zunächst für den inneren Bedarf der Bahnverwaltung gedruckt worden, also die erste Veröffentlichung über Konstruktionen an Lokomotiven auf Grund in Deutschland gemachter Studien. Wenn auch bei der kurzen, der Kommission zur Verfügung stehenden Zeit der Bericht nicht sehr umfangreich sein konnte, so sind doch alle wichtigen Fragen — die Lastverteilung, die Wirkung des Gegengewichts, der Einfluß der Kolbengeschwindigkeit, der Durchmesser der Triebräder, das Zucken und Wanken der Lokomotive, die Wirkung der Federn bei Ausgleichhebeln und die Wasserschwankung im Kessel — grundlegend bearbeitet, die theoretischen Ermittlungen durch eingehende Versuche an wohl allen damals auf deutschen Bahnen vorhandenen Lokomotivbauarten nachgeprüft worden. Bemerkenswert ist, daß der Bericht auf die Bedeutung, die die von England gebrachte, für den ruhigen Gang bei großer Geschwindigkeit wichtige Lagerung der Lokomotive in 3 Punkten, bzw. die gleichmäßige Belastung der Achsen durch einen Querhebel bei der hinteren Achse und Ausgleichhebel bei den Federn der zwei vorderen Achsen (Bauart Crampton) hat, besonders hinweist. Soweit mir bekannt, ist bei dieser Gelegenheit auch auf die Beziehungen zwischen den Radständen und Trägheitsmomenten der Lokomotiven, sowie deren Einfluß auf den sicheren Gang und auf die Notwendigkeit, die Belastung der einzelnen Räder durch Wagen nachzuprüfen, zuerst aufmerksam gemacht worden. Die in dem Bericht entwickelten Berechnungen und Grundsätze, die wohl zum größten Teil von Wöhler stammten, hat er im Jahre 1864 in der Zeitschrift für Bauwesen mit Recht als durch 10jährige Erfahrungen bewiesen, hinstellen können.

Einige längst zum Allgemeingut gewordene Konstruktionen Wöhlers verdienen hier gleichfalls erwähnt zu werden. Es sind dies die noch heute üblichen drehbaren Lokomotivwasserkrane ohne Stopfbüchse (Zeitschrift für Bauwesen 1859, S. 223) und die Linsendichtung für Dampf und Flüssigkeiten führende Rohre (Zeitschrift für Bauwesen 1860, S. 454). Für das Eisenbahnwesen wichtig war ferner die Entdeckung der Gesetze der Bremswirkung. Durch Versuche wurde ermittelt, daß die Reibung zwischen Rad und Schiene bei festgestellten, also gleitenden Rädern nur rund halb so groß wie bei langsam rollenden Rädern ist, daß also bei einer guten Bremsvorrichtung die Bremse nur so weit anzuziehen sei, daß das Rad sich noch langsam dreht. Eine auf Grund dieser Entdeckung gebaute Handbremse, Abb. 1, die ein zu scharfes Anziehen durch den Bremser verhindert, wurde im Jahre 1867 in Preußen patentiert, 1870 durch Schwarzkopff in Rußland eingeführt.

Auch diese für die richtige Bauart einer Eisenbahnbremse grundlegende Erkenntnis ist verhältnismäßig lange unbeachtet geblieben. Noch im Jahre 1874 schreiben die „Grundzüge für die Herstellung der Eisenbahnen Deutschlands“ vor, daß die Bremse nötigenfalls imstande sein müsse, die Räder festzustellen.

Große Aufmerksamkeit wandte Wöhler der Elastizität und deren rechnerischen Ermittlung zu. Die schon erwähnte Arbeit über Eisenbahnwagenfedern und ein im Jahre 1853 veröffentlichter Aufsatz über die „Berechnung der Durchbiegung elastischer Körper“ zeigen, wie er es verstanden hat, bei der mathematischen Untersuchung solcher Fragen eigene, neue Wege zu finden.

Im Zusammenhang mit diesen Forschungen steht eine im Jahre 1855 abgedruckte Abhandlung über die „Theorie rechteckiger eiserner Brückenbalken mit Gitterwänden und Blechwänden“. Hier sind zum erstenmal richtige Formeln für

die Berechnung der Durchbiegung von Gitterbalken aufgestellt worden, drei Jahre vor Clapeyrons Arbeit, dem im allgemeinen das Verdienst, solche Formeln zuerst veröffentlicht zu haben, zugeschoben wird. Insbesondere sei hier auch darauf hingewiesen, daß in der genannten Arbeit zuerst die jetzt allgemein gebräuchliche Stützung von Brückenträgern auf Kipplagern mit Rollen empfohlen und bildlich dargestellt wurde (siehe auch Zeitschrift für Bauwesen 1855, Abb. 2, Anlage 2).

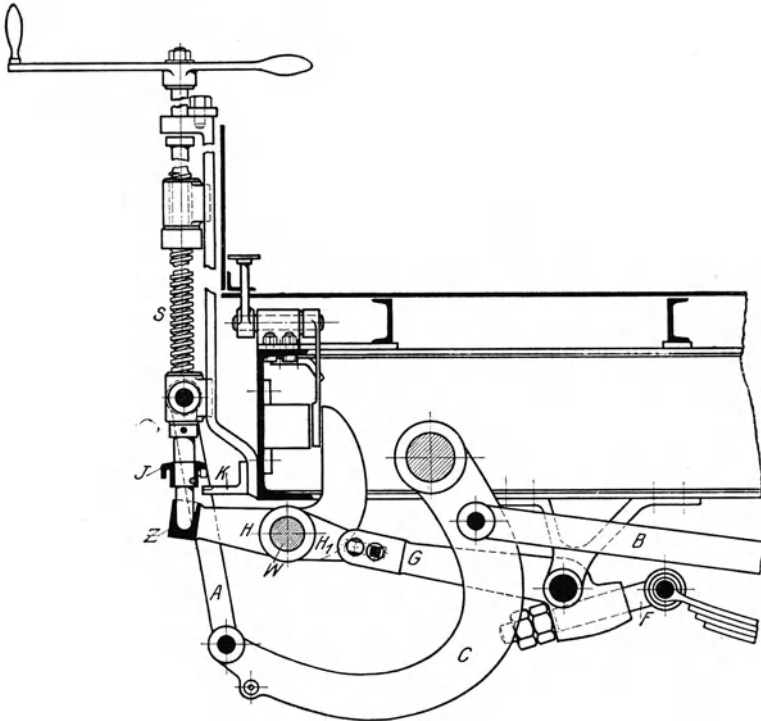


Abb. 1. Eisenbahnbremse von Wöhler.

Die Bremsklötze werden durch die Spindel *S*, Hebel *A* u. *C* und Zugstange *B* gegen das Rad gepreßt. Spindel *S* ist in einem Zapfenlager *Z* gestützt, das in dem auf der Welle *W* befestigten Hebel *H* liegt. Auf *W* ist der Hebel *H*₁ aufgekeilt, der durch den Arm *G* mit dem Federträger *F* verbunden ist. Übersteigt die durch die Spindel *S* ausgeübte Kraft ein gewisses Maß, sodaß ein Feststellen des Rades zu befürchten ist, so drückt sie beim weiteren Drehen der Spindel *Z* nach unten, ein weiteres Anziehen der Zugstange *B* unterbleibt und die durch die Spindel *S* ausgeübte Kraft dient nur dazu, *H* nach unten, *H*₁ und damit gleichzeitig *G* nach oben zu bewegen, sodaß durch Strecken der bei *F* angreifenden Wagenfeder der Wagenkasten angehoben wird. Dreht der Bremsler trotzdem weiter, so faßt die Knagge *J* gegen den Anschlag *K* und die Weiterbewegung der Spindel wird unmöglich.

Eingehend hat Wöhler sich mit der Ausbildung des Schienenkopfes und der Radreifenprofile beschäftigt. Er hat zuerst die Einstellung der Fahrzeuge in Krümmungen richtig erkannt und seine Untersuchungen 1859 veröffentlicht. Im Zusammenhang damit wurde vorgeschlagen, die Radreifen zylindrisch, nicht konisch abzdrehen, das Schienenprofil erheblich zu verbreitern und Ω -förmig auszubilden. Mit diesem Vorschlage und seinen Arbeiten über den Lauf der Fahrzeuge ist Wöhler damals nicht durchgedrungen. In Amerika ist man auf Grund praktischer Erfahrung zu zylindrisch abgedrehten Radreifen übergegangen. Die von ihm stammenden Erkenntnisse wurden 14 Jahre später von anderer Seite noch einmal gefunden und brachen sich nur langsam Bahn. Noch 1884 stellte sich in England eine Kommission

von Lokomotivkonstruktoren auf einen ganz entgegengesetzten Standpunkt (The Engineer vom 2. März 1883 und Zentralblatt der Bauverwaltung 1884).

Die im Jahre 1859 ausgeführten Arbeiten und die daraus gezogenen Schlüsse haben 30 Jahre später, in den letzten Jahren von Wöhlers Amtstätigkeit, bei den Untersuchungen über die sogenannten freien Lenkachsen sich erneut als zutreffend erwiesen.

Die vorstehenden Schilderungen geben ein Bild, wie glücklich Wöhler die verschiedensten Fragen seines Gebietes anzufassen und zu lösen verstand, wenn sie durch die täglichen Anforderungen seines Amtes an ihn herantraten. Neben der Verwaltung des Amtes aber arbeitete er von 1856 bis zu seinem Ausscheiden aus dem preußischen Staatsdienste im Jahre 1870 an den Dauerversuchen über Festigkeit von Eisen und Stahl.

Der Umfang dieser Arbeiten ist so groß¹⁾, daß sie allein genügt hätten, die Arbeitskraft eines Mannes während 14 Jahren voll auszunutzen. Sie sind für die Entwicklung des Materialprüfungswesens von grundlegender Bedeutung; ein halbes Jahrhundert später hat das Königliche Materialprüfungsamt in Lichterfelde erneut auf die Bedeutung von Dauerversuchen hingewiesen und, mit reichen staatlichen Mitteln unterstützt, diese Arbeiten seither in großem Umfange aufgenommen.

Die Veranlassung zu den ersten Wöhlerschen Versuchen gaben die damals sehr häufigen Achsbrüche an Eisenbahnfahrzeugen. Zunächst war Professor Schwarz

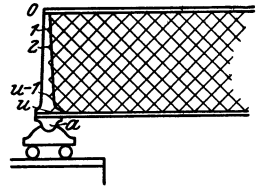


Abb. 2. Kipplager mit Rollen nach Wöhlers Angaben (aus Zeitschr. f. Bauwesen, Berlin 1855).

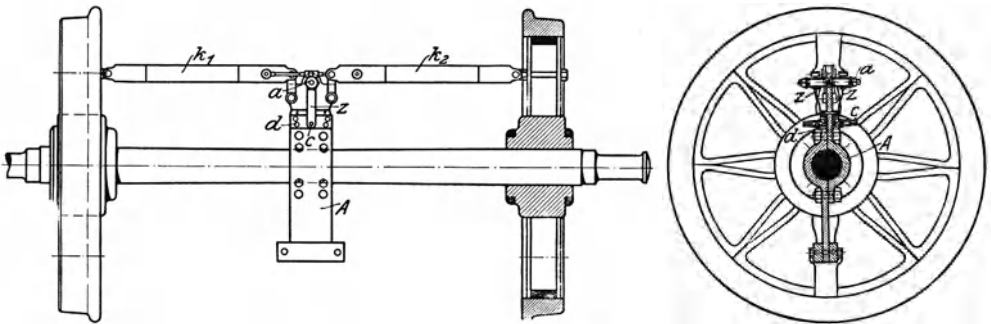


Abb. 3. Wöhlers Versuchseinrichtung zum Messen der Biegung von Personenwagenachsen.

An die Wagenachsen war ein Halter A befestigt, der an einem Zapfen a zwei Zeiger Z trug, deren Ausschlag, hervorgerufen durch die Zugstangen k_1 und k_2 durch den Stift c auf einer bei d befestigten Zinkplatte aufgezeichnet wurde. Die Größe des Ausschlages gab ein Maß für die Durchbiegung der Achse. Um aus der Größe des Zeiger-Ausschlages die Biegungsbeanspruchung berechnen zu können, waren die Achsen vorher geeicht.

von der Berliner Bauakademie im Jahre 1855 beauftragt worden, gemeinsam mit Wöhler Versuche über die Einwirkung der Schienenstöße auf die Radachsen zu machen. 1856 wurde dann Wöhler allein auf seinen Antrag hin mit Versuchen über die Biegung und Verdrehung der Eisenbahnachsen während der Fahrt betraut. Zu diesen Arbeiten, die von vornherein als Dauerversuche geplant und ausgeführt wurden, benutzte er in der Hauptsache die in Abb. 3 und 4 dargestellte Einrichtung.

¹⁾ Eine eingehende wissenschaftliche Würdigung der Wöhlerschen Versuche hat Geh. Rat Martens im 1. Teil seines „Handbuches der Materialienkunde für den Maschinenbau“, Verlag von Julius Springer, Berlin 1898, gegeben.

Die an sich recht einfachen Apparate lieferten auf Grund von rund 8000 Messungen den Beweis, daß die Biegungsbeanspruchung bei weitem die stärkste war und ließen erkennen, welche größten Beanspruchungen im Betriebe überhaupt erreicht wurden

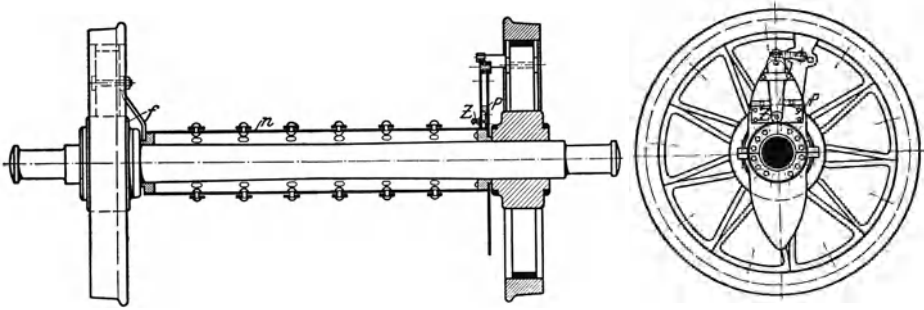


Abb. 4. Wöhlers Versuchseinrichtung zur Messung der Verdrehung an Güterwagenachsen. Der Blechzylinder n ist leicht drehbar auf der Achse befestigt und durch die Lasche f mit dem einen Rad fest verbunden. Die Größe der Verdrehung wurde durch den Zeiger Z auf der Zinkplatte P aufgezeichnet. Durch Eichung der Vorrichtung war es auch hier leicht möglich, die dem Zeigerausschlag entsprechende Verdrehungsbeanspruchung zu messen.

und daß gleichzeitig sowohl Druck als auch Zugbeanspruchungen bei jeder Umdrehung auftraten. Wöhler folgerte daraus, daß es für die Bestimmung der Achsstärke nötig sei, zu wissen, wie groß die zulässige Spannung auf den Quadratzoll sein dürfe,

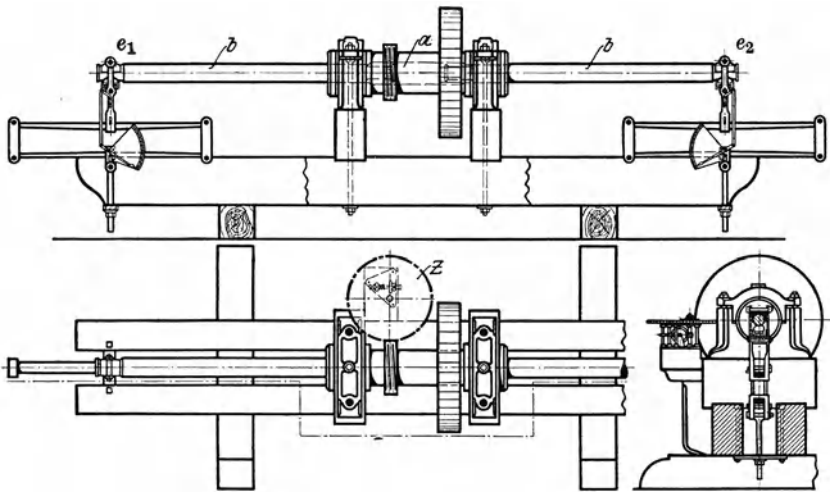


Abb. 5. Apparat zum Probieren der Widerstandsfähigkeit von Wagenachsen gegen wiederholte Biegungen.

In die gußeiserne Hohlwelle a werden zwei Eisenbahnachsen $b\ b$ in gleicher Weise wie in Radnaben eingepreßt. Die Achsen werden bei e_1 und e_2 durch Federdynamometer belastet und dann die Hohlwelle mittels Riemen gedreht, so daß die Achsen bei jeder Umdrehung einmal nach allen Seiten auf Zug und Druck beansprucht wurden. Die Anzahl der Umdrehungen wurde durch ein Zählwerk Z gemessen, die Belastung konnte durch Spannen des Federdynamometers geändert werden.

die der Achse während ihrer Lebensdauer in einer begrenzten Anzahl von Durchbiegungen — er schätzte damals 200 000 — zugemutet werden können, ohne daß sie bricht. Damit war die grundlegende Erkenntnis für die Prüfung des Materials durch Dauerversuche gewonnen. Am Schlusse der Veröffentlichung¹⁾ ist eine Ein-

¹⁾ Zeitschrift für Bauwesen, Berlin 1858, S. 642.

richtung zur Vornahme derartiger Dauerversuche, die jedoch bereits als Materialprüfmaschine gedacht war, skizziert. Mit einem solchen „Apparat zum Probieren der Widerstandsfähigkeit von Wagenachsen gegen wiederholte Biegungen“, also mit einer besonders hierfür gebauten Materialprüfmaschine, wurden in den Jahren 1859 bis 1860 die ersten Dauerversuche zur Feststellung der Festigkeit von Eisen und Stahl gemacht, Abb. 5.

Es ergab sich, daß die Beanspruchungen bis zu 500 000 mal mit einer den Betriebsverhältnissen angepaßten Belastung von 210 Ztr. auf den Quadratzoll wiederholt werden konnten, ohne daß ein Bruch eintrat. Eine Erhöhung der Federspannung um 10 Ztr. führte dann nach weiteren 73 000 Beanspruchungen zum Bruch. Nachdem auf diese außerordentlich sorgfältige Weise eine große Zahl Achsen untersucht war, wurde eine neue Einrichtung, Abb. 6, gebaut, bei der nicht mehr ganze Achsen, sondern einzelne Probestäbe untersucht wurden. Die Stäbe wurden zunächst der

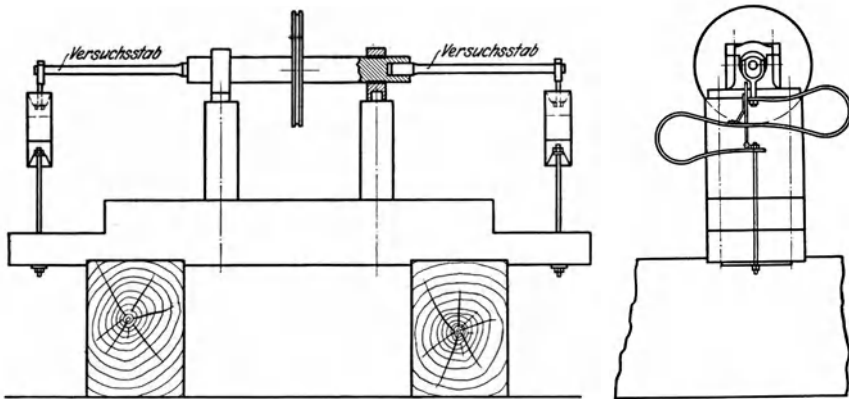


Abb. 6. Apparat zum Probieren der Widerstandsfähigkeit runder Stäbe gegen wiederholte Biegung.

Der Apparat arbeitet in gleicher Weise wie der unter 5 beschriebene, jedoch sind statt der Wellen Versuchsstäbe eingespannt.

Form der Achse nachgebildet, einige aber an der Stelle, an der die in der Nabe stekende Verdickung ansetzte, statt mit einer Hohlkehle mit einer scharfen Kante ausgebildet. Hier hat Wöhler zuerst die schädliche Wirkung solcher scharfen Materialübergänge auf die Festigkeit der Konstruktion nachgewiesen. Eingehend nachgeprüft wurde diese Beobachtung in den folgenden Jahren, wobei Einzelstäbe bis zu 4 500 000 Beanspruchungen unterworfen wurden. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse bestätigen vollkommen die 1860 zuerst ausgesprochenen Ansichten. Ferner wurde durch den Einbau eines Hammerwerkes der Einfluß von starken Erschütterungen auf unter Spannung stehende Materialien geprüft.

Das Ergebnis der beiden zuletzt genannten Untersuchungen war zunächst, daß die konstruktive Ausbildung eines Maschinenteiles die an sich vorhandene Festigkeit des Materials bei dauernder Belastung sehr ungünstig beeinflussen kann. Wöhler wollte jedoch, unabhängig von solchen äußeren Einflüssen, die bei einem konstruktiv durchgebildeten Maschinenteil immer vorliegen können, die Festigkeit des Materials selbst prüfen, in der Hoffnung, von den Versuchsergebnissen, die mit einer Sorte Material erlangt wurden, ohne lange Dauerversuche auf das Verhalten anderer Sorten schließen zu können.

Damit hat er schon 1860 die Bahnen gewiesen, die die Materialprü-

fung beschreiten muß, um zur sicheren Erkenntnis der Materialeigenschaften zu kommen: Die Trennung des Versuches vom konstruktiven Einzelfall und die Aufstellung allgemein gültiger Gesetze für die Festigkeiten der Baustoffe.

Weitere Arbeiten, bei denen einzelne Stäbe bis zu 2 000 000 Beanspruchungen aushielten, führten zu der Vermutung, daß die Widerstandsfähigkeit des Materials in gewissen Beziehungen zu seinen Elastizitätsverhältnissen steht. Zur Prüfung dieser Frage wurden Biegungsversuche mit ruhender Belastung auf der in Abb. 7 dargestellten Maschine ausgeführt. Es wurde sowohl die elastische, als auch die bleibende Durchbiegung bei verschiedenen Belastungen gemessen und, soweit fest-

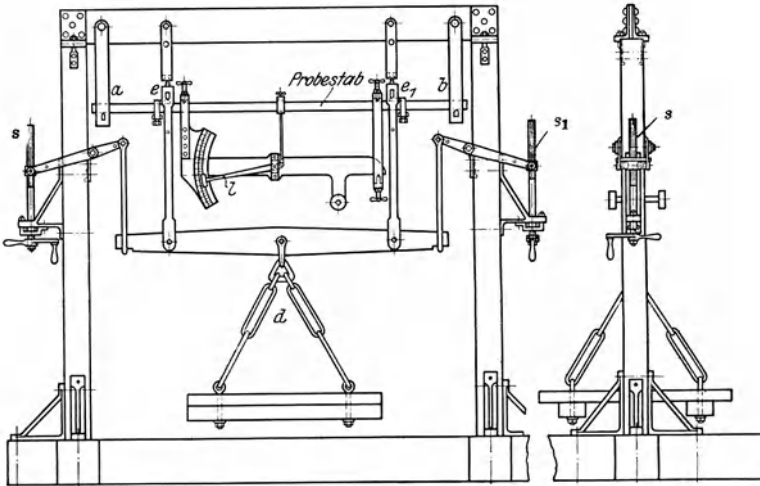


Abb. 7. Apparat zum Messen der Biegung ruhend belasteter Stäbe.

Der bei *a* und *b* gelagerte Stab wurde durch ein auf zwei Schneiden bei *e₁* und *e₂* aufgehängtes Hebelsystem belastet, das bei *d* eine Gewichtsschale trug. Durch die Belastung an zwei Punkten wird der Stab kreisförmig gebogen, die Elastizitätsgrenze also in der ganzen Strecke *ab* gleichzeitig erreicht, so daß eine bleibende Dehnung sehr viel leichter meßbar ist, als bei einer Belastung nur in einem Punkt. Die Durchbiegung konnte durch eine auf den Probestab gehängte Zeigervorrichtung *l* mit Nonius abgelesen werden. Zum gleichmäßigen langsamen Auflegen der Last dienten die Schraubenspindeln *s* und *s₁*.

zustellen ist, damals zuerst nachgewiesen, daß eine vollkommene Proportionalität zwischen der Durchbiegung und der Belastung stattfindet. Für die schon damals geplanten Dauerversuche war diese Erkenntnis besonders wichtig, da das Bestreben, die Gesetze festzulegen, nach denen das Material bei den verschiedensten Beanspruchungen sich verhält, erheblich mehr Aussicht auf Erfolg haben mußte, wenn zwischen den Beanspruchungen auf Elastizität und der Belastung eine vollkommene Proportionalität herrschte.

Die Jahre 1860 bis 1870 wurden nunmehr auf Grund der bisher gewonnenen Erfahrungen zu Dauerversuchen benutzt, denen folgender Arbeitsplan zugrunde lag:

I. Verhalten des Materials.

1. Bei ruhender Belastung.
2. Bei wechselnder Belastung von 0 bis zu einem Höchstwert in einer Richtung, bzw. zwischen einem Mindest- und einem Höchstwert in derselben Richtung.
3. Bei wechselnder Belastung von einem Höchstwert in einer Richtung bis zu dem gleichen Wert in entgegengesetzter Richtung.

II. Feststellung der Gesetzmäßigkeit, die sich aus den einzelnen Versuchsergebnissen ableiten ließ.

Die Versuche erstreckten sich auf Eisen, Stahl und Kupfer.

Die Stäbe wurden auf Zug, Biegung und Verdrehung beansprucht. Die Versuche, bei denen einzelne Stäbe bis zu 135 Millionen Beanspruchungen aushielten, wurden mit den in Abb. 6 bis 13 dargestellten Einrichtungen ausgeführt¹⁾. Die dem Wöhlerschen Bericht in der Zeitschrift für Bauwesen 1870 entnommenen Abbildungen sind zum Teil nur schematische Darstellungen. Die Maschinen für Dauerversuche waren in Wirklichkeit für gleichzeitige Untersuchung mehrerer Stäbe eingerichtet s. Abb. 13.

Das Ergebnis der Versuche hat Wöhler in der oben genannten eingehenden Veröffentlichung niedergelegt und in folgenden Sätzen, die später als die „Wöhlerschen Gesetze“ bezeichnet wurden, zusammengefaßt:

1. Der Bruch des Materials läßt sich auch durch vielfach wiederholte Schwingungen, von denen keine die absolute Bruchgrenze erreicht, herbeiführen. Die Differenzen der Spannungen, welche die Schwingungen eingrenzen, sind dabei für die Zerstörung des Zusammenhanges maßgebend.
2. Die Spannungsdifferenzen, welche die Größe der dauernd zulässigen Schwingungen bestimmen, sind um so kleiner, je größer die dabei erreichte Maximalspannung ist.
3. Die Wirkung der Anspannung ist eine ganz andere, wenn dieselbe konstant, also ruhend ist, oder variabel, also Schwingungen hervorruft; auch kommt sehr in Betracht, ob von der Konstruktion unbegrenzte Dauer gefordert wird, oder ob man nur eine begrenzte Dauer beansprucht.
4. Konstruktionsteile, welche positiv und negativ in Anspruch genommen werden, z. B. Kolbenstangen, Kurbelstangen, Balanciers u. dgl., müssen im Verhältnis etwa wie 9:5 stärker sein, als solche, deren Inanspruchnahme nur in einem Sinne erfolgt, z. B. Träger, Brücken, Dachkonstruktionen u. dgl.

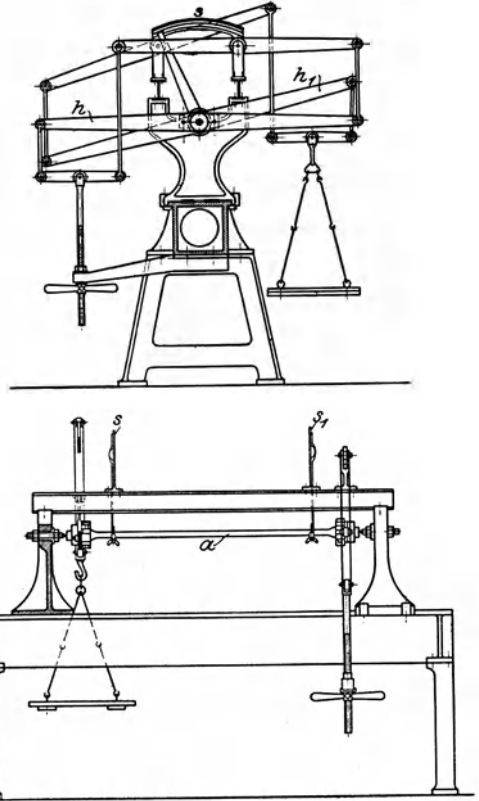


Abb. 8. Apparat zum Verwinden durch ruhende Belastung.

Der Probestab a wird durch Gewichtsbelastung indirekt von dem Hebel h_1 auf Verdrehung beansprucht, ohne daß eine Biegebungsbeanspruchung auftritt. Die Größe der Verdrehung kann an den Zeigern s und s_1 abgelesen werden. Zum Anbringen der Hebel h und h_1 dienen warm aufgezoogene Scheiben. Die Hebel sind so angeordnet, daß ein Kräftepaar die Verdrehungskraft ausübt, dadurch werden Biegebungsbeanspruchungen vermieden, trotzdem der Stab nur in zwei Spitzen gelagert ist.

¹⁾ Die Wöhlerschen Maschinen sind als geschichtlich wertvolle Zeugen für die Entwicklung des Materialprüfungswesens im Deutschen Museum in München aufgestellt worden.

Gleichzeitig gab Wöhler für die bei den einzelnen Belastungsarten und verschiedenen Materialsorten zulässigen Spannungen die Dehnungen, die bei den Versuchen ermittelt waren, an. Im Zusammenhang hiermit weist er darauf hin, daß die Verhältnisse zwischen Dehnung und Festigkeit bei Auswahl eines Materials, je nach den auftretenden größten Beanspruchungen, zu berücksichtigen seien.

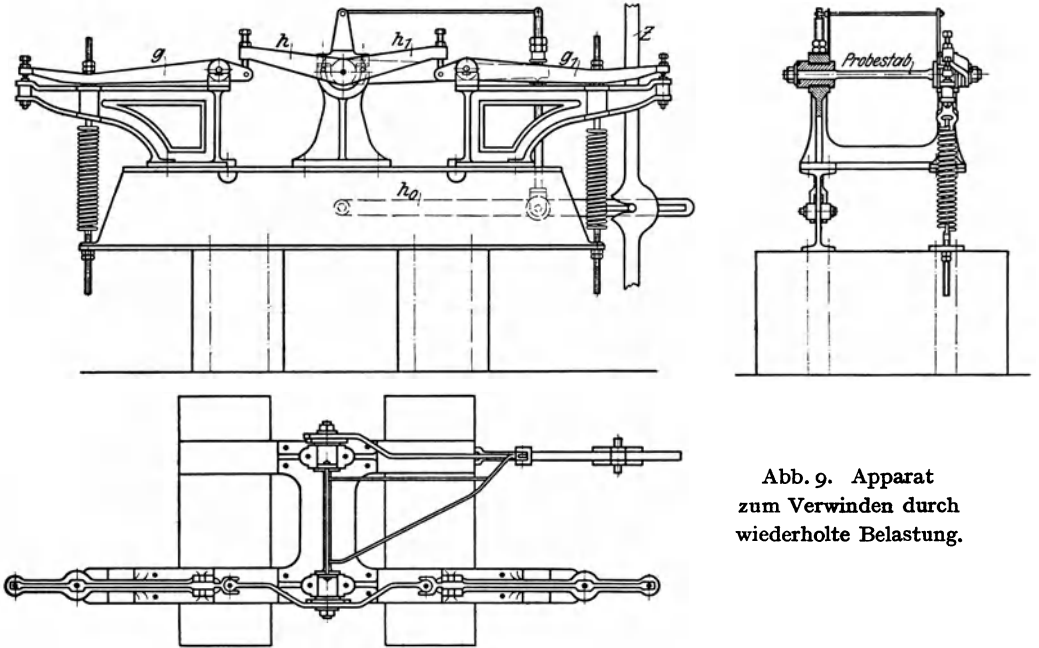


Abb. 9. Apparat zum Verwinden durch wiederholte Belastung.

Die Verdrehungskraft wird von dem durch die Zugstange Z maschinell beweglichen Hebel h_0 ausgeübt. Der Versuchstab ist in festen Lagerschalen gelagert. Die Beanspruchung erfolgte in zwei Drehrichtungen entsprechend dem Auf- und Niedergang der Zugstange Z . Die Größe der Torsionskraft ist dadurch begrenzt, daß der auf dem Stab befestigte Hebel h_1 auf die federbelasteten Hebel g und g_1 drückt und diese anheben kann, wenn die Torsionskraft zu groß wird. Die Federn waren vorher geeicht und auf eine bestimmte Belastung eingestellt.

Durch sorgfältige Untersuchungen über alle vorkommenden Belastungsarten war es ihm also nicht nur gelungen, die Gesetze, denen Eisen und Stahl in ihrer Festigkeit unterworfen sind, zu finden, sondern auch zuerst zuverlässige Werte für die bei den einzelnen Belastungsarten zulässigen Faserspannungen zu ermitteln und die Dehnung der verschiedenen Materialsorten zu bestimmen.

Um die Bedeutung dieses Erfolges zu beurteilen, muß man sich vergegenwärtigen, daß zur Zeit als Wöhler seine Versuchsergebnisse bekanntgab, Reuleaux's Konstrukteur noch das maßgebende Buch für den Maschineningenieur war. Es ist bekannt, welche Bedeutung darin noch dem „Gefühl“ des Konstrukteurs zugemessen wurde, nach welchen Kunstregeln „gefällige“ Formen (Parabel, Sinusoide,) für die Maschinenteile bestimmt wurden. Demgegenüber gaben zum ersten Male Wöhlers Versuche ein klares Bild davon, welchen Beanspruchungen Eisen und Stahl unterworfen werden können, und welche Annahmen zugrunde zu legen sind, um rechnerisch sicher die Abmessungen eines konstruktiven Gebildes zu ermitteln.

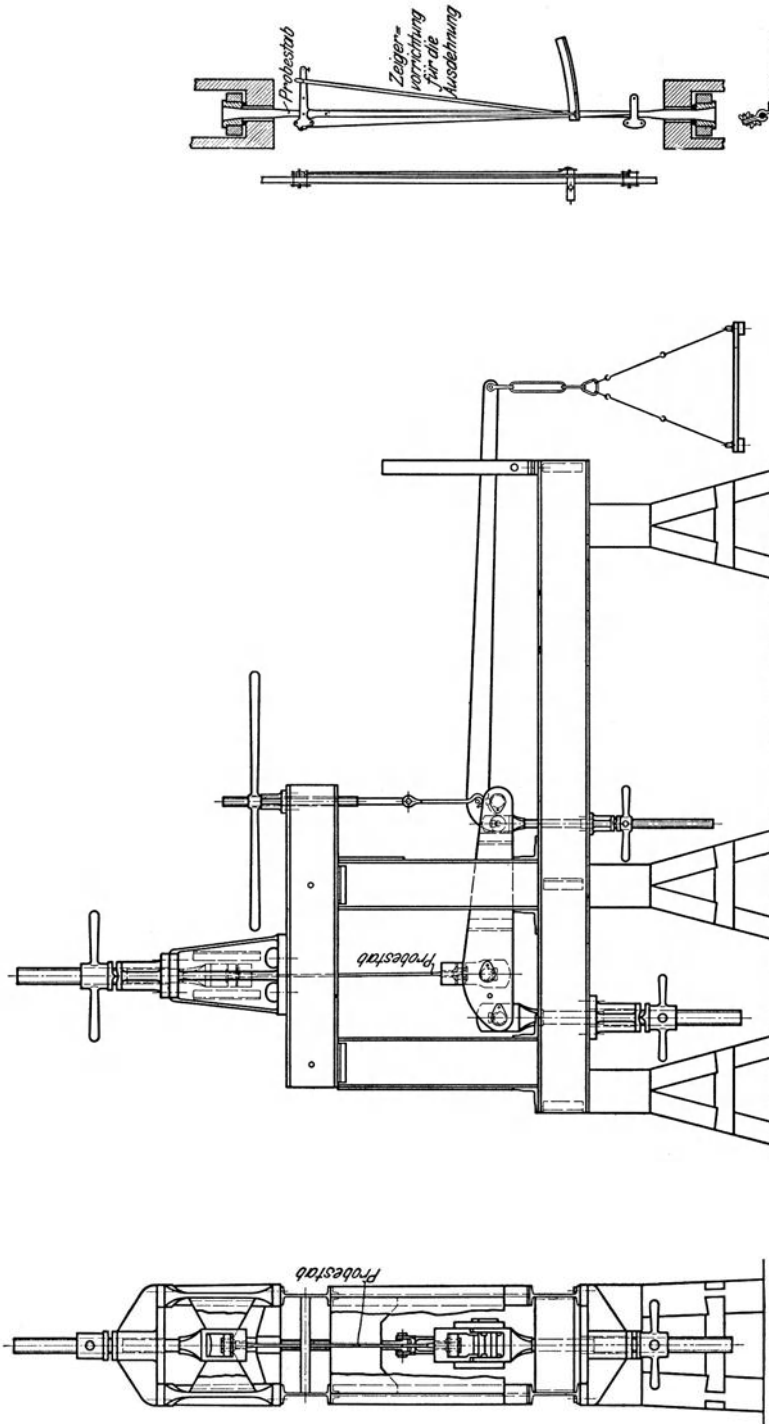


Abb. 10. Apparat zum Zerreißen durch ruhende Belastung.

Die Belastung erfolgte mittels Hebel und Gewichten. Die Ausdehnung des Probestabes konnte durch die besonders dargestellte Zeigervorrichtung abgelesen werden. Der Kopf des Stabes war in kugelförmigen Schalen gelagert, um einseitige Beanspruchungen zu vermeiden.

Die Aufnahme, die die Frankfurter Versuche in Fachkreisen fanden, war zunächst eine ziemlich gleichgültige¹⁾. In erster Linie gebührt Professor *Launhardt* das Verdienst, im Jahre 1873 nachdrücklich auf die Verwertung der *Wöhlerschen* Arbeiten für die Praxis hingewiesen zu haben. Es darf jedoch nicht vergessen werden, daß der preußische Minister für Handel und Gewerbe schon 1869 „die Bemühungen *Wöhlers* um die Erweiterung der Wissenschaft“ voll anerkannt hat, und daß von Anfang an, in einer für damalige Verhältnisse großzügigen Weise, seinen wissenschaftlichen Arbeiten jegliche Freiheit, sowohl hinsichtlich der Art der Ausführung der Versuche, als auch hinsichtlich der Beschaffung der Apparate gegeben wurde.

Nach Abschluß der Frankfurter Versuche war *Wöhler* 4 Jahre lang in Berlin als Direktor der Norddeutschen Aktiengesellschaft für Eisenbahnbedarf tätig und

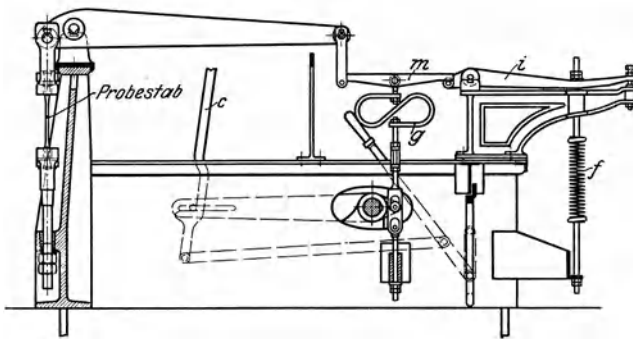


Abb. 11. Apparat zum Zerreißen durch wiederholte Belastung. Der Stab wird in gleicher Weise wie bei Abb. 10 eingespannt. Die Zugkraft wird durch den maschinell angetriebenen Hebel *c* und die zwischen geschaltete Feder *g* übertragen. Die Größe der Belastung wird durch die einstellbare Feder *f* geregelt, die ein Anheben des Hebels *i* durch den Zwischenhebel *m* zuläßt, wenn die Zugkraft über die beabsichtigte Größe steigt.

trat dann im Jahre 1874 in Straßburg als Eisenbahndirektor und Mitglied der Generaldirektion der Reichseisenbahnen in den Reichsdienst, wo er noch 15 Jahre wirkte. Man darf es wohl als ein Glück bezeichnen, daß die neue leitende Stellung es ihm ermöglichte, für die Verwertung seiner früheren Arbeiten selbst noch lange Jahre erfolgreich tätig zu sein. Er wurde bald Mitglied des technischen Ausschusses des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen und

stellte in diesem Ausschuß im Jahre 1876 den Antrag auf „Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation von Eisen und Stahl“, der forderte:

„Die Versammlung deutscher Eisenbahntechniker wolle erklären:

- a) daß eine bestimmte, staatlich anerkannte Klassifikation für Eisen und Stahl in hohem Grade wünschenswert ist,
- b) daß zur Durchführung einer solchen Klassifikation amtliche Prüfungsanstalten an geeigneten Orten errichtet werden müssen, welche für jedermann gegen entsprechende Entschädigung derartige Prüfungen auszuführen hätten,
- c) daß mit einzelnen dieser Prüfungsanstalten Versuchsstationen zu verbinden seien, in denen unter geeigneter Leitung durch ausgedehnte Versuche festgestellt würde, welche Ansprüche an die Materialien für bestimmte Leistungen zu machen sind.“

¹⁾ Eine Ausnahme muß hier jedoch besonders hervorgehoben werden. Die Niederschlesisch-Märkische Eisenbahn hatte im Jahre 1876 auf der Pariser Weltausstellung Zeichnungen von *Wöhlers* Versuchseinrichtungen sowie Versuchsergebnisse in Form von Probestäben ausgestellt. Diese Ausstellung fand die volle Beachtung der Engländer, die im „Engineering“ 1867 Bd. II, S. 160 eine eingehende Würdigung von *Wöhlers* Versuchen brachten, die mit den Worten schloß: *M. Wöhlers* modest exhibition may have been overlooked by ninety-nine of hundred professional visitors to the exhibition, yet we believe ourselves justified in saying that his scientific and patient experiments will be referred to long after the majority of those things which have drawn a shower of medals and ribbons upon themselves at present will be dismissed and forgotten. — Auch brachte 1871 die gleiche Zeitschrift einen eingehenden Bericht über *Wöhlers* abschließende Veröffentlichung in der Zeitschrift für Bauwesen 1870.

Der Antrag ist für die Verwertung der Frankfurter Versuche und vor allem für die Verbesserung der Qualität des in Deutschland erzeugten Eisens von durchschlagender Bedeutung gewesen; auch deshalb, weil zum ersten Male in Deutschland die Forderung nach einer staatlichen Materialprüfungsanstalt gestellt wurde. Als 28 Jahre später das Königliche Materialprüfungsamt in Lichterfelde sein neues glänzendes Heim bezog, überreichte es Wöhler die zur Eröffnungsfeier erschienene Denkschrift mit der Widmung: „Dem um das Materialprüfungswesen hochverdienten Forscher, dem Mitbegründer des Amtes in dankbarer Verehrung.“ Wöhler selbst ist sich über die Tragweite seines Vorgehens vollkommen klar gewesen. Nachdem der technische Ausschuß den Antrag angenommen hatte, wurde er in einer Denkschrift dem Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen unterbreitet. Diese von Wöhler verfaßte Denkschrift zeigt, wie weitblickend und großzügig er seinen Antrag aufgefaßt hatte. In der Denkschrift heißt es:

„Die Quelle des Wohlstandes eines Volkes ist, abgesehen von dem natürlichen Reichtum des Landes, in erster Linie zweifellos seine Arbeitsleistung, körperliche wie geistige.

Um ein Maximum der Arbeitsleistung zu erreichen, muß die Tätigkeit jedes einzelnen Individuums in dem von ihm gewählten oder ihm zugeteilten Geschäfte eine möglichst produktive sein, und es muß demgemäß eine richtige Verteilung der Kräfte auf die verschiedenen Geschäftszweige stattfinden.

Dafür aber ist Grundbedingung, daß der Wert einer jeden Arbeit richtig geschätzt und entsprechend bezahlt wird.

Wird wegen mangelnder Sachkenntnis seitens der Abnehmer eine Arbeit nicht ihrem Werte angemessen geschätzt und bezahlt, so kann der betreffende Industriezweig nicht zur Blüte gelangen; wird aber ein erheblicher Teil der nationalen Arbeit auf einen Gegenstand, z. B. ein Material, verwandt, dessen Wert dadurch sich nicht in einem der Arbeitsleistung entsprechendem Maße erhöht, so leidet der Nationalwohlstand.

Die örtliche Lage eines Industriezweiges und die Ausdehnung, welche er verlangt, sind wesentlich mit von den Gewinnungsorten und der Qualität der zur Fabrikation erforderlichen Rohmaterialien abhängig.

Bei beschränktem Absatze wird man sich in der Regel auf die Fundorte des besten Rohmaterials beschränken. Treten aber Konjunkturen ein, welche den betreffenden Industriezweig von dem Wege ruhiger Entwicklung fortdrängen, steigen Nachfrage und Preis in ungewöhnlichem Maße, dann kann auch die Verarbeitung eines Rohmaterials geringerer Qualität oder solches, welches mehr Nebenkosten verursacht, noch lohnend erscheinen, und das Kapital, gleichzeitig als Repräsentant der Arbeit, findet sich leicht bereit zur spekulativen Verwendung in diesem Sinne.

Dabei tritt aber schon die Versuchung heran, das geringwertige Produkt dem besseren unterzuschieben, um den gleichen Preis dafür zu erlangen. —

Gelingen wird dies um so eher, je dringender die Nachfrage ist und je schwieriger überhaupt die Qualität des Fabrikates sich erkennen läßt.

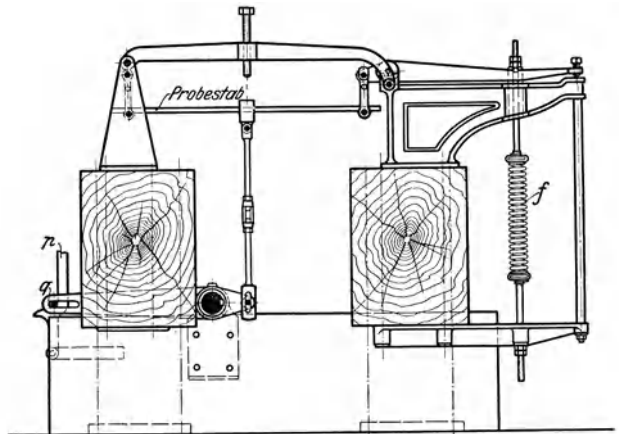


Abb. 12. Apparat für wiederholte einseitige Biegung prismatischer Stäbe.

Die Biegekraft wird durch den Hebel g und den maschinell getriebenen Hebel p ausgeübt. Die Größe der Biegebeanspruchung wird in gleicher Weise wie bei Abb. 11 durch die Feder f geregelt.

Der zu erzielende höhere Gewinn wird immer mehr nach dieser schlimmen Seite drängen, auf welcher die Intelligenz ihren Nutzen in der Ausbeutung der Unkenntnis der Abnehmer findet, und so, wenn auch unabsichtlich, statt produktiv zu wirken, das Fundament für die Existenz der soliden Arbeit untergräbt.

Wenn bei solcher Geschäftslage ein Rückschlag eintritt, und eine starke Überproduktion die Folge ist, dann entsteht ein Wettlauf im Herunterwerfen der Preise, welcher alles mit sich fortreißt, und dem auch die Werke, welche gutes, solides Fabrikat liefern, nicht widerstehen können, weil der Wert ihrer Ware nicht richtig gewürdigt wird.

Eine Einschränkung der gesamten Produktion ist unvermeidlich, aber der direkte Weg der Rückkehr zu den gesunden Zuständen, wie sie vor der Konjunktur stattfanden, wird durch die Spekulation versperrt, welche die größten Summen vielleicht gerade

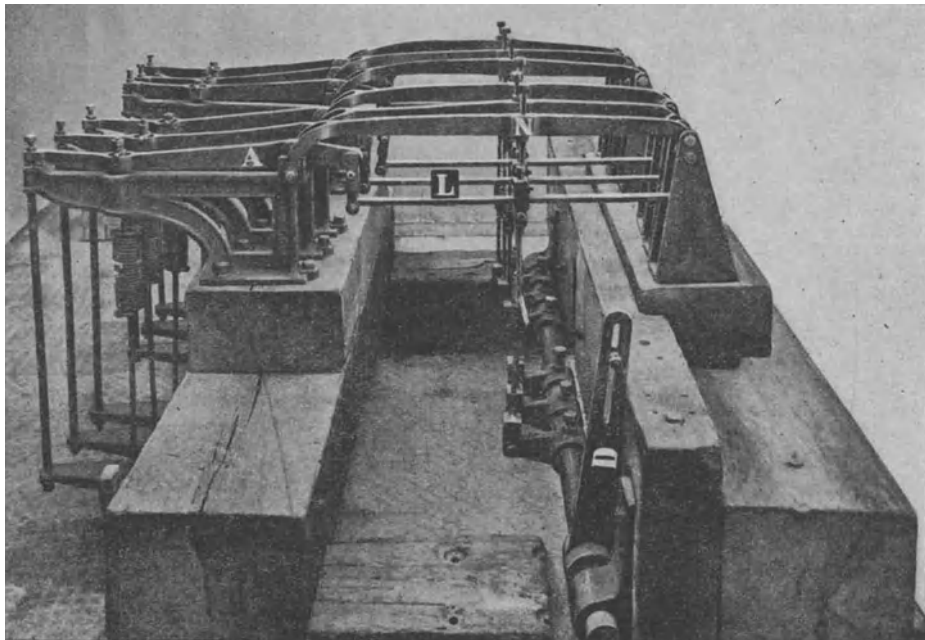


Abb. 13. Dauerversuchmaschine von Wöhler prüft gleichzeitig 6 Stäbe auf wiederholt einseitige Bieungsbeanspruchung.

da angelegt hat, wo nur die geringere Qualität der Ware fabriziert werden kann. Sie wird mit aller Kraft dahin arbeiten, diese Fehlanlagen aufrechtzuerhalten, während das wirtschaftliche Interesse des Staates unbedingt erfordert, daß nicht das Gute und Solide zugrunde geht, und dagegen das Schlechte und Unsolide erhalten bleibt.

Dieses zu verhindern, gibt es nur ein, und zwar ein sehr einfaches Mittel, welches darin besteht, daß der Wert des Produktes für jedermann klar gestellt wird.

Damit ist der Täuschung und der darauf basierten falschen Spekulation der Boden unter den Füßen genommen und der direkte Weg für die Rückkehr zu gesunden Verhältnissen freigemacht.

Wenn es schon im allgemeinen die Aufgabe des Staates ist, Aufklärung zu verbreiten und die dafür wirkenden Institute ins Leben zu rufen, so kann es nicht zweifelhaft sein, daß demselben dies auch dann obliegt, wenn, wie vorstehend sowohl unter Annahme ruhiger Entwicklung, als auch ungewöhnlicher Konjunkturen nachgewiesen ist, durch den Mangel an Sachkenntnis die materiellen Interessen des Volkes in hohem Grade gefährdet werden können.

Die Eisen- und Stahlindustrie befindet sich gegenwärtig in einer Lage, welche zu dieser Art der Hilfe des Staates dringend auffordert, und beide nahe verwandten Materialien, welche in allen Gewerbszweigen umfassende Anwendung finden, sind für die Eisenbahnen nicht nur ein Gegenstand schwerwiegender Ausgaben, sondern die Sicherheit derselben, also auch die Sicherheit des gesamten großen Verkehrs, ist in hervorragendem Maße von ihnen abhängig.

Deshalb dürfen sich die Vertreter der Eisenbahnen berufen finden, dem Staate Anträge zu stellen und Vorschläge zu machen, wie den hauptsächlich aus ungenügender Materialkenntnis entsprungene Mängel, welche gegenwärtig der Eisen- und Stahlproduktion anhaften, entgegenzuwirken ist.“

Zum Beweise, wie unzuverlässig das damals vorhandene Material und die dafür vorgeschriebenen Abnahmeversuche waren, gibt die Denkschrift die nachstehende Zahlentafel. Die darin enthaltenen Werte waren mit Materialien erreicht, die von einzelnen Bahnen nach sorgfältiger Vornahme der gebräuchlichen Proben abgenommen waren. Hinzu kommt noch, daß die großen Ungleichheiten nicht nur zwischen den für gleiche Zwecke hergestellten Fabrikaten verschiedener Hüttenwerke, sondern oft auch unter den Fabrikaten ein und desselben Werkes bestanden.

Ergebnisse der Festigkeitsversuche mit verschiedenen Materialien:

A. Bessemer-Stahl.

Absolute Festigkeit 4350 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	4%
Absolute Festigkeit 4970 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	6%
Absolute Festigkeit 5500 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	50,5%
Absolute Festigkeit 6060 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	44%
Absolute Festigkeit 7750 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	42%

B. Tiegelgußstahl.

Absolute Festigkeit 4760 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt,	4%
Absolute Festigkeit 5010 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	6%
Absolute Festigkeit 5081 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	47%
Absolute Festigkeit 6315 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	9%
Absolute Festigkeit 8350 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	31%
Absolute Festigkeit 8960 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	10%

C. Kesselblech in der Längsrichtung.

Absolute Festigkeit 3020 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	8%
Absolute Festigkeit 4100 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	24%

D. Stabeisen.

Absolute Festigkeit 3210 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	9%
Absolute Festigkeit 4030 kg pro qcm. Querschnittsverminderung, also Längende- hnung im Bruchquerschnitt	44%

Wenn man sich vergegenwärtigt, daß es heute genügt, ein Material als nicht abnahmefähig zu erklären, wenn die verlangte Festigkeit und Dehnung bei einer

zweiten Probe nicht erreicht wird, so wird dadurch am deutlichsten der Fortschritt des Eisenhüttenwesens gegenüber der damaligen Zeit bezeichnet, in der Materialien für den gleichen Zweck auf Grund ungenügender Abnahmeversuche als brauchbar bezeichnet wurden, die in der Festigkeit Unterschiede von fast 100 vH, in der Dehnung solche von fast 1200 vH aufwiesen.

Über die neuen Qualitätsbestimmungen sagt daher die Denkschrift mit Recht:

„Die Festigkeit gegen das Zerreißen ist die einzige überhaupt existierende Festigkeit, indem alle anderen Arten von Widerständen fester Körper gegen Zerstörung lediglich aus der Zerreißfestigkeit, Elastizität und Zähigkeit einbegriffen, entspringen; daher gibt dieselbe den allein richtigen Anhalt für die hier in Frage stehende Qualitätsbestimmung.“

Als weiterer wichtiger Schritt wird dann verlangt, daß diese Qualitätsbestimmungen in einer den Anforderungen des Geschäftsverkehrs entsprechenden Weise leicht und sicher erlangt werden können.

„Dazu bringen wir staatliche Prüfungsanstalten in Vorschlag, welche, mit den nötigen Hilfsmitteln ausgerüstet, die Untersuchungen für das Publikum gegen bestimmte, zur Deckung der Kosten ausreichende Taxen zu übernehmen haben.“

Nachdem ein Vorschlag für die bei der Klassifikation zu fordernden Festigkeits- und Dehnungswerte gegeben ist, wobei ausdrücklich bemerkt wird:

„Solche Klassifikation, wengleich sie staatlich festgesetzt werden und im Handelsverkehr gesetzliche Verbindlichkeit haben muß, darf nicht unabänderlich sein, damit sie den Fortschritten der Industrie folgen kann.“,

und:

„Ein Zwang, daß nur klassifiziertes Material gehandelt werden dürfte, wäre in keiner Weise zweckmäßig. Es genügt völlig, daß jedermann die Möglichkeit gegeben ist, sich eine bestimmte Qualität zu sichern.“,

fährt die Denkschrift fort:

„Ganz gesondert von der Feststellung der Eigenschaften, welche ein vorliegendes Material besitzt, ist die Frage zu behandeln, welche Eigenschaften und in welchem Maße sie vorhanden sein müssen, damit das Material für einen bestimmten Zweck am besten geeignet ist. Die Regeln dafür sind bislang meistens empirisch ermittelt und in der Rechnung durch sogenannte Erfahrungs- oder Sicherheitskoeffizienten ausgedrückt, die, jeder wissenschaftlichen Basis entbehrend, höchstens in Ermangelung von etwas Besserem als Notbehelf angesehen werden können.“

In sehr wichtigen Fällen fehlt es selbst noch daran, beispielsweise für den Stahl als Konstruktionsmaterial, und wenn auch durch Festigkeitsversuche der relative Wert (die Qualität desselben) ermittelt werden kann, so ist damit doch nicht klargestellt, bis zu welcher Grenze die Festigkeitseigenschaften bei den verschiedenen Verwendungen ausgenützt, d. h. direkt in Anspruch genommen werden dürfen, und in welchem Maße bei sonst gleicher Qualität im gegebenen Falle eine Erhöhung der Festigkeit bei Verringerung der Zähigkeit oder eine Erhöhung der Zähigkeit bei Verringerung der Festigkeit vorzuziehen ist.

Ferner fehlt noch die wissenschaftliche Grundlage zur Bestimmung der für die Dauerhaftigkeit günstigsten Formen und Verbindungen, resp. zur genauen Feststellung der Inanspruchnahme des Materials bei verschiedenen Formen und Verbindungen, bei festen und bei bewegten Konstruktionen, für schwankende und konstante Anspannungen, Erschütterungen und Stöße, für den Einfluß der Temperatur und starker Schwankungen derselben, wie sie z. B. bei Dampfkesseln vorkommen, also fast über alles das, was den Konstrukteur in den Stand setzt, ohne Materialverschwendung in alle Teile eines großen Bauwerkes, einer Maschine oder sonstiger Konstruktion die gleiche oder überhaupt eine scharf bestimmte Sicherheit zu legen.

Kurz gefaßt, es handelt sich noch um die Ermittlung der Gesetze, welche, wenn man die Eigenschaften des Konstruktionsmaterials kennt,

bei dessen Anwendung maßgebend sein müssen, und aus welchen umgekehrt die Eigenschaften herkommen, die das Material besitzen muß, um sich für bestimmte Konstruktionen zu eignen.

Für die Erforschung dieser Gesetze bringen wir die Errichtung einer Versuchsanstalt in Vorschlag, eines Institutes, wie es unseres Wissens bis jetzt nicht existiert.“

Über die Aufgabe der Anstalt heißt es sehr treffend:

„Besonders hervorheben möchten wir noch, daß es nicht Aufgabe der Versuchsanstalt sein kann, den Werken zu sagen, wie sie das Eisen resp. den Stahl machen sollen, sondern nur was sie machen sollen. Das Wie muß Sache der Industrie bleiben.“

Es ist wohl selten eine staatliche Maßnahme gefordert worden, die so wenig Zwang auf die davon betroffenen Industrien ausübte, zu der ihr Schöpfer aber das Vertrauen haben konnte, daß sie sich unbedingt durchsetzen und der Industrie zum Segen gereichen müsse.

Die Anträge der technischen Kommission wurden im Jahre 1877 von der Generalversammlung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen angenommen. Wenn es aber in dem Begleitschreiben zur Denkschrift hieß:

„Die Eisen- und Stahlwerke haben bislang meist nach anderen, die Qualität weniger scharf bezeichnenden Bedingungen geliefert und deshalb ihre Aufmerksamkeit nicht in solchem Maße auf die Erzielung der Eigenschaften einer wirklich guten Qualität gerichtet, wie es nach Annahme unserer Anträge erforderlich wird; sie werden daher genötigt sein, neue Studien und Versuche zu machen, wobei voraussichtlich Enttäuschungen nicht ausbleiben, welche dann leicht eine Opposition gegen die Klassifikation überhaupt hervorrufen können.

Es wird daher wahrscheinlich an Versuchen nicht fehlen, die Grundsätze der Klassifikation als unhaltbar oder unrichtig und der Industrie schädlich hinzustellen“, so hat auch hierin Wöhler vollkommen recht behalten.

Von allen Seiten der deutschen und österreichischen Hüttenindustrie kamen scharfe Angriffe. Der Verein der Montan- und Eisenindustriellen Österreichs unterbreitete dem zuständigen Ministerium ein Gutachten, in dem er den Wöhlerschen Anträgen jede Berechtigung absprach, ja direkt eine wirtschaftliche Gefahr darin sah, wenn sie bei den österreichischen Bahnen eingeführt würden. Auch der Verein für die Förderung des Gewerbefleißes faßte auf Antrag Reuleaux einige Beschlüsse zu den Wöhlerschen Vorschlägen, die zwar die grundlegenden Fragen unberührt ließen, aber sich dafür mit den Einzelheiten in etwas zünftiger Besserwisseri beschäftigt. Nebenher ging eine stellenweise an Verleumdung grenzende Zeitungs-polemik. Wöhler hat verschiedentlich auf die Angriffe geantwortet, vor allem aber wissenschaftlich seine Gedanken im Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen weiterverfolgt. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist unter dem Titel „Die Eigenschaften von Eisen und Stahl“ im Jahre 1880 als Supplementband zum „Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ erschienen. Die gewaltige Fülle ausgeführter Versuche zeigte schon drei Jahre, nachdem die neuen Vorschriften eingeführt waren, ihre Berechtigung. Mit vollem Recht konnte der technische Ausschuß erklären:

„Mit den Durchschnittsergebnissen ist der tatsächliche Beweis geliefert, daß die von der Subkommission formulierten Forderungen durchaus angemessen sind, und die Sicherheit und Schärfe, mit der die fortschreitende Qualität und die schließlich erreichte Gleichmäßigkeit durch die Zerreißprobe konstatiert wird, ist gleichzeitig ein treffender Beweis für die Richtigkeit dieser Probe, welcher, was Genauigkeit und Zuverlässigkeit betrifft, bis jetzt keine andere zur Seite zu stellen ist, und die wir deshalb in die aufgestellten Lieferungsbedingungen als maßgebend aufgenommen haben.

Schließlich sei noch die Bemerkung gestattet, daß die Eisen- und Stahlwerke, welche so Vortreffliches geleistet haben, volle Anerkennung verdienen, die sich nicht auf Worte beschränken darf, sondern zur Tat werden muß und zwar dadurch, daß die Eisenbahnen

sich in ihrem eigenen wohlverstandenen Interesse entschließen, für die bessere Ware auch den angemessenen höheren Preis zu zahlen.“

Damit war eigentlich der beste Beweis für die Berechtigung der Wöhlerschen Forderungen gegeben. Wenn noch jahrelang in Fachkreisen der Streit nicht zur Ruhe kam, so waren es doch mehr Einzelheiten, um die gekämpft wurde, so unter anderem die Frage, ob für die Zähigkeit des Materials die von Wöhler vorgeschlagene Kontraktion des Materials an der Bruchstelle oder die Längendehnung des Stabes das richtigere Maß sei. Die Entwicklung hat der zuletzt genannten Messung die ausschlaggebende Stellung zugewiesen, gewiß mit Recht, solange immer Probestäbe gleicher Länge benutzt werden. Die Tatsache aber, daß der kürzere Probestab eine günstigere prozentuale Dehnung ergibt als der längere, in Verbindung damit, daß z. B. England und Frankreich erheblich kürzere Probestäbe bei gleichem Durchmesser als Deutschland verwenden, führt auch heutzutage noch manchmal zu einer Unklarheit in den Materialvorschriften, die unter Umständen zum Nachteil des Konsumenten ausgenutzt wird. Man kann aber mit Recht sagen, daß durch Wöhlers Arbeit Anfang der 80er Jahre die Erkenntnis sich durchgesetzt hatte, daß die Zerreißprobe und die Messung der Elastizität am Probestab das zuverlässigste Verfahren für Materialabnahmen bei Eisen und Stahl sei, daß die bis dahin üblichen Proben am fertigen Stück in ihrer Unzuverlässigkeit erkannt und auf das ihnen zukommende Maß an Bedeutung beschränkt wurden. Ein Erfolg, der sowohl durch das unbeirrte Festhalten an dem als richtig Erkannten, als auch durch die Berechtigung der von Wöhler gestellten Forderungen letzten Endes erreicht wurde.

Wenn auch damit eine der Forderungen des Antrages vom Jahre 1876 erfüllt war, so hat doch die Lösung der zweiten Frage, die Einrichtung einer staatlichen Versuchsanstalt noch über zwei Jahrzehnte auf sich warten lassen. Im Jahre 1898 hat noch einmal der schon 79jährige Forscher, unter Hinweis auf seine über 40 Jahre zurückliegenden Versuche, die im Jahre 1876 gestellte Forderung in der Öffentlichkeit wiederholt.

Die letzten Jahre seiner Amtstätigkeit hat Wöhler noch viel auf dem Gebiete des Materialprüfungswesens gearbeitet, insbesondere auch als Mitglied der Kommission zur Überwachung der Versuche mit Eisenbahnmaterial, die Lieferungsbedingungen weiter ausgebaut und stets gestrebt, dem Fortschritt die Bahn frei zu machen. Umfangreiche neue Versuche an Eisen, Stahl und Kupfer, insbesondere auch Schlagproben an Radreifen und Schienen wurden auf Wöhlers Veranlassung in der Hauptwerkstätte Bischheim der Reichseisenbahnen von seinem damaligen Assistenten, dem jetzigen Geh. Rat Professor Troske ausgeführt und die Erkenntnis der Materialeigenschaften gefördert. Immer wieder aber hat Wöhler betont, daß es sich darum handele, die heimische Industrie zu fördern, und er hat durch seine Arbeiten gewiß einen erheblichen Teil dazu beigetragen.

Neben dem Materialprüfungswesen hat Wöhler noch zahlreiche andere Gebiete seines Faches während seiner Straßburger Zeit und auch noch im Ruhestand ständig bearbeitet.

Wie er versuchte, durch Verbesserung des Materials die Wirtschaftlichkeit der Eisenbahnen zu heben, so wies er auch oft darauf hin, welchen Wert eine Einführung einheitlicher Betriebsmittel für eine Verbilligung und Sicherheit des Betriebes haben müsse. In einem Vortrag im Verein für Eisenbahnkunde legte er schon 1872 ausführlich dar, welche Bedeutung die Einführung eines einheitlichen Güterwagens, sowohl für den Betrieb der Bahnen, — der Wagenmangel war schon damals eine chronische Eisenbahnkrankheit — als auch für deren Wirtschaftlichkeit hätte. Der Vortrag

wurde sehr beifällig aufgenommen und gab Anlaß zu einer Beratung von Eisenbahntechnikern und Wagenfabrikanten, die sich dann wenigstens über die Hauptabmessungen der wichtigsten Teile der Wagenuntergestelle verständigten. Desgleichen weist er in einem Bericht über die Wiener Weltausstellung, auf der er als Preisrichter wirkte, eindringlich darauf hin, wie wertvoll es für die Bahnen wäre, die Vielseitigkeit der Ausführungen zu vereinfachen und auf Grund der an so vielen Stellen gesammelten Erfahrungen nach einer größeren Einheitlichkeit zu streben.

Auf seine Veranlassung und unter seiner Mitarbeit gab die technische Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen im Jahre 1882 einen Bericht über Straßen- und Zahnradbahnen heraus, in dem in umfassender Weise über Konstruktion und Betriebsergebnisse berichtet wurde, wie stets bei Wöhlers Arbeiten mit der Absicht, durch Sammlung der Einzelerfahrung dem allgemeinen Fortschritt zu dienen.

Mit 70 Jahren nahm Wöhler, der zwei Jahre vorher zum Geh. Regierungsrat ernannt worden war, seinen Abschied und lebte noch fast 25 Jahre zurückgezogen in Hannover, nur mit einem kleinen Kreis ehemaliger Studiengenossen verkehrend.

Auch im Ruhestand blieb sein Interesse an seinem Fach äußerst rege. Wie das beigegebene Verzeichnis seiner literarischen Arbeiten zeigt, hat er sich noch ein Jahrzehnt lang regelmäßig zu wichtigen Fragen seines Gebietes in der Fachpresse geäußert und auch noch für neue Aufgaben der Technik, wie z. B. für Schiffshebewerke, neue eigenartige Lösungen vorgeschlagen.

Ein schwerer Schlag traf den 88jährigen durch den Tod seiner Lebensgefährtin, die über 50 Jahre manches Schwere mit ihm getragen und an allen Erfolgen sich mit ihm gefreut hatte. Die letzten Lebensjahre waren durch mannigfache Gebrechen beschwert, so daß der Tod am 21. März 1914 für den fast 95jährigen eine Erlösung war.

Wöhler hat in hervorragendem Maße seine Lebensarbeit der Forschung gewidmet. Glänzende mathematische Begabung vereinigte er mit leichter Auffassungsgabe, die das Wichtige sofort zu erkennen und in der für den Versuch geeigneten Form darzustellen wußte. Mit unermüdlichem Fleiß und strengster Wahrheitsliebe führte er seine Arbeiten durch. So durfte er zu seinen Entdeckungen das Vertrauen ihrer Richtigkeit haben, so konnte er auch an seinen einmal als richtig erkannten Forderungen mit voller Berechtigung und Zuversicht, auch gegen noch so viele Angriffe, festhalten. Dabei trieb ihn in erster Linie der Wunsch, die heimische Industrie zu fördern. Die vornehme Auffassung, die er von seiner Stellung als Beamter hatte, kam auch hierin zum Ausdruck. Die Eisenbahnverwaltung als größter Eisenverbraucher hatte nach seiner Ansicht die Verpflichtung, durch ihre leitenden technischen Beamten fördernd auf die Eisenindustrie einzuwirken und auch durch berechtigtes Verlangen nach Verbesserung des gelieferten Materials das Ansehen und den Wert der deutschen Erzeugnisse zu verbessern. Solche Ziele nicht nur ohne jeden persönlichen Vorteil, sondern oft unter schweren Angriffen jahrzehntelang zu verfolgen ist nur starken, mit hohem Pflichtgefühl begabten Menschen möglich.

Die Verdienste Wöhlers sind erst spät von amtlicher Seite gebührend gewürdigt worden. Neben den üblichen Auszeichnungen ist die 1881 ausgesprochene Berufung zum Mitglied der Akademie des Bauwesens wohl die einzige außer der Reihe liegende staatliche Anerkennung, die dem verdienten Manne zuteil wurde. Der Verein deutscher Ingenieure verlieh ihm im Jahre 1896 die Grashof-Denk Münze, die höchste Ehrung, die deutsche Ingenieure einem Fachgenossen erweisen können. Daß die Technische Hochschule in Berlin, als sie zum erstenmal um die Technik verdienten Männern die Doktorwürde ehrenhalber verlieh, Wöhlers gedachte, zeigt,

daß die Ergebnisse seiner Lebensarbeit bei den berufenen Vertretern technischer Wissenschaft allgemeine Anerkennung gefunden hatten. Der schönste Erfolg seines Strebens aber ist dem persönlich sehr bescheidenen Manne aus seiner eigenen Arbeit erwachsen. Seine Gesetze über das Verhalten von Eisen und Stahl, die er in jahrzehntelangem Forschen und Suchen gefunden, und wofür er zunächst nur langsam die Zustimmung der engeren Fachgenossen fand, haben sich im Laufe der Jahre die Anerkennung der gesamten Ingenieurwelt erworben. Sein Vorschlag auf Einrichtung einer staatlichen Materialprüfungsanstalt wurde zuerst nicht durchgeführt, sein Wirken ließ aber den Gedanken hieran nicht mehr zur Ruhe kommen. Fast 30 Jahre, nachdem er die Forderung zuerst gestellt hatte, wurde im Jahre 1904 das Königliche Materialprüfungsamt in Lichterfelde eröffnet, und dabei Wöhlers als des Mitbegründers des Amtes dankbar gedacht. So haben die Arbeiten, die der 35jährige begann, die dem 57jährigen die innere Berechtigung zur Stellung seines berühmten Antrages auf Klassifikation von Eisen und Stahl gaben, durch die Größe ihres Enderfolges den Lebensabend des 85jährigen Greises vergoldet.

Die deutsche Eisenindustrie und das Eisenbahnwesen verdanken auch Wöhlers Arbeiten einen Teil der Vollkommenheit, die sie heute erreicht haben. Wenn unsere Bahnen die Höchstbelastung, die dieser Krieg von ihnen forderte, überstehen konnten, so war dazu auch nötig, daß die Zuverlässigkeit des Materials auf die äußerste Probe gestellt werden durfte. Daß das möglich war, ist eines der Verdienste des Mannes, der vor über 60 Jahren in Frankfurt a. O. die ersten Dauerversuche über die Festigkeit an Eisenbahnwagenachsen begann.

Ein langes an Mühe und Arbeit überreiches Leben hat Wöhler der Entwicklung der technischen Wissenschaft gewidmet. Sein Bild wird der Geschichte erhalten bleiben, als das eines mit Wahrheitsliebe und Begeisterung forschenden deutschen Ingenieurs, für dessen Lebenswerk Alfred Krupps prächtiges Wort gilt:

Der Zweck der Arbeit soll das Gemeinwohl sein.

A. Wöhlers wissenschaftliche Arbeiten.

1851. Über Eisenbahnwagenfedern. Eisenbahnzeitung S. 105 u. 109.
 1853. Vergleichende Versuche mit verschiedenen Manometerkonstruktionen. Zeitschrift für Bauwesen S. 153.
 1853. Berechnung der Durchbiegung elastischer Körper. Zeitschrift für Bauwesen S. 433.
 1855. Theorie rechteckiger eiserner Brückenbalken mit Gitterwänden und mit Blechwänden. Zeitschrift für Bauwesen S. 122—166.
 1858. Versuche mit Apparaten zum Messen der Biegung und Verdrehung von Eisenbahnwagenachsen während der Fahrt. Zeitschrift für Bauwesen S. 641.
 1859. Neuere Wasserkrane der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn. Zeitschrift für Bauwesen S. 223.
 1859. Über den Einfluß der Form des Schienenkopfes und der Radreifen auf deren gegenseitige Abnutzung und auf die Bewegung der Eisenbahnfahrzeuge. Zeitschrift für Bauwesen S. 359.
 1860. Versuche zur Ermittlung der auf die Eisenbahnwagenachsen einwirkenden Kräfte und der Widerstandsfähigkeit der Wagenachsen. Zeitschrift für Bauwesen S. 583.
 1860. Linsendichtung für Dampf und Wasser führende Rohre. Zeitschrift für Bauwesen S. 454.
 1863. Versuche zur Ermittlung der Festigkeit von Achsen. Zeitschrift für Bauwesen S. 234.
 1864. Lokomotivbau. Zeitschrift für Bauwesen S. 447—456.
 1865. Eiserne Kohlenwagen zu 54 t (= 210 Zentner) Ladung, von der Niederschlesisch-Märkischen Bahn. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens S. 244.
 1866. Versuche über Festigkeit von Eisen, Stahl und Kupfer. Zeitschrift für Bauwesen S. 67.
 1867. Über Eisenbahnwagenbremsen und Versuche über die Bremswirkung. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens S. 126.

1870. Über die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl. Zeitschrift für Bauwesen S. 73. (Auch als Sonderdruck erschienen.)
1870. Achsen, deren Dimensionen, Form der Achsschenkel, Material. Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik. Herausgegeben von Heusinger v. Waldegg. Bd. II, 3. Kap., S. 74—91.
1872. Einführung eines einheitlichen Güterwagens auf den Eisenbahnen Deutschlands. Zeitschrift für Bauwesen S. 334.
1874. Die Eisenbahntransportmittel auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. Amtlicher Ausstellungsbericht S. 241—282.
1876. Die Klassifikation von Eisen und Stahl. Deutsche Bauzeitung S. 447. (In dieser Veröffentlichung hat Wöhler nach seinen eigenen Worten das Programm seines Strebens auf dem Gebiet der Materialprüfung dargelegt.)
1878. Desgleichen. Glasers Annalen I, S. 4, 118 u. 395.
1879. Eisen und Stahl. Glasers Annalen I, S. 38.
1880. Versuche über die Festigkeit von Eisen und Stahl. Auf Veranlassung und unter Mitwirkung Wöhlers bearbeitet von der Technischen Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, VII. Supplementband des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
1881. Über die Beziehungen zwischen Schienenkopf- und Radreifenprofil. Mit 13 Abb. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 181 u. 194.
1882. Erfahrungen über Bau und Betrieb der Zahnrad- und Straßenbahnen. Auf Veranlassung und unter Mitwirkung Wöhlers bearbeitet von der Technischen Kommission des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen, VIII. Supplementband des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
1882. Über Lieferungsbedingungen für Schienen und Achsen aus Flußeisen. (Vortrag.) Glasers Annalen I, S. 137.
1882. Die Verwertung der Wöhlerschen Versuche. Zivilingenieur S. 251.
1882. Bestimmung des Aufwandes an Zugkraft bei Eisenbahnzügen. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 360.
1883. Die Sicherheit des Ganges der Lokomotiven im Gleise. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 6.
1883. Die Klassifikation von Eisen und Stahl und der Verein deutscher Eisenhüttenleute. Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen S. 178 u. 306.
1884. Schienenkopf- und Radreifenprofil. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 177 u. 224.
1884. Versammlung zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsarten für Bau- und Konstruktionsmaterial. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 475 u. 528.
1885. Desgleichen. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 43.
1886. Untersuchungen über den Wert der Schlagprobe bei der Prüfung von Radreifen und Schienen aus Flußeisen und Flußstahl. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 167.
1889. Über Schlagproben mit Achsen, Schienen und Radreifen (darin weit über 2000 Messungen verwertet). Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens S. 105.
1891. Über Eisenbahnoberbau. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 159.
1892. Erfahrungen, den Lokomotivbau betreffend. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 176.
1892. Die Stoßverlascung der Breitfußschienen. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 209, 311, 456 u. 557.
1892. Fortschritte im Bau der Eisenbahnfahrzeuge. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 478.
1893. Über den Reibungswiderstand der Tragfedern von Eisenbahnfahrzeugen. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 61.
1893. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Nr. 51 und
1894. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Nr. 6: Neubau der Hackerbrücke am Zentralbahnhof München. Bemerkungen Wöhlers über die Priorität seiner Arbeiten, über die Berechnung elastischer Körper und die Theorie eiserner Brückenbalken.
1894. Parallelführung und Hubgeschwindigkeitsregelung bei Schiffshebwerken mit Schwimmern. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. II, S. 1070.
1897. Die Wirksamkeit der Heizrohre in Lokomotivkesseln. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure Bd. II, S. 1073.
1898. Einrichtungen zur Materialprüfung durch das Deutsche Reich. Zentralblatt der Bauverwaltung S. 489.

[Das vorstehende Verzeichnis ist, bis auf einige wenige Ergänzungen, von Herrn Geh. Reg.-Rat Troske zusammengestellt. Für die liebenswürdige Erlaubnis, das Verzeichnis auch hier wiedergeben zu können, bin ich Herrn Prof. Troske zu Dank verpflichtet.]

Zur Ursprungsgeschichte der alkoholischen Getränke.

Von

Professor Dr. R. Stübe, Leipzig.

Die Geschichte des Alkohols bietet eine Reihe schwieriger Aufgaben. Ich bin nicht berufen, über die chemischen und technischen Fragen, die hier auftreten, zu urteilen. Aber auch für den Kulturhistoriker erheben sich hier höchst interessante Fragen, die er mit Hilfe der Völkerkunde behandeln kann. Vor allem aber ist es die Religionsgeschichte, die infolge der Rolle, die der Alkohol im religiösen Kultus spielt, reiche Aufschlüsse über den Ursprung des Alkoholgenusses geben kann. Auf diese Zusammenhänge hat die russisch geschriebene Abhandlung des finnischen Gelehrten K. F. Tiander¹⁾ hingewiesen. Er geht von der Tatsache aus, daß berauschende Getränke bei allen primitiven Völkern längst vor der Einführung des Alkohols durch die Europäer bekannt waren. Wie ist der Mensch in ihren Besitz gekommen, und weshalb hat er sie angewandt?

Die heutigen alkoholischen Getränke, die technisch durch Gärung hergestellt werden, sind jungen Ursprungs. Dieses Verfahren scheint erst von den Alchimisten angewandt zu sein. Der Branntwein z. B. stammt erst aus dem 15. Jahrhundert²⁾. Älter ist die Herstellung eines berauschenden Getränkes aus Weinbeeren, wofür wir seit Homer und dem Alten Testament (1. Mos. 9, 20) literarische Zeugnisse in großer Fülle haben. Hier begegnen wir auch — im griechischen Dionysoskult — der Erscheinung, daß ein berauschendes Getränk eine große Rolle im religiösen Kultus spielt. Schon in der sprachlichen Verbreitung desselben Wortes für „Wein“ erkennen wir den westasiatisch-griechischen Kulturkreis, in dem er heimisch ist³⁾.

Aber auch der Wein hat in diesem Gebiete ältere Rauschgetränke ersetzt. Seit ältester Zeit kennen die Ägypter ein „Bier“ (*ξύθος* = lat. *z y t h u m*), das aus Gerste hergestellt wurde. Im 3. Jahrtausend v. Chr. kannten die Babylonier die Kunst, aus Getreide, Malz und einer „Bierbrot“ genannten Masse Bier herzustellen. Die Namen für Malz (*buklu*) und „Bierbrot“ (*bappiru*) sind aber sumerischer Herkunft (*bulug*, *bappir*); mithin muß schon dieses älteste geschichtliche Kulturvolk Bier gebraut haben. Ein Rezept zum Brauen „erstklassigen Bieres“ aus der Zeit um 2800 v. Chr. ist in sumerischer Sprache erhalten. Eine altkappadokische Inschrift bezeugt ferner, daß im 3. Jahrtausend die Bierbrauerei in Kleinasien bekannt war.

1) Der Kultustrank und das älteste Alkoholgetränk der Menschheit. St. Petersburg 1908.

2) Otto Schrader, Sprachvergleichung und Urgeschichte. 3. Aufl. 1907. Bd. II, S. 252.

3) Das Wort für Wein ist auf indogermanischem Boden heimisch: griech. *οἶνος* (aus *ῥοῖνος*), armen. *gini* (aus *voinio*; Jensen, ZDMG. 48, 429f., Bugge, Zeitschr. f. vergleich. Sprachforsch. 32, 83), alban. *vëna*. Aus dem Indogermanischen entlehnt ist das semitische Wort *wainu* (babyl. *inu*, arab.-äthiop. *wain*, hebr. *jajin*). Aus latein. *vinum* ist entlehnt got. *wein*, altddeutsch *wīn*, altirisch *fín*, cymr. *gwin*. Aus dem Germanischen sind entlehnt altslaw. *vino*, lit. *vīnas*.

Sie war von Babylonien aus im ganzen vorderen Orient verbreitet¹⁾. Bei der Urbevölkerung Spaniens, den nicht indogermanischen Iberern, ist ein Getränk *celia* (Weizenbier: Plinius, Florus) bezeugt. Die Umbildung dieses Wortes in lat. *cerea* (Plin., Hist. nat. 22, 164) weist darauf hin, daß es aus einer Getreideart (*ceres*) hergestellt wurde. Bei den Völkern Armeniens erwähnt Xenophon (*Anabasis* IV, 5, 26) einen „Gerstenwein“ (*οἶνος κριθίνος*), obwohl hier der Traubenwein bekannt war. Ebenso kennen wir ein ähnliches Getränk bei den Kelten (*κοῦρμι, κόρμα*) (Plinius. Hist. nat. 22, 25) und vor allem bei den Thrakern, wo es *βρῦτον* (Bier, Obstwein) hieß. So ist ganz sicher, daß es im vorgeschichtlichen Europa bereits ein Rauschgetränk gab, das durch Gärung aus Gerste, Hirse oder auch Brot hergestellt wurde. Darauf führt der weitverbreitete Name dieses Getränkes. An das thrakisch-phrygische *βρῦτον* schließt sich das keltische *brace* und altirische *bruthe* („Brühe“), das slawische *braga*, die mit althochdeutschen *briuwan*, altnord. *brugga* („brauen“) verwandt sind. Dieses durch Gärung gewonnene Getränk, das zumeist aus Gerste bereitet wurde, muß als die Urform des europäischen Bieres gelten. Erst im 16. Jahrhundert ist ihm der Hopfen zugesetzt worden, um es für den Handel und für Aufbewahrung dauerhaft zu machen²⁾.

Älter als das Bier ist vielleicht der Met. Bei den Nordeuropäern nennt ihn der Seefahrer Pytheas von Massilia (um 300 v. Chr.). Er kann indes nur eine beschränkte Verbreitung gehabt haben, da er an das Vorkommen der Bienen gebunden ist. Die Stutenmilch, aus der bei den „Skythen“ Osteuropas ein berauschendes Getränk hergestellt wurde, kann erst jungen Ursprungs sein. Das Pferd tritt in Europa erst in der Bronzezeit auf und kann — ebenso wie das Rind — erst durch wirtschaftliche Ausnutzung zu einem milchliefernden Haustier geworden sein³⁾.

Somit ist sicher, daß bereits die ältesten berauschenden Getränke aus Pflanzen durch einen primitiven Gärungsprozeß gewonnen wurden. In geschichtlicher Zeit dienen dazu in Europa vor allem Gerste und Hirse; heute noch werden außerhalb Europas besonders Reis, Mais, Palmenblätter und anderes benutzt. Dem primitiven Menschen muß die Gewinnung des Alkohols aus Pflanzenstoffen schon früh bekannt geworden sein. Es genügte dazu, die in der Pflanze enthaltene Stärke zu verzuckern und durch Gärung den Alkohol zu erzeugen. Wie aber ist der primitive Mensch dazu gekommen? Wie schon die Namen zahlreicher Pflanzen beweisen, war dem Menschen seit ältester Zeit ihre Heilkraft bekannt. Sie gelten deshalb für wunderwirkend; denn Heilkraft und Wundermacht sind für primitives Denken identisch. Schon hier ist eine Vorstellung erkennbar, die zur Religion hinüberleitet; später wird gewissen Pflanzen selbst göttliches Wesen zugeschrieben, wie der Sompflanze bei Indern und Persern.

Die Voraussetzung für die Entdeckung des Alkoholgehaltes in Pflanzen scheint in eine Zeit zurückzugehen, wo der Mensch die Kunst, mit Feuer zu kochen, vielleicht das Feuer selbst, nicht kannte. Zur Erklärung der Tatsachen, die wir im folgenden zu erörtern haben, dürfen wir vielleicht die Annahme eines Vegetarismus des Urmenschen — oder einer überwiegend vegetarischen Lebensweise — heranziehen.

¹⁾ Friedr. Hrozný, Das Getreide im alten Babylonien, Wien 1914 (Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. der Wissensch., Philos.-hist. Klasse 173, Bd. 1., Abh.). Fr. Hrozný, Zur Bierbrauerei der alten Babylonier. (Orientalist. Literaturzeitg. 1914, Bd. 17, S. 201 f.).

²⁾ Vict. Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere. 2. Aufl. 1874. S. 410 ff.

³⁾ Siehe E. d. Hahn, Die Haustiere und ihre Beziehung zur Wirtschaft des Menschen. 1896, S. 77—82. — Von der Hacke zum Pflug 1914, S. 72 ff.

Westermarck hat sogar in höchst geistreicher Weise die Theorie zu begründen versucht, daß die Zeit der zahlreichsten Geburten überall auf der Erde mit dem größten Besitz an vegetabilischen Nahrungsmitteln zusammenfällt, daß also die Befruchtung durch vegetarische Lebensweise bestimmt ist. Bekannt ist ferner die auffallende Kenntnis der Pflanzen nach ihren nützlichen und schädlichen Eigenschaften, die wir bei allen Naturvölkern finden. Sie kann nur das Ergebnis einer sehr langen Erfahrung sein. Daß sich der Mensch sehr viel früher und ergiebiger mit der Pflanzenwelt als mit dem Tierreich beschäftigt hat, ergibt sich ferner daraus, daß der Mensch eine viel größere Art von Pflanzen als von Tieren kultiviert und daß der Mensch in der neueren Kulturperiode als Nahrungs- und Heilmittel kaum neue Arten gewonnen hat, die nicht schon bei primitiven Völkern oder im Volksbrauch bekannt waren.

Den Pflanzengenuß hat der Mensch sicher schon lange vor dem Besitz des Feuers und der Kochkunst gekannt. Das Kauen der Pflanzen muß ihre älteste Zubereitungsart gewesen sein. Der Brauch, pflanzliche Substanzen zu kauen, hat sich in einzelnen Fällen bei primitiven Völkern, wie bei Kulturvölkern bis heute erhalten. Ein solcher Rest kann das Tabakkauen sein. In Peru und Bolivia kauen Eingeborene wie Weiße die Blätter von *Erythroxylum peruvianum*. In Tschudis Reisebericht haben wir darüber lehrreiche Berichte¹⁾. Die Indianer pflegen stetig irgendwelche Pflanzen zu kauen: Wurzeln, Stengel und Baumrinde. In Indien, China und Melanesien ist das Kauen von Betel und anderen Präparaten allgemein verbreitet. Auf den Sandwichinseln kaute früher die Königin und ihr Gefolge auf Spaziergängen Zuckerrohr²⁾. In ganz Afrika wird in gleicher Weise die Kolanuß verwandt; im Kongogebiet kauen die Neger Blätter einer Pflanze Nkassa. Auch in Europa ist derselbe Brauch verbreitet; so wird in Schweden Tannenharz benutzt. Alle diese Präparate aber sind in Europa durch den Kautabak verdrängt worden. Diese Erscheinungen lassen sich zurückführen in eine Zeit, wo der Mensch seine Nahrung lediglich durch Essen oder Kauen roher Pflanzen gewann, da er das Kochen der Nahrung noch nicht kannte. Wie es scheint, ist das Kochen der Speise eine ziemlich späte Erfindung.

Auf diesem Umweg kommen wir nun zur primitiven Herstellung des Alkohols. Uns ist es eine sehr befremdende Vorstellung, daß jemand Nahrung für andere kaut. Aber der Brauch, Speise für andere und sogar auf Vorrat zu kauen, ist noch heute bei Primitiven nachweisbar und geht wahrscheinlich in die Urzeit des Menschen zurück. Er würde sich leicht aus ursprünglichem Vegetarismus erklären. Der Brauch, Speise auf Vorrat zu bereiten, setzt nun schon die Anfänge einer sozialen Organisation voraus, in der Arbeit für andere geleistet wird. Gerade in der Nahrungsbereitung tritt der soziale Charakter aller primitiven Arbeit auffallend hervor; sie gehört zu den Leistungen primitiver Fürsorge, die die Gemeinschaft fordert und leistet. Die Annahme einer Speisebereitung für die Gemeinschaft durch Kauen hat sich noch in mancherlei Resten erhalten. Sobald aber Pflanzen auf Vorrat gekaut wurden, war die Bedingung zur Entdeckung des Alkohols gegeben. Bereits in der Mundhöhle beginnt durch den Einfluß des Speichels ein chemischer Vorgang, der die Verdauung der Nahrung vorbereitet. Es ist hier das im Speichel enthaltene Ptyalin, das die in Pflanzenstoffen enthaltene Stärke in Traubenzucker verwandelt, der sich leicht löst und dadurch vom Blut aufgenommen werden kann. Wenn nun

¹⁾ Peru, Bd. II, S. 210—217, 257—287.

²⁾ Hartwig, Die Inseln des Großen Ozeans in Natur und Völkerleben. 1861. S. 317. Auf Neuseeland kaut man das Harz von bestimmten Bäumen.

jeder Mensch den Brauch kannte, Pflanzen zu zerkäuen und diese Masse etwa in einem Holzgefäß zu sammeln, auszuspeien, so mußte die enthaltene Stärke durch die Verbindung mit Ptyalin Traubenzucker bilden, der durch Gärung in verschiedene Stoffe zerfällt, unter ihnen Alkohol. Auch die moderne Technik der Alkoholherstellung verwendet vor allem Pflanzen von reichem Stärkegehalt, wie Kartoffeln, Roggen, Reis und Mais, nur ist die Diastase im Malz enthalten, während beim Kauen als solche das Ptyalin wirkt.

Setzen wir also eine Zeit wesentlich vegetarischer Ernährung voraus, so konnte schon diese Zeit den Alkohol gewinnen aus der Gärung zerkauter Pflanzenmassen. Hierfür haben wir nun noch heute tatsächliche Beweise. Auf Inseln des Stillen Ozeans und in Südamerika wird bis heute die Herstellung von Alkohol durch Zerkauen von Pflanzen betrieben.

Als die ersten Europäer nach Peru kamen, lernten sie dort ein alkoholisches Getränk — *chicha* — kennen. Es wird heute zumeist aus Maiskörnern hergestellt, die mit Wasser begossen werden. Die gequollenen Körner werden dann an der Sonne getrocknet, zerstoßen und in Wasser gekocht, diese Masse läßt man dann gären. Das Kochen aber ist die Technik einer verfeinerten Kultur. Bei Indianerstämmen in entlegenen Gebieten läßt sich noch eine viel ältere Art der Alkoholbereitung nachweisen. Sehr bemerkenswert aber ist, daß sie mit dem religiösen Kultus, mit gewissen Jahresfesten in Zusammenhang steht. Im religiösen Kultus aber erhalten sich oft die Formen und Bräuche einer sonst längst überwundenen Zeit. Die religiösen Feste der Indianer Perus werden mit tagelangen Trinkgelagen begangen. Das berauschende Getränk wird dazu lange vorher von dem Stamme oder der Sippe in gemeinsamer Arbeit bereitet. Die Männer und Frauen setzen sich in einen Kreis um einen Haufen getrockneter Maiskörner. Jeder nimmt eine Handvoll und zerkaut sie. Die durch das Kauen erzeugte Masse spucken sie in ein Gefäß. Dann tut man Wasser hinzu, kocht alles auf und läßt es gären. Der Peruforscher Tschudi ist Zeuge dieses Verfahrens gewesen. Er hat auch die Energie gefunden, das so erzeugte Getränk zu genießen, und erklärt, daß es einen „eigentümlich angenehmen Geschmack“ habe. Dieses Getränk heißt *chicha cascada*, es gilt für angenehmer als die in den Städten, wie oben angegeben, hergestellte *chicha*, vielleicht weil die Gärung durch den Einfluß des Ptyalins stärker wirkt. Infolge dieser Zubereitung eines alkoholhaltigen Getränkes sollen die Zähne der Indianer, die diesen Brauch noch üben, nur wenig aus dem Zahnfleisch hervorragen, da die Kronen fast völlig abgerieben werden. Eine besondere Art der Chichabereitung ist mit der Geburt von Mädchen verbunden. Dann werden diesem gegorenen Pflanzensaft in einem Tontopf einige Pfund Ochsenfleisch hinzugefügt. Der Topf wird dicht geschlossen und in die Erde gegraben. Wenn das Mädchen dann heiratet, wird dieses Getränk ausgegraben. Tschudi, der sich auch vor diesem Genuß nicht gescheut hat, versichert, daß es viel stärker sei als die gewöhnliche *Chicha*. Schon von einem Glase konnte man berauscht werden.

Der Genuß dieses Getränkes ist nun bei den Indianern Perus vor allem mit den großen Festen verbunden, die sich an die Wendepunkte im Sonnenlauf anschließen. Heute werden diese alten Feste vor allem als Gelegenheit, sich zu betrinken, angesehen. Im Reiche der Inkas war es vor allem das Fest der Sommersonnenwende, an dem die *Chicha* eine große Rolle spielte. Der Inka fuhr mit seinem Hofe am frühen Morgen heraus und begrüßte die aufgehende Sonne mit einem Trankopfer aus einer großen goldenen Schale, die mit *Chicha* gefüllt war. Nachdem er selbst ge-

trunken hatte, begann ein allgemeines Trinkgelage, bei dem auch kultische Tänze aufgeführt und Opfer gebracht wurden. In den kultischen Tänzen der Indianer hat sich noch ein Rest dieses Festes erhalten. Auch bei den getauften Indianern hat sich unter kirchlicher Verhüllung dieses alte Sonnenfest mit seinen Bräuchen erhalten. Tänze und Trinkgelage bilden den Höhepunkt eines solchen kirchlichen Festes¹⁾.

Die Herstellung eines alkoholischen Getränkes durch Zerkauen lernen wir ferner in der Südsee kennen. Auf allen Inseln, die hinreichenden Pflanzenwuchs bieten, sind berauschende Getränke bekannt. Wie bei den Indianern steht ihr Genuß ursprünglich mit religiösen Festen in Zusammenhang. Der vorherrschende Name für das Alkoholgetränk der Südsee ist Kawa; es wird aus der Wurzel von *Piper methysticum* gewonnen, einer Pflanze, die auf manchen Inseln fast göttliche Verehrung findet. Kawa wird ausschließlich zu religiösen Festen benutzt; nur die Vornehmsten, der Kriegeradel, dürfen sich an den Gelagen beteiligen. Die Vorbereitung zu solchem Fest und die Herstellung der Kawa kennen wir aus einer Schilderung von den Tongainseln. Die Teilnehmer des Festes setzen sich — genau nach dem Alter — in einen Kreis. Dann wird ein Bündel der genannten Wurzeln gebracht; die Jüngeren beginnen sie zu zerkauen. Die zerkauten Wurzeln legt man auf ein Bananen- oder Feigenblatt und übergibt sie dem, der den Trank zubereiten soll. Dieser legt die zerkauten Wurzeln in ein großes Gefäß und gießt, sobald eine genügende Menge vorhanden ist, Wasser darauf. Dann werden die Wurzeln ausgepreßt, bis der letzte Tropfen herausgedrückt ist. Die trockene Masse wird fortgeworfen. Das fertige Getränk wird dann in Trinkgefäße gegossen und an die Festteilnehmer verteilt²⁾. Merkwürdig ist, daß man das Getränk sofort gebraucht, ohne Zeit zur Gärung zu lassen. Die Wurzel von *Piper methysticum* soll allerdings die Eigentümlichkeit haben, in kürzester Zeit Gärung zu erzielen³⁾. Auf Neuguinea, wo man andere Pflanzen benutzt, den Kultustrank aber in ähnlicher Weise herstellt, läßt man ihn 3—4 Wochen gären⁴⁾. Beachtenswert ist, daß nur die jüngsten Leute das Kauen der Pflanzen leisten. Auf Samoa bereiten nur junge Mädchen die Kawa durch Kauen. Das ist als soziale Ordnung verständlich: die Jüngeren arbeiten für die Älteren, die Frauen für die Männer.

Besonders wertvolle Berichte haben wir über die Papuas durch Maclay, der längere Zeit unter ihnen auf Neuguinea lebte und ihre Sprache redete, der vor allem ein durchaus kritischer Beobachter war. Das Getränk führt hier den Namen Kan, es wird aus Wurzeln und Stengeln eines kleinen Strauches hergestellt, der zur selben Familie wie *Piper methysticum* gehört. Diese Pflanze wird von den Eingeborenen neben ihren Hütten sorgfältig angebaut. Nur Männer dürfen dieses Getränk trinken. Die Herstellung aber ist Sache der Knaben, die die Pflanzen kauen. Die Kauenden nehmen dabei die dunkelgrüne, bittere Masse oft aus dem Mund, legen sie in die flache Hand und rollen sie zu einer Kugel, etwa von der Größe eines Hühnereies. Diesen Kloß gibt man oft einem andern, um ihn weiter im Munde zu bearbeiten. Ist die Masse weich genug, so wird sie wieder zu einer Kugel gerollt und dem Manne gegeben, der die Herstellung beaufsichtigt. Hat er mehrere Kugeln eingesammelt, so preßt er mit den Händen die grünliche Flüssigkeit aus, mit der

¹⁾ Poeppig, Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrom. 1836. Bd. II, S. 299—301.

²⁾ Hartwig, Die Inseln des Großen Ozeans in Natur und Völkerleben. 1861. S. 374/75.

³⁾ Neubaur, Aus der Südsee in „Westermanns Monatsheften“ Bd. 75, S. 576.

⁴⁾ Steinhäuser, Die Papuas auf Neuguinea. Dasselbst Bd. 80, S. 598.

die Masse durchtränkt ist. Das Ausgepreßte wird dann so oft mit Wasser befeuchtet und ausgedrückt, bis die herausgepreßte Flüssigkeit keine grüne Farbe mehr annimmt. Aus dem Sammelgefäß wird der Trunk dann in Schalen der Kokosnuß gefüllt, die als Trinkgefäße dienen. Ein Gefäß, das 3—4 Eßlöffel umfaßt, genügt völlig, um einen Rausch zu erzeugen. Die Weise, wie getrunken wird, ist streng geregelt und weist deutlich auf magische Vorstellungen hin. Wenn man diese sehr merkwürdigen Trinksitten der Papuas kennen lernt, so muß man sofort an den studentischen Trinkkomment denken. Wenn auch bei uns gewisse Trinkbräuche als eine ernsthafte Sache behandelt werden, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß sie im letzten Grunde auf kultische Trinkgelage zurückgehen. Gerade die alten Germanen kannten bei ihren Götterfesten ein rituell geordnetes Trinken. Es finden sich eine ganze Anzahl auffallender Parallelen zwischen den Trinkgelagen der Papuas und unserem Komment, die vielleicht darauf zurückgehen, daß beide in einem kultischen Trinken ihren Ursprung haben. Bei den Papuas haben diese Trinkgelage oft rein profanen Charakter; heimlich ergeben sich auch schon die Frauen dem Genuß dieses Getränkes. Maclay hat es selbst getrunken und schildert seinen Geschmack als bitter und zusammenziehend. Neubaur vergleicht den Geschmack des Kawa mit Seifenwasser. Die gewöhnliche Menge hatte die Wirkung eines Schwindelanfalls, die Beine trugen den Körper nicht, was aber nach einem halbstündigen Schlaf vorüberging. Für die Stellung des Alkohols im religiösen Kultus sind diese Wirkungen von entscheidender Bedeutung. Hier aber kommt es uns auf die Art der Gewinnung des Alkoholgetränkes an. Aus den mitgeteilten Beispielen ergibt sich wohl, daß sich in ihnen ein sehr altertümliches Verfahren in einzelnen Fällen noch bis zur Gegenwart erhalten hat. Das älteste Alkoholgetränk der Menschheit wurde durch Zerkauen stärkehaltiger Pflanzen hergestellt, indem man die zerkauten Massen in ein Gefäß spie und gären ließ. Denken wir ferner daran, daß dem Speichel überall — auch noch im deutschen Volksglauben — eine magische, heilende Kraft zugeschrieben wird¹⁾, so werden wir annehmen dürfen, daß auch diesem ältesten Alkoholgetränk ursprünglich nicht die Bedeutung eines Mittels, sich zu berauschen zukam, sondern daß sein Genuß mit magischen Vorstellungen verbunden war, daß man übernatürliche Kräfte und Fähigkeiten zu gewinnen dachte. Daß dem tatsächlich so ist, daß der Alkoholgenuß im magischen Denken wurzelt, beweist nun die Religionsgeschichte, in der der Alkohol eine große Rolle spielt.

Die Frage, wie und wann der Mensch den Alkohol erworben hat, ist gewissermaßen eine technische Frage, die freilich in tieferem Zusammenhang mit der allgemeinen Kulturentwicklung steht. Nach allem, was uns kulturgeschichtlich erkennbar ist, ist die Entdeckung des Alkohols aus vegetarischer Lebensweise zu erklären. Er muß zum ältesten Besitz des Menschen gehören, und noch heute deutet die Herstellung alkoholischer Getränke durch Zerkauen von Pflanzen auf eine Zeit, wo man noch nicht gelernt hatte, mit Hilfe des Feuers zu kochen. Warum aber ist der Alkohol ein allgemeiner Besitz des Menschen geworden, warum haftet er so fest

¹⁾ Vgl. Wuttke, Der deutsche Volksglaube. 3. Aufl. Von H. E. Meyer 1900 (s. im Register unter „Speichel“ und „Spucken“). Als magisches, mit „Macht“ geladenes Mittel spielt der Speichel in primitiver Religion, wie auch noch im Volksbrauch der Gegenwart, eine große Rolle. Frazer, The Golden bough. 2. Aufl. Bd. I, S. 389—391. Max Bartels, Die Medizin der Naturvölker. Leipzig 1893. S. 127 f. Vor allem gilt er als Heilmittel; so bei den Babyloniern (Gilgamesch Epos, Tafel I; Rawlinson, The Cuneiform Texts. IV. Bd., Taf. 29, 1) im AT. und NT. (Marc. 7,33; Joh. 9, 6) und bei den Chinesen (Mitteilung von Dr. Bruno Schindler).

im menschlichen Gebrauch, in Gewohnheit und Sitte? Als Nahrungsmittel kann er nicht in Frage kommen. Der Gedanke, den Alkohol als Anreger nach Abspannung durch die Tagesarbeit, als die Stimmung belebendes Mittel in der Gleichförmigkeit des täglichen Treibens, als Trostmittel in Sorgen zu verwenden, ist überall erst ein Ergebnis höherer Kultur, deren Nöte und Schäden der Mensch empfindet, der durch die Macht eines fast unentrinnbaren Zwanges in den großen Mechanismus der Wirtschaft und eines das Seelenleben oft bedrückenden Arbeitsbetriebes eingefügt ist. Der moderne Alkoholismus ist in der Tat vielfach eine Reaktion gegen diese Last.

Wir müssen aber ganz andere und viel tiefere Ursachen suchen, um die Tatsache zu erklären, daß schon der Urmensch den Alkohol nicht nur erworben, sondern überall mit ganz besonderer Festigkeit seinen Besitz behauptet hat. Dafür müssen wir tiefer auf das Denken des primitiven Menschen eingehen und wenigstens einen Gedanken in ihm verfolgen. Für das primitive Denken ist mit jeder Nahrung ein Geheimnis verknüpft: sie wirkt kraftspendend, lebenerhaltend¹⁾. Das Leben aber ist das große Geheimnis. Was Leben erzeugt oder erhält, muß eine eigenartige Kraft in sich bergen. Diese in Dingen wirkende, geheimnisvolle „Macht“ hat erst die neuere Religionsgeschichte überall als eine beherrschende Vorstellung am primitiven Glauben erkannt. Für den Gedanken, daß gewisse Dinge mit einer unerklärbaren „Macht“ geladen sind und durch sie wirken, braucht man neuerdings das melanesische Wort *Ma na*, das von R. C. Codrington²⁾ in seiner Bedeutung erkannt wurde. Die Vorstellung selbst aber ist überall verbreitet; sie tritt uns im *Orenda* nordamerikanischer Indianer, im *Joia* der Zentralaustralier, im *Tendi* oder *Tondi* der *Ratak* entgegen³⁾. Wir kennen diesen Gedanken auch in Europa, insbesondere in der „Macht“ der germanischen Religion.

Auf die Machtvorstellung geht vor allem die religiöse Verehrung der Nahrungsmittel zurück. Als eine machtgeladene Substanz erweist sich aber der Alkohol in ganz besonderer Weise. Er führt einen Zustand herbei, in dem der Mensch sich über das gewöhnliche Maß seiner Fähigkeiten erhoben glaubt. Und an diesem außergewöhnlichen Seelenzustand, an der „Ekstase“ ist der mit „Macht“ erfüllte Mensch erkennbar. „Macht“ zu gewinnen aber ist ein Bestreben, dem gewisse Bräuche primitiver Religion dienen. Die Ekstase wird vor allem Mittel magischer Kraftübung und schließlich überhaupt religiöser Wirksamkeit. Durch künstliche Mittel, Fasten, erregende Musik, wilde Tänze, Reizmittel aller Art wird sie hervorgerufen. Zu diesen Mitteln gehört vor allem auch der Alkohol. Weil er den Menschen in einen Zustand der erhöhten Erregung versetzte, wurde er ein Mittel, um magische Kräfte und Gaben zu erzielen. Wir können bei zahlreichen primitiven Völkern die Tatsache feststellen, daß der Genuß des Alkohols eine rituelle, nicht jedem erlaubte Handlung ist — dies ist das Ursprüngliche — oder daß Alkoholgenuß sich auf die Feier religiöser Feste beschränkt. Erscheint der Rauschtrank ursprünglich als ein magisches Mittel, das mit der ganz unpersönlichen Manavorstellung verbunden ist, so paßt er sich auch der weiteren religiösen Entwicklung an. Sobald die Vorstellung von „Geistern“ sich ausgebildet hat, erscheint der Alkohol als Mittel, sich mit diesen Geistern

1) Will. Robertson Smith, *Die Religion der Semiten*. Deutsche Ausg. v. R. Stübe. 1899. S. 206ff. Edgar Reuterskiöld, *Die Entstehung der Speisesakramente*. Aus dem Schwedischen übersetzt von Hans Sperber. 1912. S. 115—125.

2) *Melanesian Anthropology and Folklore*. 1891.

3) Vgl. die umfassende Behandlung der Machtvorstellung bei Nathan Söderblom, *Das Werden des Gottesglaubens*. Deutsche Bearbeitung von R. Stübe. 1915. S. 33—113.

in Verbindung zu setzen, sie als wirkende Mächte dem Menschen dienstbar zu machen. Die Religionsform, die wir „Schamanismus“ nennen, ist ein solcher Geisterkult mit ekstatischen Mitteln¹⁾. Haben sich endlich über die unpersönliche Machtvorstellung und den Geisterglauben die Göttergestalten als übermenschliche Wesen erhoben, so behält auch hier der Alkohol seine Bedeutung: er dient als Mittel ekstatischer Erhebung, die den Menschen der Gottheit nahe rückt. Die sakramentale Verehrung des Weines in zahlreichen Kulturen, namentlich in den Mysterienreligionen, hat hier ihre Wurzel.

Ohne die hier nur angedeuteten Hauptlinien der Entwicklung durch die Fülle ethnographischer Tatsachen auszuführen, glaube ich für die Geschichte des Alkohols und seiner Verbreitung folgende Gesichtspunkte betonen zu dürfen:

1. Der Genuß des Alkohols geht in die Urzeit des Menschen zurück und ist wohl aus der Bereitung der Pflanzennahrung zu erklären.
2. Herstellung wie Genuß des Alkohols waren eine soziale Angelegenheit.
3. Das Ritual der Herstellung wie des Trinkens deuten auf religiöse Vorstellungen hin.
4. Die kultische Verwertung des Alkohols hängt mit der primitiven Manavorstellung zusammen, sofern der Alkohol Zustände erzeugt, in denen der Mensch ungewöhnliche Kräfte zu gewinnen glaubt. Die Kräfte verleiht das im Alkohol in besonderem Maße enthaltene Mana.
5. Als bewußtes Mittel der Ekstase wird der Alkohol auf späteren Stufen der Religion angewendet, wo er als magisches oder sakramentales Mittel dient.

¹⁾ Auch das Wort „Schamane“ bezeichnet den Zauberpriester oder Beschwörer, der in Ekstase wirkt. Die bisher allgemein geteilte Annahme, das Wort „Schamane“ sei indischen Ursprungs als durch den Buddhismus vermitteltes Lehnwort (Pali: *samaṇa*, Sanskr.: *śramaṇa* = Bettelmönch, Asket), ist falsch. Julius Németh hat soeben seinen mongolisch-türkischen Ursprung erwiesen (in der ungarischen „Revue orientale“ XIV [1913/14] S. 240—249). Es geht auf einen Stamm Kam zurück, dessen Derivate in zahlreichen verwandten Sprachen „zaubern, beschwören, in Ekstase sein“ bedeuten. Der Schamanismus ist seinem Wesen nach Magie, und er benutzt alle technischen Mittel der Ekstase, namentlich Rauschmittel und Trommelärm. Durch die Lappen hat er auf die Nordgermanen einen starken Einfluß gewonnen. (Siehe Wolf von Unwerth, Untersuchungen über Totenkult und Ödinnverehrung bei Nordgermanen und Lappen. Breslau 1911 (Germanist. Abhandlungen. Heft 37). Axel Olrik in „Danske Studier“ 1905 (S. 39 ff.). Kaarle Krohn in „Finnisch-Ugrische Forschungen“ 1906 (S. 155 ff.).

Die Entwicklung der Waggonfabrik Jos. Rathgeber in München.

Ein Beitrag zur Geschichte des deutschen Eisenbahnwagenbaues.

Von

Ingenieur Hans Hermann, München.

Hinter dem Münchner Hofgarten, wo noch heute die malerischen Reste der ehemaligen Köglsägmühle an alte Zeiten erinnern, ist die Geburtsstätte der „Waggonfabrik Jos. Rathgeber“. Hier, zwischen der Marstall- und Wurzerstraße, an der Stelle,



Jos. Rathgeber

geb. 26. Febr. 1810 gest. 11. Mai 1865

wo sich heute das Elektrizitätswerk des kgl. Hoftheaters befindet, stand von den dreißigern bis in die fünfziger Jahre die alte „Rathgeber-Schmiede“, begründet von dem Huf- und Wagenschmied Jos. Rathgeber, der, am 26. Februar 1810 zu Ering am Inn geboren, anfangs der dreißiger Jahre nach München kam. Dank der Tatkraft und geschäftlichen Tüchtigkeit des Meisters konnte die Schmiede bald vergrößert und ihr eine Dreherei, Wagnerei und Lackiererei angegliedert werden, so daß vollständig fertige Wagen aus der Fabrik hervorgingen, was damals noch eine Seltenheit war, da die Wagen meist in getrennten Werkstätten von verschiedenen Meistern nach und nach fertiggestellt wurden. In den vorbeifließenden Kanal, der heute noch unter den alten kleinen Häusern hervorkommend sichtbar ist, war ein Wasserrad eingehängt, wie sich jetzt noch viele, von der Straße aus nicht bemerkbar, in gewerblichen Höfen und Rückgebäuden befinden. Es waren hauptsächlich Post- und Reisewagen, welche damals unter der Leitung des Besitzers und zweier tüchtiger

Meister hergestellt wurden, bis sich mit der Eröffnung der Augsburg-Münchner-Eisenbahn im Jahre 1840 auch dem Wagenbau ein neues Arbeitsfeld eröffnete.

Jos. Rathgeber erkannte bald die Bedeutung des neuen Verkehrsmittels, und seiner Umsicht und Rührigkeit gelang es auch, sich auf diesem Gebiet einzuführen. Für den Bau von Eisenbahnwagen wurde natürlich der Platz in der alten Werkstätte bald zu klein, deshalb mietete Rathgeber zunächst an der südwestlichen Ecke des

sogenannten „Maffei-Angers“, auf dem jetzt das Verkehrsministerium steht, einen Schuppen und errichtete dann an der Marsstraße im Jahre 1852 unter teilweiser Verwendung bestehender Gebäude eine neue Werkstätte, die „Waggonfabrik Jos. Rathgeber in München“. Die alte Schmiede an der Marstallstraße betrieb er noch bis anfangs der siebziger Jahre. Die Marsstraße bestand damals kaum in ihren Anfängen, das München Ludwig I. war am Bahnhof zu Ende und die kurz zuvor gebauten Propyläen bedeuteten den Abschluß gegen Westen. Nur von der Höhe des Marsfeldes schaute der Neubau der Spatenbrauerei und das alte Kellergebäude der Augustinerbrauerei herab. Der erste Fabrikraum war das alte in Abb. 1 u. 2 mit „a“ bezeichnete, mit hohem Satteldach versehene Gebäude, welches einst wohl anderen

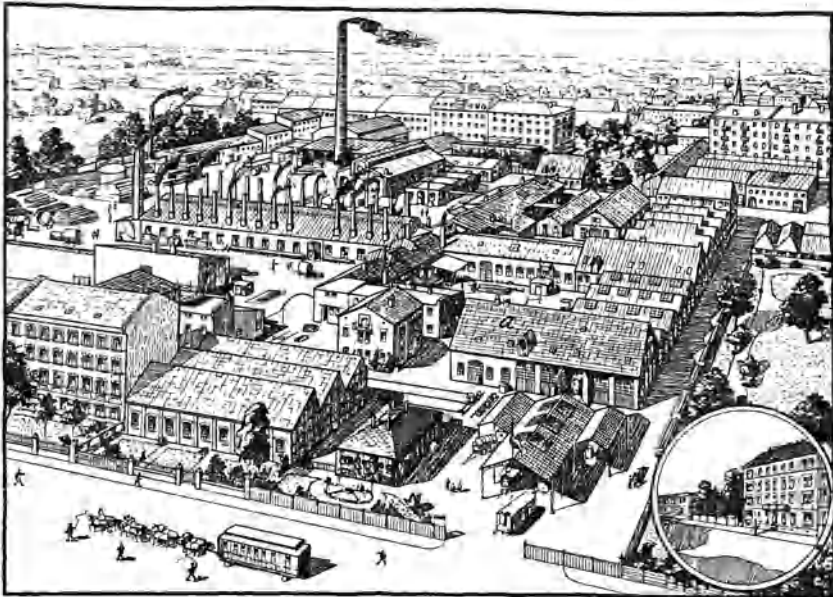


Abb. 1. Ansicht der Fabrik.

Zwecken gedient haben mochte. Hier waren auch die damals sehr bescheidenen „Bureaus“ untergebracht. Bald entstanden weitere Anbauten, die Maschinenfabrik J. A. Maffei lieferte 1854 die Betriebsmaschine, und die junge Fabrik entwickelte sich kräftig. So anziehend es auch wäre, an der Hand alter Zeichnungen der ersten Entwicklung des Wagenbaues nachzugehen, so muß hier doch darauf verzichtet werden, zudem auch nicht mehr festgestellt werden kann, ob die teilweise sehr hübschen Einzelheiten von der Fabrik oder der Bestellerin herrührten. Als Beispiel soll hier nur der Träger aus doppelten Holzschwellen mit den eigenartigen Federn (Buchananfedern) aus gleichlangen Blättern, Abb. 3, erwähnt werden, sowie die gelungene, als Versteifung eines Holzträgers ausgebildete Verbindungslasche der inneren Federhänger mit beigelegtem Holzfutter, Abb. 4. Mit beachtenswertem Geschick fanden sich die damaligen Meister mit den neuen an sie herantretenden Aufgaben ab, und manche alte Zeichnung, manche geschickt gemachten Vorrichtungen legten noch nach Jahren Zeugnis davon ab. So war z. B. noch Ende des vorigen Jahrhunderts eine Vorrichtung zum Schmieden von Kopfschrauben im Betrieb, welche vom

Arbeiter mit Hand und Fuß bedient wurde, sowie eine Kreissäge mit schiefgestelltem Blatt zum Herstellen von Nuten. Beide dürften wohl nahezu 50 Jahre in Betrieb gewesen sein. Ein langer Wagen für Dekorationsstücke des Kgl. Hoftheaters mit gekuppelten Lenkachsen zum Befahren kleiner Krümmungen, der heute noch in Gebrauch ist, dürfte ebenfalls im ersten Jahrzehnt der Fabrik entstanden sein.

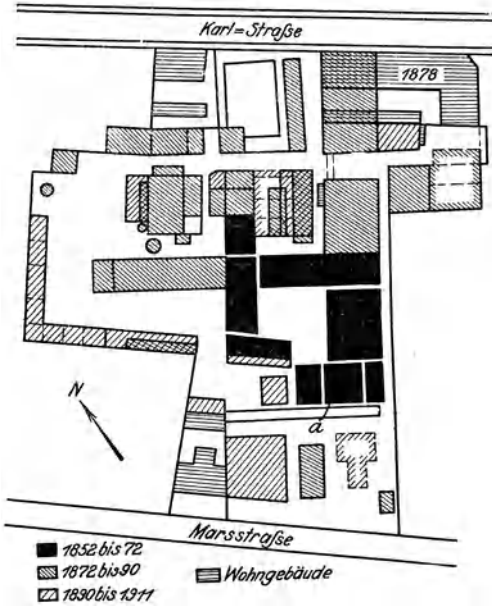


Abb. 2. Plan der Fabrik.

Ost-Bahn gefertigt, Abb. 6. Er ruhte auf zwei einfach gefederten Drehgestellen mit 2043 mm Achsstand, und 8610 mm Drehzapfenentfernung. Die Einsteigtüren waren über den Drehgestellen, so daß der mittlere Wagenteil durch ein aufrechtstehendes Sockeleisen von ungefähr 300/10 mm sehr gut versteift werden konnte. Die herabbläbbareren Fenster waren mit ebensolchen Läden und Staubgittern versehen. Die Aneinanderreihung von Saal, Schlafrum, Waschrum, Diener-

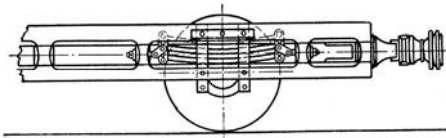


Abb. 3. Doppelte Holzträger.

raum und Abort gab dem Wagen etwas ungemein Wohnliches, wie es sich bei der heute vorherrschenden Seitenganganordnung in diesem Maße nicht mehr erreichen läßt. Zudem ist bei dieser, wenn der Wagen nicht am Ende des Zuges steht, das Durchgehen des Zugpersonals nicht ganz zu vermeiden.



Abb. 4. Längsträger mit Versteifung.

Schon im Jahre 1854 brachte die junge Firma einen Eisenbahnwagen zur Beförderung von Pferden auf die damalige Ausstellung im Münchener Glaspalast, Abb. 5. Der Wagen zeigt noch den niedrigen Pufferstand von 675 mm. Bemerkenswert ist die geschickte Anordnung, daß sich über den Rädern der Platz für den Pferdewärter, und daneben, tiefer liegend, der für die Pferde befindet.

Ebenso erfreute sich die Fabrik auch im Bau von besseren Personenwagen bald eines guten Rufes und ließ sich insbesondere die Entwicklung der Schreinerei angelegen sein, so daß schon im Jahre 1856 ein Auftrag auf einen Reisewagen für den Fürsten von Thurn und Taxis erfolgte. Der Wagen war nach dem Entwurf des ehemaligen Ingenieurs Crämer der Bayr.

In den nächsten Jahren kamen auch von auswärts, besonders von Österreich-Ungarn und der Schweiz größere Bestellungen auf Personenwagen. So baute Rathgeber in den Jahren 1868 bis 1869 mehrere Salonwagen für die Österreichische Staats-Bahn, sowie für die Kaiser-Ferdinand-Nord-Bahn einen Hofjagdwagen. Dieser hatte 1000 mm breite Fenster mit Gewichtsausgleich. Die brettförmigen

Gegengewichte liefen innen unter den Fenstern. Sie hingen an breiten, unter der Fensterbank über lange Walzen laufenden Gurten, eine Anordnung, wie sie später in großer Zahl an den Wagen der Großherzoglich Badischen Staats-Bahn ausgeführt wurde.

Am 11. Mai 1865 starb Jos. Rathgeber. Er hinterließ zwei Töchter und zwei Söhne, von welchen der älteste Joseph, damals erst 19 Jahre alt, seine Studien am Polytechnikum in Stuttgart unterbrechen und die Leitung der Fabrik übernehmen mußte. Trotz seiner Jugend gelang es ihm, mit Unterstützung bewährter Meister, besonders des damaligen Werkmeisters Schmidt, eines aus dem

Schmiedegewerbe hervorgegangenen äußerst tüchtigen Mannes, die Fabrik auf ihrer Höhe zu erhalten. Im Jahre 1871 gewann er in dem Ingenieur Ed. Schrauth, dem Sohne des prakt. Arztes E. Schrauth in München, einen wissenschaftlich gebildeten Fachmann als technischen Leiter. Die Fabrik war jetzt reichlich beschäftigt. Neben Eisenbahnwagen wurden für die Firma Fr. Krupp

in Essen, welche die Neuausrüstung der chinesischen Armee übernommen hatte, große Aufträge auf Militärfahrzeuge ausgeführt, ebenso brachte der Krieg 1870/71 bedeutende Lieferungen für den einheimischen Heeresbedarf. Auch ein Lazarettzug für das Rote Kreuz wurde gebaut. Infolgedessen erwies sich bald eine Vergrößerung der Fabrik als notwendig. Die Schmiede wurde verlängert, eine neue Dreherei, sowie eine Schreinerei wurden

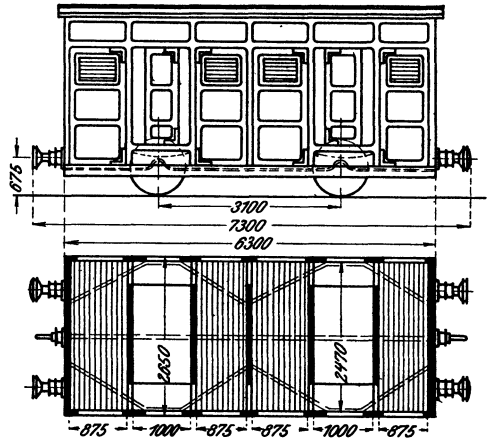


Abb. 5. Pferdewagen.

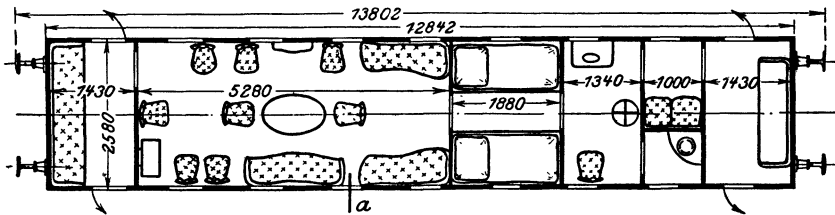


Abb. 6. Thurn- und Taxis-Salonwagen.

gebaut und 1872 eine zweite, von der Maschinenfabrik Augsburg gelieferte Betriebsmaschine eingebaut. Die Arbeiterzahl war auf rund 700 gestiegen.

Nach dem Kriege begann ein allgemeiner lebhafter Aufschwung der gesamten Industrie, aber auch eine Reihe ungesunder Gründungen. Eine neue Lokomotivfabrik (Kernaul), sowie die Waggonfabrik Haidhausen in München entstanden. Auch die Brauindustrie begann sich zu heben, die Anfänge des später zu so großer Bedeutung gelangten Ausfuhrgeschäftes machten sich bemerkbar. Auf der Ausstellung Hagenau in Baden 1874 erhielt die Waggonfabrik Rathgeber für einen Bierwagen mit Aufsatz die silberne Medaille. Besonders für die Schweizer Nordost-Bahn, die Suisse Occidentale und die Vereinigten Schweizer Bahnen wur-

den in diesen Jahren eine große Anzahl Wagen, hauptsächlich Personenwagen geliefert. Ein Salonwagen der letztgenannten Bahn, sowie Personenwagen I. und II. Klasse der Kaiser-Ferdinand-Nord-Bahn waren im Jahre 1873 in Wien ausgestellt und mit der Fortschrittsmedaille ausgezeichnet worden. Der Salonwagen war nach Entwürfen von Klose nach durchweg neuen Gesichtspunkten gebaut. Er hatte zwangläufige Lenkachsen, und die beiden Federn einer Achse waren auf der inneren Seite durch Ausgleichhebel verbunden, so daß jede Achse den Wagen in 3 Punkten stützte. Ein Hauptaugenmerk richtete Klose auf bequemen Einstieg; er legte den Wagenboden möglichst tief und zog die Langträger vorn ein, so daß die Puffer seitlich über diese hinausragten. Der Boden war freitragend, die Fenster waren durch schmale hohe Gegengewichte, welche neben den Fenstersäulen laufend an Schnüren hingen, ausgeglichen. Die Ausstellung in Wien endete mit einer der schwersten Handelskrisen, dem „Wiener Krach“, der in kurzer Zeit ganz Deutschland in Mitleidenschaft zog und die gesamte Industrie auf einen nie dagewesenen Tiefstand brachte. Unzählige Gründungen gingen in den nächsten Jahren unter, darunter auch neben der erwähnten Lokomotivfabrik im Jahre 1876 die Waggonfabrik Haidhausen. Damit war nun allerdings ein Wettbewerb weniger, aber gerade der hatte durch Preisunterbietungen viel Schaden angerichtet, außerdem kamen noch unmittelbare Verluste durch Zahlungseinstellung von Eisenbahngesellschaften Strousberg'scher Gründung, für die Rathgeber Wagen geliefert hatte. In dieser schweren Zeit zeigte sich aber erst die geschäftliche Tüchtigkeit des jungen Fabrikherrn. Schnelle Entschlüsse waren zwar nicht seine Sache, aber ein zähes Festhalten an dem einmal Erreichten und als richtig Erkannten. Es gelang ihm unter unendlichen Schwierigkeiten, über die schlechten Zeiten hinwegzukommen und wenigstens den Stamm der Arbeiter, nur noch rund 250 Mann, zu erhalten. Die Schreinerei übernahm Bauarbeiten, so z. B. in den Jahren 1877 und 1879 die Bahnhöfe Eisenstein und Landshut. Nur dem Kunstgewerbe gab die Ausstellung 1876 im Münchener Glaspalast neuen ungeahnten Aufschwung, anschließend an „Unserer Väter Werke“. Durch persönliche Freundschaft mit den führenden Künstlern G. Seidl, R. Seitz, L. Gedon und anderen, unterstützt durch den bekannt guten Ruf seiner Schreinerei, gelang es Rathgeber bald, größere Aufträge, sowohl auf ganze Wohnungseinrichtungen als auch auf einzelne Stücke zu erhalten. Gabr. Seidl baute 1879 das „Deutsche Haus“, die erste jener anheimelnden, gut bürgerlichen Gaststätten, wie sie in ähnlichen Ausführungen heute noch eine Eigenheit Münchens bilden. Die Ausstattung lieferte die Fabrik Rathgeber, ebenso wie die des Hofbräuhauskellers 1881 und manche andere. Die Mannigfachheit der Arbeitsgebiete gestattete auch die Übernahme der verschiedenartigsten Arbeiten, wie Eisenkonstruktionen, Glashäuser usw. Auch Dreschmaschinen für eine Fabrik landwirtschaftlicher Maschinen wurden damals gebaut, sowie auch von den verschiedenen Brauereien kleinere Aufträge herangezogen.

Im Eisenbahnwagenbau gab es fast gar nichts zu tun, weshalb der an die Karlstraße angrenzende Teil der Aufschlagwerkstätte abgebrochen und durch Wohnhausbauten ersetzt wurde, was damals das einzige noch etwas einträgliche Geschäft war, besonders wenn, wie es hier der Fall war, ein großer Teil der Bauarbeiten im eigenen Betrieb hergestellt werden konnte. Die Hauptbahnen waren größtenteils ausgebaut, und bei den Nebenbahnen war äußerste Sparsamkeit maßgebend. Dem Zuge der Zeit folgend, entwarf damals im Jahre 1879 die Lokomotivfabrik Krauß & Co. leichte Personenwagen, sowie solche mit 2 Stockwerken. Erstere sind deshalb be-

merkwürdig, weil sie als erste eiserne Personenwagen gelten dürften. Die Ausführung übernahm Rathgeber, ihre Bauart geht aus den Abb. 7 u. 8 hervor. Die Wände waren als Tragwände ausgebildet, oben und unten mit einem Winkeleisen eingefast und in der Mitte durch ein wagerechtes und ein sprengwerkartiges kleines

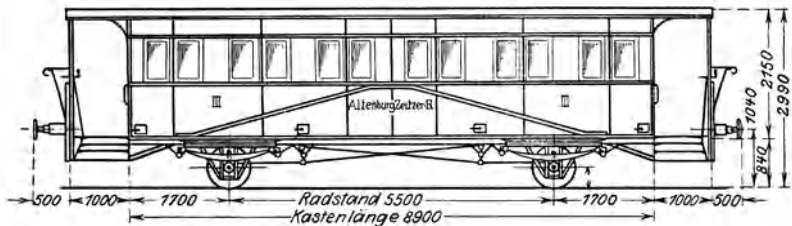


Abb. 7. Kraußsche Wagen.

U-Eisen versteift. Die Dachspriegel waren ebenfalls Winkeleisen, an welche die Dachbretter angeschraubt waren. Ein eigentliches Kastengerippe war nicht vorhanden, sondern die Fenstersäulen waren nur durch Winkel an der Blechwand befestigt. Ebenso war kein Langträger vorgesehen, nur über den Federgehängen waren je 2 Querträger, von denen die Vorbauträger zu den Stirnschwellen führten. Die Vorbauten waren vorn durch eine Blechwand und an den Seiten durch Türchen abgeschlossen, so daß sie sich zum Aufenthalt von Fahrgästen eigneten. Diese Bauart ergab ein sehr geringes Wagengewicht und wurde später für die Königlich Sächsische Staats-Bahn oft ausgeführt. Ein Wagen, wie der abgebildete, mit 60 Sitzplätzen ergab ein Gewicht von rund 7000 kg oder 117 kg auf den Sitzplatz, von den Stehplätzen abgesehen. Neben der Gewichtersparnis war es auch die Raumerparnis, auf welche in jener Zeit hingearbeitet wurde. Es kamen noch in den achtziger Jahren Wagen mit 1230 mm Entfernung von Mitte zu Mitte Sitz zur Ausführung und dabei von einer nicht mehr zu überbietenden Einfachheit der Ausstattung, Wagen z. B., bei denen die zweite Klasse sich von der dritten nur durch Auflegkissen auf den Bänken unterschied. Dagegen erfolgten in anderer Beziehung, zunächst in Beheizung und Beleuchtung der Wagen, Fortschritte, an welchen hervorragendem Maße bayrische Geschäfte und Erfinder beteiligt waren. Schon im Jahre 1867 brachte der Maschinen- und Röhrenfabrikant Johannes Haag in Augsburg bei der Königlich Bayerischen Staats-Bahn Dampfheizung für Eisenbahnwagen in Vorschlag, und im Jahre 1869 fand die erste Probefahrt eines mit Zentralheizung ausgerüsteten Zuges statt. Die ersten Wagen mit Dampfheizung dürften von Rathgeber anfangs der achtziger Jahre geliefert worden sein.

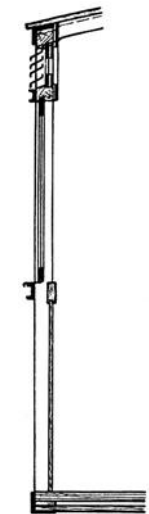


Abb. 8.
Kraußsche
Wagen.
Wandschnitt.

Die ersten Versuche mit Gasbeleuchtung stellte in Bayern die Maschinen- u. Bronzewarefabrik L. A. Riedinger in Augsburg im Jahre 1876 an. Im Februar 1877 wurde der erste Personenwagen mit Gasbeleuchtung der Königlich Bayerischen Staats-Bahn übergeben. Die Probefahrt erfolgte von München nach Schwabmünchen und fiel sehr gut aus. Die erste Bestellung erfolgte im Jahre 1879.

Dann fiel in diese Zeit auch die Erfindung der selbsttätigen Bremse, die seinerzeit so großes Aufsehen erregte, durch den Maschinenmeister Heberlein

der Königlich Bayerischen Staats-Bahn. So bestechend auch für den ersten Augenblick der Gedanke war, die lebendige Kraft der Wagen zum Bremsen zu verwenden¹⁾, so stieß doch die Ausführung, trotz zahlreicher Umbauten, infolge der Unmöglichkeit, die Reibung, auf welcher die ganze Wirkung beruhte, bei allen Witterungs- und sonstigen Verhältnissen zu regeln, auf so große Schwierigkeiten, daß die Bremse später nur mehr auf Kleinbahnen verwendet wurde. Hier war es besonders die von dem Maschinenmeister Wolfgang Schmidt der Königlich Bayrischen Staats-Bahn erfundene Abart, die Schraubenradbremse, welcher noch einiger Erfolg beschieden war. Aber inzwischen war schon ein neuer Wettbewerber aufgetaucht, der alle anderen verdrängen sollte, die Luftdruckbremse.

Ende der siebziger Jahre begann die Industrie sich wieder zu heben und zu gesunden. Die nicht lebensfähigen Geschäfte waren verkracht, die anderen hatten in den schlechten Zeiten gelernt, daß man nicht nur arbeiten, sondern auch verdienen muß. Nur zu gerne hatte man sich früher damit begnügt, schöne und gute Arbeit zu liefern, und war stolz darauf, wenn wieder eine Reihe neuer Wagen die Fabrik verließ, ohne sich zu fragen, „was ist dabei verdient?“

Wie der ersehnte Regen nach langer Dürre wurde eine Bestellung der Oberitalienischen Bahn auf 200 Güterwagen begrüßt, welche die Werkstätten wieder etwas füllte, dann ein Auftrag der Kaiser-Ferdinand-Nordbahn auf eine Anzahl Personenwagen I. und II. Klasse. Sie waren vom Oberingenieur Reiffert der Bahn entworfen und sollten mit der „verbesserten“ Heberleinbremse, Bauart „Becker“ ausgerüstet werden, was aber durch den inzwischen eingetretenen Tod Beckers vereitelt wurde. Die Wagen hatten außen wagrechte Holzverschalung und waren reich und sorgfältig ausgestattet. Besonderes Augenmerk richtete Reiffert auf die leichte Auswechselbarkeit der Kastensäulen bei Ausbesserungen, was er unter weitgehender Vermeidung von Verzapfungen, durch eigenartige Winkelverbindungen zu erreichen suchte. Die Wagen I. Klasse waren reich mit Nußbaumvertäfelungen ausgestattet und teilweise Meisterstücke von vornehmer und genauer Schreinerarbeit.

Von der weitgehendsten Bedeutung für die Fabrik waren die zur selben Zeit, infolge einer Wagenausbesserung aufgenommenen Beziehungen zur Internationalen Schlafwagengesellschaft, welche zunächst eine Bestellung auf 9 dreiachsige Schlafwagen brachten. Diese unterschieden sich in jeder Beziehung wesentlich von den bisher üblichen Bauarten, zunächst schon durch die durchgehende Verwendung des bis dahin nur im Schiffsbau gebräuchlichen Teakholzes. Sowohl die Längs-, als auch die Querwände waren nicht vertäfelt oder furniert, sondern aus massivem Teakholz, so daß sie ohne weiteres poliert werden konnten. Die doppelten Fenster öffneten sich nach oben, die ganze untere Wand für Strebenversteifung freilassend. Die Schlafeinrichtung war ähnlich der heute noch bei der Gesellschaft üblichen. Die Wagen waren außen und innen mit Carton, auch einem neuen Baustoff, der damals noch aus England bezogen werden mußte, verkleidet. Außen hat er sich nicht bewährt und wurde später durch Teakholzfüllungen ersetzt. Die Wagen waren außen, unten olivengrün, oben hellgelb mit braunen Fassungen gestrichen und erregten schon durch ihr Äußeres auf der Ausstellung in Nürnberg berechtigtes Aufsehen. Die reichen Messingbeschläge und Gepäckträger machten in Verbindung mit den gemusterten Stofffüllungen und dem polierten Holzwerk einen geschmackvollen, damals ungewohnten Eindruck; auch die Warmwasserheizung war zu jener Zeit etwas vollständig Neues für Deutschland. Die Fabrik erhielt auf der Ausstellung

¹⁾ Also eine Bremse zu bauen, die keine Betriebskraft erfordert.

die goldene Medaille¹⁾. Bemerkenswert ist, daß schon eine der nächsten Gruppen von Wagen im Jahre 1882 freie Lenkachsen aufwies. Das Achsbüchsen spiel betrug für Mittel- und Endachsen in der Querrichtung 25 mm und in der Längsrichtung ungefähr 10 mm nach jeder Seite. Die Federgehänge, Abb. 9, sollten sich zuerst um den Punkt „a“ drehen, doch wurde diese Bauart noch während der Ausführung wegen zu großer Beweglichkeit aufgegeben und die Stangen durch beigelegte Keile gesichert, so daß, wie später allgemein üblich, nur die ovalen Ringe die Bewegung der Achsen vermittelten.

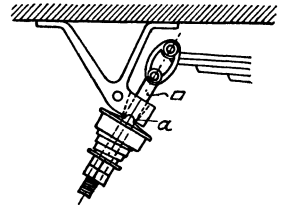


Abb. 9. Federhänger Schlafwagen 1882.

Bald (1882) folgten auch lange vierachsige Wagen in derselben Ausführung auf Drehgestellen mit Wiege. Die ersten Drehgestelle wurden aus England bezogen, Abb. 10, und erregten allgemeines Erstaunen, aber nicht durch ihre Vorzüge, sondern durch ihre mangelhafte Bauart und durch die nachlässige Art der Ausführung.

Sie waren aus Holz und Eisen gebaut, die Querträger mit Holz ausgefüllt, das aber an manchen Stellen bis auf 15 mm ausgeschnitten war. Ebenso mangelhaft waren die Durchbohrungen der Diagonalen, die Winkelverbindungen und anderes. Die Drehgestelle sind später durch ähnliche, wie sie noch bei der Gesellschaft in Gebrauch sind, ersetzt worden.

Die Wagen hatten keine durchgehende Zugstange; es war daher notwendig, die Puffer mit dem Zughaken so zu verbinden, daß beim Ausziehen des letzteren die Puffer ebenfalls vorgehen. Außerdem machte sich bei diesen langen Wagen das Bedürfnis geltend, auch beim Durchfahren von Krümmungen ein Anliegen der äußeren Puffer zu sichern. Die hierzu verwendeten sogenannten Ausgleichpuffer waren von der Bauart Chevalier & Rey, mit langen wagrechten Blattfedern mit ebensolchem Ausgleichhebel, in oben angegebener Weise mit der Zugfeder verbunden²⁾.

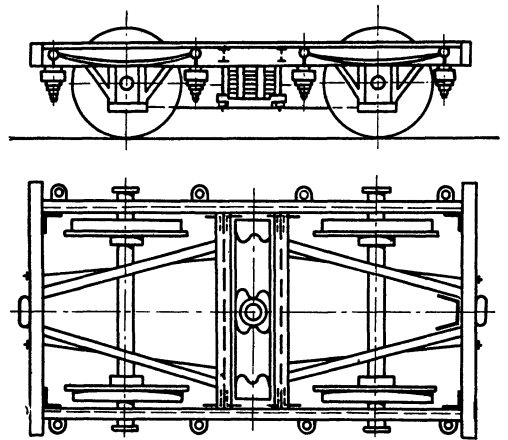


Abb. 10. Drehgestell. Schlafwagen 1882.

Später wurde eine ähnliche verbesserte Anordnung nach dem Patent des Obergeringieurs Gain der Internationalen Schlafwagen-Gesellschaft verwendet. Die Gesamtzahl der für diese Gesellschaft gelieferten Wagen betrug ungefähr achtzig. Im Jahre 1883 beschickte die Fabrik Rathgeber die Hygiene-Ausstellung in Berlin mit einem Salonkrankenwagen, ähnlich einem schon im Jahre 1876 gebauten. Er hatte im Krankenraum auf beiden Seiten Doppeltüren, so daß man leicht mit einer besetzten Tragbahre einfahren konnte. Die Ausstattung war vornehm einfach. Der Wagen wurde nach der Ausstellung an die Direktion Elberfeld verkauft, ebenso bestellte die Direktion Altona später einen Wagen derselben Ausführung.

¹⁾ Organ 1882, Ergänzungsheft, Tafel XXXII.

²⁾ Eine ähnliche Anordnung, ohne Ausgleichhebel, wurde übrigens schon im Jahre 1875 für die Werra-Bahn gebaut. In Frankreich wird sie sehr viel benutzt.

Auch im Güterwagenbau machte sich der Aufschwung des Verkehrs bemerkbar. Die alten, ganz aus Holz gebauten Wagenkasten wurden nach und nach durch solche aus Eisengerippe mit Holzverkleidung nach preußischem Muster ersetzt. Insbesondere benötigte die von Jahr zu Jahr wachsende Bierausfuhr der Münchener Brauereien eine wachsende Zahl von Bierwagen. Ebenso begann langsam der Bau von Kühlwagen für andere Zwecke, sowie der von Sonderwagen für Teer, Petroleum, Spiritus usw.

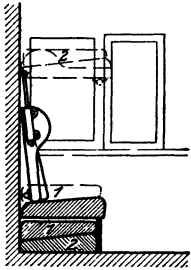


Abb. 11. Schlafplatz Bromberg.

Eine mächtige Förderung erfuhr die Brauerei durch die Einführung der Lindeschen Eismaschinen. Schon im Jahre 1874 baute die Maschinenfabrik Augsburg für die Brauerei zum Spaten die erste Versuchseismaschine, bis gegen Anfang der achtziger Jahre die Einrichtungen zur fabrikmäßigen Herstellung von großen Eismengen die vollständige Ausbildung erfahren hatten. In dieser Zeit nahm auch die Rathgebersche Fabrik den Bau der hierzu notwendigen Behälter, Eiszellen und anderer Teile, sowie die Aufstellung ganzer Kühlanlagen auf. In Rußland, Ägypten, Schweden, Holland, Brasilien ar-

beiteten die Monteure der Fabrik, manchmal unter den schwierigsten sanitären, klimatischen und politischen Verhältnissen. Auch in Militärarbeiten wurden bedeutende Umsätze erzielt; so wurden unter anderem für die Chinesische Regierung 16 Schiffslafetten für 15-cm- und 4 Küstenlafetten für 21-cm-Rohre geliefert.

Im Jahre 1885 erfolgte durch die Eisenbahndirektion Bromberg die Bestellung von 4 Stück vierachsigen Schlafwagen. Sie bildete insofern einen Meilenstein in der

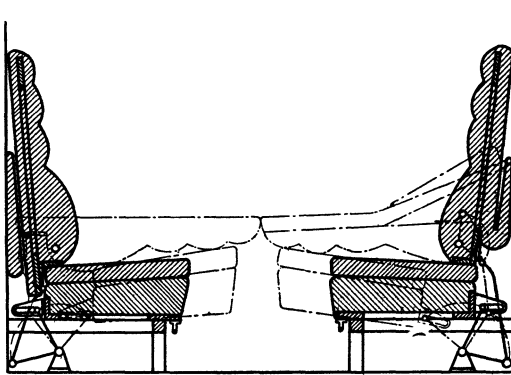


Abb. 12. Schlafplatz Gastell-Klose.

Entwicklung des Wagenbaues, als es die ersten für eine deutsche Verwaltung gebauten Wagen mit Wiegendrehgestell waren¹⁾. Die in Deutschland üblichen herabblaßbaren Fenster ließen eine ähnliche Bauart, wie die der Wagen der Schlafwagen-gesellschaft, nicht zu; es mußte also auf Mittel und Wege gesonnen werden, um der Wand die nötige Steifheit zu geben. Es wurde unter dem Träger ein kräftiges Hängewerk angebracht und unter den Fenstern innen und außen ein Flacheisen durchgezogen, so daß eine knick-

sichere Gurtung entstand. Außerdem wurden innen und außen unter dem Blech sorgfältig Holzfüllungen eingepaßt, welche einer Formveränderung der Wand entgegenwirkten. Die Warmwasserheizung wurde in Gemeinschaft mit der Bestellerin verbessert, da sich die der Schlafwagen-gesellschaft mit einfachen Rohren als zu schwach erwiesen hatte. Auch eine andere Schlaf-einrichtung wurde von der Firma Rathgeber entworfen, Abb. 11, die heute noch mit einer von der Bahnverwaltung angebrachten Verbesserung bei der Preußisch-Hessischen Staats-Bahn in Gebrauch ist. Bei Gelegenheit des Baues dieser Wagen wurde auch von seiten der Fabrik zum erstenmal auf die Notwendigkeit einer Ein-

¹⁾ Glasers Annalen vom 1. Nov. 1887.

ziehung des überhängenden Teiles hingewiesen und damit die Frage der Einschränkung der Breitenmaße der Wagen aufgerollt. Die Drehgestelle waren ähnlich denen der Schlafwagensgesellschaft, die Puffer die üblichen ohne Ausgleich.

Ende der achtziger Jahre erhielt die Königlich Württembergische Staats-Bahn in dem jetzigen Oberbaurat Klose einen neuen technischen Leiter, der sofort tatkräftig an die Neugestaltung des damals etwas veralteten Eisenbahnmaterials ging. 1889 baute Rathgeber für die genannte Bahn dreiachsige Abteilwagen mit einer von Klose verbesserten, von dem technischen Leiter Franz Gastell der Waggonfabrik Gebr. Gastell erfundenen, hier zum erstenmal ausgeführten Schlaf-einrichtung, Abb. 12. Bemerkenswert ist hier die Anordnung der bei Tage sich zusammenklappenden Rücklehne, sowie die Ausgestaltung des gegenüber der Türe liegenden Einzelsitzes als Schlafsitz, Abb. 13. In dieser Form, die auch ein selbständiges Herausziehen des Sitzes gestattet, dürfte die Bauart wohl eine der besten Lösungen für ein Schlaflager aus 2 gegenüberliegenden Sitzen vorstellen.

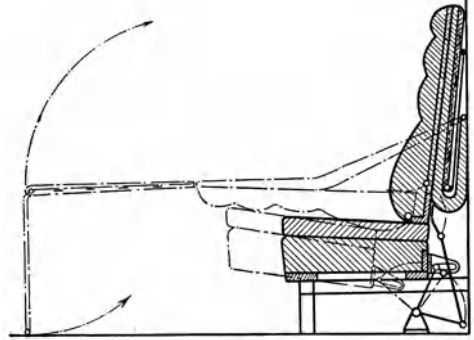


Abb. 13. Schlafsitz Gastell. Mittelteil.

In dieser Zeit erfolgte auch der Neubau des im Jahre 1856 gebauten Fürstlich Thurn- und Taxisschen Salonwagens, Abb. 6. Die einfachen Drehgestelle wurden durch solche mit Wiege und doppelter Federung ersetzt, der Wagen bei *a* abge-

schnitten und ein neues Stück eingesetzt und das Ganze auf einem eisernen Unter-gestell mit Hangwerk befestigt. Hierdurch wurde Raum für ein Doppelabteil mit

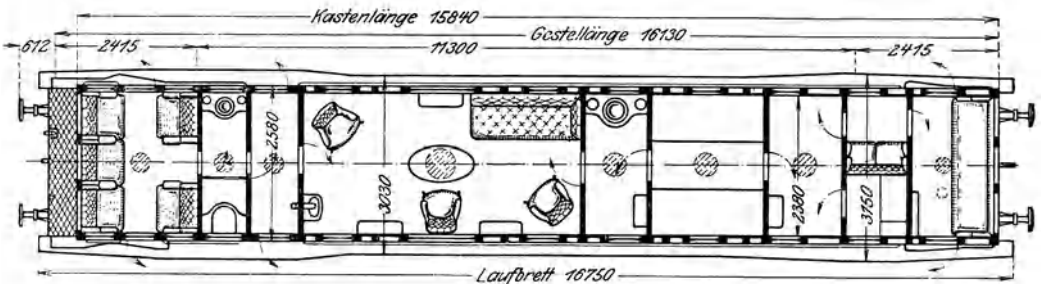


Abb. 14. Thurn- und Taxis-Salonwagen. Umbau.

Vorraum und Einstieg, sowie für einen Waschraum und Abort für die Begleitung gewonnen, Abb. 14. Der Einstieg war zum Hinaufklappen eingerichtet. Der Saal erhielt 2 große Fenster und Läden mit Gewichtsausgleich und ein aufrollbares Staubgitter. Außerdem wurde das Dienerabteil mit einer Schlaf-einrichtung und der Wagen mit Dampfheizung, sowie mit Westinghouse- und Hardybremsen versehen. Als Beweis für die gute Schreinerarbeit möge erwähnt werden, daß z. B. die Innentüren aus poliertem Mahagoni nach 34 Jahren noch wie neu waren, so daß sie ohne weiters wieder verwendet werden konnten.

Die Wände der vierachsigen Wagen wurden von Klose in eigenartiger, aus Abb. 15 ersichtlichen Weise als Tragwande ausgebildet. Die Fenstersimse und Dach-

rinnen waren Formeisen, ebenso wie die Hölzer *a* und *b* auf die ganze Länge durchgehend, letztere mit Lüftungsöffnungen versehen. Die aus 5 bis 6 Dicken verleimten Dachrippen waren so weit nach unten gebogen, daß sie gut mit den Fenstersäulen verschraubt werden konnten. *C* waren nur kurze Füllstücke, Verzapfungen an der ganzen Wand waren möglichst vermieden.

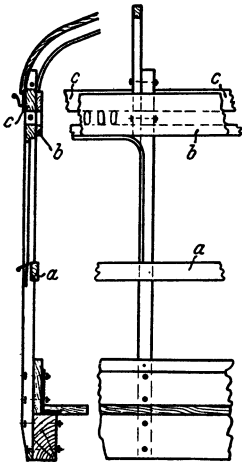


Abb. 15. Wandschnitt Württemberg (Klose).

In dieser Weise wurden im Jahre 1892 4 Speisewagen für die Königlich Württembergische Staats-Bahn gebaut, aber noch während des Baues von der Internationalen Schlafwagengesellschaft übernommen. Sie hatten den bekannten Kloschen Aufstieg und die Puffer mit hohler Stange und Doppelfeder, Abb. 16. Die Wagen waren die ersten mit dem vom Verfasser entworfenen Rathgeberschen Fensterheber versehen, Abb. 17. Von diesem wurden bisher rund 45 000 Stück geliefert¹⁾. Sie eignen sich besonders für große und schwere Fenster, da mit ihnen nahezu ein vollständiger Ausgleich in jeder Höhenlage erzielt werden kann; so zwar, daß in der obersten Stellung die Federkraft etwas überwiegt, also auf Schluß des Fensters wirkt, während in der untersten Stellung das Fenstergewicht überwiegt, also das Offenbleiben gesichert ist. In den Zwischenstellungen genügt die Reibung zum Halten des Fensters. Der größte Fensterheber wurde für die Werkstätte Darmstadt für ein Fenster mit 50 kg Gewicht und 1640 mm Breite gebaut.

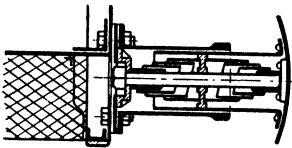


Abb. 16. Puffer Württemberg (Klose).

Beinahe gleichzeitig mit diesen Speisewagen bestellte die Großherzoglich Badische Staats-Bahn einen Reisewagen für den Großherzog von Baden. Der Wagen lief auf 2 dreiachsigen Drehgestellen mit einem Drehzapfenabstand von 12 m. Die Drehpfannen ruhten auf genieteten, auf den Wiegenschemeln aufliegenden hohlen Trägern. Diese ergeben gegenüber den üblichen Ausführungen mit auseinandergespreizten Flacheisen eine erhöhte Tragfähigkeit, sowie mehr Raum zur Durchführung der notwendigen Brems- und Heizleitungen, Bremszugstangen usw. Ein hölzerner mit 2 Winkeleisen verstärkter Langträger mit untergebautem Hängwerk bildete das Kastentragwerk, so daß von einer weiteren Versteifung der Seitenwände abgesehen werden konnte. Die Puffer waren Ausgleichpuffer, ähnlich denen von Chevalier & Rey, mit den für die durchgehende Zugstange mit auslenkbarem Vorderteil erforderlichen Abänderungen. Übergänge waren nicht vorhanden. Der Wagen war außen mit Friesen und Füllungen aus Teakholz verkleidet, hatte Seitengang und in der Mitte in ganzer Breite einen Saal mit Flügeltüren, welche mit einem aufklappbaren dreistufigen Fußtritt in Verbindung standen. Die Ausstattung war einfach und vornehm, hell gehalten. Erwähnt sei noch die Warmwasserheizung und Gasbeleuchtung.

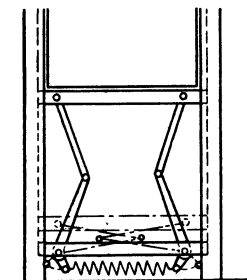


Abb. 17. Fensterheber.

Der gute Geschäftsgang der letzten Jahre stellte natürlich an die Werkstätten erhöhte Anforderungen, zudem machte sich ein vermehrtes Raumbedürfnis für die

¹⁾ D. R. P. Nr. 69 888.

mehr und mehr in Aufnahme kommenden langen vierachsigen Wagen geltend. Die Ausdehnungsmöglichkeiten der Fabrik waren allerdings sehr beschränkt. In den 40 Jahren ihres Bestehens war ihr die Stadt nähergerückt, sie war schon bald vollständig „eingebaut“. Ein kleines einspringendes Grundstück mit Wohnhaus wurde noch angekauft und darauf eine Lackiererei errichtet, während das Haus als technisches Bureau verwendet wurde. Die alte Maffeimaschine, welche 49 Jahre lang Dienst getan hatte, wurde durch eine neue größere ersetzt und für sie sowie für die Augsburger Maschine ein gemeinschaftliches Kesselhaus errichtet. Auch eine Kessel schmiede für den sehr flott gehenden Bau von Behältern und Apparaten für Eismaschinen und Kellerkühlungen wurde gebaut. Schon damals hielt der im Jahre 1895 zum Kommerzienrat ernannte Fabrikbesitzer Umschau nach einem passenden Platz für einen etwa nötig werdenden Fabrikneubau, allerdings zunächst ohne Erfolg.

Inzwischen hatten sich für die Tragwände der vierachsigen Wagen hauptsächlich drei Formen herausgebildet. Zunächst das einfache Hängewerk mit dem Klos eschen oder einem andern aus Walzeisen gebauten Träger, wie es hauptsächlich von Rathgeber angewendet und auch rechnerisch eingehend begründet wurde¹⁾. Es läßt die Anwendung von Mitteltüren ohne weiteres zu und hat sich deshalb auch hauptsächlich für vierachsige Abteilwagen Eingang verschafft; dann die Bauart mit Schrägstreben unter Einbeziehung des Dachschwells als obere Gurtung, und die mit durchgehendem Blechträger von rund 1100 mm Höhe unter den Fenstern. Diese beiden Bauarten wurden besonders von norddeutschen Fabriken angewendet. Nach

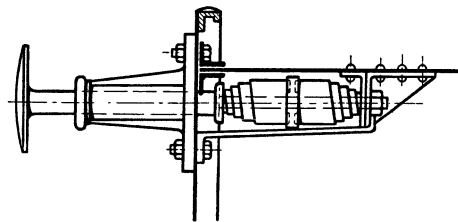


Abb. 18. Puffer. Kgl. Bayr. St.-B.

der letztgenannten Bauart bestellte in den Jahren 1892 bis 1894 die Direktion Magdeburg eine Anzahl Wagen; es waren die ersten für die neuzuschaffenden D-Züge, versuchsweise mit 3 verschiedenen Arten von Puffern ausgerüstet. Einmal begnügte man sich damit, nur den Pufferweg zu verlängern durch Anwendung von Puffern mit Doppelfedern, Abb. 18, wie solche schon seit langer Zeit bei der Königlich Bayrischen Staats-Bahn für Personen- und Postwagen in Gebrauch waren, eine andere Reihe erhielt den jetzt noch üblichen Pufferausgleich mit Winkelhebeln, während eine dritte Reihe mit der von Rathgeber angegebenen Bauart, mit querliegendem langem Ausgleichhebel unter Verwendung von Schraubenfedern ausgeführt wurde, eine Anordnung, wie sie später der Fabrik Ringhoffer in Smichow bei Prag patentiert wurde. Als Neuheit waren die Wagen mit Faltenbälgen nach vorgeschriebener Bauart versehen. Leider hat es sich später gezeigt, daß die Breite der Faltenbälge für lange sechsachsige Wagen etwas reichlich bemessen war, indem infolge des großen Drehgestellausschlages sich bei der Anbringung der Spindelbremse Schwierigkeiten ergeben haben. Im Jahre 1896 wurden für die Vereinigten Schweizer Bahnen zweiachsige I./II.-Klasse-Wagen nach den Entwürfen des Maschineninspektors Kühn gebaut. Es waren die ersten Wagen mit den Kühnschen rahmenlosen Fenstern unter Verwendung der Rathgeberschen Fensterheber. Auch sonst zeigten die Wagen manches Beachtenswerte. Das Bestreben Kühns ging auf Einfachheit

¹⁾ Siehe Organ Jahrgang 1900, Seite 55 des Verfassers Aufsatz „Über den Bau langer Wagenwände“.

und Leichtigkeit, seine Anordnung des Bremsgestänges der Westinghousebremse sind ein Musterbeispiel hierfür. Auch die Schlösser, Beschläge, Heizungsstellvorrichtungen waren ungemein zierlich und doch dauerhaft. Die Heizkörper, Rohre mit warm aufgezogenen Rippenblechen, dienten zugleich als Ausdehnungskörper für die Ableitung des Niederschlagwassers. Die Schlafeinrichtung war die schon erwähnte von Gastell-Klose, mit der Abänderung, daß sich die ganze Rücklehne mit Ohrenbacken und Armklappen umklappte, so daß das Schlaflager um dieses Maß breiter wurde.

Im gleichen Jahre begann die Elektrisierung der Münchener Straßenbahn. Es wurden in den folgenden Jahren rund 300 Motorwagen für diese, sowie ausländische Bahnen geliefert. Eine wesentliche Verbesserung in bezug auf die Sicherheit der Fahrgäste erhielten diese Wagen durch Einführung der Rathgeberschen aufwärtsschlagenden Vorbautüren (DRP. Nr. 102 493). Sie wurden in einer vom Direktor Dix der Münchener Straßenbahn verbesserten Form später auch für die offenen Vorbauten der Personenwagen der Königlich Bayrischen Staats-Bahn verwendet, wodurch diese eigentlich erst eine zum sicheren Aufenthalt von Personen taugliche Ausbildung erfuhren.

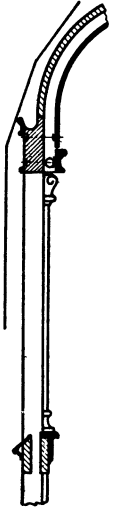


Abb. 19.
Wandschnitt
Prinz-Regent.

Für den Prinzregenten von Bayern wurde im Jahre 1899 ein neuer Salonwagen gebaut. Der von Freiherrn von Kramer-Klett im Jahre 1866 dem König Ludwig von Bayern zum Geschenk gemachte Pracht-Hofzug, der auch außen mit reicher vergoldeter Schnitzerei versehen war, konnte dem einfachen Sinn des Regenten, sowie auch dem neuzeitlichen Empfinden nicht mehr entsprechen. Es wurde deshalb der Bau eines neuen Wagens in die Wege geleitet. Der Wagen war sechsachsiger und mit einer Länge von 20,800 m über den Puffern der längste damals in Deutschland laufende Wagen. Er hatte sehr schmale Vorbauten, so daß ein bequemer Einstieg erzielt werden konnte, welcher noch dadurch verbessert wurde, daß die unterste Trittstufe mit der Tür verbunden war und sich beim Öffnen herausklappte. Die Dachrippen waren wie bei der Kloseschen Bauart über die Dachschwellen heruntergezogen, aber nicht seitlich, sondern innen an den Kastensäulen befestigt, so daß trotz der einschneidenden Begrenzungslinie (Franz. Westbahn) doch eine schöne Dachwölbung herauszubringen war, Abb. 19. Die Folge der Räume war: Speisesaal mit Vorraum, Saal, Schlafraum und Waschraum des Regenten, ein mit Zwischentür versehenes Doppelabteil für Begleitung, Waschraum und Abort für Begleitung, Dienerraum, Gepäckraum, Dienerabort, Vorbau, die beiden ersten über die ganze Wagenbreite reichend, die übrigen vom Gang aus zugänglich. Die Türen im Seitengang waren mit Glasschlittenführung Bauart Kühn versehen, die einen vollständig geräuschlosen Gang sicherten. Die Beleuchtung in reichen geschmackvollen Beleuchtungskörpern von Stotz in Stuttgart erfolgte durch auswechselbare Speicherbatterien¹⁾.

Um die Jahrhundertwende zählte die Fabrik wieder gegen 700 Arbeiter. Sie war jetzt vollständig ausgebaut; was nur möglich war, aus dem vorhandenen Platz ohne vollständigen Umbau herauszuholen, war in den letzten Jahren in mühevoller Kleinarbeit getan worden. Man hatte sich darauf beschränken müssen, die vorhandenen Arbeitsgelegenheiten zu verbessern, aus Schuppen Werkstätten zu machen,

¹⁾ Organ 1900, S. 66.

wo es angängig war, Stockwerke aufzusetzen, leere Räume zu überdachen; ein Holzlagerplatz war gemietet worden, um neuen nutzbaren Raum zu schaffen, weitere Vergrößerungen waren nicht mehr möglich. Der Gedanke an eine Fabrikverlegung nahm jetzt greifbarere Formen an, nachdem Kommerzienrat Rathgeber in Moosach ein Grundstück für den Neubau gekauft hatte. Es wurden Pläne ausgearbeitet, die aber durch die Erkrankung des Besitzers im Jahre 1901 wieder zurückgelegt werden mußten. Nach langer Krankheit starb Rathgeber am 5. November 1903. Seiner im Jahre 1877 geschlossenen Ehe mit der Großhändlerstochter Bertha Heyler waren keine Kinder entsprossen, das Geschäft ging an seine Witwe, seinen Bruder Rudolf und seine beiden Schwestern über.

Kommerzienrat und Handelsrichter Jos. Rathgeber war ein kluger, vorsichtiger Geschäftsmann. Die schweren, ersten Zeiten Ende der siebziger Jahre hatten ihm ihr unverkennbares Gepräge aufgedrückt, und er widmete seine Zeit fast vollständig dem von ihm auf die Höhe gebrachten Geschäft. Von feinem künstlerischen Geschmack, begünstigt durch freundschaftlichen Verkehr mit Künstlern wie G. und E. Seidl, R. Seitz, L. Gedon, Fr. Miller und andere ließ er sich besonders den Bau von feineren Wagen angelegen sein, in welchem seine Fabrik auch einen bekannten Ruf hatte. Er hinterließ bei seinem Tode die Fabrik auch finanziell vollständig gesichert.

Im August 1904 legte ein Brand einen großen Teil der Schreinerei und Aufschlagwerkstätte in Asche, was um so schwerer empfunden wurde, als die Behörden die Erlaubnis zum Wiederaufbau in der alten Form, hauptsächlich infolge Einspruchs der Angrenzer, nicht mehr erteilten, wodurch die Platzfrage wieder in den Vordergrund trat. Mit großer Mühe wurde bei dem Brande auch das Gerippe des damals im Bau befindlichen Salonwagens für den König von Württemberg vor den Flammen gerettet. Der Wagen wurde im Frühjahr 1905 abgeliefert. Er ruhte auf zwei dreiachsigen Drehgestellen, deren Federn durch Ausgleichhebel, ähnlich wie bei Lokomotiven, gekuppelt waren. Eine wesentliche Wirkung dieser Einrichtung konnte bei den Probefahrten nicht festgestellt werden. Es wurden hierbei abwechselungsweise die Ausgleichhebel in und außer Wirkung gesetzt und die Bewegungen der Federn durch geneigte Spiegel, Abb. 20, beobachtet. Bei den Lokomotiven sollen die Hebel die Größe des Raddruckes sichern, bei den Wagen ist dieser auf den Lauf nicht von besonderem Einfluß, und es ist die Wirkung solcher Hebel von ganz anderen, größtenteils noch unbekanntem Umständen abhängig. Die Wagen hatten als Langträger einen fischbauchartigen Träger mit Ober- und Untergurtung aus Winkeleisen, ähnlich einem von



Jos. Rathgeber
geb. 1846, gest. 1903.

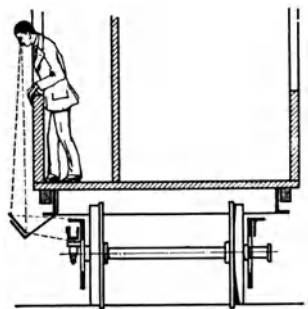


Abb. 20.
Salonwagen Württemberg.
Spiegelanordnung.

Ringhoffer auf der Pariser Ausstellung 1900 vorgeführten. Die Anordnung ergibt neben dem hübschen Aussehen auch einen sehr guten Anschluß der Querträger, der auch reichlich Raum für Brems- und Heizleitungen, Bremsstangen usw. gibt, Abb. 21. Der in der Mitte liegende Saal hatte beiderseits Flügeltüren, welche mit dem obersten Tritt des Einstiegs in Verbindung standen, Abb. 21. Die beiden unteren Tritte wurden mit Rücksicht auf hochliegende Bahnsteige von Hand betätigt. Der Wagen hatte elektrische Beleuchtung Bauart „Stone“. Er litt trotz aller sonstigen Bequemlichkeiten, wie Warmwasserheizung, Wascheinrichtungen mit warmem und kaltem Wasser, Leselampen, Schlafeinrichtungen Bauart „Wetter“, und vornehmer Ausstattung an einer Überzahl von Räumen, so daß die Ausmaße derselben schon oft an die unterste Grenze gingen. Bald nach Ablieferung des Wagens starb Direktor E. Schrauth am 6. November 1905 im Alter von 59 Jahren. 34 Jahre lang hatte er, unermüdlich tätig, bis wenige Jahre vor seinem Tode noch der Erste und Letzte im Geschäft, seine Arbeitskraft der Fabrik gewidmet.

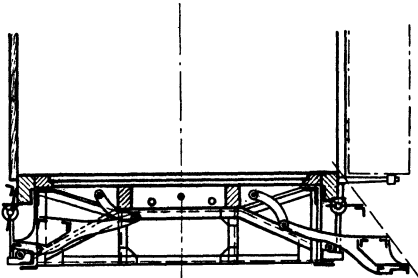


Abb. 21. Salonwagen Württemberg.
Gestell-Querschnitt.

Der ungemein stark einsetzende Güterverkehr im Anfang des neuen Jahrhunderts drängte auch nach einer vollständigen Ausnutzung des zulässigen Raddrucks für zweiachsige Güter-, besonders Kohlenwagen. Bei einem Raddruck von 7 t durfte also bei einer verlangten Ladefähigkeit von 20 t das

Wagengewicht nicht mehr als 8 t betragen. Es gelang der Fabrik, einen Wagen mit einem Fassungsraum von $25,2 \text{ cbm} = 20 \text{ t}$ Kohlen bei nur 7800 kg Gewicht zu bauen, ohne Anwendung von Preßteilen. Das geringe Eigengewicht ist größtenteils durch die aus Abb. 22 ersichtliche abgeschrägte Form der Kastenwände erreicht. Der Inhalt verringert sich hierdurch nur um etwa $0,83 \text{ cbm}$, dagegen werden $1,8 \text{ qm}$ an Wand- und Bodenfläche gespart, sowie die Bodenwinkel und Kastenträger. Ein solcher Wagen war auf der dritten Bayrischen Landesausstellung in Nürnberg 1906 ausgestellt¹⁾.

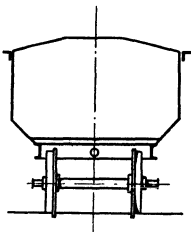


Abb. 22.
20-t-Wagen. Querschnitt.

Für diese baute die Fabrik auch im Auftrage der Königlich Bayrischen Staatsbahn einen vierachsigen Krankensalonwagen²⁾, der mit Bad sowie einer Einrichtung für Luftkühlung bei heißer Jahreszeit ausgestattet war; diese Kühlung ist in Abb. 23 übersichtlich dargestellt. Der elektrisch angetriebene Sauger *a* saugt die Luft, wobei sie auch gereinigt wird, durch das in Drahtkörben im Eisraum *b* aufgestapelte Eis an und treibt sie durch die über Dach liegende wärme-

geschützte Leitung *c* in die einzelnen Räume, wo sie durch verzierte Messinggitter ausströmen kann. Außerdem hatte der Wagen Warmwasserheizung, das Badewasser wurde durch einen besonderen Badeofen erwärmt, die Beleuchtung war elektrisch nach dem System der „Gesellschaft für elektrische Zugbeleuchtung“. Die künstlerische Ausstattung desselben stammte von Architekt v. Berlepsch-Va-

¹⁾ Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1907, S. 372.

²⁾ Desgleichen, S. 368.

lendas, welcher kurz zuvor auch an dem Innenausbau des Dampfbootes „Lindau“, die Rathgeber übernommen hatte, beteiligt war. Bei dieser Gelegenheit soll auch erwähnt werden, daß schon früher zahlreiche Ausstattungen sowie der Holzausbau von Dampfschiffen ausgeführt worden waren. So auf dem Würmsee für die Dampfschiffe „Ludwig“, „Bavaria“, „Wittelsbach“ und „Luitpold“, auf dem Bodensee für die Dampfer „Ludwig“ (Umbau), „Wittelsbach“, „Prinz-Regent“, „Prinz Ruprecht“, „Zähringen“ und „Kaiser Wilhelm“ (Umbau).

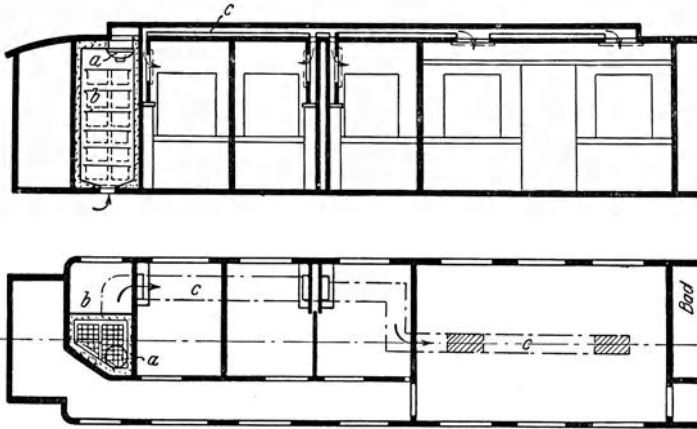


Abb. 23. Krankensalonwagen, Kühlung.

Noch eines besonderen Gebietes, welches die Fabrik schon seit ihrem Bestehen pflegte, soll hier gedacht werden, der „Draisinen“, die in der bekannten aus Abb. 24 ersichtlichen Form nach allen Weltgegenden verschickt wurden, besonders nach Österreich, wo die „Rathgeber-Draisine“ sehr gut bekannt war. Eine Abänderung aus dem Jahre 1903 nach Abb. 25 mit kleineren Rädern, niedrigerem Boden

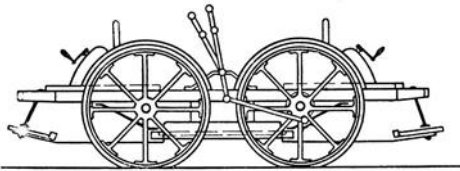


Abb. 24. Alte Draisine.

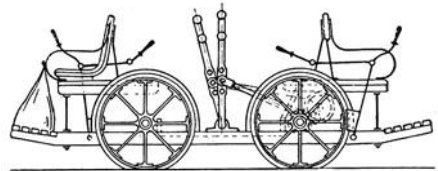


Abb. 25. Neuere Draisine.

und damit bequemerem Einstieg, zweierlei Übersetzung und einem Gewicht von nur 500 kg wurde ebenfalls sehr oft ausgeführt. Auch Draisinen mit Eisengestell und kleinen Laufrädern sowie solche für Schmalspur wurden in den erdenklichsten Formen, jedem Bedürfnisse angepaßt, geliefert. Die Gesamtzahl der gebauten Draisinen beträgt ungefähr 1300.

Im September 1906 übernahm Eisenbahnmaschineninspektor W. Scholz die Leitung der Fabrik. Er erkannte bald die Unzulänglichkeit der vorhandenen Gebäude und Einrichtungen und seiner Entschlossenheit gelang es, den Neubau der Fabrik in die Wege zu leiten. Besonders waren es auch die Schwierigkeiten, die sich aus der Ablieferung der schweren Wagen ohne Gleisanschluß ergaben, welche eine Verlegung der Fabrik dringend erheischten; oft mußte man sich wundern, daß

solche Beförderungen ohne Unfälle abgingen, was allerdings nur der Tüchtigkeit und Eingewöhnung der Fuhrleute zu danken war. Durch den Bau von Motorwagenuntergestellen, den die Fabrik für die Firma Büssing übernommen hatte, kam man auf den Gedanken, derartige Wagen zur Beförderung von Eisenbahnwagen auf Fahrgestellen zu verwenden, was auch vollständig gelang¹⁾. So wurden z. B. sechsachsige Wagen im Gewichte von 35 000 kg ohne Drehgestelle auf zwei 5000 kg schweren Fahrgestellen mit einem Büssing-Wagen von 38 P. S., der zur Erhöhung der Zugkraft mit 3000 kg Eisen beladen war, auf die Bahn befördert, wobei zu beachten ist, daß auch eine bedeutende Steigung zu überwinden war.

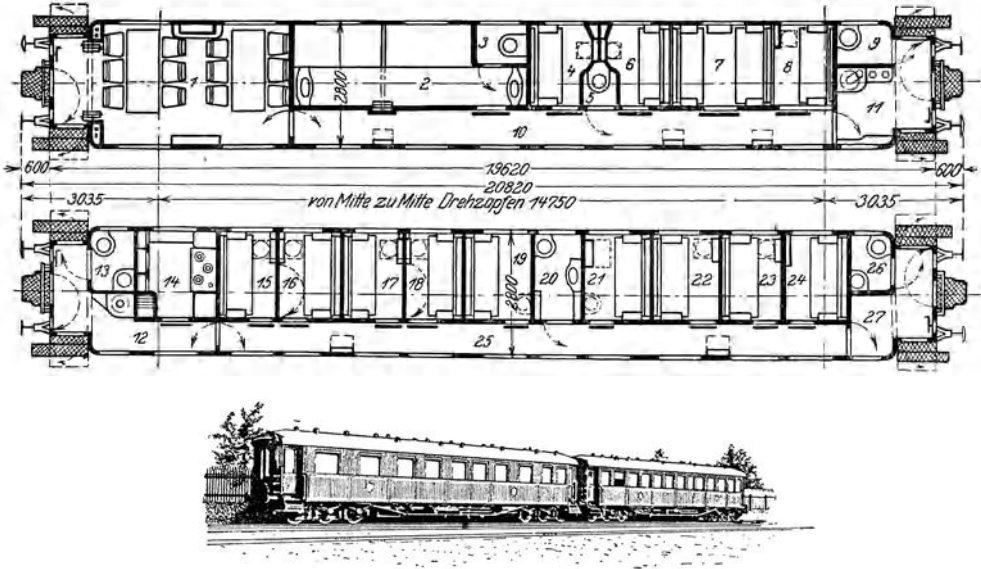


Abb. 26 bis 28. Thurn- und Taxis-Salonwagen.

Im Jahre 1908 beabsichtigte der Fürst von Thurn und Taxis den Bau eines neuen Salonwagens. Die gestellten Anforderungen waren, wie es bei derartigen Aufträgen sehr oft der Fall ist, so, daß sie nur bei äußerster Raumausnutzung auf Kosten der andererseits doch gewünschten Bequemlichkeit mit nur einem Wagen hätten befriedigt werden können. Den persönlichen Bemühungen des Direktors Scholz gelang es, den Bau von zwei Wagen durchzusetzen, Abb. 26, 27 u. 28. Sie waren so gebaut, daß sie auf fast sämtlichen regelspurigen europäischen Bahnen verkehren konnten, und zu diesem Behuf auch mit sämtlichen diesbezüglichen Brems- und Signaleinrichtungen versehen, wie selbsttätige und nicht selbsttätige Westinghouse- und Hardy-Bremse, ebenso mit den besonderen, für die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn vorgeschriebenen Schlauchanschlüssen, Notketten und Übergängen und dem internationalen Faltenbalg. Die Drehgestelle waren dreiachsig ohne Wiege, mit eigenartiger Bremsanordnung. Die beiden Wagen hatten folgende 27 Räume. Der erste Wagen:

1. Salon mit Vorraum. 2. Schlafgemach des Fürstenpaares. 3. Abort. 4. Abteil für zwei Hofdamen. 5. Abort. 6. Abteil für zwei Hofherren. 7. Abteil für vier Diener. 8. Abteil für zwei Dienerinnen. 9. Abort. 10. Seitengang. 11. Vorraum.

¹⁾ Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1910, S. 863.

Der zweite Wagen:

12. Vorplatz. 13. Abort. 14. Küche. 15. Abteil für die Prinzessin. 16. Abteil für die Erzieherin. 17. und 18. Je ein Abteil für zwei Prinzen. 19. Abteil für den Hofmarschall. 20. Abort. 21. Abteil für den Erbprinzen. 22. Abteil für einen Prinzen. 23. Abteil für zwei Erzieher. 24. Abteil für zwei Diener. 25. Seitengang. 26. Abort. 27. Vorplatz mit Gepäckraum.

Die Wagen waren mit Warmwasserheizung und mit Rücksicht darauf, daß für die vorgesehene Küche doch Gaseinrichtung erforderlich war, mit Gasbeleuchtung versehen. Der architektonische Teil war von dem Architekten M. Feller in muster-gültiger Weise gelöst worden, mit liebevollem Eingehen auf die besonderen Anforderungen des Wagenbaues. Vor allem sei hier der Salon genannt mit Birkenholzvertäfelung und weißer kassetierter Decke. Er konnte gegen den Vorplatz zu mit einer sogenannten „Harmonikaturé“ abgeschlossen werden. Dann der Schlafräum des fürstlichen Paares mit hübschem Waschtisch und großem ovalen Spiegel in Ahornvertäfelung. Eine ähnliche Harmonikaturé wie im Salon und ein Rolladen trennten den Raum nach Bedarf in zwei Teile. Ebenso waren die Räume des Erbprinzen und der Prinzessin, ersterer in Nuß-, letzterer in Kirschbaum, von reizender anheimelnder Wirkung. Im fürstlichen Schlafräum waren feste Betten, in den übrigen Räumen Schlafsitze mit aufklappbaren Rücklehnen angebracht. Hier waren auch die Gepäcknetze, um den Inhaber des oberen Bettes nicht zu belästigen, zum Aufklappen eingerichtet.

Die Ablieferung der Wagen erfolgte im Mai 1910. Es waren die letzten großen Wagen, welche in der Fabrik an der Marsstraße fertiggestellt wurden. Schon war der Neubau in Moosach der Vollendung nahe. Mit aner kennenswerter unermüdlicher Tat kraft hatte Direktor Scholz diesen unter allen möglichen Schwierigkeiten durchgeführt, so daß im Jahre 1911 der vollständige Betrieb dorthin verlegt werden konnte. Auch die gesamte Verwaltung hatte er mit fester Hand ausgebaut und neu geordnet und die Umwandlung in eine Aktiengesellschaft durchgeführt.

Damit war der Übergang vom mittleren Betrieb mit seinen Nachteilen, aber auch seinen nicht zu verkennenden Vorteilen, wie sie besonders in der besseren Geltendmachung der Einzelpersönlichkeit zum Ausdruck kommen, zum Großbetrieb vollzogen.

Die Erfindung des Druckes in China und seine Verbreitung in Ostasien.

Von

Professor Dr. R. Stübe, Leipzig.

I. Der Druck in China.

Die hergebrachte, auch heute noch nicht ganz überwundene Anschauung, daß China stets ein gegen alle fremden Kultureinflüsse bis in die jüngste Zeit streng abgeschlossenes Gebiet gewesen sei, ist durch die Ergebnisse der neueren Chinaforschung als unhaltbar erwiesen. Wir wissen heute, daß China große Kulturperioden erlebt hat, in denen es gebend und empfangend in reichem Austausch mit anderen Kulturen stand. Einen reichen geschichtlichen Überblick über diese Beziehungen und Wirkungen Chinas hat der Leipziger Sinologe Professor Aug. Conrady gegeben in den wertvollen Beiträgen zu dem Werke des russischen Sinologen W. P. Wassiljew „Die Erschließung Chinas“¹⁾. Hier weist Conrady auch nachdrücklich auf zwei der wichtigsten Kulturmittel hin, auf das Papier und den Druck. Beide sind in China entstanden und haben dort in ähnlicher Weise auf das geistige Leben gewirkt wie in Europa. Sie verbündeten sich mit der aufwärtsstrebenden Sehnsucht des „dritten Standes“ des Volkes, das am Wissen nicht minder Anteil begehrt wie an Besitz und Macht. Papier und Buchdruck sind aus demokratischem Geist erwachsen und haben demokratisierend gewirkt. Der Druck hat in China die Neubelebung und das endgültige Durchdringen des Konfuzianismus im 12. Jahrhundert wesentlich gefördert, wie er bei uns eines der wesentlichen Hilfsmittel in dem großen Geisterkampf der Reformation gewesen ist. In der klassischen Periode der chinesischen Demokratie, in der Han-Zeit (216 v. bis 204 n. Chr.) haben Papier und Druck ihren Ursprung. Im Jahre 105 n. Chr. hat Tsai Lun das Papier aus Pflanzenstoffen, vor allem aus Lumpen, hergestellt. Er übertrug auf diese Stoffe eine Technik, die den mongolischen Nomaden längst bekannt war, nämlich die Fabrikation von Filzdecken aus Tierhaaren. Chinesische Arbeiter haben die Papierfabrikation 751 nach Samarkand gebracht, wo die Araber sie kennenlernten. Durch sie ist dann das Papier nach Europa gelangt. In diese Zeit geht auch der Druck mit seinen letzten Wurzeln zurück. Im Jahre 175 n. Chr. begann man mit Hilfe des Papiers Abdrucke zu machen von den in Stein gehauenen Texten der klassischen Schriften, die in der Kaiserlichen Akademie zu Loh-yan (in Ho-nan) aufgestellt waren. Als dann — wenigstens im 6. Jahrhundert — der Druck von Holzplatten hinzutrat, erfuhr der Buchdruck eine große Verbreitung und kam besonders in der Zeit der konfuzianischen Reform zur Geltung. Endlich ist in China auch der Druck mit beweglichen Typen durch den Schmied Pi Scheng (zwischen 1041 und 1049) erfunden worden, der sich freilich sehr langsam durchgesetzt und den Holzplattendruck bis heute nicht völlig verdrängt hat.

¹⁾ Deutsche Bearbeitung von R. Stübe. Leipzig 1909. (S. 204 bis 215.)

Wir haben ziemlich reichliche und gute chinesische Quellen über die Geschichte des Druckes in China, insbesondere über die Erfindung des Typendruckes. Sie sind von Stanislas Julien zusammengestellt, der den Bericht über Pi Scheng auch im chinesischen Original mitgeteilt hat in der Abhandlung „Documents sur l'art d'imprimer à l'aide de planches en bois, de planches en pierre et de types mobiles, inventé en Chine longtemps avant que l'Europe en fit usage. Extraits des livres chinois¹⁾.“ Es ist seither zwar zur Geschichte des Papiers sehr viel Neues und Wertvolles hinzugekommen, so die Arbeit von Friedr. Hirth „Die Erfindung des Papiers in China“²⁾ und die an die Papyrussammlung des Erzherzogs Rainer anknüpfenden Arbeiten von Karabacek „Das arabische Papier“ (Wien 1887) und „Neue Quellen zur Papiergeschichte“ (Wien 1888). Aber gerade über die Anfänge des Druckes sind wir nicht wesentlich über St. Julien hinausgekommen. Denn die wichtigen Arbeiten von E. Satow³⁾ haben es mit späteren Drucken zumeist japanischen und koreanischen Ursprungs zu tun. Von großem Interesse sind endlich die wertvollen Bemerkungen O. Nachods in dem amtlichen Führer durch die „Halle der Kultur“ auf der „Internationalen Ausstellung für Buchgewerbe und Graphik“ Leipzig 1914, S. 54 bis 59. Da die oben genannte Arbeit von St. Julien nicht sehr bekannt ist, teile ich ihre Ergebnisse hier mit und füge dem eine Reihe von Erläuterungen bei. St. Juliens Auffassung des chinesischen Textes ist, wie eine Nachprüfung mit gütiger Hilfe des Privatdozenten für Sinologie in Leipzig, Herrn Dr. Ed. Erkes, ergeben hat, im ganzen zuverlässig. Von der kulturgeschichtlichen Bedeutung und Wirkung der Erfindung des Buchdrucks sagt St. Julien nichts; nach dieser Seite hin hoffe ich einiges zur Ergänzung bringen zu können. Auch darin freilich muß ich mich auf die Hauptsachen beschränken. Die Geschichte des Druckes zwischen 600 und 1400 in Ostasien ist im einzelnen noch sehr dunkel. Es fehlen uns die einzelnen Tatsachen, namentlich für die Ausbreitung und Wirkung des Druckes. Nur das Allgemeinere ist uns bisher erkennbar. Hier ist von der archäologischen Durchforschung Chinas und Zentralasiens vielleicht noch Aufklärung zu hoffen, nachdem uns der Boden für die Geschichte des Papiers in Sven Hedins Lou-lan-Funden wertvolle Stücke hergegeben hat.

Die Technik des Druckes von Holzplatten, in die das Schriftwerk eingeschnitten war, ist nach chinesischen Quellen von hohem Alter. Allgemein hat sich die chinesische Überlieferung, die in vielem bis in die primitive Urzeit des chinesischen Volkes zurückreicht, als völlig zuverlässig erwiesen. Nachdem wir überall gegenüber einer Überspannung der Kritik vielfach wieder zu einer höheren Schätzung der historischen Tradition zurückgekehrt sind, hat gerade die deutsche Chinaforschung in der Schule des Professors Aug. Conrady den Nachweis geliefert, daß die Zeugnisse in der chinesischen Literatur, wenn man nur den eigentümlichen chinesischen Rationalismus ausschaltet, der die Dinge oft seltsam deutet, ihrem sachlichen Inhalte nach niemals unterschätzt werden dürfen. So werden wir auch dem chinesischen Gelehrtenfleiß trauen dürfen, der in der riesigen chinesischen „Enzyklopädie“, dem größten Sammelwerk der Welt, die Schätze seines Wissens dargelegt hat.

Wir finden (Ke-tschi-king-yuen. Bd. 39, fol. 2) folgende Angabe:

„Am 8. Tage des 12. Monats des 13. Jahres der Regierung des Wen-ti, des Gründers der Dynastie der Sui (= 593 n. Chr.), wurde durch einen Erlaß befohlen, alle ger-

¹⁾ Journal asiatique IV, 9. Paris 1847. S. 505 bis 534.

²⁾ Chinesische Studien. I. Bd. München 1890. S. 259 bis 271.

³⁾ „Transactions of the Asiatic Society of Japan.“ X. Jokohama 1882. S. 63 u. 252 bis 259.

bräuchlichen Schriftmuster und die nicht herausgegebenen Texte zu sammeln und sie in Holz zu schneiden, um sie zu veröffentlichen.“

Die „Enzyklopädie“ bemerkt ausdrücklich, daß dies der Anfang des Druckes von Holzplatten war. Es ist aber wahrscheinlich, daß der Plattendruck in China noch älter ist.

Ein anderes Sammelwerk, Po-t'ong-pien-lan (Bd. 21, fol. 10), gibt denselben Bericht. Nach einer anderen Quelle aber, dem Pi-tsong, entstand der Holzplattendruck gleichzeitig mit dem Auftreten der Sui-Dynastie (581 n. Chr.), verbreitete sich unter der Dynastie der T'ang (618 bis 904 n. Chr.), gewann eine große Verbreitung unter den fünf kleinen Dynastien (907 bis 960 n. Chr.) und erreichte seine Vollendung und größte Ausbreitung unter den Sung (960—1278).

Dieser Bericht gibt zwar kein bestimmtes Jahr für die Erfindung des Plattendrucks an; aber man wird nach dem Ausdruck in der erstgenannten Enzyklopädie annehmen dürfen, daß der Plattendruck schon vor 593 bekannt war und angewandt wurde. Der Text spricht darüber in einer Weise, als ob es sich um eine bereits bekannte Sache handelt, deren Anwendung der Kaiser für gewisse Schriften gebot. Wäre der Druck damals erst erfunden oder etwas ganz Neues gewesen, so müßte man über seine Entstehung und seinen Erfinder eine Angabe erwarten. Das würde der Treue, die die chinesischen Chronisten besonders für das Einzelne haben, durchaus entsprechen. Wir werden sehen, daß sie bei der Erfindung des Typendrucks die Kenntnis des Einzelnen nicht unterdrücken. Offenbar wußte man in China nichts Sicheres über den Erfinder und die Erfindung des Plattendrucks und hielt bald das Jahr 932, bald 593 für den Anfang des Druckes.

Unter der Regierung des Ming-tsong aus der Dynastie der T'ang im zweiten Jahre der Ära Tschang-hing (= 932 n. Chr.) machten die Minister Fong-tao (oder Fong-ing-wang) und Li-yu der Akademie den Vorschlag, den Text der neun kanonischen Bücher zu revidieren und ihn dafür in Holzplatten schneiden zu lassen, von denen sie abgedruckt werden sollten. Der Kaiser nahm diesen Vorschlag an; doch wurde der Plan erst unter dem Kaiser T'ai-tsu ausgeführt; im Jahre 952 wurden die Holzplatten mit dem Text der neun Bücher vollendet. Die abgezogenen Texte wurden danach in allen Provinzen des Reiches verteilt. Nach diesem Bericht gilt Fong-ing-wang bei zahlreichen chinesischen Autoren und demzufolge auch in europäischen Werken für den Erfinder der Buchdruckerkunst. Das ist nun freilich nicht mehr aufrechtzuerhalten; wir müssen in das 6. Jahrhundert zurückgehen.

Vor dem Holzplattendruck, bei dem die Zeichen über den Grund der Tafel erhaben waren, bestand vielleicht schon seit dem 2. Jahrhundert n. Chr. der Druck von Steinplatten; hier waren die Zeichen in den Stein eingeschnitten, also durch Vertiefung gebildet. Zunächst freilich war nur die Absicht, einen maßgebenden Text der heiligen Bücher, der zahlreichen Verderbnissen durch Unverständnis oder Nachlässigkeit ausgesetzt war, in sicherer Gestalt herzustellen. Es sollte zunächst ein maßgebender Text hergestellt und in dauernder Fassung bewahrt werden, wie etwa im Altertum der Text einer Staatsurkunde in Stein oder Bronze eingetragene wurde. Aber man scheint im 2. Jahrhundert diese Steinplatten noch nicht zur Vervielfältigung benutzt zu haben. Sicher ist nur, daß ein Stück der kanonischen Schriften in Steininschriften als amtlicher Text aufgestellt worden ist.

Den Bericht darüber finden wir in den „Annalen der späteren Han“, in denen die Biographie des Tsaï-yong meldet: „Im 4. Jahre der Periode Ai-ping (d. i.

175 n. Chr.) legte Tsai-yong dem Kaiser eine Denkschrift vor, in der er bat, den Text der sechs kanonischen Bücher prüfen, verbessern und feststellen zu lassen. Er selbst schrieb ihn in roter Farbe auf Steintafeln und beauftragte geschickte Künstler, ihn vertieft in den Stein zu schneiden. Man stellte diese Tafeln draußen vor den Toren des großen Kollegiums (einer Art Hochschule) auf, und Gelehrte jeden Alters kamen täglich, um diese Platten zu studieren und nach ihnen ihre Handschriften zu verbessern.“

Man sieht also, daß es die einzige Bestimmung dieser Steinplatten war, die genaue Textgestalt zu erhalten und zu überliefern. In den folgenden Jahrhunderten wurden diese Platten nach und nach kopiert, und zwar — da die Schrift selbst ihre Formen wandelte — bald in einer, bald in drei Schriftformen. Den Studierenden wurde — nach chinesischen Historikern — je ein Jahr für das Studieren der sechs Bücher in jeder Schriftform bewilligt, so daß sie nach drei Jahren die Texte in jeder Schriftform lesen mußten.

Übrigens waren die Schriftzeichen auf diesen Platten in ihrer regelmäßigen Gestalt eingetragen, so daß sie schon deshalb nicht zum Druck dienen konnten, weil der Abdruck ein umgedrehtes Zeichen ergeben hätte. In der für den Druck passenden Form, also im Spiegelbild, begann man erst unter den T'ang (904 n. Chr.) die Texte in Stein zu gravieren, wobei das Druckbild dann — durch Schwärzung der Platte — weiße Zeichen auf schwarzem Grunde ergab.

Unsere Quelle hierfür ist das archäologische Werk des Erh-yang-siün „Tsi-ku-lo“. Dort heißt es:

„Infolge der Unruhen, die gegen Ende der T'ang-Dynastie stattfanden, öffnete Wen-tao die Kaisergräber und bemächtigte sich der Bücher und Gemälde, die in ihnen eingeschlossen waren. Er riß von ihnen die Einbände, die goldenen Kapseln und Edelsteine ab, mit denen sie geschmückt waren, und ließ (die Bücher selbst) an Ort und Stelle liegen. So kam es, daß Handschriften der berühmtesten Männer aus den Dynastien der Wei und der Tsin, die die Kaiser aufs kostbarste bewahrten, verloren gingen oder in die Hände Unwürdiger fielen. Im 11. Monat des 3. Jahres der Periode Schun-hoa (993 n. Chr.) befahl der Kaiser Thaï-tsong durch einen Erlaß, alle Handschriften dieser Art, die man hatte aufkaufen und zurückerhalten können, in Stein zu graben und vermittlems des Druckes zu vervielfältigen. Man druckte sie mit der Hand, ohne daß diese durch die schwarze Farbe beschmutzt wurde.“

Diese letzte Angabe ist so zu verstehen, daß die Steinplatte geschwärzt und das Papier auf sie gelegt wurde. Dann strich man mit der Hand über die Rückseite des ausgebreiteten Blattes, das nur einseitig bedruckt wurde, und erreichte so einen ziemlich gleichförmigen Druck. Auch heute wird in China das Papier bei Büchern einseitig bedruckt. Man benutzt bei dem noch jetzt viel angewandten Plattendruck eine weiche Bürste und erzielt so noch regelmäßiger Abzüge.

Eine genaue Beschreibung aller alten Inschriften und aller Handschriften, die in der eben beschriebenen Weise zwischen 1143 und 1243 gedruckt sind, bietet ein kleines Werk, das der Enzyklopädie Tschü-pu-tso-tschai einverleibt ist.

Der wichtigste, auch technisch bedeutsamste Bericht über den Druck in China und über die Erfindung des Typendruckes findet sich in den Memoiren des Tschin-Kuo, betitelt Mong-k'i-pi-ta'n. Der Verfasser schrieb bald nach 1056. Diese Quelle macht folgende Angaben:

„Man druckte mit Holzplatten, in die die Schrift eingeschnitten war, zu einer Zeit, wo die Dynastie der T'ang noch nicht gestürzt war (618 bis 904). Seit Fong-ing-wang die fünf kanonischen Bücher zu drucken begonnen hatte, befestigte sich der Brauch, alle Gesetzbücher und die Geschichtswerke durch den Druck zu veröffentlichen. In der

Periode King-li (1041 bis 1049) erfand ein Mann aus dem Volke, ein Schmied, Namens Pi Scheng, eine neue Art, mit Platten zu drucken, die ho-pa n (d. h. ‚bewegliche Platten‘) hießen. (Darunter können nur Platten verstanden werden, die aus beweglichen Typen gebildet wurden, wie die weitere Beschreibung ergibt.) Er nahm eine Masse von feiner und leimartiger Erde und formte daraus regelmäßige Platten, so dünn wie die Tsien genannten Geldstücke und gravierte in sie die gebräuchlichsten Schriftzeichen. Für jedes Schriftzeichen machte er eine Marke (d. h. Type), dann ließ er diese Marken in Feuer brennen, um sie zu härten. Er stellte anfangs eine Eisenplatte auf eine Tafel und überstrich sie mit einem leicht schmelzbaren Kitt, der aus Harz, Wachs und Kalk zusammengesetzt war. Wenn er drucken wollte, nahm er einen eisernen Rahmen, dessen innere Fläche durch dünne Eisenstreifen senkrecht geteilt war (die chinesische Schrift verläuft in Kolumnen von oben nach unten, die einzelnen Kolumnen schließen sich von rechts nach links aneinander). Diesen Eisenrahmen stellte er auf die eiserne Platte, und darauf ordnete er die Typen, indem er sie eng gegeneinanderpreßte. Jeder (so mit Typen) gefüllte Rahmen bildete eine Druckplatte. Er nahm diese Platte, brachte sie nahe ans Feuer, um den Kitt („Mastix“) ein wenig zergehen zu lassen. Auf diese Zusammenfügung (der Typen in Kitt) drückte er dann eine vollkommen glatte Holzplatte. Dadurch wurden die Typen, indem sie sich in den Kitt einsenkten, gleichmäßig und eben, wie in Stein gegraben. Wenn es sich darum gehandelt hätte, zwei oder drei Exemplare desselben Werkes zu drucken, wäre dieses Verfahren weder bequem noch rasch gewesen. Aber wenn man Exemplare nach Zehnern, Hunderten oder Tausenden abziehen wollte, wurde der Druck mit wunderbarer Schnelligkeit ausgeführt. Gewöhnlich bediente man sich zweier Eisenplatten und zweier Rahmen. Während man mit der einen der beiden Platten druckte, war die andere bereits mit ihrem Text versehen. War der Druck von der ersten Platte vollendet, so trat sofort die zweite, die bereits hergerichtet war, an ihre Stelle. So wechselte man im Gebrauch der beiden Platten ab, und der Druck jedes Blattes vollzog sich in einem Augenblick¹⁾. Für jedes Schriftzeichen waren stets mehrere Typen hergestellt, und zwar bis 20 Typen von den häufigsten Zeichen, um die Worte wiedergeben zu können, die sich auf einer Platte mehrfach wiederholten. Wenn man diese mehrfach vorhandenen Typen nicht brauchte, bewahrte man sie in Papier geschlagen auf.

Die Schriftzeichen waren nach dem Ton geordnet (der für jedes chinesische Wort feststehend ist), und alle Zeichen jedes Tones waren in besonderen Kästen geordnet. Wenn es zufällig geschah, daß ein seltenes Schriftzeichen nicht vorher hergestellt war, so schnitt man es sofort aus, ließ es sich an einem Strohfeuer härten, und man konnte sich seiner sofort bedienen. Der Grund, der den Erfinder hinderte, Holztypen zu benutzen, lag darin, daß die Substanz der Hölzer bald porös, bald hart ist; ist sie einmal mit Wasser durchsetzt, so würden die Typen ungleich werden. Vor allem würden sie, wenn sie einmal mit dem harzhaltigen Kitt verbunden sind, nicht wieder herausgelöst werden können, um zu einem neuen Satz zu dienen. Es war also weit besser, Typen aus einer Masse gebrannter Erde zu benutzen. Hatte man den Abdruck von einer Platte vollendet, so erhitzte man sie aufs neue, um das Bindemittel schmelzen zu lassen, und man kehrte die Typen zusammen, die sich von selbst lösten, ohne den geringsten Teil von Kitt oder Schmutz an sich zu behalten.

Als Pi Scheng gestorben war, erbten seine Arbeitsgefährten seine Typen und bewahrten sie noch sorgsam auf.“

Soweit der chinesische Bericht über die Erfindung des Typendruckes. Er kann nicht lange nach der Erfindung des Pi Scheng verfaßt und scheint in allem durchaus sachlich und zuverlässig zu sein. Vor allem zeigt die letzte Angabe, daß die Erfindung des Pi Scheng zunächst keine Fortführung fand. Man blieb zunächst bei dem Druck mit Holzplatten, der bis heute in China noch viel angewandt wird, z. B. im Zeitungsdruck. Während in Europa der Typendruck sofort in seiner Bedeutung erkannt wurde und in kurzer Zeit die europäische Kulturwelt eroberte, trat der Druck mit Typen in China noch lange zurück. Gewiß fehlte den Chinesen nicht die Fähigkeit, diese neue Erfindung in ihrer Bedeutung zu würdigen, und et-

¹⁾ Die Chinesen bedrucken zugleich nur zwei Seiten, und zwar auf einer Seite des Bogens, dessen leere Rückseite nach innen gefaltet wird.

waige Unvollkommenheiten in der Technik hätten sie leicht überwinden können. Daß der Typendruck in China nur langsam durchdrang und bis heute noch nicht der alleinherrschende geworden ist, hat seinen tieferen Grund im Wesen der chinesischen Sprache und der dadurch unmittelbar bestimmten Schrift. Sie bereiten dem Typendruck eine eigentümliche Schwierigkeit. Bekanntlich ist das Chinesische eine aus einsilbigen Worten bestehende Sprache, die auch keine Formänderungen des Wortes kennt. Sie kann z. B. weder deklinieren noch konjugieren. Man hat deshalb früher das Chinesische für eine Urform menschlicher Rede gehalten. Tatsächlich ist die Einsilbigkeit und Formlosigkeit des Chinesischen erst das Ergebnis einer unendlich langen vorgeschichtlichen Entwicklung der Sprache. Auch die Schrift geht in die primitiven Anfänge der chinesischen Kultur zurück, indem sich ihre ältesten Bestandteile als Bilder erweisen, seien es solche von wirklichen Dingen, seien es symbolartige Versinnlichungen von Begriffen. So hat die chinesische Schrift für jedes Wort ein Zeichen geschaffen, sie besitzt also so viele Zeichen, wie die Sprache Worte hat. Das ergibt natürlich einen ungeheuren Zeichenschatz. Die chinesischen Wörterbücher geben deren gegen 50 000 an, wenn auch die Kenntnis von 9000 schon ein sehr hohes Maß bedeutet, das nur von chinesischen Gelehrten verlangt wird. Warum aber sind die überaus praktischen und erfinderischen Chinesen nie zur Lautschrift übergegangen? Die Antwort lautet: weil keine der bisher erreichten Lautschriften imstande ist, das Chinesische eindeutig zu schreiben. Die Einsilbigkeit der chinesischen Worte, die lautgesetzlichen Beschränkungen im Anlaut, Auslaut und Lautverbindung ermöglichen nur eine bestimmte Zahl von einsilbigen Lautkomplexen, die als selbständige Worte dienen. So hat der Dialekt von Peking nur 460 Worte, die untereinander nach ihrem Lautbestande verschieden sind. Nun ist freilich aus der Sprachentwicklung ein eigentümliches Unterscheidungsmerkmal dieser Worte hervorgegangen, das allen einsilbigen Sprachen — z. B. auch gewissen Sudansprachen — eigen ist und überall auf denselben Gesetzen beruht. Das ist die Unterscheidung gleichlautender Worte durch verschiedene musikalische Töne, deren man in den chinesischen Dialekten 4 bis 8 unterscheidet. Wäre es nun auch möglich, den Lautbestand eines Wortes durch Lautzeichen und den Toncharakter durch Akzente oder andere Hilfsmittel auszudrücken, so wäre das Wort damit doch noch nicht in seiner Bedeutung erkennbar. Denn selbst bei der Unterscheidung durch Töne bleibt die Zahl der gleichlautenden und gleichtonigen Worte sehr beschränkt; infolgedessen haben in Laut und Ton gleiche Worte eine oft sehr große Zahl ganz verschiedener Bedeutungen. Die Lautgruppe li z. B. hat etwa 500 Bedeutungen; aber auch die mit gleichem Ton gesprochenen Worte li haben natürlich noch zahlreiche ganz verschiedene Bedeutungen. So ist denn das Chinesische durch eine Laut- und Tonbezeichnung nicht leicht darstellbar; wohl aber ist eine Wortschrift einer solchen Sprache völlig angemessen, weil sie im Schriftzeichen ein völlig eindeutiges Bild der Sache gibt. Da aber das Wort keinerlei Veränderungen durch seine grammatischen Beziehungen erleidet, so genügt auch ein unveränderliches Schriftbild für das Wort. So hängen Sprache und Schrift in China aufs engste zusammen. Nirgends auf der Erde steht die Schrift seit der Urzeit des Volkes in solchem genetisch-organischen Zusammenhang mit der Sprache, ja mit der ganzen Kultur und dem geistigen Wesen des Volkes, wie in China. Das ist hier nicht näher zu erörtern; ich verweise dafür auf die Schilderung der chinesischen Urkultur in A. Conradys „Geschichte Chinas“¹⁾ und auf die wertvollen Aufsätze

¹⁾ Ullsteins „Weltgeschichte“ Bd. III, S. 479 bis 520.

von Dr. Bruno Schindler zur chinesischen Schriftgeschichte¹⁾. Hier handelt es sich darum, zu verstehen, warum der Typendruck in China eine ganze andere Rolle spielte als in Europa, warum er bis heute nicht der alleinherrschende geworden ist. Er erforderte einen unermeßlichen Typenschatz — für jedes Wort müßte ja das entsprechende Zeichen hergestellt werden —, und vor allem macht es die große Schwierigkeit, diese Zeichen nun in eine schematische Ordnung für den Satz zu bringen. Schon Pi Scheng hat sich nach unserem Bericht darum bemüht. Während die chinesischen Lexikographen jetzt die Worte nach der Zahl der Striche, aus denen sie bestehen, in 214 Klassen ordnen, hat Pi Scheng sie, entsprechend einer älteren Ordnung, nach dem Laut und Ton eingeteilt. Er bildete 106 Klassen, deren jede eine sehr große Zahl von Typen umfaßte. Sie für den Satz zu finden und nach dem Satz zu ordnen, mußte beträchtliche Mühe und Zeit kosten. Es blieb also immer weit leichter, den Text aufzuschreiben, das Papier auf eine Holzplatte zu kleben und die freien Stellen dann mit dem Grabstichel auszuschaben, so daß die Schriftzeichen sich vom Grunde erhoben. Dieses Verfahren ist bis heute in China gebräuchlich; für Werke von literarischer Bedeutung, die in großer Masse hergestellt werden, hat man Stereotypplatten aus Kupfer mit erhabener Schrift.

War China mit der Erfindung des Typendrucks Europa auch um 400 Jahre vorausgeeilt, so hat es mit dieser Erfindung doch schwerlich Einfluß auf die Erfindung Gutenbergs geübt. In China selbst ist der Typendruck zunächst wenig zur Geltung gekommen. Wir haben bisher kein einziges Zeugnis für eine Verbreitung des Typendruckes nach Westen. In Ostasien sind aber mit beweglichen Lettern hergestellte Bücher, die lange vor Gutenberg gedruckt sind, zutage getreten. Diese Kunst hat sich hier erhalten und ist in Korea, Tibet und Japan seit dem 14. Jahrhundert durchgedrungen. In Japan haben wir mit Typen gedruckte Bücher erst seit dem 16. Jahrhundert, in Korea seit 1409. Der älteste ostasiatische Typendruck, der bisher bekannt geworden ist, stammt aus der Zeit von 1317 bis 1324²⁾. Er ist wahrscheinlich chinesischen Ursprungs. Der Islam hat sich lange gegen die Einführung des Druckes gestäubt, wobei ein religiöses Bedenken mitwirkte. Der Mohammedaner vermutet in jeder Bürste Schweinshaare, und mit ihnen beim Reinigen der Typen den Namen Allahs zu berühren, galt für frevelhaft. Deshalb wird der Koran im Orient bis heute nicht gedruckt, sondern durch Lithographie vervielfältigt. Auch bei den Türken hat der Druck erst nach Überwindung schwerster Widerstände Eingang gefunden; 1727 ist in Konstantinopel die erste türkische Druckerei durch eine Verfügung des Sultans Ahmed III. eingerichtet worden.

Dagegen hat der chinesische Plattendruck allerdings eine weithin reichende Wirkung geübt. Im 9. Jahrhundert war er den Arabern bekannt und durch ihre Vermittlung ist er im 10. Jahrhundert ins Abendland gelangt. Die in Ägypten gefundenen arabischen Plattendrucke sind durchaus nach chinesischer Technik hergestellt. Früh ist der chinesische Plattendruck auch nach Japan gelangt; die buddhistischen Texte, die die Kaiserin Schotoku 764 n. Chr. an Tempel und Klöster in 1 Million Stück verteilen ließ, sind die ältesten japanischen Druckerzeugnisse. Japanische Druckplatten aus Metall mit erhabenen chinesischen Zeichen sind aus dem Jahre 816 erhalten. Ein Buch aus dem Jahre 1054 in Tafeldruck, eine Gedichtsammlung aus der Sung-Zeit hat Fr. Hirth in China gefunden³⁾. In Tibet ist der älteste Platten-

¹⁾ Ostasiatische Zeitschrift Bd. III (1915) u. IV (1916).

²⁾ Siehe Satow, a. a. O.

³⁾ Journal of the China Branch of the Roy. Asiat. Society. 1885. New Series XX. S. 53.

druck aus der Regierungszeit eines mongolischen Herrschers (1311 bis 1319) zu datieren¹⁾. Das chinesische Druckverfahren nach Platten war um 1300 auch in Westasien allgemein bekannt. Der persische Historiker Raschid-ed-din gibt in seinem Werk „Dschemma'a et-tawarich“ eine genaue Beschreibung. Aber dieses Werk ist in Europa erst später bekannt geworden; die Kenntnis, die man damals in Westasien vom chinesischen Druck hatte, hat schwerlich auf die Entwicklung des Buchdrucks im 15. Jahrhundert eingewirkt; er knüpft viel eher an die Zeugdrucke an, die wir bis ins 6. Jahrhundert zurückverfolgen können.

Es scheint, daß vielmehr europäischer Einfluß den Typendruck in China zu neuem Leben geweckt hat. Mit Kaiser Kang-hsi bestieg 1662 ein Herrscher den chinesischen Thron, der ein Förderer der verschiedensten Kulturarbeiten war. Er weckte die chinesische Porzellanindustrie zu neuer Blüte, begünstigte Technik, Wissenschaft und Literatur. Bei ihm fanden auch die Anregungen europäischer Missionare Verständnis und Förderung, die ihn auf den Typendruck hinwiesen. Sie veranlaßten den Kaiser, 250 000 Typen in Kupfer herstellen zu lassen, mit denen eine große Reihe älterer Werke in mustergültiger Weise gedruckt wurde. Dieser große Typenschatz ist nach einigen Jahren eingeschmolzen worden, wie das Vorwort zu einem kleinen Buche über den Ackerbau (Tsan-sang-tsi-yao) berichtet, das später ebenfalls in Typendruck in einer Druckerei des Kaiserlichen Palastes gedruckt worden ist, die in einem besonderen Gebäude der Kaiserstadt, dem Wu-ing-tien, untergebracht war.

Eine neue Herstellung der Typen verfügte sodann 1776 der Kaiser Kien-lung, in dem die Aufklärung des 18. Jahrhunderts einen Geistesverwandten sah, dem Voltaire huldigte. Kien-lung war ein Herrscher, der gelehrte, besonders antiquarische Interessen hatte. Der Kaiser hatte 1773 den Neudruck einer ganz gewaltigen Anzahl von Urkunden der älteren Literatur von Holzplatten verfügt. Es handelte sich um 10412 Schriften. Ein Beamter des Finanzministeriums, Kin-kien, schlug dem Kaiser vor, statt der zahlreichen Holzplatten den Druck mit beweglichen Typen einzurichten. Er legte zugleich Muster der Typen vor, die auf 16 Platten geordnet waren; dann fügte er Anweisungen bei über den Schnitt der Stempel, die Prägung, den Guß und die Zusammensetzung der Matrizen.

Der Kaiser stimmte dem Vorschlage in einem Erlaß bei und verfügte den Druck der obenerwähnten Werke in Typen. Zunächst wurde ein ausführlicher beschreibender Katalog, der allein 120 Bände umfaßt, hergestellt. Dieser Katalog (und zwar Band XCII, Bl. 50) gibt den Bericht über die Erneuerung des Typendrucks unter Kien-lung. Die aus dem Wu-ing-tien hervorgegangenen Drucke zeichnen sich durch große Klarheit und Schönheit aus. Die Typen selbst erhielten vom Kaiser die Benennung tsin-tschin („gesammelte Perlen“), während die gewöhnliche Bezeichnung für die Typen „pai-tseu“ („zusammengesetzte Charaktere“) ist. Im 19. Jahrhundert hat der Typendruck in China allerdings Fortschritte gemacht; aber bis heute hat er den Holzplattendruck nicht verdrängt.

II. Der Druck in Japan.

Wie China überhaupt und in allem die führende Kulturmacht in Ostasien ist — auch der Buddhismus ist erst in der Gestalt, die er durch den chinesischen Geist gewonnen hat, im Osten durchgedrungen —, so hängen auch in Schrift, Literatur

¹⁾ Siehe Georg Huth, 'Jigs-med-nam-mk'a, aus dem Tibetischen übersetzt und erläutert. Bd. II. Straßburg 1896. S. 165.

und Druck die beiden anderen Kulturländer des Ostens von China ab, nämlich Japan und Korea. Etwa um 400 n. Chr. tritt Japan mit China in nähere Verbindung, und damit beginnt eigentlich erst die Geschichte Japans, das durchaus eine Provinz der chinesischen Kultur ist. Alle Gewerbe, die für eigenartige Schöpfungen Japans gelten, sind von China übernommen. Das gilt auch für die Schrift, die in China bis in das ferne Altertum, vielleicht in die primitive Urzeit zurückreicht. Durch den koreanischen Gelehrten *Wani* wurde die chinesische Schrift 405 nach Japan gebracht. Zunächst haben die Japaner nur mit chinesischen Wortzeichen geschrieben, für die sie nur die begrifflich-entsprechenden Worte ihrer Sprache beim Lesen einsetzten.

Wenn die Japaner vielfach behaupten, sie hätten eine ältere Silbenschrift, die sog. „Götterschrift“, besessen, so ist das ganz falsch. Diese Zeichen haben vielmehr ihr Vorbild in der altkoreanischen Schrift, die ihrerseits wieder aus einem Alphabet Südindiens abgeleitet ist. Im 8. oder 9. Jahrhundert haben japanische Gelehrte nach ihrem Vorbilde eine Lautschrift herzustellen versucht. Wir haben einzelne Denkmäler dieser Schrift erhalten; aber zu bleibender Bedeutung ist sie nicht gekommen¹⁾. Entscheidend wurde vielmehr die Übermittlung der chinesischen Schrift durch *Wani*, der auch in Korea als Gelehrter in hohem Ansehen stand. Sie blieb für die ganze geistige Entwicklung Japans von maßgebender Bedeutung. In China schrieb man seit dem 2. Jahrhundert schon mit dem Pinsel auf Papier. Erst spät, im Jahre 610, hat Japan diese Schreibstoffe durch den gelehrten koreanischen König *Kokuryo* erhalten, der sich in der Herstellung von Papier und Tusche hervortat. Das älteste erhaltene japanische Schriftdenkmal ist eine Weiheinschrift auf dem Heiligenschrein des Buddhabildes im Tempel *Hōryū* bei Nara. Die beiden japanischen Silbenschriften, aus 47 Silbenzeichen bestehend, sind aus chinesischen Wortzeichen abgeleitet. Sie sind wohl im 9. Jahrhundert entstanden. Die ältesten japanischen Blockdrucke stammen aus dem Jahre 770; es sind mit buddhistischen Segensformeln bedruckte Zettel, die die Kaiserin *Schōtoku* an Heiligtümer verteilen ließ. Dies sind wahrscheinlich die ältesten Blockdrucke der Welt, da chinesische Drucke nachweisbar erst aus späterer Zeit erhalten sind. Der Blockdruck von Büchern beginnt in Japan etwa im 10. Jahrhundert, die erhaltenen ältesten Stücke sind um 1200 zu setzen. Erst gegen Ende des 16. Jahrhunderts wurde der Druck aus beweglichen Typen in Japan eingeführt. So ist z. B. die alte Chronik der Geschichte Japans, das „*Nihongi*“ (entstanden um 720), zuerst wohl 1610 gedruckt. Ebenso haben wir als einen der ältesten japanischen Typendrucke eine Chronik der Zeit von 1573 bis 1591, die etwa 1615 bis 1620 verfaßt ist. An solchen alten Drucken ist die Universitätsbibliothek von Tokio reich. Interessant ist, daß im 16. Jahrhundert japanische Bücher mit lateinischen Buchstaben gedruckt sind. Sie sind alle aus der Druckerei hervorgegangen, die von den damals in Japan einflußreichen Jesuiten in *Amakusa* (auf der Insel *Kyūschū*) errichtet war. Hätte nicht die große Christenverfolgung des 17. Jahrhunderts in Japan alles vernichtet, was an europäischen Einfluß erinnerte, so hätten die Japaner damals vielleicht die für ihre Sprache durchaus geeignete lateinische Schrift übernommen. Infolge dieser Verfolgung sind die lateinisch-japanischen Drucke von größter Seltenheit. In Deutschland findet sich wohl keiner; mir ist nur ein 1598 gedrucktes japanisch-chinesisches Wörterbuch aus der Jesuitendruckerei bekannt, das die Universitätsbibliothek zu Leiden besitzt.

¹⁾ Takeshi Kitasato, Zur Erklärung der altjapanischen Schrift. Leiden 1901. Kampermann, Götterschrift. (Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Bd. IX, S. 367 bis 389. Tokio 1902.)

III. Der Druck in Korea.

Durch chinesischen Einfluß ist sowohl der Block- wie der Typendruck im 14. und 15. Jahrhundert auch in Korea ausgebildet worden. Darüber berichten mehrere koreanische Quellen mit großer Ausführlichkeit. Die Literatur Koreas schließt sich in ihren höheren Leistungen eng an chinesische Vorbilder an; eine große Enzyklopädie wie mehrere offizielle Annalen der einzelnen Dynastien, von kaiserlichen Hofhistoriographen verfaßt, bekunden diesen Zusammenhang mit China. Ihr Wert als geschichtliche Quellen beruht darauf, daß sie oft die Urkunden unverändert in den Text aufnehmen. In der großen koreanischen Enzyklopädie „Mun hön Pingo“ steht der eine Bericht über die Erfindung der Drucktypen, während die Annalen der letzten Kaiserdynastie, betitelt „Kuk cho Pögam“, einen zweiten Bericht enthalten. Außerdem haben sich mehrere koreanische Schriftsteller und selbst Dichter, zum Teil sehr ausführlich, über die Druckkunst geäußert. Diese Quellen erfordern wegen ihres offiziellen Charakters freilich eine kritische Behandlung. Sie lassen nicht erkennen, wie weit das chinesische Vorbild wirksam gewesen ist. Wahrscheinlich handelt es sich in Korea überhaupt nicht um eine selbständige Erfindung des Typendruckes, sondern um eine Nachbildung des chinesischen Verfahrens. Darauf scheint der Bericht der koreanischen Quellen über die Anfänge des Typendruckes hinzudeuten. Nach ihnen nämlich hätte ein König von Korea erwogen, wie wertvoll für die Bildung eines Volkes die leichte Vervielfältigung von Büchern sei und hätte solchen kulturpolitischen Erwägungen gemäß die Erfindung der Typen angeordnet. Das ist zweifellos höfische Stilisierung. Wenn ein Herrscher Koreas überhaupt derartige Gedanken hatte, so konnten sie nur aus bereits vorliegenden Tatsachen erwachsen; solche aber waren in China gegeben. Es scheint aber — das tritt in den koreanischen Annalen immer wieder hervor — ein Verdienst der Könige gewesen zu sein, die Bedeutung des Buchdrucks erkannt und diese Kunst vielfach gefördert zu haben.

Die Berichte lassen sich nicht in allen Einzelheiten, vor allem nicht im Jahre der Erfindung, ganz vereinigen. Das Wesentliche aber scheint recht zuverlässig überliefert zu sein. Der älteste Bericht liegt uns in den „Annalen der Yi-Dynastie“ (Kap. 3) vor:

„Im dritten Jahre der Regierung des Königs Tai-jong (1403) gedachte S. Majestät in Sorge der Tatsache, daß so wenig Bücher gedruckt werden könnten. Er gründete deshalb eine Anstalt für die Herstellung von Lettern und ließ mit diesen Bücher drucken. Dem Yi Totschik, Pak Sok-myong und Yi Eung wurde die Leitung der Werkstatt übertragen, und das Metall dafür wurde von der Regierung geliefert.“

Nach diesem Bericht gab es schon — wenn auch nur wenig — Bücher in Korea; wir werden an Plattendrucke denken dürfen. Von der Erfindung des Typendruckes wird hier nicht eigentlich geredet; er scheint vielmehr schon bekannt. Es wird nur von der Errichtung einer Druckerei mit Typen gesprochen.

Mit diesem Bericht stimmt im wesentlichen überein das 242. Kapitel der koreanischen Enzyklopädie. Gegenüber den Annalen besteht eine Abweichung in der Angabe des Jahres, das hier auf 1410 (oder 1409) zu berechnen ist. Wertvoll ist der Bericht der Enzyklopädie aber durch die Mitteilung des Erlasses, durch den der Typendruck eingeführt wurde. Wir wissen, daß es in Korea ein Staatsarchiv gab, das den Geschichtschreibern zugänglich war. Und diese Enzyklopädien Ostasiens sind nicht selbständige Darstellungen, sondern Sammelwerke aus der vorhandenen Literatur, wie schon ihr riesenhafter Umfang beweist. Der Bericht der Enzyklopädie lautet:

„Im dritten Jahre der Periode Tai-jong (1407 bis 1419) erließ der König folgende Proklamation: Unser Reich liegt jenseits der Grenzen des Meeres, und so kommen nur selten Bücher aus China zu uns, und Bücher sind von großem Nutzen für die Regierung des Landes. Die Holzplatten aber, die beim Druck angewandt werden, sind in kurzer Zeit abgenutzt und werden unbrauchbar; und wir können doch nicht für alle Bücher der Erde Holzstöcke schneiden. Darum ist unser Wille, daß Lettern aus Erz gefertigt werden zum Zusammensetzen, so daß mit ihnen ein jedes Buch gedruckt werde und literarische Bildung so weit wie irgend möglich sich verbreite. Hierfür aber sollen dem Volk keine besonderen Steuern auferlegt werden, sondern wir wollen das Geld aus unserem königlichen Schatz geben. Als Muster für die Schriftform bestimmen wir das alte ‚Buch der Dichtung‘ und das ‚Chaojan‘.“

Dieser Bericht läßt zunächst deutlich die Abhängigkeit der koreanischen Kultur von China erkennen: was Korea an Literatur besaß, erhielt es aus China. Vollends ist die Begründung der Pflege der Literatur durch ihren Nutzen für das Staatsleben ein echt chinesischer Gedanke. Kein Staats- und Volksleben ist so tief mit der literarischen Überlieferung, mit Buchwesen und Gelehrsamkeit verwachsen wie das chinesische. — Die Erfahrungen, die über Holzstöcke mitgeteilt werden, weisen deutlich darauf hin, daß man aus China nicht nur Bücher bezog, sondern daß das Verfahren des Holzplattendruckes zweifellos, von China übernommen, in Korea schon im 14. Jahrhundert geübt wurde. Ferner muß man um 1400 in Korea schon eine Vorstellung von dem gewaltigen Reichtum der chinesischen Literatur gehabt haben. Man konnte für diese Massen keine Holzstöcke herstellen.

Ist nun in diesen Berichten von einer Erfindung des Typendruckes in Korea die Rede? Sie sind bisher so aufgefaßt worden; ich selbst habe früher dazu geneigt. Indes möchte ich mich heute gegen diese Auffassung aussprechen. Alles, was wir von der älteren Kulturgeschichte Koreas wissen, zeigt, daß das Land durchaus von der chinesischen Kultur abhängig war, mutmaßlich also auch in einem so wichtigen Kulturbesitz wie dem Buchwesen. Indes kann solche allgemeine Erwägung nichts beweisen. Prüfen wir unsere Quelle aber genau, so sagt auch sie nichts von einer Erfindung der Typen, sondern spricht nur von der Herstellung von Lettern in Erz. Kannte man, wie sicher anzunehmen ist, in Korea den chinesischen Plattendruck, so darf man auch die Bekanntschaft mit dem Typendruck Chinas annehmen. Sieht man beide Berichte genau an, so setzt die Verfügung des Königs nicht nur die Kenntnis des Buchdruckes voraus, sondern auch die Verordnung, Lettern herzustellen, wird in einer Weise gegeben, in der nichts auf eine Erfindung hinweist, in der vielmehr weit eher der Schluß gestattet ist, daß eine bereits bekannte Technik auch in Korea eingeführt werde. Dazu Anregung gegeben und materielle Beihilfe gewährt zu haben, bliebe dann immer noch das Verdienst eines Königs.

Die koreanische Enzyklopädie gibt dann eine ausführliche Geschichte des Druckes in Korea. Im Anschluß an die königliche Verfügung wird berichtet: „In wenigen Monaten wurden Tausende von Lettern gegossen und geschnitten. Nach dem Jahre der Erfindung nannte man sie Tschonghai-Typen. Die Herstellung der ersten Drucktypen hat etwa gleichzeitig ein koreanischer Literat, Kwon Geun (1352 bis 1409), in einer uns erhaltenen Lobschrift gefeiert, die alles Verdienst an der „Erfindung“ dem König zuschreibt. Das ist natürlich eine Quelle, die für Einzelheiten durch ihre höfische Rhetorik unbrauchbar ist.

Im Jahre 1420 ließ der König neue Typen gießen, da die alten sich abnutzten und nicht regelmäßig genug waren, die Kong-ja-Typen genannt. Die Drucker fanden sie so gut, daß auch ihnen ein koreanischer Gelehrter, Pyon Keryang, eine

Lobschrift widmete. Diese Typen waren bis 1452 im Gebrauch, wo sie umgegossen wurden. Aus ihnen entstanden nach Musterzeichnungen eines Prinzen die Im-siu-Typen von 1452. Schon 1433 war eine ganz neue Type, etwas größer und auch schöner als die von 1420, gegossen worden. Im 15. Jahrhundert entstanden noch mehrere Typen, so 1455 die vom König Se-jo nach Mustern eines Kalligraphen hergestellten Eul-hai-Typen. (Diese Namen geben stets das Jahr der Entstehung an mit dem Namen der koreanischen Jahresrechnung.) Im Jahre 1465 wurde ein buddhistisches Werk, das „Wan-gak Kyong“, gedruckt, wozu eine neue Type gefertigt war, die aber nicht als gut befunden wurde. Nach den Zeichnungen zweier Herzöge ließ der König 1471 neue Lettern (Sin-mo) gießen, die kleiner und schöner als die von 1452 waren. Endlich wird eine Type (Ke-tschuk) aus dem Jahre 1493 bezeugt. So weit können wir mit Hilfe der „Enzyklopädie“ die Geschichte des Druckes in Korea verfolgen. Interessant ist das technische Interesse an scharfen und guten Formen, das Streben nach neuen Formen, an denen sich auch fürstliche Männer beteiligten.

Zu diesen geschichtlichen Berichten tritt nun noch ein dritter, eine Schrift des koreanischen Gelehrten Song-Hyon, der zwischen 1495 und 1507 schrieb. Sie ist wertvoll, weil sie uns genaue Angaben über die Technik des Typengusses und des Typendruckes bietet. Die in Frage kommende Stelle lautet:

„Zuerst wurden Lettern aus Buchsbaumholz geschnitten. Dies waren die Modelle. Dann holte man vom Meeresufer, wo das Rohr wächst, Schlamm, tat ihn in einen Trog und drückte die hölzernen Lettern hinein. So erhielt man die negative Matrize, die Gußform. Darüber wurde nun ein Deckel mit Öffnungen gelegt und flüssiges Kupfer hineingegossen. War es erkaltet, so hatte man Lettern. Zeigten sich Unregelmäßigkeiten, scharfe Kanten und dergleichen, so wurde mit der Feile nachgearbeitet. Durch Bambusstäbe wurden die einzelnen Lettern in Reihen festgehalten, daß sie nicht durcheinander geworfen werden konnten. Anfangs hatte man nicht gewußt, wie man die Lettern seitenweise zusammensetzen und befestigen sollte und hatte dazu um die aufgestellten Lettern eine Wachsplatte gegossen. Diese aber war nicht fest genug, und so kam man dazu, sie in einen Bambusrahmen zu klammern.“

Diese Technik ist in Korea bis zur Gegenwart angewandt worden, nur hat man zur Befestigung der Zeilen — die koreanische Schrift verläuft wie die chinesische in Kolumnen von oben nach unten — noch zu dem Mittel gegriffen, die Zwischenräume mit Pech auszugießen.

Die Literatur Koreas hat den Druck früh und oft in seiner Bedeutung für die Bildung des Volkes und das ganze Kulturleben gewürdigt. Als z. B. der Gelehrte Pyon Ke-ryang das erste mit Typen gedruckte Buch — eine Ausgabe der „Großen Lehre“ des Konfuzius — empfing, schrieb er folgende, für das ehemalige Geistesleben Koreas bezeichnende Sätze, die in vielem an die Würdigung erinnern, die Gutenbergs Kunst in Europa fand:

„Die Herstellung beweglicher Typen wird die Folge haben, daß viele Bücher gedruckt und allen kommenden Geschlechtern überliefert werden können. Das wird unabsehbaren Nutzen bringen. Es gibt kein Buch mehr, das nicht gedruckt werden könnte, und keinen Menschen, dem das Studium unmöglich wäre. Literarische Kenntnisse werden von jetzt an Verbreitung finden wie nie zuvor, und die Wissenschaft wird zu immer größerer Klarheit aufsteigen. Die Kaiser der (chinesischen) Han- und Tang-Dynastie hielten Wohlstand, Nutzen und Kriegstüchtigkeit für die wichtigsten Aufgaben des Staates. Die Tat unserer Zeit ist, damit verglichen, wie der Himmel gegen die Erde. Wahrlich, unendl. cher Segen wird unserer Heimat Korea daraus erwachsen.“

Georg Sigl.

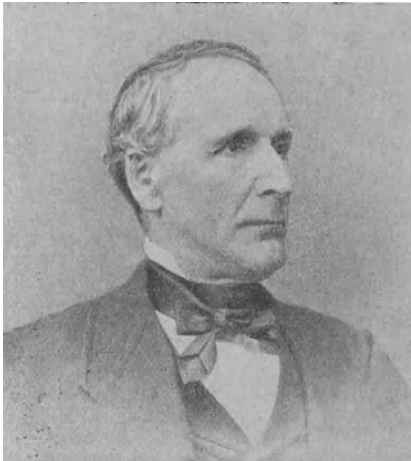
(1811 bis 1887.)

Dem Andenken eines unserer größten Industriellen.

Von

Oberinspektor F. R. Engel, Wien.

Es dürfte heute Wenige unter uns geben, die über die Persönlichkeit Bescheid wissen, der zu Ehren eine im IX. Bezirk von Wien gelegene Straße obigen Namen erhalten hat und deren Marmorbüste als Äquivalent für das angebotene,



Georg Sigl

geb. 13. Jan. 1811 gest. 9. Mai 1887

jedoch von der Familie dankend abgelehnte Ehrenggrab sich in unserem städtischen Museum befindet. Und zweifellos noch viel Wenigere, die sich seiner selbst entsinnen, des schlicht und bescheiden auftretenden Mannes mit den festgeschlossenen, an das Klassisch-Römische gemahnenden Zügen, aus denen sich sofort Begabung, vereint mit einer fast beispiellosen Energie erkennen ließ. Tatsächlich aber bedurfte es dieser beiden Eigenschaften in hervorragendem Maße, zumal in der etwa 70 Jahre vor uns liegenden Zeit, wollte man es bei uns in einem damals noch kaum entwickelten Zweige, dem Maschinenbau, vorwärtsbringen; denn die Voraussetzungen hierfür waren in unserer Vaterlande recht ungünstig. Wenn auch die Verdienste G. Sigls wiederholt, namentlich auch in den Konversationslexika gewürdigt wurden, ziemt

es sich doch, abgesehen von dem äußerlichen Umstand der 1917 stattgefundenen 30. Wiederkehr seines Todestages (9. Mai 1887) das Bild seines erfolgreichen Lebens neuerdings zu entrollen, unseren Mitmenschen zur Kenntnis, den künftigen Jüngern des Maschinenbaues zur Anfeuerung! Wir folgen hierbei hauptsächlich einem in Heft 5 der technischen Monatsschrift „Die Lokomotive“ veröffentlichten mit Bildnis geschmückten Lebensabriß¹⁾.

Wie häufig bei bedeutenden Männern, sind die Nachrichten über seine ersten Jahre dürftig. Am 13. Januar 1811 zu Breitenfurt bei Wien von armen Eltern geboren, kam Sigl, mit 12 Jahren bereits verwaist, in das Haus seiner an einen Schlosser

¹⁾ Wertvolle Daten verdanken wir auch dem technischen Direktor der „Neuen Freien Presse“, Herrn Karl Hermann, der Sigls Anteil an der Buchdruckerpressenindustrie in einer 1907 erschienenen Broschüre in das richtige Licht setzte, ebenso dem Jubiläums-Prachtwerke „Die Groß-Industrie Österreichs“ (1908).

verheirateten Schwester, wo er frühzeitig das Schlosserhandwerk erlernte. Im Jahr 1828, siebzehn Jahre alt, wanderte er als Handwerksbursche in die Schweiz, kam nach Bayern, arbeitete auch in Wasseralfingen (Württemberg) und kehrte 1832 in die Heimat zurück, um in die Maschinenfabrik Helbig & Müller in Wien, die sich mit dem Bau von Buchdruckerpressen befaßte, einzutreten. Hier tat er sich bald derart hervor, daß ihn der bekannte Maschinenfabrikant Dingler 1837 zu sich nach Zweibrücken (Bayr. Pfalz) berief, zunächst als Werkführer, um in seiner Fabrik die Schnellpressen-Erzeugung einzuführen und zu leiten, sodann als Beteiligten. Hier blieb Sigl nur bis zum Jahre 1840, da sein Selbständigkeitstrieb zu mächtig war; er trennte sich von dieser Firma und versuchte nun mit einigen hundert Talern Ersparnis sein Glück in Berlin. Aus recht kleinen Anfängen — er verfügte zunächst nur über ein Kämmerlein — arbeitete er sich mit unglaublicher Zähigkeit und Energie, gestützt von dem Wohlwollen des Buchhändlers Reimer, bald so weit empor, daß er bereits 1844 an die Gründung einer eigenen kleinen Maschinenfabrik in der Chausseestraße schreiten konnte, die bis 1889 im Eigentum der Familie verblieb. — Auch diese erweiterte sich bald und nahm eine herrschende Stellung in der deutschen Schnellpressen-Fabrikation ein. Seinem Fernblick entging es nicht, daß in Österreich auf diesem bisher ziemlich brach liegenden Felde noch große Erfolge zu erzielen wären. Daher wandte er sich 1846 bereits nach Wien, errichtete zunächst hier in der Mariannengasse, dann in der Gegend des heutigen Althanplatzes eine Schnellpressenfabrik und übernahm im Jahre 1851 das ursprünglich von Norris in Philadelphia (U. S.) am Michelbeuerngrunde (IX. Bezirk) errichtete Fabrikgebäude, das bestimmt war, einer — jedoch durch die Umwälzung von 1848 zugrunde gegangenen — Zweigunternehmung für Lokomotiverzeugung zu dienen, worauf er sich hier überraschend schnell zu entwickeln begann. Obwohl er auch hier noch immer vornehmlich die Schnellpressenfabrikation betrieb, bemächtigte er sich bald aller anderen Arten von Maschinen; er ersann eine Schnellpresse für Lithographie, baute Maschinen zum Bedrucken von Stoffen, zur Banknotenerzeugung, zur Papierfabrikation, ferner Dampfmaschinen, darunter eine (1867) von 1000 PS, Dampfkessel aller Art, Transmissionen, Werkzeugmaschinen, Pumpen, Mühl- und Triebwerke (Göpel), Ölpresen. Auch führte er größere Eisenkonstruktionen aus, so die Eisenbahnbrücke über die Wien bei Penzing, jene über den Inn nächst Bichelwang (bei Innsbruck) und jene über die Drau bei Pettau, viele Drehscheiben u. a. — Seine Erzeugnisse gingen nach Deutschland, der Schweiz, Frankreich, Italien, Portugal, den Donau-Fürstentümern, der Türkei, Rußland, Schweden, Dänemark, Holland, Belgien, überseeisch nach Indien, Nord- und Südamerika, sogar nach Abessinien.

Im Dampfmaschinenbau erfreute er sich eines solchen Ansehens, daß ihm 1857 die Lieferung der Triester Wasserhebemaschinen seitens der Wasserleitungs-Gesellschaft „Aurisina“, ferner 1860 jene der Kaiser-Ferdinands-Wasserleitung in Wien samt Pumpen durch den Gemeinderat übertragen wurde.

Über beide diese Ausführungen erhielt er lobende Anerkennungen, unter besonderer Hervorhebung des geringen Kohlenverbrauches. Letztere, eine Balanciermaschine von nominell 100, effektiv über 250 PS nach Woolfschem Prinzip, bildete eine technische Sehenswürdigkeit Wiens, und auf sie wurde in dem um diese Zeit erschienenen Lehrbuch über Maschinenkunde von Prof. Adam R. v. Burg als eine mustergültige Ausführung hingewiesen¹⁾.

¹⁾ Neben dieser technischen Beteiligung an städtischen Wasserversorgungen, war er auch mit Geld bei einer solchen beteiligt: 1871 war er Eigentümer der Rocca-Wasserleitung

In derselben ereignisreichen Zeit vor 60 Jahren faßte Sigl auch den Entschluß, sich dem Bau von Lokomotiven zuzuwenden. Seinem stets ins Weite und Große gerichteten Blick war ja die Rückständigkeit auf diesem Gebiete längst nicht entgangen. Der Bedarf an Lokomotiven wurde zumeist vom Ausland gedeckt, so z. B. auch für die 1855 eröffnete Semmeringbahn, wiewohl damals zwei dahingehörende Fabriken bestanden, die im Jahre 1840 von der damaligen Wien—Gloggnitzer Eisenbahn-Gesellschaft vor dem Belvedere gegründete, heute Eigentum der Staatseisenbahngesellschaft bildende, sowie die 2 Jahre später von dem ehemaligen Werkführer Wenzel Günther in Wiener-Neustadt angelegte. Da zunächst Sigl keine Aufträge erlangen konnte, baute er auf eigene Gefahr und Rechnung eine Lastzugslokomotive, die er zum Dank für seine Erfolge auf dem Gebiete der Buchdruckermaschinen „Gutenberg“ taufte und 1857, also vor etwa 60 Jahren, auf der Wien-Gloggnitzer-Bahn Probefahrten machen ließ. Die glänzenden Ergebnisse berechtigten den strebsamen Fabrikanten zur Annahme, daß nunmehr die Aufträge, die mittlerweile ins Ausland weiter erteilt wurden, ihm zukommen würden. Da geschah jedoch das Unglaubliche, daß er auf seine Anträge nicht nur durchweg Ablehnungen erfuhr, sondern daß sogar die Wien-Gloggnitzer-Bahn, nachdem sie diese Lokomotive ohne sein Wissen mehr als ein halbes Jahr in Betrieb gehabt hatte, erklärte, sie ihm wieder gegen eine kleine Entschädigung zurückstellen zu wollen — was natürlich eine schwere Schädigung ihres Wertes, bzw. Sigls Rufes bedeutet hätte. So wurde damals die inländische Industrie geachtet oder vielmehr geächtet! Hier war die Energie Sigls geradezu bewunderungswürdig, denn er ruhte nicht eher, als bis er endlich den Verkauf an die genannte Bahn durchgesetzt hatte. Allein auch der Presse gebührt ein großer Teil an diesem Erfolg; ihr Verdienst ist es nicht in letzter Linie, wenn von nun an der heimische Lokomotivbau einen lebhaften Aufschwung nahm. Hier zeigte sich die wohlthätige Macht der Journalistik im besten Lichte. Sigl spielte nämlich als letzten Trumpf die Drohung mit der Veröffentlichung aus! Das wirkte . . . Nun folgten die Aufträge von seiten anderer Bahngesellschaften, so daß Sigl sich zu einem weiteren kühnen Schritt entschließen konnte. Die Gelegenheit hierzu bot ihm der Zusammenbruch der früher genannten W. Güntherschen Lokomotivfabrik in Wiener-Neustadt, die 1860 in das Eigentum der k. k. priv. Kredit-Anstalt für Handel und Gewerbe übergegangen war, von der sie sodann Sigl 1861 pachtete. Da die Beschäftigung der Fabrik anhielt und da, namentlich infolge der politischen „Neuordnung“ in Österreich und Ungarn auch der Eisenbahnbau sich in mächtigem Aufschwung entwickelte, übernahm sie Sigl im Jahre 1867 in sein Eigentum.

Inzwischen hatte er aber auch alle anderen Zweige nicht vernachlässigt. So wurden von ihm für die k. k. Kriegsmarine in den Jahren 1857 bis 1858 die Dampfmaschinen für 5 Kanonenboote geliefert, denen später nach 10 Jahren jene für die Donaumonitore „Maros“ und „Leitha“ sowie für einen Sternraddampfer in Bosnien folgten; er gliederte dann, da auch die Landwirtschaft sich der neuen Zeit anzupassen begann, einen weiteren Zweig an, jenen der landwirtschaftlichen Maschinen, und zwar außer den Göpeln für Tierbetrieb, Lokomobile, Sägegatter, Schrottmühlen u. a., denen er nach der beispiellosen ungarischen Ernte des Jahres 1867 große Dampfdreschmaschinen und ferner Schiffsmaschinen nach einer besonderen

von Triest war, die er später an die dortige Gemeinde um den Spottpreis von 18000 Kronen verkaufte.

amerikanischen Bauart mit nur einem Dampfzylinder für die Remorqueurdampfer auf der Donau zufügte.

Bei dieser ganz außerordentlichen Ausdehnung seines Geschäftsbetriebes hatte Sigl stets mit grundsätzlichen Schwierigkeiten zu kämpfen: den ungleich höheren Preisen für Kohle und Eisen gegenüber dem Stammland der Maschinenindustrie, Norddeutschland. Auch hierin veranlaßte ihn sein klarer Blick zu einer neuen richtigen Schöpfung. Er erwarb 1867 den uralten Bergbau von Pitten (N.-Ö.) und einen dazu gehörigen Hochofen, die ihm beide den billigen Bezug von Eisen sicherten. Gleichzeitig unternahm er eine heftige Fehde gegen die hohen Kohlentransporttarife der Nordbahn. Da dieser Kampf, unter dem die gesamte Industrie schwer zu leiden hatte, ohne greifbares Ergebnis verlief, erwarb er zum Zweck der billigeren Kohlenbeschaffung 1869 einen Braunkohlenbergbau in Szápár bei Stuhlweißenburg und beteiligte sich mit Geld bei vier anderen Kohlenschürfen. Im Verfolg seines Strebens, sich die Kohle ungefähr um denselben Preis wie in Berlin, d. i. um die Hälfte billiger, zu beschaffen, unternahm er einen weiteren großartigen Schritt — er verfaßte damals die Vorstudien zu einem Donau-Oderkanal auf eigene Kosten! Auch beteiligte er sich, wieder mit Rücksicht auf billigere Erzbeschaffung, mit einem sehr bedeutenden Betrage an der 1867 in Gründung begriffenen „Innerberger Gewerkschaft“. Eine andere für ihn — angesichts der erwähnten Schwierigkeiten sowie des Schwankens unserer Valuta — wichtige handelspolitische Maßnahme bildete sein in jene Zeit fallender Kampf um die Erhaltung des Schutzzolles. Sein Eintreten dafür fand in Form einer Streitschrift statt, worin er in schonungslosester Weise, wiewohl erfolglos, die Absicht des Handelsamtes auf Einführung des Freihandels bekämpfte.

Auch der Kriegstechnik verschloß Sigl sich nicht. So wurden durch ihn im Jahre 1866 schwimmende Seeminen mit elektrischen Zündern, letztere nach der Anordnung des Mechanikers Siegfried Marcus, als Schutz für die Häfen von Triest und Venedig ausgeführt. Ebenso erzeugte er Mitrailleusen und Spitzgeschosse, eiserne Lafetten, ferner wurde ein bemerkenswerter Hinterladungsverschluß für Kanonen bei ihm zuerst ausgeführt. Es würde zu weit führen, hier alle die zahlreichen Maschinen aufzuzählen, welche aus Sigls Fabrik hervorgingen, daher mögen nur noch die größeren Einrichtungen und Ausstattungen Erwähnung finden, die geeignet sind, seine außerordentliche Tatkraft und Vielseitigkeit zu bekunden. Dahin gehören: die Maschinen und Speicher für das Verpflegsetablisement zu Verona (1866) im Werte von 2 Mill. Kronen, die zwar später in den Besitz des italienischen Staates übergingen, jedoch von Sigl wieder im Jahre 1871 zurückgekauft und in Budapest in einem von ihm eingerichteten und bis 1885 selbst betriebenen Lagerhaus Verwendung fanden; dann eine ähnliche Gesamtausstattung des k. k. Wiener Militärverpflegsetablisements, die Ventilation des Allgemeinen Wiener Krankenhauses, die mechanische Einrichtung der neuen Wiener Hofoper, der eiserne Dachstuhl samt mittlerem Turm der Votivkirche in Wien, die Rohrpost in Wien, Berlin und München, die Vervollständigung des k. k. Seearsenals zu Pola mit Dampfhammern und Werkzeugmaschinen, ebenso des Arsenales zu Kragujevac in Serbien, verschiedene Bäder (Esterhazy-, Römer- u. a.), viele hydraulische Hotelaufzüge, die Seilbahnen auf die Sofienalpe und den Leopoldsberg, die beide jedoch dem wirtschaftlichen Zusammenbruch des Jahres 1873 zum Opfer fielen, ferner die Wasser-schieber der ersten Wiener Hochquellenleitung, die Ausrüstung der Wasserleitungen (außer den genannten von Triest und Wien) mit Maschinen von Florenz,

Sebenico und Idria, die Werkstätteneinrichtung der südrussischen Bahnen in Odessa u. a. m.

Sigl war immer bemüht, allen Neuerungen auf dem Gebiete des Maschinenbaues Eingang zu verschaffen. Als Ende der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die neuen Steuerungen für Dampfmaschinen auftauchten, da wurde auch in seiner Fabrik zu Wien die erste Corlißmaschine gebaut, der später Maschinen mit Colmannsteuerung folgten; ebenso war er beflissen, Straßenlokomotiven herzustellen.

Die für große Zeitungsdruckereien, wie die „Vossische“ in Berlin und für die „Neue Freie Presse“ in Wien, gebauten Rotationspressen erregten die höchste Bewunderung auf der Weltausstellung zu Wien im Jahre 1873.

Sigls beide Haupterzeugnisse, Lokomotiven und Buchdruckpressen, erfreuten sich geradezu eines Weltrufs. Anfangs 1870 konnte das Fest der Herstellung der 1000. Lokomotive seitens der beiden Fabriken Wien und Wiener-Neustadt, zugleich mit der 1100. Buchdruckerei- und Lithographiepresse (Wien und Berlin zusammen), gefeiert werden, aus welchem Anlaß Sigl zum Ehrenbürger von Wien und Wiener-Neustadt ernannt wurde und das Komturkreuz des Franz-Josephs-Ordens erhielt. Ende 1874 war die Zahl von 2000 Lokomotiven erreicht. Mitte 1875 wurde die Wiener-Neustädter Fabrik in eine Aktiengesellschaft umgewandelt, deren Firmenbezeichnung heute noch den Namen G. Sigl mitenthält; bis dahin waren 1733 Lokomotiven von G. Sigl sowie 306 von W. Günther, zusammen 2039 geliefert worden. Nebenher sei hier bemerkt, daß, während sämtliche Fabriken Österreichs zusammen in der Zeit von 1840 bis 1870 nicht ganz 2000 Lokomotiven erbaut hatten, für die gleiche Spanne Zeit diese Zahl im deutschen Zollverein an 6000 betrug!

Welche Tragweite in volkswirtschaftlicher Hinsicht Sigls Lokomotiverzeugung allein zukommt, zeigt eine einfache Rechnung. Wird der Preis einer Lokomotive zu 60 000 Kronen im Durchschnitt angeschlagen, was sehr mäßig zu nennen ist, so ergibt sich hieraus, d. i. für 1733 Lokomotiven, die stattliche Ziffer von rund 100 000 000 Kronen. Diese Summe wurde dem Vaterland, wenn auch nicht ganz, so doch größtenteils erhalten, denn ohne ihn wäre sie höchstwahrscheinlich mindestens zu $\frac{3}{4}$ ins Ausland gewandert. Allein ganz besonders schwer ins Gewicht fällt hierbei der Umstand, daß der Betrag für nahezu ein Drittel der Gesamtzahl, für 521 Lokomotiven, die das Ausland¹⁾ bestellt hatte, somit von 25 bis 30 Mill. Kronen in Gold gezahlt wurde, was ganz zweifellos eine bedeutende Verbesserung unserer Valuta herbeigeführt hatte. Wie nicht genug hervorgehoben werden kann, bildet dies unbestritten das eigenste persönliche Verdienst Sigls. Denn auswärtige Bestellungen in damaligen Zeiten zu erlangen, dazu gehörte mehr, als gewöhnlicher Fabrikant zu sein, die Voraussetzung hierzu bildete eine durch Jahrzehnte bewährte Gediegenheit in Ausführung und Material, die den Ruf Siglscher Erzeugnisse schon längst derart in der Fremde verbreitet hatten, daß selbst billigere Angebote zu seinen Gunsten zurückgestellt wurden.

Die wahre Bedeutung Sigls in volkswirtschaftlicher Hinsicht tritt aber erst dann plastisch hervor, wenn man erwägt, wie jede einzelne verdiente Krone nach mehreren Richtungen hin befruchtend wirkt, ähnlich wie beim sogenannten Schneeballensystem ein Sammler unzählige andere schafft. Und es waren deren nicht wenige, in der Blütezeit sind nahezu 20 Mill. Kronen Jahresumsatz durch ihn gemacht worden! Wie viele kleine Meister fanden durch ihn Beschäftigung, welche Bestellungen erhielten durch

¹⁾ Hierunter 204 das Deutsche Reich.

ihn die großen Eisenwerke, namentlich Ne u b e r g in Steiermark! Welcher volkswirtschaftliche Wert kam überdies seinen zahlreichen Beamten und seiner ungeheueren Arbeiterschar zu, deren Anzahl in der Blütezeit (1872) 200 bzw. 5025 betrug! Von den letzteren entfielen 2800 auf Wiener-Neustadt, 1800 auf Wien, 170 auf Berlin, während sich der Rest von 255 auf die übrigen Unternehmungen, Pitten (Kohlenbergbau und Hochofen), Szápár (Kohlenbau), ein Sensenwerk zu Rettenegg (Steiermark) und die Silos des Lagerhauses zu Budapest verteilte.

Alle diese vielen Menschen waren emsigst bemüht, den Ruhm Siglscher Erzeugnisse in die fernsten Länder zu tragen. Sie hingen mit Lust an der Arbeit, empfanden sie doch bei jedem Anlaß, daß ihr Arbeitgeber keineswegs ein kaltherziger Unternehmer war, sondern daß er immerwährend für sie von aufrichtiger Güte und praktischem Wohlwollen erfüllt blieb — auch zu einer Zeit, wo der durch das Jahr 1873 verursachte wirtschaftliche Niedergang dies längst nicht mehr gestattet hätte. Er vereinigte eben die guten Seiten des Norddeutschen, die Kühnheit und Selbständigkeit, mit dem goldenen Herzen des Österreicher in sich, ohne je in die Fehler des letzteren, Kleinlichkeit und Zweifelsucht, zu verfallen. Er liebte es, seine Wohltaten im stillen auszuüben.

Man macht sich heute nur schwer einen Begriff von der Größe seiner Unternehmungen. Seine Fabrik in Wien besaß gegen 45 000 qm Grundfläche. Auf ihr befanden sich die alte von Norris erbaute Stammfabrik und die von Sigl allmählich errichteten neuen Gebäude der Schmiede und Gießerei, der Bureaus und der eigenen Wohnung, letztere da, wo heute das k. k. technologische Museum sowie das Gewerbe-förderungsamt untergebracht sind; endlich der heute der k. k. Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge, vorher der Firma Josef & Leopold Quittner dienende Trakt, jenseits der Eisengasse, worin einst die landwirtschaftlichen Maschinen, die großen Dreschmaschinen, später Straßenwalzen u. a. hergestellt wurden. Welchen Rufs sich die Siglsche Fabrik erfreute, beweist unter anderem der Umstand, daß der verstorbene Kaiser von Brasilien, Dom Pedro, sie anlässlich seines Wiener Besuches im Jahre 1868 besichtigte. Für Sigls Ehrlichkeit und Geradheit zeugt es, daß er, trotz der furchtbaren Verheerungen, die, wie angedeutet, als Folgen des ungeheueren Börsenkraches von 1873 die gesamte Industrie heimsuchten, seinen Verpflichtungen sämtlich nachkam.

Sigl heiratete im Jahre 1847 eine Wienerin aus gut bürgerlichem Hause, aus welcher Ehe acht Kinder entsprangen, wovon nur noch drei Töchter und ein Sohn leben, während die beiden ältesten Töchter schon lange und die beiden jüngeren Söhne vor einigen Jahren gestorben sind.

Es gab wohl niemanden, den Sigl durch sein Wesen nicht sofort gefangen-genommen hätte, der nicht von aufrichtiger Verehrung für diesen einfachen und doch so ungewöhnlichen Mann erfüllt worden wäre. Seine Schlichtheit wird am besten dadurch gekennzeichnet, daß er es verschmähte, höhere Auszeichnungen als das erwähnte Komturkreuz, die Ehrenbürgerschaft sowie die üblichen, bei Ausstellungen zur Verteilung gelangenden Medaillen anzunehmen. Möge es uns beschieden sein, in der kommenden Zeit der Friedensarbeit mit recht vielen ähnlich ausgeprägten Persönlichkeiten beglückt zu werden!

Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik.

Von

Dr. Richard Hennig, Berlin.

Unter den vielen technischen Großtaten, die unserer an stolzen Kulturfortschritten so reichen Zeit geglückt sind, gehört die Lösung des menschlichen Flugproblems zu den erstaunlichsten. Wenn aber auch auf unsere Luftschiffe und unsere Flugapparate mancher begeisterte Hymnus gesungen worden ist, wenn auch ihre Leistungen sich schon im Frieden und ungleich mehr noch im Krieg einer wahrlich nicht geringen Volkstümlichkeit erfreuten, so ermessen bisher doch die wenigsten mit staunender Bewunderung, welchen gewaltigen Sieg die Bezwingung des Luftmeers darstellt, und ein wie alter, oft geträumter Traum in eben diesen unseren Tagen zur herrlichen Wirklichkeit geworden ist. Wie viele von uns ahnen denn die Größe und Unwiderstehlichkeit der Sehnsucht von Jahrtausenden und abermals Jahrtausenden, der Sehnsucht, fliegen zu können wie die Vögel des Himmels und die Wolken, die „eilenden Segler der Lüfte“! Einer hat im dichterischen Geiste sich hineinsetzen vermocht in die Unwiderstehlichkeit des Triebes, den Vögeln ihr Geheimnis abzulauschen, einer, der selbst die Verwirklichung des zweifellos ältesten Lieblingsgedankens nicht mehr schauen sollte und der dahingehen mußte, kurz bevor das große Epochejahr der Fliegekunst, 1908, den endgültigen Sieg des Menschengenies über das Luftmeer entschied: unser Max Eyth, der Dichter des von wehmütigem Humor erfüllten geschichtlichen Romans vom „Schneider von Ulm“. Der Held dieses Romans, der brave Joseph Berblinger, war vor 107 Jahren, wie neuerdings noch unserer wackeren Otto Lilienthal, einer der letzten Vertreter der langen Reihe von Menschen, denen der glühende Wunsch, fliegen zu können, die Ruhe des Lebens raubte und — oft genug! — die Ruhe des Todes dafür schenkte.

Die Größe des kulturellen Erfolges, den die Erfindung der Lenkluftschiffe und der Flugzeuge darstellte, wird in ihrem ganzen Glanze vielleicht besser in die Erscheinung treten, wenn wir uns einmal an Hand der geschichtlichen Überlieferungen Rechenschaft ablegen, zu wievielen Malen, bei wievielen Gelegenheiten und in wievielen Ländern die Menschen sich schon in älterer Zeit, seit Jahrtausenden, bald mit klug durchdachten, bald mit stümperhaft naiven Mitteln bestrebt haben, den stolzen Lorbeer zu erringen, den schließlich das Genie eines Otto Lilienthal, der Brüder Wright, eines Grafen Zeppelin und anderer großer Geister wirklich gepflückt hat.

Nichts kann bezeichnender sein für die außerordentliche Stärke und Verbreitung des Dranges, das Flugproblem zu lösen, als die überaus große Zahl von Flugsagen, die in allen Erdteilen, ja, wohl bei allen Völkern und zu allen Zeiten die menschliche Phantasie beschäftigt haben. Kaum irgendein anderes Märchen- und Sagenmotiv erfreut sich eines gleich großen geographischen Wirkungskreises und einer gleich großen Beliebtheit. Man darf diese Tatsache psychologisch nicht unterschätzen,

denn es ist ohne weiteres klar, daß die heiß ersehnte Kunst, die in der Welt der Märchen so unendlich oft überraschend gelöst wurde, in der Wirklichkeit nicht minder oft als in der Phantasie erfinderischen Köpfe das Sinnen und Grübeln lehrte, und daß deshalb die Zahl der tatsächlich unternommenen Flugversuche unendlich viel größer gewesen sein muß, als es uns die mündlichen Volksüberlieferungen und die Chroniken aufbewahrt haben. — Die Flugsagen können uns hier, wo wir lediglich geschichtliche Vorgänge erörtern wollen, nicht näher beschäftigen, obwohl es kaum einem Zweifel unterliegen kann, daß gar manche von jenen Sagen mehr darstellt, als ein allein der Phantasie entsprungenes Märchen, daß gar manche den Nachhall bildet zu irgend einem in grauer Vorzeit unternommenen, natürlich mit völlig unzureichenden Mitteln ausgeführten, wirklichen Flugversuch, der in der dichtenden Volksüberlieferung alsbald mit starken Übertreibungen und üppig wucherndem, verherrlichendem Beiwerk ausgeschmückt wurde.

Die bei unseren Gebildeten allein bekannten Flugsagen sind die altgriechische vom Dädalus und Ikarus und die germanische vom kunstreichen Schmied Wieland. Die erstere, die uns heute so wohlvertraut anmutet, scheint übrigens in ihren zumeist charakteristischen Zügen nicht vor dem ersten vorchristlichen Jahrhundert bekannt gewesen zu sein, denn wenn auch der Name des Dädalus schon in der Ilias auftaucht¹⁾, so weiß die ältere Sage doch nur von einer Flucht des Dädalus zu Schiff zu erzählen²⁾, und erst in der römischen Kaiserzeit³⁾ taucht das Flugmotiv auf.

Dagegen treffen wir bei den Griechen andre Flugsagen, wie die von Phrixos und Helle, die vom „Luftwandler“ Abaris u. a., schon frühzeitig in größerer Anzahl an⁴⁾.

Auch die germanische und überhaupt die nordische Sagenwelt kennt außer der Wielandsage noch manche ähnliche Benutzung des Flugmotivs. Die Edda erzählt z. B. in „Bragaroedhur“ von den fliegenden Riesen Thiassi und Suttung⁵⁾. Die englischen Chroniken wissen von einem alten sagenhaften König Bladud dem Magier zu berichten, der im Jahre 3074 nach Erschaffung der Welt (686 v. Chr.) bei einem mißglückten Flugversuch den Tod gefunden haben soll⁶⁾. Ähnliche Flugsagen treffen wir unter den Sagen europäischer Völker noch zahlreich an. Gelegentlich stoßen wir sogar dabei schon auf Phantasieerfindungen, die ganz erstaunlich unsre heutigen Flugapparate vorausgeahnt haben. Am originellsten in dieser Hinsicht ist wohl ein Kalmückenmärchen von einem hölzernen „Wundervogel“, der Menschen durch die Luft trägt und von ihnen nach Belieben gelenkt wird⁷⁾.

Daß sich in Asien zahlreiche Sagen von fliegenden Menschen finden, so insbesondere bei Chinesen und Japanern, aber auch z. B. in der Märchenwelt der „1001 Nacht“, ist ja ziemlich allgemein bekannt. Ebensowenig aber entbehren die andren Erdteile der Überlieferungen von klugen Menschen, die mit Hilfe irgend-

1) Ilias XVIII, 592.

2) Xenophon, Memorabil. IV, 2, 35; Pausanias IX, 11, 5; Diodor. Siculus IV, 77, 6.

3) Vergil, Aeneis VI, 14 bis 19; Ovid, Metam. VIII, 198 ff., Ars amandi II, 21; Horaz, od. I, 3, 34/5, II, 20, 13, IV, 2, 2; Strabo XIV, 1, 19; Arrian, Anabasis VII, 20, 5.

4) R. Hennig, „Sagen von fliegenden Menschen“ in der „Sonntagsbeilage der Vossischen Zeitung“ vom 22. Mai 1910, S. 164.

5) Simrocks Edda-Ausgabe, S. 296 bis 300.

6) John Pits, „Relationum historia de rebus Anglicis“, S. 64 u. 988, Paris 1619; John Lesley, „History of Scotland“, ed. the Bannatyne Club, S. 76, Edinburgh 1830.

7) Benjamin Bergmann, „Nomadische Streifereien unter den Kalmücken“, Bd. I, S. 257. Riga 1804.

welcher Kunstgriffe imstande waren, durch die Luft dahinzufiegen. Die in Nordwestkanada ansässigen Kris-Indianer berichten von einem Manne Ayatc, der, genau wie Dädalus, von einer einsamen Insel mit Hilfe großer Möwenflügel entflo¹⁾, und in Südamerika gibt es den indianischen Yuruparimythos²⁾, der ein ähnliches Motiv behandelt, ferner in Peru die Legende vom fliegenden Ayar Utsu und Ayar Katsi³⁾. Afrika schenkt uns eine besonders zeitgemäße Sage in Gestalt des fliegenden Helden Kibago, von dem die Neger im Nordwest des Viktoriasees erzählen, und der für seinen König Nakivingi im Kriege gegen die Wangoro fliegend die feindlichen Stellungen erspähte und sie aus der Luft herab mit Felsstücken bombardierte⁴⁾. Neuseeland kennt ferner den fliegenden Heros Rupe⁵⁾, und so ist in der Tat das Flugproblem eines von denen, die offenbar überall auf Erden die Hirne denkender Menschen erregt haben und in zahllosen Dichterwerken als lösbar behandelt worden sind.

Es bleibe dahingestellt, ob diese zahlreichen und eigenartigen Überlieferungen, denen sich zweifellos noch viele ähnliche zur Seite stellen lassen werden, durchweg lediglich Erzeugnisse der dichtenden Phantasie sind, oder inwieweit sie Erinnerungen darstellen an tatsächliche Vorgänge, an sehr frühzeitige primitive Versuche, das Flugproblem praktisch zu lösen. In jedem Fall legen sie Zeugnis ab von der Größe der Sehnsucht, von der Stärke des Triebs, die Kunst der Vögel auch für die am niederen Erdenstoffe klebende und doch nach den freien Höhen verlangende Menschheit nutzbar zu machen.

Kein Wunder daher, wenn die ersten tatsächlichen, ernst gemeinten Bestrebungen, das menschliche Flugproblem zu lösen, schon verhältnismäßig sehr frühzeitig nachweisbar sind. Es ist dabei psychologisch überaus wahrscheinlich, daß bereits in noch älterer Zeit, aus der keine Kunde auf uns gekommen ist, menschliche Naturen, die etwas von dem weich-träumerischen Idealismus des „Schneiders von Ulm“ an sich hatten, sich ähnlichen Bestrebungen mit glühendem Eifer hingegeben haben. Wir wissen über sie nichts und können eben nur aus der Vorliebe der Sagenüberlieferung für fliegenkönnende Menschen und Übermenschen darauf schließen, daß das Sinnen über eine Lösung des Flugproblems schwerlich viel jünger sein wird als die Geschichte der denkenden und grübelnden Menschheit überhaupt.

Wenn wir nun aber die Sagenwelt ganz außer Betracht lassen und unser Augenmerk lediglich den geschichtlich beglaubigten, wenn auch zum Teil von sagenhaften Übertreibungen umrankten Flugversuchen zuwenden, so zeigt es sich, daß wir die Vorgeschichte der heutigen Aviatik doch schon sehr viel weiter zurückverfolgen können, als es in den landläufigen geschichtlichen Darstellungen der Luftschiffahrt geschieht. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, unter denen vor allem die vortrefflichen Studien von Franz Feldhaus rühmend hervorgehoben seien, beginnen selbst die tiefer schürfenden Werke die Geschichte der Luftschiffahrt meist mit dem Fallschirmversuch des Faustus Verantius vom Jahre 1617 oder mit dem angeblichen übrigen sehr sagenhaften) Ballonaufstieg des Pater Gusmao am 8. August 1709.

¹⁾ Émile Petitot, „Traditions indiennes du Canada Nord-ouest“, S. 451 bis 459. Paris 1886.

²⁾ Conte Stradelli im „Bolletino de la società geografica Italiana“, 1890, S. 659 u. 798.

³⁾ J. J. von Tschudi, „Beiträge zur Kenntnis des alten Peru“ in den „Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften fürs Jahr 1890“, S. 186. Wien 1891.

⁴⁾ Henry Morton Stanley, „Through the dark continent“, Deutsche Ausgabe, Bd. I, S. 381. Leipzig 1878.

⁵⁾ John White, „The ancient history of the Maori“, Bd. I, S. 83. Wellington 1887.

Tatsächlich aber ist die Geschichte der historisch nachweisbaren Flugversuche bereits mehr als 1¹/₂ Jahrtausend älter.

Die Behauptung mag seltsam und unglauhaft klingen, aber es läßt sich meines Erachtens erweisen, daß der älteste sichere Flugversuch an eine in der Bibel erwähnte Person anknüpft. Eine alte Überlieferung, die man bisher als eine fromme christliche Legende ohne jede Glaubwürdigkeit anzusehen geneigt war, scheint bei schärferer Prüfung aller Umstände dennoch einen tatsächlichen Hintergrund gehabt zu haben, wie die folgende kurze Betrachtung lehrt¹⁾:

Aus der Zeit des ersten Christentums sind uns sehr zahlreiche Nachrichten überliefert, wonach der in der Apostelgeschichte²⁾ erwähnte Magier Simon später in Rom in Gegenwart des Kaisers Nero, wie der Apostel Petrus und Paulus einen Flugversuch im Zirkus unternommen habe, bei dem er verunglückt sei, wie es heißt, infolge der Kraft des Gebetes Petri, an dem die magischen Künste Schiffbruch gelitten hätten. Die anscheinend älteste Quelle, die diese Geschichte erwähnt, sind die sog. *Constitutiones apostolicae*, deren Abfassung dem Clemens Romanus zugeschrieben wird, dem zweiten Nachfolger Petri in der Leitung der römischen Christengemeinde, der somit als Dritter in der Reihe der „Päpste“ betrachtet wird. Sollte die Autorschaft des Clemens Romanus zuverlässig sein, so hätten wir es in der Erzählung des Fluges des Magiers mit dem Bericht eines Zeitgenossen zu tun, in dem uns die Schilderung eines Augenzeugen des Ereignisses, nämlich Petri selbst, aufbewahrt ist. Da aber nicht feststeht, ob Clemens Romanus wirklich der Verfasser war, läßt sich auf dieses Zeugnis allein nicht bauen. Wie wir aber sehen werden, findet der an sich zweifelhafte Bericht inhaltlich eine einwandfreie Bestätigung in den Zeugnissen gleichzeitiger heidnischer Schriftsteller.

Die dem Petrus persönlich in den Mund gelegte Beschreibung in den *Constitutiones apostolicae* lautet folgendermaßen³⁾:

„Einst wandte er (Simon Magus) sich mittags nach dem Theater, beauftragte das Volk, auch mich mit Gewalt dorthin zu bringen und versprach, er werde in der Luft fliegen. Als nun alles Volk das Schauspiel erwartete, betete ich für mich im stillen. Und tatsächlich wurde er durch Dämonen in die Luft emporgehoben und flog hoch über dem Boden dahin, wobei er verkündete, er kehre jetzt in den Himmel zurück und werde ihnen von dorthin allerhand gute Gaben verschaffen. Und das Volk jauchzte ihm zu wie einem Gott.“

Des weiteren berichtet dann Petrus, wie er zu Gott gebetet habe, er möge die teuflische Kunst zuschanden werden lassen, und wie dann in der Tat der Zauberer gestürzt sei und Hüfte und Sprungbeine gebrochen habe.

Dieselbe Geschichte wird mit unwesentlichen Varianten im einzelnen unzählig oft von den christlichen Schriftstellern der ersten Jahrhunderte und den alten Kirchenvätern⁴⁾ berichtet, wobei im einzelnen noch mancherlei Ausschmückungen sich um den im Grunde stets gleichbleibenden Kern gruppieren. Die Erzählung trägt die eigenartigen Züge der christlichen Legende an sich, aber dennoch scheint ihr ein geschichtlicher Hintergrund zuzukommen, wie eine nähere Prüfung des Sachverhalts zeigt.

¹⁾ Vgl. hierzu meine genauere Studie: „Der älteste historische Flugversuch“ in der *Sonntagsbeilage der Vossischen Zeitung* vom 20. Februar 1910, S. 57.

²⁾ Kap. 8, V. 9 und 13.

³⁾ VI, 9.

⁴⁾ Vgl. z. B. Augustinus, *epist. cl. II, cap. 9.*

Zunächst läßt sich ein psychologisches Motiv für den Flugversuch des Magiers Simon ermitteln. Maximus von Tauris deutet es an, wenn er berichtet¹⁾, Simon habe zeigen wollen, daß auch er, wie Christus, zum Himmel auffahren könne. Daraus ließe sich sogleich das große Interesse erklären, das Simon an der persönlichen Anwesenheit des Petrus und Paulus nahm. Andererseits würde dann auch die Teilnahme verständlich, die Kaiser Nero dem Flugversuch entgegengebracht haben soll, denn im Grunde genommen lief des Simon Vorhaben auf eine Verspottung des Christentums hinaus, und des Petrus inbrünstiges Gebet galt in erster Linie der Abwehr einer Verwechslung von Zauberkunststücken mit frommen christlichen Überlieferungen. Es ist daher auch psychologisch sehr wohl glaubhaft, daß der Kaiser, nach dem Fehlschlag des Flugversuchs, auf Petrus und Paulus zornig war, sie gefangennehmen und ihnen den Prozeß machen ließ. Berichtet doch Clemens Romanus ausdrücklich, die beiden Apostel hätten nach mehrmonatiger Gefangenschaft den Kreuzestod erlitten „propter consternatum Simonem“.

Die psychologisch glaubhafte Erklärung des Flugversuchs genügt freilich noch nicht, die Tatsache selbst sicherzustellen. Wenn die Dinge sich ungefähr so abgespielt haben, wie es die christliche Legende behauptet, so muß es sich immerhin um ein aufsehenerregendes Ereignis gehandelt haben, und man darf mit Recht erwarten, daß auch die heidnische Literatur von ihm Notiz nehmen mußte. Ist dies nicht der Fall, so liegt Grund vor, die ganze Erzählung als fromme Sage zu bewerten. Treffen wir jedoch bei den heidnischen Schriftstellern auf eine verwandte Schilderung, so kann an der Tatsächlichkeit des Ereignisses selbst ein Zweifel wohl kaum noch obwalten.

Unter diesem Gesichtspunkt gewinnt nun eine Äußerung des Sueton ausnehmendes Interesse, die man bisher kaum beachtete, weil man sie auf die Theateraufführung eines mythologischen Schauspiels bezog, die aber im Zusammenhang mit des Clemens Romanus Schilderung hervorragende Wichtigkeit erhält. Sueton berichtet nämlich in seiner Schilderung des Lebens Kaiser Neros²⁾:

„Ein Ikarus stürzte gleich bei seinem ersten Flugversuch neben des Kaisers Lager zu Boden und bespritzte ihn selbst mit seinem Blute.“

Wenn auch hierin das „gleich bei seinem ersten Flugversuch“ schlecht auf ein Theaterschauspiel passen würde, so ist dennoch die Annahme, daß es sich um ein solches handelte, noch nicht ganz von der Hand zu weisen. Die allzu knappe Darstellung des Sueton gestattet jedenfalls keine weiteren Schlüsse. Um so beachtenswerter ist eine genauere Schilderung bei Dio Chrysostomus³⁾, in der auch dem Kaiser selbst bei der Veranstaltung eine sehr viel aktivere Rolle beigemessen wird, als bei Clemens Romanus und Sueton:

„Niemand durfte ihm (dem Kaiser Nero) aus irgendeinem Anlaß widersprechen, wenn er etwas sagte, und etwas für unmöglich erklären, wenn er es befohlen hatte. Als er z. B. verlangt hatte, ein gewisser Mensch solle fliegen, mußte dieser es ihm versprechen, und lange wurde er bei ihm gepflegt, als ob er sich zum Fliegen vorbereite.“

Hierzu vergleiche man folgende Stelle aus Juvenal⁴⁾:

„Alles konnte jener kleine Grieche, der nach den Himmelshöhen verlangte; wenn du es befiehst, geht er dorthin, bis zur höchsten Höhe. Nicht ein Sarmate oder Maure

1) Homilia C. I.

2) Kap. XII.

3) Rede 21.

4) III, 77 bis 80.

oder Thrazier war es, der einst die Flügel nahm, sondern einer, der mitten in Athen geboren war.“

Daß Juvenal mit dieser Erinnerung, die übrigens in Lucians Gespräch „Der Lügenfreund“ eine Parallele findet („Was sollte ich anderes tun, als ich sah, wie jener fremde Barbar in der Luft einherflog, und zwar eine ganze Zeitlang?“), auf denselben Vorfall anspielt, von dem die christlichen Legenden so viel zu erzählen wissen, geht schon rein äußerlich aus dem Umstand hervor, daß sein Ausdruck „der die Flügel nahm“ (qui sumpsit pennas) fast wortgetreu in des Maximus von Tauris Bericht über Simons Flug und Sturz wiederkehrt: qui pennas assumpserat.

Fügt man die Bruchstücke aus christlicher und heidnischer Literatur zusammen, unter denen des Sueton Zeugnis zweifellos am wertvollsten ist, so ergibt sich ungefähr folgendes Mosaikbild des Tatbestandes: Simon war ein geschickter Taschenspieler und Magier, der geneigt war, auch die Christus zugeschriebenen Wunder als Zauberkunststücke anzusehen, und der sie daher nachzuahmen strebte. Er erfreute sich dabei der Gunst Kaiser Neros, der der Magie sehr ergeben war¹⁾ und der ihm eines Tages zu fliegen befahl. Nach längeren Vorbereitungen war Simon hierzu bereit und ließ nun prahlerisch ankündigen²⁾, er sei Christus und werde zum Himmel auffahren, um über seine Feinde, die Christen, schwere Strafen herabzubitten. Er wählte den Zirkus als Ort seines Vorhabens und ließ das Oberhaupt der Christen, Petrus, gewaltsam herbeischaffen, damit er Zeuge seines Triumphes sei, dem auch Nero als Zuschauer beiwohnte. Petrus nahm Stellung gegen die Gotteslästerung und betete zu seinem Gott, er möchte den Frevel zuschanden werden lassen. Tatsächlich stürzte Simon dicht neben dem Lager des Kaisers ab und verletzte sich schwer oder fiel sich gar zu Tode, worauf Nero den Petrus, dem man die Schuld an dem Mißerfolg beimaß, gefangennehmen und hinrichten ließ. Da Petrus der Überlieferung nach am 29. Juni 68 starb und 9 Monate gefangen saß, dürfte der Flug im Zirkus etwa im September oder Oktober 67 stattgefunden haben.

Welcher Mittel sich der Magier bedient haben mag, um den „Flug“ auszuführen, ist natürlich unmöglich festzustellen. Es verdient dabei hervorgehoben zu werden, daß es sich schwerlich bloß um einen markierten Flug gehandelt haben kann, denn Flüge, die mit Hilfe besonderer (uns unbekannter) Maschinen zur Ergötzung der Zuschauer vorgetäuscht wurden, waren im Altertum keine Seltenheit, finden sich in der alten Literatur viel erwähnt³⁾ und hätten im Falle Simon schwerlich Aufsehen erregt und besondere Erwähnung gefunden. Simon muß wohl in der Tat überzeugt gewesen sein, mit Hilfe besonderer Kunstgriffe einen echten Flug ausführen zu können, und bezahlte diesen Irrtum mit seinem Verderben.

Da man die von dem Magier angewandten Mittel nicht kennt, muß die Geschichte der Technik sich mit der Verzeichnung des Ereignisses begnügen. Ein etwas tieferer Einblick in das langsame Entstehen der Erkenntnis von den wahren Naturkräften, die die Luftschiffahrt unsrer Tage schließlich ermöglicht haben, wird uns aber durch eine andere Tatsache aus altrömischer Zeit gewährt, der man freilich auf den ersten Blick den Zusammenhang mit der modernen Aeronautik nicht anzusehen vermag, um so mehr, als es sich dabei zunächst nur um ein militärisches Symbol handelt,

¹⁾ Plinius XXX, 4.

²⁾ Maximus von Tauris, a. a. O.

³⁾ Vgl. die Auslassungen von Theokrit, Juvenal, Nonius, Festus, Hesychius u. a. über die Kunst der „Petauristen“.

dessen Verwendung offenbar lediglich infolge eines Zufalls zu aeronautisch bedeutsamen Wahrnehmungen führte.

Auf der Trajanssäule finden wir eine Reihe von Feldzeichen der Dacier abgebildet, schwebende Drachengestalten, die sich an einer Stange in der Luft schwebend erhalten. Der Drache als militärisches Symbol, gewissermaßen als Fahne, war aber nicht nur bei den Daciern gebräuchlich, sondern auch bei verschiedenen anderen Völkern des Ostens, so bei den Scythen¹⁾, der Parthern²⁾, den späteren Persern³⁾ sowie den Indern⁴⁾. Wenngleich die Vermutung sich durchaus nicht erweisen läßt, so spricht doch eine hohe innere Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Drachensymbol, das ohne weiteres stark chinesisch anmutet, aus dem fernsten Osten, aus China, zu den Völkern Vorderasiens und Europas gelangt ist. Die Annahme hat um so mehr für sich, als gerade im 1. und 2. nachchristlichen Jahrhundert zwischen dem Chinesischen Reich, das sich damals zeitweilig bis an den Aralsee und in die Nähe des Kaspischen Meeres ausdehnte, und den Parthern, bzw. über diese hinweg zu den Mittelmeervölkern sich besonders rege Handelsbeziehungen nachweisen lassen⁵⁾, die eine Kenntnis chinesischer Sitten und Gebräuche zunächst bei den Parthern, dann aber auch bei den übrigen Westvölkern geradezu als eine psychologische Notwendigkeit erscheinen lassen. Mag nun aber die Entlehnung des Drachensymbols von den Chinesen zutreffend sein oder nicht, in jedem Fall scheint die Verwendung der Drachengestalt im Heeresdienst eine Art von suggestiver Kraft besessen zu haben, wobei die Wahrnehmung mitgewirkt haben mag, daß das Bild des mißgestalteten Ungeheuers einem naiven und abergläubischen Feind Schrecken einflößte und Verwirrung schuf. Jedenfalls steht als wichtigste Tatsache fest, daß ungefähr seit der Zeit Kaiser Aurelians (275), in dessen Feldzügen gegen die Parther und die Königin Zenobia die Römer abermals Gelegenheit hatten, feindliche Drachenfeldzeichen kennenzulernen, das eigenartige Symbol sich auch im römischen Heere eingebürgert hat, und zwar als Abzeichen der einzelnen Kohorten, ähnlich wie das Adlerfeldzeichen von alters her je eine Legion um sich scharte. Vegetius berichtet ausdrücklich⁶⁾:

„Auch werden die Drachen in den einzelnen Kohorten durch Drachenträger (dracōnarii)⁷⁾ in die Schlacht vorangetragen.“

In dieser Hinsicht haben die Römer nicht nur das Symbol, sondern auch die Art seiner Verwendung den feindlichen Heeren entlehnt, denn auch von den Parthern berichtet uns Lucian a. a. O.:

„Soviel ich weiß, führt ein Drache immer 1000 Mann.“

Das Drachenfeldzeichen erfreute sich bei den Römern bald derartiger Beliebtheit, daß schon wenige Jahrzehnte nach Aurelian ein besonderer purpurn gefärbter Drache den Ort kennzeichnete, wo sich der Kaiser aufhielt⁸⁾. In Freytags Roman „Ingo“ begegnen wir, kulturhistorisch vollkommen zutreffend, dem purpurnen Drachen

1) Arrian, tact. 35,3; Suidas 307.

2) Lucian, De conscrib. hist. 29.

3) Hist. Aug. Aureliani 28, 5.

4) Suidas 119.

5) Alb. Herrmann, Die alten Seidenstraßen zwischen China und Syrien, Heft 21 der Quellen und Forschungen zur alten Geschichte und Geographie. Berlin 1911.

6) II, 13.

7) Nebenbei sei bemerkt, daß eine seltsame kulturhistorische Wandlung des Begriffs, die uns hier nicht weiter beschäftigen kann, aus dem Wort draconarii unsere heutige Bezeichnung Dragoner hat entstehen lassen.

8) Ammianus Marcellinus XV, 5, 16.

als Zeichen des siegreichen Julianus Apostata in der Schlacht bei Argentoratum (= Straßburg, 357 n. Chr.).

Bis hierher bietet die Verwendung des Drachens in den Heeren des ausgehenden Altertums lediglich kulturgeschichtliches Interesse und hat noch nichts mit technischen und aeronautischen Dingen zu tun. Aber gerade in Freytags „Ingo“ finden wir in der Schlachtenbeschreibung des alten Barden den kaiserlichen Purpurdrachen, der dann von Ingo erbeutet wird, in Verbindung gebracht mit einer Neuerung, die zunächst als eine spielerische Abart anmutet, die jedoch technisch von ausnehmendem Interesse ist, da sich von hier eine geradlinige Stufenleiter der Entwicklung bis zum Warmluftballon der Gebrüder Montgolfier verfolgen läßt. Freytags alter Barde berichtet nämlich¹⁾:

„Hinter die zweite Reihe der Römerscharen ritt gebietend auf seinem Rosse der Caesar, über ihm schwebte als Banner das Drachenbild, der Riesenwurm mit gewundenem Leib, das heilige Schlachtzeichen der Römer, purpurrot war der Wurm und aus dem aufgesperrten Rachen fuhr die züngelnde Flamme.“

Diesen Feuerbrand im Maule des Drachenfeldzeichens finden wir in den späteren Jahrhunderten des öfteren erwähnt und auch verhältnismäßig früh bereits bildlich dargestellt²⁾. Für das 4. Jahrhundert, die Zeit der Schlacht von Straßburg, scheint mir seine Kenntnis und Anwendung noch nicht nachweisbar, und ich weiß nicht, worauf Freytag diese seine Schilderung gestützt haben kann³⁾. Immerhin zeigt die aus dem 4. Jahrhundert stammende Darstellung im Codex Aureus, daß damals die Verwendung des Feuerbrandes in Verbindung mit dem Drachenzeichen schon seit längerer Zeit bekannt gewesen sein muß. Sehr viel Wahrscheinlichkeit hat die zuerst von Feldhaus (a. a. O.) geäußerte Vermutung für sich, daß das Feuerzeichen zunächst nur zur Nachtzeit die Stelle bezeichnen sollte, wo das Feldzeichen sich befand, und daß lediglich ein Zufall Veranlassung gab zu einer ersten, in viel späteren Jahrhunderten vollreich gewordenen technischen Entdeckung⁴⁾.

„Bei dieser Vorrichtung trat nun eine eigenartige Erscheinung auf: die von dem Feuerbrand ausgehende warme Luft wurde in das Innere des hohlen Drachenleibes hineingetrieben und trug dazu bei, daß sich der Tierleib leichter hob.“

Mag nun der Feuerbrand im Maul des Drachens schon im 4. Jahrhundert, wie Freytag vermutet, oder erst später angewandt worden sein, so viel steht fest, daß die Neuerung spätestens im beginnenden Mittelalter bekannt war. Sobald sie einmal eingeführt war, mußte sie zweifelsohne ständig benutzt werden, denn sie erwies sich nicht nur als zweckmäßig zur leichteren nächtlichen Orientierung der Truppen, sondern auch als ästhetisch reizvoller zur künstlerischen Erzielung eines schwebenden Drachenleibes und überdies als wirksamer zur Erschreckung des Feindes, von deren Tragweite uns schon der „Ingo“ eine leise Vorstellung gibt, und deren taktische Wichtigkeit später, wie wir noch hören werden, in der Mongolenschlacht bei Liegnitz auch geschichtlich offenbar wurde. Es hat freilich den Anschein, als ob die Sitte der Verwendung feuerspeiender Drachen als Feldzeichen, die im ersten Jahrtausend unsrer Zeitrechnung zuverlässig nachweisbar ist, später wieder verlorengegangen

¹⁾ Gustav Freytag, „Ingo“ Kap. 2.

²⁾ Codex Aureus der Bibliothek zu St. Gallen. Wiedergegeben bei Franz Feldhaus, „Ruhmesblätter der Technik“. Leipzig 1910, S. 320.

³⁾ Eine Anfrage bei Gust. Freytags Sohn, Herrn Prof. Willibald Freytag in München, ergab, daß sich Näheres über die zur „Ingo“-Schilderung benutzte Quelle leider nicht ermitteln ließ.

⁴⁾ a. a. O., S. 320.

sei, um im 13. Jahrhundert auf einem ganz neuen Wege nochmals nach Europa zu gelangen und dann abermals für einige Jahrhunderte zu einem Bestandteil der mitteleuropäischen Kriegsbräuche zu werden.

Bevor wir uns aber dieser zweiten Zeitspanne der Drachenfeldzeichen zuwenden, müssen wir, um nach der Zeit vorzugehen, noch einiger mittelalterlicher Flugversuche Erwähnung tun. Deren Zahl ist erheblich größer, als man zunächst anzunehmen geneigt sein wird. Bereits seit dem 9. Jahrhundert ist kaum noch ein Jahrhundert vorhanden, von dem uns nicht praktische Versuche, das Flugproblem zu lösen, sicher bezeugt oder mindestens wahrscheinlich gemacht sind. Die Behauptung mag überraschend erscheinen, aber sie läßt sich erweisen. Daß der größte Teil der Versuche technisch unzulänglich war und das Flugproblem mit den primitiven Mitteln der alten Volkssage zu lösen versuchte, ist eine Sache für sich. Psychologisch und kulturgeschichtlich bleibt dennoch die Feststellung von hohem Reiz, wie überaus lebhaft der Wunsch, fliegen zu können, die Gedanken nicht alltäglicher Geister selbst in einer Zeit beschäftigt hat, die wir als „finsterstes Mittelalter“ anzusehen gewohnt sind, und von der wir, durchaus irrig, oft wännen, daß religiöse und kirchliche Ideen alle anderen Geistesregungen in den Hintergrund gedrängt haben. Und wie viele grübelnde Denker mögen sich außer denen, von deren Handlungen uns eine zufällige Kunde erhalten geblieben ist, bemüht haben, dieselbe Aufgabe zu lösen, die dem Menschen bei der sinnenden Betrachtung der die Luft durchschneidenden Vögel stets als ein verlockender Traum von höchstem Reiz erschien?

Soweit sich der literarische Nachweis führen läßt, scheint nach dem Magier Simon der erste, der sich praktisch mit der Lösung des menschlichen Flugproblems beschäftigte, ein arabischer Gelehrter gewesen zu sein, der ums Jahr 880 in Spanien lebte. Abu 'l Qâsim Abbas Ben Firnâs, von dessen Lebenslauf wir nur wissen, daß er in Cordova zu Hause war und dort im Jahre 889 gestorben ist¹⁾, muß ein technisch und wirtschaftlich glänzend begabter, überaus erfindungsreicher und vielseitiger Kopf gewesen sein. Eine spätarabische Quelle²⁾ weiß an ihm zu rühmen, daß er Arzt und Dichter war, Glasfabriken in Andalusien ins Leben rief, Musikwissenschaft lehrte, das älteste Metronom erfand und sich auf zahlreichen anderen Gebieten der Kunst und Wissenschaft betätigte. Unter anderem soll er nun auch einen Flugversuch ausgeführt haben, von dem Ahmed Ibn Mohammed Al-Makkari folgendes berichtet³⁾:

„Unter andren sehr sonderbaren Experimenten, die er ausführte, bestand eines in einem Flugversuch. Er bedeckte sich selbst für dies Unternehmen mit Federn, band sich ein Paar Flügel auf den Rücken, begab sich an einen erhöhten Ort und schwang sich in die Luft hinab. Nach dem Zeugnis einiger glaubwürdiger Chronisten, welche diese Tatsache bezeugen, flog er über eine beträchtliche Strecke dahin, als ob er ein Vogel gewesen wäre; aber als er sich an dem Platze, von dem er aufgestiegen war, wieder herablassen wollte, war sein Niedergang äußerst heftig. Er wußte nämlich nicht, daß die Vögel beim Niedersteigen auf den Schwanz fallen, und somit verabsäumte er, sich mit einem solchen auszurüsten.“

Da dieser Bericht rund 6¹/₂ Jahrhunderte nach dem Ereignis, wenn auch offen-

¹⁾ José Antonio Conde, „Historia de la Dominacion de los Arabes en España“ Bd. I. S. 328. Madrid 1820.

²⁾ Ahmed Ibn Mohammed Al-Makkari (1585 bis 1631), „Nafhu-t tib min ghosni-l-Andalusi-R-Rattib Wa Tarikh Lisánu-D-Din Ibni-L-Khattib“, herausgegeben von Pascual de Gayangos unter dem Titel „The histories of the Mohammedan Dynasties in Spain“, 2 Bde. London 1840 und 1843.

³⁾ 2. Buch, 3. Kap., S. 148 der Ausgabe Gayangos.

bar an Hand älterer Urkunden verfaßt worden ist, hat man ein Recht, ihn für nicht allzu zuverlässig zu halten. Es soll sich aber noch ein älteres handschriftliches Zeugnis über den Flug des Abu 'l Qâsim aus der Zeit des Geschehnisses selbst vorfinden, dessen Verfasser der damals am Hof des Sultans Mohammed I. von Cordova (852 bis 886) lebende Dichter Mumen Ibn Said war, und das sich im Britischen Museum in London befinden soll¹⁾. In dieser Schrift, deren Original prüfen zu lassen bisher nicht möglich war, heißt es angeblich über Abu 'l Qâsim:

„In der Schnelligkeit seines Flugs übertraf er den Strauß, aber er verabsäumte es, seinen Körper mit der Stärke des Geiers auszurüsten.“

Diese Bemerkung zeichnet sich zwar nicht eben durch große Klarheit aus, aber die Erwähnung des Flugversuchs verbürgt doch immerhin die Tatsächlichkeit des von Ahmed Ibn Mohammed berichteten Ereignisses.

Ein anderer Flugversuch, von dem uns eine Kunde erhalten geblieben ist, wurde im Jahre 1065 oder 1066 in England unternommen, und zwar im Kloster Malmesbury. Der Bericht darüber stammt aus dem 13. Jahrhundert und findet sich bei dem als Historiker bewährten Mönch Ranulph Higden²⁾, von dem ihn u. a. der etwas später lebende Chronist Henri Knighton oder Cnitthon³⁾, Kanonikus von Leicester, fast Wort für Wort abgeschrieben hat. Nach dieser Erzählung trug sich kurz vor dem Tode König Eduards — 1066 — im Jahre eines großen Kometen⁴⁾ folgendes Ereignis zu:

„Damals trat jener Oliver, der in den Schriften wohl bewandert war, obwohl er schon im reiferen Alter stand, wie ein Jüngling mit einem unerhört kühnen Versuche hervor. Er band sich Flügel, in einer mir nicht bekannt gewordenen Weise, an Hände und Füße, um künstlich, nach Art des Dädalus, zu fliegen, da er die Fabel für Wirklichkeit hielt. Er flog von der höchsten Spitze eines Turmes auf der zusammengedrängten Luft über den Raum eines Stadions und noch mehr dahin; aber ängstlich geworden durch die Wucht des wirbelnden Windes, vielleicht auch im Bewußtsein der Wahrscheinlichkeit seines Unternehmens, stürzte er schließlich, wobei seine Schenkel für immer verkrüppelt wurden.“

Rund hundert Jahre später fand wieder an ganz anderer Stelle, in Konstantinopel, ein Flugversuch eines Sarazenen statt, der von der Vorstellung ausging, daß es möglich sein müsse, mit Hilfe eines Windsegels einen Menschen durch die Luft fliegen zu lassen. Das Ereignis fiel, soweit die Begleitumstände es zu erkennen gestatten, in das Jahr 1160 oder 1161. Der zeitgenössische byzantinische Schriftsteller Niketas Choniates, auch Niketas Akominatos genannt, berichtet, daß während eines Besuches des Sultans von Ikonium Kilidsch Arslan beim byzantinischen Kaiser Manuel I. Komuenus sich folgender Vorfall abspielte⁵⁾:

„Damals trat ein gewisser Agareus⁶⁾ auf, der anfangs für einen Betrüger gehalten

¹⁾ Nr. 9578, Fol. 130.

²⁾ Ranulph Higden, „Polychronicon“, herausgeg. von Joseph Rawson Lumby, Bd. VII, S. 222. London 1879.

³⁾ Henri Cnitthon, „Chronica de eventibus Angliae“ Bd. I, Kap. 15. In Corp. Script. hist. edid. Troysden. London 1652.

⁴⁾ Beide Zeitangaben stimmen nicht ganz miteinander überein. König Eduard, der Bekenner starb am 5. Januar 1066, der Halleysche Komet, der damals besonders groß und glänzend war, und dem man die Schuld am Normanneneinfall in England (Schlacht bei Hastings, 14. Oktober 1066) beimaß, erreichte jedoch seine größte Helligkeit erst einige Monate nach dem Tode des Königs (Sonnennähe am 1. April 1066).

⁵⁾ Migne, „Patrologia graeco-latina“, Bd. 139, S. 458.

⁶⁾ Der lateinische Text bei Migne lautet: „Agareus quidam“, der griechische Originaltext hingegen: „τις ἀνὴρ τῆς Ἄγαρ ἀπόγονος.“

wurde, der aber, wie sich später zeigte, in Wirklichkeit der unseligste aller Sterblichen war; er bestieg aus eigenem Antrieb den Turm der Rennbahn . . . und rühmte sich, er werde die Rennbahn überfliegen. Er stand nämlich auf dem Turm . . . mit einem weiten, herabwallenden, weißen Gewande angetan, das an kreisförmig gebogene Gerten gebunden war und durch sie aufgebauscht wurde. Er glaubte nämlich, gleich wie ein Schiff durch sein Segel, so werde er durch die mit Luft gefüllten Zipfel des Gewandes zum Fliegen befähigt sein. Aller Augen wandten sich auf ihn, die Zuschauer sahen hin und riefen plötzlich: ‚Fliege doch, fliege doch!‘ und: ‚Wie lange willst du uns noch hinhalten, Sarazene, und die Luft vom Turme herabwerfen?‘ Der Kaiser suchte den Mann von seinem Vorhaben abzubringen, ebenso der Sultan, der zwischen Hoffnung und Furcht, daß seinem Landsmann etwas zustoßen könne, hin und her schwankte. Jener aber fing wiederholt die Luft auf, prüfte den Wind und täuschte die Erwartung der Zuschauer. Oft die Hände wie Flügel zum Auffangen ausbreitend und sie hin und her schwingend, um mehr Wind zu erhalten, bewegte er sich schließlich, als dieser passend zu sein und günstig zu wehen schien, nach Art eines Vogels, flog aber, während er durch die Luft dahinzugleiten strebte, unglücklicher als Ikarus am Himmel. Denn des Körpers Schwere, die zur Erde strebte, hinderte ihn, bis er zu Boden stürzend seinen Geist aufgab, da ihm Hände und Füße und alle Knochen zerbrochen waren.“

Daß ähnliche naive Ideen schon in jener frühen Zeit sehr viel häufiger, als wir es aus der Literatur nachweisen können, die Gedanken der Menschen beschäftigt haben werden, ist von vornherein nicht unwahrscheinlich. Den Beleg dafür aber bietet eine überaus interessante Äußerung Roger Bacons, die uns zwar keinerlei Ausbeute an greifbaren Tatsachen, dafür um so reichere psychologische Einblicke in die Gedankenwelt spekulativer Köpfe des Mittelalters gewährt. In einer vom Jahre 1256 stammenden Schrift bestätigt nämlich Bacon, daß man sich in jener Zeit anscheinend durchaus nicht ganz vereinzelt mit der Konstruktion von angeblichen Flugapparaten beschäftigte, deren Beschreibung zum Teil ganz verblüffend genau an das Aussehen unserer heutigen Flugmaschinen anklingt. Bacon schreibt nämlich¹⁾:

„Es können auch Flugapparate (*instrumenta volandi*) hergestellt werden, worin ein in der Mitte sitzender Mensch durch Steuern irgendeiner Vorrichtung (*revolvens aliquid ingenium*) bewirken kann, daß künstlich zusammengefügte Flügel nach Art eines fliegenden Vogels die Luft peitschen . . . Sie sind von alters her und auch in unserer Zeit hergestellt worden, und es ist gewiß, daß man ein Instrument zum Fliegen hat. Ich habe es jedoch nicht gesehen, auch keinen Menschen gekannt, der es gesehen hat. Den weisen Mann aber, der das Kunststück erdacht hat, kenne ich.“

Man mag den Baconschen Behauptungen, mit Recht, völlig zweifelnd gegenüberstehen — das eine geht dennoch aus ihnen mit unwiderleglicher Gewißheit hervor, worauf es hier aber allein ankommt: daß in jener Zeit das Grübeln über die Lösung des Flugproblems die menschlichen Köpfe anscheinend gar nicht sehr selten beschäftigte. Gleichzeitig können wir daraus aber die wichtige Feststellung entnehmen, daß man schon im 13. Jahrhundert davon abgekommen war, in primitivster Weise den Vogel- und Segelflug nachzuahmen, sondern daß man schon damals tatsächlich die Konstruktion echter Flugmaschinen ins Auge gefaßt hatte. Daß diese Bemühungen noch völlig ergebnislos geblieben sind, brauchen wir natürlich nicht zu bezweifeln.

Fast genau zu derselben Zeit, in der sich somit die ersten tastenden Versuche zur Konstruktion von Flugapparaten nachweisen lassen, begegnen wir auch aufs neue den seit einigen Jahrhunderten damals verschollen gewesenen Warmluft-Drachengestalten für militärische Zwecke. Es war in der Mongolenschlacht von Liegnitz am 9. April 1241, als zum ersten Male wieder europäische Heere Bekanntschaft machen mußten mit den ihnen ganz ungewohnten und mit abergläubischem Ent-

¹⁾ Roger Baco, „*De secretis operibus artis et naturae et nullitate magiae*“, Kap. 4: *de instrumentis artificiosis mirabilibus*.

setzen betrachteten, feuerspeienden Feldzeichen. Wir lesen nämlich beim polnischen Geschichtschreiber Dlugosz¹⁾ (1415 bis 1480), von dem sie späterhin z. B. auch der polnische Geschichtschreiber Martin Cromer²⁾ ebenso übernommen hat:

„Unter anderen Feldzeichen gab es im Heere der Tataren (Mongolen) eine ungeheure Standarte, auf der das Zeichen X abgemalt zu sein schien. An der obersten Spitze der feindlichen Standarte befand sich das Bild eines schrecklichen, ganz schwarzen Kopfes mit einem bärtigen Kinn. Als sich nun die Tataren auf die Entfernung eines Stadiums zurückgezogen und sich zur Flucht wandten, begann der Träger jener Standarte das Haupt, das über den Schaft hinausragte, zu erschüttern, und sogleich entquollen ihm Dampf, Rauch und ein so stinkender Nebel, der das ganze Heer der Polen überflutete, daß die in dem schrecklichen, unerträglichen Gestank kämpfenden Polen, fast leblos und erstickt, zum Kampf und zum Widerstand untauglich gemacht wurden.“

Nach dieser Schilderung könnte man noch im Zweifel sein, ob die mongolische Standarte in der Tat eine Neubelebung der oben erwähnten militärischen Drachensymbole war, zumal da anscheinend ihr einziger Zweck die Erweckung von panischem Schrecken im feindlichen Heere war. Man wird zunächst berechtigte Bedenken hegen, wieso gerade die unkultivierten Mongolen zur Anwendung eines militärischen Mittels gelangt sein sollen, dessen Erfindung immerhin eine nicht ganz unbedeutende Intelligenz — ganz zu schweigen von der physikalischen Kenntnis — zur Voraussetzung hat. Nun sind wir aber in der glücklichen Lage, festzustellen, wann und wo die Mongolen Bekanntschaft mit der Erfindung gemacht haben können, und da der Ursprung dieses kriegerischen Hilfsmittels in diesem Falle unmittelbar auf das Hauptland der Drachenerverehrung, auf China, zurückweist, haben wir um so mehr ein Recht, auch die römischen Drachensymbole der späten Kaiserzeit über das Partherland auf China zurückzuführen. Wir hätten dann die eigenartige Erscheinung zu verzeichnen, daß ein und dieselbe chinesische Erfindung, die ursprünglich wohl nur eine belanglose Spielerei war, die sich aber schließlich zu einem wirksamen Kampfmittel umgestaltete, zu ganz verschiedenen Zeiten und auf völlig verschiedenen Wegen zweimal nach Europa gelangt ist — ein besonders deutlicher Beweis für die stark suggestive Kraft, die das Drachensymbol auf alle mit ihm in Berührung kommenden Völker ausgeübt haben muß.

Eine Literaturstelle, die gleichzeitig die Belege dafür liefert, daß die Chinesen des Mittelalters die durch erwärmte Luft schwebend erhaltenen Papierdrachen kannten, und daß die Mongolen vor der Liegnitzer Schlacht mit dieser Erfindung Bekanntschaft machten, liefert uns das chinesische Werk „Tung kiang-kang-nsu“ im 17. Buch der Geschichte der Sungdynastie³⁾. Hierin wird für das Jahr 1232 aus der Zeit der Belagerung der chinesischen Stadt Pienking (heute Kaiföng) durch die Mongolen folgender Vorfall berichtet:

„Die Belagerten ließen einen Papiervogel steigen, auf den sie Schriftzeichen niedergeschrieben hatten. Als der Vogel über dem mongolischen Lager angekommen war, durchschnitten sie die Schnur, um die im Lager eingeschlossenen Gefangenen damit vertraut zu machen (*attirer à eux*). Die Leute, die das sahen, sagten: „Wenn der General den Feind mit Hilfe eines Vogels oder einer Papierlaterne vertreiben will, wird ihm das kaum gelingen.““

¹⁾ Dlugosz, „*Historia Polonica*“. Leipzig 1711. Spalte 679.

²⁾ Martin Cromer, „*De origine et rebus gestis Polonorum libri XXX*“. Basel 1554. Liber VIII, S. 209.

³⁾ Französische Übersetzung von Stanislas Julien im Oktoberheft 1849 des „*Journal asiatique*“, abgedruckt bei v. Romocki, „*Geschichte der Sprengstoffchemie, der Sprengstofftechnik und des Torpedowesens*“, S. 47, Berlin 1895.

Da ausdrücklich von einer Papierlaterne die Rede ist, liegt der Schluß nahe, daß der Papierdrache durch erwärmte Luft schwebend erhalten wurde. Gleichzeitig geht aber aus dem Zusammenhang hervor, daß mit dem Aufstieg des feurigen Drachens auch das psychologische Moment verfolgt wurde, den Feind in Schrecken zu setzen — ob mit oder ohne Erfolg, ist nicht zu ersehen. Es bleibt immerhin höchst beachtenswert, daß die Mongolen im Jahre 1232 in China Bekanntschaft mit einem technischen Kunstgriff machten, mit dessen Hilfe es ihnen selbst neun Jahre später bei Liegnitz gelang, panischen Schrecken in die Reihen des feindlichen Christenheeres zu tragen. Aus dem obigen Text ist zwar nicht zu ersehen, wie die Flamme in dem „Vogel“ angebracht war oder auch nur, welchem Zweck sie diente. Die Vermutung, daß sie gleichzeitig ein feuerspeiendes Ungetüm vortäuschen und die für die Gefangenen bestimmte schriftliche Mitteilung ankündigen oder in der nächtlichen Höhe lesbar machen sollte, gewinnt aber an Wahrscheinlichkeit, wenn wir eine ganz ähnliche Geschichte, die allerdings irrtümlich von einer ganz neu erfundenen List spricht, einige Jahrhunderte später in einer deutschen Druckschrift wiederfinden. Daß zwischen diesem deutschen Bericht, der sich auch auf den fernen Osten, angeblich auf „Indien“, bezieht, und der Chinesenlist von Pienking ein enger kulturhistorischer Zusammenhang besteht, muß schon bei oberflächlicher Vergleichung ganz unzweifelhaft erscheinen. Der deutsche Chronist aber betont ausdrücklich den eben angedeuteten Doppelp Zweck der angebrachten Flamme. Der bekannte Athanasius Kircher überliefert uns nämlich folgende, undatierte Geschichte¹⁾:

„Wie man einen in der Luft fliegenden Drachen und andere wunderbare Dinge verfertigen kann.

Es ist mir bekannt, daß einige von unseren Vorfahren in Indien durch diese Erfindung bei den Barbaren aus größter Not gerettet worden sind. Sie wurden gefangengehalten und wußten nicht, wie sie sich aus der Knechtschaft befreien sollten. Da erfand (!) einer von ihnen, der gewitzter als die anderen war, eine derartige Vorrichtung, nachdem er vorher den Barbaren angedroht hatte, sie würden, wenn sie seine Genossen nicht freigäben, alsbald Wunderzeichen gewahren und den offenbaren Zorn der Götter erfahren. Als nun die Barbaren diese Mitteilung mit Gelächter aufnahmen, machte er einen Drachen aus feinstem Papier, brachte in dessen Mitte eine Mischung von Schwefel, Pech und Wachs in der Weise an, daß sie den in die Luft gestiegenen Apparat beleuchten und gleichzeitig folgende Worte in der Sprache des Landes lesbar machen sollte: Ira dei — was denn auch geschah. Dann versah er ihn mit einem langen Schweif und sandte den Apparat in die Luft hinauf. Dieser fing auch den Wind auf und stieg empor wie ein schrecklicher Feuerdrache. Die Barbaren gewahrten die ungewohnte Bewegung der Erscheinung, wurden von größtem Schrecken befallen und fürchteten, eingedenk der Worte unserer Vorfahren, sie würden von der erzürnten Gottheit die angekündigte Strafe erhalten. Deshalb erlaubten sie ihren Gefangenen, aus dem plötzlich geöffneten Gefängnis herauszugehen. Inzwischen war der Apparat zusammengefallen, in Flammen aufgegangen und hörte mit einem Knall, der wie Zustimmung klang, auf, sich zu bewegen. So erreichten unsere Väter das, was ihnen mit vielem Golde nicht möglich gewesen war, mit einem Naturschauspiel durch Erweckung von Furcht.“

Von jeher erfreuten sich gerade die Drachengestalten besonderer Wertschätzung als Mittel, den Feind zu erschrecken und zu verwirren. Bereits in der „Ilias“ wird der Drache eigens zu diesem Zweck, zusammen mit dem Medusenhaupt als Schildschmuck verwendet²⁾, und Arrian erwähnt bei Beschreibung der scythischen

¹⁾ Athanasius Kircher, „Ars magna lucis et umbrae“. Rom 1646. Liber X, S. 826.

²⁾ Ilias XI, 38 bis 40:

„Silbern war des Schildes Gehenk; und gräßlich auf diesem
Schlängelt' ein bläulicher Drache dahin; drei Häupter des Scheusals
Waren umhergekrümmt, aus eigenem Halse sich windend.“

Drachensfeldzeichen ausdrücklich das Bestreben, sie möglichst furchtbar zu gestalten¹⁾:

„Die Köpfe aber und der ganze Körper bis zum Schwanz gleichen Schlangen, damit sie so schrecklich wie möglich erscheinen.“

An sich war also die von den Mongolen in der Liegnitzer Schlacht angewandte Kriegslist nicht eben neu. Eigenartig war nur der zweifellos den Chinesen entlehnte Gedanke, den Drachen Rauch und Feuer speien zu lassen. Welche Mittel dabei von ihnen angewandt wurden, wissen wir nicht. Dagegen berichtet uns Kircher an der obengenannten Stelle, mit was für Kunstgriffen man zu seiner Zeit dieselbe Wirkung hervorzubringen wußte, um „mit diesem Kunststück, gleich wie durch ein Wunderzeichen, ein unbesiegttes Heer in die Flucht zu jagen“. Er sagt nämlich a. a. O.:

„Wenn aber jemand wünscht, daß die Maschine, nach verschiedenen anderen Vorführungen, auch Feuer speit, so kann er dies erreichen, wenn er Röhrchen, die mit Schießpulver gefüllt sind, darin anbringt und einen Schwefelfaden in die Flamme hineintragen läßt. Dann wird diese bald den genannten Schwefelfaden aufzehren, den Schwefelzunder erreichen, der mit den Röhrchen in Verbindung steht, die ganze Maschinerie in wütendes Feuer verwandeln und somit, wenn die Flamme sie erreicht hat, mit schrecklichem Knall nach allen Seiten Feuer hervorströmen lassen.“

Daß es sich bei derartigen Ausführungen auch für deutsche Verhältnisse keineswegs nur um akademische Erörterungen handelte, sondern daß die Feuerdrachen sich auch im deutschen Heereswesen des ausgehenden Mittelalters und der beginnenden Neuzeit eingebürgert hatten, muß ausdrücklich hervorgehoben werden. Die älteste Literaturstelle, die den sicheren Beweis dafür liefert, haben v. Romocki und Feldhaus an Hand ungemein sorgfältiger Studien in dem vom Jahre 1405 stammenden Feuerbuch „Bellifortis“ des Konrad Kyeser von Eichstädt entdeckt, das handschriftlich auf der Göttinger Universitätsbibliothek²⁾ und in einer sehr guten Abschrift im Innsbrucker Ferdinandeum³⁾ aufbewahrt wird⁴⁾. Die Göttinger Handschrift⁵⁾ zeigt uns sogar das Bild eines Reiters, über dessen Haupte der riesenhafte Feuerdrache an einer Stange schwebt. Der eingehenden technischen Erläuterung des Bildes, die zum Teil sogar in poetischer Form, in schauerhaft holprigen lateinischen Hexametern, gehalten ist, seien folgende wenige Sätze entlehnt:

„Dieser fliegende Drache kann am Kopf aus Pergament gemacht werden, das Mittelteil aus Leinen, der Schwanz aber aus Seide bestehen, mit mancherlei Farben bemalt. Am Ende des Kopfes sei ein dreiteiliges, aus Holz zusammengefügtes Gestell, das in der Mitte in die Luft emporgehoben und bewegt werden kann. . . . Feuer für den fliegenden Drachen. Nimm 1 Teil Petroleum, 4 Teile feinen Schwefel und 1 Teil rohes Teeröl; tauche Baumwolle⁶⁾ hinein und tue sie in eine kleine Flasche, die ins Maul des fliegenden Drachen gestellt wird, und im langen Hals der Flasche mag eine brennende Schwefelflamme angebracht werden, die den Tiegel oder die Flasche in Brand setzt. Dann wird ein unverlöschbares Feuer aus dem Rachen hervorströmen; um dieses Feuer zu verstärken, nimm Kieferholz, gemeinhin Kien genannt, tauche es in die sogenannte Mischung und stelle es über die Schale oder den Tiegel; dann wird das Feuer überall hervorbrechen . . .“

1) Arrian, tact. XXXV, 3.

2) Cod. ms. phil. 63.

3) 17, 0, 7.

4) Vgl. Romocki, a. a. O. S. 164/5; Feldhaus, a. a. O. S. 320/21.

5) S. 104b u. 105a.

6) Überhaupt früheste Erwähnung der Baumwolle (bawmwol) in der Literatur!

In späteren, von Feldhaus ans Licht gezogenen Abbildungen des Feuerdrachen, wie sie das Rüstbuch der Stadt Frankfurt vom Jahre 1490¹⁾ und eine kriegstechnische Handschrift der Berliner Kgl. Bibliothek²⁾ vom Jahre 1540 zeigen, nimmt die Drachengestalt immer schreckhaftere Formen an und wird schließlich gar an einer durch eine Winde gehaltenen Schnur in die Luft emporgelassen. Auch eine Bemerkung des Cardanus, daß er mit eigenen Augen einen „volantem avem, sed funi insitam“ gesehen habe³⁾, scheint auf ein ähnliches Schauspiel Bezug zu haben.

Seit dem 13. Jahrhundert ist demnach zum zweiten Male der feuerspeiende Drache aus der Kriegskunst der Chinesen vermittelt der Mongolenstürme nach Europa gelangt. Der zuletzt erwähnte, an einer Schnur gehaltene Papierdrache bildet dann den Übergang zu dem anmutigen Idyll der Neuzeit, in dem das grausige Drama der mittelalterlichen Kriegskunst schließlich endete: zu dem harmlosen Papierdrachen unserer Kinderwelt, dem von seinen in der Straßburger und der Liegnitzer Schlacht entfalteten Schrecken nichts außer dem Namen geblieben ist. Zu Unrecht wird vielfach Athanasius Kircher als Erfinder des Kinderdrachens hingestellt. Ganz abgesehen davon, daß wir schon auf einem vom Jahre 1618 stammenden Kupferstich den Kinderdrachen abgebildet finden⁴⁾, betont gerade Kircher selbst in seiner oben zitierten Beschreibung des zu Kriegszwecken dienenden Feuerdrachens, daß er das Kunststück beschreibe, „obwohl dies in Europa selbst den Kindern bekannt ist“. Wir können somit die Entwicklung des Drachens vom grausenerregenden Kriegsinstrument zum herzerfreuenden, allbeliebten Kinderspielzeug lückenlos verfolgen!

Gewährt uns der Feuerdrache der mittelalterlichen Heere den Beweis für eine frühzeitige Verwendung des in der Aeronautik später so wichtig gewordenen Warmluftprinzips, so haften die gegen das Ende des Mittelalters sich häufenden Flugversuche noch immer an kindlichen Ideen, und die oben erwähnte Schriftstelle des Roger Bacon von 1256; die uns die Konstruktion von zum Fliegen bestimmten Apparaten bezeugt, stellt einen Höhepunkt dar, der bis zum Anfang des 16. Jahrhunderts nicht wieder erreicht wird.

Es bleibe dahingestellt, ob mehr als ein Zufall darin zu sehen ist, daß nach einem fast 2¹/₂ Jahrhunderte währenden Schweigen der Literatur über neue Flugversuche um die Wende des Mittelalters zur Neuzeit plötzlich fast gleichzeitig vier verschiedene Flugversuche, zum Teil freilich nur in Spuren, an ganz verschiedenen Stellen nachweisbar sind, und zwar zwei in Italien (in Perugia und Florenz) und je einer in Deutschland und Schottland. In jedem Fall liegt in dieser Häufung von mehr oder weniger ernsten Bestrebungen zur Lösung der Aufgabe der sichere Beweis, daß das hohe Ziel die menschliche Einbildungskraft dauernd beschäftigt und in manchen Hirnen mit einer an das Krankhafte der fixen Ideen mahnenden Heftigkeit gewühlt und gebohrt haben muß.

Von zweien dieser Versuche ist uns nicht viel mehr als die Tatsache selbst bekannt. Der eine soll sich im Jahre 1496 gelegentlich der Hochzeitsfeier des damals hochgefeierten Heerführers Bartolomeo d'Alviane in Perugia zugetragen haben. Ein gewisser Giambattista Danti, von dem wir im übrigen nichts kennen, als seine

1) Manusc. II, 40, Bl. 104.

2) Cod. germ. Fol. 94, Bl. 198.

3) Cardanus, „De rerum varietate“. Basel 1557.

4) Wiedergegeben in Feldhaus: „Technik der Vorzeit“ (Leipzig 1914), Sp. 652, Abb. 444.

Grabschrift¹⁾, führte damals vor versammeltem Volk, wie behauptet wird, einen erfolgreichen Flug aus und soll später sogar einmal über den Trasimenischen See hinweggeflogen sein. Es gibt einen zeitgenössischen, brieflichen Originalbericht darüber, der auch im Druck erschienen ist²⁾; doch war es mir trotz emsigen Bemühens unmöglich, ein Exemplar davon auf deutschen oder italienischen Bibliotheken aufzutreiben, obwohl ich auch in Rom und in Perugia selbst danach forschen ließ. Erst im 17. Jahrhundert ist dann eine weitere Erwähnung der Tatsache, jedoch ohne Angabe von Einzelheiten, nachweisbar³⁾. — Von einem zweiten Flugversuch, der ungefähr zur selben Zeit stattgefunden haben soll, wissen wir noch weniger. Die ganze Kunde beschränkt sich darauf, daß ein Nürnberger Kantor, dem der unwahrscheinliche Name Senecio zugeschrieben wird, einen Flugversuch ausgeführt haben soll⁴⁾. Die gleichzeitigen Nürnberger Chroniken wissen nichts von dem Ereignis; doch wird auch Nürnberg nur als Ort der Herkunft des Kantors bezeichnet, und der Ort der Tat ist ebensowenig genannt wie das Jahr. Daß trotzdem dem Gerücht ein tatsächlicher geschichtlicher Vorgang zugrunde liegt, ist höchst wahrscheinlich.

Wesentlich genauer unterrichtet sind wir über einen dritten Flugversuch desselben Zeitalters, der freilich wissenschaftlich und technisch höchst belanglos und im wesentlichen nur ein kulturgeschichtliches Kuriosum ist. Er fand in der zweiten Hälfte des Septembers 1507 im berühmten Stirling Castle statt und knüpfte an ein bemerkenswertes Ereignis der politischen Geschichte jener Tage an. König Jakob von Schottland schickte eine Gesandtschaft an König Ludwig XII. von Frankreich, die bei ihrer Heimkehr zu politischen Verwicklungen Veranlassung gab, da sie von König Heinrich VIII. von England gefangen gesetzt wurde. Die Abreise der Gesandtschaft erfolgte am 21. September 1507. Im Anschluß an dieses Ereignis berichtet nun eine schottische Chronik⁵⁾:

„Zu dieser Zeit befand sich beim König ein Italiener⁶⁾, der zum Abt von Tungland ernannt wurde und der bemerkenswerte Geistesgaben besaß . . . Dieser Abt hatte auch die Absicht, mit Hilfe von Vogelschwingen zu fliegen und früher als die genannten Gesandten in Frankreich einzutreffen. Zu diesem Zweck ließ er sich ein paar Schwingen aus Federn herstellen, die er fest auf seinen Körper band, und flog von der Mauer von Schloß Stirling auf, stürzte aber sogleich zur Erde und brach sich ein Bein. Die Ursache hierfür schrieb er dem Umstande zu, daß sich in den Schwingen einige Federn von Hennen befanden, die zum Miste herabstrebten und nicht zum Himmel hinauf.“

Dieser naive Abt, der in seinen Absichten ein Vorläufer des ersten Kanalüberfliegers Blériot (25. Juli 1909) war und in seinem tragikomischen Mißgeschick gleichzeitig ein Vorläufer des fliegenden „Schneiders“ von Ulm, Berblinger (31. Mai 1811), war somit lediglich ein Schulbeispiel für die törichten Auswüchse eines in allerhand Phantasien sich verlierenden Aberglaubens. Genau gleichzeitig mit ihm beschäftigte sich aber ein Mann mit dem Flugproblem, der zu den wunderbarsten und erhabensten Geistern aller Zeiten gehörte: Leonardo da Vinci. Was dieser in seiner unglaublichen Vielseitigkeit unerreichte Genius rein wissenschaftlich für die Erforschung des Flugproblems geleistet hat, ist erst in unseren Tagen, vornehmlich durch Feld-

1) Mitgeteilt in Cameni, „Miradoniae libri duo“. Venedig 1520.

2) Giacinto Vincioli, „Lettera concernente tre curiosi fatti“, Teil II: „volo di Gio. Battista Danti“.

3) Caesar Crispoltus, „Perusia Augusta“, S. 360/61. Perugia 1648.

4) Burgravius, „Panoplia Physico-Vulcania“. Amsterdam 1612.

5) John Lesley, „History of Scotland“. Edid. Bannatyne Club. Edinburgh 1830.

6) Der Name ist an anderer Stelle als Damiani überliefert.

haus' sorgsame Forschungen¹⁾, klarge stellt worden. Es liegt eine Unzahl von Zeichnungen seiner Hand vor, die das sorgfältigste technische Studium der Geheimnisse des Vogelflugs verraten. Als Techniker, Physiker, Mathematiker und Zeichner nahm er das stolze Problem in Angriff, und daß es ihm nicht nur um ein theoretisches Studium zu tun war, sondern daß er die Lösung der Aufgabe auch praktisch ins Auge faßte, wie 3¹/₂ Jahrhunderte später noch ein anderer unter den ganz großen Malern, Arnold Böcklin, ja, daß er die feste Absicht hatte, selber einen Flugversuch zu unternehmen und von höchster Zuversicht in das Gelingen des Experiments erfüllt war, erfahren wir durch ihn selbst. Schreibt er doch in einer Studie in jubelnd starkem Selbstvertrauen²⁾:

„Es wird seinen Flug nehmen der große Vogel vom Rücken des riesigen Schwanenhügels aus, das Weltall mit Verblüffung, alle Schriften mit seinem Ruhme füllend, und dem Neste, da er geboren ward, ein ewiger Ruhm sein.“

Trotz dieser sehr bestimmten Ankündigung hat man von einem tatsächlich ausgeführten Flugversuch Leonardos keine Kunde. Entweder ist ein solcher doch nicht ausgeführt worden, oder aber er wurde zwar unternommen, enttäuschte jedoch. In jedem Fall wurde durch Leonardo zum ersten Male der Versuch gemacht, eine Lösung des Flugproblems auf wissenschaftlichem Wege anzustreben. Es dauerte noch volle 400 Jahre, ehe dieses Streben zum Ziel führte, aber es ist nicht der kleinste Ruhm der heutigen Aviatik, daß in ihrem Stammbaum der glanzvolle Name Leonardo an hervorragender Stelle eingezeichnet ist.

1) Franz Feldhaus, „Leonardo“. Jena 1913.

2) Leonardo da Vinci, „Sul volo degli uccelli“.

England und die rheinisch-westfälische Eisenindustrie vor hundert Jahren.

Ein Aktenstück zur Kriegsgeschichte.

Von

Dr. Hans Kruse, Siegen.

Gelegentlich von Studien zur Geschichte des Siegerlandes fiel mir im Königlichen Staatsarchiv in Münster ein Aktenband in die Hand, der die Überschrift trägt: „Die Impostierung des fremden Eisens in den rheinisch-westfälischen Provinzen 1820—1844“. Die Aktensammlung, angelegt von dem westfälischen Oberpräsidenten von Vincke, führt uns in die Zeit, da die deutsche Eisenindustrie den schweren Kampf gegen die Überschwemmung des deutschen Marktes durch englisches und belgisches Eisen aufnahm. Dort, namentlich in England, eine technisch und kommerziell weit überlegene Hochofenindustrie mit Koksverhüttung, hier im Siegerlande, in der Mark, am Rhein und in der Eifel eine Jahrhunderte alte, ehemals auch stark nach England ausführende Eisenhüttenindustrie, die gerade in den ersten Versuchen stand, die alten Anlagen der Zeit entsprechend umzugestalten; der Eisenbedarf infolge der fortschreitenden Industrialisierung und des Aufkommens der Eisenbahnen in ungeahnter Weise gesteigert, der deutsche Markt durch die Gründung des Zollvereins erweitert. Das sind die Umstände, welche die Lage der Eisenindustrie inden 20er bis 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts kennzeichnen. Eine hoffnungsvolle Zeit für unsere Industrie, aber gelähmt in ihrem Unternehmungsgeist durch das Gespenst des englischen Wettbewerbes, der um so furchtbarer wirkte, als das englische Eisen ungehindert eingeht konnte. Ein Vierteljahrhundert haben die Eisenhüttenleute kämpfen müssen, bis sie die freihändlerische Handelspolitik Preußens und des Zollvereins überwunden hatten und im Jahre 1844 die ersten bescheidenen Schutzzölle gegen englisches Eisen erhielten. In einer unendlichen Reihe von Eingaben haben sie immer wieder der Regierung ihre Notlage geschildert, fast ganz auf sich selbst angewiesen, unterstützt nur durch die rheinisch-westfälischen Bergbehörden und den münsterschen Oberpräsidenten von Vincke.

Die älteste dieser Eingaben ist am 14. April 1822 von der Firma Heinrich Wilhelm Remy & Co. in Neuwied an das rheinische Oberbergamt in Bonn gerichtet worden¹⁾. Die Remys, eine alte Kannenbäckerfamilie aus dem Töpferland

¹⁾ Die Geschichte dieses ersten Kampfes der deutschen Eisenindustrie um Schutzzölle habe ich zusammenfassend im 51. Jahrgang von „Glückauf, berg- und hüttenmännische Zeitschrift“, S. 141 bis 148 (Essen 1915), behandelt. („Die Einfuhr ausländischen Eisens nach Rheinland und Westfalen 1820 bis 1844.“) — Die neben der Remyschen Eingabe besonders bemerkenswerten Vorstellungen der Gutehoffnungshütte (1837) und des Hörder Bergwerks-Vereins (1841) habe ich an folgenden Stellen veröffentlicht: „England, die Rheinschiffahrt und der Ruhrkohlenbergbau im Jahre 1837“ in „Der Rhein“, XVI. Jahrgang 1917, Heft 36 (Duisburg) und „Hermann Dietrich Piepenstock, der Begründer des Hörder Bergwerks-Vereins, im Kampf gegen englischen Wettbewerb“, Dortmunder Zeitung 1918, 5. Januar, 91. Jahrgang, Nr. 8.

von Höhr und Grenzhausen, hatte schon im Laufe des 18. Jahrhunderts die Erz-
hütten, Blei- und Silbergruben dieser Gegend an sich gebracht. Heinrich Wilhelm
Remy (gest. 1779) hatte auf dem Rasselsteiner Werk bei Neuwied die in England er-
fundene Blechwalzerei eingeführt. Seit 1820 machte die Firma die ersten Versuche
zur Einführung des englischen Puddelbetriebes, gleichzeitig mit Friedrich Harkort
in Wetter an der Ruhr und Eberhard Hösch in Lendersdorf bei Düren. Von einem
ihrer Inhaber wurde damals (1825) auch das Eisenwerk zu Alf in der Eifel begrün-
det. In diese Zeit der ersten Anfänge rheinisch-westfälischen Unternehmertums
führt das Schreiben der Firma Remy, deren Anlagen in Rasselstein dann Anfang
der 70er Jahre in den Besitz der Firma Friedrich Krupp in Essen übergangen.
Das Schreiben, das wir als eine der bemerkenswertesten Urkunden zur Geschichte
der deutschen Eisenindustrie betrachten dürfen, hat folgenden Wortlaut:

I. Die Firma Heinr. Wilh. Remy & Co. (Rasselsteiner Hütte)
an das Rheinische Oberbergamt in Bonn über die Lage der rheinischen
Eisenindustrie¹⁾.

Neuwied, den 14. April 1822.

Sie wünschten vor einiger Zeit unsere Ansichten über die Ursachen der jetzigen
schlechten Lage der Eisengeschäfte zu wissen. Überhäufte Geschäfte verhinderten uns,
bis jetzt Ihrem Wunsche zu entsprechen, auch wollten wir vorher einige auf die Eisen-
fabrikation in unserer Gegend Bezug habende Verfügungen in den benachbarten Staaten
abwarten.

Unser seit 70 Jahren bestehendes Eisen-Fabrikations-Geschäft, in dessen drei
Zweigen, des Roheisens, geschmiedeten Eisens und Schwarzblechs, setzen uns vielleicht
mehr als jeden Anderen in den Stand, Ihre Frage beantworten zu können.

Die Rheinischen Eisenhütten gingen während Napoleons Sperrung des festen
Landes besonders gut, weil alle ausländische Konkurrenz aufhörte. Nachdem diese
Sperrung aufgehört hatte, mußte alles nach und nach wieder in den früheren Zustand
kommen, und die Roheisenpreise mußten wieder wie vor dem Jahre 1804 seyn; der
stokkende Absatz des Stabeisens und der hohe französische Eingangszoll auf das Roh-
eisen trug beträchtlich hierzu bei. Einen bedeutenden Absatz hatten zu allen Zeiten
die Rheinischen Eisenhütten an die Hämmer im Darmstädtschen, Badenschen und
Württembergschen; dieser hat nun auch seit etlichen Jahren, durch die unbegreiflich
niedrigen Gußpreise, zu welchen die Hüttenbesitzer im Nassauschen, namentlich die
Herren Cossen aus Breitbach verkaufen, für die Rheinischen Hütten aufgehört, wie
solches Ihnen selbst hinlänglich bekannt seyn wird.

Der Preis von 1000 Pfund Roheisen war während der Sperrung fl. 36 bis fl. 42,
in den Jahren 1799 bis 1803 fl. 30 und fl. 31 und in den Jahren 1785 bis 1792 ungefähr
fl. 24. In den Jahren 1785 bis 1803 galt aber das Fuder Kohlen nur fl. 20 bis fl. 24. —

2. Die Rheinische Stabeisen Fabrikation und der Absatz dieses Fabrikates in Holland,
war früher sehr bedeutend, mußte aber schon seit dem Jahre 1807 durch das Steigen
der Holzkohlen Preise, sehr vermindert werden, die hohen Preise des geschmiedeten
Eisens erhielten die Stabeisen Fabrikation noch bis zum Jahre 1813, von da an kamen
solche aber in den jetzigen gänzlichen Stillstand, und 17 grobhammer-Feuer sind allein
in dem Revier Kirchen außer Betrieb gekommen, ohne den verminderten Betrieb auf
der Königl. Hütte Seyn zu rechnen. Die hauptsächlichen Ursachen dieser Stokkung sind:

a) Der Holländische Eingangszoll von fl. 2 1/2 auf den Centner Stabeisen, wodurch,
sowie durch die Vereinigung von Holland mit den Fabrikreichen Provinzen Namur
und Lüttich, sowie durch Concurrenz mit England und Schweden, beinahe gar kein
Deutsches Eisen nach Holland verkauft werden kann. Da den Hämmern in der Eifel
der frühere Absatz nach Lüttich fehlt, so suchen sie jetzt ihren ganzen Debit am Rhein,
und haben daselbst die Stabeisen Preise sehr herunter getrieben.

b) Das hohe Octroi an den Zoll Bureaus am Rhein, welches seit 1804 eingeführt
und wonach das Stabeisen mit einer eben so hohen Abgabe, wie die feinsten Gold- und
Silberwaaren und Specereien belegt ist.

¹⁾ Staatsarchiv Münster: Oberpräsidium 1093, Fol. 101 bis 104.

c) Die Einfuhr der feinern Eisensorten aus England in die Preuß.-Rhein. Provinzen und an den Oberrhein, weil dadurch der frühere Absatz der Rheinischen und Siegenschen Eisenhämmer an die Reckhämmer aufhört.

Die durch den Königl. Preuß. Zoll Tarif auf das Stabeisen gelegte Abgabe von Rthlr. $\frac{1}{2}$ pro Centner, konnte hierin wenig ändern, da die Production des Stabeisens in den Koenigl. Rheinprovinzen wohl 10 mal größer ist, als der innländische Verbrauch, allenfalls könnte den Reckhämmern im bergischen, und somit den Eisenhämmern im Siegenschen durch eine höhere Abgabe auf die englischen feinen Eisensorten etwas aufgeholfen werden. De Stabeisenpreis kann in den Jahren 1785 bis 1803 zu Fl. 75 und zuletzt zu Fl. 85 pro 1000 Pfund angenommen werden, und den jezigen kann man zu Fl. 82 bis Fl. 88 im Allgemeinen annehmen. Dagegen galt damals das Fuder Kohlen Fl. 20 bis Fl. 24 und ist jetzt in Menge nicht unter Fl. 36 zu kaufen.

3. Für die Schwarzblech-Fabrikation ist zwar durch den Preuß. Zollsatz von Rthlr. 3 pro Centner gesorgt worden, allein auch in diesem Artikel fehlt aus obigen Ursachen, der frühere Absatz in Holland, und durch die englische Einfuhr der Absatz am Oberrhein und die Menge von Blechwalzwerken hat auch den Blechpreis im Inlande sehr herunter gedrückt. Für diese Fabrikation ist der hohe Moselzoll auf die Steinkohlen sehr schädlich, indem der Betrag sämtlicher Zoll-Abgaben, bis in den Rhein ungefähr 1 Berliner Thaler pro Fuder und folglich 4 Kreuzer pro Centner Steinkohlen beträgt.

Wir haben uns vorstehend über bekannte Dinge etwas weitläufig ausgelassen, um darzuthun, daß hauptsächlich das jezige Mißverhältnis zwischen den Holzkohlen und Eisenpreisen die Ursache der traurigen Lage unserer Eisen Fabriken ist.

Wenn es daher wieder besser gehen soll, so müssen entweder die Eisenpreise herauf oder die Kohlenpreise heruntergehen. Zu ersterem ist keine Aussicht, da es mehr als wahrscheinlich ist, daß in kurzem eine erhöhte Eingangsabgabe an der französischen Grenze auf fremdes Roheisen gelegt werden, und dadurch unser Absatz dahin, gänzlich aufhören wird.

Sodann ist die jetzige Einfuhr des englischen Eisens und Eisenblechs in die Rheingegenden nur als ein Anfang anzusehen, und wird gewiß künftig noch stärker werden, da der holländische Transit und der hohe englische Cours Zufälligkeiten sind, welche das Beziehen der Fabrikate aus England erschweren, beides aber wird sich bald, zum Vortheil der Engländer, verändern. Diese Fabrikanten können, nach den Zeugnissen von deutschen Reisenden in England, ihre Eisen- und Blechpreise noch beträchtlich vermindern, ohne mit Schaden zu arbeiten, und sie haben schon wirklich im Jahre 1822 die Preise ungefähr Fl. 1 pro Centner herabgesetzt.

Es müßten daher die Kohlenpreise heruntergehen, wozu der in den Jahren 1818 bis 1821 bestandene Ausgangs-Zoll von Rthlr. 1.16 gr. pro 10 Centner Holzkohlen sehr behülflich sein konnte. Um so mehr mußten wir uns wundern, in dem neuen für 1822 bis 1824 eingeführten Königl. Preuß. Zoll Tarif, den Ausgang der Holzkohlen anstatt vermehrt, bis auf 2 Silbergroschen pro Centner vermindert zu sehen, und es scheint, daß man dabei mehr einen augenblicklichen höheren Holzpreis, als den wirklichen Vortheil der inländischen Fabriken, worunter ja auch Koenigl. Eisenwerke sind, berücksichtigt hat. Diese verminderte Abgabe auf die Holzkohlen wird in der Folge sehr verderblich für das Rheinische Hüttenwesen seyn, denn die Hütten im Nassauischen, an der Lahn, welche von dieser Maßregel den größten Vortheil haben werden, sind die nächsten und daher schlimmsten Concurrenten der Preuß. Hütten am Rhein, sie nehmen uns den Absatz am Ober-Rhein, und jemehr sie dazu durch wohlfeile Kohlenpreise in den Stand gesetzt werden, desto schlimmer für uns. Im gegenwärtigen Jahre werden wir die Folgen dieser Herabsetzung noch nicht sehr spüren, weil die Königl. Hütte zu Seirn in diesem Jahre keine Kohlen kauft, und die Fahlöhne sehr gering sind. Sobald aber die Saynerhütte wieder auf den Kampfplatz tritt und durch höhere Frachtpreise die Fuhröhne wieder teurer werden, so werden bei uns die Holzkohlenpreise, welche schon jetzt außer Verhältnis mit den Eisenpreisen sind, wieder beträchtlich steigen. Die verminderte Ausfuhr-Abgabe war schon deshalb nicht nötig, weil das Kohlholz bei uns nicht im Überfluß ist, und weil die große Bevölkerung der Stadt Coblenz und die vielen Brandweimbrennereien in der Stadt Neuwied und deren Umgegend, ohnehin alles nahe gelegene Holz den Eisenhütten wegnehmen.

Um nun den Betrieb der Eisen-Fabriken am Rhein wieder in bessern Flor und die Eisen- und Kohlenpreise in das zu ihrem Betrieb nothwendige richtige Verhältniß zu bringen, wüßten wir nur folgende Vorschläge:

1. Die Ausfuhr-Abgabe auf Holzkohlen aus dem Preuß. müßte wieder erhöht werden, und eher noch größer seyn, als in den Jahren 1818 bis 1821. Die Franzosen sahen diese Nothwendigkeit auch ein, und hatten, solange sie das linke Rheinufer besaßen, 20% nebst dem Decime additionel auf die Ausfuhr der Holzkohlen gesetzt. Bei dieser Gelegenheit könnte auch die Einfuhr-Abgabe von 10 Silbergroschen auf die Last rohe Kalksteine abgeschafft werden, weil diese Abgabe blos von den Preuß. Eisenhütten getragen werden muß, und solche sich dieses zum Zuschlag nothwendige Material nicht im Innlande verschaffen können.

2. Es war früher die Rede, daß Preußen einen Handels-Tractat mit Holland machen sollte. Dieser könnte den Rheinischen Eisenhämmern nur dann wieder aufhelfen, wenn Holland das Preuß. Eisen frei, und alles andere Eisen nur gegen die jezt dort bestehende Einfuhr-Abgabe eingehen ließ. Die Concurrenz mit dem Lütticher Eisen könnten wir wohl, wegen dessen kaltbrüchiger Qualität, aufnehmen.

3. Die Vereinigung der Süddeutschen Staaten zu einer gemeinschaftlichen Zoll-Linie und die zu diesem Zweck in Darmstadt befindliche Versammlung ist immer noch nicht abgebrochen. Dieser Zoll-Verein würde, wenn Preußen sich anschloße, und eine hohe Abgabe auf alles fremde Eisen und Blech gelegt würde, die englischen Eisenartikel am besten aus Deutschland verbannen, und den Preuß. Blechwalzwerken einen großen Absatz nach ganz Deutschland eröffnen; hierdurch würden auch die Eisenhämmer und Hütten in besten Flor kommen. Schloße sich dagegen Preußen von diesem allgemeinen deutschen Verein aus, so würde solches unseren Fabriken den letzten Stoß geben.

4. Die hohe Octroi-Abgabe auf dem Rhein, müßte in Hinsicht des Stabeisens modificiert und dieser Artikel gleich anderen von geringerem Werth, in einen geringeren Zollansatz kommen.

Die Erfüllung des 2. und 3. Punktes würde die Preise der Eisen Artikel in unseren Gegenden erhöhen, die Erfüllung des 1. Punktes würde dagegen die Holzkohlenpreise wieder in das früher bestandene richtige Verhältniß gegen die Eisenpreise zurückbringen. Durch beides kommen die Fabriken durch vermehrten Absatz in besseren Flor, denn in den Jahren 1780 bis 1792 hatten alle hiesigen Fabriken ihre vorteilhafteste Betriebszeit, obgleich das geschmiedete Eisen nur Fl. 75 bis Fl. 85 galt, und es leidet keinen Zweifel, daß zu diesen Preisen auch jezt unsere Hämmer die Concurrenz mit dem Auslande aufnehmen und hinlänglichen Absatz haben könnten.

Es bleibt uns noch viel über vorstehenden Gegenstand zu sagen übrig, wir fürchten aber, Ihre Geduld schon durch unsere lange Epistel ermüdet zu haben. Wir würden uns dagegen freuen, wenn wir Ihnen einige Ansichten gegeben hätten, welche Ihnen bisher entgangen waren.

Mit bekannter Hochachtung bestehen

gez. Heinr. Wilhelm Remy & Comp.

Über Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt.

Von

Geh. Hofrat Professor Dr. E. Wiedemann, Erlangen
und Privatdozent, Dipl.-Ing., Dr. phil. und Dr. techn. F. Hauser¹⁾.

Inhalt:

- I. Allgemeines: 1. Einleitung. 2. Wissenschaft vom Heraufholen der Gewässer. 3. Werke über Wasserhebemaschinen.
- II. Verschiedene Formen der Wasserhebemaschinen: 1. Einfachste Form mit Seil und Rolle usw. 2. Der *Schādūf* und verwandte Formen. 3. Schöpfgefäße an einer Kette ohne Ende oder am Umfang eines Rades. 4. Angaben von *Ibn Sīda* usw. 5. Noch im Betrieb befindliche Wasserräder zum Schöpfen des Wassers.
- III. Wasserhebemaschinen: 1. nach *Gazari* und 2. nach einer arabischen Handschrift in Oxford.

I.

Allgemeines.

1. Einleitung. Die eigentümlichen klimatischen und hydrographischen Verhältnisse in den an das Mittelmeer angrenzenden Ländern von Spanien bis nach Mesopotamien hin bedingten eine künstliche Bewässerung des Landes. Daher haben schon die Ägypter, Assyrier, Babylonier u. a. frühzeitig Staudämme und Wasserhebemaschinen von verschiedener Form hergestellt, von denen uns auf Denkmälern Abbildungen erhalten sind und von denen die auf Archimedes zurückgeführte und nach ihm benannte Schraube besonderes Interesse besitzt²⁾. Auf ihn wird, freilich nicht den geschichtlichen Tatsachen entsprechend, von *Ibn al Qifī* [Beiträge³⁾ III, S. 247] die Anlage von Dämmen usw. in Ägypten zurückgeführt, die eine vollkommene Ausnutzung des Bodens ermöglichten.

Sicher im Anschluß an die Antike hat das Mittelalter und vor allem die islamische Welt sich mit der Konstruktion von Wasserhebemaschinen beschäftigt. Eine Reihe von solchen ist von arabischen Gelehrten, Technikern, Geographen

¹⁾ Dadurch, daß der eine von uns sich zunächst als Techniker ausgebildet hat, war uns die Behandlung mancher technischer Schwierigkeiten wesentlich erleichtert.

²⁾ Zu den Bewässerungsanlagen im Altertum vgl. C. Merckel, Die Ingenieurwissenschaft im Altertum. Berlin 1899.

³⁾ Im folgenden werden wir anführen: als „Beiträge“: „Die Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft und Technik“ von E. Wiedemann, die in den Sitzungsberichten der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Erlangen als Beiträge I usf. veröffentlicht sind. In Betracht kommen vor allem die Beiträge III, V, VI, X, XI, XII, XXXVI. Weiter führen wir an als „Philon“: Le Livre des appareils pneumatiques et des machines hydrauliques par Philon de Byzance traduit par le Baron Carra de Vaux. Notices et extraits des Manuscrits de la Bibliothèque nationale Bd. 38, S. 27, 1903. — Ferner bedeutet „Suter“: Die Mathematiker

eingehend beschrieben und durch Abbildungen erläutert worden. Bei dem wachsenden Interesse am Orient dürfte eine Mitteilung von solchen Schilderungen auf Grund von zum Teil noch unveröffentlichten Handschriften auch für weitere Kreise nicht ohne Interesse sein¹⁾.

Im folgenden soll eine Reihe von Vorrichtungen der Araber genauer besprochen werden. Ehe wir aber dazu übergehen, wollen wir einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken.

2. Wissenschaft vom Heraufholen der Gewässer. Die arabischen Gelehrten haben bekanntlich die Wissenschaften in ein System gebracht, in dem eine der Hauptabteilungen die Geometrie ist. Zu dieser rechnen sie die „Wissenschaft vom Heraufholen der Gewässer“: sie lehrt, wie man die in der Erde verborgenen Gewässer heraufbringt und sichtbar macht. Ihr Nutzen liegt in der Belebung der öden Ländereien und deren Gedeihen. Von *al Karchî* (gest. etwa 420 d. H., 1029 n. Chr.; Suter Nr. 193) gibt es darüber ein kurzes Werk, und an Stellen des Werkes „Die nabatäische Landwirtschaft“ (von *Ibn Wahschîja* bzw. *Abû Tâlib al Zajât*) sind die Hauptfragen dieser Wissenschaft behandelt. Ihr Nutzen ist augenfällig, und von einem Gelehrten wird der Spruch überliefert: „Wenn die Diener Gottes wüßten, welchen Wohlgefallen Gott an dem Lebendigmachen seiner Erde empfinden würde, so würde auf dem Antlitz der Erde keine öde Stelle bleiben“ (nach *al Akfânî* und *H. Chalfa*; vgl. Beiträge III, S. 233 und V, S. 407).

und Astronomen der Araber und ihre Werke. Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften usw. X. Heft. Supplement zum 45. Jahrgang der Zeitschrift für Mathematik und Physik. 1900.

In den „Beiträgen“ finden sich zahlreiche weitere Literaturnachweise.

Weitere Arbeiten über technische Gegenstände bei den Arabern, teils von uns beiden, teils von dem einen von uns, sind:

E. Wiedemann, Über Musikautomaten bei den Arabern (Centenario della Nascita di Michele Amari Bd. 2, 1909).

E. Wiedemann und F. Hauser, Die Uhren im Bereich der islamischen Kultur. Nova Acta der Leopoldinischen Akademie Bd. 100, 1915. — Dieselben, Uhr des Archimedes usw. Ebenda Bd. 103, 1918.

Dieselben, Über Trinkgefäße und Tafelaufsätze nach *al Gazarî* und den *Benû Mûsâ*. Islam Bd. 8; Heft 3—4, 1917.

Dieselben, Byzantinische und arabische akustische Instrumente. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik Bd. 8, S. 140, 1918.

Dieselben, Über Schalen, die beim Aderlaß verwendet werden, und Waschgefäße nach *Gazarî*. Archiv für Geschichte der Medizin Bd. 11, S. 22, 1918.

¹⁾ Zu der vorliegenden Veröffentlichung wurden wir u. a. angeregt durch die treffliche Arbeit von Herrn Prof. Dr.-Ing. Th. Beck über Philon von Byzanz (diese Beiträge Bd. 2, S. 64 bis 77. 1911), in der er auf Grund einer Arbeit von Baron Carra de Vaux die Leistungen dieses griechischen Mechanikers und Gelehrten eingehend geschildert hat. C. de Vaux (a. a. O.) hatte nämlich das Werk von Philon über die pneumatischen Instrumente nach einer arabischen Handschrift in Konstantinopel veröffentlicht und übersetzt. Leider hat er dabei in keinem Fall die Originalzeichnungen, sondern stets nur seine Rekonstruktionen mitgeteilt. Bruchstücke des erwähnten Werkes enthält eine Handschrift in der Bodleiana in Oxford Codex Nr. 954. Herr C. de Vaux war noch vor dem Krieg so freundlich, Photographien dieser dem einen von uns zu schicken. Ein Vergleich der auf ihnen sich findenden Zeichnungen mit den von C. de Vaux mitgeteilten ergibt, daß sie nicht perspektivisch gezeichnet sind und daß C. de Vaux sie mit großem Geschick rekonstruiert und ins Perspektivische übertragen hat. Über Einzelheiten läßt sich vielfach erst nach Einsicht in die Konstantinopolitaner Handschrift, die weit besser sein soll, urteilen.

Zwei wohl bei Uhren verwendete Vorrichtungen aus der Oxforder Handschrift haben wir in Nova Acta der K. Leop. Akademie Bd. 103, Nr. 2, beschrieben.

In dem *Fihrist* (S. 265) von *al Nadîm* (gest. 995) wird unter den Werken älterer Gelehrten noch ein solches von *Bâdrugugijâ* (?) aufgeführt: „Werk über das Herausbringen (Auffinden) der Gewässer“. Es zerfällt in drei Abschnitte; der erste enthält 39, der zweite 36, der dritte 30 Kapitel.

Die Wissenschaft vom Heraufholen der Gewässer behandelt zunächst, wie man feststellt, ob an einem Ort sich Wasser findet; dazu dient u. a. das Vorkommen von gewissen Pflanzen, das Aussehen des Bodens, der Geruch der Erde, weiter das Auftreten von bestimmten Ameisenarten (vgl. *al Damanhûrî*, gest. 1778, Mitteilungen zur Geschichte der Medizin usw. Bd. 9, S. 271; *al Qarâfî*, gest. 1283/84, Meteorol. Zeitschr. 1913, Heft 5). Dabei wird stets betont, daß der betreffende Mann in diesem Gegenstand geübt sein und zahlreiche Versuche angestellt haben muß.

Weiter wird der Bau von Brunnen geschildert und die Art der Prüfung, ob die Luft in diesen rein oder verderbt ist. Dazu wird vor allem eine Lampe in den Brunnen hinabgelassen; erlischt sie nicht, so kann man ungefährdet in den Brunnen hineinsteigen, sonst muß man die schlechte Luft entfernen, z. B. durch Ausblasen mit einem Blasbalg (*Ibn Qutaiba*, gest. 889, Beiträge XLIII, S. 102; *Benû Mûsâ*, Mitte des IX. Jahrh., Beiträge X, S. 345; *Ibn al 'Awwâm*, Anfang des XIII. Jahrh.; *al Damanhûrî*, a. a. O.). — Auf den Brunnenbau usw. einzugehen würde hier zu weit führen.

3. Werke über Wasserhebemaschinen. Die Araber stützten sich bei ihren Konstruktionen von Wasserhebemaschinen, Wasserrädern, Pumpen usw. auf die von den Griechen gemachten Erfahrungen und die von ihnen ausgeführten Vorrichtungen¹). In manchen Fällen spielt dabei die Lehre, daß ein leerer Raum unmöglich ist, eine große Rolle. Dies kommt vor allem bei zahllosen durch Wasser betriebenen Spielereien in Betracht, wie sie uns einmal die Pneumatika des Heron schildern. Diese werden von *Nadîm* im *Fihrist* (Beiträge V, S. 2) und von *Ibn al Qiftî* in seiner Geschichte der Gelehrten (Beiträge III, S. 251) erwähnt; ob die Araber das Werk selbst oder nur seinen Titel gekannt, ist noch nicht festgestellt²). Dagegen besaßen sie eine Übersetzung des Werkes von Philon (siehe oben) über die pneumatischen Instrumente. Seine pneumatischen Vorrichtungen und die in derselben Schrift enthaltenen Wasserräder werden mehrfach erwähnt. Ein gewisser *'Omar Ibn Muhammed al Kindî* (um 970 n. Chr.) — es ist nicht der bekannte Philosoph — bemerkt von Philon, daß er in der Konstruktion von Wasserrädern (*Daulâb*) und Mühlen bewandert war (Beiträge III, S. 230). — Ferner berichtet der Historiker *al Ja'qûbî* in seinen Geschichten (Bd. I, S. 135) von den durch Wasser bewegten Vorrichtungen, von denen er gelesen, die er aber kaum ganz verstanden hat, etwa folgendes: „Zu den griechischen Gelehrten gehört Philon, der die *Machânîqâ* (Mechanik, pneumatische Kunststücke) erfand. Dies sind Be-

¹) Hierzu ist von Interesse, daß Pappus (S. 1024) die Kunst derer erwähnt, die speziell als Handwerker, die Maschinen machen (*μηχανοποιοί*), bezeichnet werden; denn mittels der Instrumente, die sie zum Wassers schöpfen konstruierten, wurde das Wasser leichter aus großer Tiefe gehoben (vgl. E. Oder, Philologus Bd. 7, Supplbd., S. 231, 1899, der zunächst die Quellen-sucher behandelt).

²) Wohl durch einen arabischen Gelehrten ist der Oxforder Handschrift 954 (siehe oben) der Titel gegeben: „Dies ist, was *Îrun* aus dem Werk des Griechen *Filun* und des Archimedes entnahm über das Ziehen der Lasten, die Kugeln, die Gewässer, die Schalen und ähnliches.“

Eine mit Rücksicht auf die Untersuchungen von „Heron“ konstruierte Uhr rührt von Rabicag = *Ibn Sid* her (siehe Beiträge V, S. 408).

wegungen, die durch das Wasser hervorgerufen werden, wie die einer Figur. Man stellt sie her, dann wird sie durch das Wasser bewegt, ohne daß [von einem Menschen] einer ihrer Teile bewegt wird. Das Wasser läßt sie an einer Stelle hervortreten und wieder versinken. Vorrichtungen, die das Wasser bewegt, ohne daß sie ein Mensch bewegt, kommen hervor und werden vom Wasser verschlungen, kommen wieder hervor und gehen in der richtigen Weise weiter. Philon hat solche Vorrichtungen in verschiedener Weise ausgeführt, die sich auch richtig verhielten.“ (Solche Anordnungen finden sich in der von C. de Vaux veranstalteten Ausgabe Nr. 31 u. ff.)

Aller Wahrscheinlichkeit nach hat auch *al Chwârizmî* (etwa 990 n. Chr.) in seinem enzyklopädischen Werk „Die Schlüssel der Wissenschaften“, in dem Abschnitt über Mechanik, Philons Schrift benutzt. *Al Chwârizmî* bespricht zahlreiche technische Ausdrücke, die mit unserem Gegenstand zusammenhängen und die in den Beiträgen VI eingehend behandelt sind.

Im *Fihrist* S. 285 ist dann noch eine Schrift von *Harqal*, dem Zimmermann, über die Räder (Kreise) und die Wasserräder erwähnt; ersteres sind wahrscheinlich die Räder, welche von den Wasserrädern in Gang gesetzt werden. Ferner nennt er eine Schrift von *Mûristos*¹⁾ (unter dem C. de Vaux einen Ariston vermutet) über die Wasserräder. Die uns erhaltenen Schriften von *Mûristos* beziehen sich auf akustische Vorrichtungen. Solche, die automatisch durch Wasserräder betätigt wurden, haben die *Benû Mûsà* beschrieben.

Zu bemerken ist, daß in dem im Orient weit verbreiteten Werke der *Benû Mûsà* über sinnreiche Anordnungen (*Hijal*) — das nicht, wie oft angegeben wird, eine Mechanik ist — sich keine Wasserhebeamaschinen im engeren Sinne des Wortes finden.

In mehreren arabischen Schriften, so im Anhang zu dem Werk über die Uhren von *Ridwân* (Beiträge VI, S. 13), in einem großen arabischen Werk über Kriegswissenschaften (Katalog der arabischen Handschriften in Leyden Nr. 1414) findet sich ein längerer Abschnitt über die Wasserräder, das Heraufholen des Wassers und die dazu dienenden sinnreichen Anordnungen. Ob es sich hier um wirklich ausgeführte Anordnungen oder nur um erdachte Perpetua mobilia handelt, ist noch genauer zu untersuchen.

Sehr wichtige Angaben enthält ein Werk von *Gazarî* (siehe weiter unten) und eine Handschrift in Oxford. Den Inhalt dieser beiden werden wir weiter unten genauer behandeln.

Daß auch bei Historikern, Geographen und Kosmographen häufig Wasseranlagen, Mühlen usw. erwähnt werden, ergibt sich aus dem lebhaften Interesse der Verfasser an all solchen Dingen. Eine Reihe von Angaben findet sich in den Beiträgen VI und X.

II. Verschiedene Formen der Wasserhebeamaschinen.

Zum Heben des Wassers werden vorwiegend zwei Verfahren verwendet. Bei dem einen wird ein Schöpfgefäß, ein Eimer in Wasser getaucht, herausgezogen und entleert, bei dem zweiten wird eine Reihe von Schöpfgefäßen, Krügen usw. an einer Kette ohne Ende oder an dem Umfang eines Rades befestigt. Das erste Verfahren kommt dann überwiegend zur Anwendung, wenn das Wasser aus größeren

¹⁾ Zu *Mûristos* vgl. E. Wiedemann und F. Hauser, Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik Bd. 8, S. 140, 1918. Nach Th. Nöldeke könnte es möglicherweise ein *Myrtilos* sein.

Tiefen, so aus Brunnen, in die Höhe gehoben werden soll, das zweite, wenn die Höhenunterschiede kleiner sind, so bei der Nutzbarmachung des Wassers aus Flüssen. Endlich verwendet man auch eine Art Schöpföffel und Pumpen, jedoch seltener als die erstgenannten Anordnungen.

Bei den folgenden Angaben sind auch die jetzt noch benutzten Formen mit herangezogen, da sie bei dem konservativen Sinn der Orientalen auch den alten entsprechen.

1. Einfachste Form mit Seil und Rolle usw. Die einfachste Art, das Wasser aus einem Brunnen, in dem das Wasser hochsteht, heraufzuholen, besteht darin, daß man sich über das Schöpfloch stellt, den Ledereimer (*Dalw*) an einem Strick frei hinabläßt und ihn wieder frei (vgl. z. B. G. Ebers und H. Guthe, Palästina, Bd. 1, S. 271; Bd. 2, S. 111) heraufzieht¹⁾. Steht das Wasser tiefer, so wird der Ledereimer gewöhnlich an einem Strick heruntergelassen, wobei der Strick über den Schluß-



Abb. 1. Gefäß zum Wasserheben.

stein des Schöpfloches oder über den erhöhten Steinrand des Brunnens (a. a. O. Bd. 2, S. 231) läuft. In die Steine werden dann tiefe Rillen eingeschnitten, die an der angeführten Stelle im Bilde zu sehen sind. Man führt den Strick auch über ein quer über den Brunnen gelegtes Stück Holz oder ein Holzgestell mit Rolle (a. a. O. Bd. 1, S. 222) oder ein über den Brunnen gelagertes Rad (a. a. O. Bd. 2, S. 257). Die letzteren Anordnungen sind in der Wüste, wo das Holz so selten ist, ausgeschlossen und in Arabien nur möglich an Orten wie Medina und Mekka und anderen festbesiedelten Stätten, wo eine stetige Bewachung stattfinden kann. Statt den Strick mit der Hand einfach hinaufzuziehen, entfernt sich der an ihm ziehende Mensch von dem Brunnen, ebenso wie in anderen Fällen ein an das Seilende angespanntes Tier (ein Esel usw.). In manchen Gegenden geht das Tier eine schiefe Ebene hinunter. Am Euphrat heißt die Vorrichtung *Gisd*.

Eine besondere Einrichtung war an einem etwa 55 m tiefen, 3 m breiten Brunnen in der Festung *Safad* (am See Tiberias) verwendet. Zwei Fäßchen hängen an einem Seil, das über eine Rolle geht, die von einem Esel in Umdrehung gesetzt wird; das eine Fäßchen sinkt, das andere steigt. Sobald letzteres herausgezogen ist, wird es von einer besonderen Vorrichtung ergriffen, über den Rand gezogen und in einen Behälter entleert. Sobald der Esel den dabei auftretenden Zug merkt und das Geräusch des Wassers hört, kehrt er von selbst um, das entleerte Fäßchen sinkt, das inzwischen gefüllte steigt. Die oben angegebene Vorrichtung besteht aus zwei Armen von Eisen, Abb. 2. mit Handflächen und Fingern, die an Bögen und Kreisen befestigt sind; leider sind nur die Arme abgebildet, aber nicht die einzelnen Verbindungen (vgl. Beiträge X, S. 335).

Das Seil, an dem das Schöpfgefäß hängt, wird auch zweckmäßig um eine Rolle geschlungen und dann auf derselben Achse ein größeres Rad befestigt, an dem man dreht, Abb. 32 und 33.

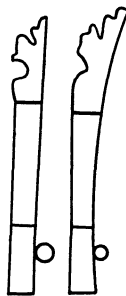


Abb. 2.
Vorrichtung
von *Safad*.

¹⁾ In Nordägypten wird ein Gefäß, *Qatwa*, Abb. 1, an dem vier Stricke befestigt sind, von zwei Männern, von denen jeder zwei Stricke hält, in die Höhe gezogen. (W. Lane, Sitten und Gebräuche der Ägypter, Bd. 2, S. 159.) Am unteren Tigris tauchen zwei Arbeiter taktmäßig ein flaches schüsselförmiges Gefäß an einem Strick in das Wasser und schwenken es aus.

2. Der *Schâdûf* und verwandte Formen. Aus dem Altertum, aus Assyrien und Ägypten, stammt der *Schâdûf*¹⁾.

Er besteht aus zwei Pfosten bzw. Pfeilern aus Stein, Holz, Lehm, Rohr oder Binsen, die mehr oder weniger weit voneinander abstehen, Abb. 3²⁾. Über sie ist ein Stück Holz gelegt, in dessen Mitte eine Stange auf einem Drittel ihrer Länge drehbar befestigt ist. An dem längeren Hebelarm ist das Schöpfgefäß angebracht, an dem anderen ein schwerer Stein (in Ägypten, wo es keine Steine gibt, ein Lehmklumpen), der als Gegengewicht dient und das volle Gefäß in die Höhe hebt. Der Mann zieht an dem Seil oder an der Stange, welche das Schöpfgefäß tragen, um letzteres in das Wasser zu tauchen. Diese Form der Brunnen ist noch jetzt in Europa weit verbreitet. Es gibt übrigens auch *Schâdûfs* mit zwei und mehr Hehebäumen.

Handelt es sich darum, Wasser mit dem *Schâdûf* auf größere Höhen zu heben, so stellt man eine Reihe von ihnen übereinander auf; so in den südlichen Teilen von Oberägypten, Abb. 4³⁾. Die Arbeit des Schöpfens mit dem *Schâdûf* ist äußerst anstrengend.

Dem *Schâdûf* sehr ähnlich, wenn nicht mit ihm identisch, ist die als *Chattâra* bezeichnete Vorrichtung; sie trägt diesen Namen in Spanien und Nordafrika in früheren Zeiten wie in der Gegenwart.

Statt mit der Hand das Schöpfgefäß hinunter- und hinaufzuziehen, kann man auch an dem kurzen Ende der Querstange das eine Ende eines Laufbrettes befestigen, dessen anderes Ende auf der Erde liegt. Dadurch, daß ein Mann hinauf- und hinabgeht, wird das Schöpfgefäß gehoben oder hinabgelassen. Dabei kann man auch zwei oder mehrere solcher Vorrichtungen nebeneinander aufstellen, siehe Abb. 28 und 29.

Man stellt auch eine Achse mit einer Anzahl Speichen in der Verlängerung des kurzen Hebelarmes nach unten auf. Dreht man diese Achse, so drücken die Speichen abwechselnd diesen Hebelarm hinab und heben dadurch das Schöpfgefäß oder sie lassen ihn los, dann sinkt letzteres herab, Abb. 36 und 37.

In besonderen Fällen wird das über dem Wasser befindliche Ende des Hebels zu einem Schöpflöffel mit einem hohlen Stiel ausgebildet. Der Löffel taucht zunächst in das Wasser und schöpft dieses; dann wird er durch eine Vorrichtung gehoben, und das Wasser fließt durch den Stiel ab. Hierauf fällt der Löffel wieder herab usw., Abb. 14 und 15 sowie 20 und 21.

3. Schöpfgefäße an einer Kette (einem Seil) ohne Ende oder am Umfang eines Rades. Um die an einer Kette oder an einem Seil ohne Ende, die über eine Rolle (*I*) gelegt sind, befestigten, meist hölzernen oder tönernen Schöpfgefäße

¹⁾ Ein anderer, aber seltenerer Name ist *Dâlîja*; er kommt bei der Beschreibung der Wasserhebemaschinen von *Isfahân* (siehe weiter unten) vor. *Balâdûri* (S. 77) gibt an: *al Dâlîja* ist ein langer Balken, angeordnet wie die Stampfer (*Mîdaqq*) des Reises; an seinem Ende befindet sich eine große *Mîgraja* (Schöpfeimer). (S. auch S. 149.)

²⁾ Zu Abb. 3 vgl. W. Lane, Sitten und Gebräuche der alten Ägypter, Bd. 2, Tafel 44. Leipzig, Dyksche Buchhandlung.

³⁾ Zu Abb. 4 vgl. C. Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum, Abb. 6, S. 32. Berlin, Springer, 1899.



Abb. 3. Schâdûf.

(Krüge, *Kúz*, *Qádús*) in Bewegung zu setzen, verlängert man die Achse der Rolle und bringt an ihrem Ende eine Kurbel oder ein großes Rad an, die man dreht, oder man befestigt auf der Achse eine zweite Rolle (*II*), über die ein Seil zum Ziehen gewunden ist. Dies Seil ist zweckmäßig zu einem solchen ohne Ende ausgebildet, das außer über die Rolle *II* noch über eine dritte (*III*), die senkrecht unter *II* steht, geführt ist, Abb. 30.

Statt der zweiten Rolle kann man auch auf die Achse ein hohles faßartiges Rad setzen, in dem ein Mann (oder ein Tier) in die Höhe zu steigen sucht und das so in Umdrehung versetzt wird, Abb. 34 und 35. In anderen Fällen werden Speichen am Rade *II* mit den Händen herangezogen und mit den Füßen nach unten gedrückt. (Eine Abbildung eines derartigen Rades gibt C. Niebuhr, Reisebeschreibung, Bd. I, Tafel XV, Abb. 2.)

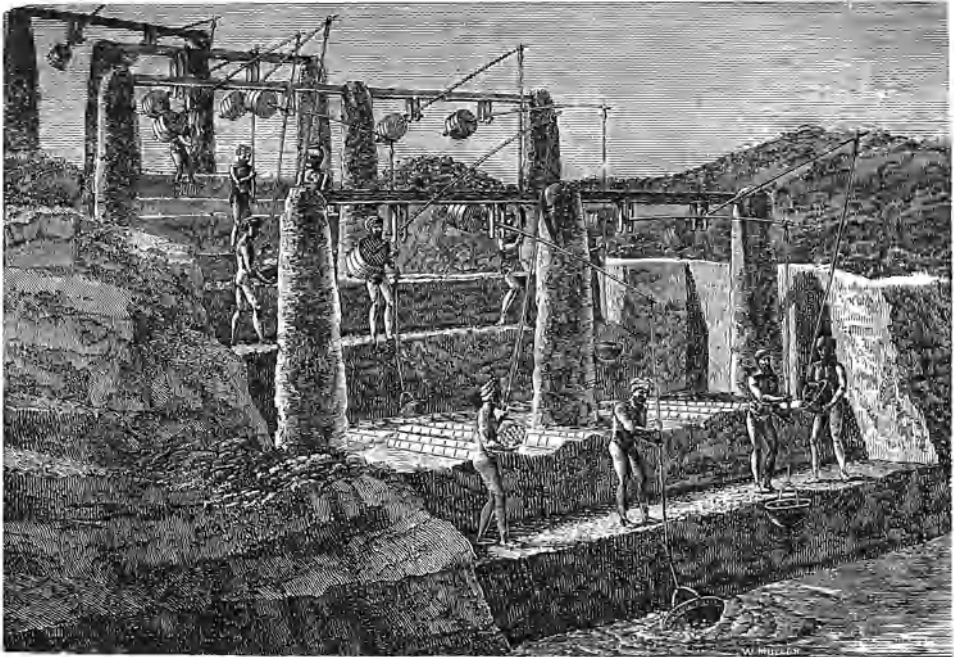


Abb. 4. Schädûf in Oberägypten.

Hierher gehört auch die Bemerkung der getreuen Brüder (*Ichwân al Safâ'*), daß zu den Leuten, die fortwährend bei ihrem Handwerk stehen, der gehört, der das Wasserrad (*Daulâb*) mit seinen Füßen in Umdrehung versetzt.

Ferner kann die Achse der Rolle *I* durch ein Göpelwerk betrieben werden: Ein an einem langen Balken angeschirrtes Tier versetzt eine senkrechte Achse in Umdrehung; die Zähne eines mit ihr verbundenen wagerechten Zahnrades greifen in diejenigen eines senkrechten ein, das an der wagerechten Achse der Rolle *I* befestigt ist.

Man kann aber auch Wasserräder benutzen, wie sie zum Betreiben von Mühlen dienen. Die Räder sind entweder mittelschlächtige oder unterschlächtige. Dabei haben nach den Abbildungen bei *Gazarî* die mittelschlächtigen statt der ebenen Schaufeln halbkugelförmige Schalen, die an Speichen befestigt sind.

Über eine besondere Art des Wasserrades, das sowohl als mittelschlächtiges wie als unterschlächtiges benutzt werden kann, berichtet *Qazwînî* (E. Wiedemann, Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften Bd. 15, S. 368, 1916).

Statt an einer Kette oder einem Seil ohne Ende werden auch unmittelbar an dem Kranz eines Rades Krüge befestigt, die das Wasser aus dem Fluß schöpfen, mit sich in die Höhe führen und oben ausgießen. Diese Vorrichtung heißt *Sâqija* (siehe C. Niebuhr, a. a. O., Abb. 2 und 3). Dabei kann dieses Rad in einer der eben beschriebenen Weisen in Umdrehung versetzt werden, oder, was besonders häufig geschieht, es sind gleich die Krüge auf dem Radkranz eines Wasserrades befestigt.

Im Anschluß an einen Vertrag über das Mieten der Schöpfvorrichtung (Baggerstrick mit den Schöpferäten) eines Wasserrades (*Sâqija*) bespricht W. Spiegelberg (Abh. d. K. G. d. W. in Göttingen, philol.-hist. Klasse [2], Bd. 16, S. 77, 1917) eine ganze Reihe von Stellen in koptischen Urkunden, Ostrakas usw., wo von solchen Wasserrädern die Rede ist, die in jeder Richtung den arabischen, von Tieren in Gang gesetzten *Sâqijas* entsprechen. Erwähnt werden die Knaben, die die Tiere antreiben und auf dem von der Achse ausgehenden Drehbalken sitzen. Für die griechischen Ausdrücke für das Wasserrad und seine Bestandteile verweist Spiegelberg auf Reil (Beiträge zur Kenntnis des Gewerbes im hellenischen Ägypten, S. 82).

Statt des Rades mit einzelnen Krügen verwendet man in Unterägypten auch ein großes Rad mit hohlen Felgen, in denen das Wasser in die Höhe gehoben wird; die Vorrichtung heißt *Tâbât* (W. Lane, Sitten und Gebräuche, Bd. 2, S. 159).

Für die hydraulischen Maschinen gibt es eine ganze Reihe von Bezeichnungen, die bald nur für das Wasserrad, bald für die ganze Vorrichtung benutzt werden, sei es, daß sie durch Wasser, Menschen oder Tiere in Umlauf gesetzt werden.

Solche Ausdrücke sind *Ġarb*, *Hannâna*, *Sânija*, *Daulâb*, *Ġarâfa*, *Manġanûna* (*μάγγανον*), *Nâ'ûra* (Noria), *Zurnûq* (vgl. u. a. Glossar zu *Balâdurî* S. 77).

Besonders bezeichnend ist der Name *al Hannâna*, die Seufzende¹⁾, nach dem eigentümlichen, knarrenden Ton, den sie von sich geben. Ein Dichter *Imâd al Dîn al Isfahânî* hat darauf den Vers gemacht:

„Das Rad stimmt mit ihr durch die Schönheit seines Tones überein, wie eine Gestalt mit schönen Verhältnissen mit einer anderen Gestalt.“

4. Angaben von *Ibn Sîda* usw. über das Heben des Wassers. Im Anschluß an die obigen Angaben über die arabischen Wasserhebemaschinen teilen wir eine Reihe von Ausführungen mit, die ein arabischer Philolog, *Ibn Sîda* (geb. in Murcia 1007) über das Heben des Wassers in einem nach Stoffen geord-

¹⁾ In den „Schlüsseln der Wissenschaften“ heißt es: „*al Hannâna* sind Apparate, die man herstellt. Sie seufzen mit einem Ton ähnlich demjenigen von Saiteninstrumenten, Flöten, Pfeifen usw., je nachdem man es wünscht.“ (Hier ist offenbar an Instrumente, wie sie Philon beschreibt, gedacht; diese Zeitschrift a. a. O. S. 73 u. ff.)

Von *Muhammed Ibn Ahmed Abu'l Muţahhar al Azdî* (um 1050) (*Abu'l Qâsim*, Ein Bagdader Sittenbild, herausgg. von A. Mez, 1902) werden S. 24 unter der angenehmen Musik auch die Schöpfräder genannt. Mez (S. XXXIII) weist darauf hin, daß man ihre Töne wirklich schön fand und sie mit den gewagtesten Vergleichen pries. Eine Sammlung solcher findet man in *Halbat al Kumait* (Anthologie der Weinpoesie) von *Nawâġî* (Brockelmann Bd. 2, S. 56). Technische Angaben finden sich hier nicht.

Die großen Schöpfräder von *Hîms* (Emessa), welche Oberhammer und Zimmermann (Durch Syrien, S. 93) als Riesenorgeln bezeichnen, die beruhigend und erhebend wirken, waren in der muslimischen Welt einzigartig und wurden sogar in Spanien zitiert.

neten Wörterbuch (Bd. 9, S. 163 u. ff.) macht; dabei ziehen wir Bemerkungen von anderen arabischen Gelehrten, so *Agdâbi* (Beiruter Ausgabe der *Fiqh al Luga* von *Ta'âlibî* S. 346) und solche aus dem arabischen Originalwörterbuch *Lisân al 'Arab* (*Lis.*) heran.

Einer der gewöhnlichsten Namen für Wasserrad ist *Na'ûra*, so wird es nach *Chafâgî* von der großen Menge genannt, es ist ein Synonym von *Daulâb* und *Sâqija*. Ihren Namen hat die *Nâ'ûra*¹⁾ nach *Abû Hanîfa al Dînawarî* (vgl. Beiträge LI) von dem knarrenden Geräusch bei ihrer Umdrehung. *Na'ûra* bedeutet auch Flügel der Mühle.

Die unten (S. 149) behandelte²⁾ *Dâlîja* beschreibt *Dînawarî* folgendermaßen: Sie ist ein langer Balken (*Gid'*, Hebelarm), der so wie die zum Zerstampfen des Reises dienende Vorrichtung angeordnet ist (siehe oben). An seinem einen Ende befindet sich ein großer Löffel (*Migrafa*), der ausgepicht und aus Palmfiedern (*Chûs*) oder Rohrmatten (*Bârija*) hergestellt ist. Er soll viel Wasser fassen. Den Teil des Balkens, der nach dem Löffel zu liegt, macht man kürzer. Sein vorderster und äußerster Teil ist so lang, daß er, wenn er sich neigt, das Wasser erreicht. Sein hinterer Teil ist länger. (Die Einteilung ist durch die Achse gegeben, um die sich der Balken dreht.) Auf dem Balken bewegen sich Männer rittlings vorwärts; kommen sie an das hintere Ende des Balkens, so hebt sich der vordere Teil. Steht dies Ende dem Wasserbehälter gegenüber, d. h. dem Ort (*Muhrâq*), in den der Löffel ausgegossen wird, so faßt diesen ein auf dem Wasserbehälter stehender Mann [und gießt ihn aus]. Das Wasser fließt in einem Kanal zu dem Saatfeld. Die Männer steigen dann von dem Balken herab, und sein vorderes Ende neigt sich zu dem Wasser, da es schwerer als das andere ist. Dann reiten die Männer wieder auf dem Balken; hiermit sind sie dauernd beschäftigt.

Das *Daulâb* oder *Dûlâb* (Wasserrad) dreht sich wie der *Schahraq*³⁾, nämlich der *Schahraq al Haffâr* (des, wohl einen Brunnen oder eine Grube, Grabenden). Auf seinem Rücken befinden sich zwei starke Stricke (*Masad*). Die Enden eines jeden sind miteinander verbunden. Zwischen ihnen werden Krüge (*Kûz*) angebracht, die kleinen Eimern (*Dalw*) aus Palmfiedern gleichen; sie sind verpicht. Diese Krüge heißen '*Usmûr* (auch *Qâdûs*). Die Stricke haben eine Länge, die dem Abstand zwischen dem Wasser und dem Ort, wo die Eimer ausgegossen werden, entspricht. Dreht sich das Rad, so steigen die Eimer auf der einen Seite, und die diesen gegenüberliegenden sinken auf der anderen Seite: So schöpfen die leeren Eimer Wasser, und die vollen steigen in die Höhe. Haben sie die Höhe des Rückens des *Schahraq* erreicht und wollen eben umkehren, so gießen sie ihren Inhalt in einen Kanal aus Holz. Über dem Kanal steht aber der *Manganûn* (Maschine); diese Maschine dreht das Kamel, das Rind, der Esel. *Scharaq* ist ein von den Arabern benutztes persisches Wort.

1) *Nâ'ûra* kommt von einem Verbum *na'ar*, das „schreien“, „einen Ton durch die Nase von sich geben“, heißt.

2) *Chafâgî* (S. 100) definiert *Dâlîja* als das, womit man Wasser aus dem Brunnen mittels des Eimers heraufholt.

3) Das Wort lautet im Persischen *çahrak* oder *çahra*, d. h. Rad oder Rädchen. Es kommt im Arabischen auch in der Form *Gahar* und *Schahar* vor und bezeichnet z. B. die Drehscheibe der Töpfer und die Drehbank, auf der die Drechsler Kupfergeräte abdrehen. Erwähnt wird es bei der Beschreibung der Herstellung des Apparates von *Ibn al Haitam* zur Bestimmung des Brechungswinkels (vgl. *Optice Thesaurus Alhaceni ed. Risner lib. VII, S. 231. Wied. Ann. XXI, S. 542, 1884*).

Hier ist mit dem Wort ein von einem Zugtier in Gang gesetzter Göpel bezeichnet.

Bemerkt wird noch, daß auch jeder der Eimer, die bei der Umdrehung Wasser schöpfen, als *Manganûn* bezeichnet wird und ebenso ein großes Rad (*Mahâla*).

Die *Zarrâfa* ist ein kleiner Eimer, mit dem man für die Saat Wasser schöpft.

Der *Fâgûsch* ist ein ausgehöhltes Stück Holz, in das man vier Löcher bohrt, in denen man dann ein Seil anbindet; eine große Form dieser Vorrichtung heißt *Fangasch*.

Ein anderes Wort für *Daulâb* ist 'Agala.

Der Eimer hat verschiedene Namen. Gewöhnlich heißt er *Dalw*. Ist er groß, so heißt er *Ġarab*; *Danûb* und *Sagl* vielfach, wenn er voll ist; *Salm* ist der Eimer mit einem Henkel, wie ihn die den Wasserschlauch Benutzenden verwenden. —

Die Schläuche (*Ziqq*) haben übrigens auch verschiedene Namen, je nachdem sie für Wasser, Milch, Fett, Wein bestimmt sind.

Wir erwähnen noch, daß *Hirschaffa* ein Stück Zeug ist, mit dem man das Wasser von der Erde aufwischt, um es dann in einen Ledereimer auszupressen. Dies geschieht, wenn nur wenig Wasser vorhanden ist.

Minzafa ist ein kleiner Eimer, der am Ende eines langen Holzes *I* angebunden ist. Dann stellt man ein zweites Stück Holz *II* auf, an dem man quer das Holz *I* befestigt. Man schöpft mit ihm das Wasser aus. (Es dürfte dies der *Schâdûf* sein, der merkwürdigerweise weder von *Ibn Sîda* noch von den Originalwörterbüchern erwähnt wird; wahrscheinlich war das Wort ursprünglich eine spezifisch ägyptische Bezeichnung.)

Über die Eimer werden quer in Kreuzform zwei Hölzer¹⁾ angebunden (jedes heißt 'Arquwa); die länglichen Riemen zwischen den Öhren des Eimers und den Querhölzern heißen *Sajr*.

An den Öhren und dem Henkel ('Urwa) wird der Eimer angefaßt. Zwischen den Querhölzern liegt die Ausgießstelle.

Der Eimer wird noch in besonderer Weise gesichert. Darüber berichtet zusammenfassend der *Lisân* Bd. 3, S. 154. *Al 'Inâg* ist eine Schnur oder ein Riemen, den man am untersten Ende des Eimers befestigt, dann bindet man ihn an dem Henkel oder dem Querholz und manchmal an einer der beiden Öhren an. Es ist auch der 'Inâg ein Henkel am unteren Ende im Innern des Eimers (*Ġarab*); man verbindet ihn fest mit dem obersten Ende des tragenden Seiles (*Karab*). Reißt das Seil, so bewahrt der 'Inâg den Eimer davor, daß er in den Brunnen fällt. Dies gilt für einen leichten Eimer. Ist er schwer, so bindet man unten an ihn ein Seil oder einen Riemen an, der dann an den Querhölzern befestigt wird. Er soll den *Wadam* unterstützen, d. h. den Riemen bzw. die Stricke, die zwischen den beiden Öhren und den Querhölzern des Eimers angebunden sind. Reißen die *Wadam*, so hilft ihnen der 'Inâg²⁾.

Das tragende Seil *Karab* wird manchmal unten doppelt und dreimal genommen, und ebenso wird das Leder am Rande des Eimers doppelt genommen.

An das Hauptseil wird häufig unten ein kürzeres mit Namen *Darak* angebunden, es liegt dem Wasser zunächst und taucht in dieses ein; dadurch wird das Hauptseil vor dem Verfaulen geschützt.

Die Rolle³⁾ heißt im allgemeinen *Bakra*. Eine Rolle, mit der zwei Männer Wasser schöpfen, heißt *Qarn*, eine sehr große, mit der die Kamele Wasser schöpfen

¹⁾ Die Hölzer dienen zur Versteifung der ledernen Eimer.

²⁾ Diese Beschreibung ist nicht ganz klar.

³⁾ Zu Rollen vgl. Uhren S. 44.

und die dem Rückenwirbel eines Kamels gleichen soll, *Mahâla*. Mit der *Mahâla* schöpfen die Lehmarbeiter (*Tajjân*) Wasser. Die Rolle ist ein kreisförmiges Stück Holz, in dessen Mitte sich eine Rille für das Seil befindet. In ihrer Durchbohrung befindet sich die Achse, auf der sie sich dreht. Dabei ist zu beachten, daß in sehr vielen Fällen nicht die Achse mit der Rolle fest verbunden ist, sondern erstere fest ist und sich die Rolle um sie dreht. Die Achse selbst besteht bald aus Holz, bald aus Eisen.

In der Mitte der Rolle (d. h. wohl in der Mitte ihres Umfanges) befindet sich manchmal ein Spalt (wohl eine Aushöhlung, eine bestimmte Stelle), auf der Zähne aus Holz angebracht sind, wohl um Übertragungen zu bewirken. Hat die *Mahâla* lange Zähne, so heißt sie *Mahâla Fauhâ'* (*Mahâla* mit weitem Maul), läuft sie schnell um, so heißt sie *Damûk*. Da die Achse in vielen Fällen nicht in der Rolle feststeckt, so wird deren Loch im Lauf der Zeit „ausgefressen“; um eine solche Rolle (*Nachîs*) wieder in Ordnung zu bringen, nimmt man ein Stück Holz, bohrt seine Mitte aus und steckt es in die erweiterte Durchbohrung der Rolle. Das Holz heißt *Nichâs*. Hat sich die feststehende Achse gelockert, so sagt man, sie scheppert; man steckt dann in die erweiterte Öffnung ein Stück Holz oder einen Stein¹⁾.

Auf dem Brunnenrand oder in dessen Nähe werden zwei Holzstücke (*Rigâm* Lis. XV, S. 119 und 120) aufgestellt oder Steinfeiler errichtet, auf denen die Lager für die Achse oder andere Schöpfvorrichtungen sich befinden.

Die Achse wird an beiden Seiten durch gebogene Eisenstücke (*Chuttâf*) oder zwei Holzstücke (*Qa'w*) getragen bzw. festgehalten, indessen wird letzteres Wort auch für eiserne Vorrichtungen benutzt. In *Jemen* ist es sogar die Achse.

Manchmal wird die Achse und damit die Rolle auch aufgehängt.

Al Rigâm ist auch ein Stein, den man an das Ende eines Seiles anbindet und in den Brunnen hinabläßt. Dann wirbelt man mit ihm den Schlamm auf und schöpft dieses Wasser aus; so reinigt man den Brunnen. Das geschieht nur, wenn der Brunnen so tief ist, daß man nicht zum Reinigen hinabsteigen kann. *Rigâm* ist ferner der Stein, den man an den Henkel des Eimers bindet, damit er schnell untersinkt.

Noch sei erwähnt, daß man, wenn das Seil zwischen die Rolle und die Lager (*Qa'w*) abrutscht und die Rolle steckenbleibt, einen besonderen Ausdruck dafür hat.

Um Gegenstände aus dem Brunnen herauszuholen, dienen haken- (krallen-) förmige Eisen mit verschiedenen Namen. Von einem '*Audaq* heißt es, es ist das Eisen, an dem sich Krallen befinden, mit denen man die Eimer aus dem Brunnen herauszieht.

Das Knarren und Knirschen der Rolle nennen die Araber *Qa'qa'a* und *Sarîf*.

Für das Seil bzw. den Strick²⁾ haben die Araber eine sehr große Anzahl von Namen. Eine allgemeine Bezeichnung ist *Habl*. Der Faden heißt *Chait*. Der Faden zum Abmessen von Bauten heißt *Mitmar*, der aus zwei Farben zusammengesetzte, den die Frauen um die Taille binden, *Barîm*; *Karr* ist der Strick, mit dem man auf die Palmen steigt, meist ist er aus Leder gefertigt. Dagegen heißt der Strick, den man einem in den Brunnen steigenden Mann umbindet, *Ga'âr*. Sein

¹⁾ Es ist anzunehmen, daß es sich hier um eine Lockerung der Achse im Rade handelt, wobei das Stück Holz oder der Stein als Verkeilung diente. Bei einer Lockerung in den Lagern wäre eine Ausfüllung der ausgelaufenen Lager mit einem Stück Holz oder einem Stein nur ein schlechter Notbehelf.

²⁾ Zu Seilen usw. vgl. Uhren S. 43.

oberes Ende hält ein zweiter Mann. Fällt der erste in den Brunnen, so kommt ihm der zweite mit dem Seil zu Hilfe. Ein Seil, das ausgespannt wird, um Schiffe und Reisende aufzuhalten und von ihnen den Zehnten zu erheben, heißt *Ma'sir*¹⁾. Das Seil für den Eimer heißt oft *Rischâ'*.

Man stellte auch mehrfache, so dreifache, zehnfache Seile her.

Das Material, aus dem die Seile verschiedenster Art gemacht wurden, war sehr mannigfaltig. Einmal diente dazu für besonders feste Seile das Leder, ferner wurden verwendet Baumwolle, Leinen, Seide, Wolle. Haare und *Wabar* (Haar der Kamele, Ziegen und Hasen) wurden zugesetzt. Von der Palme wurden die Bastfasern und Blattfiedern (*Lif*, *Chûs*, *Chulb*, *Watîl*) benutzt und ebenso von der Zwergpalme (*Chazam*). Über das aus Kokosnußfasern hergestellte Seil heißt es nach *Abû Hanîfa* (*al Dînawarî*): *al Churâba* ist der aus *Kimbâr* hergestellte Strick, das sind die Bastfasern der Kokosnußpalme, der indischen Nuß. Es sind die besten Fasern für Seile; der beste ist *al dubaibî* (der krokodilartige), er ist sehr schwarz; er heißt auch der koptische (ägyptische, *qibtî*). Kein Bast ist so widerstandsfähig gegen Seewasser usw. wie er.



Abb. 5. Ein noch heute verwendetes Wasserrad aus Mesopotamien.

Dazu bemerkt *al Muta'aggi* (*Ibn Sîda* Bd. II, S. 167): *Abû Hanîfa* (*al Dînawarî*) meinte den *Kaulân* (siehe weiter unten) in dem Kapitel über die Seile, wo er die Seile aus Kokosnußpalmen und ihnen ähnliche, wie *al qibtî*, erwähnt.

Ferner werden Seile hergestellt aus gewöhnlichem Hanf (*Qinnab*), einer besonderen Art Hanf (*Abaq*, aus *Musâs*²⁾), einer dem Papyrus bzw. der Binse (*Kaulân*) ähnlichen Pflanze, dann auch aus *Dîs*³⁾, das betreffende Seil heißt *Qirqis*. Besonders gute Seile macht man aus *Salab*, einem schön wachsenden hohen Baum;

man nimmt ihn, macht ihn im Feuer geschmeidig und gewinnt aus ihm weiße Fasern (*Muschâqa*), ähnlich dem Palmbast. Nach anderen ist *Salab* der Bast der *Muql*-Palme, der aus Mekka herbeigebracht wird (vgl. *Lisân* Bd. I, S. 456). Ebenso dient der Bast der Mimosa Örfota zur Herstellung von Seilen.

Weiter werden als Pflanzen, die der Erzeugung von Seilen dienen, genannt: *Tuddâ'* (*Althaea officinalis*), *Asal* (eine Binsenart), von der man Riemen, Matten und Seile herstellt.

In dem eben benutzten Abschnitt des Werkes von *Ibn Sîda* finden sich auch interessante Bemerkungen über das Flechten; doch können wir hier auf diese nicht eingehen.

¹⁾ Beiträge X, S. 310. In Beiträgen VI, S. 53 u. ff. sind noch eine Reihe anderer Namen für Seile aufgeführt. *Silsila* ist stets mit „Kette“ zu übersetzen.

²⁾ Nach Freytag soll sie der *Tuddâ'* (siehe unten) ähnlich sein.

³⁾ *Dîs* ist eine Binsenart. *Arundo festucoides* Desf. (*Dozy* Bd. I, S. 481).

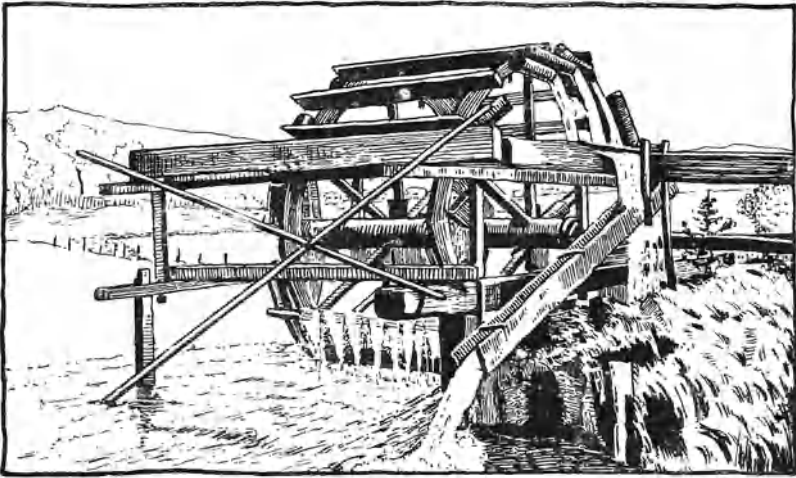


Abb. 6. Wasserrad aus dem mittelfränkischen Regnitzgrund, noch heute im Betrieb.

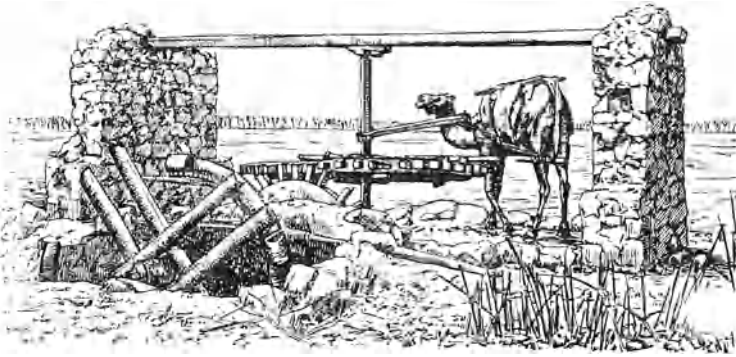


Abb. 7. Schöpfrad, durch Göpel angetrieben.

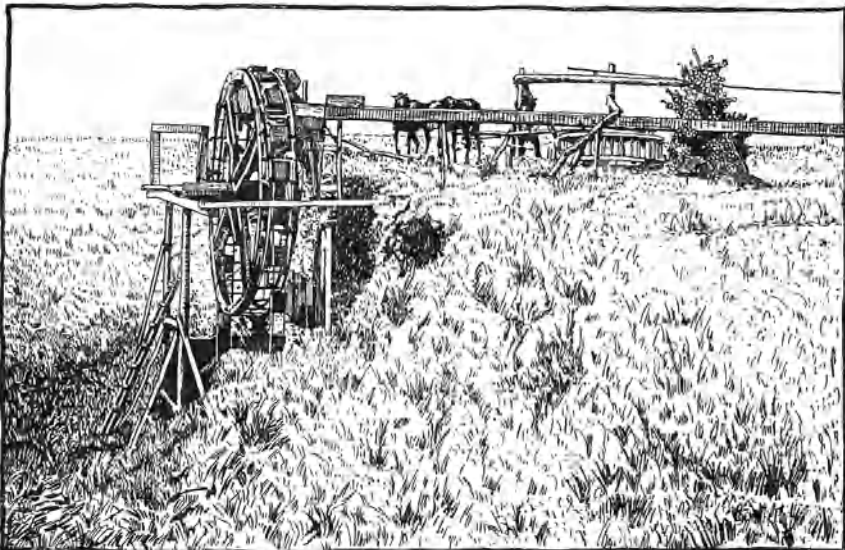


Abb. 8. Noch jetzt in Bulgarien gebräuchliche Wasserhebevorrichtung.

5. Noch im Betrieb befindliche Wasserräder zum Schöpfen des Wassers. Zum Schlusse dieses Abschnittes sei noch kurz darauf hingewiesen, in welcher Weise sich Formen der von den Muslimen gebauten Wasserräder bis in die heutige Zeit erhalten haben.

In dieser Hinsicht verdient von den drei in der weiter oben angeführten Beckschen Arbeit behandelten Wasserhebevorrichtungen das dort in Abb. 23 dargestellte Schöpfrad besonderes Interesse. Es dient dazu, mittels einer geringen, aus größerer Höhe herabfallenden Wassermenge eine größere Wassermenge zum

Betrieb von Pfeifen auf eine geringere Höhe zu heben. Ihm gleichen im Prinzip noch heute verwendete Schöpfräder, welche sich nicht nur im Orient, sondern auch in deutschen Gegenden, so an der Regnitz und in der Gegend von Wunsiedel, finden, wohin sie wohl durch zurückkehrende Kreuzfahrer gebracht wurden. Abb. 5 zeigt ein derartiges Rad aus Mesopotamien, Abb. 6 ein solches aus dem mittelfränkischen Regnitzgrund¹⁾. Der Unterschied, welchen diese Räder gegenüber dem in der Beckschen Arbeit dargestellten zeigen, besteht lediglich darin, daß sie nicht als mittelschlächliche, sondern als unterschlächtige Räder angetrieben werden.

Abb. 7 zeigt ein derartiges (stark beschädigtes) Schöpfrad, das nicht durch Wasserkraft, sondern durch einen Göpel angetrieben wird²⁾.

Auch Vorrichtungen, welche das Wasser mittels Schöpfgefäßen

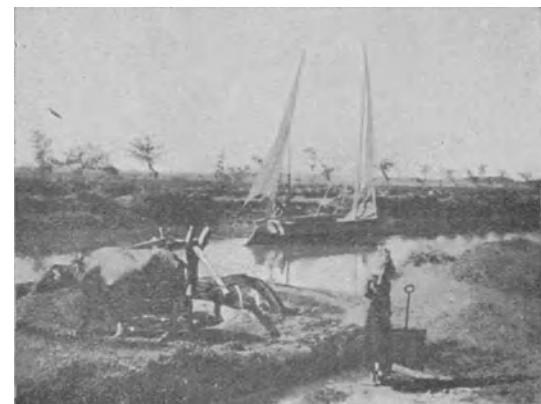


Abb. 9. Die Schöpfbecher sitzen bei diesem Göpelwerk unmittelbar am Radkranz.

heben, die an endlosen Seilen über eine in Umdrehung versetzte Scheibe laufen, sind heute noch gebräuchlich. So zeigt die Abb. 8³⁾ eine noch heute in Bulgarien

¹⁾ Abb. 5 ist aus „Über Land und Meer“ 1916, Nr. 50, S. 935, entnommen, Abb. 6 stammt aus „Land und Leute“, Monographien zur Erdkunde, Frankenland von Wilhelm Götz, Velhagen & Klasing, S. 51 (Abb. 42). Den Verlagsbuchhandlungen sei an dieser Stelle für Überlassung der Klischees der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Zu Abb. 5 vgl. u. a. auch: Max Freiherr von Oppenheim, „Vom Mittelmeer zum Persischen Golf“, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), Berlin 1899, 1. Bd., S. 333, sowie Roman Oberhummer und Heinrich Zimmer, „Durch Syrien und Kleinasien“, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), Berlin 1899, S. 93.

²⁾ Die Abb. 7 stammt aus O. Kammer, Die Entwicklung der Zahnräder. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure Bd. 4, 1912, S. 243.

³⁾ Die Abb. 8 ist der Kriegsnummer 122 vom 30. November 1916 der Leipziger Illustrierten Zeitung, S. 10, entnommen. Für die Überlassung des Klischees sei dem Verlag an dieser Stelle der verbindlichste Dank ausgesprochen.

(und wohl auch anderen Teilen des ehemaligen islamischen Reiches) gebräuchliche Wasserhebevorrichtung dieser Art. Die ganze Anordnung gleicht der in Abb. 16 von *Gazarî* dargestellten mit dem einzigen Unterschied, daß der Antrieb nicht durch Wasserkraft, sondern durch einen Pferdegöpel erfolgt.

Infolge der freundlichen Anregung von Herrn Professor Matschoß stellte uns Herr Geheimrat Miethe in äußerst liebenswürdigem Entgegenkommen — wofür ihm an dieser Stelle verbindlichst gedankt sei — einige seiner Aufnahmen ägyptischer Wasserhebemaschinen zur Verfügung:

Abb. 9 zeigt zwei von einem Göpel angetriebene Schöpfräder, bei denen die Schöpfbecher unmittelbar an dem Radkranz sitzen. Besonders hingewiesen sei auf

die einfachen Mittel, mit denen das Göpelwerk gebaut ist; es sind einfache, unbearbeitete Naturhölzer. Abb. 10 ist ein ebenfalls von einem Göpel betriebenes Schöpfrad, bei welchem die Schöpfbecher (wie die Abbildung erkennen läßt, schön geformte Tonkrüge) an zwei endlosen Seilen befestigt sind. Abb. 11 stellt eine Teilaufnahme einer der Abb. 10 entsprechenden, jedoch etwas kleineren und primitiveren Anordnung dar. Diese Aufnahme läßt gut erkennen, in welcher einfachen Weise die beiden Seile hier über Querspflöcke an den Speichen des Rades gelegt werden, in welcher Lage die Schöpfbecher an den Seilen befestigt sind und in welcher Weise die Rinne angebracht ist, in die sich das Wasser aus den Bechern ergießt. Abb. 12



Abb. 10. Durch Göpel angetriebenes Schöpfrad.

ist die Aufnahme zweier mächtiger Zahnräder, wie sie bei den Göpelwerken der vorstehenden Abbildungen an der senkrechten, von dem Zugtier in Umdrehung versetzten Achse Verwendung finden. Diese Aufnahme zeigt sehr deutlich die einfache und doch zweckmäßige Bauart der genannten Räder.

Ein Vergleich dieser vier Aufnahmen mit den Abbildungen und Schilderungen der arabischen Handschriften lehrt ebenfalls, daß diese einfachen Wasserhebevorrichtungen heute noch in fast derselben Weise gebaut werden, wie sie uns die arabischen Schriftsteller vor nunmehr rund 700 Jahren beschrieben haben.

Die Beispiele ließen sich noch vermehren; es soll jedoch davon Abstand genommen werden, da bereits die hier angeführten genügen, um den bis in die Jetztzeit fortwirkenden Einfluß der arabischen Bewässerungstechnik zu kennzeichnen.

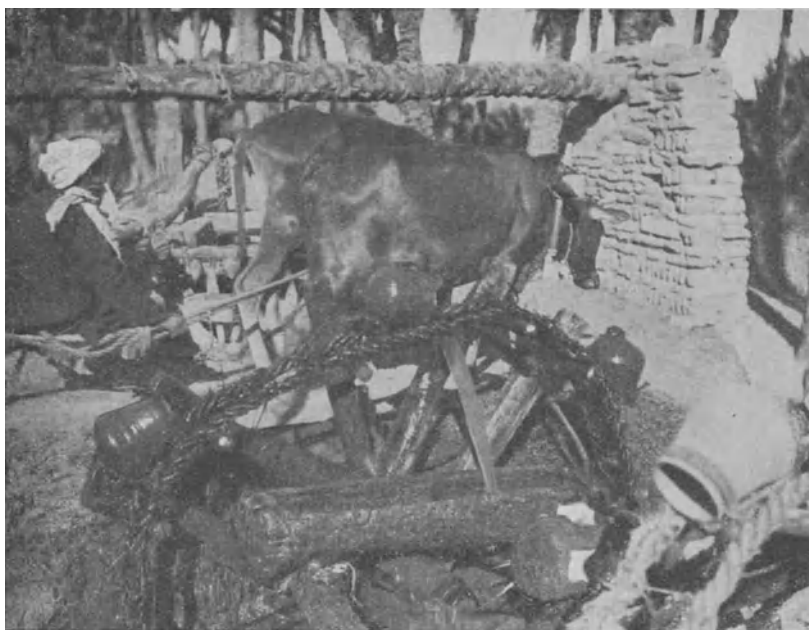


Abb. 11. Ähnliche Anordnung wie Abb. 10.



Abb. 12. Zahnräder für Göpelwerke.

III. Wasserhebemaschinen nach Gazari und einer arabischen Handschrift in Oxford.

Wir wenden uns jetzt zu den Angaben eines gewissen *Gazari*, der um 1200 in *Dijâr Bekr*, also am oberen Tigris, gelebt hat. Sie bilden die fünfte Gattung seines Werkes über die pneumatischen Kunststücke¹⁾. Der Titel lautet: „Über die Instrumente, die Wasser aus großen Wassermassen emporheben, dann aus Brunnen, die nicht tief sind, und aus einem fließenden Fluß.“

Hieran anschließend besprechen wir fünf Wasserhebemaschinen, von denen drei von den Leuten von *Isfahân*, also in Mittelpersien, benutzt wurden. Sie fanden sich in der erwähnten Oxford Handschrift und sind bereits von C. de Vaux beschrieben worden. Nach den Angaben seines Textes und den von ihm ausgeführten Rekonstruktionen geben wir auch seine Vorstellungen von den Vorrichtungen wieder. Auf Grund unserer wesentlich erweiterten Kenntnisse auf diesem Gebiete hoffen wir die eine oder andere Angabe der arabischen Techniker richtiger zu deuten²⁾.

Auf die Handschriften, deren Güte usw. einzugehen, ist hier nicht der Ort. Die Abbildungen in den *Gazari*-Handschriften sind meist sehr sorgfältig ausgeführt und besitzen sicher neben ihrem technischen auch einen kultur- und kunstgeschichtlichen Wert. Wir haben sie daher möglichst genau wiedergegeben. Nach ihnen ausgeführte Rekonstruktionen in moderner Art zu zeichnen, schien uns mit Ausnahme einiger erläuternder Zeichnungen überflüssig. Auch die Zeichnungen der Oxford Handschrift haben wir zunächst im Anschluß an das Original veröffentlicht, ihnen aber mit Ausnahme der beiden ersten die Rekonstruktionen von Carra de Vaux beigelegt, da die Originale vielfach schwer verständlich sind. Die Abbildungen in den Handschriften sind bis auf einige Teile nicht perspektivisch gezeichnet, sondern alles ist in eine Ebene geklappt. Dabei können alle in Betracht kommenden Gegenstände wiedergegeben werden. Nicht bei allen älteren Zeichnungen ist so verfahren worden. In der arabischen Übersetzung der ursprünglich griechischen Schrift von *Muristos* über akustische Vorrichtungen ist besonders betont, daß die Zeichnung eine flächenhafte und nicht eine körperliche ist, und daß daher von den vorhandenen drei Röhren und drei Löchern jeweilig nur zwei zeichnerisch wiedergegeben seien.

Bei der Reproduktion der arabischen Originalzeichnungen wurde von dem teuren und infolge der Bemalung der arabischen Figuren sowie der Vergilbung der Handschriften in der Regel flau und unklar ausfallenden Lichtdruck Abstand genommen. Es wurde vielmehr der einfachen Zinkographie unter Zugrundelegung von klare und deutliche Drucke liefernden Zeichnungen der Vorzug gegeben. Um solche Zeichnungen zu erhalten, wurden von den Originalfiguren Photographien auf Entwicklungspapier hergestellt, auf den Photographien die Linien mit nicht auswaschbarer Tusche nachgezogen und dann die Photographien mittels eines kräftigen Blutlaugensalz-Abschwächers ausgewaschen³⁾. Die zurückbleibenden Tuschezeichnungen dienten dann zur Herstellung der Klischees, welche somit liniengetreue Wiedergaben der Originalfiguren darstellen, an denen lediglich die für die Gesamtdarstellung weniger ins Gewicht fallende Bemalung fehlt⁴⁾.

Zeichnerische Rekonstruktionen wurden im allgemeinen nur da ausgeführt, wo die Originalzeichnungen und gegebenenfalls auch der Text unklar waren.

¹⁾ Über den Verfasser dieses Werkes, das Werk selbst, die in Betracht kommenden Handschriften vgl. E. Wiedemann und F. Hauser, Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur. Dort ist auch der Abschnitt über die Uhren übersetzt.

²⁾ Auf die im Anschluß an obige Vorrichtungen aus der Oxford Handschrift von C. de Vaux mitgeteilten Beschreibungen von Springbrunnen soll später zurückgekommen werden.

³⁾ Näheres über dieses in der älteren und neueren photographischen Fachliteratur des öfteren beschriebene und auch in der Praxis verwendete Verfahren siehe F. Hauser, Sitzungsberichte der med.-phys. Sozietät zu Erlangen Bd. 46, S. 170, 1914.

⁴⁾ Die Buchstabenbezeichnungen der Figuren wurden bei Bedarf geändert.

1. Wasserhebemaschinen nach *Gazarí*.

Ehe wir mit der Wiedergabe des Inhaltes unseres Abschnittes der Schrift von *Gazarí* beginnen, sei auf die reiche Fülle von Konstruktionselementen aufmerksam gemacht, welche diese birgt.

Wir finden Antrieb durch Tiergöpel und Wasserkraft, bei letzterem Wasserräder mit Schalen oder Schaufeln auf wagerechter Achse und eines mit schräggestellten Flügeln auf senkrechter Achse, ferner Kraftübertragung durch Zahnräder mit gleichlaufenden und gekreuzten Achsen, Zahnräder, welche nur auf einem Teil ihres Umfanges Zähne tragen und so nur während eines bestimmten Teiles ihrer Umdrehung wirken. Wir finden weiter Triebstockkräder, endlose Seile, eine Druckpumpe mit Saug- und Druckventilen sowie abgedichteten Kolben. Von ganz besonderem Interesse sind die in Abb. 20 und 24 dargestellten Kurbelgetriebe sowie die bei ihnen durchgeführte Umsetzung der Drehbewegung in eine pendelnde für das Heben und Senken eines Schöpflöffels, Abb. 20, bzw. eine auf einem ganz flachen Kreisbogen hin und her gehende zum Antrieb von Pumpenkolben, Abb. 24.

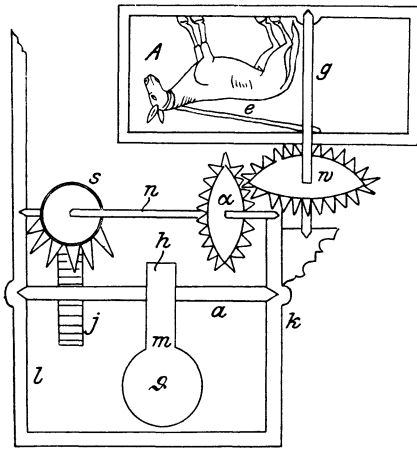


Abb. 13.

Vorrichtung zum Wasserheben aus keiner bedeutenden Tiefe.

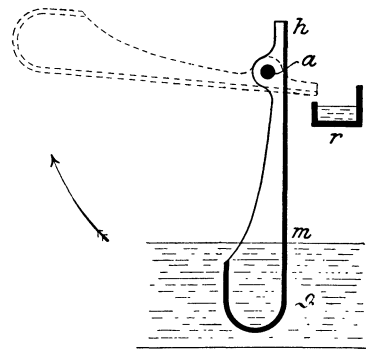


Abb. 14.

Es steht bei A: Das Bild des Tieres ist verkehrt in dieser Abschrift, das ist ein Irrtum des Zeichners. Das verstehe!

Der Titel unseres Abschnittes lautet:

Über Instrumente, die Wasser aus einer Wassermasse, die nicht tief ist, emporheben oder aus einem fließenden Fluß.

Dieser Abschnitt ist in 5 Unterabschnitte („Bilder“) gegliedert, von denen jeder die Beschreibung einer besonderen Vorrichtung enthält:

Erstes Bild. Über Instrumente, die Wasser aus einer Wassermasse zu einer hochgelegenen Stelle emporheben, und zwar durch ein Zugtier, das einen Balken (*Sahm*) dreht. Das zugehörige Bild findet sich in der vorstehenden Abb. 13, die für irgendeine Tiefe gilt.

Die Abbildung zeigt ein durch einen Göpel angetriebenes Wasserhebwerk. Ein Pferd¹⁾ dreht an einer Querstange (*e*), an die es mit einem um die Brust gehenden Seil angespannt ist, die senkrechte Achse (*g*). In einem Hohlraum unter der Bahn

¹⁾ Dieses Pferd ist in der Figur durch ein Versehen auf den Kopf gestellt worden (vgl. die Beischrift).

des Pferdes sitzt auf dieser Achse ein Zahnrad (w), durch dessen Eingreifen in das Zahnrad (α) die auf der höchsten Stelle der festen Pfosten (k und l) gelagerte¹⁾ horizontale Achse (n) in Umdrehung versetzt wird²⁾. Die Achse (n) befindet sich über dem Spiegel der Wassermasse, aus der das Wasser gehoben werden soll. Auf ihr sitzt noch die Scheibe (s), welche auf einem Teil ihres Umfanges mit Zähnen versehen ist³⁾. Diese Zähne greifen in ein Triebstockrad⁴⁾ (j) auf der unter der Achse (n) ebenfalls zwischen den Pfosten (k und l) gelagerten Achse (a) ein. Auf dieser Achse sitzt außer dem Triebstockrad noch ein etwa 30 bagdadische *Ratl* (1 *Ratl* = 400 g) oder mehr fassender hölzerner „Löffel“⁵⁾ (*Migrafa*) (ϑ) an einem zu einer Rinne (*Mizáb*) ausgebildeten langen Stiele (m h). Die Länge dieses Stieles entspricht der Höhe, um die das Wasser gehoben werden soll.

Greifen die Zähne der Scheibe (s) nicht in das Triebstockrad (j) ein, so wird durch das Gewicht des Löffels (ϑ) die Achse (a) so gedreht, daß der Löffel nach abwärts hängt, in das Wasser taucht und vollläuft.

Wenn dann bei der Umdrehung der Achse (n) die Zähne der Scheibe (s) in das Triebstockrad (j) eingreifen, so heben sie den gefüllten Löffel aus dem Wasser.

Es sind so viele Zähne an der Scheibe (s), daß sie den Löffel so weit heben, bis sein Stiel sich etwas über die Wagerechte erhebt⁶⁾. Dann ergießt sich das im Löffel

1) In Abb. 13 erstreckt sich der linke Pfosten (l) noch über die Achse (n) nach oben.

2) Ob die Zahnräder w und α Kegelräder sind oder einfache Stirnräder mit den damals üblichen stabförmigen oder dreieckigen Zähnen (über letztere sagt *Birúni* bei der Beschreibung einer Vorrichtung, um die Mondbewegung darzustellen: „Wir feilen gleiche Zähne, von dreieckiger Gestalt, mit spitzen Enden, von untereinander ähnlicher Form und Größe“ [E. Wiedemann, *Islam* 1913, Bd. 4, S. 5; Codex Leid. Nr. 1066, fol. 108r/108v]), wird nicht gesagt. Eine Erwähnung und Beschreibung von Kegelrädern findet sich weder bei *Ridwán* noch in den bishèr übersetzten Teilen der Werke des *Gazarí*. Bei der sonstigen ausführlichen Beschreibung der vorkommenden Konstruktionselemente läßt dies darauf schließen, daß Kegelräder den beiden Verfassern unbekannt waren.

3) Im arabischen Text heißt es „ $\frac{1}{4}$ Rad mit Zähnen“; nach der Abbildung ist es jedoch eine volle Kreisscheibe mit Zähnen auf $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ihres Umfanges gewesen. Eine solche Scheibe ist haltbarer und leichter auf der Achse zu befestigen als ein teilweises Rad. Es gibt also in dieser Hinsicht die Abbildung wohl die richtigere Darstellung. Hinsichtlich des Ausmaßes der Verzahnung vgl. Anmerk. 6.

4) Derartige Triebstockräder findet man noch heute in älteren Mühlen und selbst im modernen Maschinenbau, wo sie allerdings nur geringe Bedeutung haben (vgl. C. Bach, *Die Maschinenelemente* usw., 10. Aufl. 1908, S. 304). Sie bestehen aus zwei in geringem Abstand voneinander auf der Achse befestigten Scheiben, welche längs ihres Umfanges durch Querstäbe (Triebstöcke) verbunden sind. Der Abstand der Querstäbe (d. i. Abstand zwischen gespreiztem Daumen und Zeigefinger, also etwa 16 cm, hier etwa 1 *Fitr*) entspricht dem Abstand der Zähne des eingreifenden Zahnrades, so daß diese zwischen die Triebstöcke wie zwischen Zähne eingreifen können. Derartige Triebstockräder finden sich auch an anderen arabischen Vorrichtungen.

5) Dieser „Löffel“ besitzt jedenfalls die Form eines tiefen Schöpfbechers, dessen Öffnung senkrecht zum Stiel liegt (vgl. die schematische Rekonstruktion in Abb. 14), da er sonst bei der im folgenden beschriebenen Bewegung kein Wasser schöpfen würde.

6) Die Zahl der Zähne an der Scheibe (s) richtet sich demnach nach dem Größenverhältnis von Scheibe (s) und Triebstockrad (j). Wenn die Scheibe (s) denselben Durchmesser wie das Triebstockrad (j) hat, muß sie auf ein klein wenig mehr als $\frac{1}{4}$ ihres Umfanges Zähne haben, da die jeweilige Drehung des Löffels etwas mehr als 90° beträgt. (Vgl. auch die Rekonstruktion Abb. 14.) Das Triebstockrad darf bei gegebener Größe der Scheibe (s) eine gewisse Größe — etwa das Dreifache der Scheibe (s) — nicht überschreiten, damit in der Verzahnung der Scheibe (s) eine genügend große Lücke bleibt, um das im folgenden beschriebene Herabfallen und Vollaufen des Löffels zu gestatten.

enthaltene Wasser durch den rinnenförmigen Stiel in eine Wasserleitung¹⁾, durch die es weiterfließt.

Nummehr tritt der letzte Zahn der Verzahnung der Scheibe (s) aus dem Triebstockrad aus, der Löffel (ϑ) fällt, seine Achse zurückdrehend, wieder in die unten befindliche Wassermasse, und das Spiel beginnt von neuem.

Zweites Bild. Es ist eine Vorrichtung, die das Wasser aus einer Wassermasse und einem Brunnen mittels eines Zugtieres, das sie in Umdrehung versetzt, in die Höhe hebt, Abb. 15.

Diese Vorrichtung stellt eine Vervollkommnung der in dem vorigen Abschnitt beschriebenen dar.

Auf der wagerechten, über dem Wasserspiegel zwischen den Pfosten (λ und q) gelagerten Achse (k), welche mittels der senkrechten Achse (w) und der Zahnräder

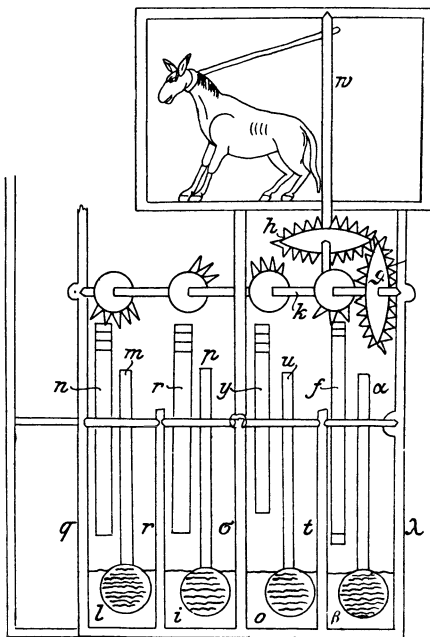


Abb. 15. Vorrichtung zum Wasserheben aus Brunnen.

(h und ϑ) von dem Zugtier in Umdrehung versetzt wird, sitzen statt nur einer einzigen, teilweise gezahnten Scheibe vier auf einem Viertel ihres Umfanges mit Zähnen versehene Scheiben. Ihre Verzahnungen sind um je 90° gegeneinander versetzt. Unter jeder der vier Scheiben befindet sich je eine kleine Achse mit den Triebstockrädern²⁾ (n, r, y, f)³⁾ und den Schöpflöffeln ($l, m, i, p, o, u, \beta, \alpha$)⁴⁾. Die einzelnen Achsen sind in ihrer gegenseitigen Verlängerung zwischen einer Reihe von fünf Pfosten (q, r, σ, t, λ) gelagert.

Dadurch, daß die Verzahnungen der auf $\frac{1}{4}$ ihres Umfanges gezahnten Scheiben um je 90° gegeneinander versetzt sind, ist ständig eine derselben in Wirksamkeit, so daß die Kraft des Zugtieres viel besser ausgenutzt wird als bei der Anordnung des vorigen Abschnittes, wo dieses immer nur während $\frac{1}{4}$ seines Weges zu arbeiten hat. *Gazarî* hebt dies besonders hervor.

Natürlich ließen sich statt vier Löffeln auch noch mehr von einem Zugtier an-

treiben. Wohl um dies anzudeuten, hat *Gazarî* in Abb. 15 links von den vier Löffeln

¹⁾ Diese Wasserleitung ist in Abb. 13 nicht eingezeichnet. Deshalb wurde ihre Lage in Abb. 14 von uns veranschaulicht (r). Zugleich wurde hier die mutmaßliche Gestalt des Löffels (ϑ) und seines Stieles im Längsschnitt dargestellt. Der Löffel wurde ausgezogen in seiner tiefsten Lage sowie gestrichelt in seiner höchsten Lage gezeichnet.

²⁾ In der Abb. 15 sind diese Triebstockräder im Vergleich zu den teilweise gezahnten Scheiben viel zu groß gezeichnet. Da die Scheiben nur auf $\frac{1}{4}$ ihres Umfanges gezahnt sind, so müssen die Triebstockräder ein klein wenig kleiner als die Scheiben sein. Vgl. dazu die Anm. 6 auf S. 140.

³⁾ Die Bezeichnungen in der Abb. 15 mußten hier wie für das folgende teilweise ergänzt werden, da *Gazarî* an Hand dieser Figur nur eine Vorrichtung mit zwei Löffeln (l, m und β, α) zwischen drei Pfosten (q, σ, λ) bespricht und die Verwendung von vier Löffeln nur kurz am Ende der Beschreibung erwähnt.

⁴⁾ Der erste Buchstabe bezeichnet jeweils den Löffel selbst, der zweite seinen Stiel.

noch einen Pfosten und eine Achse für einen fünften Löffel gezeichnet, während er die Achse (*k*) schon in dem Pfosten (*q*) endigen läßt.

Erhöht sich die Zahl der Löffel über vier, so muß ihre Größe geringer werden, da dann immer mehrere gleichzeitig in Bewegung sein müssen.

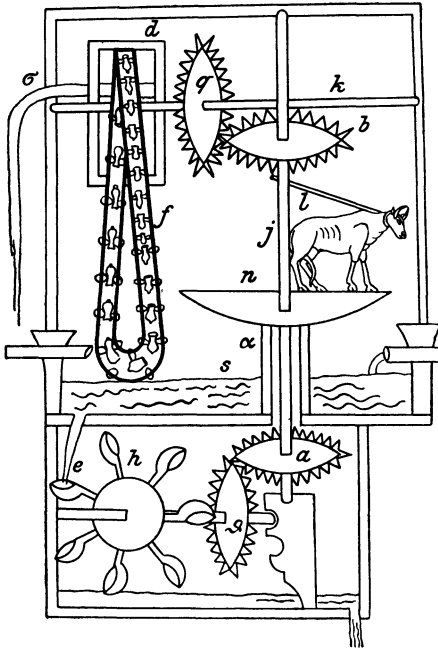


Abb. 16.

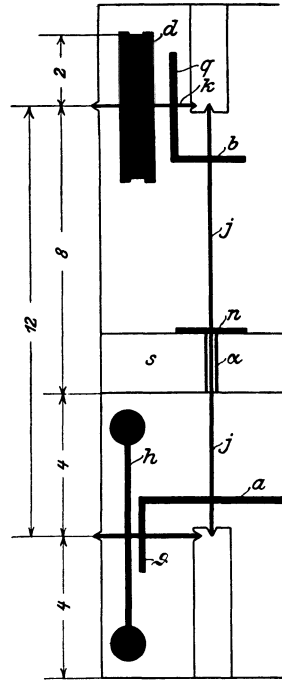


Abb. 17.

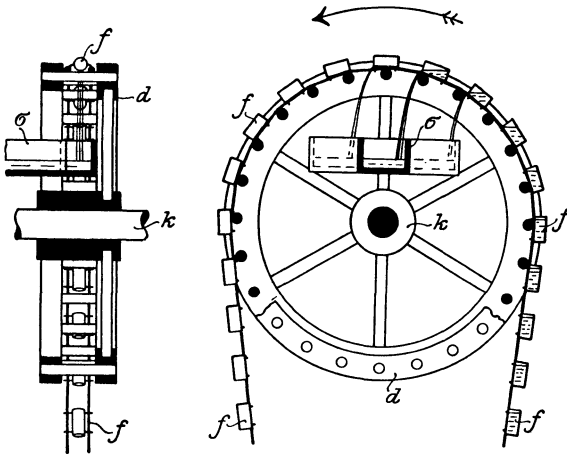


Abb. 18.

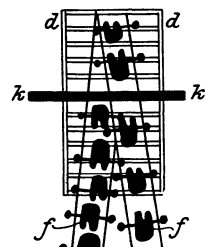


Abb. 19.

Abb. 16 bis 19. Eine durch Wasserkraft betriebene Vorrichtung zum Wasserheben.

Drittes Bild. Es ist ein Becken (*Birka*), in dessen Mitte sich eine hohe Säule befindet, auf der eine Scheibe angebracht ist. Auf letzterer befindet sich die Figur eines Rindes, das ein Rad dreht; die Vorrichtung hebt aus dem Becken Wasser um etwa 10 Spannen (1 Spanne $\approx 0,25$ m) in die Höhe, Fig. 16.

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Wasserhebevorrichtungen wird diese nicht durch tierische Kraft, sondern durch Wasserkraft in Bewegung gesetzt.

In ein viereckiges Becken (*s*), dessen Boden von einer Kupferplatte gebildet wird und dessen Seitenwände aus Marmor bestehen, fließt von rechts durch ein Rohr Wasser aus einem Bach od. dgl. Etwa $\frac{2}{3}$ von diesem Wasser stürzen durch ein Rohr (*e*), welches in dem Boden des Beckens befestigt ist, auf das unter dem Becken befindliche Schalenrad (*h*; Durchmesser $d = 7$ Spannen) und fließen dann durch einen Wasserkanal rechts unten ab. Das letzte Drittel des zuströmenden Wassers wird ganz oder teilweise in die Höhe geschafft. Ein etwa vorhandener Überschuß fließt durch die in die linke Seitenwand des Beckens eingezeichnete Röhre ab.

Das Schalenrad (*h*) hat möglichst große Schalen, so daß es möglichst die ganze Menge des in diese fallenden Wassers zum Antrieb ausnutzt. Das Schalenrad sitzt auf einer 3 Spannen langen wagerechten Achse und dreht mittels des Zahnrades (*θ*; $d = 2$ Sp.) und des Zahnrades (*a*; $d = 4$ Sp.) die senkrechte, etwa 12 Spannen lange, dünne eiserne Achse (*j*), welche sich etwa 8 Spannen über das Becken (*s*) erhebt¹⁾.

Dem Beschauer ist diese Antriebsvorrichtung in einem etwa 8 Spannen tiefen Hohlraum unter dem Becken verborgen; für ihn scheint die Bewegung durch ein an einem Querstab (*l*) ziehendes Rind bewirkt zu werden.

Es ist dies jedoch kein lebendes Rind, sondern nur eine kleine, möglichst leichte hölzerne Hohlfigur eines solchen, die schön bemalt ist. Sie ist mit dem Nacken an dem Querstab (*l*) (der Stange, *Sahm madâr*)²⁾ der Achse (*j*) mittels eines Strickes so befestigt, daß sie von dem Stab getragen wird und sich mit ihm dreht. Dabei bewegt sie sich in etwa einem Gerstenkorn Abstand über die ihr scheinbar als Bahn dienende kreisrunde, wagerechte Kupferscheibe (*n*; $d =$ etwa 2 Sp.) hin, ohne diese zu berühren. Die Scheibe (*n*) wird in der Mitte von der Achse (*j*) durchsetzt und ruht auf der ebenfalls die Achse umschließenden hohlen kupfernen Säule (*α*), welche auf dem Boden des Beckens in dessen Mitte über dem für die Achse (*j*) bestimmten Loch befestigt und so hoch wie der Rand des Beckens ist.

Oberhalb des Rindes trägt die Achse (*j*) das Zahnrad (*b*; $d = 2$ Sp.), mittels dessen sie das Zahnrad (*g*; $d = 3$ Sp.) und seine Achse (*k*) antreibt. Auf dieser Achse sitzt ferner ein breites Rad (*d*) von 4 Spannen Durchmesser. Über dieses laufen zwei seidene Seile ohne Ende, zwischen denen eine Reihe von länglichen, oben und unten gleich weiten, kupfernen Schöpfgefäßen (*Kûz*; *f*) von je etwa 30 *Dirham* (1 *Dirham* = 3 g) Fassungsvermögen befestigt ist. Jedes Gefäß ist oben und unten durch je zwei einander gegenüberstehende an ihm angebrachte Arme an den Seilen befestigt.

Die Seile mit den Schöpfgefäßen tauchen unten in das Wasser des Beckens (*s*) beinahe bis zu dessen Boden³⁾ ein, die Gefäße schöpfen das Wasser und entleeren es oben in eine Rinne (*σ*), aus der es zur beabsichtigten weiteren Verwendung abfließt.

¹⁾ In der Überschrift wird von 10 Spannen Hubhöhe gesprochen. Diese wird bei der hier für die Achse (*j*) gegebenen Länge nur dann erreicht, wenn abweichend von der Abb. 16 das obere Ende der Achse (*j*) und das rechte Ende der Achse (*k*, s. unten) ebenso wie das untere Ende der Achse (*j*) und das rechte Ende der Achse des Schalenrades (*h*) in einem gemeinsamen Lagerbock ruhen. (Vgl. die von uns eingefügte schematische Abb. 17.) Die hier eingetragenen Maßzahlen bedeuten Spannen.

²⁾ Es ist dies der technische Ausdruck bei Göpelwerken.

³⁾ In Abb. 16 sind die Seile nicht genügend weit nach unten gezeichnet.

Wir haben also eine im Prinzip unseren Baggermaschinen gleichende Vorrichtung.

Die verschiedenen Achsen usw. werden durch ein Balkengerüst getragen.

Die Rinne (σ), in welche sich das Wasser aus den Schöpfgefäßen entleert, befindet sich „innerhalb“ des Rades (d). Dieses Rad ist demnach ein Hohlrad¹⁾; d. h. die Speichen (oder die diese vertretende Scheibe) sitzen nicht in der Mitte des Radkranzes und der Nabe, sondern auf deren einer Seite, hier der dem Zahnrad (q) zugekehrten (vgl. die Rekonstruktion Abb. 18). Außerdem muß der Radkranz in seiner Mitte durchbrochen und aus Querstäben (ähnlich dem eines Triebstockrades) gebildet sein, zwischen denen das Wasser hindurchlaufen kann²⁾.

Die hier beschriebene Vorrichtung soll neben ihrem praktischen Zweck zugleich als Schaustück dienen. Sie ist „prächtig an Kunst, elegant in den Formen, fein in der Konstruktion“. Deshalb ist die Abbildung des Rindes angebracht, sind die Räder alle aus Kupfer „schön“ hergestellt, sind die Seile für die „lieblichen“ Schöpfgefäße aus Seide und ist zur Herstellung des Beckens (s) Marmor und Kupfer verwendet.

Zum Schutze gegen das Wasser und zur Verzierung sind alle kupfernen Teile sowie das hölzerne Rind mit verschiedenen Farben bemalt, die mit reinem Leinöl auf dem Reibstein verrieben sind.

Schöpfvorrichtungen wie die hier geschilderte wurden, wie die Anbringung der Tierfigur schließen läßt, naturgemäß auch durch Göpel anstatt Wasserräder betrieben. Einen Beleg hierfür finden wir in dem Werk über Landwirtschaft von *Ibn al 'Awwâm*³⁾. Unter den Mitteln zur Erleichterung des Betriebes der Wasserhebemaschine erwähnt er nämlich u. a. eine Verlängerung des Balkens, an dem man die Tiere anspannt, bis auf 30 Spannen sowie Anbringung kleiner Löcher unten in den Schöpfgefäßen, damit (durch diese beim Eintauchen die Luft entweicht und infolgedessen) die Gefäße nicht gegen das Balkengerüst (Geländer) im Wasser schlagen, nicht gegeneinander oder an die Brunnenwand stoßen und zerbrechen. Weiter haben die Löcher den Vorteil, daß sich durch sie beim Stillstehen der Vorrichtung das Wasser langsam entleert, was die Lebensdauer des Seiles erhöht.

Viertes Bild. Es behandelt eine Vorrichtung, die Wasser aus einem Brunnen hebt. Es handelt sich um einen Brunnen, in dessen eine Seite man einen geraden Spalt von der Länge von 10 Ellen (≈ 5 m) von dem oberen Ende bis zur Wasserfläche im Brunnen macht, Abb. 20.

Diese Hebevorrichtung wird wieder durch einen Göpel betrieben.

Das Rind (e) dreht mittels des Querbalkens (l) die senkrechte Achse (λ), welche oben in einem Balkengerüst (r) und unten in einem auf der Erde befestigten Lager („Teller“, q) gelagert ist.

Auf dieser Achse sitzt ein Zahnrad (h ; $d = 3$ Sp.), welches in das Zahnrad

¹⁾ Das Rad wird als *sindî*, d. h. ein aus *Sind*, dem westlichen Teil Ostindiens, stammendes bezeichnet.

²⁾ Eine Beschreibung der hier geschilderten Wasserhebvorrichtung findet sich auch in der weiter unten behandelten Oxforder Handschrift Nr. 954. Auf Blatt 10 ist dort auch eine Zeichnung mitgeteilt. Aus dieser ist die triebstockradähnliche Konstruktion des Rades (d) gut ersichtlich. Wir geben daher hier den betreffenden Teil der im übrigen nicht besonders guten Zeichnung wieder, Abb. 19.

³⁾ Vgl. E. Wiedemann, Beiträge X, S. 334.

(\varnothing ; $d = 6$ Sp.) auf der wagerechten Achse ($a k$) eingreift. Diese Achse ist senkrecht zur Zeichenebene, jedoch von *Gazarî* wie in solchen Fällen meistens in die Zeichenebene hereingedreht, was das Verständnis der Figur etwas erschwert¹⁾.

Die Achse ($a k$) ist an ihrem Ende (k) zu einer Kurbel (g) umgebogen, deren Zapfen (b) in einen länglichen Spalt (n) an der Unterseite des röhrenförmigen Stieles ($d m$) des hölzernen, etwa 50 *Ratl* fassenden Schöpflöffels (j) eingreift.

Das Ende (a) der Achse ($a k$) ist in einem festen Pfosten auf der Erde gelagert; das Ende (k) dreht sich innerhalb des Winkels der Kurbel (g) auf einer festen Unterlage²⁾, die so gebaut ist, daß ein Ring die Achse daran hindert, aus ihr herauszutreten.

Das obere Ende des Stieles des Schöpflöffels trägt in einem Querloche eine horizontale Achse (σ), welche sich in zwei festen Lagern dreht, so daß der Löffel um sie pendeln kann.

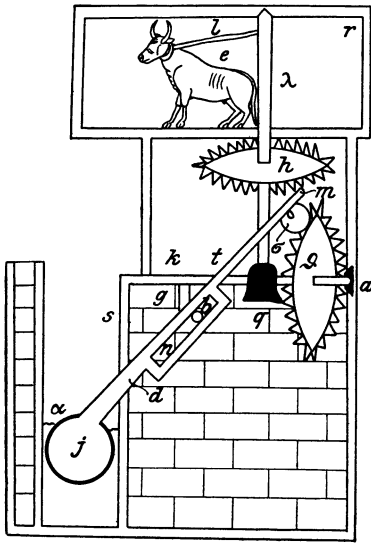


Abb. 20.

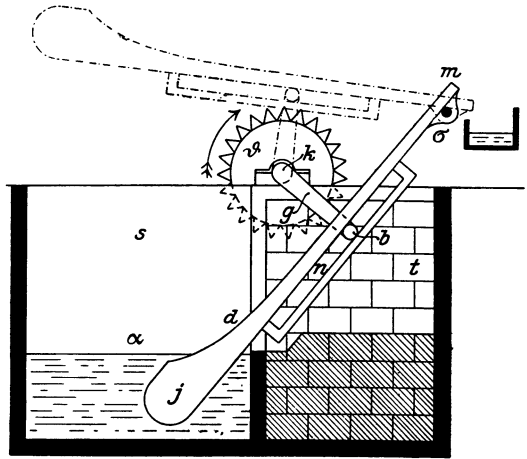


Abb. 21.

Vorrichtung zum Wasserheben aus einem Brunnen, durch Göpel betrieben.

Das Pendeln des Löffels erfolgt in dem 10 Ellen langen ausgemauerten Spalt (t) und wird durch die Umdrehung der Kurbel (g) hervorgerufen. Steht diese — ein wenig von der Senkrechten in Richtung auf den Zapfen (σ) hin abweichend — nach unten, so nimmt der Löffel seine tiefste Lage ein und taucht unter das Wasser (α) im Brunnen (s), wobei er vollläuft.

Wenn sich dann die Kurbel nach oben dreht, so hebt sie mit ihrem Zapfen (b) den Löffel so weit aus dem Wasser, daß sich sein Stiel etwas über die Wagerechte erhebt. Dabei läuft das im Löffel enthaltene Wasser durch die Röhre des Stieles und aus deren Ende (m) in eine ihm gegenüber befindliche Wasserleitung, welche es weiterleitet.

Dreht sich dann die Kurbel weiter, so sinkt der Löffel wieder bis zu seiner Tiefstlage, und das Spiel beginnt von neuem.

¹⁾ Da die Abb. 20 kein richtiges Bild des Bewegungsmechanismus des Löffels gibt, wurde dieser in Abb. 21 rekonstruiert. Der Schöpflöffel wurde dabei in seiner tiefsten Lage ausgezogen und in seiner höchsten Lage strichpunktirt gezeichnet.

²⁾ Diese Unterlage befindet sich wohl unmittelbar am Rande des Spaltes (r), während sich für das Zahnrad (φ) ein Stück davon entfernt eine besondere Vertiefung im Boden befand.

Dieser Mechanismus ist deshalb bemerkenswert, da er eine Lösung der Aufgabe der Umwandlung einer Drehbewegung in eine Pendelbewegung darstellt.

Fünftes Bild. Es ist eine Vorrichtung, die Wasser etwa 20 Ellen mittels eines Rades aus fließendem Wasser hebt.

Zum Antrieb dieser Vorrichtung, einer zweizylindrigen Druckpumpe, dient die Kraft des fließenden Wassers selbst. Diese Kraft kann in zweierlei Weise ausgenützt werden:

Entweder setzt man mittels eines wagrechten Rades (*h*; Abb. 22) mit schräggestellten Flügeln¹⁾, auf die das Wasser von oben fällt, eine senkrechte Achse in Bewegung, welche unten in der üblichen Weise in einem „Teller“ und nahe ihrem oberen Ende in einem festgemachten Ring (*s*)²⁾ sich dreht. Auf dem oberen Ende selbst ist eine ebene Scheibe (*q f*) befestigt, welche nahe ihrem Umfang einen Zapfen („Pflock“) trägt, durch den wie durch den Zapfen einer Kurbel die Pumpe in Gang gesetzt wird.

An Stelle der eben beschriebenen senkrechten Antriebsachse kann man auch eine auf festen Pfeilern im Flusse gelagerte wagrechte verwenden mit einem Schaufelrad mit zur Radfläche senkrechten Schaufeln, von denen „immer einige in das fließende Wasser eintauchen“. Dieses Schaufelrad sitzt an dem einen Ende der wagrechten Achse, an deren anderem Ende sich ein Zahnrad befindet, welches in ein anderes Zahnrad an dem einen Ende einer zweiten wagrechten Achse eingreift. An dem anderen Ende dieser zweiten Achse sitzt eine Scheibe mit einem Zapfen, welcher die Rolle der Scheibe (*q f*, Abb. 22) am oberen Ende der senkrechten Antriebsachse zukommt. Die Abb. 23 zeigt die letztbeschriebene Antriebsvorrichtung in nahezu unverständlicher Weise.

In der bei *Gazarî* sonst gewohnten klaren Darstellungsweise ist sie dagegen in der Abb. 24 zusammen mit der angetriebenen Pumpe wiedergegeben.

Das Schaufelrad ist *k*³⁾, das mit ihm auf derselben Achse sitzende Zahnrad *m*. Dieses Zahnrad greift in das auf der zweiten wagrechten Achse sitzende Zahnrad (*w*) ein, das hier gleich selbst nahe seinem Umfang den exzentrischen Zapfen („Pflock“) trägt. Es sitzt deshalb wie die Scheibe (*q f*) in Abb. 22 unmittelbar auf dem einen Ende seiner Achse. Diese ist zusammen mit der Pumpe in einen dreieckigen, mit der einen Spitze nach unten angeordneten Kasten (*h α s*) aus Maulbeerholz eingebaut. Seine „Seite“ (wohl jede der drei Seiten, da das Dreieck in der Figur nahezu gleichseitig ist) mißt etwa 8 Spannen und seine „Höhe“ (das Maß senkrecht zur Zeichenebene; *Gazarî* denkt bei dieser

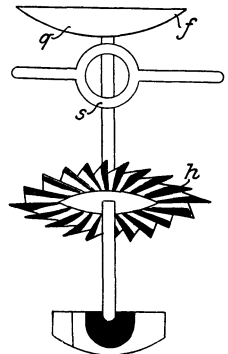


Abb. 22. Wagrechtes Wasserrad mit schräggestellten Flügeln.

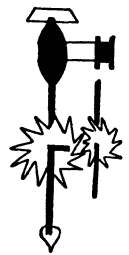


Abb. 23. Die Antriebsvorrichtung der in Abb. 24 dargestellten Pumpe.

¹⁾ Daraus, daß es heißt „das Wasser dreht die Flügel wie die Mühlen“, kann man wohl schließen, daß die Mühlen in der Regel derartige senkrechte Antriebsachsen besaßen, was auch andere Stellen beweisen.

²⁾ Dieser Ring ist in Abb. 22 viel zu weit gezeichnet; er muß natürlich die Achse eng umschließen.

³⁾ Die Scheibe dieses Schaufelrades ist wohl versehentlich mit Zähnen dargestellt. Bemerkenswert ist, daß die einzelnen Schaufeln nicht an einem Radkranz sitzen, sondern einzeln an langen Speichen.

Beschreibung wohl an die Ausführungsart mit senkrechter Triebachse, bei der der Kasten nicht wie in Abb. 7 auf der Spitze steht, sondern wagerecht liegt) 2 Spannen.

Das freie Ende der Achse des Zahnrades (w) dreht sich in einem an der einen Kastenwand befestigten Lager, das andere vor der dieser Wand zugekehrten Seite des Zahnrades (w) in einem Ring [entsprechend dem Ring (s) in Abb. 22], der jedenfalls durch einen an derselben Kastenwand befestigten Arm od. dgl. getragen wird.

Die kreisförmige Bewegung des Zapfens wird nun in der von dem vorigen Bild bekannten Weise in eine pendelnde Bewegung umgesetzt. Zu diesem Zwecke ist in der unteren Spitze (α) des Kastens ein langer Stab (g) um einen „Nagel“ drehbar befestigt¹⁾. In seinem oberen Teile hat dieser Stab einen Längsschlitz, der so lang ist wie der Durchmesser des von dem Zapfen beschriebenen Kreises. In diesen Schlitz greift der Zapfen ein und versetzt auf diese Weise bei der Umdrehung des Rades (w) den Stab (g) in pendelnde Bewegung.

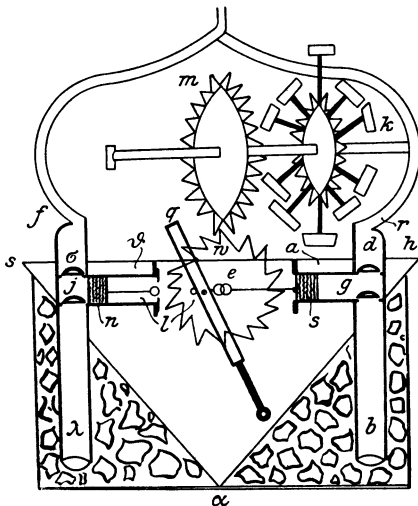


Abb. 24. Durch ein Wasserrad angetriebenes Pumpwerk.

In der Höhe der Achse des Zahnrades (w) trägt der Stab (g) rechts und links von seinem Längsschlitz je eine Öse (e und l), in welchen die äußeren Enden der $2\frac{1}{2}$ Spannen langen eisernen Kolbenstangen der zwei Pumpenkolben (n und s) durch ringförmiges Umbiegen befestigt sind²⁾.

Die äußeren Enden der Kolbenstangen bewegen sich somit auf einem flachen Kreisbogen hin und her³⁾.

Die Kolben (n und s) sind durch je zwei auf den inneren Enden der Kolbenstangen befestigte Scheiben gebildet, in deren drei zusammengelegte Finger betragenden Zwischenraum zur Dichtung Hanffaden fest um die Kolbenstange gewickelt ist.

Während diese Hanfwicklungen so stark sind, daß sie sich zur Dichtung fest an die geglättete Innenwand der Pumpenzylinder (a und θ) anpressen, sind die sie begrenzenden Scheiben nur so groß, daß sie leicht in die Zylinder gehen und sich nicht bei der schwach pendelnden Bewegung der Kolbenstangen festklemmen.

Die eine Spanne im Durchmesser messenden kupfernen Pumpenzylinder werden von je zwei festen Trägern getragen. Die Länge der Zylinder ist durch die Größe

¹⁾ In der Abb. 24 ist die Lage des Drehpunktes des Stabes (g) falsch gezeichnet. Bei Verwendung einer senkrechten Antriebsachse nach Abb. 22 muß sich der Stab (g) naturgemäß in einer wagerechten Ebene bewegen. Die Konstruktion der Pumpe bleibt dabei dieselbe, wie sie im folgenden beschrieben ist.

²⁾ Die Abb. 24 ist hier für den linken Kolben (n) nicht ganz in Ordnung. Es ist zwar an die linke Seite der Stange (g) eine Öse gezeichnet und das rechte Ende der Kolbenstange des Kolbens (n) umgebogen dargestellt, jedoch stehen Öse und Kolbenstangenende nicht miteinander in Verbindung, außer dadurch, daß an beide derselbe Buchstabe (l) angeschrieben ist. Die Verbindung von Kolbenstange und Stange (g) müßte links ebenso dargestellt sein, wie das rechts in richtiger Weise der Fall ist.

³⁾ Wir haben hier einen bemerkenswerten, allerdings das Ziel nur annähernd erreichenden Versuch der Lösung der Aufgabe der Umwandlung einer kreisförmigen Bewegung in eine geradlinige hin- und hergehende.

und den Weg der Kolben bestimmt¹⁾. Die äußeren Enden der Zylinder sind verschlossen. Nahe an diesen Enden ist in die Zylinderwände oben und unten je ein Loch gebohrt. Hier schließen sich die $1\frac{1}{2}$ Spannen langen Saugrohre (λ und b) sowie die bald enger werdenden und etwas weiter oben sich vereinigenden Druckrohre (r und f) mit den Klappventilen (*Raddâda*)²⁾ (j und σ bzw. g und d) an.

Die Saugventile (j und g) sitzen mit Scharnieren auf in die oberen Enden der Saugrohre gelöteten Ringen (den Verschlüssen, *Sidâd*, den Enden der Röhre); die Druckventile (σ und d) sind in derselben Weise auf den Rändern der in die Oberseite der Zylinder gebohrten Löcher befestigt. Diese Löcher sind zu diesem Zwecke enger als die unteren Enden der Druckrohre.

Die Saugrohre sind durch die Kastenwände bis zur Hälfte ihrer Länge nach unten geführt, so daß sie ins Wasser tauchen. An die Vereinigungsstelle der beiden Druckrohre (f und r) schließt sich noch ein gemeinsames etwa 20 Ellen langes Druckrohr an, welches oben eine enge Öffnung hat, „so daß das Wasser aus ihr spritzt“.

Im übrigen ist die Bauart des Pumpwerkes, welche viele noch heute bei derartigen Vorrichtungen übliche Konstruktionselemente aufweist, sowie seine Wirkungsweise ohne weiteres aus der Abb. 24 ersichtlich.

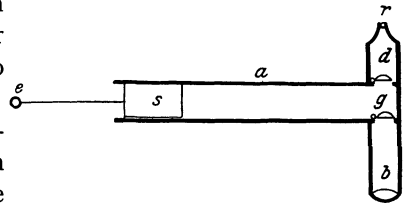


Abb. 25. Pumpenanordnung³⁾.

Die Abb. 25 zeigt nochmals die Pumpenanordnung der rechten Seite für sich allein. Die Buchstabenbezeichnung entspricht derjenigen der Abb. 24.

Die Anordnung gleicht, wie *Gazarî* bemerkt, den *Zarrâqa* (Spritzen), wie sie zum Spritzen von Naphtha dienen, nur sind diese größer als jene. (Zu den Naphthaspritzen vgl. Beiträge VI, S. 38.)

2. Wasserhebevorrichtungen nach der Oxforder Handschrift Nr. 954.

A. Zwei Pumpen.

1. Vorrichtung zum Heraufholen des Wassers aus der Tiefe eines Brunnens, Abb. 26.

Man baut einen genau zylindrischen Brunnenschacht ($a\ b$) mit kreisrundem Querschnitt. Am Boden wird er „zu einer Zisterne gemacht“⁴⁾ oder, wenn dies nicht möglich ist, wenigstens der Boden mit Brettern belegt.

¹⁾ Maßangaben fehlen hier; die Länge dürfte nach den übrigen Maßen zu schließen etwa $1\frac{1}{2}$ Sp. betragen.

²⁾ Das Wort *Raddâda* fehlt im Wörterbuch, *Râdûda* bezeichnet eine Art Klinken.

³⁾ Das a ist wohl versehentlich im Original an die Kolbenstange anstatt an den Zylinder geschrieben worden.

⁴⁾ Für die Bemerkung, daß der Brunnen als Zisterne (*Şahârig*) geformt sein soll (C. de *Vaux* übersetzt „zementiert“), ist die Anlage persischer, aber auch syrischer unterirdischer Wasserleitungen, die in Persien *Kârîz* oder *Kahrîz* (*Kerisse*) heißen, von Interesse. Sie zeigen folgende Beschaffenheit (vgl. *Merckel*, S. 118 u. flgde.): An passend gelegenen Stellen, an denen das Grundwasser nicht allzu tief steht, wird eine Anzahl Brunnen gegraben, die durch Stollen miteinander in Verbindung gebracht werden, sodaß das gesammelte Wasser in einen größeren Sammelbrunnen ausmünden kann. In bestimmten Entfernungen werden Zisternen gegraben, deren Bodenhöhe so angeordnet wird, daß die jeweils unterhalb liegende Zisterne stets eine tiefere Lage ihres Bodens wie die obere besitzt. Diese Anlagen gehen bis in das Altertum zurück. Die Übersetzung „Zisterne“ wird durch die Angabe von *Chafâgî* S. 141 gestützt.

Die Pumpvorrichtung ist nach demselben Prinzip gebaut wie ein Blasebalg. Rings an einem schweren Bleiring (ϑj), der den Brunnenboden bis nahe an den Rand bedeckt und sich fest auf ihn legt, ist ein zylindrischer Lederbalg ($h z$) wasserdicht befestigt, der „den Wänden des Brunnenmantels folgt“, d. h. wohl den Brunnenmantel möglichst ausfüllt. Dieser Balg ist aus Lederstücken zusammengesetzt, welche etwas länger sind, als der Brunnen tief ist. In dem Balg befinden sich „Kragen“ ($Tauq$), die sich bei der Bewegung zusammenschließen und öffnen (d. h. voneinander entfernen) „wie bei den Blasebälgen der Goldschmiede“¹⁾. Das obere Ende des Balges ist an einen kreisrunden Deckel ($d g$) aus hartem Holz dicht angenäht, der, ohne sich zu klemmen, genau in den Brunnen paßt²⁾ und eben auf dem Wasserspiegel aufsitzt. Der Holzdeckel hat in der Mitte ein Loch (e), in dem ein Rohr (k) befestigt ist, das etwas länger als die Brunnentiefe und oben so weit umgebogen ist, daß seine obere Öffnung über den Rand des Brunnentroges nach außen ragt. Unter dem Knie des Rohres ist an demselben der Pumpenschwengel ($Migmaz$) (l) befestigt (jedenfalls durch Anbinden; keinesfalls durch

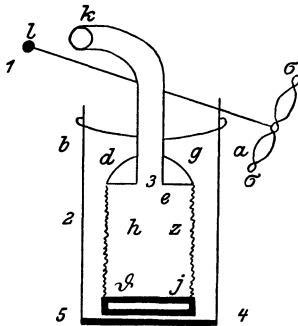


Abb. 26. Vorrichtung zum Herausholen des Wassers aus der Tiefe eines Brunnens.

Es steht bei: 1) Ort, wo die Vorrichtung zum Pressen sich befindet; 2) Brunnen; 3) Rohr; 4) unterer Teil des Brunnens, an dem sich 5) der Deckel aus Blei befindet.

einen das Rohr eng umschließenden Ring, wie Carra de Vaux zeichnet, da sich dieser bei der Bewegung klemmen würde. Eine Befestigung mittels eines Ringes ist nur dann möglich, wenn dieser genügend Spielraum für die Bewegung bietet und an dem Rohr durch Zapfen oder dgl. drehbar befestigt ist). Das eine Ende des Schwengels sitzt an einem Querstück ($\sigma \sigma$), dessen Enden mit leicht beweglichen Scharnieren auf zwei Säulen (nicht gezeichnet) befestigt sind. Das freie Ende des Pumpenschwengels trägt einen Handgriff.

Drückt man dieses Ende nach unten, so wird, wie ohne weiteres ersichtlich, das in dem Balg befindliche Wasser durch das Rohr nach oben gepreßt und fließt aus diesem oben aus, wo man es dann in einem Trog oder dgl. auffangen kann. Hebt man dann das freie Ende des Pumpenschwengels wieder, so wird das Rohr „mit dem, was sich an ihm befindet“, gehoben, und der Balg füllt sich wieder mit Wasser. Dieser Vorgang spielt sich wohl folgendermaßen ab: Da durch das Zusammenpressen des Balges nahezu alles Wasser aus dem Brunnenmantel gepreßt wird, füllt sich der Balg beim Heben des Deckels durch die Röhre mit Luft, und das Wasser sickert allmählich in dem Maße, als es im Schacht wieder steigt, durch die (unvermeidlichen) Undichtheiten³⁾ zwischen Bleiring und Schachtboden in den Balg. Das freie Ende des Schwengels muß hierbei natürlich auf irgendeine Stütze aufgelegt werden, da sonst der Balg in sich zusammensinkt. Da eine solche Stütze

¹⁾ Mit den „Kragen“ sind möglicherweise nur die Querfalten des Balges bezeichnet. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß damit Ringe gemeint sind, welche zur Versteifung dieser Querfalten eingenäht waren, da ja das Leder im Wasser weich wird.

²⁾ Dieser Deckel muß genau passen, da er bei der weiter unten beschriebenen Bewegung zur Führung dient. Der Balg muß, um nicht anzustreifen, etwas kleineren Durchmesser als der Holzdeckel haben.

³⁾ Beim Herauspressen des Wassers bedingen diese Undichtheiten infolge der Schnelligkeit des Vorganges nur einen verhältnismäßig geringen Wasserverlust. Von einem Ventil gibt der Text nichts an, doch ist vielleicht ein solches am Boden angebracht, das sich nach innen öffnet, dann würde durch dieses das Wasser eintreten.

weder gezeichnet noch im Text erwähnt ist, wird möglicherweise entgegen dem Text der Schwengel nach dem Hinabdrücken nicht von Menschenhand gehoben, vollzieht sich vielmehr das Heben der Pumpvorrichtung vermöge der Schwimmfähigkeit des Holzdeckels in dem Maße, als das Wasser in dem Schacht und damit (infolge der erwähnten Undichtheiten) im Balge wieder steigt.

2. Eine andere sinnreiche Vorrichtung zum Heraufholen des Wassers, Abb. 27.

In zwei Kesseln (*a* und *b*)¹⁾ von 3 Spannen Durchmesser und 2 Ellen Höhe mit Deckeln (*m*) befindet sich in der Mitte je ein fest und aufrecht stehender Zylinder (*g h*). Jeder hat unten im Boden ein Saugventil (*e*, *Bâb al munasch schif*)²⁾ und in einem seitlichen Ansatz³⁾ ein Druckventil (*θ*, *Bâb al Midfa*; nicht gezeichnet). Auf die Ansätze sind oberhalb der Druckventile 10 Ellen lange Steigrohre (*h*) aufgesetzt. Die oberen Enden (*l*) derselben sind nach unten in einen ihnen gegenüberstehenden Sammelbehälter (*s*) umgebogen, aus dem das Wasser nach Belieben weitergeleitet werden kann. In den Zylindern (*g h*) befinden sich weiter die Kolben (*z*) mit Kolbenstangen (*w*). Die Kolbenstangen gehen durch Öffnungen in den Deckeln (*m*) nach oben und sind mit ihren oberen Enden an Pumpenschwengeln (*d*) befestigt, welche genau wie bei der vorigen Anordnung mittels Querstücke und Scharnieren (*λ*) an je zwei Säulen befestigt sind.

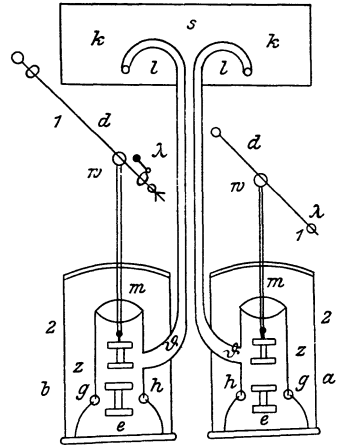


Abb. 27. Ein weiteres Pumpwerk.

Es steht bei: 1) Vorrichtung zum Pressen; 2) Kessel.

Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist ohne weiteres klar; sie ist eine zweistufige Druckpumpe, wie sie dem Prinzip nach bereits vielfach im Altertum verwendet wurde⁴⁾ und noch heute im Gebrauch ist.

B. Die fünf ersten Anordnungen der Leute von İsfahân nach der Oxforder Handschrift.

1. Erste Anordnung, Abb. 28 u. 29⁵⁾. Herstellung zweier Wasserhebevorrichtungen (*Dâlîja* vgl. S. 126).

Im Abstände von 10 Ellen (5 m) werden „zwei Pfeiler (*a* und *b*) mit Querbalken“ errichtet. Mit diesen Querbalken sind die Hebebäume (*e θ* und *n f*)

¹⁾ Carra de Vaux verlegt diese Kessel unter die Erde. Hiervon erwähnt der arabische Text nichts; sie können ebensogut ebenerdig aufgestellt werden, da die Vorrichtung in jeder beliebigen Anordnung sich verwenden läßt. Es ist zum Betrieb nur nötig, daß man auf irgendeine Weise stets für Wasser in den Kesseln (*a* und *b*) sorgt.

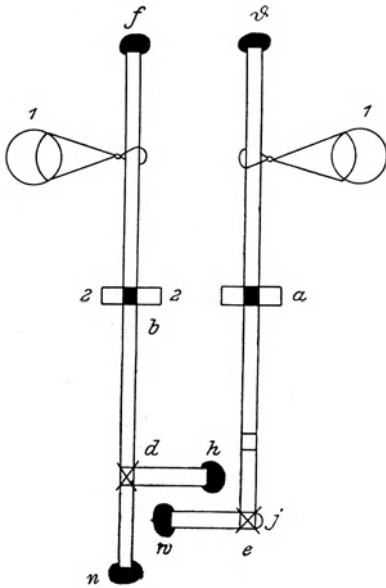
²⁾ Die Lesung in den *Mofâtîh al 'Ulûm* S. 254 von S. van Vloten „*mustaq*“ ist entsprechend zu berichtigen und ebenso Beiträge VI, S. 38.

³⁾ Dieser ist in der Zeichnung zu hoch angeordnet; er befindet sich unmittelbar über dem Zylinderboden mit dem Saugventil.

⁴⁾ Vgl. W. Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automaten. Leipzig, B. G. Teubner 1899, S. 133, Abb. 29.

⁵⁾ Da diese Abbildung nicht sehr anschaulich ist, wurde die von Carra de Vaux gegebene Rekonstruktion angefügt (Abb. 29). Die Buchstabenbezeichnung dieser sowie der anderen von Carra de Vaux übernommenen Figuren wurde den in den arabischen Figuren befindlichen oder von uns eingetragenen Buchstaben entsprechend geändert.

gemeint, welche man so mit den Pfeilern zusammensetzt, „wie es bei diesen Vorrichtungen üblich ist“. Wie Abb. 28 vermuten läßt, ruht jeder Hebebaum mittels einer kurzen Achse auf einem Pfeiler, der zu diesem Zwecke wohl gabelförmig ausgeschnitten ist¹⁾. Die über das Wasser, aus dem geschöpft werden soll, ragenden Enden (f und g) der Hebeebäume tragen Schöpfheimer²⁾. An die beiden anderen Enden (e und n) sind 10 Ellen lange Laufbretter (wj und hd)³⁾ angebunden, die so breit sind, daß auf ihnen ein Mann (oder auch zwei Männer nebeneinander) gehen können. Wie durch diesen Mann (oder diese Männer) das Wasser gehoben wird, ist aus den Abbil-



Es steht bei: 1) Eimer; 2) Ochse.

Abb. 28.

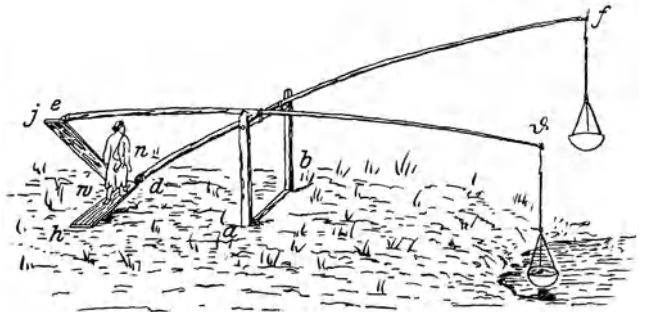


Abb. 29.

Wasserhebevorrichtung mit zwei Hebeebäumen.

dungen ersichtlich. Er wiederholt ständig den Rundgang $hdwj$. Aus den hierbei jeweils gehobenen Eimern wird das Wasser wohl durch andere Leute in einen Trog oder dgl. gegossen.

2. Herstellung eines leichten Wasserrades, das man durch die Hand zieht, wie die Seiler ziehen, welche die dünnen Fäden aus Hanf drillen, Abb. 30 u. 31.

Auf einer Achse (ab) sitzen zwei Scheiben (dg und zw). Über die eine (dg) laufen zwei endlose Seile (f) von 15 Ellen Länge, zwischen denen 40 Schöpfgefäße befestigt sind (vgl. hierzu die Rekonstruktion von Carra de Vaux, Abb. 31). Über die andere Scheibe (zw) läuft ein endloses Seil (h), welches durch die am

¹⁾ Der Text ist hier nicht ganz klar. Aus der Abb. 28 jedoch und daraus, daß es später heißt, an den einen Enden der „Querbalken“ seien die Laufbretter und an den anderen die Eimer befestigt, ist wohl zu schließen, daß die hier gegebene Deutung richtig ist; daß auf jeden Fall unter den „Querbalken“ die Hebeebäume zu verstehen sind. Carra de Vaux nimmt, wie die Abb. 29 zeigt, eine Lagerung der Hebeebäume auf einem gemeinsamen Lagerbock an.

²⁾ In Abb. 28 sind diese Eimer wohl irrtümlich nicht ganz an die Enden der Hebeebäume gezeichnet, es müßte denn sein, daß diese Enden der Hebeebäume noch außerhalb der Eimer Gegengewichte für die Laufbretter tragen.

³⁾ In Abb. 28 ist das Laufbrett (hd) versehentlich nicht ganz an das Ende (n) des Hebebaumes (n) f gezeichnet.

Boden befestigte Rolle (*m n*) gespannt wird. Durch Ziehen an diesem Seile ver-
setzt ein Mann die Vorrichtung in Umdrehung und hebt so das Wasser. (Carra
de Vaux stellt hier irrümlicherweise einen Windenantrieb dar; siehe Abb. 31.
Die Darstellung zusammengesetzter Lagerböcke statt einfacher Pfosten zur Lage-
rung der Achsen in dieser wie den übrigen Figuren Carra de Vaux' ist willkürlich.)

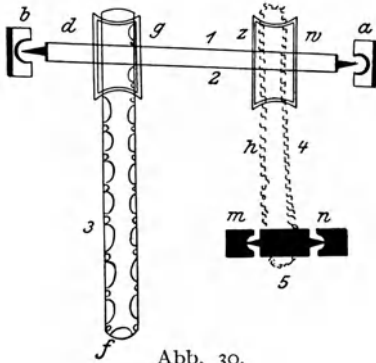


Abb. 30.

Es steht bei: 1) Haspel (Mukabba); 2) Achse (Surn);
3) Wasserkrüge; 4) das Seil, das mit der Hand gezogen
wird; 5) die Rolle.

Ein durch Hand gezogenes leichtes Wasserrad.

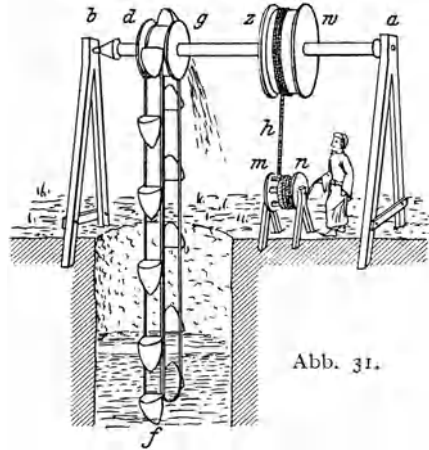


Abb. 31.

3. Herstellung eines Eimers, der 1000 *Ratl* (= 400 kg)¹⁾ faßt. Es bewegt
ihn ein Mann ohne Mühe bei gleichmäßiger Bewegung, Abb. 32 u. 33.

Zwischen zwei Säulen (*a* und *b*) ist mannshoch über einem Brunnen (*c*)²⁾
eine Achse (*f*) gelagert. Auf dieser Achse sitzt eine Seiltrommel (*g*), an der das
eine Ende eines Seiles (*s*) befestigt ist. An dem
anderen Ende des Seiles hängt der 1000 *Ratl* oder

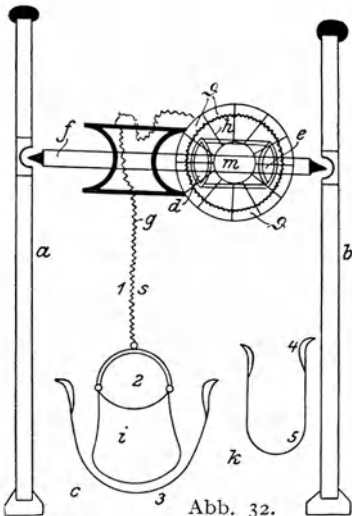


Abb. 32.

Es steht bei: 1) Seil;
2) Eimer; 3) Brunnen
(Bid); 4) Standpunkt
des Mannes (Maq'ad);
5) Grube (Hufra).

Herstellung eines 1000 *Ratl* fassenden Eimers.

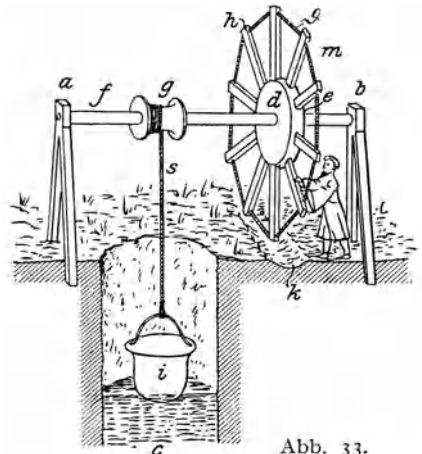


Abb. 33.

weniger fassende Eimer (*i*) aus Stierleder in dem Brunnen (*c*). Der Eimer füllt

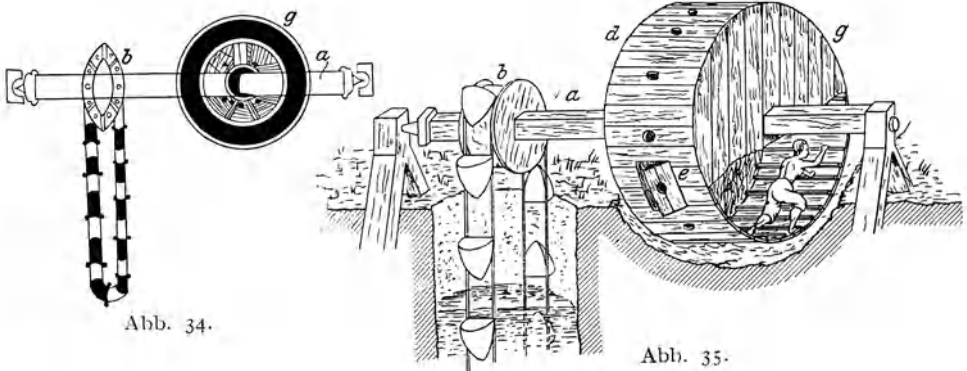
¹⁾ Das Gewicht erscheint sehr groß.

²⁾ Dieser ist in Abb. 32 zu hoch oben gezeichnet; er gehört noch unter das untere Ende
der die Achse tragenden Pfeiler. (Vgl. die Rekonstruktion von Carra de Vaux, Abb. 33.)

sich hier mit Wasser. Um ihn emporzuwinden, befindet sich weiter auf der Achse die Vorrichtung (*m*). Diese besteht zunächst aus einer kräftigen Scheibe (*d e*), welche in Abb. 32 sowohl in der der Zeichenebene entsprechenden Lage als auch um 90° mit der Stirnfläche in diese hineingedreht dargestellt ist. An dem Umfang der Scheibe sitzen 10 bis 12 lange Holzstäbe (*h*; in Abb. 32 in die Zeichenebene hereingedreht), welche in weniger als eine Elle Abstand von ihren äußeren Enden durch einen Ring (*ϑ*) ¹⁾ miteinander verbunden sind. Diese Stäbe sind in Abb. 32 bedeutend zu kurz gezeichnet; sie sind länger als der Abstand der Achse vom Boden und bewegen sich dort durch eine Grube (*k*, in Abb. 32 zu hoch gezeichnet; vgl. Abb. 33). Neben dieser Grube steht der die Vorrichtung drehende Mann.

4. Herstellung eines Tretrades (*Mukabba*) ²⁾, das ein Rad mit Trögen (*Kúz*) dreht (Abb. 34 u. 35, die Rekonstruktion von Carra de Vaux).

Auf einer Achse (*a*) sitzt eine Scheibe (*b*) mit einer Wasserhebevorrichtung, welche genau derjenigen der Abb. 30 entspricht. Der Antrieb erfolgt durch ein großes



Wasserhebevorrichtung mit Tretrad.

hölzernes Tretrad (*g*), das durch einen in ihm befindlichen Mann in Umdrehung versetzt wird. Das Tretrad und die Tätigkeit des Mannes werden folgendermaßen beschrieben ³⁾:

„Dann machen wir das Tretrad. Es sind zwei Ringe (*Tauq*), die mit Brettern bedeckt sind ⁴⁾ und in sie geht ein Mann hinein, er geht gleichsam in ihnen in die Höhe und sie drehen sich durch seine Bewegung. Er hebt seine Füße in die Höhe, als ob er in die Höhe steigen wolle. So oft er sich dann (mit den Füßen) aufstützt, geht das, worauf er sich stützt, herunter und er sinkt herab. So erfolgt die Drehung und das Rad bewässert ohne Aufhören. Das Tretrad ist *d g* (*d* fehlt in der Abb. 34). *g* steht

¹⁾ Über das Material dieses „Ringes“ enthält der arabische Text nichts. Wohl aus der Abbildung schließt Carra de Vaux, daß es nur eine Seilverspannung gewesen sei. Da die betreffende Darstellung in der arabischen Abbildung jedoch nicht gebrochen, sondern kreisrund gezeichnet ist und außerdem nicht nur aus einer Zickzacklinie, sondern aus einer solchen und einer glatten Linie besteht, ist wohl zu schließen, daß dieser Ring aus dünnem (etwa Weiden-) Holz bestand und mit Schnur umwickelt war.

²⁾ *Mukabba* heißt eigentlich Haspel, bezeichnet jedoch hier ein Tretrad.

³⁾ Wir veröffentlichen hier die wörtliche Übersetzung des arabischen Textes, da es eine für die damalige Denk- und Schreibweise besonders charakteristische Stelle ist. Die eingeklammerten Worte sind von uns zur Erläuterung und Ergänzung eingefügt.

⁴⁾ Mit diesen mit Brettern bedeckten Ringen sind wohl die Stirnwände des Tretrades gemeint.

auf dem einen, *d* auf dem anderen seiner Ränder. Von *g* bis *d* ist es mit Brettern bedeckt¹⁾. Der Mann ist darin (und ist eingetreten) durch die Türe (*e*; dieser Buchstabe fehlt in der Abb. 34 ebenfalls²⁾). Sie ist auch mit Brettern bedeckt. (Das Tretrad) ist gekrümmt wie ein Schild. Nur ist es hohl. Der Mann befindet sich in seinem Inneren. Es befinden sich an ihm Löcher, die dem Gesicht des Mannes gegenüber liegen, damit zu ihm Luft und Frische eintreten kann.“

5. Heben von Wasser durch eine sinnreiche Vorrichtung,

Abb. 36 u. 37.

An dem Ufer eines Flusses wird ein Bassin (*e*) ausgebaut (zementiert). In dieses taucht bis nahe zu seinem Boden ein kastenförmiges Schöpfgefäß (*h*), das an dem einen Ende eines langen Hebebaumes (*Baizar*, Schlägel der Bleicher oder Walker) befestigt ist. Der Hebebaum wird von einer Querachse (*f g*) getragen, die auf zwei Pfeilern (*a* und *b*) drehbar gelagert ist. Das andere Ende (*j*) des Hebe-

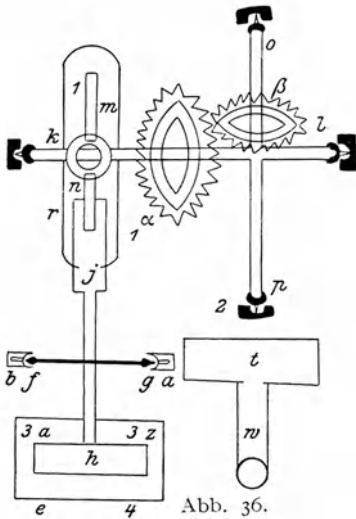


Abb. 36.

Es steht bei: 1) kleine Grube (Höhlung, Hufra); 2) Stelle, wo das Wasser ausgegossen wird; 3) bis 3a) Öffnung des Schöpfgefäßes (Guref, wörtlich Trockenmaß); 4) Becken, Fortsetzung d. Wassers.

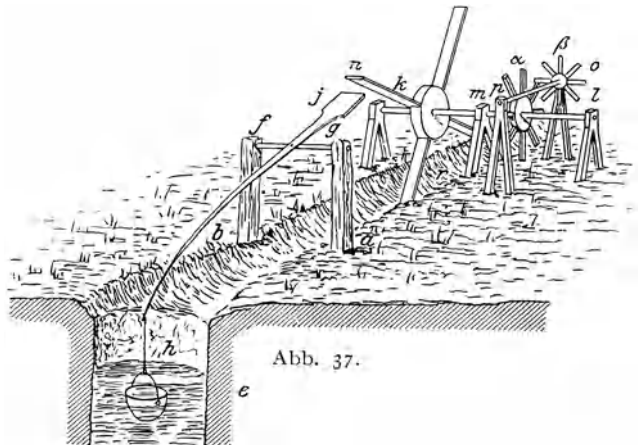


Abb. 37.

Eine weitere Wasserhebevorrichtung mit Hebebaum.

baumes ist brettartig (wie ein Ruderblatt) verbreitert und zu beiden Seiten mit einem 4 Finger³⁾ hohen Rand versehen⁴⁾. Hinter dem Hebebaum befindet sich eine Achse (*k l*). Auf dieser sitzt eine kräftige Scheibe mit vier radialen, 3 Spannen langen „Linealen“ (*m n*). Unter diesen ist im Boden eine längliche Grube (*r*), durch welche die „Lineale“ bei der Umdrehung der Achse (*k l*) sich bewegen. Die Umdrehung wird durch das ebenfalls auf der Achse (*k l*) sitzende Zahnrad (*α*) be-

¹⁾ Diese Bretter bilden den Laufkranz des Tretrades.

²⁾ Ob die Türe sich auf der Zylinderfläche oder auf einer Seitenwand befindet, ist schwer zu sagen. Dasselbe gilt von den weiter unten erwähnten Luftlöchern. Carra de Vaux glaubt beides in den Laufkranz verlegen zu sollen. Von den Luftlöchern scheint dies zuzutreffen, da sie nach der Beschreibung „dem Gesicht des Mannes gegenüber liegen.“

³⁾ Die Maßbezeichnung fehlt hier im Originaltext. Carra de Vaux hat „Spanne“ ergänzt, was aber unwahrscheinlich ist. Es muß wohl Finger heißen.

⁴⁾ Als einziges Maß, welches außerdem in der Beschreibung des Hebebaumes angegeben ist, heißt es: „Die Länge des Hebebaumes von der Achse bis dahin, was benachbart ist den Rädern, ist bemessen im Betrag von der Hälfte dessen, um was wir das Schöpfgefäß heben wollen.“ Hiermit läßt sich aber ohne andere Maßangaben nichts anfangen.

wirkt, welches seinerseits durch das auf der Achse ($o p$) sitzende Zahnrad (β) in Umdrehung versetzt wird. Darüber, in welcher Weise die Umdrehung der Achse ($o p$) erzeugt wird, enthält der Text nichts. Der Antrieb kann sowohl durch Menschen- oder Tierkraft als auch durch Wasserkraft erfolgen. Wird durch die Achse ($o p$) die Achse ($k l$) in Umdrehung versetzt, so drücken die vier „Lineale“ der Scheibe ($m n$) nacheinander das brettartige Ende (j) des Hebebaumes nach unten. Dabei wird jedesmal das Schöpfgefäß (h) gehoben¹). Es entleert seinen Inhalt durch eine Öffnung (z) in der einen unteren Ecke in einen Trog (t), aus dem es durch eine Leitung (w) fortfließt²).

¹) Dieser Vorgang wird gut durch die Rekonstruktion von Carra de Vaux veranschaulicht. Sie wurde deshalb ebenfalls wiedergegeben, Abb. 37, obgleich sie manches sicher nicht ganz Zutreffende enthält (unrichtige Form des Schöpfgefäßes, Fehlen des Troges, zu große Länge der Grube für die Bewegung der „Lineale“, unwahrscheinliche Form der Zahnräder).

²) Bei dieser Vorrichtung gelangt, wie ohne weiteres ersichtlich, immer nur ein kleiner Teil des gehobenen Wassers an seinen Bestimmungsort; sie ist daher höchst unwirtschaftlich.

Der älteste Bergbau und seine Hilfsmittel.

Von

Geh. Bergrat E. Treptow, Freiberg i. Sa.

Der Zweck der Untersuchung eines alten Bergbaues wird wohl stets die Beantwortung der Frage sein, ob es lohnend sein dürfte, ihn mit neuzeitlichen Mitteln wieder in Betrieb zu nehmen. Ehe man große Kosten aufwendet, um die alten Grubenbaue und damit die noch vorhandenen Teile der Lagerstätte wenigstens in ihren wesentlichen Teilen wieder zugänglich zu machen, wird die Erörterung gewisser Vorfragen von Nutzen sein: welches waren wohl die Gründe für das seinerzeitige Erliegen des Bergbaues, welches Alter haben die alten Grubenbaue, von welchem Volke stammen sie her?

Zuweilen kann eine wirkliche Erschöpfung der Lagerstätte durch vollständigen Abbau stattgefunden haben. Wir treffen ja auch heute Seifenablagerungen an, die eine eng begrenzte Ausdehnung haben, auch Lagerstätten im anstehenden Gestein, wie manche Kupferlagerstätten reichen nicht in große Tiefen hinab. Dann wird häufig eine Änderung in der Erzführung, namentlich auch die Abnahme des Erzreichtums in größerer Tiefe (vgl. weiter unten), womit auch häufig ein anderes Verhalten der Erze bei der Verhüttung verbunden war, die Veranlassung zur Einstellung des Betriebes gewesen sein.

Ferner können die Schwierigkeiten der Wasserhaltung, der Förderung und der Bewetterung (Versorgung mit guter Luft) bei zunehmender Tiefe der Baue, weiter eine wesentliche Änderung des Metallwertes, auch die Entdeckung neuer reicherer Erzvorkommen das Verlassen mancher Gruben veranlaßt haben. Andererseits haben die Alten aber auch sehr arme Lagerstätten in großem Maßstabe abgebaut, da die menschliche Arbeitskraft, namentlich die Sklavenarbeit nur sehr niedrig bewertet wurde, die Metalle dagegen sehr hoch im Preise standen.

Es kamen aber auch schon in früherer Zeit schwierige Arbeiterverhältnisse vor. So wird berichtet, daß ein Sklavenaufstand die Veranlassung für die Einstellung des Betriebes in den Erzgruben von Laurium gewesen ist.

Oft werden äußere Ursachen das Aufhören des Bergbaues veranlaßt haben, so Kriege und in deren Folge die Vertreibung der Einwohner durch die Sieger, oder das Ausbrechen von Seuchen, welche die Bewohner dahinrafften. In solchen Fällen haben wohl die flüchtenden Bergleute die Eingänge zu den Grubenbauen sorgfältig verwahrt und unkenntlich gemacht, da sie auf eine Rückkehr hofften. So berichtet Much¹⁾, daß einer der alten Zugänge zu den Mitterberger Grubenbauen (vgl. S. 188) sorgfältig mit Holzbalken verwahrt war, deren Fugen mit Moos verstopft waren, darüber lag eine Schicht Lehm und darüber wieder gute Erde. Auch die Zugänge zu den alten Kupfergruben von El Aramo (vgl. S. 187) waren in ältester Zeit sorgfältig verwahrt worden. In solchen Fällen dürften sicher in den alten Bauen noch anstehende Erze anzutreffen sein. Übrigens werden auch, wenn die Eingänge der

¹⁾ Much, Kupferzeit, S. 248 ff.

Gruben zunächst nicht zu finden sind, für den aufmerksamen Beobachter noch manche Anzeichen des früheren Bergbaubetriebes vorhanden sein, so die Reste von Wohnstätten, Schlacken- und Bergehalden.

Es sei noch daran erinnert, daß in vielen alten Gruben mehrere Betriebszeiten, oft von verschiedenen Völkern herrührend, zu unterscheiden sind, z. B. auf der Pyrenäischen Halbinsel, wo die Bevölkerung so oft gewechselt hat. Namentlich sind häufig die primitiven Bergbaue eingeborener Völkerschaften durch die Eroberer mit ihren Scharen von Sklaven in größerem Umfange fortgesetzt worden; das gilt z. B. von den Bergbaubetrieben der Römer in den von ihnen eroberten Provinzen.

Zu berücksichtigen ist übrigens, daß die alten Bergleute (und zwar zum Teil bis in die neueste Zeit) manche Erze in den Bauen und auch in den Haldenmassen zurückgelassen haben, die sie seinerzeit nicht verwerten konnten. Ich nenne als häufige Beispiele Wolframit, Nickel- und Kobalterze, Zinkblende und Gelbbleierz (molybdänsaures Blei).

Die folgende Arbeit dürfte viele Hinweise für die Beurteilung des Alters von Bergbauen bieten und zu gleicher Zeit beweisen, daß schon in den ältesten Bergbauen die Hilfsmittel recht mannigfaltige, aber auch bei den verschiedenen Völkern zum Teil eigenartige waren.

Zur Beurteilung der Hilfsmittel für den ursprünglichsten Bergbaubetrieb müssen wir namentlich die Funde heranziehen, die bei der Wiederaufnahme des Betriebes oder doch der Untersuchung alter Gruben gemacht worden sind, denn die auf uns gekommenen schriftlichen Nachrichten über alte Bergbaubetriebe sind außerordentlich spärlich.

Es kommen hierbei nicht nur die zeitlich ältesten Bergbaue in Frage, die von den Ägyptern, Persern, Griechen, Karthagern und Römern betrieben wurden, wir können auch die Bergbaue der alten Peruaner und Mexikaner heranziehen und auch Bergbaubetriebe aus neuerer Zeit, sofern sie mit einfachen Hilfsmitteln betrieben wurden von Völkern, die zur Zeit noch auf niedriger Entwicklungsstufe stehen, wie z. B. im Innern Afrikas oder die sich, wie die Chinesen und Japaner, wenigstens was den Bergbaubetrieb betrifft, erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit die westeuropäischen Hilfsmittel zu eigen gemacht haben. Es müssen also beim Studium dieses Sondergebietes sowohl die Ergebnisse der Archäologie als auch diejenigen der Ethnographie berücksichtigt werden. Die reichen Sammlungen der Bergakademie Freiberg bieten zur Beurteilung dieses Gegenstandes eine Fülle von Stoff¹⁾.

Die geschichtliche Abteilung dieser Sammlung besitzt dank der eifrigen Sammeltätigkeit ihrer im Auslande tätigen früheren Studierenden mehr als 180 vorgeschichtliche und ethnographische Gegenstände aus Bergbauen, namentlich Werkzeuge aus Stein und Bronze, Lampen und manches andere. Auch wurden zahlreiche

¹⁾ An dieser Stelle möchte ich auf die von mir zur ältesten Geschichte des Bergbaus bisher veröffentlichten Arbeiten hinweisen:

Die Mineralbenutzung in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1901.

Der altjapanische Bergbau und Hüttenbetrieb, dargestellt auf Rollbildern. Dasselbe Jahrbuch 1904.

Das Studium der Geschichte des Bergbaus. Antrittsrede gehalten bei der Feier des Rektoratswechsels an der Königl. Sächs. Bergakademie 1909.

Sonderabdrücke dieser Arbeiten sind vorhanden in der Stettnerschen Verlagsbuchhandlung in Freiberg.

Arbeiten aus der einschlagenden Literatur gesammelt. Besonders reich sind außer dem Bergbau der Mittelmeerländer der vorgeschichtliche Kupferbergbau zu Mitterberg, der Bergbau zu El Aramo im nördlichen Spanien, ferner Südamerika und Japan vertreten.

Ich habe versucht, eine geordnete Übersicht über die an verschiedenen Orten und von verschiedenen Völkern benutzten einfachsten Hilfsmittel für den Bergbaubetrieb zu geben, um deren Mannigfaltigkeit zu zeigen. Am Schlusse habe ich dann eine kurze Beschreibung einiger wichtiger und gut bekannt gewordener alter Bergbaue gegeben.

Sehr erfreut würde ich sein, wenn diese Veröffentlichung Veranlassung dazu gäbe, daß mir Mitteilungen über mir bisher unbekannt gebliebene Funde aus älterer Zeit, sei es, daß sie sich in Museen oder in Privatbesitz befinden, zuzugingen, im besonderen würde ich über Lichtbilder besonders gut gekennzeichnete Stücke erfreut sein. Auch Hinweise auf einschlagende Arbeiten, die ja leider in der Literatur weit zerstreut sind, würden für mich von großem Wert sein.

Kurz muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß sich die ältesten Bergbaubetriebe in dem oben umschriebenen Sinne fast ausschließlich der Gewinnung der Metalle zugewendet haben, gelegentlich wurde aber schon in sehr früher Zeit Asbest — zu feuerfesten Geweben — auch Schwefel und mancherlei Farberde gegraben, auch Erdöl wurde an manchen Orten aus einfachen Gruben geschöpft. Die Salzgewinnung war naturgemäß schon in frühester Zeit von Bedeutung. Feuerstein wurde im heutigen Belgien bergmännisch gewonnen zur Herstellung von Messern, Schabern, Pfeil- und Lanzenspitzen usw. Die alten Mexikaner benutzten zu den gleichen Zwecken den Obsidian.

Es waren vor allen Dingen die Seifen, die bearbeitet wurden, d. h. die zum Teil sandigen, zum Teil lehmigen Ablagerungen, die sich durch Zersetzung anstehender Lagerstätten und Gesteine gebildet haben. Sie befinden sich zum Teil noch am Orte ihrer Entstehung (eluviale Seifen) zum Teil ist das Material durch das Wasser fortgeführt und wieder abgelagert, dabei immer mehr zerkleinert und an wertvollem Gut angereichert worden (alluviale Seifen). Den Seifen konnte an sehr vielen Orten gediegenes Gold entnommen werden, an anderen Orten Zinnerz¹⁾ und auch, was nicht immer in dem entsprechenden Maße gewürdigt wird, Magneteisenerz als ein vorzügliches, von fremden und störenden Beimischungen freies Material für die Eisendarstellung im kleinen.

Die Arbeit in den losen Massen der Seifen erforderte nur sehr einfache Werkzeuge. Für das Waschen zur Abscheidung des wertvollen schweren Gutes gab dem aufmerksam beobachtenden Menschen die Wirkung des fließenden Wassers der Bäche und Flüsse hinreichende Fingerzeige. Mit der Seifenarbeit eng verwandt ist die leichte Gewinnung der See- und Sumpferze, letztere auch Raseneisenerze genannt, die an vielen Orten in den Niederungen vorkommen, und sich an Stellen, an denen sie einmal gewonnen wurden, durch die Tätigkeit kleinster Lebewesen immer wieder neu bilden — einer der seltenen Fälle, in denen wir die Entstehung von Erzen gewissermaßen vor unseren Augen vor sich gehen sehen.

Im übrigen wurden die Erze zwar aus den anstehenden Lagerstätten (Erzgänge, Erzlager usw.) gewonnen, es wurde jedoch naturgemäß zunächst die Arbeit am Ausgehenden, d. h. von der Oberfläche her in Angriff genommen, wo die zersetzende Wirkung des einsickernden Wassers und der Luft tiefgreifende Veränderun-

¹⁾ Das Zinn wurde bekanntlich vorwiegend zur Herstellung der Bronze verwendet.

gen herbeigeführt hatte, deren Ergebnis wir als eisernen Hut und als Zementationszone bezeichnen. Im eisernen Hut hat vorzugsweise eine Auslaugung, in der Zementationszone eine Wiederablagerung und damit recht häufig eine erhebliche Anreicherung des Metallgehaltes stattgefunden. Dabei finden sich die Erze hier vielfach in erdigem und kavernösem Zustande, so daß sie leichter als in den tiefer gelegenen Teilen der Lagerstätten gewonnen werden konnten, wo sich die Erze noch im ursprünglichen (primären) Zustande befinden.

Aus den anstehenden Lagerstätten wurden die Metalle Gold, Silber, Kupfer, Eisen und Blei gewonnen. Auch das Quecksilber war bekannt, in beschränktem Maße auch das Zink.

Die Art des Vorkommens im eisernen Hut und in der Zementationszone erleichterte übrigens nicht nur die bergmännische Gewinnung, sondern, wenn man die Einfachheit der Schmelzverfahren in Betracht zieht, auch das Ausschmelzen der Metalle wesentlich.

Das Gold kommt auch hier gediegen vor und konnte durch Mahlen und Schlämmen der Erze gewonnen werden, während es in größeren Tiefen zusammen mit geschwefelten Erzen oder als Tellurverbindung auftritt. Übrigens ist das natürlich vorkommende Gold stets mehr oder weniger silberhaltig. Die Alten kannten das durch seine blässere Farbe ausgezeichnete silberhaltige Gold, das Elektron, auch war ihnen die Scheidung des Goldes vom Silber durch Zusammenschmelzen mit Schwefelantimon oder auch mit Schwefel bekannt.

Die Kupfererze treten in der Zementationszone stark angereichert auf, und zwar geschwefelte und oxydische Erze gemengt, wie es für das Erschmelzen von Kupfer günstig ist, während in größeren Tiefen in der Regel nur arme geschwefelte Erze vorkommen. An einzelnen Orten kommt auch gediegenes, hämmerbares Kupfer vor, in besonders großen Mengen ist das der Fall auf den bekannten Lagerstätten am Oberen See in Nordamerika. Auf der Ausbeutung dieses Vorkommens beruhte die Kupferkultur der Indianer Nordamerikas in der vorkolumbischen Zeit. Auch im südlichen Portugal zu Aljustrel und in der Umgegend der Stadt Barrancos kam gediegenes Kupfer in größeren Mengen vor, und zwar im eisernen Hut der Kieslagerstätten. In der dortigen Gegend finden sich die Spuren alter bergmännischer Tätigkeit und auch Werkzeuge aus Kupfer.

Blei war wohl dasjenige Metall, das sich sowohl aus seinem primären Erze, dem Bleiglanz, als auch aus den häufigsten Bleisalzen, dem Karbonat (Cerussit) und auch dem Sulfat (Anglesit) am leichtesten ausschmelzen ließ. Aus silberreichen Bleierzen konnte durch das Abtreiben des Bleies (oxydierendes Schmelzen) das metallische Silber auf einfache Weise gewonnen werden.

Auf den eigentlichen Silbererzgängen kommen in den oberen Teufen reiche Silbererze (Chlorsilber, das Glaserz, die Rotgüldigerze und andere) zuweilen in größeren Mengen vor. Die beiden erstgenannten mußten dadurch, daß sie hämmerbar sind, die letzteren durch ihre schöne rote Farbe und die noch hellere des gepulverten Minerals die Aufmerksamkeit auf sich lenken. Übrigens lassen sich alle diese Erze sehr leicht auf metallisches Silber verschmelzen. Auch gediegenes Silber kommt zuweilen plattenförmig, zählig und haarförmig vor.

Das einzige für die Gewinnung von Quecksilber in Frage kommende Erz, der Zinnober, fällt durch seine rote Farbe sofort in die Augen, auch läßt sich das Quecksilber aus dem Erze sehr leicht reduzieren, allerdings in Dampfform, so daß die Kondensation und das Auffangen des flüssigen Metalles mancherlei Erfahrung

voraussetzt. Quecksilber in kleinen Tropfen kommt in der Natur verhältnismäßig nur selten vor.

Auf den Zinklagerstätten treten in den oberen Teufen regelmäßig als Zersetzungsprodukte der Zinkblende das Zinkkarbonat (Zinkspat) und das Zinksilikat (Kieselzinkerz) auf, übrigens recht häufig zusammen mit Bleierzen. Beide Zinkerze werden auch Galmei genannt. Das Zinkkarbonat wurde etwa seit dem 4. vorchristlichen Jahrhundert benutzt, um mit Kupfer zusammen Messing darzustellen. Das Karbonat wird zwar mit Hilfe der Kohle leicht reduziert, tritt jedoch in Dampfform auf. Das Auffangen des Metalles in gekühlten Vorlagen scheint den alten Kulturvölkern unbekannt gewesen zu sein. Die Zinkblende wurde nicht verwertet, auch in Deutschland erst seit etwa 1840.

Nach dem soeben Gesagten kommen die Metalle oder deren Erze also entweder in Seifen oder in den anstehenden Lagerstätten vor. Die Gewinnung ist grundverschieden und muß daher auch getrennt besprochen werden.

Die Arbeit in den Seifen.

Die Seifenarbeit besteht lediglich in einem Lösen der Massen und darauf folgenden Verwaschen des Feinen, nachdem das Grobe entfernt worden ist. Die Hilfsmittel konnten daher sehr einfache sein.

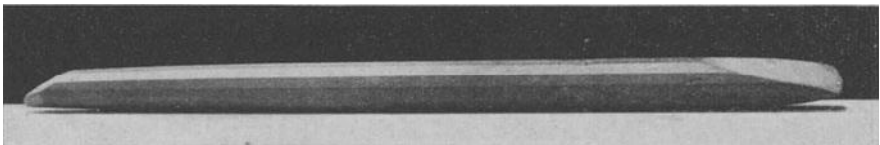


Abb. 1. Steinerner Meißel vom Hinterlande der Goldküste (Westafrika).

Abb. 1 zeigt ein steinernes Werkzeug, welches im Hinterlande der Goldküste (Ober-Guinea) im Lande Wassa, etwa zwei Tagereisen von der Küste entfernt, zur Bearbeitung von Goldseifen benutzt worden ist. Es kam im Jahre 1847 nach Freiberg. Diese Werkzeuge sind sehr alt, die dortigen Eingeborenen glauben, sie seien als Donnerkeulen vom Himmel gefallen. Das Werkzeug ist 47 cm lang, im Mittel 3,5 cm dick, es ist aus feinkörnigem Wetzschiefer, kantig geschliffen und an dem einen Ende mit Schneide versehen.

Zum Verwaschen sind bei den ostasiatischen Völkern große kreisrunde hölzerne, muldenförmig vertiefte Waschschüsseln in Gebrauch. Die Freiburger Sammlung besitzt 3 Stück, von Siam, Nord-Celebes und von Südost-Borneo, sie sind aus Nußbaumholz gefertigt, die kleinste hat 54 cm Durchmesser und 18 cm Tiefe, die größte 68 cm Durchmesser und 12 cm Tiefe. Dabei berichteten aber die betreffenden Bergingenieure, welche die Stücke schenkten, daß sie wegen der Schwierigkeiten bei der Beförderung kleinere Schüsseln gewählt hatten. Das Stück von Nord-Borneo hat in der Mitte eine näpfchenartige Vertiefung von 4 cm Durchmesser. Die Eingeborenen gehen mit diesen Waschschüsseln in den Bach und waschen den Sand, während sie im Wasser stehen.

Sehr alt dürfte das Auffangen des Goldes mittels Schaffellen oder rauh gemachter Bretter sein, die in die Wasserläufe gelegt und mit Steinen beschwert wurden. Die Zigeuner gewinnen in Siebenbürgen heute noch auf diese einfache Weise etwas

Gold. Auch die Sage von dem Zuge Jasons zur Eroberung des goldenen Vlieses dürfte hierauf zurückzuführen sein.

Etwas vervollkommenet findet sich dieses Verfahren noch heute bei den Sarten im russischen Zentralasien¹⁾, namentlich in den Seifen des Amu-Daria. Sie scheren die Schaffelle so, daß die Wolle noch 1 cm lang ist, dann schneiden sie in 5 cm Abstand streifenweise die Wolle in 15 mm Breite bis auf die glatte Haut heraus und legen die Felle mit Steinen beschwert so in den Fluß, daß die Streifen quer zur Richtung des fließenden Wassers zu liegen kommen. Die gerundeten und leichten Sandkörnchen werden darüber gespült, die Goldfitterchen bleiben in der Wolle hängen und werden von Zeit zu Zeit herausgewaschen. Wie Funde von Goldmünzen und kleinen Kunstgegenständen beweisen, wurden die Goldseifen vor den Mon-



Abb. 2. Verwaschen der Goldseifen in Mazedonien.

golen schon von den Griechen bearbeitet. Bis 1874 blieb die Goldgewinnung ausschließlich in den Händen der Eingeborenen, dann wurde eine englische Gesellschaft gegründet.

In den Goldseifen in Mazedonien, die nur geringe Ausdehnung haben und daher einen Großbetrieb nicht gestatten, sind bei den Einwohnern zum erstmaligen Waschen des Sandes hölzerne Waschrinnen, etwa 2,20 m lang und 38 cm breit, Abb. 2, im Gebrauch. Sie sind aus einem Stück gearbeitet, der untere Teil ist auf 1,60 m Länge etwa 8 cm stark und 38 cm breit, und durch Herausstemmen des Holzes 5 cm vertieft. Auf dem Boden sind rohe, 3 cm breite und 1 cm hohe Querleisten in 3 cm Abstand belassen worden. Das Kopfstück ist auf 60 cm Länge zunehmend bis 13 cm stark, die Holzstärke wurde zunehmend von 5 cm bis auf 10 cm Tiefe herausgenommen. Gibt man der Waschrinne mit Hilfe einer einfachen Stütze (gegabelter

¹⁾ Levat, Richesses minerales des possessions russes en Asie centrale. Annales des Mines 1903.

Ast) und der am Boden angenagelten Latte eine Neigung von etwa 30° , so ist der Boden des Kopfstückes etwas schwächer geneigt. Hier wird mittels eiserner Kratzen, deren Blatt die Form eines gleichseitigen Dreieckes hat, der gelöste Boden aufgetragen und mit einfachen, lang gestielten Gefäßen Wasser darauf gegeben. Das Grobe wird ausgelesen, auch durch Schütteln der Rinne entfernt, das Feine durch wiederholtes Wassergeben gewaschen und der größte Teil des Sandes dadurch ab-



Abb. 3. Lösen des Seifenmaterials durch Eingeborene in Ostindien.

geschwemmt. Die Goldflitterchen fangen sich mit etwas Sand in den Vertiefungen des Bodens. Nach einiger Zeit stellt man die Waschrinne, am besten auf einigen Steinen quer über dem Bache aufs Hohe und ein zweiter Mann spült allmählich mittels Wasser den angereicherten Sand auf einen Trog, auf dem er vollends rein



Abb. 4. Reinwaschen des Zinnerzes in Schalen.

gewaschen wird. Unsere Sammlung verdankt der Güte des Bergingenieur Großkopf zwei solche Waschrinnen und die dazugehörigen Werkzeuge.

Über das Verwaschen der Zinnerzseifen durch Eingeborene in den malaisischen Staaten besitzen wir durch Dipl.-Ing. Graichen gute Abbildungen. Die lehmigen Massen werden durch eine Schar von Arbeitern, Abb. 3, mit Brechstangen gelöst, dann in besonderen Gruben durch kräftiges Verrühren mit Wasser aufgelöst und in Gräben geschlämmt. Das Konzentrat wird in Schalen völlig rein gewaschen,

Abb. 4, und dann in kleinen Öfen, Abb. 5, verschmolzen. Das Gebläse ist hinter dem vorderen Ofen sichtbar. An die Stelle dieses einfachen Verfahrens ist jetzt auch dort der Großbetrieb durch Abspritzen des Gebirges mittels starker Wasserstrahlen und das Verwaschen in hölzernen Gerinnen getreten.

Aus den alten Goldseifenbetrieben zu Chuquiaguillo bei La Paz in Bolivien besitzen wir das in Abb. 6 dargestellte Krätzchen aus 2 mm starkem Kupferblech.

Die eine Hälfte ist zum Teil abgebrochen. Das Stück ist teilweise mit grüner Patina bedeckt.



Abb. 5. Zinnschmelzöfen der Eingeborenen in Ostindien.

Die Arbeit in den Gruben.

Im allgemeinen sind die Bergleute der ältesten Zeit bei der Unvollkommenheit der für die Gesteinsarbeiten zur Verfügung stehenden Mittel, sofern sie überhaupt in größere Tiefen vordrangen, ausschließlich den Erzfällen nachgegangen; sie haben Arbeiten im Nebengestein oder auf tauben Teilen der Lagerstätte tunlichst vermieden. Hieraus ergab sich ein unregelmäßiger Verlauf der

Grubenbaue, man ging gern mit einer Neigung, welche noch bequemes Gehen ermöglichte, in die Tiefe und gewann so viel Erz, als man erreichen konnte. Drohten die Baue zusammenzubrechen, so fing man an anderer Stelle von neuem an. Namentlich bei den Bergbauen kleiner Völker dürfte die Regellosigkeit vorwalten.

Erst nachdem die erstarkenden großen Völker, die Perser, Ägypter, Griechen, die Karthager und Römer mit ihrer Unzahl von Sklaven die Bergwerke bearbeiteten, finden wir eigentliche Stollen und Schächte mit ausgedehnteren Bauen.

Immerhin ist es bemerkenswert, daß sich in manchen alten Bergbauegenden, so bei Iglesias auf Sardinien, in Laurium, selbst im Hinterlande der Goldküste (Westafrika) dicht gedrängt auf engem Raume Tausende von Schächten finden, von denen aus die Lagerstätten abgebaut wurden. Sie sind allerdings oft so eng, daß gerade nur ein Mann hineinschlüpfen kann.

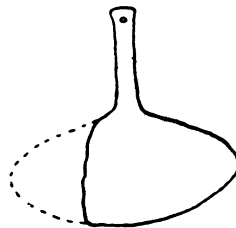


Abb. 6. Krätzchen aus Kupferblech von La Paz in Bolivien.

Ein vollgültiger Beweis dafür, daß schon in weit zurückliegender Zeit größere Arbeiten auch in härteren Gesteinen nicht gescheut wurden, ist durch das Vorhandensein von Zisternen und Brunnenschächten erbracht. Jüngerer Alters

dürften die vielen im Altertume für Wasserleitungen hergestellten Tunnels sein.

Um einen Begriff von der Ausdehnung dieser Arbeiten zu geben, sei hier der berühmte Josephsbrunnen von Kairo¹⁾, dessen genaues Alter allerdings unbekannt ist, erwähnt. Er besteht aus zwei Brunnenschächten von rechteckigem Querschnitt, die untereinander liegen und durch eine große Kammer miteinander verbunden sind. Die Schächte und die Kammer sind ganz in Felsen gearbeitet,

¹⁾ Handbuch der Ingenieurwissenschaften. I. Aufl. Bd. IV, S. 141, Leipzig 1885.

die Sohle des unteren Schachtes reicht bis in eine Kiesschicht hinab, der das Wasser entnommen wird. In jedem Schachte befand sich ein Eimerwerk in der bekannten Weise aus Tongefäßen an Seilen ohne Ende bestehend, welche mittels Tieren am Göpel betrieben wurden. Das untere Eimerwerk hob das Wasser in einen in der Zwischenkammer befindlichen Behälter, aus welchem das obere wieder das Wasser schöpfte. Die Seiten des oberen Schachtes haben 7,7 und 6,6 m Länge, während die Tiefe 50 m beträgt. Der untere Schacht hat 4,6 und 2,8 m Seitenlänge und 40 m Tiefe. Um in die zwischen beiden Schächten liegende Kammer die zum Göpelbetriebe nötigen Tiere zu befördern, ist um den oberen Schacht herum ein spiralförmiger Gang von 2 m Breite und 2,2 m Höhe ausgearbeitet.

Über den Fortschritt der Arbeiten sei bemerkt, daß nach Florencourt¹⁾, bei den von den Römern in Ungarn betriebenen Bergbauen, wie heute noch an den Jahrestafeln kenntlich, in einem Jahre mit Schlägel und Eisenarbeit 4 bis 5 Klafter, das sind etwa 8 bis 10 m ausgeschlagen wurden.

Die Werkzeuge für die Gesteinsarbeit.

Für die Gewinnung erdiger Mineralien genügten wohl auch Werkzeuge aus Holz, z. B. Schaufeln, aus Knochen und Geweihen von Tieren, z. B. Hauen aus Hirschgeweihen, Abb. 7²⁾. Für die Bearbeitung festerer Gesteine haben wir zu unterscheiden Werkzeuge aus Stein, aus Kupfer, aus Bronze und aus Eisen.

Die ältesten derartigen Werkzeuge waren auch für den Bergmann rohe Steine; der rundliche Stein in der menschlichen Faust (Schlag- oder Klopstein) ist die Urform eines dauerhaften Hammers, spitze Steine mußten als Keile dienen. Zunächst wurde wohl wahllos jeder beliebige Stein benutzt, sehr bald aber lernte der Mensch die festesten Gesteine kennen und für seine Zwecke verwerten. Namentlich entnahm er den Flüssen Geschiebe, so die hornblendehaltigen und daher sehr zähen Diorite und Gabbro, die Hornblendeschiefer, außerdem den Quarz, den Hornstein und den Kieselschiefer. Auch für die feinere Zerkleinerung der Erze dienten rohe Steine als Mühle, ein größerer als Unterlage, ein kleinerer als Reibstein.

Hier sei an ein wenig gekanntes Verfahren zur Zerkleinerung von Erzen erinnert, das von den Indios auf der peruanischen Kordillere geübt wurde. Auf eine gepflasterte Stelle wälzten sie einen größeren, unten gerundeten, oben flachen Stein. Ein Mann stellte sich darauf und setzte den Stein durch Verlegung des Körpergewichtes in schaukelnde Bewegung, ein zweiter brachte die Erzstücke darunter und entfernte das genügend zerkleinerte Gut.

Steinhämmer mit Stielen bilden einen weiteren wesentlichen Fortschritt in der Entwicklung des bergmännischen Werkzeuges. In den Hammerstein, der nun ent-



Abb. 7. Haue aus Hirschgeweih von El Aramo.

¹⁾ Florencourt, C. Ch. v. Über die Bergwerke der Alten. Göttingen 1785.

²⁾ Sandars, Horace, W. On the Use of the Deer-Horn. Pick in the Mining Operations of the Ancients. Oxford, 1910. Enthält eine große Zahl Abbildungen, namentlich von Hirschgeweihstücken, die als Hauen benutzt wurden.

sprechend größer gewählt wird, wurde eine ringsherum laufende Rinne geschlagen und aus einer zusammengebogenen Rute ein doppelter Stiel gebildet, der durch Fellstreifen dauerhaft befestigt wurde. Die Rute wurde dort, wo sie am stärksten umgebogen werden mußte, aufgedreht, wie das die Korbmacher auch heute noch beim Verflechten starker Weiden zu tun pflegen. Durch Umwicklung mit einem Fellstreifen legte sich die Rute gleichmäßiger an den Stein an. Über den Stein hin-

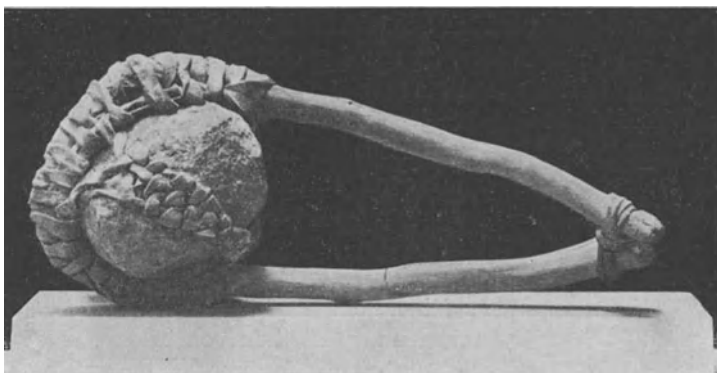


Abb. 8. Steinhammer von Chuquicamata (Grundriß).

weg wurde noch ein geflochtener Fellstreifen gezogen, auch wurden die beiden, den Stiel bildenden Enden der Rute mehrfach zusammengeschnürt. Derartige Hammersteine finden sich in alten Bergbauen recht häufig, so in Spanien, in Mexiko, in ganz Südamerika, am Altai, zu Mitterberg und Hallstatt usw. Die schwersten derartigen Hammersteine, bis zu 18 kg Gewicht, wurden in den Kupfergruben am Oberen See

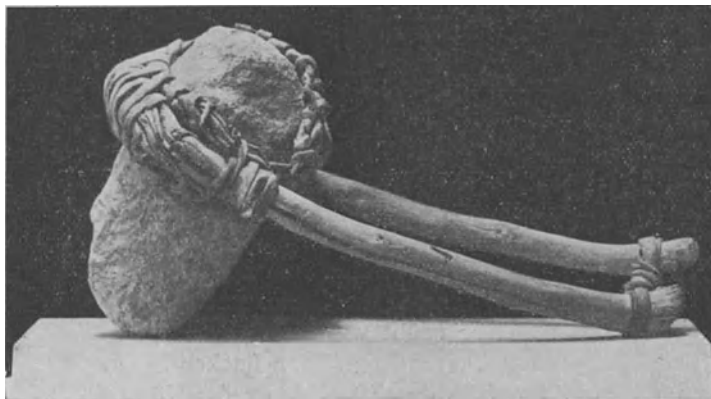


Abb. 9. Derselbe (Seitenansicht).

gefunden, wo es sich nicht nur darum handelte, das Nebengestein zu beseitigen, sondern auch von den Blöcken von gediegenem Kupfer Stücke abzutrennen.

Natürlich sind die Stiele nur selten erhalten. Herrn Bergingenieur Gmehling verdankt die Bergakademie drei Hämmer aus den Kupfergruben von Chuquicamata, nördlich von Calama im nördlichen Chile, an denen die Stiele und Fellstreifen noch vorhanden sind, Abb. 8 u. 9. Das Klima ist dort sehr trocken und der

Boden fast überall mit Salzen getränkt, dazu kommt, daß diese Gruben wohl noch vor etwa 300 Jahren von den Indios betrieben wurden. Es waren also die Bedingungen für die Erhaltung des Holzes und Leders besonders günstige.

Eigenartige Hauen wurden zur Arbeit in dem verhältnismäßig weichen Steinsalz zu Hallstatt und Hallein in vorrömischer und römischer Zeit benutzt, wie aus den Funden in dortigen alten Bauten, dem sog. Heidengebirge hervorgeht. Flache Steinbeile und später auch Kupfer- und Bronzebeile und Kelte wurden in das eine gespaltene Ende eines mit Ast gewachsenen Stämmchens eingesteckt und dann durch Umschnüren festgehalten. Die Abb. 10 zeigt einen derartigen Holzstiel von Hallstatt, der allerdings eingebrochen ist, also unbrauchbar geworden war und daher fortgeworfen wurde.

Eine Doppelhaue aus der Mandchurei, Abb. 11, die dort beim Steinkohlenbergbau,



Abb. 10.
Holzstiel für ein Steinbeil von Hallstatt.

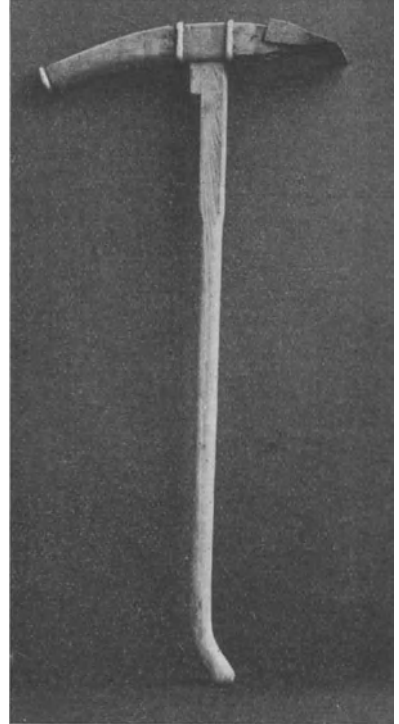


Abb. 11.
Doppelhaue aus der Mandchurei.

der bekanntlich in China schon alt ist, außer eingeführten Werkzeugen als einheimisches Erzeugnis um 1900 noch gebraucht wurde, verdient besondere Erwähnung. Die Doppelhaue selbst ist aus Holz gefertigt, das Ohr durch zwei eiserne Bänder verstärkt. Auf das eine Ende ist eine breite Schneide aus Eisen aufgesetzt, das andere stumpfe Ende ist rund und durch einen aufgeschobenen eisernen Ring verstärkt. Der Holzstiel, 80 cm lang, besteht aus Eschenholz und ist mittels eines starken Keiles im Ohr befestigt. Die Haue selbst mißt 40 cm und ist aus Birnbaum gearbeitet. Das schöne Stück ist neben anderen Werkzeugen ein Geschenk des Bergingenieur Borissow (zu vergleichen auch die Abb. 34 und 40).

Kupfer- und Bronzewerkzeuge werden in alten Gruben seltener gefunden, naturgemäß besonders häufig in Kupfergruben. Unter Kupfer ist im archäologischen Sinne unvermisches Kupfer zu verstehen, d. h. Kupfer, wie es durch

das Schmelzen der Erze erhalten wurde, ohne absichtliche Beimischungen. Das unvermischte Kupfer enthält gewöhnlich gewisse Mengen fremder Bestandteile, die durch Unreinheit der Erze hineingekommen sind. Dagegen bezeichnen wir als Bronzen Legierungen; dem Kupfer wurden absichtlich andere Stoffe, namentlich Zinn beigemischt, um es zu härten und leichter schmelzbar zu machen (vgl. die folgenden Analysen, die unter Anleitung des Geh. Bergrat Brunck von älteren Studierenden im Laboratorium der Bergakademie ausgeführt wurden).

Zusammenstellung der Analysen.

Gegenstand	1. Kleiner Widder	2. Kelt	3. Hammer	4. Hammer	5. Hammer	6. Haue
Fundort	Kaukasus	Portugal	Paposo (Chile)	Chuquicamata (Chile)	Guantajaya (Chile)	Mitterberg
Farbe und Beschaffenheit } des Metalles	kupferrot ins weißliche	messinggelb	kupferrot ins gelbliche	kupferrot	kupferrot	kupferrot ins weißliche
	ziemlich geschmeidig	ziemlich spröd	sehr weich	weich	weich	spröd
Farbe der Patina	dunkelgrün	graugrün	graugrün	—	—	—
Cu	97,52	86,28	89,81	98,90	96,46	92,65
Sn	—	11,20	8,56	—	1,85	2,31
Ni	—	0,02	0,33	—	0,38 (Ni + Zn)	2,29
As	1,72	0,07	—	—	0,21	—
Fe	Sp.	0,39	0,61	Sp.	0,24	0,33
Pb	—	—	—	Sp.	—	Sp.
S	} 0,64	0,28	0,48	0,94	0,63	} nicht bestimmt
O		1,65	0,08	—	—	
Summe	99,88	99,89	99,87	99,84	99,77	97,58

Bemerkung: Nr. 2 und 3 sind typische Zinnbronzen.

Nr. 1, 4 und 5 dürfte unvermishtes Kupfer sein.

Nr. 6 ist wahrscheinlich Kupfer mit natürlichem Ni-Gehalt, dem noch etwas Zinn zugesetzt ist.

Zu Mitterberg im Salzburgischen, dessen alte Baue uns so viele Einblicke über die Grubenarbeit der Alten gestattet haben, wurde eine größere Zahl von Werkzeugen gefunden. Außer Lappenkelten und Hämmern aus Bronze fanden sich auch Pickel, Abb. 12, bei denen eine Tülle zur Befestigung eines Stieles in der Form eines krumm gewachsenen Astes vorhanden ist. Es sind etwa 12 Stücke bekannt. Der größere Teil besteht aus ungemischtem Kupfer, nur wenige, wie das in der Freiburger Sammlung befindliche Stück (vgl. Analyse 6) zeigen einen Zinnzusatz. Der Nickelgehalt dürfte aus den Mitterberger Erzen stammen.

Der Kelt, Abb. 13, stammt aus der portugiesischen Grube Albergania velha. Die Analyse 2 zeigt, daß es sich um eine typische Zinnbronze mit 11 vH Zinn handelt.

Flinders Petrie¹⁾ bildet S. 162 zwei Kupfermeißel ab, die in den Tempelruinen von Serabit auf der Sinai-Halbinsel gefunden wurden. Er vermutet nach den in den Gruben gefundenen Spuren im Gestein, daß außer steinernen Werkzeugen auch kupferne Werkzeuge dort verwendet wurden. Übrigens enthält dieses Kupfer etwas Arsen, ist aber zinnfrei.

Daß wir in alten Gruben in Peru und Chile kupferne und bronzene Werkzeuge finden, stimmt damit überein, daß in Südamerika in der vorkolumbischen Zeit das Eisen nicht bekannt war.

¹⁾ Flinders Petrie, Researches in Sinai. London 1906.

Der Hammer, Abb. 14, von Keulenform und das Spatenblatt, Abb. 15, stammen aus einer alten Grube bei Guantajaya, östlich von Iquique. Der Hammer wurde analysiert (Analyse 5), das Metall dürfte trotz des geringen Zinnzusatzes als unvermishtes Kupfer anzusprechen sein. An der Tülle des Spatenblattes befinden sich stark hervortretende Gußnähte.

Dagegen besteht der Hammer, Abb. 16, aus der Grube Paposo (Chile) aus Zinnbronze mit 8,5 vH Zinn, trotzdem ist das Metall recht weich und der Hammer zeigt infolgedessen starke Spuren der Benutzung. Der Hammer wiegt 4,5 kg.

Ein ganz ähnlicher Hammer stammt von der schon frühererwähnten Grube Chuquicamata (vgl. S. 164), er besteht nach Analyse 4 aus fast reinem Kupfer und wiegt 2,5 kg.

Die vier zuletzt genannten wertvollen Stücke sind Geschenke des leider inzwischen verstorbenen Bergingenieurs Gmehling.

Mit dem Auftreten des Eisens als Material für die bergmännischen Werkzeuge macht sich eine große Gleichförmigkeit bemerkbar. Für weiche Gesteine ist überall die Haue das geeignetste Werkzeug, für klüftiges Gestein wird daneben zusammen mit dem Hammer (auch Fäustel oder Schlegel genannt) der eiserne Keil verwendet und für hartes Gestein finden überall Schlegel und Eisen oder Hammer und Steinmeißel Anwendung. Abweichungen finden sich in der Handhabung dieser Werkzeuge; so wurde auf den japanischen Goldgruben zu Sado, nach alten Rollbildern zu urteilen (von denen die Freiburger Bergakademie vortreffliche, von japanischen Künstlern gefertigte Kopien besitzt), das Eisen mittels einer Zange geführt, ähnlich derjenigen des Schmiedes.

Aus alten Zinngruben zu Rooiberg in Transvaal¹⁾, die sich über ein großes Gebiet erstrecken, besitzen wir das in Abb. 17 wiedergegebene Eisen, es ist in einem starken hölzernen Stiel befestigt und nicht wie sonst üblich mit einem Ohr versehen, in dem der Stiel steckt. Es ist ein Geschenk des unten genannten Autors. In den dortigen Bauen wurden außer Klopffsteinen auch Rippen größerer Tiere gefunden, die durch die starke Abnutzung zeigen, daß sie zum Zusammenkratzen des Erzes gedient haben. In einem

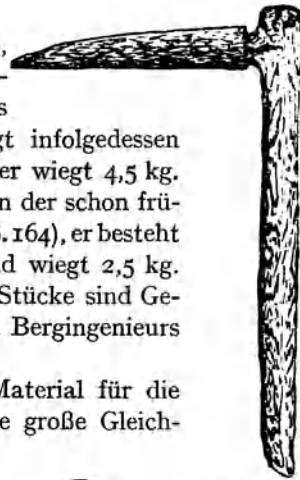


Abb. 12. Bronzespickel aus Mitterberg.

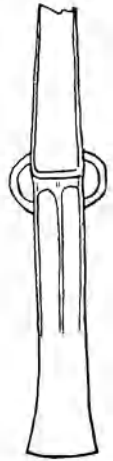


Abb. 13. Bronzekelt aus Portugal.

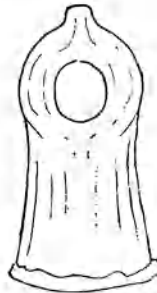


Abb. 14. Kupferhammer aus einer alten Grube bei Guantajaya.

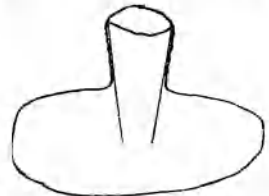


Abb. 15. Gegossenes Spatenblatt aus Guantajaya.

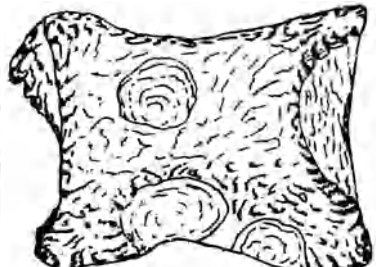
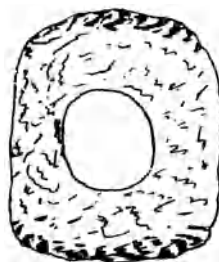


Abb. 16. Bronzehammer aus der Grube Paposo.

Aus alten Zinngruben zu Rooiberg in Transvaal¹⁾, die sich über ein großes Gebiet erstrecken, besitzen wir das in Abb. 17 wiedergegebene Eisen, es ist in einem starken hölzernen Stiel befestigt und nicht wie sonst üblich mit einem Ohr versehen, in dem der Stiel steckt. Es ist ein Geschenk des unten genannten Autors. In den dortigen Bauen wurden außer Klopffsteinen auch Rippen größerer Tiere gefunden, die durch die starke Abnutzung zeigen, daß sie zum Zusammenkratzen des Erzes gedient haben. In einem

¹⁾ Recknagel, Transactions of the Geological Society of S. Africa. 1908.

benachbarten, aber verlassenen Kraal wurde ein kleiner muldenförmiger Zinnbarren von 1,35 kg Gewicht gefunden. Herr Geh. Bergtrat Kollbeck hatte die Güte, das Metall als reines Zinn zu bestimmen. Auf einer benachbarten Anhöhe hat sich auch ein kurzes Stück Tonrohr gefunden, das wohl als Düse für einen einfachen Ofen gedient hat. Das Alter dieser Grubenbaue läßt sich zur Zeit noch nicht bestimmen, jedenfalls stammen sie aber von einer eingeborenen Bevölkerung und sind einer der wenigen sicheren Beweise dafür, daß in Südafrika Zinnbergbau betrieben wurde.

Außer von der Schlegel- und Eisenarbeit haben die alten Bergleute in ausgedehntem Maße zur Bearbeitung fester Gesteine auch von dem Feuersetzen

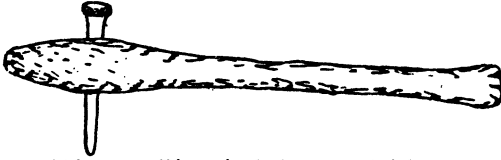


Abb. 17. Eisen in hölzernem Stiel von Rooiberg (Transvaal).

Gebrauch gemacht. Es finden sich in den alten Gruben vielfach die gerundeten Querschnitte mit glatten Wandungen, zum Teil noch rauchgeschwärzt, ferner Reste von verkohltem Holz, auch Asche. Auch die flachen Gesteinstücke, sog. Schalen,

die durch die Feuerwirkung sich lösten, dienen als Beweis dafür, daß das Feuersetzen angewendet wurde.

Der Nachweis, daß in einer Grube mit eisernen Werkzeugen oder mit Feuersetzen gearbeitet wurde, kann aber zur Bestimmung der Zeit, welcher der Bergbau angehört, nur in sehr beschränktem Maße herangezogen werden, denn beide Gesteinsarbeiten sind mehr als 2000 Jahre hindurch allgemein in Gebrauch gewesen und wurden erst allmählich im 17. Jahrhundert unserer Zeitrechnung durch die Sprengarbeit verdrängt.

Es ist daher erwünscht, auch noch andere Hilfsmittel zur Altersbestimmung heranzuziehen, wie sie sich uns in den Lampen und in den Vorkehrungen für Fahrung, Förderung und Wasserhebung darbieten.

Die Beleuchtung der Grubenräume.

Von den ältesten Bergleuten — und selbst bis spät in das Mittelalter hinein — ist ein besonderes bergmännisches Geleucht, etwa entsprechend den jetzigen Sicherheitslampen nicht im Gebrauch gewesen, es wurden vielmehr naturgemäß auch in den Gruben die im Hause gebrauchten Beleuchtungsmittel verwendet.



Abb. 18. Lampe aus der Goldgrube Gualilan, Prov. S. Juan (Chile).

Zur einfachsten Grubenbeleuchtung gehört der Holzspan. Es sind z. B. zu Mitterberg und zu Hallstatt große Mengen von Resten solcher Holzspäne gefunden worden. In Japan benutzte man Bambusstäbe. Auch Fackeln kommen vor.

Es wird nicht befremden, daß die einfachste Form der Lampe, der kreisrunde Napf aus Ton, an verschiedenen Stellen vorkommt. Das in Abb. 18 wiedergegebene roh geformte Stück stammt aus der argentinischen Goldgrube Gualilan (Prov. S. Juan). Die Lampe ist mit konsistentem Fett gefüllt. Der Docht ist zentrisch eingesetzt.

Hieran schließt sich der kreisrunde, mit einer kleinen Schnauze versehene Napf. Die Schnauze wurde durch Herausdrücken eines kleinen Teiles des Randes oder, wie in der Abb. 19 ersichtlich, durch Hereinbiegen zweier Lappen gebildet, so daß fast eine Tülle entsteht und die Lage des Dochtes gesichert ist. Solche Lampen sind aus dem alten Ägypten und von Karthago bekannt. Die Bergakademische Sammlung besitzt 4 Stück, sie stammen sämtlich von den Gruben der Umgegend von Iglesias auf Sardinien. Dorthin dürften diese Lampen frühzeitig durch die Karthager gebracht worden sein, sie haben sich dort bis ins Mittelalter erhalten, als die Pisaner dort Bergbau trieben. Der Durchmesser schwankt zwischen 65 und 85 mm, die Lampen sind auf der Scheibe gedreht, gebrannt und innen glasiert. An einem Stück ist ein kleiner Bandhenkel angesetzt.

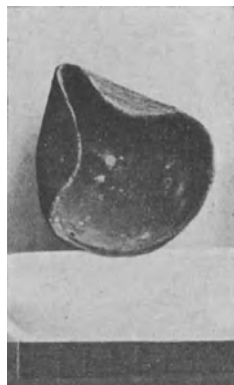


Abb. 19. Lampe von Iglesias auf Sardinien.

Die in Abb. 20 dargestellte Lampe stammt von der Grube Bliesenbach bei Engelskirchen im Rheinland, sie bildet ebenfalls ein kreisrundes Näpfchen, jedoch ist der Fuß verbreitert, so daß die Lampe sicherer steht, auch kann um die Einschnürung ein Lederriemen befestigt werden, um die Lampe zu halten. Die Berliner Bergakademie besitzt ein Stück, an dem der Lederriemen noch vorhanden ist.

Die Lampen von griechisch-römischer Form.

Aus der größeren Zahl derartiger Lampen, welche die Sammlung besitzt, sind einige gut gekennzeichnete ausgewählt, beschrieben und abgebildet worden, um zu zeigen, daß gerade die Lampen dazu dienen können das Alter eines Bergbaues wenigstens angenähert zu bestimmen¹⁾.

Die drei Lampen (Abb. 21 bis 23) stammen aus einer altgriechischen Grube von der Insel Seriphos. Die in Abb. 21 und 22 dargestellten bestehen aus rötlichem Ton, das Gefäß der Lampen ist auf der Scheibe gedreht, später ist dann die Tülle und eine kleine Warze angesetzt. Letztere ist durchbohrt, um einen Stocher aufzunehmen, beide sind ohne Henkel, sie sind mit einem schwarzen Firnis überzogen und gehören dem 4. oder 3. vorchristlichen Jahrhundert an. Das Original der Abb. 21 hat 65 mm Gefäßdurchmesser und 43 mm Höhe, die ganze Länge, einschließlich Tülle, beträgt, etwa 110 mm. Die in Abb. 22 dargestellte Lampe hat 78 mm Gefäßdurchmesser und 35 mm Höhe, die ganze Länge, einschließlich Tülle, beträgt 95 mm.



Abb. 20. Alte Tonlampe von Grube Bliesenbach (Rheinland).

Auch das Gefäß der in Abb. 23 dargestellten Lampe ist auf der Scheibe gedreht, Durchmesser 62 mm, Höhe 30 mm, Tülle und Bandhenkel sind angesetzt; die

¹⁾ Die Einführung in die einschlägige Literatur und viele wertvolle Hinweise verdanke ich Herrn Dr. Zahn (Kgl. Museen, Berlin), dem ich an dieser Stelle nochmals meinen aufrichtigsten Dank aussprechen möchte.

Lampe besteht aus grauem Ton, die ganze Länge beträgt 165 mm. Diese Form ist von langer Dauer gewesen, sie war im 2. vorchristlichen Jahrhundert aber auch noch im ersten nachchristlichen Jahrhundert im Gebrauch. Jedenfalls läßt das Zusammenvorkommen der drei beschriebenen Lampenformen in derselben Grube darauf schließen, daß der Betrieb länger als ein Jahrhundert gedauert hat. Die Lampen sind ein Geschenk des Bergingenieurs Synodinos.

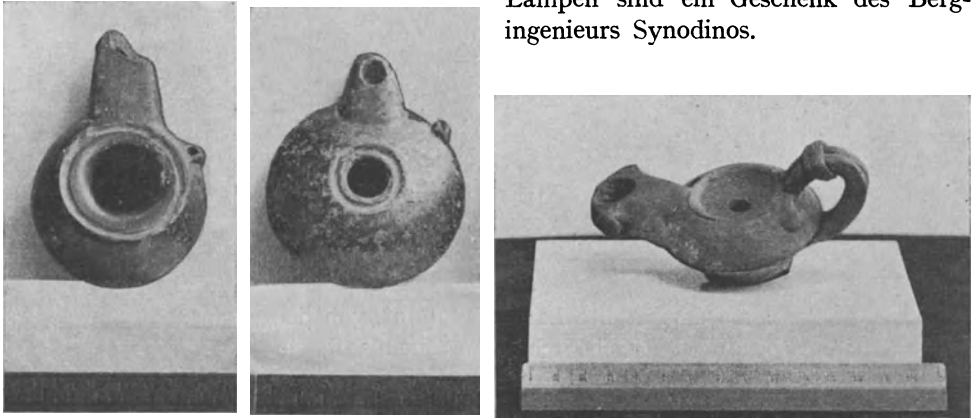


Abb. 21 bis 23. Lampen von der griechischen Insel Seriphos.

Eine ganz ähnliche Lampe stammt von der Grube Kastro auf der Insel Thasos.

Am Boden einer unscheinbaren, leider auch stark beschädigten Lampe von Laurium, die aus rotem Ton hergestellt und auf der Scheibe gedreht ist, findet sich das Pentagramm eingeritzt. Dieses Zeichen sollte wohl schon damals die bösen Geister der Tiefe von dem Träger der Lampe fernhalten.



Abb. 24. Lampe von der Grube Vulkoi b. Zalathna (Siebenbürgen).



Abb. 25. Lampe aus einer sardinischen Grube.



Abb. 26.

Die Lampe Abb. 24 stammt von der Grube Vulkoi bei Zalathna in Siebenbürgen. Sie besteht aus rötlichem Ton, die obere und die untere Hälfte sind jede für sich in einer Form hergestellt und dann zusammengefügt. Das ist, da an der Tülle ein Stück weggebrochen ist, gut festzustellen. Am Boden ist eine Marke vorhanden, die etwa VETTI zu lesen sein dürfte, ein Henkel ist nicht vorhanden, bemerkenswert ist die kleine Öffnung zwischen Einguß und Öffnung für den Docht,

die dazu gedient hat, den Docht etwa durch eine Nadel festzustellen. Diese Lampenform kommt auch in serbischen Gruben vor, sie gehört dem 2. und 1. vorchristlichen Jahrhundert an. Die Lampe ist verhältnismäßig klein, der Gefäßdurchmesser beträgt nur 57 mm, die ganze Länge etwa 82 mm.

Auch die Lampe, Abb. 25 und 26, ist aus einem Oberteil und einem Unterteil zusammengesetzt, ein kurzer Henkel ist aus der Form mit ausgedrückt, später ist, um das



Abb. 27. Lampe aus der Grube Descuido b. Cartagena.



Abb. 28. Lampe aus doppeltem Bleiblech aus Tunis.

Angreifen zu erleichtern, beiderseits eine Vertiefung ausgestochen. Auch hier findet sich das kleine Loch zur Feststellung des Dochtes. Das Gefäß hat 75 mm Durchmesser, die Höhe beträgt 32 mm, die ganze Länge der Lampe 115 mm. Die Lampe besteht aus gelblichem Ton, stammt aus Sardinien, die Form ist spätrömisch.

Die Lampe Abb. 27 stammt aus der Grube Descuido bei Cartagena, sie ist ein Geschenk des Bergingenieurs Hochschild; die Form ist spätrömisch und



Abb. 29.

Lampe aus der Grube Ortiguera, Prov. Asturias (Spanien).



Abb. 30.

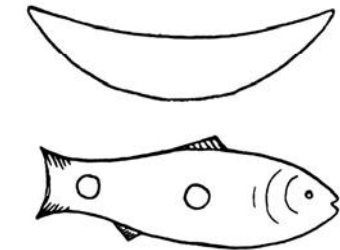


Abb. 31. Lampe aus den Gruben von Rio Tinto.

dann auch arabisch. Das Gefäß hat 82 mm Durchmesser, ist also verhältnismäßig groß, kennzeichnend ist die verhältnismäßig stark entwickelte Tülle und der hohe Einguß, an den sich der kräftige Henkel anlehnt. Die in der Sammlung befindlichen 3 Stücke sind sämtlich so stark zerfressen, daß sich nicht feststellen läßt, ob sie auf der Scheibe hergestellt sind. Die ganze Lampe ist etwa 140 mm lang.

Abb. 28 stellt eine der Form nach ähnliche, jedoch kleinere Lampe aus der Grube Gebel-Rsas in Tunis dar, die aus doppeltem Bleiblech besteht; leider ist der Einguß stark beschädigt. Die Lampe ist 90 mm lang, sie ist ein Geschenk des Geheimen Bergrats, Professor Dr. Beck in Freiberg.

Wegen der eigenartigen Verzierung sei noch eine Lampe (Abb. 29 und 30) erwähnt; sie ist in der Kupfergrube Ortiguera bei Mieres (Prov. Asturias) in Spanien gefunden worden. Der Ort ist nicht weit von der in dieser Arbeit mehrfach erwähnten Grube El Aramo entfernt. Die Lampe trägt auf der Unterseite eine undeutliche Marke.

Mit der Ausbreitung des Christentumes treten Lampen von römischem Typ, jedoch mit dem christlichen Kreuze geschmückt, auf. Besondere Erwähnung verdienen auch christliche Lampen in der Form des Fisches, Abb. 31, der bekanntlich den ersten Christen als Symbol diente, da die einzelnen Buchstaben des griechischen Wortes *ἰηθύς* zugleich die Anfangsbuchstaben der Worte sind „*Ἰησοῦς Χριστὸς Θεοῦ Υἱός, Σώτηρ*“ (Jesus Christus, Gottes Sohn, Erlöser). Eine solche Lampe aus den Gruben von Rio Tinto befindet sich in der Bergakademie zu Madrid.



Abb. 32. Lampe aus dem sächsischen Erzgebirge.



Abb. 33. Lampe aus den japanischen Kupfergruben zu Besshi.

Besondere Lampenformen.

Der Vollständigkeit und des Vergleichs halber sei hier noch eine neuere tönernerne Lampenform, Abb. 32, beschrieben, die lange Zeit hindurch, etwa im 17. und 18. Jahrhundert beim erzgebirgischen Bergbau Verwendung gefunden hat. Es ist ein kreisrunder Napf mit herausgebogener Tülle, der dadurch besonders ausgezeichnet ist, daß sich an der der Tülle gegenüberliegenden Seite eine Art Ohr befindet. Dieses dürfte zum Einstecken eines Holzpflockes zum Führen der Lampe gedient haben. Die drei in der Freiburger Sammlung vorhandenen Stücke sind unglasiert. Diese Form schließt sich eng an die weit verbreitete metallene sog. Froschlampe an. Wahrscheinlich durch sächsische Bergleute wurde diese Form auch nach Medzianka in Polen verpflanzt, woher ein recht mangelhaft ausgeführtes Stück unserer Sammlung stammt.

In den Kupfergruben zu Besshi in Japan waren Grubenlampen im Gebrauch, Abb. 33, die aus einem größeren Schneckengehäuse hergestellt sind. Die Öffnung des Gehäuses ist durch eine kleine Strohmatte verschlossen, die in der Mitte ein Loch für den Docht hat. Am Rande der Öffnung ist ein Kupferblech mittels Steinkitt befestigt, es soll durch die Abkühlung des Dochtes das weitere Fortschreiten der Flamme verlangsamen. Die Flamme brennt dadurch trüber und der Arbeiter wird daran gemahnt, den Docht weiter herauszuziehen. Die Windungen des Schneck-

kengehäuses sind fein durchbohrt, so daß beim Eingießen des Öles die Luft entweichen kann. Die Bohrung nimmt zugleich ein Holzstäbchen auf, das zum Putzen des Dochtes dient.

Beim Gold-Silberbergbau zu Sado waren nach Rollbildern zu urteilen flache Metallschalen als Lampen üblich, die an Eisenstäben etwa von der Länge des Unterarmes geführt wurden, mit denen sie gelenkig verbunden waren.

Eine in der Mandschurei beim dortigen Steinkohlenbergbau benutzte glasierte Tonlampe, die später auch im Abschnitt Förderung S. 174 erwähnt wird, ist in Abb. 34 wiedergegeben. Die Lampe ist kräftig aus Ton hergestellt, da wohl ein häufiges Anstoßen an die Treppenstufen und den Grubenausbau vorkommen dürfte. Die Tülle ist kurz, der Einguß hoch. Zum Verschluß des letzteren dient ein entkernter Maiskolben, in dem ein eiserner Putzhaken steckt. Zur Führung der Lampe dient ein verhältnismäßig langer Draht, da die Treppenstufen beleuchtet werden sollten; er ist am Einguß befestigt. Der Verschlußpfropfen ist an den Führungsdraht angekettet.

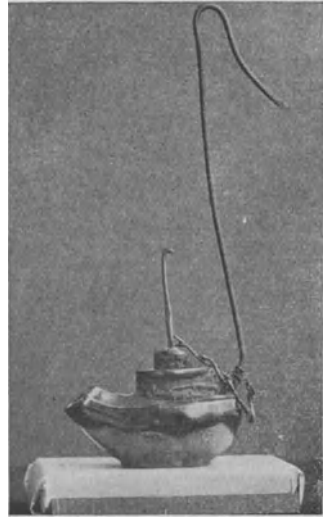


Abb. 34. Lampe vom Kohlenbergbau in der Mandschurei.

Fahrung und Förderung.

Für die Fahrung in den Gruben dürften die Alten nur recht spärliche Hilfsmittel verwendet haben. Es wurden in steiler angelegten Grubenbauen Treppen hergestellt; in den Schächten dienten die als Ausbau in etwa in 1 m Abstand eingebauten Hölzer zugleich zur Fahrung. Auch Einbäume wurden benutzt, schräg gestellte Holzstämme, in die rohe Stufen eingehauen wurden. In der Abb. 41 sind mehrere Einbäume gezeichnet. Für die Förderung war man bei der Unregelmäßigkeit der Baue wohl meistens auf das Tragen der Lasten angewiesen, wie das zum Teil auch heute noch z. B. in Süd- und Mittelamerika der Fall ist.

Als Gefäße werden häufig Ledersäcke (spanisch *capacho* genannt) benutzt, die nach Art der Tornister mit Schulterriemen versehen sind. Auch Körbe verschiedener Form kommen vor, die dann gewöhnlich auf der Schulter getragen werden.

Der in Abb. 35 wiedergegebene Korb stammt aus Mazarron im südlichen Spanien. Er ist aus dickem Geflecht von Espartogras, das auch jetzt noch in Spanien vielseitig verwendet wird, hergestellt und durch angeschnürte Holzrippen verstärkt. Letztere sind übrigens derart gekrümmt, daß sie auch den Boden unterfassen. Am



Abb. 35. Förderkorb von Mazarron in Spanien.

oberen Rande ist ein Holzgriff beiderseits angeschnürt. Der Korb ist verhältnismäßig klein, lichter Durchmesser 20 cm, lichte Höhe 17 cm, da das dort vorkommende Erz (Bleiglanz, sp. G. 7,5) sehr schwer ist. Auf derselben Grube wurde auch ein ähnlich gebauter, viel größerer Korb gefunden, der zur Schachtförderung diente, er ist 95 cm hoch und oben 65 cm breit.

Der leider inzwischen verstorbene Bergingenieur Leonhardt, der mehrere Jahre lang die Gruben in Mazarron leitete, schrieb mir von dort im Februar 1908: Ich habe auf unserer Grube Ceferina bei 210 m Tiefe in einem alten Schachte geradezu Unmengen von ziemlich großen Schachtkübeln und starken Seilen aus Esparto vorgefunden und ein paar, zwar zusammengedrückte, doch sonst noch ziemlich gut erhaltene retten können, von denen ich Ihnen ein Stück zusende.

Über die in Mazarron ebenfalls gefundenen Gefäße zum Wasserziehen vgl. S. 178.

Gelegentlich meiner Reise durch das südliche Spanien im Jahre 1905 habe ich auf den Gruben bei Cartagena noch große sackartige Schachtfördergefäße aus Espartogras in Gebrauch gesehen. Über das Alter der in Mazarron gefundenen Körbe lassen sich leider keine Angaben machen.

Auch trogartige Gefäße, die übrigens zum Tragen oder Schleppen über kurze Entfernungen auch zur Zeit noch benutzt werden, kommen schon in frühester Zeit vor. Eigenartig ist ein Holztrug, Abb. 36, von El Aramo, er besteht aus einem Bodenstück, an welchem mittels Holznägeln ein niedriger Rand befestigt ist, auch Reste eines Ledergriffes zum Schleppen befanden sich daran.

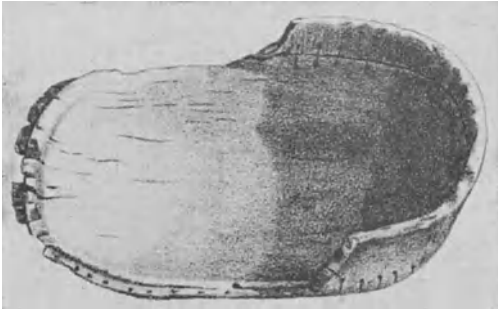


Abb. 36. Hölzerner Trug von El Aramo.

Besonders gut durchgebildet war in dieser Beziehung die tragende Förderung in den chinesischen Kohlengruben in der Mandschurei, Abb. 37. Die dortigen flachen Schächte sind mit Treppen zur Fahr- rung versehen. Der Arbeiter trägt an einer von vorn nach hinten über die Schulter gelegten hölzernen Trage, die an beiden Enden mit Einschnürungen und Verdickungen versehen ist, zwei aus Weiden geflochtene Körbe gefüllt mit Kohlen, einen kleineren vorn, einen größeren hinten. Beide sind kreisrund, der größere ist in halber Höhe mit einer Einschnürung versehen, so daß er sich gut an das Gesäß anlegt. In beiden Körben sind innen am Boden je drei starke Weiden eingeflochten, welche in Höhe des oberen Korbrandes mit einer Schnur zusammengeschnürt sind, die in einer Öse endet. Mit dieser wird der Korb an die Trage gehängt.

Der Arbeiter hat sein Oberkleid ausgezogen, zusammengefaltet und auf die Schulter gelegt, um den Druck der Trage zu mildern. Die rechte Hand hält hinter dem Kopf die Trage, die linke Hand stützt sich auf einen Krückstock und führt außerdem eine Lampe, die an einem hakenförmig umgebogenen Draht so befestigt ist, daß sie die Stufen gut beleuchtet (vgl. Abb. 34). Im Schachte sind in bestimmten Abständen Ruhestellen vorgesehen, an denen der Arbeiter die Last bequem absetzen kann. (Nach Mitteilungen des Ingenieurs Borissow.) Die Abbildung zeigt aber auch, daß durch Erweiterung des Schachtes und Verlegen eines Schienenstranges diese mühevollen Art der Förderung abgeschafft werden soll.

Erwähnenswert sind auch die Tragkörbe vom keltischen Salzbergbau zu Hallstatt. Es befinden sich zwei Stück im k. k. Hofmuseum zu Wien, Abb. 38. Sie sind 77 cm hoch, aus rohen, nicht enthaarten Rindsfellen hergestellt. Ein 164 cm langes, an den Enden 50 cm breites, in der Mitte etwas schmäleres Stück eines Rinds-



Abb. 37. Tragende Förderung in der Mandschurei.

felles ist, die Haare nach außen gewendet, der Länge nach zusammengelegt; die zwei offenen Längsseiten sind mit einem etwa 10 mm breiten Riemen durchflochten, so daß sich ein gegen oben erweiterter Sack bildet. Unterhalb des oberen Randes sind außen und innen zur Verstärkung zwei Fellstücke mittels Lederriemen aufgenäht. Auch ist am oberen Rande des Sackes das Leder 5 cm breit nach außen umgelegt und durch zwei eingeflochtene Riemen festgemacht. An den Längsnähten des Tragkorbes sind mittels Riemen zwei etwas gebogene, an mehreren Stellen zum Zweck der Befestigung durchlochte Rippen aus Eschenholz angeschnürt, die oben und unten etwas überstehen.

Zum Tragen des Korbes dient ein 6 cm breites, 120 cm langes Lederband, das unten in 10 cm Höhe durch den Sack gezogen und dann beiderseits um die hölzernen Rippen gewunden ist. Da



Abb. 38. Lederer Tragkorb von Hallstatt.

dieser Tragriemen, welcher über die Brust und die eine Schulter gelegt wurde, allein zum sicheren Tragen nicht genügte, so ist am oberen Teile des Korbes eine 39 cm lange Handhabe aus Tannenholz mit zwei Riemen befestigt; sie konnte über die eine Schulter genommen und der Korb daran im Gleichgewicht gehalten werden. Andererseits wurde aber durch Loslassen der Handhabe ein sofortiges Umkippen des Korbes und eine Entleerung nach rückwärts ermöglicht. Am oberen Teile des Korbes befindet sich außen eine aus Lederriemen geflochtene Schleife zum Aufhängen.

Die Wasserhebung.

Eine der wichtigsten Aufgaben der alten Bergleute war die Wasserhebung. Hierbei müssen wir uns vergegenwärtigen, daß die Anlage von Stollen — d. h. vom Talgehänge her mit möglichst geringem Ansteigen getriebene Baue zum Zweck der Wasserabführung — erst in verhältnismäßig später Zeit erfolgte. Bei der Unregelmäßigkeit der alten Grubenbaue spielte das Wasserschöpfen lange eine wichtige Rolle, die Wassergefäße gingen hierbei entweder von Hand zu Hand, oder sie wurden über größere Weglängen getragen.

Vom Mitterberger Bergbau besitzen wir sinnreich aus Holz hergestellte Gefäße für das Wasserschöpfen, Abb. 39. Das abgebildete Stück wurde nach in Mitterberg gefundenen Resten neu gefertigt. Die Gefäße sind zusammengesetzt aus einem elliptischen Bodenstück, in das eine vom Rande etwa 1 cm entfernte Rille geschnitten war. In diese wurde als Seitenwand ein mittels Weidenbast zusammengenähter breiter Holzspan — nach Art unserer Spanschachteln — eingesetzt. Dann wurden in Löchern des Holzbodens mittels Keilen zwei Holzstäbe befestigt, die oben durchbrochen waren, es wurde ein Querstab, der gleichzeitig als Griff diente, hindurchgesteckt und durch Keile niedergedrückt, so daß Boden und Seitenwand zusammengehalten wurden.

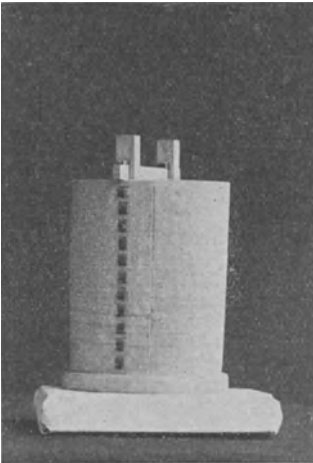


Abb. 39. Wasserschöpfgefäß von Mitterberg; neu hergestellt.

Der vom Kohlenbergbau in der Mandchurei stammende Korb wurde so benutzt, daß das Wasser von einer Reihe von Leuten von Wasserkasten zu Wasserkasten geschöpft wurde. Der Korb, Abb. 40, ist aus Weidenruten und Garn so dicht geflochten, daß er nach dem Einquellen das Wasser hält. Der obere Rand ist durch je einen innen und außen angeschnürten Reifen aus Pappelholz verstärkt. Der ebenfalls angeschnürte Griff ist aus Ulmenholz.

Auf Sumatra¹⁾ wurden im Jahre 1879 an mehreren Orten: Lebong - Simau, Lebong - Soelit und Rediang - Lebong alte Bergbaue auf Gold wieder aufgefunden. Lebong bedeutet in der Sprache der Eingeborenen „großes Loch“, wodurch ein Hinweis auf den früheren Grubenbetrieb gegeben war. Die Gruben sollen nach dortigen Überlieferungen vor 600 bis 800 Jahren bearbeitet worden sein. Der goldhaltige Quarz wurde in unregelmäßigen Bauen durch Feuersetzen gewonnen und auf zahlreichen Steinmühlen, die sich im Urwaldboden verstreut finden, ge-

¹⁾ Nach Mitteilungen des Ingenieurs Schlenzig, der die dortige Gegend bereiste.

mahlen und geschlämmt. Es sind Reibmühlen einfachster Form, die Unterlagssteine haben Vertiefungen von etwa 30 cm im Durchmesser und 15 cm Tiefe. In den Gruben fanden sich Schlagsteine in großer Zahl, Werkzeuge aus Metall fehlen gänzlich. Zum Wassertragen dürften in den Gruben, wie jetzt noch in der Gegend üblich, Abschnitte aus Bambus benutzt worden sein, die in Körbe, die aus Rotang (spanisches Rohr) geflochten sind, eingesetzt wurden. Das dort später im Großbetriebe gewonnene Gold enthält — ein mineralogisch seltener Fall — einige Prozente Selen.

Schon etwas regelmäßiger Baue erfordert das Wasserziehen, dabei konnte aber eine größere Höhe auf einmal überwunden werden. In einem senkrechten Schachte wurde eine hölzerne, kreisrunde Scheibe mit umlaufender Nut verlagert oder aufgehängt, über die Scheibe ein entsprechend langes Seil gelegt und an jedem Ende ein Wassergefäß befestigt. Die Länge des Seiles war so bemessen, daß das eine Gefäß in einen unten befindlichen Wasserkasten eintauchte und sich füllte, während das andere in den oberen Wasserkasten entleert wurde. Der

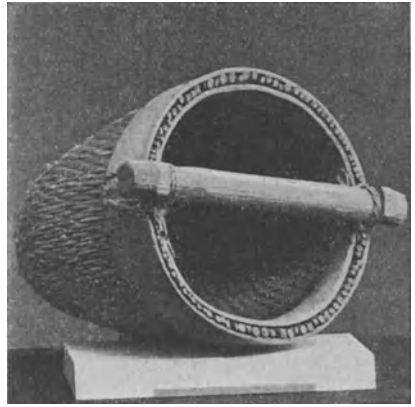


Abb. 40. Korb zum Wasserheben in der Mandchurei.

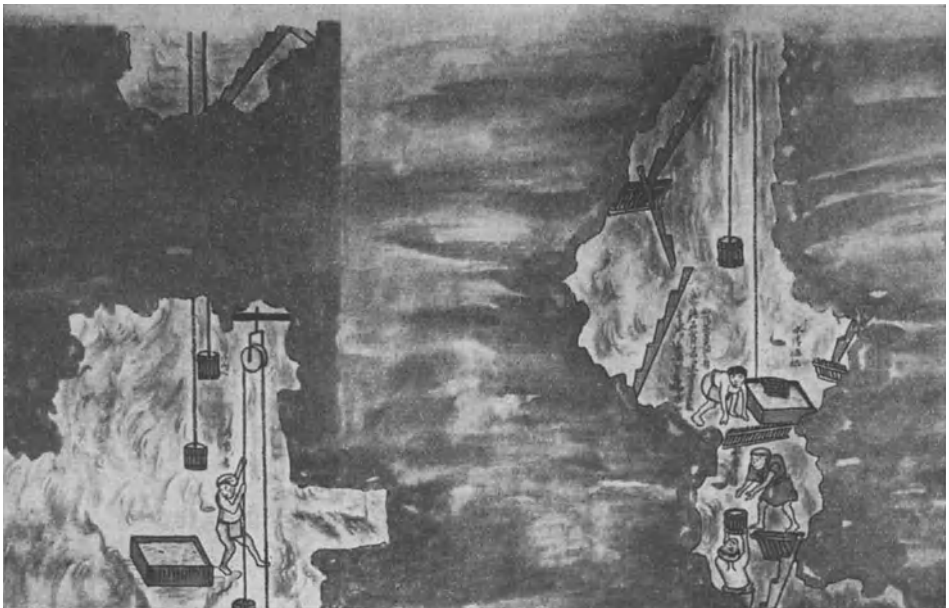


Abb. 41. Wasserziehen nach einem japanischen Rollbilde.

Arbeiter konnte sein Körpergewicht am Seile wirken lassen, um das gefüllte Gefäß zu heben. Abb. 41 zeigt eine solche Anlage nach einem japanischen Rollbilde. Das Original befindet sich im Kgl. Ethnographischen Museum in Berlin.

Die Freiburger Sammlung besitzt in Japan gefertigte Kopien solcher Rollbilder, die den bekannten Goldbergbau zu Sado darstellen; ihr Alter wurde von japanischen Gelehrten auf etwa 300 Jahre angegeben. Auch auf diesen ist das Wasserziehen in gleicher Weise dargestellt.

Die Gefäße, die zum Wasserziehen verwendet werden, sind zweckmäßig so hoch gebaut, daß sie beim Auftreffen auf das Wasser umkippen und sich dann von selbst mit Wasser füllen. Ein Gefäß von Mazarron, das die Freiburger Bergakademie besitzt (Abb. 42), zeichnet sich durch gefällige Form aus. Dem auf S. 173 über diese Gefäße Gesagten ist nur hinzuzufügen, daß dieses Gefäß unten spitz gehalten und daß das Strohgeflecht durch Tränken mit Teer wasserdicht gemacht ist. Der hölzerne Bügel ist an den Enden durchbrochen, über zwei der Verstärkungsrippen geschoben und mittels zweier hölzerner Stifte befestigt. Zwei weitere über dem Bügel durch die Rippen geschlagene Holzstifte geben eine weitere Sicherung. Die ganze Höhe des Gefäßes beträgt 55 cm, der Bügel hat 31 cm Länge.



Abb. 42. Gefäß zum Wasserziehen von Mazarron.



Abb. 43. Kupfernes Gefäß zum Wasserziehen von der Grube Posadas.

Übrigens ist die auf der rechten Seite ersichtliche Umschnürung der Rippen nur ein Notbehelf. Die eigentliche Befestigung ist an den beiden kürzeren ersichtlich, die Rippen sind durchbohrt und mittels Schnüren von Espartogras am Korbe befestigt.

Auf der Grube Posadas der Provinz Cordoba in Spanien wurden kupferne Gefäße (Abb. 43), die zum Wasserziehen dienten, gefunden; der Boden ist halbkugelförmig, zur Befestigung des Henkels sind zwei starke Ösen an dem Gefäß angeietet¹⁾. Die Freiburger Sammlung besitzt ein derartiges Stück, jedoch ohne Henkel und Ösen, die Nietlöcher sind vorhanden.

¹⁾ Sandars, Horace. The Linares Bas-Relief and Roman Mining Operations in Baetica. Westminster 1905.

Eine in Ostasien vielfach zur Bewässerung der Felder, aber auch zur Wasserhebung beim Bergbau übliche Vorkehrung, Abb. 44, — dort *Picotah* genannt — hat viel Ähnlichkeit mit unseren ländlichen Ziehbrunnen, bei denen ein Wassergefäß mittels einer langen Stange an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels befestigt, während an dem anderen Ende gewöhnlich ein Stein als Gegengewicht angeschnürt ist. Nur wird bei der *Picotah* das Heben und Senken des Wassergefäßes durch Verlegen des Körpergewichtes eines oder zweier Arbeiter auf dem Schwengel bewirkt. Ein Gerüst dient den Arbeitern zum Anhalten und zum Besteigen des Schwengels.

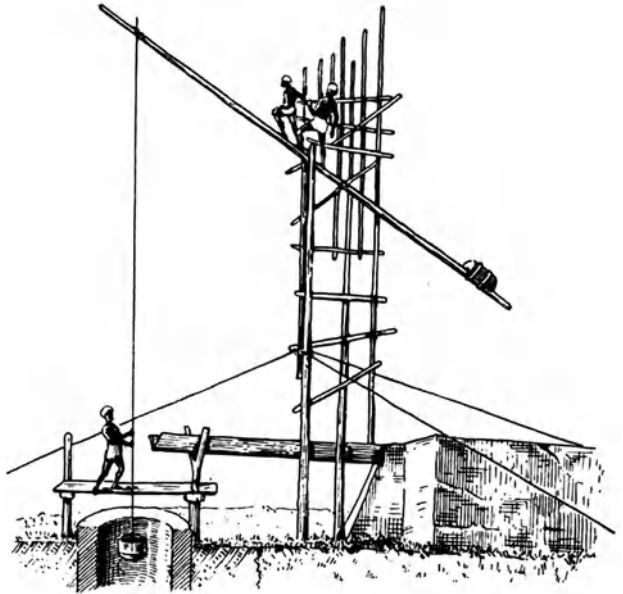


Abb. 44. Picotah-Wasserhebung in Ostasien.

Schöpfräder, Paternosterwerke und Scheibenkünste.

Daß den alten Kulturvölkern Schöpfräder und Paternosterwerke bekannt waren, an denen tönerner, an Stricken befestigte Gefäße zum Wasserheben dienten, ist hinreichend erwiesen. Reste solcher Einrichtungen finden sich auch in Gruben.¹⁾ Abb. 45 zeigt ein derartiges Tongefäß aus einer spanischen Grube in der Provinz Cordoba, es ist auf der Scheibe gedreht und zum Festschnüren mit zwei umlaufenden Rinnen versehen.

Den Becherwerken verwandt sind die Scheibenkünste. Ein Seil (oder eine Kette) ohne Ende ist wie beim Becherwerke oben und unten über senkrechte Führungsscheiben gelegt, in regelmäßigen Abständen sind daran Scheiben befestigt. Die obere Führungsscheibe wird gedreht und dadurch das Ganze angetrieben, der aufwärts gehende Teil des Seiles mit den Scheiben ist in einem Rohre geführt, gegen welches die Scheiben dicht abschließen. Ist die untere Führungsscheibe in einem Wasserkasten verlagert, in den auch das Rohr hineinreicht, so heben die Scheiben das Wasser durch das Rohr in die Höhe, oben fließt es durch einen Ausguß in einen zweiten Wasserkasten. Dabei fließt wegen der Undichtheit der Scheiben im Rohre ein Teil des Wassers zurück und die Wasserhebungshöhe ist eine begrenzte.

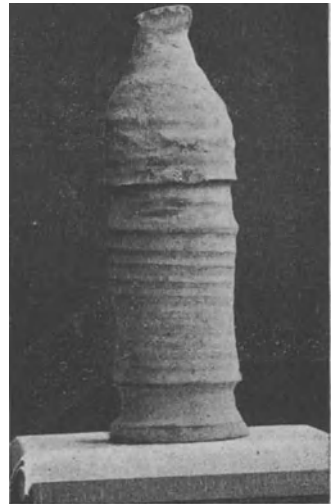


Abb. 45. Tongefäß von einem Paternosterwerk.

²⁾ Posepny, F. Zwei römische Schöpfräder aus den Gruben Verespatak in Siebenbürgen und S. Domingos in Portugal. Wien 1877.

Derartige Künste wurden beim Bergbau in Südchina zur Wasserhebung benutzt. Die Bergakademie Berlin besitzt von dort Modelle dieser Einrichtungen.

Übrigens haben sich diese Künste hier und da bis in die neuere Zeit erhalten. Von der Saline Reichenhall besitzt die Bergakademie ein Stück einer solchen Scheibenkunst (Geschenk der Kgl. Bayrischen Generalbergwerks- und Salinenadministration zu München), die von 1440 bis 1850 zum Heben von Sole in Betrieb war, ursprünglich mit Scheiben aus Leder, später mit solchen aus Messing an einer Kette.

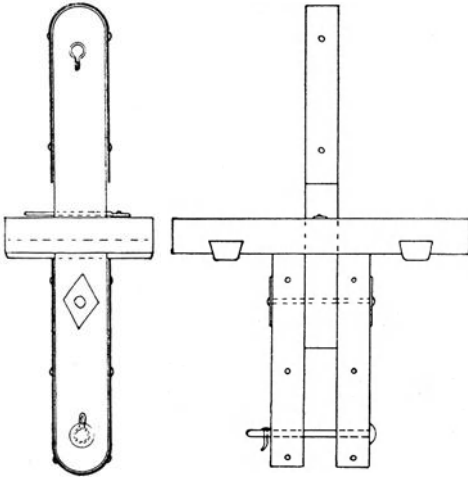


Abb. 46. Glied einer Scheibenkunst in Palmniken.

Auf den Bernsteingruben zu Palmniken im preußischen Samlande waren, solange die Bernsteinengewinnung aus offenen Gruben stattfand, etwa bis 1870 solche ganz aus Holz hergestellte Künste, dort Schnecken genannt, zur Wasserhebung in Betrieb. Abb. 46 zeigt ein Glied dieser Kunst, die Scheibe ist rechteckig, 21×12 cm, auch die Glieder der Stabkette sind aus Holz gefertigt. Die Löcher in dem Gliede, welche zur Aufnahme der eisernen Verbindungsbolzen dienen, sind durch Eiseneinlagen geschützt. Ich brachte das abgebildete Stück im Jahre 1895 von einem Besuche der dortigen, damals der Firma Stantien und Becker gehörigen Gruben mit.

Archimedische Schrauben.

Die schematisch in Abb. 47 dargestellte archimedische Schraube besteht aus einer Achse, um welche eine Schraubenfläche gelegt ist, die ihrerseits von einem Zylinder umgeben wird. Die Vorrichtung wird schräg verlagert, so daß das untere

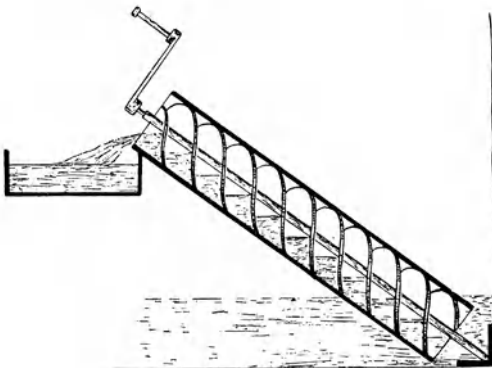


Abb. 47. Archimedische Schraube.

Ende in einen Wasserkasten eintaucht, während das obere Ende über einem Wasserkasten mündet. Versetzt man die Schraube mittels einer Kurbel in Umdrehung, so kann das in die Schraubengänge eintretende Wasser etwa einen Meter hoch gehoben werden.

Reste solcher Einrichtungen mit vielen Schrauben übereinander sind in spanischen Gruben, bei deren erneuter Inbetriebnahme mehrfach angetroffen worden, wie mir von sachverständiger Seite bei meiner Bereisung Südspaniens im Jahre 1905 mitgeteilt wurde. Ausführlich berichtete mir Ende des Jahres 1906 Herr Bergingenieur Pütz das Folgende: In einer Grube, welche heute den Namen Tres naciones (Die drei Nationen) führt, in der Nähe der Stadt Alcaracejos in der spanischen Provinz Cordoba fand man beim Vortreiben einer Strecke in etwa 40 m Tiefe eine alte noch gut er-

haltene Wasserhebungsanlage, bestehend aus archimedischen Schrauben. Sie waren ganz aus Holz sorgfältig hergestellt mit Ausnahme des roh aus Eisen gearbeiteten Fußlagers und der Kurbel. Die Schraubenflächen bestehen aus Brettstücken in der Form von Kreisausschnitten, die mittels hölzerner Nägel in dem umschließenden Zylinder befestigt sind.

Es kommen auch derartige Schrauben vor, bei denen die Schraube selbst aus Kupferblech hergestellt ist. In einer Grube zu Posadas, Provinz Cordoba, waren die Schrauben zum Antrieb durch Treten mittels Menschen eingerichtet, durch außen auf den Zylinder aufgenagelte Leisten und im Gestein befestigte eiserne Ringe zum Anhalten.

Auch auf japanischen Rollbildern finden sich solche Schrauben abgebildet. Einen Teil eines im Ethnographischen Museum zu Berlin befindlichen Rollbildes,

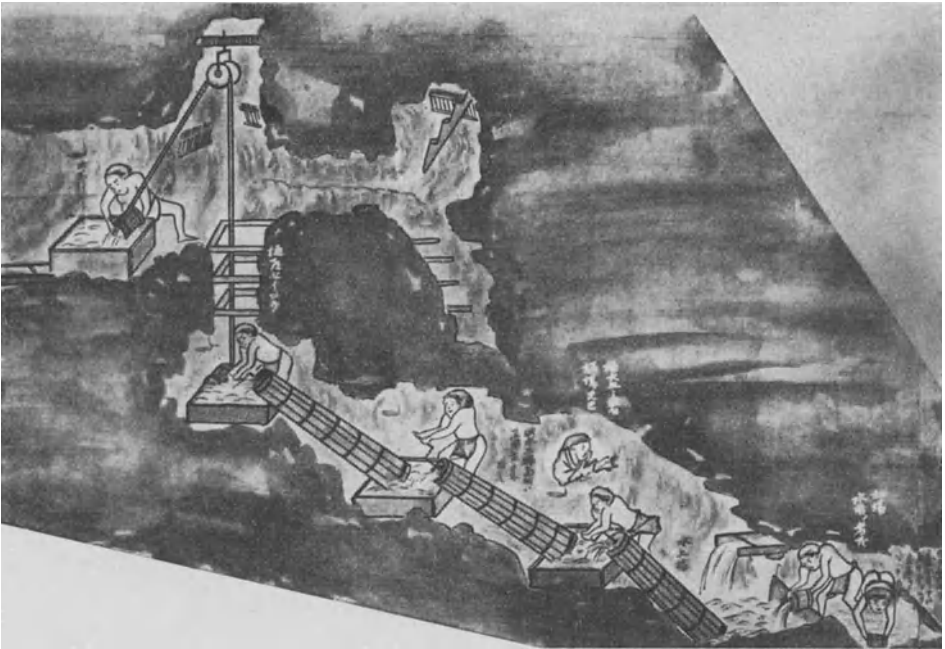


Abb. 48. Wasserhebung mittels archimedischer Schrauben und Wasserziehen.

welches die Goldgrube Sado darstellt, gibt Abb. 48 wieder. Das Wasser wird mittels Gefäßen in einen Wasserkasten geschöpft, dann mittels dreier archimedischer Schrauben von Wasserkasten zu Wasserkasten gehoben und weiter durch Wasserziehen mit der S. 177 beschriebenen Einrichtung bis auf eine obere Strecke befördert.

Kolbenpumpen.

Einen Nachweis, daß Kolbenpumpen in den ältesten Bergbauen der Mittelmeerlande in Verwendung gestanden haben, können wir zur Zeit nicht führen, jedoch wissen wir, daß schon im 2. vorchristlichen Jahrhundert den Römern gut durchgebildete Kolbenpumpen bekannt waren. Vitruvius (Lib. X, Kap. 7), ein Zeitgenosse Cäsars und des Kaisers Augustus berichtet von einer aus zwei Kolbenrohren und einem Windkessel bestehenden Saug- und Druckpumpe, deren Erfindung

er dem Ktesibios (um 140 v. Chr.) zuschreibt. Eine dieser Beschreibung entsprechende Pumpe aus Bronze ist in den Ruinen von Castrum novum (jetzt Marinello an der etruskischen Küste) gefunden worden¹⁾.

In Japan waren nach Netto²⁾ beim Bergbau einfache Saugpumpen in großer Zahl im Gebrauch, sie waren so bemessen, daß ein Mann sie eine Schicht lang bedienen konnte. Das hölzerne Kolbenrohr ist 3,5 m lang und hat etwa 12×12 cm lichte Weite. Als Fußventil dient ein Klappenventil, der Ventilkolben wird mittels Stroh oder Leder gedichtet, an der Kolbenstange ist oben ein Querstück (Krückel,

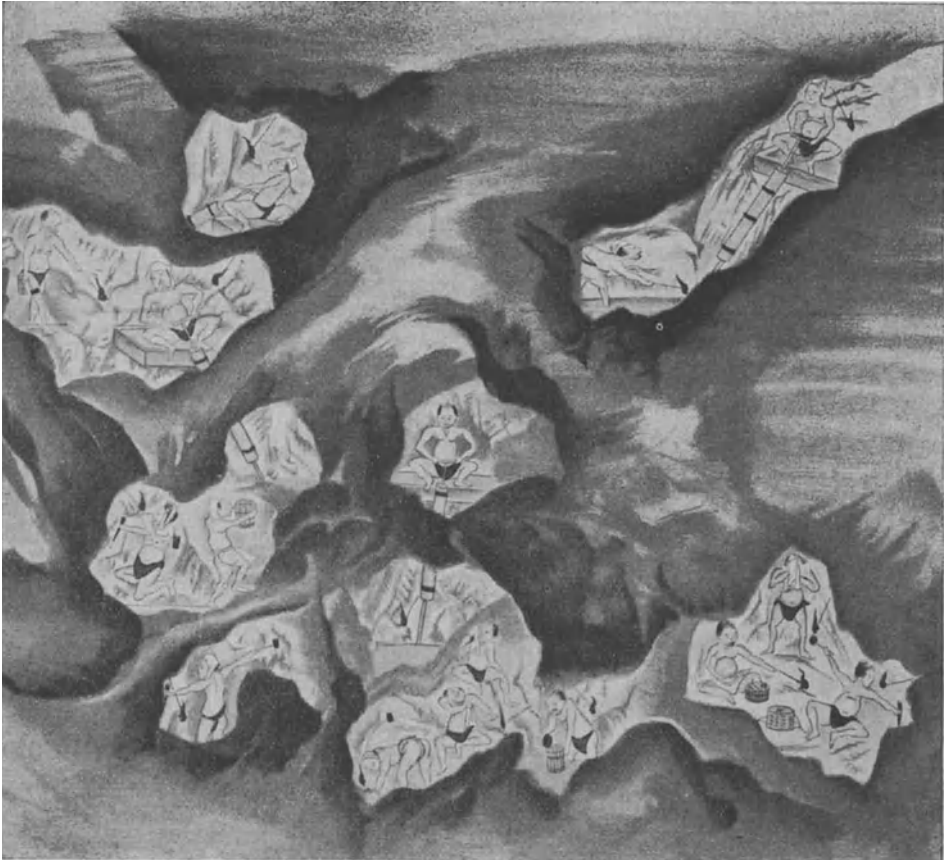


Abb. 49. Wasserhebung mit 4 Krückelpumpen übereinander.

daher Krückelpumpe) befestigt, an dem der Mann angreift und den Kolben auf- und abwärts bewegt. Der Kolbenweg beträgt etwa 0,9 m, mit jedem Hube werden etwa 9 l Wasser gehoben. Die Pumpen wurden in der Regel in flachen Schächten schräg gestellt, die senkrechte Hubhöhe jeder Pumpe betrug etwa 1,2—2,1 m.

Auf den Kupfergruben zu Beishi wurde das Wasser 222 m hoch mittels 130 übereinander eingebauter Pumpen gehoben, jede Pumpe hob also das Wasser 1,7 m.

¹⁾ Beck, Geschichte des Eisens. Bd. I, S. 578.

²⁾ Netto, C., Über japanisches Berg- und Hüttenwesen. Mit 5 Tafeln. Mitteilungen der deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Bd. II, S. 367, 1879.

Wie außerordentlich unzuverlässig diese Art der Wasserhebung war, geht am besten daraus hervor, daß beim Versagen auch nur einer Pumpe die ganze Wasserhebung stillgesetzt werden mußte.

Abb. 49 gibt einen Ausschnitt aus einem in der Bergakademie Freiberg befindlichen, japanischen Rollbilde; leider ist der Name des Bergortes nicht bekannt. Es sind in den unregelmäßigen Bauen 4 Krückelpumpen übereinander angeordnet, alle in der dort üblichen schrägen Stellung. In den Sumpf der am tiefsten stehenden Pumpe wird das Wasser mit Gefäßen geschöpft.

Endlich sei noch eine aus Bambus gefertigte chinesische Saugpumpe beschrieben, Abb. 50.

Die Saugpumpe, eigentlich das Saugventil der Pumpe, ist aus einem Bambusstück von 9 cm äußerem Durchmesser, etwa 8 mm Wandstärke und 40 cm Länge gefertigt. Die Querwand eines Knotens ist in sehr geschickter Weise benutzt, um mit den einfachsten Mitteln ein Saugventil, bestehend aus einer Lederklappe, einzubauen. Die Querwand ist zum Teil entfernt und mittels zweier durchgesteckter und zweier von den Seiten eingeschobener Bambusstäbchen (vgl. den Querschnitt) der Ventil Sitz gebildet. Die kreisrunde Lederklappe hat zur Befestigung einen seitlichen Lappen (vgl. den Längsschnitt), eine durch diesen hindurch gezogene Schnur ist durch zwei Pflöckchen aus Bambus befestigt. Zur Verstärkung ist ein eiserner Ring *r* aufgeschoben, nachdem ein Teil der Wandstärke des Bambus entfernt worden war. Unten sind zwei längliche Einschnitte hergestellt und die verbleibenden Enden zusammengebogen worden, vermutlich, um das Einführen in das Bohrloch zu erleichtern. Das obere Ende ist zum Einschnäuzen in das entsprechend weitere Kolbenrohr folgendermaßen vorgerichtet: Zunächst ist von der Wandstärke etwa $\frac{1}{3}$ äußerlich entfernt, dann sind an 4 Stellen keilige Späne herausgeschnitten, so daß die verbleibenden Teile zu einem konischen, 19 cm langen Rohr zusammengedrückt werden können. Der zugehörige Kolben ist in der Sammlung nicht vorhanden, er dürfte entsprechend gebaut sein. Derartige Pumpen waren im Jahre 1905 im südwestlichen China noch im Gebrauch, um Salzsole aus Bohrlöchern zu heben.

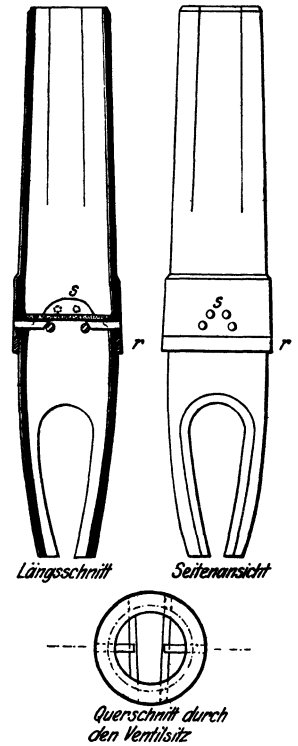


Abb. 50. Chinesische Saugpumpe aus Bambus.

Die Wetterversorgung.

Die Erneuerung der Luft dürfte den alten Bergleuten, sobald die Grubenbaue größere Ausdehnung erlangten, besondere Schwierigkeiten bereitet haben, namentlich da die Baue häufig unregelmäßig, vielfach gekrümmt und mit wechselndem Querschnitt geführt wurden. Die Luft muß recht oft schlecht gewesen sein, denn wir wissen durch Vitruv, daß es den Alten bekannt war, daß eine brennende Lampe durch ihr Verlöschen das Fehlen atembare Luft anzeigt, auch dürfte bei der häufigen Anwendung des Feuerstetzens bald die Erfahrung gemacht worden sein, daß sich durch das Brennen des Holzes zwar zunächst die Luft erheblich verschlechtert, daß aber infolge der erzeugten Wärme der Luftwechsel befördert wird. Auch die Herbeiführung des Luftwechsels dadurch, daß zwei Ausgänge der Grubenbaue bis

zur Oberfläche hergestellt wurden, war den Alten bekannt. Ferner finden sich in manchen Schächten zu Laurium Spuren des Einbaues eines Wetterscheiders, d. h. einer trennenden Wand, die von der Tagesoberfläche bis nahe dem tiefsten Punkte des Schachtes reichte¹⁾. In einzelnen Schächten sind nämlich zwei gegenüberliegende schmale Rinnen im Gestein vorhanden, in die man bequem Bretter einsetzen konnte, um einen Wetterscheider zu bilden. Beim Bergbau der alten Ägypter auf der Sinaihalbinsel sind auch besondere Luftschächte vorgefunden worden. Dagegen hat bis jetzt der Nachweis noch nicht erbracht werden können, daß in den ältesten Bergbauen das heute angewendete einfache Mittel, nämlich Lutten — das sind aus Brettern hergestellte Rohre von quadratischem Querschnitt — zur Beförderung des Wetterwechsels angewendet worden wären.

In Hallstatt sind zusammengebundene Büschel von Zweigen gefunden worden; dadurch, daß mit diesen gewedelt wurde, konnte eine, wenn auch geringe Luftbewegung erreicht werden, ein einfaches Mittel, das auch heute noch zum Teil unter Benutzung von Tüchern angewendet wird.

Verschiedenartige Funde.

Die Technik der ältesten Bergbaubetriebe dürfte im vorstehenden in allen wesentlichen Punkten erschöpft sein. Es werden aber in alten Gruben und in deren Nähe noch mancherlei Funde gemacht, die mit der Technik wenig oder gar nichts zu tun haben, trotzdem aber dazu dienen können, das Alter des Bergbaues festzulegen.

In den Gruben von Laurium, El Aramo, Hallstatt, Chuquicamata, in der Nähe der Stadt Konia in Kleinasien²⁾ und in Feuersteingruben im heutigen Belgien³⁾ wurden Reste verunglückter Bergleute gefunden. Der Archäologe wird unter Umständen in der Lage sein, namentlich aus den Schädeln, die Rassenzugehörigkeit der alten Bergleute zu bestimmen. In Laurium fand man ein Skelett noch mit der Sklavenkette an den Füßen, ein Beweis, daß der Bergbau nicht durch freie Arbeiter sondern durch Sklaven betrieben wurde. Die Freiburger Sammlung besitzt ein Stück einer solchen eisernen Kette. In dem einen Ringe stecken noch Bruchstücke der Beinknochen.

Bei Konia fand man bei der Wiederaufnahme einer alten Quecksilbergrube in einer Weitung etwa 50 menschliche Skelette neben Lampen aus Ton und Werkzeugen aus Stein. Durch Einsturz des Einganges der Grubenbaue dürften die Bergleute seinerzeit eingeschlossen und dem Hungertode verfallen sein.

Kurz sei auch auf die berühmten Gräberfunde zu Hallstatt hingewiesen, die den im Laufe der Jahre freigelegten etwa 1000 Gräbern entstammen. Die dort gefundenen Waffen, Geräte und Schmucksachen aus Bronze und Eisen, Bronze- und Tongefäße geben uns ein reich belebtes Bild der damaligen Kultur. Beigaben aus Gold und Bernstein lassen auf die durch den Salzhandel weit ausgedehnten Beziehungen der Hallstattleute schließen. Besonders bemerkenswert sind die Bronzebleche zum Schmuck von Gürteln und Bronzegefäße in getriebener Arbeit. Die hierdurch gekennzeichnete Entwicklungsstufe wird allgemein als Hallstattzeit bezeichnet.

¹⁾ Ardaillon, S. 50.

²⁾ Skarpless, Mercury mines at Koniah, Asia minor. The Engineering and Mining Journal, 1908, S. 601.

³⁾ Schulz-Briesen, Mitteilungen über prähistorische Bergbaubetriebe in Europa. Essener Glückauf 1914, S. 1207.

Die alten Bergleute sind sicher nicht wohlhabend gewesen, trotzdem finden sich zuweilen Münzen bei der Untersuchung alter Grubenbaue. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß das Alter der betreffenden Grubenbaue ungefähr der Zeit entspricht, zu der diese Münzen in Umlauf waren.

Auch Gefäße — wohl meistens Trinkgefäße — finden sich in alten Grubenbauen. Nach dem Material, der Form und im besonderen den etwaigen Verzierungen wird der Archäologe in der Lage sein, das Alter dieser Gefäße zu bestimmen. Die Freiburger Sammlung besitzt ein Bronzegefäß aus den Gruben von Laurium, die einfache Verzierung durch umlaufende Linien am Halse und am Gefäßkörper ist kaum noch kenntlich, es ist stark beschädigt und durch Eingießen von Blei wieder ausgebessert worden. Auf der Abb. 49, welche den altjapanischen Bergbau darstellt, findet sich rechts unten in der Gruppe der drei Bergleute neben dem durch die Traggurte gekennzeichneten Förderkorbe auch ein Trinkgeschirr, ein aus Dauben und Reifen zusammengesetztes Fäßchen mit einem Einguß. Der Umstand, daß die Bergleute sich mehrfach den Schweiß abwischen, läßt auf große Wärme in den Grubenbauen schließen.

Endlich möge noch erwähnt werden, daß in den alten Kupfergruben von Aljustrel in Portugal im Jahre 1876¹⁾ und dann wieder im Jahre 1906²⁾ je eine Bronzetafel von etwa $\frac{3}{4}$ m Länge und $\frac{1}{2}$ m Breite gefunden worden ist, welche vom Kaiser Hadrian erlassene ausführliche Bestimmungen über den Betrieb der Gruben und die sonstigen Einrichtungen des dortigen Bezirkes (Vipasca) enthalten. Leider fehlen zur Vervollständigung noch andere Tafeln.

Berühmte alte Bergbaue.

Zum Schluß seien noch einige berühmte alte Bergbaue geschildert, wir vervollständigen hierdurch das bisher gegebene Bild. Im besonderen die Forschungen auf der Sinaihalbinsel und in Hallstatt haben unsere Kenntnis der ältesten Kulturentwicklung ganz wesentlich gefördert.

Der altägyptische Bergbau auf der Sinaihalbinsel.

Eingehend unterrichtet sind wir über die Bergbauunternehmungen der alten Ägypter auf der Sinaihalbinsel, die bis um 5300 v. Chr. zurückreichen und bis 1100 v. Chr. fortgesetzt wurden. Es wurde Bergbau auf Türkise, diesen schon im alten Reiche hochgeschätzten Edelstein, und auf Kupfer getrieben. Das trockene Klima der Sinaihalbinsel hat die ältesten, in Felsenbildern und Inschriften in Stein niedergelegten Zeugen bergbaulicher Tätigkeit bis auf unsere Zeit erhalten. Diese Denkmäler sind namentlich in den Tälern Maghareh und Serabit erforscht worden; in dem zuletzt genannten Tale finden sich auch die Reste einer ausgedehnten Tempelanlage, deren Quadern und Säulen mit Hieroglyphen bedeckt sind, die auf die Bergbauunternehmungen Bezug haben. Besondere Gedenktafeln enthalten die Einzelheiten über die verschiedenen Unternehmungen. Zwar ist keine derselben vollständig erhalten, sie ergänzen sich aber derart gegenseitig, daß wir uns ein gutes Bild über die bergbauliche Tätigkeit und die bis ins einzelne gehende Gliederung dieser Unternehmungen machen können.

Die älteste Darstellung, welche wir den Bergleuten des Sinai verdanken, ist zugleich das älteste uns erhalten gebliebene ägyptische Kunstwerk überhaupt,

¹⁾ Zeitschrift für Bergrecht, 19. Jahrgang, S. 207.

²⁾ Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1907, S. 39.

es ist die Szene der Besiegung des Beduinenhäuptlings durch den Herrscher Semerkhet (auch Mersekha genannt).

Leider haben im Tale Maghareh etwa 3 Jahre vor der Forschungsreise Flinders Petries¹⁾ englische Ingenieure nach Türkisen suchen lassen und dabei eine ganze Anzahl alter Felsenzeichnungen zerstört oder mutwillig beschädigt. Die folgenden Worte Flinders Petries (S. 47) dürften gerade in unserer Zeit beachtlich sein. „Die Goten, welche die Denkmäler Roms schonten und schützten, waren gebildet im Vergleich zu diesen Engländern bei ihrer Jagd nach Dividenden.“ Auch die Beduinen haben wohl in den seit der Auffassung des Bergbaues durch die Ägypter verfloßenen 3000 Jahren in den alten Bauen noch Nachlese gehalten, es ist aber glücklicherweise doch noch vieles im ursprünglichen Zustande erhalten geblieben.

Die in den dortigen Sandsteinen an vielen Stellen vorgefundenen bergmännischen Arbeiten sind teils Weitungsbaue von erheblichen Abmessungen, teils verhältnismäßig enge Streckenbetriebe. Bei größerer Ausdehnung dieser letzteren sind auch Luftschächte vorhanden. Als Werkzeuge dienten neben schweren Steinhämmern, Klopsteinen, Meißeln und Keilen aus Stein auch vereinzelt Kupfermeißel, außerdem eine große Zahl zierlicher Bohrer und Schaber aus Feuerstein. Letztere wurden wohl benutzt, um die wertvollen Türkise unversehrt aus dem umgebenden Gestein herauszuarbeiten. Reste von Arbeiterhütten waren mehrfach vorhanden, in denen noch Tongefäße mannigfacher Art vorgefunden wurden, welche die Arbeiter wohl als nicht besonders wertvoll und bei der Beförderung leicht zerbrechlich bis zur nächsten Unternehmung zurückgelassen hatten. Große Schlackenmassen in der Küstenebene am Ausgange der Täler sind ein Beweis dafür, daß die Kupfererze dort verschmolzen wurden.

Besonders bemerkenswert ist die bis ins einzelne durchgeführte Organisation dieser Unternehmungen, an denen bis zu 8000 Personen und 500 Reit- und Lastesel (die Reittiere für die höheren Beamten) teilnahmen.

Das Klima der Sinaihalbinsel war vor 7000 Jahren das gleiche wie heute. Ein Arbeiten in den engen Tälern der Fels- und Steinwüste war nur in der Zeit nach den großen Überschwemmungen des Nils, etwa Ende Dezember bis Ende März möglich, später wird die Hitze unerträglich.

Alle Lebensmittel, einschließlich des Wassers und alle Geräte mußten beständig über das Rote Meer oder von der Gegend von Suez her durch die Wüste bis zu den Arbeitsplätzen nachgeführt werden. Unter einem zahlreichen Stabe von oberen Beamten, an deren Spitze der Siegelbewahrer als Vertreter des Herrschers stand, waren daher außer den Bergleuten zahlreiche Schiffer- und Eseltreiber dem Unternehmen zugeteilt, dazu kamen noch Offiziere und Soldaten zum Schutz gegen etwaige Angriffe der Beduinen. Unter den Beamten sind die Verwalter der Vorräte, die Schreiber und die Dolmetscher zu nennen. Die regierende Kaste der Ägypter, der die oberen Beamten angehörten, verstand die Sprache der Arbeiter nicht. Auch Bäcker und Köche werden erwähnt. Die bergmännischen Beamten waren die Prospektoren, die wir Schürfer nennen könnten, sie wählten die Stellen aus, an denen gearbeitet werden sollte, andere Beamte sammelten die gefundenen Mineralien, auch Kontrollbeamte werden genannt. Die Bergleute zerfielen in die Aufseher, die Vorarbeiter und die Arbeiter, auch Kupferschmelzer und ein Kupferschmied sind in den Listen verzeichnet. Aus alledem geht hervor, daß eine vorzügliche

¹⁾ Flinders Petrie, *Researches in Sinai*. London 1906.

Arbeitsteilung bei diesen Unternehmungen herrschte, durch welche sicher eine hohe Leistung erzielt wurde.

El Aramo in Asturien.

Auch die Untersuchung des erst im Jahre 1888 wieder entdeckten vorgeschichtlichen Bergbaues auf dem Bergzuge El Aramo hat ergeben, daß es sich um einen sehr alten Bergbaubetrieb handelt¹⁾. Es kommen dort Kupfer- und Kobalterze auf Gängen im Kalkstein vor, deren Mächtigkeit zwischen 30 cm und 2 m schwankt. Trotzdem das Feuersetzen angewendet wurde, sind doch die Baue zum Teil so eng, daß infolge des häufigen Durchkriechens der Arbeiter die Stöße an einzelnen Stellen wie poliert erscheinen. Es wurden in den Bauen nur Steinwerkzeuge, und zwar Klopffsteine, Hämmer bis zu 9½ kg Gewicht, Keile und Reibsteine gefunden, ferner eine Anzahl Stücke von Hirschgeweihen, welche wohl als Hauen zur Arbeit in dem lettigen Ausschram der Gänge dienten (vgl. S. 163). Von Metall ist keine Spur angetroffen worden. Außer den bekannten Leuchstäben kommen auch eine Art Fackeln vor, bestehend aus Zweigen von harzigem Holz, welche mit eingefetteten Fellstreifen umwickelt waren. Ein eigenartiger Trog von Holz wurde bereits auf S. 174 beschrieben.

Die Anlage der Grubenbaue ist erwähnenswert²⁾. Im allgemeinen wurden zwar die Erzgänge in flach einfallender Richtung verfolgt, die Eingänge bestehen aber aus senkrechten Schächten von mehreren Metern Tiefe, welche im Nebengestein bis auf die Lagerstätte niedergebracht sind. Da eine größere Zahl menschlicher Skelette in den Grubenbauen gefunden wurden, so liegt die Annahme nahe, daß die Grubenarbeiter Sklaven waren, deren Entweichen verhindert werden sollte. Vielleicht entflohen bei einem feindlichen Einfall die Aufseher unbekümmert um die dem Verhungern preisgegebenen Bergleute.

In den benachbarten Tälern sind große Mengen Schlacken, auch Schmelztiegel mit noch anhaftenden Spuren von Metall gefunden worden.

Manche Anzeichen sprechen übrigens dafür, daß die Gruben außer im Beginn der Metallzeit noch ein zweites Mal, etwa von den Römern bearbeitet worden sind.

Von den Wiederentdeckern der Gruben wurden die Eingänge, welche sorgfältig verschlossen waren, im Jahre 1888 nur durch Zufall aufgefunden (vgl. S. 155).

Der Bergbau zu Laurium bei Athen.³⁾

Der Bergbau zu Laurium darf uns als Maßstab dienen für den entwickelten Bergbaubetrieb der alten Kulturvölker überhaupt, denn in dem langen Zeitraume von 500 bis 100 v. Chr. kamen die Griechen in Beziehungen zu allen führenden Nationen dieses Zeitabschnittes, den Mazedoniern, Persern, Römern, Phöniziern, Karthagern und Ägyptern. Sie werden von diesen sicher ihre Erfahrungen im Bergbaubetriebe nach und nach entlehnt und nach Laurium verpflanzt haben.

¹⁾ Dory, Alfonso, Las antiguas minas de cobre y cobalto del Aramo. Revista minera, metalurgica y de ingenieria. Madrid 1893, S. 333.

²⁾ Mitteilung des derzeitigen Geh.-Rates im Kgl. Sächs. Finanz-Ministerium H. Fischer, der die Gruben untersucht hat, dem die Freiburger Bergakademie auch eine reiche Sammlung dortiger Fundstücke verdankt.

³⁾ Cordella, A., Le Laurium, Marseille 1869. Ardaillon, A., Les mines du Laurium dans l'antiquité. Bibliothèque des Ecoles françaises d'Athènes et de Rome. 67. Heft. Paris 1897. Binder, Dr. I. I., Laurion. Die attischen Bergwerke im Altertume. Jahresbericht der k. k. Oberrealschule in Laibach, 1895. Ernst, C. v. Über den Bergbau im Laurion. Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch der k. k. Bergakademien 1902, S. 447 bis 501, mit 8 Abb.

Seit 1865 werden zu Laurium nicht nur silberhaltige Bleierze, sondern auch Eisenerze und Zinkerze in großen Mengen gewonnen, die letzteren wurden von den alten Bergleuten größtenteils unbeachtet gelassen.

Nachdem bereits seit dem Jahre 1850 die alten Bleischlacken von Carthagera und in der Sierra Morena in Spanien und einige Jahre später die Schlackenmassen der Umgegend von Iglesias auf Sardinien mit großem Nutzen einer erneuten Schmelzung unterzogen worden waren, wurde um das Jahr 1863 auch die Aufmerksamkeit auf die Schlackenhalde des Laurium gelenkt. Im Jahre 1864 wurde zu Ergastiria an der Ostküste von Laurium die erste Schlackenschmelzhütte gebaut, und im Jahre 1865 das erste Blei erschmolzen. Während zuerst nur die alten Bleischlacken (Skoria) beachtet wurden, lenkten sehr bald auch die in großen Mengen aufgestürzten armen Erze (E kvoladen), die Rückstände der alten Erzwäschen (Plyniten) und der alte Bergbaubetrieb selbst die Aufmerksamkeit auf sich. Allmählich wurden durch den neuen Grubenbetrieb immer mehr und mehr die Arbeiten der Alten freigelegt. Es sind uns viele Tagebaue und Stollen, ferner mehr als 2000 Schächte der Alten bekannt geworden; in den Bauen wurden zahlreiche eiserne Gezähe, Spitzhämmer, Meißel, Brechstangen, ferner tönerner und bleierne Grubenlampen gefunden.

Zwar sind uns die Schriften des Theophrast, des Straton von Lampsakos und eines gewissen Philo, welche über Bergbau und Hüttenbetrieb handelten, nicht erhalten geblieben, trotzdem können wir uns aus den aufgefundenen Resten und aus gelegentlichen Bemerkungen bei einzelnen Schriftstellern über den Betrieb der Gruben, der Erzwäschen und der Blei- und Silberhütten der Athener zur Zeit der Blüte Griechenlands ein recht gutes Bild machen.

Danach wissen wir, daß der Bergbaubetrieb zu Laurium in der Mitte des 5. Jahrhunderts bereits im vollen Gange war und mit wechselndem Glücke durch etwa 5 Jahrhunderte, zuletzt unter römischer Herrschaft betrieben wurde, bis im Jahre 102 v. Chr. durch einen Aufstand der beim Bergbau beschäftigten Sklaven (vgl. auch S. 184) das Ende des einst so berühmten Bergbaues herbeigeführt oder doch beschleunigt wurde. Alte Baue sind bis zu Tiefen von 120 m aufgefunden worden, dem tieferen Eindringen scheint durch das Auftreten von viel Grubenwasser ein Ziel gesetzt worden zu sein.

Mitterberg im Salzburgischen.

Der alte Bergbau zu Mitterberg wurde erst im Jahre 1827 wieder aufgefunden. Schlackenhalde und ausgedehnte Bingenzüge auf der weltentlegenen Alpe gaben Veranlassung zu Schürfversuchen, die zur Bloßlegung der alten Baue und zur Wiederbelebung des Bergbaues führten.

Die Wiederentdeckung dieses und des weiter westlich gelegenen Kupferbergbaues auf der Kelchalpe bei Kitzbühel in Tirol zeigt uns, daß die in den Pfahlbauten der oberösterreichischen Seen, z. B. am Mondsee, und auch die in den alten Salzbergbauen zu Hallstatt und Hallein aufgefundenen Werkzeuge aus Kupfer recht wohl einheimischen Ursprungs gewesen sein können, während man früher der Annahme zuneigte, daß dieses Kupfer aus Italien eingeführt wurde. Übrigens ist das Kupfer von Mitterberg etwas nickelhaltig.

Die Mitterberger Grubenbaue sind von M u ch genau untersucht und beschrieben worden, auch habe ich Gelegenheit gehabt, im Jahre 1901 unter seiner liebenswürdigen Führung seine reichen Sammlungen in Wien zu studieren. Außerdem habe

ich die der Mitterberger Kupfergewerkschaft gehörige vorgeschichtliche Sammlung zu Mühlbach besichtigt und den Mitterberger Bergbau selbst in Begleitung des langjährigen Betriebsleiters, des Bergverwalters Pirchl sen. kennengelernt.

Die Bingenzüge und die in der Nähe gelegenen Ausschlageplätze folgen über mehr als 1000 m Länge dem Ausstriche des Josephi-Hauptganges; auch auf dem parallel verlaufenden Mariengänge sind einige Bingen vorhanden. Durch den neuen Betrieb ist nachgewiesen worden, daß die Alten — wahrscheinlich wie in Hallstatt die Kelten — von Tage aus flach diagonal mit Feuer setzen in die Tiefe vordrangen; zum Teil haftet der Ruß noch heute an dem rot gebrannten Gestein. Die Tiefe der alten Baue unter Tage beträgt im Mittel 70 bis 80 m, an einzelnen Stellen aber auch 100 m. Es sind einige sehr große Weitungen noch offen angetroffen worden, eine war 3 bis 5 m weit und erstreckte sich etwa 25 m im Streichen und 30 m im Fallen des Ganges. Der Festigkeit des Nebengesteins und dem Umstande, daß die Baue mit Wasser gefüllt waren, ist es zu danken, daß die Räume offen blieben und daß sich auch Geräte aus Holz verhältnismäßig gut erhalten haben.

Über den sorgfältigen Verschuß eines der alten Mundlöcher durch die alten Bergleute, das im Jahre 1865 freigelegt wurde, vgl. S. 155.

Auf den Ausschlageplätzen fanden sich die bekannten Klopffsteine nebst den zugehörigen Unterlagsteinen, Hämmer aus Stein mit umlaufenden Rinnen zur Befestigung des Stieles, ferner Reibsteine zum Mahlen des Erzes. Zu diesen Steinwerkzeugen diente vorwiegend die dortige Grauwacke, es wurden aber auch Geschiebe verwendet, die aus den Glazial- und Flußschottern der Umgegend stammen dürften.

In den Bauen wurden die auf S. 167 beschriebenen Pickel gefunden, ferner Lappenbeile und Schlegel aus Bronze. Das durch Feuer setzen gelockerte Gestein wurde mit diesen Werkzeugen gelöst. Denselben Zwecke dienten 10 cm breite Keile und Zulagen aus Buchenholz, einige derselben steckten noch in Klüften des Gesteins.

Stollen zur Wasserabführung haben die alten Mitterberger Bergleute nicht gekannt, sie schöpften das Wasser mittels hölzerner Wassereimer, von denen eine große Anzahl Reste, namentlich Bodenstücke, erhalten geblieben sind (vgl. S. 176). Die Förderung der Erze dürfte hauptsächlich tragend erfolgt sein.

Zur Fahrung dienten an einigen Stellen rohe Steigbäume. Überall finden sich in dem Schlamm, der sich an der Sohle der alten Baue angesammelt hat, Reste von Leuchtspänen und verkohltes Holz vom Feuer setzen. Auch die Hälfte eines schweren, aus Holz geschnitzten Hängesachsen (Sichertrog) von 90 cm Länge und 40 cm Breite, der zum Waschen von fein geriebenem Erz diente, ist gefunden worden.

Die Röststätten und Schmelzplätze finden sich weit zerstreut in der Umgebung, sie sind noch heute an dem braun gefärbten Spateisenstein und den Schlackenmassen kenntlich. Besonders fallen große Schlackenklöße auf von etwa 14 bis 16 kg Gewicht, die sämtlich, wohl von dem Einstoßen einer zugespitzten Stange in die noch weiche Masse, ein spitz-trichterförmiges Loch aufweisen. Die Schlacke enthält nur etwa $\frac{1}{2}$ v H Kupfer. An einigen wenigen Stellen finden sich auch kupferreichere Schlacken in dünnen Platten, die wohl von einem Raffinierprozeß herrühren dürften. Auch die Reste des Gemäuers eines Schmelzofens hat M u c h bloßgelegt. Übrigens finden sich die sämtlichen Schmelzstätten in unmittelbarer Nähe von fließendem Wasser.

In der Umgebung der alten Baue sind zwei Wohnstätten aufgedeckt worden, flache kreisförmige Vertiefungen, ausgefüllt mit einer Kulturschicht, in der Reibsteine lagen. Wahrscheinlich waren es einfache Strauchhütten. Grabstätten sind bis jetzt nicht nachgewiesen worden. Eine römische Münze aus Bronze von Marcus

Didianus Severus Julianus aus dem Jahre 193 n. Chr. wurde gefunden. Nahe dem Einflusse des Mitterberger Baches in die Salzach befindet sich ein mit dreifacher Umwallung umgebener Felsen, der Göttschenstein, in dessen Nähe bronzene Fibeln und eiserne römische Lanzen spitzen gefunden wurden. In Mitterberg selbst fehlen vorgeschichtliche Funde aus Eisen.

Man darf wohl annehmen, daß die keltischen Bergleute zu Mitterberg ebenso wie in Hallstatt mindestens seit dem Beginne des ersten vorchristlichen Jahrtausends die Gruben bearbeiteten. Bald nach Christi Geburt wurden sie den eindringenden Römern tributpflichtig, bis endlich während der Kämpfe der Völkerwanderung beide Bergbaue verlassen wurden.

Hallstatt im Salzkammergut¹⁾.

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die uralten Salzbergbaue der Kalkalpen! Nach Meldungen der Chronisten wurde der Bergbau zu Hallstatt, Hallein und zu Hall in Tirol unter Kaiserin Elisabeth im Jahre 1311, nach anderen im Jahre 1280, wieder in Betrieb genommen. Zu Hallstatt waren vorher schon etwa zwei Jahrhunderte lang Salzquellen versotten worden.

Bei diesem Salzbergbau stieß man auf alte Verhaue, welche hauptsächlich an dem dort vorgefundenen Holze erkannt wurden. Der quellende Salztou und auch durch Wasser herbeigeführte Schuttmassen hatten die alten Räume fast vollständig wieder ausgefüllt. Die Bergleute nannten dieses Gebirge, in welchem nur die reichsten Salzstriche herausgebaut waren, Heidengebirge, in der später vollauf bestätigten Vermutung, daß hier bereits in vorchristlicher Zeit Bergbau umgegangen war.

Seitdem ist der Bergbau wiederholt mit dem Heidengebirge in Berührung gekommen, und es wurden wichtige archäologische Funde daraus zutage gefördert, welche zusammen mit den berühmten Gräberfunden (vgl. S. 184) am vorderen Teile des Salzberges mit Bestimmtheit darauf schließen lassen, daß hier die Kelten etwa seit Beginn des ersten vorchristlichen Jahrtausends Bergbau auf Salz getrieben haben.

Während in dem Gräberfelde die bekannten zahlreichen Bronzefunde, zum Teil auch Eisenfunde gemacht wurden, haben sich im Heidengebirge wenig Metallgegenstände erhalten, es scheint, als ob die Salze die Metalle zersetzt haben. Dagegen finden sich, was in anderen Bergbauen seltener der Fall ist, Gegenstände aus Holz und Reste der Kleidung, bestehend aus Fellstücken und Teilen der gewebten Gewänder, wohl erhalten.

Die vorgeschichtlichen Bergleute von Hallstatt sind den reichen Salzstrichen in flacher Richtung gefolgt und haben im Laufe der Jahrhunderte an vielen Stellen die senkrechte Tiefe von 150 m, an einzelnen Stellen sogar 300 und 350 m erreicht.

Die in den Gruben gefundenen archäologische Reste²⁾ bestehen aus knieförmig gewachsenen Ästen der Rotbuche, welche als Stiele für kupferne und bronzene Lappenbeile dienten (vgl. S. 165). Auch eine Doppelhaue aus Rotbuchenholz mit einem rechteckigen Stielloche in der Mitte, sowie Bruchstücke von hölzernen Schaufeln wurden gefunden. Keile aus schwarzem Serpentin und Pickel aus Kupfer und Bronze, den in Mitterberg gefundenen gleich, waren neben den Lappenbeilen die

¹⁾ Aigner, August, Hallstatt. Ein Kulturbild aus prähistorischer Zeit. München 1911.

²⁾ Ich hatte Gelegenheit, im k. k. Hofmuseum zu Wien die Hallstätter Funde eingehend kennenzulernen. Ein anderer Teil der Funde befindet sich in Linz.

Werkzeuge für die Arbeit im Salze. Zum Grubenausbau wurde Lärchenholz verwendet. Die bekannten Leuchtpäne finden sich in großen Mengen, auch Fackeln, welche durch Umbinden von Spänen aus Fichtenholz mittels eines schönen festen Gewebes aus Bast hergestellt waren. Von Kleidungsstücken wurden zwei Pelzmützen und ein grobes Wollengewebe von 138 cm Länge und 100 cm Breite gefunden. An dem letzteren ist die außerordentliche Gleichmäßigkeit der Fadenlegung zu bewundern.

Besonders zu erwähnen sind die ledernen Tragkörbe, welche bereits S. 175 eingehend beschrieben wurden.

Zu bedauern ist es, daß mit Rücksicht auf den jetzigen Betrieb umfänglichere Untersuchungen im Heidengebirge unterbleiben mußten, sie hätten vielleicht weitere wertvolle Funde ergeben.

Gesamtinhaltsverzeichnis

zu Band I bis VIII.

Die vollen Titel der Aufsätze sind bei den aus den Überschriften sich ergebenden Stichworten angeführt. Die übrigen Stichworte beziehen sich auf den hauptsächlichsten Inhalt der Aufsätze, wobei mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum wesentliche Einschränkung geboten war. Ein Stern (*) bei den biographischen Angaben bedeutet, daß ein Bildnis vorhanden ist.

Die römische Zahl bedeutet den Band, die arabische Ziffer die Seite.

- Abdampfverwertung.** II, 198.
- Aeronautik** s. Luftfahrtwesen.
- Akkumulator.** Die geschichtliche Entwicklung des —. Dr. Edm. Hoppe. I, 145.
- Alkoholische Getränke.** Zur Ursprungsgeschichte der —. Dr. R. Stübe. VIII, 56.
- Aufbereitung.** VIII, 160.
- Automatentheater.** Herons des Älteren — Dr.-Fug. Th. Beck. I, 182.
- Bagdadbahn.** I, 268.
- Baubehörden.** V, 126.
- Baurecht.** Die prinzipielle Entwicklung des mitteleuropäischen technischen — aus dem römischen Rechte. Dr. J. Stur. V, 124.
- Befestigungen.** VII, 186.
- Beleuchtung (Bergbau).** VIII, 168.
— (elektr.) I, 53; VII, 2.
- Berg- und Hüttenwesen** s. Maschinen des — vor 100 Jahren. I, 1.
- Bergbau.** V, 298.
— Der älteste — und seine Hilfsmittel. E. Treptow. VIII, 155.
- Bewässerungsanlagen.** I, 16; VIII, 183.
- Biographisches.**
- *Bessemer, Henry (1813—1898). Aus — Selbstbiographie. O. Hönigsberg. II, 271.
 - Beuth, Peter, Christoph, Wilhelm (1781 bis 1853). III, 251.
 - *Bichford. VI, 56.
 - *Boulton, Matthew (1728—1809). Zum hundertjährigen Todestage des Begründers der Dampfmaschinenindustrie. C. Matschoß. I, 251.
 - *Brown, Charles (1827—1905). II, 158.
 - Castigliano, Alberto (1847—1884). VII, 30.
 - Clapeyron, Benoit Pierre Emil (1779 bis 1864). VII, 33.
 - *Cramer-Klett, Theodor (1817—1884). V, 254.
 - Culmann, Karl (1821—1881). VII, 37.
 - *Daguerre (1787—1852). II, 305.
 - *Eales. † 1890. VI, 70.
 - *Engerth, Wilhelm (1814—1884). IV, 349.
 - Euler, Leonhard (1707—1783). VII, 29.
 - *Fourneyron, Benoit (1802—1867). Dr. Karl Keller. IV, 79, 94.
 - *Fox, Samson (1838—1903). I, 78.
 - *Francis, James B. (1815—1892). Zur hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages. Dr. Karl Keller. VI, 79.
 - *Franzius, Ludwig (1832—1903), Oberbaudirektor der Freien Hansestadt Bremen 1875—1903. G. de Thierry. V, 1.
 - Friedrich der Große (1712—1786) in seiner Stellung zum Maschinenproblem. Ein Beitrag zur Geschichte der merkantilistischen Gewerbepolitik. Carl Ergang. II, 78.
— IV, 309.
 - Galilei, Galileo (1564—1642). VII, 27.
 - *Gerber, Heinrich (1832—1912). V, 269.
 - *Ghega, Karl (1802—1860). IV, 334.
 - *Haswell, John (1812—1897). Dr. techn. Rudolf Sanzin. V, 157.
 - Hefner-Alteneck (1845—1904). VII, 145.
 - Hjorth. VII, 136.
 - Heron der Ältere. I, 84, 182; III, 163.
 - *Herschel, John (1792—1871). II, 316.
 - *Hirn, Gustav Adolf (1815—1890), sein Leben und seine Werke. Dr. Keller. III, 20.
 - *Jacobi, Johann Ernst (1814—1867). VI, 69.
*— Franz Ludwig (1805—1864). VI, 69.
 - Kittel, Josef (1776—1847). V, 230.
 - *Klett, Johann Friedrich (1778—1847). V, 246.
 - *Knaudt, Adolf (1825—1888). I, 73.
 - Körting, Ernst (1842). Mein Lebenslauf als Ingenieur und Geschäftsmann. I, 200.
 - Linde, Carl von (1842). VIII, 1.
 - Marcellinus, Ammianus. III, 163.
 - *Miller, Ferdinand von —, der Erzgießer. Zur Erinnerung an die 100. Wiederkehr seines Geburtstages. C. Matschoß. V, 174.
 - Mohr, Otto (1835—1918). VII, 39.
 - Navier, Louis Marie Henri (1785—1836). VII, 31.
 - *Niepce, Nicéphore (1765—1833). II, 303.
 - *Peres, Daniel (1776—1845). Lebensbild eines Vorkämpfers der Solinger Meßmachertechnik. Franz Hendrichs. VII, 84.
 - Philon von Byzanz (etwa 200—260 v. Chr.). II, 64; III, 163.
 - *Planté, Gaston (1834—1889). I, 158.
 - *Poitevin, Alphons Louis (1819—1882). II, 319.

- *Polhem, Christopher (1661—1751), und seine Beziehungen zum Harzer Bergbau. Otto Vogel. V, 298, 339.
- Rathenau, Emil (1838—1915). I, 56.
- *Rathgeber, Jos. sen. (1810—1865). VIII 64.
- *— Jos. jr. (1846—1903). VIII, 77.
- *Regnault, Henri Victor (1810—1878), II, 58.
- Remy, Heinrich Wilhelm. III, 86; VIII, 118.
- Reynolds, Edwin (1831—1909). I, 279.
- *Riggenbach, Nikolaus (1817—1899). Zu seinem hundertjährigen Geburtstag. Dr. Karl Keller. VII, 110.
- *v. Segner, Johann Andreas (1704—1777). Dr. Karl Keller. V, 54.
- Siemens, Werner (1816—1892). VIII, 139.
- *Sigl, Georg (1811—1887). Dem Andenken eines unserer größten Industriellen. F. R. Engel. VIII, 94.
- Splitgerber, David (1683—1764). IV, 28.
- *v. Strobach, Paul (1776—1854). Selbstbiographie, herausgegeben und mit Anmerkungen versehen von Dr. techn. Hugo Fuchs. IV, 196.
- *Sulzer-Hirzel, Johann Jacob (1806 bis 1883). II, 151.
- *— Neuffert, Joh. Jacob (1782—1853). II, 149.
- *— Salomon (1757—1807). II, 149.
- *— Salomon (1809—1869). II, 151.
- *— Steiner, Heinrich (1837—1906). II, 161.
- *Talbot, William Henry (1800—1877). II, 307.
- *v. Tunner, Peter Ritter (1809—1897), und seine Schule. Dr.-Ing. h. c. Josef Gängl v. Ehrenwerth. VI, 95.
- Vitruv. III, 163.
- *Vogel (1834—1898). II, 325.
- Watt, James (1736—1819). I, 108.
- *Werder, Ludwig (1808—1885). V, 255.
- *Wieck, Friedrich Georg (1800—1860). IV, 66.
- *Wilkinson, John (1728—1808). H. W. Dickinson. III, 215.
- *Wöhler, August (1819—1914). R. Blaum. VIII, 35.
- *Wolf, R. (1831—1910), der Begründer der Maschinenfabrik R. Wolf in Magdeburg-Buckau. C. Matschoß. IV, 1.
- *Worthington, Henry Rossiter (1817 bis 1880). Skizze eines Ingenieurlebens. Otto H. Müller. I, 36.
- Bobbinnetfabrikation.** Die ersten Versuche zur Einführung der —. Hugo Fischer. IV, 63.
- Böhmen, Industriegeschichte.** V, 230.
- Bohrer.** IV, 275.
- Bohrmaschinen.** IV, 292.
- Brauereien.** VIII, 3.
- Brückenbau.** III, 227; IV, 227; V, 266, 289; VII, 81, s. a. Eisenbrücken.
- Buchdruck in Ostasien.** Die Erfindung des Druckes in China und seine Verbreitung in Ostasien. Dr. R. Stübe. VIII, 82.
- Dampfakkumulator.** I, 208.
- Dampfhammer.** I, 75; VI, 14.
- Dampfkessel.** Adolf Knautd und die fabrikmäßige Herstellung von Böden, Wellrohren und sonstigen Blechteilen von Dampfkesseln. I, 73; II, 189.
- Dampfkesselaufsicht.** Die geschichtliche Entwicklung der — in Preußen. Dr. jur. Hilliger. VII, 62.
- Dampfmaschinen.** Die ersten betriebsfähigen — in Böhmen. Ein Beitrag zur Industriegeschichte Böhmens. Dr. techn. H. Fuchs u. A. Günther. I, 251; II, 168; V, 230, 250, 284.
- Dampfpumpe.** I, 37.
- Dampfmaschinen.** II, 195.
- Drehbänke.** V, 99.
- Dreschmaschinen.** II, 200.
- Dynamomaschine.** Zur Geschichte der —. Die Entwicklung des Dynamobaues bei der Firma Siemens & Halske (1866—1878). Dr. Adolf Thomälen. VII, 134.
- I, 53.
- Eisenbahnen.** Die Spurweite der — und der Kampf um die Spurweite. Ein Abschnitt aus der Entwicklungsgeschichte der —. Dr. Karl Keller. VII, 43.
- Eisenbahnwagen.** V, 258; VIII, 64.
- Eisenhochbau.** V, 265, 290.
- Eisenbrücken.** Beitrag zur Geschichte der — in Ungarn. Dr.-Ing. Hugo Fuchs. VII, 82.
- Eisengießerei.** Urkundliches zur Geschichte der —. Dr.-Ing. L. Beck. II, 83.
- Die geschichtliche Entwicklung der — seit Beginn des 19. Jahrhunderts. U. Lohse. II, 90.
- Eisenhüttenkunde.** Beiträge zur Geschichte der —. Illies. III, 79.
- VIII, 118.
- Eisenhüttenwerksmaschinen vor 100 Jahren.** IV, 100.
- Eisenindustrie.** England und die rheinisch-westfälische — vor 100 Jahren. Ein Aktenstück zur Kriegsgeschichte. Dr. Hans Kruse. VIII, 117.
- Elektrotechnik** s. Dynamomaschinen, Beleuchtung (elektr.).
- Erzgießerei.** V, 175.
- Festigkeitslehre.** Zur Geschichte der Anwendungen der — im Maschinenbau: Hat sich Watt zur Bemessung seiner Maschinenteile der — bedient? E. Meyer. I, 108.
- IV, 158; VIII, 48. —

- Flammofen.** II, 96.
Flammofenfrischen. Die Einführung des englischen — in Deutschland von Heinrich Wilhelm Remy & Co. auf dem Rasselstein bei Neuwied. Dr.-Ing. Ludw. Beck. III, 86.
Fördereinrichtungen. I, 11; V, 309; VIII, 173.
Formmaschine. II, 111, 125.
Fräsmaschinen für Holz. I, 176.
Gasanstalt. IV, 109.
Gasmaschine. Ein Beitrag zur Großgasmaschine. Dr. Wilhelm von Oechelhäuser. VI, 109.
 — I, 205, 212.
Gasverflüssigung. VIII, 24.
Gebirgsbahnen. IV, 333; VII, 119.
Gebirgslokomotive. IV, 333.
Gebläse. I, 17; IV, 97.
Gebläsemaschinen. III, 220.
Geschützbau. Der altgriechische und alt-römische — nach Heron dem Älteren, Philon, Vitruv und Ammianus Marcellinus. Dr.-Ing. Th. Beck. III, 163.
Geschütze, eiserne. II, 84.
Gesteinsbohrmaschine. IV, 108.
Gewehr. Das Steinschloß — und seine fabrikmäßige Herstellung in den Jahren 1800 bis 1825. W. Treptow. V, 143.
Gewehrfabrikation. IV, 46.
Gewerbeförderung in Preußen. III, 239.
Gichtaufzüge. I, 25.
Grenzlehren. V, 120.
Hammerwerke. I, 28; IV, 99; VI, 1.
Hebezeuge. V, 291.
Heizungen. I, 216.
Hobelmaschinen. I, 176; V, 73.
Hochofen. IV, 112.
Holzbearbeitungsmaschinen. Zur Geschichte der —. Dr.-Ing. Hermann F'scher. I, 176; III, 61.
Hüttenwesen. VI, 95.
Industriegeschichte.
 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft. Geschichtliche Entwicklung in den ersten 25 Jahren. C. Matschoß. I, 53.
 Berliner Elektrizitäts - Werke. Geschichtliche Entwicklung der — von ihrer Begründung bis zur Übernahme durch die Stadt. C. Matschoß. VII, 1.
 Gasmotorenfabrik Deutz. Das Museum der —. Ein Beitrag zur Geschichte der Gasmaschine. H. Neumann. I, 212.
 Gebrüder Sulzer. Die Geschichte der Firma — in Winterthur und Ludwigshafen. C. Matschoß. II, 148.
 Gesellschaft für Lindes Eismaschinen. VIII, 1.
 Gewehrfabrik in Spandau. Zur Geschichte der Kgl. — unter besonderer Berücksichtigung des 18. Jahrhunderts. Wilhelm Hassenstein. IV, 27.
 Gutehoffnungshütte. Die Geschichte der — in Oberhausen (Rheinl.). Zur Erinnerung an das 100jähr. Bestehen. Dr. Reichert. II, 236.
 Körting, Gebr. I, 200.
 Maschinenfabrik Nürnberg. Geschichte der —. C. Matschoß. V, 244.
 Maschinenfabrik R. Wolf in Magdeburg-Buckau, s. Biographie R. Wolf. IV, 1.
 Remy & Co., Heinr. Wilh. III, 86; VIII, 118.
 Solinger Industrie. VII, 84.
 Waggonfabrik Jos. Rathgeber. Die Entwicklung der — in München. Ein Beitrag zur Geschichte des deutschen Eisenbahnwagenbaues. Hans Hermann. VIII, 64.
Injektoren. I, 202.
Ingenieur. Berufsgeschichte. I, 276.
Ingenieurtechnik des Mittelalters. Zur Geschichte der — (Ingenieurbauwerke der Khmer). Curt Merckel. III, 1.
Kälteanlagen für bewohnte Räume. VIII, 17.
Kältemaschinen. II, 211; VIII, 1.
Kältetechnik. Aus der Geschichte der —. Dr.-Ing. e. h. Carl v. Linde. VIII, 1.
Kanalunternehmungen. Die Geschichte der mittelamerikanischen —. Dr. R. Hennig. IV, 113.
Kelttern. — einst und jetzt. Dr.-Ing. Häußler. VII, 127.
Kleisenindustrie. VII, 84.
Kompressoren. II, 209; VIII, 4.
Kondensatoren. I, 207.
Krane. I, 275.
Kriegsschiffbau. Die Einführung der Panzerung im — und die Entwicklung der ersten Panzerflotten. J. Rudloff. II, 1.
Kugellager. I, 275.
Kuppelöfen. II, 93.
Leuchttürme. Beiträge zur älteren Geschichte der —. Dr. Richard Hennig. VI, 35.
Lokomobilen. IV, 16.
Lokomotiven. Die — der vormaligen Braunschweigischen Eisenbahn, unter Berücksichtigung gleichartiger — bei anderen Bahnverwaltungen. W. Nolte. IV, 333; V, 158; VI, 152.
Luftfahrtwesen. Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik. Dr. Rich. Hennig. VIII, 100.
Luftverflüssigung. VIII, 18.
Maschinen. Die — des deutschen Berg- und Hüttenwesens vor 100 Jahren. C. Matschoß. I, 1.
 — Die — von Marly. Dr. Carl Ergang. III, 131.

- Maschinenbau.** Aus der Werkstatt deutscher Kunstmeister im Anfang des 19. Jahrhunderts. (Nach alten Originalzeichnungen.) C. Matschoß. IV, 96.
- Maschinenproblem** (Friedrich der Große). II, 78.
- Materialprüfmaschinen.** IV, 151; VIII, 39.
- Materialprüfung.** I, 34; VIII, 35.
- Materialprüfungswesen.** Das — und die Erweiterung der Erkenntnisse auf dem Gebiete der Elastizität und Festigkeit in Deutschland während der letzten vier Jahrzehnte. R. Baumann. IV, 147.
- Mechanik.** Herons des Älteren —. Dr.-Ing. Th. Beck. I, 84.
- Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der technischen —. Dr.-Ing. h. c. A. v. Rieppel und Dr.-Ing. L. Freytag. VII, 25.
- Metallhüttenwesen.** VIII, 162.
- Mühle.** Die — im Rechte der Völker. Dr. Carl Koehne. V, 27.
- Nähmaschinen.** III, 192.
- Panzerflotten.** II, 1.
- Papier.** VIII, 82.
- Photographie.** Zur Geschichte der —. Dr. G. Leimbach. II, 294.
- Patentwesen.** III, 264.
- Phonograph.** I, 272.
- Pressen** (für Öl usw. im Altertum). I, 101; VII, 180.
- Wein-. VII, 127.
- Preßluftwerkzeuge.** VI, 21.
- Puddelverfahren.** III, 86.
- Pulsometer.** I, 208.
- Rechenmaschinen.** Die Rechenstäbe und — einst und jetzt. Erich Krebs. III, 147.
- Rechenschieber.** III, 147.
- Sägemühlen.** III, 61.
- Sandaufbereitung.** II, 108, 135.
- Schiffsmaschinen.** II, 203.
- Schmiedepresse.** V, 164; VI, 1, 26.
- Schraubenpressen im Altertum.** I, 106.
- Schuhfabrikation.** Beitrag zur Geschichte der mechanischen —. Dr. Rehe. III, 185.
- Seekabelunternehmungen.** Die historische Entwicklung der deutschen —. Dr. R. Hennig. I, 241.
- Semmeringbahn.** Der Einfluß des Baues der — auf die Gebirgslokomotive. Dr. techn. Rudolf Sanzin. IV, 333.
- Sicherheitszünder.** Der Bickfordsche — und die Errichtung der ersten Sicherheitszünderfabrik in Deutschland. Hugo Fischer. VI, 55.
- Spitzenfabrikation.** IV, 67.
- Sprengstoff.** VIII, 28.
- Stickstoff.** VIII, 31.
- Strahlapparate.** I, 202.
- Straßenbahnwagen.** Die Entwicklung der —. H. Bombe. V, 214.
- Straßenbau.** IV, 196.
- Technikgeschichte, Allgemeines.** Beiträge zur außereuropäischen und vorgeschichtlichen Technik. Dr.-Ing. Hugo Theodor Horwitz. VII, 169.
- Technische Deputation für Gewerbe,** Geschichte der Königlich Preussischen —. Zur Erinnerung an das 100jährige Bestehen (1811—1911). C. Matschoß. III, 239.
- Technisches Schulwesen.** III, 256.
- Telegraphie, optische.** I, 270.
- Textilindustrie.** Die Förderung der — durch Friedrich den Großen. C. Matschoß. IV, 309.
- Tunnelbau.** II, 212.
- Vakuumverdampfung.** Die Entwicklung der —. Dr.-Ing. K. Thelen. I, 118.
- Ventilatoren.** II, 209.
- Verkehrswesen.** VII, 182.
- Waffen.** VII, 184, 188.
- Walzwerke.** I, 28; IV, 103.
- Wasserbau.** V, 12.
- Wasserhaltungen.** I, 2; VIII, 176.
- Wasserhebevorrichtungen.** Über Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt. Dr. E. Wiedemann und Dr. techn. F. Hauser. VIII, 121.
- Wasserhebewerke** (Maschinen von Marly). III, 131.
- Wasserkraftmaschinen** (von Marly). III, 131. — V, 64; VI, 80.
- Wassermühlen.** V, 34.
- Wasserstoff.** VIII, 32.
- Werkzeuge** (Bergbau). VIII, 163. — (Bohrer). IV, 274.
- Wellrohre.** I, 72.
- Werkzeugmaschinen.** Beiträge zur Geschichte der —. Dr.-Ing. Hermann Fischer. III, 84, 223; IV, 105, 274, 292; V, 73, 148, 273; VI, 1.
- Windmühlen.** V, 39.
- Zahnräder.** Die Entwicklung der —. O. Kammerer. IV, 242.
- Zentralheizung.** Zur Geschichte der — bis zum Übergang in die Neuzeit. Hermann Vetter. III, 276.
- Zentrifugalpumpen.** II, 205.
- Ziehbanke.** III, 229.
- Zündschnuren.** VI, 55.

Verfasserverzeichnis.

- Baumann, Prof. R., Stuttgart. IV, 147.
- Beck, Prof. Dr. Dr.-Ing. L., Biebrich. II, 83; III 86.
- Prof. Dr.-Ing. Th., Darmstadt. I, 84, 182; II, 64; III, 163.
- Bombe, H., Berlin. V, 214.
- Blaum, Regierungsbaumeister a. D. R., Bremen. VIII, 35.
- Dickinson, H. W., Ingenieur am Science Museum in South Kensington, London. III, 215.
- Engel, Oberinspektor F. R., Wien. VIII, 94.
- Ergang, Carl, Prof. d. Staatswissenschaften, Quedlinburg. II, 78; III, 131.
- Fischer, Prof. Dr.-Ing. Hermann, Hannover. I, 176, III, 61; IV, 274; V, 73; VI, 1.
- Professor Hugo, Dresden. IV, 63; VI, 55.
- Freytag, L., Dr.-Ing., Nürnberg. VII, 25.
- Fuchs, Dr. techn. Hugo, Prag. IV, 196; V, 230; VII, 82.
- Gängl v. Ehrenwerth, Hofrat Dr.-Ing. h. c. Josef, o. ö. Prof. der k. k. Montanistischen Hochschule in Leoben. VI, 95.
- Günther, Prof. Ing. A., Pilsen. V, 230.
- Hassenstein, Militärbaumeister Dipl.-Ing. Wilhelm, Spandau. IV, 27.
- Hauser, Privatdozent, Dipl.-Ing. Dr. phil. u. Dr. techn. VIII, 121.
- Häußer, Prof. Dr.-Ing. VII, 127.
- Hendrichs, Obering. Franz, Charlottenburg. VII, 84.
- Hennig, Dr. Richard, Berlin. I, 241; IV, 113; VI, 35; VIII, 100.
- Hermann, Ingenieur Hans. VIII, 64.
- Hilliger, Dipl.-Ing. Dr. jur. Berlin. VII, 62.
- Hönigsberg, Ingenieur O., Wien. II, 271.
- Hoppe, Prof. Dr. Edm., Nien- dorf b. Hamburg. I, 145.
- Horwitz, Dr.-Ing. Theodor, Wien. VII, 169.
- Illies, Oberingenieur, Königs- hütte. III, 79.
- Kammerer, O., Charlottenburg. IV, 242.
- Keller, Geheimrat Prof. Dr. München. II, 58; III, 20; IV, 79; V, 54; VI, 79; VII, 43, 110.
- Koehne, Prof. Dr. Carl, Berlin. V, 27.
- Körting, Dr.-Ing. Ernst, Pegli bei Genua. I, 200.
- Krebs, Ingenieur Erich, Elbing, III, 147.
- Kruse, Dr. Hans, Siegen. VIII, 117.
- Leimbach, Dr. G., Göttingen. II, 294.
- Linde, Geheimer Rat Prof. Dr. Dr.-Ing. e. h. Carl von, Mün- chen. VIII, 1.
- Lohse, Dipl.-Ing. U., Aachen. II, 90.
- Matschoß, Prof. Dipl.-Ing. C., Berlin. I, 1, 53, 251; II, 148; III, 239; IV, 1, 96, 309; V, 174, 244; VII, 1.
- Merckel, Baurat Curt, Ham- burg. III, 1.
- Meyer, Prof. Dr. Eugen, Char- lottenburg. I, 108.
- Mueller, Otto H., London. I, 36.
- Neumann, H., Berg.-Gladbach. I, 212.
- Nolte, W., Hannover. VI, 152.
- Oechelhaeuser, Dr. Wilhelm von, Dessau. VI, 109.
- Rehe, Gewerbeassessor Dr., Breslau. III, 185.
- Reichert, Dr., Duisburg-Ruhr- ort. II, 236.
- Rieppel, Dr.-Ing. h. c. u. Dr. phil. h. c. A. von, Nürnberg. VII, 25.
- Rudloff, Wirkl. Geh. Oberbau- rat Prof. J., Berlin. II, 1.
- Sanzin, Dr. techn. Rudolf, Wien. IV, 333; V, 157.
- Stur, cand. jur. Dr. phil. In- genieur J., Wien. V, 124.
- Stübe, Prof. Dr. R., Leipzig, VIII, 56, 82.
- Thelen, Dr.-Ing. K. I. 118.
- de Thierry, Geh. Baurat Prof. G., Berlin. V, 1.
- Thomälen, Prof. Dr. Adolf, Karlsruhe. VII, 134.
- Treptow, Geh. Bergrat E., Freiberg i. Sa. VIII, 155.
- Geh. Regierungsrat W., Charlottenburg. V, 143.
- Vetter, Hermann, Berlin. III, 276.
- Vogel, Ingenieur Otto, Düssel- dorf. V, 298.
- Wiedemann, Geh. Hofrat Prof. Dr. E., Erlangen. VIII, 121.