

FORSCHUNGSERGEBNISSE
DES VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHEN INSTITUTS FÜR LUFTFAHRT
AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE STUTTGART
HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR.-ING. CARL PIRATH
HEFT 14

ZWANZIG JAHRE LUFTVERKEHR UND PROBLEME DES STRECKENFLUGS

Mit 94 Abbildungen im Text



BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1940

ISBN-13: 978-3-540-01278-8 e-ISBN-13: 978-3-642-94553-3
DOI: 10.1007/978-3-642-94553-3

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER ÜBERSETZUNG
IN FREMDE SPRACHEN. VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1940 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.

Vorwort.

Das vorliegende Heft 14 der Forschungsergebnisse ist dem zwanzigjährigen Bestehen eines planmäßigen Luftverkehrs in Europa und dem zehnjährigen Bestehen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt an der Technischen Hochschule Stuttgart gewidmet. Neben einer kurzen Übersicht über die Entwicklung des Instituts in personeller und wissenschaftlicher Hinsicht enthält es daher Forschungsarbeiten, die eine Rückschau und Ausschau über den planmäßigen Luftverkehr vermitteln sollen. Darüber hinaus befaßt sich das Heft mit einem wichtigen Problem, das an der Schwelle des dritten Jahrzehnts eines planmäßigen Luftverkehrs sichtbar geworden ist und einer baldigen Lösung bedarf.

Dieses Problem, das zu Beginn des Luftverkehrs angesichts der Freiheit der Luft kaum als vorhanden angesehen wurde, ergibt sich aus der Sorge des Luftverkehrsbetriebs um die Sicherung der Flüge in einem Streckennetz, in dem das Kreuzen, Überholen und Begegnen von Flugzeugen in der Luft in zunehmendem Maße notwendig wird. Die Dichte des Verkehrs auf einzelnen Strecken kann hierbei die Möglichkeiten zu Zusammenstößen in der Luft in einem Maße anwachsen lassen, daß eine besondere Regelung des Streckenflugs unvermeidlich wird. Heute ist die Lösung dieses Problems bereits brennend geworden. In seiner Bedeutung steht es kaum hinter dem in den Heften 11 und 13 behandelten Problem der Flughafensicherung zurück, von dessen befriedigender Lösung die Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs für die Zukunft überhaupt abhängt. Es entspricht daher einer organischen Fortentwicklung der Forschungsarbeiten des Instituts, den Vorschlägen zur Förderung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Flugbetriebs in der Flughafenzone eine Untersuchung über die Mittel und Wege zur Erhöhung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Streckenflugs angesichts des zunehmenden Luftverkehrs folgen zu lassen. Im einzelnen handelt es sich hierbei nicht um die Mittel der Funkpeilung, die bereits in anderen Heften behandelt sind, sondern um eine straffe Organisation der Flüge auf der Strecke mit dem Ziel, ein Ausweichen der Flugzeuge in der Vertikalen und Horizontalen zur Verhütung von Zusammenstößen sicherzustellen. Damit gewinnt das Problem des Höhenflugs eine besondere Bedeutung für den Luftverkehr, da er geeignet ist, die Voraussetzungen zur Erhöhung der Sicherheit im Streckenflug zu schaffen.

Wenn dieser Untersuchung über das Problem des Streckenflugs eine Stellungnahme zur Frage „Wo steht der Luftverkehr der Welt?“ vorausgeht und in Form einer Abhandlung über „Zwanzig Jahre planmäßiger Luftverkehr“ vorgenommen wird, so war sie zur Begründung der Sonderuntersuchung notwendig, trotzdem sie anläßlich des zwanzigjährigen Bestehens eines planmäßigen europäischen Luftverkehrs ohnehin nahelag. Besonders aber hatte das Institut Anlaß, zur Lage des Luftverkehrs zusammenfassend Stellung zu nehmen, da es seit zehn Jahren sich in den Dienst der Förderung des Luftverkehrs und seiner technischen Einrichtungen gestellt hat. Das Jahr 1939 war daher in zweierlei Richtung geeignet, der Allgemeinheit einen Überblick über den bisherigen Erfolg einer gewaltigen Anstrengung menschlichen und staatlichen Willens zu geben, der zu gewissen Zeiten die Ruhelage erfassen muß, um der Weiterentwicklung Richtung und Ziel zu geben. Mit diesem Überblick soll ferner ein Grundstein zu einer Geschichte des Luftverkehrs gelegt werden, die bisher im Schatten der umfassenden Literatur über die Geschichte des Luftfahrzeugs und der für dieses wichtigen schöpferischen Persönlichkeiten noch fehlt.

Auch das vorliegende Heft stand wie das vorhergehende unter dem für die Abfassung und Drucklegung ungünstigen Einfluß der politischen Lage in Europa, da der Institutsleiter und ein Assistent

zum Frontdienst eingezogen waren. Wenn die Herausgabe des Heftes trotzdem gelungen ist, so geschah es in dem Bewußtsein und in der festen Überzeugung, daß die abgeschlossenen Untersuchungen geeignet sind, in naher Zukunft dem Luftverkehr nach Beendigung der kriegerischen Auseinandersetzungen zu dienen, seinen bisherigen Aufbauweg zu umgrenzen und seiner zukünftigen Entwicklung wertvolle Brücken des Anlaufs zu bauen.

Der Verlag hat sich trotz erheblicher Schwierigkeiten zur Lösung dieser Aufgabe in vorbildlicher Weise zur Verfügung gestellt. Besonderer Dank gebührt dem Assistenten, Dr.-Ing. Kimmerle, der fast allein die Drucklegung und die Korrektur zu erledigen hatte.

Stuttgart, im Januar 1940.

Carl Pirath.

Inhaltsverzeichnis

Zehn Jahre Forschungsarbeit des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt.

Von Professor Dr.-Ing. Carl Pirath, Stuttgart.

	Seite
1. Die Aufgaben und der Forschungsbereich des Instituts	7
2. Forschungsarbeit und Lehre	7
3. Die Organe des Instituts, ihre Mitglieder und Mitarbeiter	8
4. Sammlungen	9
5. Veröffentlichungen und Vorträge	10

Zwanzig Jahre planmäßiger Luftverkehr.

Von Professor Dr.-Ing. Carl Pirath, Stuttgart.

I. Zeitperioden von Praxis und Wissenschaft im Luftverkehr	12
II. Willensmäßiger Einsatz der Luftfahrt im menschlichen Zusammenleben	13
1. Militär- und Zivilluftfahrt	13
2. Einheit und Trennung zwischen Luftverkehr und Militärluftfahrt	14
3. Der Entwicklungsfortschritt im Luftverkehr	15
III. Die Wandlungen im Verkehrsbedarf des Luftverkehrs	17
1. Bedarfslage im Kontinental- und Weltluftverkehr	17
2. Gliederung des Verkehrsguts	21
3. Struktur des Verkehrsnetzes und politische Hemmungen	23
4. Faktoren, die den Verkehrsbedarf anregen	25
IV. Die Wandlungen in der Sicherheit des Luftverkehrs	26
1. Grundlagen zur Beurteilung der Sicherheit	26
2. Verkehrssicherheit	26
3. Betriebssicherheit	26
V. Die Wandlungen in der Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs	27
1. Der Schnellverkehr mit seinen positiven und negativen Auswirkungen	28
2. Der Tag-Nacht-Luftverkehr als Leistungsreserve für die Zukunft	30
3. Der Höhenflug und seine verkehrliche Bedeutung	31
4. Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten und die Nutzladefähigkeit	32
5. Grenzen der Leistungsfähigkeit bei Bodenorganisation und Streckenflug	33
6. Sonderleistungen des Luftverkehrs in den polaren Zonen	34
VI. Die Wandlungen in der Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs	34
1. Anlagekosten für Flugstrecke und Flugzeuge	35
2. Selbstkosten je angebotener tkm Nutzlast	35
3. Tarife	36
4. Deckung der Ausgaben durch Verkehrseinnahmen	37
5. Analyse der Verkehrseinnahmen	37
6. Subventionen	38
VII. Die Wandlungen in der Organisation des Luftverkehrs	38
1. Einheitsgesellschaft	38
2. Gemischtwirtschaftlicher Betrieb	38
3. Träger der Bodenorganisation	39
VIII. Schlußfolgerungen	39

Einfluß der Höhenlage und Richtung des Fluges auf die Sicherheit und Leistungsfähigkeit im Streckenflug.

Von Dr.-Ing. Otto Kimmeler, Stuttgart.

I. Einleitung	43
II. Flugzeit	43
1. Allgemeines, Motorleistung	43
2. Steig- und Sinkgeschwindigkeit, Behaglichkeit der Flugreise	49

Zehn Jahre Forschungsarbeit des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt.

Von Professor Dr.-Ing. Carl Pirath, Stuttgart.

1. Die Aufgaben und der Forschungsbereich des Instituts.

Das Verkehrswissenschaftliche Institut für Luftfahrt wurde am 1. Januar 1929 unter meiner Leitung als wissenschaftliche Anstalt der Technischen Hochschule Stuttgart gegründet. Die Gesichtspunkte, die für den Einsatz der Wissenschaft auf dem Gebiet des Luftverkehrs sprachen, sind im Vorwort zu Heft 1 der Forschungsergebnisse näher dargelegt worden. Sie waren in erster Linie verkehrspolitischer und verkehrswirtschaftlicher Art, in zweiter Linie verkehrstechnischer Art. Ich war als Dozent für Eisenbahn- und Verkehrswesen der Überzeugung, daß die schwere Entwicklungszeit für den Luftverkehr am schnellsten und besten überwunden werden könnte, wenn die Erfahrungen in der Verkehrswirtschaft der übrigen Verkehrsmittel nach wissenschaftlichen Grundsätzen für den Luftverkehr ausgewertet werden könnten, ohne seine Eigengesetzlichkeit zu stören. Bei der Weiträumigkeit des Luftverkehrs durfte der Forschungsbereich nicht auf den nationalen Raum beschränkt bleiben, sondern er mußte sich in weitgehendem Maße auf das internationale Feld erstrecken, in dem der Luftverkehr seine wichtigsten Aufgaben zu erfüllen hat. Die Arbeit des Instituts erhielt damit von vornherein einen internationalen Charakter, der im Laufe der Zeit in einer engen Zusammenarbeit mit Sachkundigen des Luftverkehrs und der Verkehrswissenschaft aller maßgebender Länder seinen Ausdruck fand.

Aus diesen Grundgedanken heraus ergab sich die materielle Aufgabe des Instituts. Sie gipfelt in der Förderung des Luftverkehrs mit dem Rüstzeug der Verkehrs- und Betriebswirtschaft als Grundlage für die zweckmäßige Gestaltung der technischen Anlagen. Im organischen Zusammenhang hiermit übernahm das Institut als Sondergebiet die Gestaltung des Luftverkehrsnetzes und der Bodenorganisation.

2. Forschungsarbeit und Lehre.

Die Erfahrung der verflossenen zehn Jahre hat dem Vorhaben recht gegeben. Die Arbeiten des Instituts wurden zwar in den ersten Jahren durch zwei Dinge gehemmt. Einmal durch das Mißtrauen des europäischen Auslandes, das in dem Institut eine verkappte militärische Einrichtung Deutschlands vermutete, dann aber auch durch die Praktiker, die vielfach der wissenschaftlichen Behandlung des Luftverkehrs grundsätzlich ablehnend gegenüberstanden. Nach der Herausgabe der ersten Forschungshefte schlug jedoch diese Einstellung zum Institut ins Gegenteil um, indem einmal die ausländischen Fachzeitschriften mit besonderer Anerkennung die Arbeiten des Instituts als einzigartig in der Welt und wegweisend für den Aufbau des Luftverkehrs beurteilten und auch die Praktiker erkannten, in welchen für die Weiterentwicklung wichtigen Punkten die Verkehrswissenschaft der Förderung des Luftverkehrs dienen konnte. Diese Beurteilung der Forschungsarbeiten des Instituts verstärkte sich immer mehr und hat bis auf den heutigen Tag angehalten. Es mag hierbei auch maßgebend gewesen sein, daß das Institut als bisher einziges in der Welt sich diesem Forschungsgebiet widmet.

Als wissenschaftliche Anstalt der Technischen Hochschule hat das Institut sich von Anfang an in den Dienst der Ausbildung von Studierenden auf dem Gebiet des Luftverkehrs und der Boden-

organisation gestellt. Es konnte dies mit um so größerem Recht und Erfolg übernehmen, als an der Technischen Hochschule Stuttgart für das Gebiet der Luftfahrt ein Luftfahrttechnisches Institut, das sich mit der Konstruktion von Flugzeugen befaßt, und ein Institut für Flugmotorenbau vorhanden ist. Aus der engen Zusammenarbeit zwischen den drei Instituten der Luftfahrt ergab sich eine glückliche Ergänzung zwischen den Anforderungen, die vom Standpunkt des Luftverkehrs an die Gestaltung der Flugzeuge und -motoren zu stellen sind, und dem Einsatz der Luftfahrzeuge im Luftverkehrsbetrieb. Die Arbeiten der drei Institute dienten auf diese Weise der Lösung des Gesamtproblems der Luftfahrt. Sie gaben ferner den Studierenden Gelegenheit, neben der speziellen Seite ihres Fachs die allgemeinen Grundlagen ihres Studiengebiets kennenzulernen.

Im einzelnen hat das Institut auf dem Gebiet des Nachwuchses für die Luftfahrt bisher 14 Assistenten eine vertiefte Ausbildung vermittelt, die alle im praktischen Luftverkehr, dem Flughafenbau und der Luftfahrtindustrie ihren Lebensberuf gefunden haben. Darüber hinaus hat das Institut eine große Zahl von in- und ausländischen Studierenden in das Wissensgebiet des Luftverkehrs, Flughafenbetriebs und Flughafenbaus eingeführt und auf diese Weise durch Forschung und Lehre den Nachwuchs auf dem Gebiet der Luftfahrt gefördert.

3. Die Organe des Instituts, ihre Mitglieder und Mitarbeiter.

Der organisatorische Aufbau des Instituts konnte in der bei der Gründung vorgesehenen Form erfolgen. Die beiden Organe, das Kuratorium als Vertretung der finanzierenden und den Luftverkehr betreuenden Stellen von Staat und Luftfahrtwirtschaft und das Institut als Forschungsstelle, fanden sich sehr bald in enger, die Praxis und die Wissenschaft verkörpernde sachlicher Fühlung. Das führte zu einem gegenseitigen Gedankenaustausch anläßlich der Kuratoriumssitzungen, der für die Arbeiten des Instituts besonders fruchtbar war.

Zu den Mitgliedern des Kuratoriums gehörten in alphabetischer Reihenfolge:

Bauer, Dr., Ministerialrat, Württ. Kultministerium, 1929 bis 1934.

Deters, Dr., Direktor, Hapag, 1934 bis 1936.

Deyhle, Dr., Oberregierungsrat, Württ. Kultministerium, ab 1936.

Eckener, Dr. Dr., Vorstand der Zeppelinstiftung und der Luftschiffbau Zeppelin GmbH., ab 1929.

Fischer, Dr., Staatssekretär, Vorsitzender des Aufsichtsrats der Vereinigten Industrieunternehmungen AG., 1929 bis 1934 †.

Vorsitzender ab 1929.

Gußmann, Reichsbahndirektor, Reichsbahndirektion Stuttgart, Vertreter des Reichsverkehrsministeriums (Eisenbahnabteilung), ab 1929.

Gut, Dr.-Ing. e. h., Ministerialrat, Reichspostministerium, 1929 bis 1933.

Hoffmann, Dr., Direktor, Hapag, ab 1936.

Keller, Dr., Oberregierungsrat, Württ. Kultministerium, 1934 bis 1936.

Kiep, Dr., Direktor, Hapag, 1929 bis 1934.

Koch, Oberregierungsrat, Reichsluftfahrtministerium, 1929 bis 1934.

Lahs, Admiral, Präsident des Reichsverbandes der Deutschen Luftfahrt-Industrie, ab 1929.

Luz, Direktor, Deutsche Lufthansa AG., ab 1938.

Milch, Dr., Staatssekretär, Deutsche Lufthansa AG., 1929 bis 1934.

Mülberger, Dr., Regierungsrat, Reichsluftfahrtministerium, 1934 bis 1936.

Rektor, amtierender, der Technischen Hochschule Stuttgart, ab 1929.

Schwartz, Ministerialrat, Reichsluftfahrtministerium, ab 1936.

Staiger, Ministerialdirektor, Württ. Wirtschaftsministerium, ab 1929.

Vorsitzender ab 1934.

Thomas, Ministerialrat, Reichspostministerium, ab 1933.

Whronsky, Direktor, Deutsche Lufthansa AG., 1934 bis 1938.

Es ist für mich eine besondere Ehre, den Mitgliedern des Kuratoriums an dieser Stelle den besonderen Dank des Instituts für ihre ideelle und materielle Mitarbeit zum Ausdruck zu bringen.

Die wissenschaftliche Arbeit wurde durch den Institutsleiter mit Unterstützung von durchschnittlich drei wissenschaftlichen Hilfskräften als Assistenten durchgeführt. Ihr widmeten sich in den verflossenen zehn Jahren in zeitlicher Reihenfolge:

Pirath, Professor Dr.-Ing., Institutsleiter, ab 1. Januar 1929.

Jacobshagen, Regierungsbaumeister, 1. Januar 1929 bis 31. Dezember 1930. 1. Assistent ab 1. Januar 1929.

Rößger, Dr.-Ing., 20. Oktober 1929 bis 1. Oktober 1930 und 15. Mai 1931 bis 31. Mai 1933. 1. Assistent ab 1. Oktober 1932.

v. Beyer-Desimon, Dr.-Ing., 1. Februar 1930 bis 30. September 1932. 1. Assistent ab 1. Januar 1931.

Kübler, Dr.-Ing., 1. Januar 1931 bis 15. Oktober 1933. 1. Assistent ab 1. Juni 1933.

Brand, Dipl.-Ing., 1. Januar 1931 bis 31. Januar 1933.
 Zöllner, Dr.-Ing., 1. Februar 1933 bis 30. Juni 1934. 1. Assistent ab 16. Oktober 1933.
 Ulmerich, Dipl.-Ing., 22. Juni 1933 bis 15. Juli 1934.
 Rapp, Dipl.-Ing., 20. November 1933 bis 29. Februar 1936. 1. Assistent ab 1. Juli 1934.
 Gerlach, Dr.-Ing., 1. August 1934 bis 30. September 1938. 1. Assistent ab 1. März 1936.
 Kress, Dipl.-Ing., 1. August 1934 bis 31. August 1935.
 Roschmann, Regierungsbaumeister, 1. November 1935 bis 31. Januar 1937.
 Röhm, cand. ing., 18. Mai 1936 bis 1. November 1936.
 Kimmerle, Dr.-Ing., ab 1. Januar 1937. 1. Assistent ab 1. Oktober 1938.
 Kropik, Dipl.-Ing., 1. Mai 1937 bis 30. Juni 1939.
 Born, cand. mach., 1. August 1938 bis 15. August 1939.

Den Assistenten sowie den übrigen Hilfskräften des Instituts gebührt Dank und Anerkennung für ihre einsatzbereite, wertvolle Mitarbeit bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Die räumliche Unterbringung des Instituts erfolgte wegen des großen Raummangels der Technischen Hochschule zunächst in angemieteten Stockwerken von zusammen sieben Zimmern. Seit dem 1. März 1939 ist das Institut in neuen, hochschuleigenen Räumen untergebracht.

4. Sammlungen.

Als Grundlage für die Forschungs- und Lehrtätigkeit der am Institut wirkenden Kräfte und für verkehrswissenschaftliche Auskunftserteilung auf dem Gebiet des Luftverkehrs hat das Institut umfangreiche literarische Sammlungen entwickelt. Sie bestehen aus einer Bücherei, Zeitschriftensammlung und einer Kartothek, in die zumeist zufällig anfallende Drucksachen aufgenommen werden. Die Bücherei und die Kartothek sind inhaltlich nach folgenden Haupt- und Untergruppen gegliedert:

- 0 Hilfwissenschaften:
 - 00 Allgemeines.
 - 01 Statistik.
 - 02 Geographie und Verkehrsgeographie
 - 03 Flugtechnik, Aerodynamik.
 - 04 Meteorologie.
 - 05 Volkswirtschaft, Eisenbahn, Kraftwagen, Schifffahrt, Nachrichtenverkehr.
 - 06 Astronomie.
- 1 Planmäßiger Luftverkehr:
 - 1 Allgemeines. Deutschland, Belgien, Dänemark, England, Frankreich, Griechenland . . . (Länder, Ländergruppen, Erdteile¹).
 - 11 Luftverkehrsgesellschaften, Linienführung, Luftverkehrsnetze, Flugpläne, Katapultflugdienst.
 - 12 Betriebs- und Verkehrsleistungen, Unfallstatistik.
 - 13 Wirtschaftsergebnisse und Geschäftsberichte der Luftverkehrsgesellschaften und Flughafengesellschaften.
 - 14 Tarife.
 - 15 Subventionen und Luftfahrtetat der Staaten.
- 3
 - 16 Selbstkosten im Luftverkehr, Versicherungen, Start-, Lande- und Unterstellgebühren, Gehälter, Löhne usw.
 - 17 Verkehrsarten, Allgemeines, Luftfracht, Luftpost, Personen, Transportfähigkeit.
 - 18 Verkehrspolitik, Zusammenarbeit der Verkehrsmittel.
 - 19 Luftfahrtmedizin.
- 2 Organisation und Verträge:
 - 20 Allgemeines.
 - 21 Nationale Luftfahrt
 - 22 Internationale Luftfahrt, FAI-, IATA-Berichte.
 - 23 Luftverkehrsvorschriften, Luftrecht, Citeja.
 - 24 Zollabfertigung.
 - 25 Sperrgebiete.
- 3 Flugbetrieb:
 - 30 Allgemeines. Flugsicherung, Flugpark, Personalumfang, Ausnutzung.
 - 31 Streckensicherung, Streckenbetrieb
 - 32 Flughafensicherung, Flughafenbetrieb, Betriebsergebnisse der Flughäfen.
 - 33 Unterhaltung des Flugmaterials, Wartung, Überholung.
 - 34 Ausbildung von Piloten und Bordpersonal.
 - 35 Flugwetterdienst.
 - 36 Flugfernmelddienst, Statistik desselben.

¹ Diese Unterteilung gilt sinngemäß für alle Untergruppen.

- 4 Sport- und Gelegenheitsflug:
 - 40 Allgemeines.
 - 41 Bedarfsluftverkehr, Betriebs-, Verkehrs- und Wirtschaftsergebnisse, Selbstkosten, Tarife, Organisation, Betriebsabwicklung.
 - 42 Privat- und Sportluftverkehr, Selbstkosten, Organisation.
 - 43 Segelflug.
- 4 Bodenorganisation:
 - 50 Allgemeines, Katapulte, Klassifizierung und Verzeichnis der Flughäfen und Vorschriften für die Anlage.
 - 51 Anlage und Kosten der Landflughäfen, Lagepläne.
 - 52 Rollfeld und Flugsteige, Start- und Landebahnen.
 - 53 Hochbauten, Tankanlagen und sonstige Anlagen.
 - 54 Kennzeichnung usw., Beleuchtung der Flughäfen und Strecken, Notlandeplätze.
 - 55 Ausbildung des Bodenpersonals.
 - 56 Wasserflughafen.
 - 57 Luftschiffhäfen.
 - 58 Schwimmende Flugstützpunkte im Meer.
- 6 Luftfahrzeugbau:
 - 60 Allgemeines, Stratosphärenflug, Komfort, Projekte.
 - 61 Flugzeugindustrie, Organisation, Produktion, Export, Wirtschaftsergebnisse.
 - 62 Flugzeugtypen, Anlagewerte.
 - 63 Luftschiffe.
 - 64 Sonstige Luftfahrzeuge.
 - 65 Kraftanlagen.
 - 66 Ausrüstung, Instrumente.
 - 67 Prüfwesen, Bauvorschriften, Prüfungsvorschriften.
- 7 Sonstige Verwendung von Luftfahrzeugen:
 - 70 Allgemeines.
 - 71 Luftschutz.
- 8 Entwicklung der Luftfahrt:
 - 80 Allgemeines, Versuchsflüge.
 - 81 Flugzeuge.
 - 82 Luftschiffe und Ballone.
 - 83 Persönlichkeiten.
- 9 Forschungsergebnisse des Instituts:
 - 90 Allgemeines, Heft 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 . . .
- 10 Institute und Vereine der Luftfahrt:
 - 100 Lilienthalgesellschaft.
 - 101 Deutsche Luftfahrtforschungsanstalten.
 - 102 Aero-Club von Deutschland.
 - 103 Ausländische Institute.
- 11 Luftfahrtliteratur:
 - 110 Luftfahrtliteratur.
- 12 Reiseberichte:
 - 120 Allgemeine Reiseberichte.
 - 121 Reiseberichte von Institutsangehörigen.
- 13 Sonderuntersuchungen:
 - 130 Sonderuntersuchungen.

Die Sammlungen des Instituts tragen grundsätzlich Präsenzcharakter, d. h. die Ausleiher erfolgt im allgemeinen lediglich in den Institutsräumen. Eine Ausleiher außer dem Hause kann nur in begründeten Ausnahmefällen mit Genehmigung des Leiters erfolgen. Für mit einer wissenschaftlichen Arbeit beauftragte Studierende der Technischen Hochschule ist die Ausleiher einzelner Werke außer dem Hause grundsätzlich genehmigt.

5. Veröffentlichungen und Vorträge.

Das Ergebnis der Forschungsarbeiten des Instituts ist bisher in 14 Heften einschließlich des vorliegenden Hefts veröffentlicht worden. Über den Gegenstand der Untersuchungen, das Erscheinungsjahr und den Verlag gibt die Übersicht am Schluß dieses Hefts Aufschluß. Dem der-

zeitigen Verlag Julius Springer, Berlin, gebührt besonderer Dank für die bereitwillige und großzügige Übernahme des Verlags, nachdem die beiden früheren Verlage aus besonderen, nicht beim Institut liegenden Gründen die Herausgabe der Hefte aufgeben mußten. Mehrere Hefte sind in verschiedenen fremden Sprachen durch Verleger der betreffenden Länder herausgebracht worden.

Bei der Organisation und der Veröffentlichung der Forschungsarbeiten war in erster Linie der Wille maßgebend, die theoretische Forschung auf die praktischen Bedürfnisse des Luftverkehrs abzustellen und auf diese Weise unmittelbar der Entwicklung zu dienen. Das Institut stellte sich damit in den Dienst des von dem größten deutschen Verkehrswissenschaftlicher Friedrich List verfolgten Grundsatzes „Vom Leben angeregt und auf das Leben wirkend“. Wenn daher in dem Inhalt der Forschungshefte die verschiedensten Gebiete des Luftverkehrs und Luftverkehrsbetriebs in scheinbar losem Zusammenhang zu Worte kommen, so liegt doch allen Heften der Hauptgedanke eines organischen Aufbaus der Forschungsarbeit nach den Bedürfnissen von Theorie und Praxis zugrunde. Dieses Verfahren hat sich sehr gut bewährt und dem Institut seine Lebensnähe zu den Schwierigkeiten der praktischen Entwicklung und damit allgemein zu den Problemen des Luftverkehrs ohne Beeinträchtigung seiner wissenschaftlichen Grundeinstellung erhalten.

Im Rahmen des Studienplans der Studierenden hält der Institutsleiter in jedem Semester je eine einstündige Vorlesung über:

1. Das Verkehrswesen und der Luftverkehr.
2. Flugbetrieb, Linienführung und Flughäfen des Luftverkehrs.

Seiner Aufgabe, weiteren Kreisen Fortbildungsmöglichkeiten und Unterrichtung über bedeutsame Fragen des Luftverkehrs zu gewähren, kommt das Institut in der Weise nach, daß der Institutsleiter jedes Jahr in mehreren öffentlichen Vorträgen zu wichtigen Problemen der Luftfahrt Stellung nimmt.

An der Schwelle des zweiten Jahrzehnts hat das Institut die Aufgabe vor sich, im bisherigen Sinn nach Ziel und Methode der Förderung des nationalen und internationalen Luftverkehrs auch weiter zu dienen. Die Vergangenheit hat gezeigt, daß der Luftverkehr bei seiner schnellen Entwicklung immer wieder neue Probleme aufzeigt, die einer verkehrswissenschaftlichen Behandlung bedürfen, wenn sie grundsätzlich gelöst und wenn für das Studium der Luftfahrt allgemein gültige Regeln und Gesetze entwickelt werden sollen.

Zwanzig Jahre planmäßiger Luftverkehr.

Von Professor Dr.-Ing. Carl Pirath, Stuttgart.

I. Einführung.

Es liegt ein besonderer Anlaß vor, im Jahr 1939 die Frage nach dem Stand und den Entwicklungsproblemen des Luftverkehrs der Welt zu stellen. Europa blickt im Jahr 1939 auf ein zwanzigjähriges Bestehen des planmäßigen Luftverkehrs zurück. Vor 20 Jahren wurde von der Deutschen Luftreederei, einem Gemeinschaftsunternehmen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin und anderer industrieller Gesellschaften, am 6. Februar 1919 die erste planmäßige deutsche Luftpostlinie Berlin—Weimar in Mitteleuropa mit zwei Flugzeugen eröffnet. Im westlichen Europa wurde der erste öffentliche Luftverkehr auf der Strecke Paris—London am 8. Februar 1919 durch die französische Gesellschaft „Messagerie Aérienne“ eingerichtet. Damit wurde in den für den kontinentalen Luftverkehr Europas wichtigsten Zonen fast zur gleichen Zeit mit dem Aufbau eines planmäßigen Luftverkehrs begonnen.

Trotzdem wertvolle Versuche zur Durchführung eines Luftverkehrs bereits vor dem Jahr 1919 festzustellen sind, so in Deutschland während des Weltkriegs sowie kurz nach Beendigung des Kriegs durch die Firma „Luftverkehr Sablatning“ auf der Strecke Berlin—Kiel, so muß doch als Geburtsjahr eines planmäßigen, für die Öffentlichkeit wichtigen deutschen Luftverkehrs das Jahr 1919 angesprochen werden. Ebenso können frühere Versuche in Frankreich, die während des Weltkriegs im Jahr 1918 auf der Strecke Paris—St. Nazaire zur Beförderung von Kriegspost gemacht worden sind, nicht als planmäßiger Luftverkehr angesprochen werden da ihnen der öffentliche Charakter einer Verkehrslinie, die jedermann zur Verfügung steht, fehlte.

Die in Deutschland eröffnete Linie wurde die Keimzelle zu einem vorwiegend von Berlin ausgehenden Streckennetz, das sich im Jahre 1920 schon zu einer ansehnlichen Größe von 1515 km entwickelte und auf der nur Post befördert wurde. An der Wiege standen in organisatorischer Hinsicht die Luftfahrtindustrie als Träger des Verkehrsangebots und die Deutsche Reichspost als Träger der Verkehrsnachfrage. Vom Jahr 1919 ab entwickelte sich der deutsche Luftverkehr von 10 t Post jährlich auf 7500 t Post im Jahr 1938 in ständig ansteigender Linie und gab die Grundlage für den bald einsetzenden Personen- und Frachtverkehr.

Der Personen- und Frachtverkehr begann, eine konsolidierte Bedeutung seit den Jahren 1926 und 1927 zu gewinnen, nachdem durch die Einheitsgründung der Deutschen Lufthansa gewisse Hemmungen des ungesunden Wettbewerbs mehrerer von der Luftfahrtindustrie aufgezogener Verkehrsgesellschaften, deren sehr wichtige Pionierarbeit im Luftverkehr in keiner Weise verkannt werden soll, beseitigt worden waren. Ähnlich war die Entwicklung in den anderen europäischen Ländern sowie in den Vereinigten Staaten von Amerika. Heute sehen wir somit auf einen zehn- bis zwölfjährigen Luftverkehr zurück, der den drei Verkehrsgattungen, Post, Personen und Fracht, fast in gleicher Weise dient und damit den Platz im allgemeinen Verkehrswesen belegt, der ihm artmäßig zusteht.

Aus diesen Entwicklungsphasen erklärt sich auch die Gründung des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt an der Technischen Hochschule Stuttgart am 1. Januar 1929, das mit seinen Forschungsarbeiten zu einer Zeit einsetzte, als in den meisten Kulturländern der Luftverkehr technisch und betrieblich wohl eigengesetzlich begann, verkehrlich aber, gebunden an die Grundgesetze der Verkehrswirtschaft, einer Förderung nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten be-

durfte, die im Drange der Entwicklung die Praxis ihm allein nicht bieten konnte. Heute nach 10 Jahren kann festgestellt werden, daß alle Länder der Erde, soweit sie Luftverkehr betreiben, die ordnende und wegweisende Forschungsarbeit des Instituts zur Grundlage ihrer Maßnahmen im Luftverkehr nehmen. Vielleicht erklärt diese Tatsache es in erster Linie, daß das Institut als einziges in der Welt heute noch die Luftverkehrswissenschaft behandelt und die Einrichtung weiterer Institute in anderen Ländern nicht notwendig gemacht hat. Dieser Seltenheitswert hat zwei Seiten. Einmal eine gute in Gestalt der weltweiten Beachtung seiner Untersuchungen, die sich auch in einer sehr weitgehenden Unterstützung seitens des Auslands mit Material äußert, dann aber auch eine nachteilige, weil die mannigfaltigen natürlichen und wirtschaftlichen Grundlagen des Luftverkehrs der Welt in besonderen Forschungsstätten der wichtigsten Entwicklungszonen der Erde zweckmäßiger behandelt werden können, als es in einem einzigen Institut möglich ist. Es hat den Anschein, als ob eine Ausweitung der Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Luftverkehrs in diesem Sinn demnächst in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Japan zu erwarten ist, was einen wesentlichen Fortschritt bedeuten und einem organischen Aufbau von Forschungsstätten für den Luftverkehr entsprechen würde.

Zeitperioden praktischen Einsatzes des Luftfahrzeugs für Verkehrszwecke und wissenschaftlicher Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Luftverkehrs legen den Gedanken nah, einen Augenblick zu verweilen, Rückschau und Ausschau zu halten, wobei nicht vergessen werden darf, daß er in umfassender Form nur möglich sein kann auf Grund jahrelanger Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Luftverkehrs, wie sie das Verkehrswissenschaftliche Institut für Luftfahrt nun 10 Jahre betrieben hat. 20 Jahre Verkehrsluftfahrt Deutschlands und anderer Länder und 10 Jahre Luftverkehrswissenschaft sind zwei Marksteine, die im großen Zukunftsfeld des Luftverkehrs festgehalten zu werden verdienen, da sie eine besonders wichtige Symphonie zwischen Willen und Erkenntnis, Praxis und Wissenschaft in Zeiten schwierigster Aufbauarbeiten abstecken und die Fundamente der Weiterentwicklung bilden.

Ihre Behandlung soll ferner dazu dienen, den zahlreichen Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Fluggeschichte, die sich fast ausnahmslos nur mit der Entwicklung des Luftfahrzeugs vom Ballon bis zum Flugzeug und den Persönlichkeiten, die es technisch vorwärts brachten, befassen, zu einem gewissen Teil eine Geschichte des Luftverkehrs, der der Ausnutzung des Luftfahrzeugs für das menschliche Zusammenleben dient, zur Seite zu stellen. Und zwar soll dieser Teil der Geschichte des Luftverkehrs in grundsätzlicher Form den willensmäßigen Einsatz der Luftfahrt, die Wandlungen im Verkehrsbedarf, in der Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Organisation des Luftverkehrs behandeln. Auf dem Querschnitt, der hierzu in den folgenden Abschnitten gegeben wird, kann dann in späteren Zeiten die Rückschau über die Weiterentwicklung aufgebaut werden, so daß aus dem Erleben und der zeitgemäßen Forschung heraus ein Gesamtbild über den stufenweisen Aufbau und Erfolg des Luftverkehrs jederzeit gewonnen werden kann. Auf diese Weise werden die zweckmäßigsten Grundlagen für die Beurteilung aller Elemente geschaffen, die im zeitlichen Ablauf der Luftverkehrsperioden für die Entwicklung maßgebend waren.

II. Willensmäßiger Einsatz der Luftfahrt im menschlichen Zusammenleben.

Die Anfänge der Luftfahrt gaben bereits zu der Meinung Anlaß, daß es in der gegenwärtigen Zeit keine echte Verkehrsferne mehr gibt. Prinzipiell ist jeder Punkt der Erde mit Hilfe der Luftfahrttechnik, wo nicht erreichbar, so doch einsehbar. Fliegeraufnahmen vermögen jeden Einblick in höchste Gebirgsgegenden und die unwegsamsten Gebiete der Erde zu vermitteln. Diese Tatsache hat zwar für den Luftverkehr keine besondere Bedeutung, da er wie jedes andere Verkehrsmittel in der Aufnahme und Abgabe von Verkehrsgut an bestimmte Betriebs- und Bodenstellen gebunden ist. Dagegen ist sie für die Daseinsberechtigung der Militärluftfahrt Ausgangspunkt und Grundlage in so maßgebender Form, daß von ihr das Schicksal von Ländern und Völkern abhängig zu werden beginnt. Auf dem Luftweg ist jeder Punkt der Erde erreichbar und aus der Luft angreifbar.

Ist es da verwunderlich, daß der Einsatz des Luftfahrzeugs für machtpolitische Zwecke und

Zwecke der Landesverteidigung auch heute noch weit seinen Einsatz für Verkehrszwecke überträgt und zwar in einem Maße, wie es bei keinem anderen verkehrstechnischen Instrument der Fall ist. Im Jahre 1928 wurden in der Welt für Luftrüstungen ohne Deutschland 1,4 Mia. Mark oder 10% der gesamten Rüstungsausgaben ausgegeben, im Jahre 1938 dagegen 8,0 Mia. Mark, wovon ungefähr mehr als die Hälfte für die Beschaffung von Flugzeugen und Motoren, also für Aufträge der Flugzeugindustrie, verwandt wurden¹. Für den planmäßigen Luftverkehr der Welt betragen demgegenüber die Ausgaben im Jahre 1928 0,13 Mia. Mark und im Jahre 1938 0,80 Mia. Mark, also rund ein Zehntel der Ausgaben für die Militärluftfahrt. Die auffallende Konstanz dieses Verhältnisses läßt fast vermuten, daß in dem Maße, in dem die ständige Ausweitung des Luftverkehrs der Welt die Möglichkeiten der Ortsveränderung auf dem Luftweg praktisch vor Augen führte, das Gefühl einer Bedrohung aus der Luft gewachsen ist. Es hat nicht den Anschein, als ob in dieser Beziehung bald eine Wandlung zugunsten des Verkehrsenners unter Nachlassen der militärischen Seite zu erwarten ist. Die Bekämpfung der Lebenszwietracht unter den Völkern durch die Mittel der Luftfahrt umfaßt heute allein 22% der gesamten Rüstungsausgaben der Welt. Den absoluten Ausgaben der Welt für Militärluftfahrt in Höhe von 8 Mia. Mark im Jahre 1938 stehen an Ausgaben für die Seerüstungen der gleichen Länder 5,7 Mia. Mark² im gleichen Jahr gegenüber, so daß der gewaltige Einsatz des Luftfahrzeugs für Wehrzwecke auch aus diesem Vergleich klar in Erscheinung tritt.

Diese Schattenstellung des Luftverkehrs in der gesamten Luftfahrt hat zwei Seiten, eine positive und eine negative. Es besteht kein Zweifel, daß, solange die Luftfahrt noch in der Entwicklung ist, und das ist heute wie vor 20 Jahren der Fall, durch die Erfahrungen und Erkenntnisse auf den Gebieten der Zivil- und Militärluftfahrt beiden gedient wird und beide sich bis zu einem gewissen Grade gegenseitig fruchtbar ergänzen. Auf der anderen Seite aber ist es ebenso unbestritten und durch die Geschichte der Verkehrsluftfahrt in einigen Ländern Europas mit hochentwickelter Luftwaffe während der letzten 15 Jahre erwiesen, daß der zu weit gehende Vorrang der Militärluftfahrt vor der Zivilluftfahrt sich in einem weniger fortschrittlichen Entwicklungsstand der Verkehrsflugzeuge äußert hat. Die Gründe liegen in der Verschiedenartigkeit des Zwecks, der Finanzierung und der wirtschaftlichen Seite beider Luftfahrtzweige, die z. T. einander entgegengesetzten Zielen folgen. Bei der Luftwaffe werden höchste Leistungen ohne Rücksicht auf Bau- und Unterhaltungskosten verlangt, bei der Zivilluftfahrt muß das Schwergewicht der Entwicklung der Flugzeuge auf Zuverlässigkeit, große Lebensdauer und wirtschaftliches Arbeiten gelegt werden. Die Wege, auf denen beide ihr Entwicklungsziel sehen, sind also überwiegend einander entgegengesetzt.

Mittelbar findet diese ungünstige Beeinflussung der Entwicklung von Verkehrsflugzeugen durch eine dominierende Stellung der Militärluftfahrt ihre Bestätigung durch zwei Beispiele der Vergangenheit. Im Jahre 1919 stellte eine nach Großbritannien gesandte Kommission der Vereinigten Staaten von Amerika fest, daß es aus wirtschaftlichen Gründen keinem Volk möglich sei, in Friedenszeiten eine seinen Verteidigungsnotwendigkeiten entsprechende Luftmacht zu unterhalten und daß daher eine Handels- und Verkehrsluftfahrt beschafft werden müsse, um die finanziellen Kosten zu tragen. Daraufhin entschlossen sich die Vereinigten Staaten von Amerika zum erstenmal in ihrer Verkehrsgeschichte zu einer bewußten Subventionierung eines Verkehrsbetriebs, in diesem Fall der Verkehrsluftfahrt, von der die Luftfahrtindustrie laufend Aufträge neben verhältnismäßig niedrigen Aufträgen der Luftwaffe erhielt. Im Jahre 1927 entfielen in den Vereinigten Staaten von Amerika von der Gesamtflugzeugproduktion 46% auf die Zivilluftfahrt und 54% auf die Militärluftfahrt, gegenüber 8% und 92% in England und Frankreich. Dadurch, daß die Luftfahrtindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika von den scharf rechnenden und den Gesetzen wirtschaftlichen Arbeitens unterworfenen Luftverkehrsgesellschaften und sonstigen privaten Stellen der Luftfahrt wichtige und umfassende Aufträge erhielt, wurde sie auf Bahnen der Konstruktion und Fertigung von Flugzeugen geführt, die ihr den gewaltigen Aufschwung im Bau von schnellen und wirtschaftlich arbeitenden Verkehrsflugzeugen und einen Vorsprung vor allen übrigen Ländern einbrachten, der noch kaum von einem Land eingeholt ist.

Ähnlich lagen die Verhältnisse früher in Deutschland, nur aus anderen Beweggründen heraus.

¹ Wagenführ, R.: Die Luftfahrtindustrie der Anderen. Hamburg 1939.

² Institut für Konjunkturforschung, Berlin. Wochenbericht Nr. 28 vom 12. Juli 1939.

Deutschland war jede Luftwaffe verboten. Es war daher gezwungen, sich ganz der Zivilluftfahrt zuzuwenden, um als großes, hochindustrielles Land nicht zu weit in der Entwicklung der Luftfahrt gegenüber den übrigen Ländern zurückgeworfen zu werden. Unter schwierigen finanziellen Verhältnissen und getragen vom Idealismus für das neue Verkehrsmittel gelang es der deutschen Luftfahrtindustrie, nicht gehemmt durch fremdartige Entwicklungselemente der Luftwaffe, ausgezeichnete Verkehrsflugzeuge herauszubringen und damit der Entwicklung des Luftverkehrs allgemein einen besonderen Dienst zu erweisen. Der deutsche Luftverkehr und die auf ihm aufgebaute Luftfahrtindustrie wurde damit ebenso zur Keimzelle der Luftfahrtindustrie für die Landesverteidigung wie in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Die Leistungen der deutschen Zivilluftfahrt in dem ersten Jahrzehnt der Nachkriegszeit stellten den auch vom Ausland anerkannten positivsten Faktor für die Geltung Deutschlands in der Welt dar. Sie lagen im Luftschiffverkehr, beginnend mit der Aufsehen erregenden Überführung eines Zeppelin-Luftschiffs im Jahre 1924 nach den Vereinigten Staaten von Amerika, einzigartig in der Welt, im Flugzeugverkehr in kräftiger Ausdehnung des Kontinentalverkehrs Europas und in dem Aufbau überseeischer Luftverkehrszellen in Südamerika und in China über dem Durchschnitt der übrigen Länder. Da sie von machtpolitischer Unvoreingenommenheit getragen waren, wirkten sie doppelt überzeugend und werbend im Sinne eines bewußten Einsatzes des Luftverkehrs für einen völkerverbindenden Weltverkehr.

In den Vereinigten Staaten von Amerika war die gegenseitige Ergänzung von Zivil- und Militär luftfahrt eine besonders glückliche, denn die im Schmelztiegel des Luftverkehrs erprobten strengen verkehrswirtschaftlichen Forderungen an die Konstruktion und den energetischen Wert der Luftfahrzeuge kamen auch der Militärluftfahrt zugute. Umgekehrt vermochte die Militärluftfahrt dem Luftverkehr eine wertvolle Hilfsstellung in bezug auf die Entwicklung von Höhenflugzeugen und Schnellflugzeugen zu bieten. Besonders in der Steigerung der Flughöhe treffen sich Militär- und Zivilluftfahrt auf gleichen Wegen. Erstere um der Flugabwehr auszuweichen, letztere um die Wetterzonen zu vermeiden. In der Schnelligkeit eilt die Militärluftfahrt der Zivilluftfahrt voraus, da letztere wirtschaftliche Bindungen an das gegenüber den anderen Verkehrsmitteln notwendige Vorsprungsmaß hat.

Heute in einer Zeit, in der fast die gesamte Luftfahrtindustrie der Welt auf die Militärluftfahrt eingestellt ist, bedarf es der bewußten Erinnerung der führenden Staaten an die große aufbauende Rolle, die die Zivilluftfahrt in der Vergangenheit für die gesamte Luftfahrt gespielt hat und daß einmal wieder die Zeit kommen wird, in der die Verkehrsflugfahrt helfen muß, das Fundament einer gesunden fortschrittlichen Luftfahrtindustrie zu bilden und zu erweitern. Diejenigen Staaten werden dann im Vorteil sein, die über der gewaltigen Aufrüstung ihrer Luftwaffe die Notwendigkeiten des Luftverkehrs nicht vergessen haben, denn darüber besteht kein Zweifel, daß eine leistungsfähige Zivilluftfahrt auf dem Gebiet der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Militärluftfahrt mehr zu bieten hat als umgekehrt. In der Militärluftfahrt mag die Wirtschaftlichkeit ein wenig bekannter Begriff sein und als wenig wichtig angesehen werden. Vom Standpunkt der Volkswirtschaft aber wird sie auch für den Militärbetrieb um so weniger vernachlässigt werden können, je umfassender er sich in einem Land aus Gründen der Landesverteidigung entwickeln muß. Insgesamt sind im Rahmen der finanziellen Stärke eines Landes die im Luftverkehr entwickelten Grundlagen für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Luftfahrt von sehr großer Bedeutung.

Bei dem im Vergleich zu den übrigen Verkehrsmitteln ungewöhnlichen Verhältnis zwischen Militär- und Zivilluftfahrt liegt der Gedanke nahe, ob nicht durch Ausdehnung des zivilen Luftverkehrs ein Teil der Aufrüstung der Luftwaffe von den Flugzeugen des zivilen Luftverkehrs übernommen werden kann. Dadurch würde der Luftverkehr in die Lage versetzt werden, zum Besten seiner eigenen Entwicklung eine wertvolle Reserve für die Landesverteidigung unter Entlastung der eigentlichen Militärluftfahrt zu bilden. Es ist nicht einzusehen, weshalb ein Weg, der in der Seeschifffahrt und im Landverkehr bei Eisenbahnen und Kraftwagen eingeschlagen werden konnte und sich seit Jahrzehnten bewährt hat, in der Luftfahrt nicht möglich sein soll, wenn ernstlich der Gedanke an einen gegenseitigen Ausgleich zwischen Militär- und Zivilluftfahrt

verfolgt wird. Jedes andere Verkehrsmittel hat bereits in Friedenszeiten hohe strategische Bedeutung für die Landesverteidigung, trotzdem es nach rein friedensmäßigen Gesichtspunkten seine Verkehrsarbeit leistet. Auch die Verkehrsflugzeuge erfüllen Transporte, die im Kriegsfall in zahlreichen Fällen kaum anders gelagert sind. Je mehr sich die Transporteinheiten des Luftverkehrs nach Nutzlast und Geschwindigkeit den Notwendigkeiten der Landesverteidigung nähern, und das ist heute mehr als je der Fall, um so weniger Anlaß liegt vor, die bisherige Ausschließlichkeit zwischen Militär- und Zivilluftfahrt aufrecht zu erhalten. Der Allgemeinheit würde damit durch Steigerung des Luftverkehrs ein großer Dienst erwiesen. Andererseits würden die Staatsfinanzen in der Erfüllung ihrer Aufgaben für die Landesverteidigung eine wesentliche Entlastung erfahren. Allerdings wäre hierbei eine wichtige Voraussetzung unbedingt zu erfüllen. Die Verkehrsflugzeuge müßten in erster Linie den Bedürfnissen des Verkehrs angepaßt werden und sich in dieser Beziehung eigen-gesetzlich entwickeln können. Das würde bedeuten, daß die Verkehrsflugzeuge in technischer Hinsicht selbständige Wege zu gehen haben mit dem Ziel, ihren Einsatz zu Kriegszeiten in einer Einheit mit der Luftwaffe möglichst zu unterstützen.

Braucht somit in einer Zeit stärkster Luftaufrüstung durchaus nicht von einer Krise für die

Tab. 1.
Lage und Ergebnis des Luftverkehrs der Welt
in den Jahren 1928 und 1938.

Gegenstand	1928	1938
1	2	3
Flugzeuge	900	1 980
Streckennetz in km.	118 000	406 000
davon entfielen auf		
Kontinentalstrecken in km . .	118 000	300 000
Transkontinentalstrecken in km	—	70 000
Transozeanstrecken in km. . .	—	36 000
Flug-km	38 000 000	300 000 000
Fluggäste	212 000	3 300 000
Post in t	1 530	25 000
Fracht in t	5 250	45 000
Ausgaben in 1000 RM	130 000	800 000
Einnahmen ohne Subventionen in 1000 RM	45 000	480 000
Einnahmen/Ausgaben in %	35	60
Anlagekosten in 1000 RM	700 000	3 400 000

Weiterentwicklung des Luftverkehrs gesprochen zu werden, wenn der grundsätzliche Wert des Luftverkehrs richtig gewürdigt und danach gehandelt wird, so scheint es doch notwendig, für die heutige Standortlage des Luftverkehrs nach weiteren Erscheinungen Ausschau zu halten, die es gestatten, dem Luftverkehr eine möglichst klare Voraussage für die Zukunft zu geben. Es empfiehlt sich, diese Untersuchungen auf den Wandlungen aufzubauen, die in den letzten zehn Jahren der Luftverkehr nach den verschiedensten Richtungen erfahren hat und die eine Grundlage für die richtige Beurteilung der Dinge sowie für die Mittel und Wege der Förderung

seiner Entwicklung zu geben vermögen. Sie sollen sich beziehen auf die Wandlungen im Verkehrsbedarf, in der Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Organisation und zum Schluß auf das Zusammenspiel zwischen diesen fünf Grundbedingungen, die einen Luftverkehr heute und in Zukunft bestimmen.

Ein Querschnitt durch den Luftverkehr der Jahre 1928 und 1938 möge zunächst Lage und Ergebnis des Luftverkehrs der Welt und seine Dynamik charakterisieren. Er ist in Tab. 1 enthalten. Ganz allgemein ist eine bemerkenswerte Steigerung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit im Luftverkehr der Welt für den Zeitraum von zehn Jahren festzustellen. Die Steigerung ist am größten bei dem Verkehrsumfang. Sie beträgt für Fluggäste das 15fache, für Post das 16fache und für Fracht das 10fache. Es kennzeichnet den betriebswirtschaftlichen Fortschritt, wenn diese Mehrleistung im Verkehrsumfang bei nur 8facher Steigerung der Flugkilometer und nur 2,2facher Vermehrung des Flugzeugparks erzielt wurde. Besonders erfolgreich waren die Bemühungen der Luftverkehrsunternehmungen, durch Senkung der Ausgaben und Steigerung der Einnahmen die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, denn einer Deckung der Ausgaben durch Verkehrseinnahmen von 35% im Jahre 1928 steht eine solche von 60% im Jahre 1938 gegenüber.

Angesichts dieses günstigen Entwicklungsquerschnitts durch den Luftverkehr der letzten zehn Jahre ist es außerordentlich aufschlußreich zu untersuchen, in welchem Entwicklungsfortschritt die heutigen Ergebnisse in Leistungen und wirtschaftlichem Erfolg im Luftverkehr der Welt

erreicht werden konnten. Dabei wäre zunächst zu behandeln, wie weit die bisherige Entwicklung als organisch im menschlichen Zusammenleben und im Einsatz der Luftfahrzeuge für Zwecke der Ortsveränderung angesehen werden kann.

III. Die Wandlungen im Verkehrsbedarf.

Im Jahre 1929 wurde in Heft 1 der Forschungsergebnisse des Instituts auf Grund einer vergleichenden Untersuchung der Grundlagen des Luftverkehrs und der bodenverbundenen Verkehrsmittel der Grundsatz aufgestellt, daß dem Luftverkehr nur hoch- und eilwertiges Verkehrsgut zufließen würde, für das die hohen Transportkosten im Vergleich mit den im Luftverkehr gebotenen wesentlich höheren Reisegeschwindigkeiten tragbar sind. Da das Bedürfnis nach Beschleunigung des Transports ganz allgemein mit der zeitlichen Entfernung der Verkehrsquellen, die zueinander streben, wächst, so mußte sich zwischen der Lebensfülle des Raumes oder seiner Siedlungsdichte

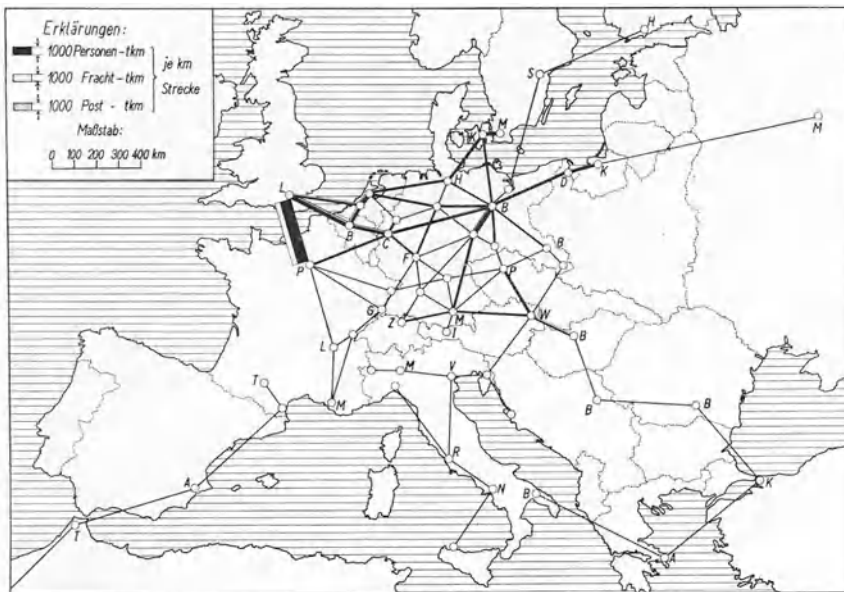


Abb. 1. Die Verkehrsströme im kontinentalen Luftverkehrsnetz Europas im Jahre 1927.

einerseits und dem Verkehrsbedürfnis im Luftverkehr andererseits ein grundsätzliches Verhältnis entwickeln. Dieses Verhältnis wurde damals dahin festgelegt, daß im verkehrlich gut erschlossenen, dicht besiedelten und verhältnismäßig kleinräumigen Europa Großsiedlungen von mehr als 300 000 Einwohnern und die Landeshauptstädte die wichtigsten Träger des Verkehrsbedarfs im Luftverkehr sein würden, in den weniger dicht besiedelten und weiträumigen Vereinigten Staaten von Amerika Städte von mehr als 150 000 Einwohnern und die Hauptstädte der Bundesstaaten und in den übrigen Gebieten mit dünner Besiedlung und schlechter verkehrlicher Erschließung noch erheblich kleinere Städte und ihre Hauptstädte.

Die Entwicklung hat dieses Grundgesetz des Luftverkehrsbedarfs in vollem Umfang bestätigt, wie ein Vergleich zwischen den im planmäßigen Luftverkehr angeflogenen Städten und den kontinentalen Luftverkehrsströmen von Europa, den Vereinigten Staaten von Amerika und anderen Gebieten für die Jahre 1927 und 1936 zeigt. So entfallen in den beiden Jahren von den im europäischen Luftverkehr beförderten Verkehrsmengen allein 85—87% auf Städte mit mehr als 300 000 Einwohnern oder Hauptstädte, in den Vereinigten Staaten von Amerika 84% auf Städte von mehr als 150 000 Einwohnern und Bundesstädte. Wie aus den Abb. 1 und 2 ersichtlich ist, haben sich auf den gleichen in den Jahren 1927 und 1936 beflogenen Luftverkehrslinien Europas die Verkehrsströme in keiner Verkehrsbeziehung so sehr verstärkt, wie in der Verbindung zwischen Großbritan-

nien und dem Kontinent über den Ärmelkanal. Stärkste wirtschaftliche und kulturelle Beziehungen bieten hier im Zusammenspiel mit einem großen Vorsprungsmaß des Luftverkehrs gegenüber dem gebrochenen Erdverkehr ein ideales Feld für den Luftverkehr. Wie sehr hierbei die wirtschaftlichen Kräfte und das Bedürfnis nach hoch- und eilwertigem Verkehr eine ausschlaggebende Rolle spielen, zeigt in erläuternder Form der Luftverkehrsstrom Berlin—Leipzig im Jahre 1936, der trotz bester Eisenbahnverbindungen zwischen den beiden Städten entstehen konnte. Er stellt ein Schulbeispiel für die Luftverkehrsfreundlichkeit des Handels- und Geschäftslebens, wie es die Messestadt Leipzig auszulösen vermag, dar.

Eine ähnliche Entwicklung zeigen die Luftverkehrsströme in dem zweiten Entwicklungszentrum für den Luftverkehr, den Vereinigten Staaten von Amerika, jedoch mit dem Unterschied, daß bei den großen Raumweiten im politischen Einheitsbereich der Union in noch stärkerem Maße der Vorzug der großen Reisegeschwindigkeit im Luftverkehr zur Geltung kommen konnte als im kleinräumigen, politisch stark zergliederten Europa. Das wirtschaftliche Zusammenspiel zwischen dem

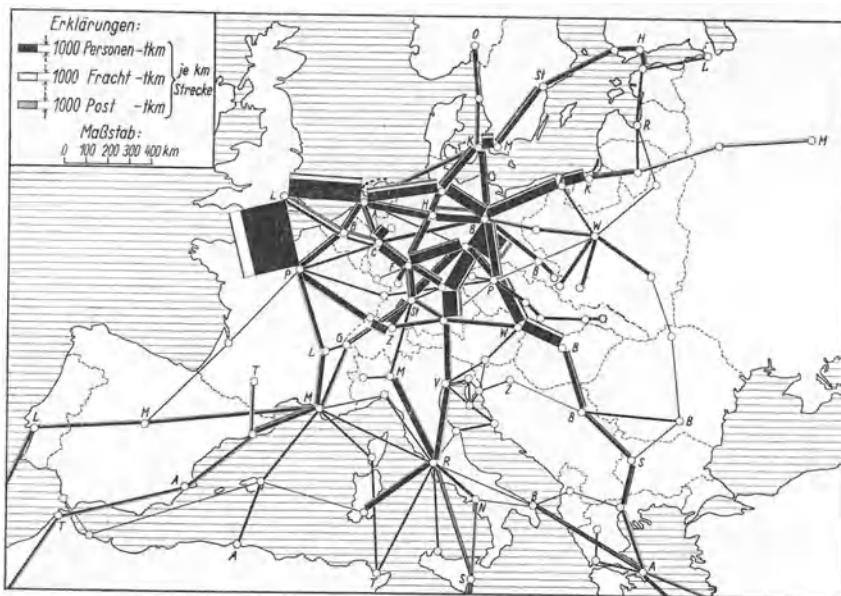


Abb. 2. Die Verkehrsströme im kontinentalen Luftverkehrsnetz Europas im Jahre 1936.

hochentwickelten Handels- und Geschäftsleben des Ostens und des Westens der Vereinigten Staaten von Amerika kann kaum klarer veranschaulicht werden als durch die in den Abb. 3 und 4 wiedergegebene Stärke der Luftverkehrsströme in der Ost—Westrichtung. Ihr gegenüber tritt die Nord—Südrichtung trotz des in ihr liegenden noch größeren Vorsprungsmaßes gegenüber dem Eisenbahnverkehr stark zurück, weil die wirtschaftlichen Beziehungen in dieser Richtung weniger ausgeprägt sind.

Da die Abb. 1—4 sowohl geographisch wie in den Stärken der Verkehrsströme den gleichen Maßstab haben, so gestatten sie einen anschaulichen Vergleich zwischen dem Luftverkehrsbedarf der beiden Gebiete, die in gleicher Weise als durch Erdverkehrsmittel gut erschlossen angesehen werden können. Dem politisch, kulturell und wirtschaftlich stark gegliederten Europa entspricht sein engmaschiges, gleichsam nach allen Richtungen ausstrahlendes Verkehrsnetz mit seinen großen Unterschieden in der Stärke der Verkehrsströme. Dem politisch und auch in der Hauptsache kulturell einheitlich, wirtschaftlich aber in mancher Beziehung verschieden gearteten Raum der Vereinigten Staaten von Amerika dient ein Luftverkehrsnetz, das nach Lage der im Raum verteilten wirtschaftlichen Kräfte vorwiegend in der Ost—Westrichtung orientiert ist und daher eine einheitlichere Struktur sowohl nach Maschenweite wie nach Stärke der Verkehrsströme aufweist als das europäische Netz.



Abb. 3. Die Verkehrsströme im kontinentalen Luftverkehrsnetz der Vereinigten Staaten von Amerika im Jahre 1928.

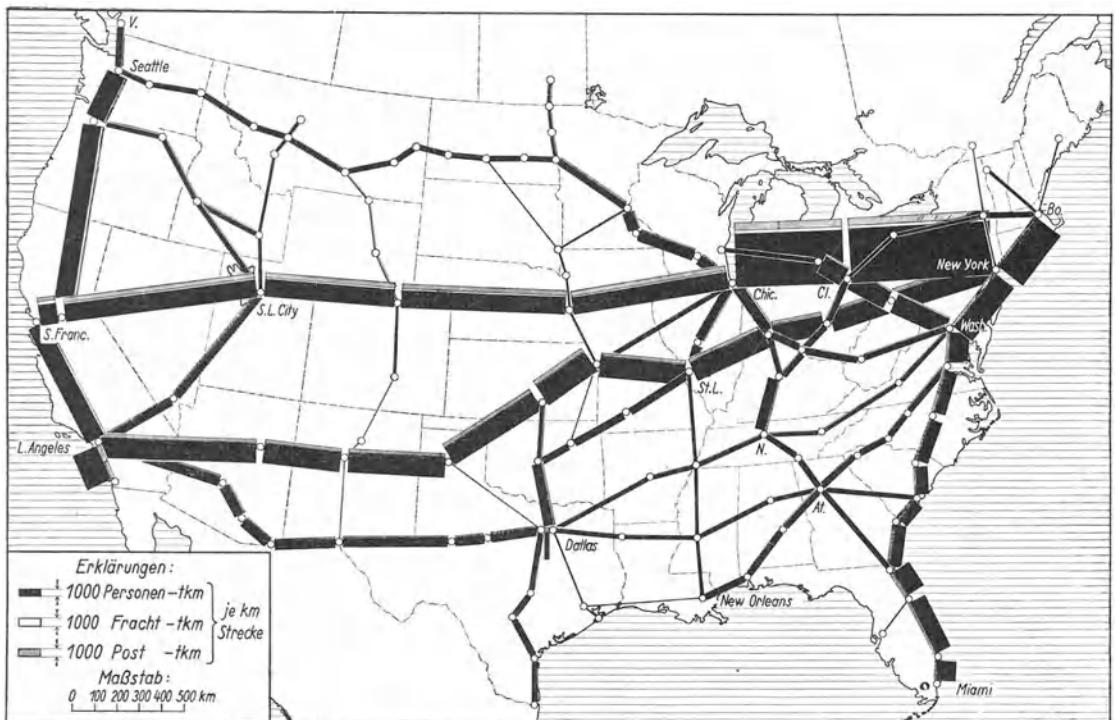


Abb. 4. Die Verkehrsströme im kontinentalen Luftverkehrsnetz der Vereinigten Staaten von Amerika im Jahre 1936.

In verkehrlich schlecht erschlossenen Gebieten oder kolonialen Ländern sind die Luftverkehrslinien in Orten von 1000—25000 Einwohnern mit allein 70% der insgesamt angeflogenen Orte verankert. Das sehr große Vorsprungsmaß des Luftverkehrs gegenüber den primitiven Erdverkehrsmitteln vermag hier in verhältnismäßig kleinen Siedlungen noch Luftverkehrsbedürfnis zu mobilisieren, das in europäischen Orten gleicher Größe mit Rücksicht auf die gute Verkehrsbedienung durch die Erdverkehrsmittel unmöglich wäre.

Können wir somit für den kontinentalen Luftverkehr eine Bedarfslage feststellen, die sich organisch aus dem Wirtschafts- und Kulturleben sowie aus der Raumerschließung durch die übrigen Verkehrsmittel ergeben hat, so liegen die Verhältnisse im Weltluftverkehr nicht anders. In seiner Zeitspanne von 1931 bis 1938 hat er auf den Transkontinentalstrecken und dann beginnend auf den Transozeanstrecken ein Entwicklungsmaß angenommen, das in jeder Richtung dem Gesetz des Ausgleichs zwischen hohen Transportkosten und Zeitersparnis entspricht. Die wirtschaftlichen Aktionszentren der Erde sind die Träger des Verkehrsbedarfs ge-

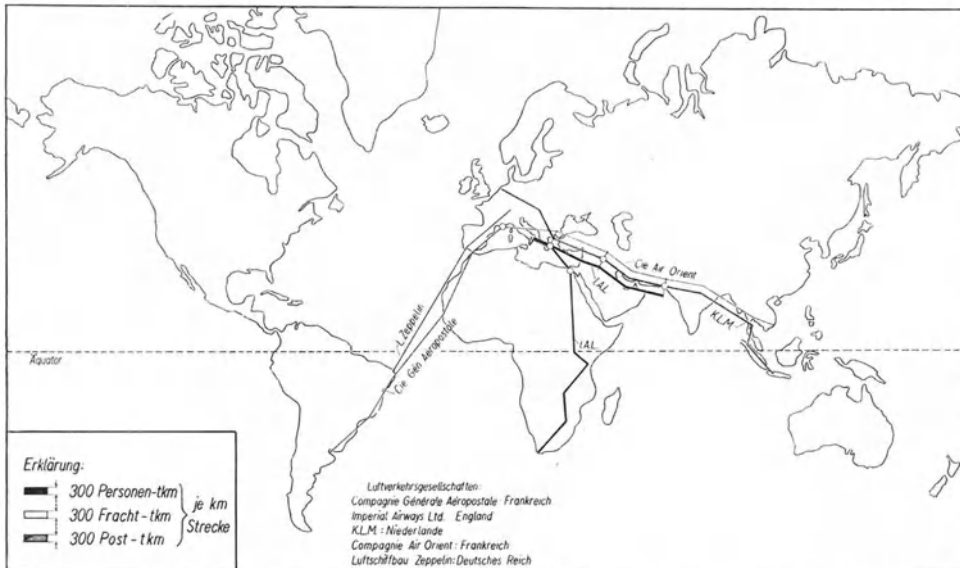


Abb. 5. Verkehrsströme auf den Weltluftverkehrslinien im Jahre 1932.

worden, wie die Untersuchungen des Instituts im Jahre 1929 es voraussagen ließen. Aus den Abb. 5 und 6, die in bezug auf die Stärke der Verkehrsströme den $3\frac{1}{3}$ fachen Maßstab wie die Abb. 1—4 aufweisen, ist zu ersehen, daß das Maß der Entwicklung verhältnismäßig noch stärker ist als im kontinentalen Verkehr der Vereinigten Staaten von Amerika, trotzdem diese große Reichweiten von transkontinentalem Ausmaß haben. Das ist vor allem für die Linie Europa—Südostasien der Fall, weniger für die Linie Europa—Südamerika. Das Zusammenspiel zwischen machtpolitischen und wirtschaftspolitischen Kräften im Zuge der Ostasienlinie erklärt diesen Unterschied ebenso wie die rein wirtschaftlichen Beziehungen, die den Luftverkehr Europa—Südamerika tragen. Das Gesamtbild ist noch uneinheitlich, weil die Anlaufzeit der Weltluftverkehrslinien vor allem über dem Stillen Ozean noch kurz ist und über dem verkehrsstärksten Nordatlantischen Ozean in seinem wichtigsten nördlichen Teil aus technischen Gründen noch nicht begonnen hat. Prinzipiell aber läßt sich auf Grund der bisherigen Erfahrungen im Weltluftverkehr sagen, daß seine Bedarfslage im Vergleich zum kontinentalen Luftverkehr als erstrangig angesehen werden kann und daß in ihrer Befriedigung die weitere technische Entwicklung ihr vornehmstes Ziel zu erblicken hat.

Zusammenfassend kann bezüglich der Bedarfslage im Luftverkehr gesagt werden, daß sich ein gesundes Zusammenspiel zwischen den für den Luftverkehr besonders geeigneten Raumgebieten

des Wirtschafts- und Kulturlebens der Länder, Kontinente und der Welt und der Netzgestaltung des Luftverkehrs entwickelt hat, das kaum noch Fehlentwicklungen erwarten läßt. Der Luftverkehr hat von seinem nur ihm bisher in der Verkehrsgeschichte gebotenen Sondervorzug einer verhältnismäßig klaren Einsicht in Art, Größe und Raumlage seiner Verkehrsquellen einen verständnisvollen Gebrauch gemacht und damit die ihn tragenden Verkehrsunternehmen vor Rückschlägen von der Bedarfslage her bewahren können. Diese Tatsache läßt sich im einzelnen noch näher beleuchten durch die Struktur der Verkehrsmengen der Warengruppen im Luftverkehr und des Luftverkehrsnetzes in den Entwicklungszentren Europa und den Vereinigten Staaten von Amerika.

Zu Beginn der Einrichtung eines planmäßigen Luftverkehrs waren die Meinungen darüber, welche der drei Verkehrsarten, Personen, Post und Fracht, sich mengenmäßig am stärksten der Luftfahrt zuwenden würde, geteilt. Wohl war man sich klar darüber, daß die Briefpost in erster Linie den beschleunigten Transport im Luftverkehr schätzen und sich seiner bedienen würde. Die Anfänge des Luftverkehrs gehen daher auch in fast allen Ländern auf den Postverkehr zurück, wobei die

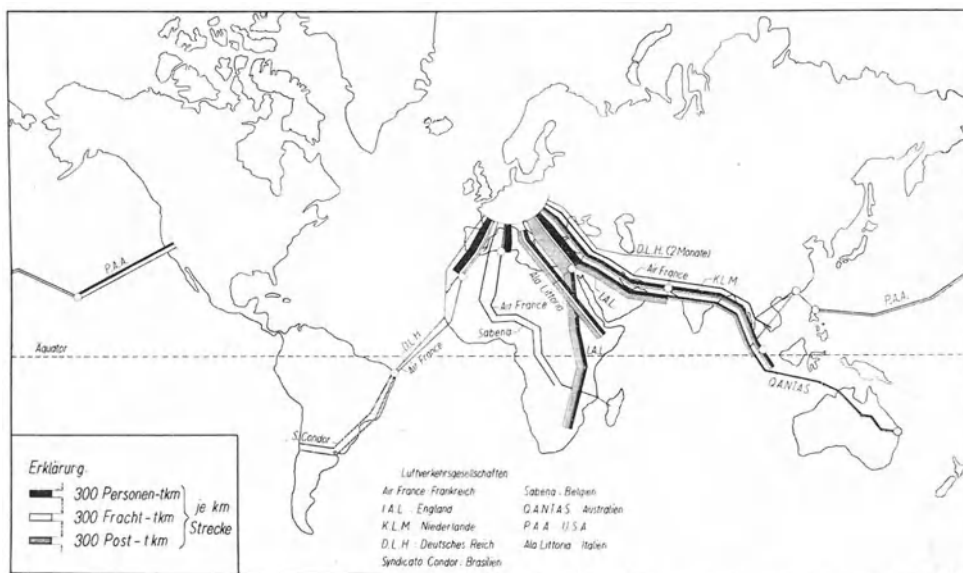


Abb. 6. Verkehrsströme auf den Weltluftverkehrslinien im Jahre 1937.

Deutsche Reichspost eine besonders führende und aufbauende Rolle gespielt hat. Große Unsicherheit bestand dagegen über die Frage, wie weit der Personen- und Frachtverkehr an Bedeutung gewinnen würde. Diejenigen, die den Standpunkt vertraten, daß nach einer gewissen Anlaufzeit, in der die Sicherheit im Luftverkehr zu entwickeln war, der Personenverkehr sich bald ebenbürtig neben den Postverkehr stellen würde, haben recht behalten.

Wie Tab. 2 zeigt, beherrscht heute der Personenverkehr die Verkehrsmengen im Kontinental- und Weltluftverkehr. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß die Tarifpolitik nicht unwesentlich zu diesem Ergebnis beigetragen hat, insofern als die Fahrpreise für den Personenkilometer sich nur unwesentlich von den Fahrpreisen in der 1. bis 2. Klasse der Eisenbahnen unterscheiden, der Geschwindigkeitsvorsprung des Luftverkehrs also ganz zur Geltung kommen konnte. Für die Luftpost wurden dagegen erhebliche Zuschläge zu dem Normalporto und für die Fracht erheblich höhere Preise für den tkm als im Expreßgut der Eisenbahnen erhoben. Wie ausschlaggebend diese unterschiedliche tarifarisches Behandlung für die Beladung der Flugzeuge mit Verkehrsgut ist, zeigt sich in den letzten Jahren in der Beförderung von zuschlagfreier Post auf dem Luftweg, wodurch die Postmengen in gewaltigen Sprüngen nicht allein im Weltluftverkehr sondern auch im Kontinentalluftverkehr nach dem Prinzip des schnellsten Beförderungswegs zugenommen haben. Es muß als eine für das Bedürfnis der Wirtschaft sowohl wie der Luftverkehrsgesellschaften gleich günstige

Entwicklungstendenz angesehen werden, wenn durch die Einführung der zuschlagfreien Post die Auslastung der Flugzeuge mit zahlender Last wesentlich verbessert werden kann. Auch dann werden die Einnahmen aus dem Postverkehr je Verkehrsleistungseinheit oder geleisteten tkm immer noch höher sein als die entsprechenden Einnahmen aus dem Personen- und Frachtverkehr. Im übrigen liegt das spezifische Verkehrsbedürfnis in Personen bzw. Kilogramm je 1000 Einwohner in Europa mit seinem dichten Erdverkehrsnetz und seinen engen Räumen wesentlich niedriger als in den Ver-

Tab. 2.

Verkehrsmengen aus Personen, Post und Fracht im planmäßigen Luftverkehr Europas und der Vereinigten Staaten von Amerika in den Jahren 1928 und 1937 und im Weltluftverkehr in den Jahren 1932 und 1937.

Verkehrsnetz	Jahr	Personen		Personen			Post			Fracht			Gesamt		
		Anzahl in 1000	Anzahl je 1000 Einwohner	t	%	kg je 1000 Einw.	t	%	kg je 1000 Einw.	t	%	kg je 1000 Einw.	1000 t	%	kg je 1000 Einw.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I. Luftverkehr der Gesellschaften von															
a) Europa	1928	237,2	0,5	18 975	74,5	40	893	3,5	2	5 618	22	12	25,5	100	54
	1937	1109,5	2,1	88 758	78,0	170	8531	7,5	16	16 518	14,5	31	113,8	100	217
b) USA.	1928	49,7	0,47	3 977	59,8	38	1843	27,6	17	841	12,6	8	6,7	100	63
	1937	1267,6	9,7	101 406	88,4	780	9300	8,1	72	4 043	3,5	31	114,7	100	883
II. Weltluftverkehr	1932	5,6	—	446	67,3	—	142	21,4	—	75	11,3	—	0,7	100	—
	1937	23,5	—	1 880	49,2	—	1292	34,0	—	641	16,8	—	3,8	100	—

einigten Staaten von Amerika mit ihren für den Luftverkehr so günstigen Bedingungen des Raumes. Es kann kaum klarer das grundsätzliche Verhältnis zwischen Verkehrsbedürfnis und Raumweiten gekennzeichnet werden als durch diesen Unterschied.

Die Spezialisierung der Bedarfslage im Post- und Frachtverkehr zeigt die Analyse der Tab. 3 und 4. Die Briefpost steigert immer mehr ihren Anteil an der Gesamtpost gegenüber Paketen und Zeitungen, eine Erscheinung, die sicherlich einem besonderen Bedürfnis der Wirtschaft ent-

Tab. 3.

Charakteristik der Postmengen im Luftverkehr Deutschlands in den Jahren 1927 und 1938.

Jahr	Luftpostnetz 1000 km	Jährliche Flugleistung 1000 km	Gesamte beförderte Luftpostsendungen							
			Briefsendungen		Pakete		Zeitungen		Insgesamt	
			t	%	t	%	t	%	t	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1927	30,5	9 970	27,4	9,0	80,3	26,6	194,4	64,4	302,1	100
1938	72,0	21 400	6690,8 ¹	89,5	219,6	2,7	581,9	7,8	7492,3	100

¹ davon 6131,6 t ohne Zuschlaggebühr
und 559,2 t gegen Zuschlag.

spricht. Die Warengruppen, die im einzelnen in Europa und in den Vereinigten Staaten von Amerika im Luftverkehr befördert werden, gehören alle zu den hoch- und eilwertigen Gütern. Es ist dabei sehr aufschlußreich, daß in den letzten acht Jahren sich die Bedeutung der einzelnen Warengruppen kaum verschoben hat, also im Frachtverkehr eine Stabilisierung der Verhältnisse eingetreten ist. Sie kann durchaus als gesund bezeichnet werden, wenn auch der Anteil der Fracht an den gesamten Luftverkehrsmengen noch steigerungsfähig sein dürfte. Dieses fernere Ziel sollte durch Senkung der Frachttarife aber erst dann angestrebt werden, nachdem die zuschlagfreie Post zu ihrem Recht an verfügbarem Laderaum gelangt ist. Diese Reihenfolge in der Mobilisierung von Ver-

kehrsmengen für den Luftverkehr entspricht auch den wirtschaftlichen Interessen der Luftverkehrsgesellschaften.

Die Struktur des Luftverkehrsnetzes Europas hat in den letzten 10 Jahren zwei bemerkenswerte Wandlungen durchgemacht: einmal in bezug auf die Länge der Luftstreckenurse und zweitens in bezug auf das Verhältnis der Inlands- und Auslandsstrecken der verschiedenen nationalen Gesellschaften. Während im Jahre 1928 die Fluglinienlänge 900 km nicht überstieg und im Mittel nur 188 km betrug, ist sie im Jahre 1938 auf über 1500 km gewachsen mit einem Mittel von 478 km. Besonders wichtig ist der Rückgang des Anteils des Zubringerdienstes an der gesamten Reisezeit von früher durchschnittlich 47% auf 32%, der zweifellos eine psychologisch günstige Wirkung auf die Mobilisierung des Personenverkehrs mit sich gebracht hat. Die Struktur des europäischen Luftverkehrsnetzes hat

Tab. 4.
Charakteristik der Fracht nach Warengruppen im Luftverkehr.

Warengruppen	Europäische Luftverkehrsgesellschaft		Luftverkehrsgesellschaften in USA. 1937 %
	1930 %	1938 %	
1	2	3	4
Auto-, Maschinen- und Radioteile	23,9	22,3	25,5
Blumen und Lebensmittel	28,2	14,7	—
Filme und Optik	4,5	9,8	12,1
Kleider und Textilwaren	18,1	20,2	3,1
Klischees, Werbematerial u. Drucksachen	5,1	15,3	25,5
Leder- und Pelzwaren	2,1	4,2	2,3
Chemikalien und Farben	3,0	3,1	3,0
Edelmetalle und Wertpapiere	2,6	0,6	21,5
Sonstiges	12,5	9,8	7,0
Summe:	100,0	100,0	100,0

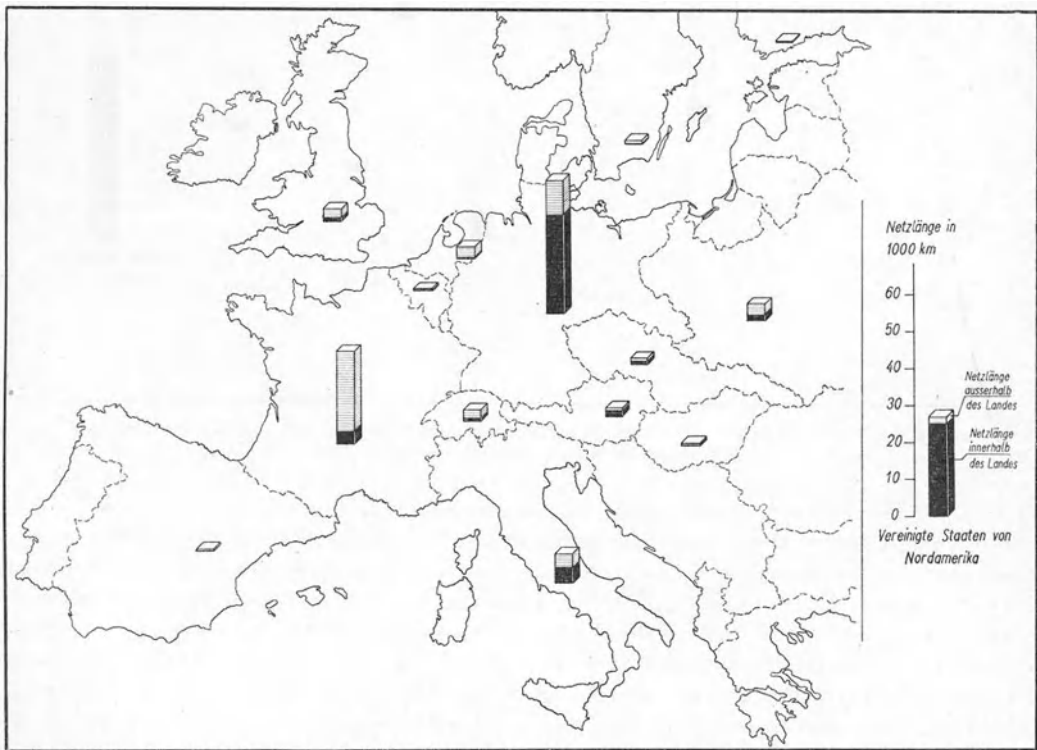


Abb. 7. Länge des Luftverkehrsnetzes der Luftverkehrsunternehmen der europäischen Länder innerhalb und außerhalb der Landesgrenzen im Jahre 1928.

sich fortlaufend im Sinne einer Verbesserung der Bedarfslage entwickelt und ist immer mehr dem Grundgesetz gefolgt, durch Vergrößerung der Luftverkehrsstrecken der Allgemeinheit und dem betriebswirtschaftlichen Sektor des Luftverkehrs zu dienen.

Dieses Gesetz konnte in Europa um so stärkere Beachtung finden, je mehr die nationalen Luftverkehrsgesellschaften aus dem engen Bereich ihres Landes über die Grenzen hinaus und zu den anderen Erdteilen vorstoßen konnten. Es zeigt sich dies deutlich in dem Wandel des Verhältnisses zwischen der Länge der innerhalb und außerhalb des Landes betriebenen Luftverkehrsstrecken seiner nationalen Gesellschaften im Jahre 1928 und 1938. Die Abb. 7 und 8, die hierüber Aufschluß geben, sprechen für sich. Sie lassen aber auch erkennen, wie sehr Deutschland aus Mangel an überseeischen Besitzungen gegenüber allen anderen europäischen Großstaaten und z. T. auch Kleinststaaten in der Verbesserung der Langstreckenstruktur des Netzes seiner Einheitsgesellschaft behindert ist und daher unter besonders ungünstigen Verhältnissen seinen Luftverkehr betreiben muß. Die weltweiten Wirtschaftsbeziehungen Deutschlands finden in der Langstreckenstruktur

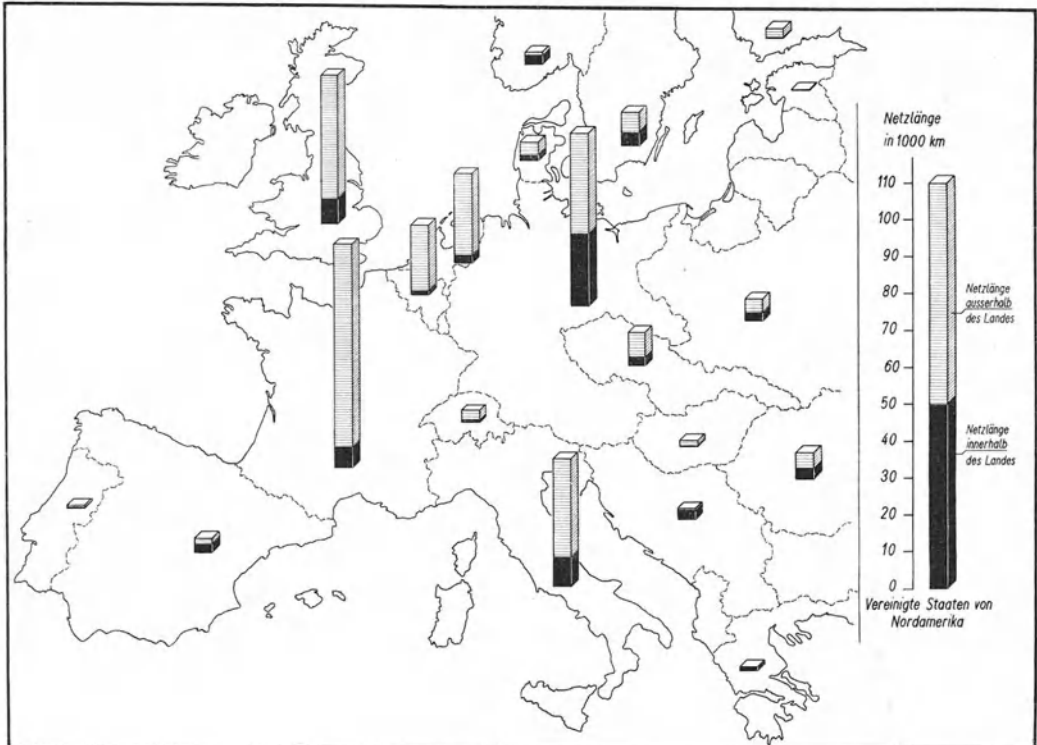


Abb. 8. Länge des Luftverkehrsnetzes der Luftverkehrsunternehmen der europäischen Länder innerhalb und außerhalb der Landesgrenzen im Jahre 1938.

des Netzes der Deutschen Lufthansa ohne ihre eigene Schuld in keiner Weise genügend Ausdruck und Berücksichtigung, so daß es nicht genügend dieser Bedarfsfrage gerecht zu werden vermag.

Diese Tatsache findet auch mittelbar ihren Ausdruck in Abb. 9, in der der Einfluß des Kolonialbesitzes auf den Luftverkehr nach Untersuchungen des Instituts für Konjunkturforschung dargestellt ist¹. Die Unduldsamkeit der Kolonien besitzenden Mutterländer Europas gegenüber Ländern ohne Kolonialbesitz im Überfliegen ihrer Besitzungen hat zu einem starken Auseinanderklaffen der Luftverkehrsleistungen beider Länderarten geführt. Es ist in keiner Weise begründet durch das luftverkehrstechnische Unvermögen eines Landes, sondern findet allein seine Erklärung in eigennützigen Handlungen, sehr zum Schaden des gesamten Luftverkehrs und seines Fortschritts. Es besteht kein Zweifel, daß durch Beseitigung dieses Mißverhältnisses der Verkehrsbedarf der Welt im Luftverkehr stärker angeregt werden würde, als es unter den heutigen Verhältnissen der Fall ist. Die Geschichte der Überseeschifffahrt mit ihrer Freiheit der Meere ist hierfür die beste Lehrmeisterin.

¹ Institut für Konjunkturforschung, Berlin. Wochenbericht Nr. 43/1938.

Ein klassisches Beispiel für den Schaden, den eine engherzige und politisch einseitige Einstellung eines Landes zum Luftverkehr anderer Länder mit sich bringen kann, ist in der Geschichte des Zeppelin-Luftverkehrs gegeben. Die große Pionierarbeit, die die Fahrten der Zeppelin-Luftschiffe zur Verbindung der Erdteile über die Ozeane und zur Erforschung des Luftraums und seiner Eigenarten über den Ozeanen geleistet haben, ist seit 1937 abgebrochen worden. Die Ursache liegt nicht im technischen Sektor, sondern darin, daß die Vereinigten Staaten von Amerika aus politischen Gründen ihr Monopol in dem Besitz von Heliumgas ausnutzen. Durch Verweigerung einer Lieferung von Heliumgas verhindern sie praktisch den Einsatz der nach den modernsten Gesichtspunkten gebauten Zeppelin-Luftschiffe in einem Augenblick, als auf Grund der Erfahrungen auch der letzte und wichtigste Faktor der Verkehrsunsicherheit im Luftschiffverkehr technisch als befriedigt angesehen werden konnte.

Die dadurch veranlaßte plötzliche Ausschaltung des Zeppelin-Luftverkehrs aus den Weltluftverkehrslinien schadet dem Weltluftverkehr allgemein. Denn wenn je ein Luftfahrzeug der Welt die große Bedeutung einer Überwindung der Ozeane auf dem Luftwege praktisch und überzeugend vor Augen geführt hat, so sind es die Zeppelin-Luftschiffe gewesen. Man mag der Ansicht sein, daß sie infolge ihrer verhältnismäßig geringen Fahrgeschwindigkeit mit der Zeit durch die schnellen Flugzeuge abgelöst worden wären. Aber selbst wenn diese Annahme zutreffen sollte, so hätte, bis dieser Zeitpunkt erreicht worden wäre, das Luftschiff noch jahrelang wesentlich zur Entwicklung vor allem des durch die Flugzeuge noch nicht genügend beherrschten Luftraums über den Ozeanen beitragen können. Dadurch, daß nun diese Mitarbeit der Zeppelin-Luftschiffe im Weltluftverkehr ausfällt, wird der endgültige Aufbau des Transozeanluftverkehrs auf Jahre in einem Augenblick zurückgeworfen, als das Zeppelin-Luftschiff bereits einen regelmäßigen und planmäßigen Transatlantikdienst aufgenommen hatte. Die Verhinderung des Einsatzes der Zeppelin-Luftschiffe durch Verweigerung der Lieferung von Heliumgas gehört daher zu den unfruchtbarsten Kapiteln politischer Unduldsamkeit und Einmischung in den Luftverkehr. Sie ist um so weniger zu rechtfertigen, als nur in geschlossener Zusammenarbeit aller Länder und Erdteile das große Ziel eines weltumfassenden Luftverkehrs in möglichst kurzer Zeit erreicht werden kann.

In bezug auf die Bedarfslage steht der Luftverkehr heute vor zahlreichen geklärten Grundlagen, nach denen sich die Luftverkehrsnetze bereits organisch entwickeln konnten. Von den Verkehrsarten, die sich dem Luftverkehr zuwenden, hat der Personenverkehr nach anfänglichem Nachteilen hinter dem Postverkehr immer mehr an Boden gewonnen, so daß er heute mengenmäßig überwiegt. Mit der Einführung der zuschlagfreien Post wird sich voraussichtlich dieses Verhältnis zugunsten der Postmengen verschieben, was als durchaus gesund und zweckmäßig sowohl für den Verkehrskunden wie für die Luftverkehrsunternehmen angesehen werden muß.

Was den willensmäßigen Einsatz des Luftverkehrs anbelangt, so kann vielleicht gesagt werden, daß die Antriebsräder im Gesamtgefüge des Luftverkehrs der Welt auf der Achse Europa—Vereinigte Staaten von Amerika, den Trägern der Weltmacht und Wirtschaftspolitik, sitzen, die Bremsklötze dagegen auf der Achse Lufthoheit — einseitig verteilter Raumbesitz, den Elementen des machtpolitischen Eigennutzes. Zwar ist im europäischen Raum praktisch bereits nach dem Prin-

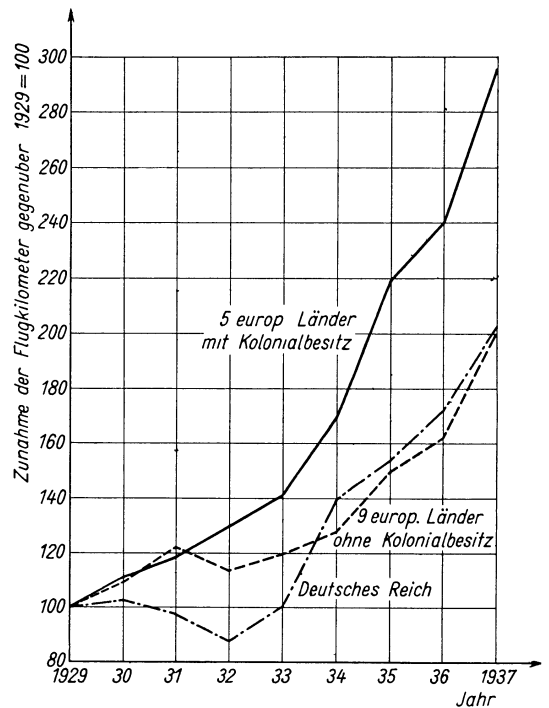


Abb. 9. Einfluß des Kolonialbesitzes auf den Luftverkehr.

zip der Gegenseitigkeit die Lufthöhe gleichsam überwunden, aber auf den Hochstraßen des Weltluftverkehrs übt sie noch sehr nachteilige Wirkungen aus, unter denen besonders Deutschland zu leiden hat. Es liegt im Interesse eines schnellen und leistungsfähigen Aufbaues des Weltluftverkehrsnetzes, nach dem Beispiel des Überseeverkehrs allen im Luftverkehr weltweit tätigen Ländern die raumpolitischen Möglichkeiten zur Einrichtung von Weltluftverkehrslinien zu geben und damit die Bedarfslage im Luftverkehr allgemein zu verbessern.

Die Beurteilung des Luftverkehrs von der Bedarfs- oder Nachfrageseite her wird in hohem Maße beeinflusst und bestimmt durch die verkehrs- und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte, nach denen sich die Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Organisation des Luftverkehrs entwickelt haben. Sie verkörpern gleichsam die Angebotsseite im Luftverkehr nach Güte und Menge. Ihre Wandlungen zu kennzeichnen, ist daher eine zweite wichtige Aufgabe bei Beurteilung der Frage, wo der Luftverkehr heute steht.

IV. Die Wandlungen in der Sicherheit des Luftverkehrs.

Kein Gebiet weist für seine Beurteilung unsicherere Grundlagen auf als der Faktor „Sicherheit im Luftverkehr“. Nicht etwa, daß es schwierig wäre, die Sicherheit nach Maßstäben und Ursachen genügend zu erfassen. In diesem Punkt ist bei allen Luftverkehrsgesellschaften und Ländern eine ein-

Tab. 5.

Die Verkehrssicherheit im Luftverkehr der Vereinigten Staaten von Amerika in den Jahren 1928 und 1937.

1	Planmäßiger Verkehr		Privater Verkehr	
	1928	1937	1928	1937
2	3	4	5	
Flug-km in 1000 km	16 800	123 887	96 540	165 721
Beförderte Reisende	49 713	1 267 580	1 200 000	1 580 412
Zahl der Toten:				
a) Besatzung	9	15	152	171
b) Reisende	15	51	210	112
1000 Flug-km je Toten:				
a) Besatzung	1 867	8 259	635	969
b) Reisenden	1 120	2 429	460	1 480
Reisende je toten Reisenden . . .	3 314	24 855	5 714	14 110

gehende Unfallstatistik mit Unterteilung aufgebaut worden, wie sie kaum ein anderes Verkehrsmittelaufweist. Unmöglich wird aber nahezu die vergleichende Beurteilung durch die Zurückhaltung, mit der die Luftverkehrsgesellschaften ihre Unfallstatistik, vor allem in bezug auf die Unfallursachen, der Öffentlichkeit vorenthalten.

Gewiß liegt hierzu die Begründung nah, daß durch

eine zu weitgehende Bekanntmachung der Unfallgründe unnötig Unruhe unter die Verkehrskunden getragen würde. Wenn man aber feststellt, wie bei allen anderen Verkehrsmitteln mit voller Offenheit die Unfallstatistik der Öffentlichkeit bekanntgegeben und in ihr behandelt wird, so liegt kaum ein Grund vor, im Luftverkehr anders zu verfahren, es sei denn, daß er die Öffentlichkeit zu scheuen hätte. Dies ist aber keineswegs der Fall. Man vermag also in der übertriebenen Zurückhaltung, wie es manche Länder und Gesellschaften üben, nur ein Verfahren mit falschen Voraussetzungen zu sehen, das keinem nützen kann. Das einzige Land, das seit jeher eingehende Unfallstatistiken über den Luftverkehr veröffentlicht, sind die Vereinigten Staaten von Amerika, so daß alle Untersuchungen über dieses Gebiet, soweit sie wissenschaftlicher Art sind, sich auf dieses Material stützen müssen. Für Europa fehlt dieses Material, bzw. wird es nicht zur Verfügung gestellt.

Die Wandlungen in der sog. Verkehrssicherheit, die die Sicherheit des Verkehrsguts umfaßt, im planmäßigen und privaten Luftverkehr der Vereinigten Staaten von Amerika kennzeichnet Tab. 5. Sie zeigt im planmäßigen Luftverkehr eine unverkennbare Verbesserung der Sicherheit, sowohl was die Zahl der Flug-km je Toten der Reisenden und Besatzung anbelangt, wie auch die auf einen toten Reisenden entfallende Reisendenzahl. Sogar in dem weniger einer fachtechnischen Sicherheitskontrolle unterworfenen Privatluftverkehr liegt diese Tendenz vor, wenn auch nicht in so ausgesprochenem Maße wie im planmäßigen Luftverkehr.

Die Verkehrssicherheit wird im allgemeinen durch die betriebliche Sicherheit oder das

sichere Arbeiten des Betriebsapparats bedingt, wodurch Betriebsunfälle möglichst vermieden werden sollen. Sie wird erfaßt durch die Unfallursachen, deren Analyse den wertvollsten Maßstab für die Fortschritte in der Sicherheit sowie für die Mittel und Wege gibt, Unfälle zu verhüten. In einer für unsere Zwecke geeigneten, starken gruppenweisen Zusammenfassung enthält Tab. 6 einen Überblick über die anteilmäßigen Wandlungen der Unfallursachen in den Vereinigten Staaten von Amerika. Positiv ist dabei vor allem das

starke Nachlassen der Triebwerksstörungen zu werten, die in früheren Zeiten noch recht unange- nehme Faktoren der Unsicherheit darstellten. Im übrigen liegt nach wie vor das Schwergewicht der Unfallursachen auch heute noch bei Wetter und Bedienungsfehlern oder der Unzulänglichkeit des Menschen. Die Zunahme des Anteils der Flughäfen und der Mängel an Flugzeug und Aus- rüstung an den Unfallursachen dürfte z. T. auf die Eigenarten

des Schnellverkehrs zurückzuführen sein, die im Zusammenspiel zwischen Flughafen und Flugzeug neue schwierige Probleme ausgelöst haben.

Der Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln läßt die Sicherheit des Luftverkehrs gemäß Tab. 7 noch in einem verhältnismäßig ungünstigen Licht erscheinen, wenn sie auch auf nahezu gleicher Sicherheitsstufe mit dem Straßenverkehr steht. Beide: Luftverkehr und Straßenverkehr bedürfen

Tab. 6.
Die Betriebssicherheit nach Unfallursachen im Luftverkehr der Vereinigten Staaten von Amerika in den Jahren 1928 und 1937.

Unfallursache	Planmäßiger Luftverkehr		Privater Luftverkehr	
	1928 %	1937 %	1928 %	1937 %
1	2	3	4	5
Wetter	31,4	25,4	4,5	7,8
Flughafen	9,3	15,5	5,1	9,4
Mängel an Flugzeug und Ausrüstung . .	10,5	19,6	4,8	9,4
Triebwerksstörungen	10,5	2,0	16,3	14,7
Bedienungsfehler	24,4	21,9	56,7	53,9
Sonstige Ursachen	13,9	15,6	12,6	4,8
Summe:	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 7.
Sicherheitsgrad der Verkehrsmittel in den Vereinigten Staaten von Amerika im Durchschnitt der Jahre 1935—1937.

Verkehrsmittel	Personen-km in Milliarden	Tödliche Unglücksfälle	Anzahl der tödlichen Unglücksfälle je 1 Milliarde Personen-km
1	2	3	4
1. Eisenbahnen	25,6	33	1,3
2. Luftverkehrsunternehmen .	0,40	19	47,5
3. Privatkraftwagen	560	31 000	55,4

noch dauernder Anstrengungen zur Verbesserung ihrer Sicherheit. Zwar ist die Spanne in den letzten zehn Jahren wesentlich verringert worden, aber sie ist auch heute noch so groß, daß der Faktor Sicherheit im Luftverkehr in bezug auf die Wetterlage, die Zuverlässigkeit des Flugpersonals und die aus der ständigen Zunahme der Fluggeschwindigkeiten sich ergebenden besonderen Gefahrenmomente einer sehr eingehenden Beobachtung und Förderung bedarf. Die Mittel und Wege zur Lösung der hierbei aufkommenden flugsicherungstechnischen Probleme werden im folgenden Abschnitt über Leistungsfähigkeit behandelt, da sie eine besondere Bedeutung auch dadurch gewinnen, daß von ihnen die Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs in stärkstem Maße abhängt.

V. Die Wandlungen in der Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs.

Die Wandlungen in der Leistungsfähigkeit lassen verkehrsmäßig vier Grunderscheinungen erkennen:

1. Die endgültige Einrichtung des Schnellverkehrs auf kontinentalen Strecken.
2. Das Prinzip des Tag-Nacht-Verkehrs auf langen Strecken.
3. Der Flug in größeren Höhen zur Vermeidung der Wetterzone.

Die positive Wirkung, die die Verwendung von Schnellflugzeugen für den Luftverkehr gebracht hat, kommt klar in der Verbesserung des Vorsprungsmaßes in der Reisezeit gegenüber dem Schnellverkehr auf den Eisenbahnen zum Ausdruck. Es hat sich auf den wichtigsten kontinentalen Luftverkehrsstrecken nahezu verdoppelt, so daß es heute im Durchschnitt bei 4,6 liegt gegenüber 2,6 im Jahre 1928, wenn die Zubringerzeit wegen ihrer großen Unterschiede bei den verschiedenen Flughäfen nicht berücksichtigt wird. Es ist damit ein Vorsprungsmaß erreicht, das aus Gründen des Wettbewerbs mit den Eisenbahnen kaum noch wesentlich verbessert zu werden braucht, aber technisch auch aus anderen Gründen für den Kontinentalverkehr bereits eine Grenze zu werden beginnt.

Die Steigerung der Fluggeschwindigkeiten hat nämlich die Spanne zwischen Höchst- und Landegeschwindigkeit und damit auch der Mindestgeschwindigkeit zur Erhaltung des

Tab. 9.
Rauminhalt der Fluggasträume in verschiedenen Verkehrsflugzeugen in den Baujahren 1928/29 und 1937/38.

1	Typ	Zahl der Passagiere	Höchstgeschwindigkeit km/h	Kabinen-Raum		Bodenfläche der Kabine		Ungefähre Höhe der Kabine m	Toilette	
				Pas-sagier-Kabine m ³	Raum je Pas-sagier m ³	Pas-sagier-Kabine m ²	Fläche je Pas-sagier m ²		Raum-inhalt m ³	Boden-fläche m ²
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1928	Junkers F 13	4	203	2,7	0,68	2,3	0,58	~ 1,30	—	—
	Junkers G 24	9	210	11,5	1,28	6,15	0,68	~ 2,00	0,93	0,51
	Junkers G 31	11	214	17	1,54	10,6	0,96	~ 1,80	1,35	0,74
	Dornier Do X.	72	216	120	1,67	72,0	1,00	2,00	7,00	3,50
	Fokker F VIII	8	190	16	2,00	9,0	1,12	~ 1,80		
	Vickers "Vanessa"	4	165	2,8	0,70	1,85	0,46	~ 1,60		
	Lockheed "Vega"	4/6	251	2,3	0,58	2,0	0,50	~ 1,15		
	Ryan "Brougham"	5	225	2,5	0,50	2,1	0,42	~ 1,20		
1929	Junkers G 38	30	215	39,25	1,31	21,3	0,71	2,00	5,25	3,00
1935/37	Junkers Ju 52	16	290	17,5	1,10	10,3	0,65	2,00	1,00	0,70
	Junkers Ju 86	10	380	12,2	1,22	7,3	0,73	1,60		
	Heinkel He 70	4/6	370	3,2	0,80	1,95	0,49	~ 1,70		
	Heinkel He 111	10	410	11,5	1,15	7,0	0,70	~ 1,80	1,50	0,90
	Airspeed "Envoy"	6/8	267	11,5	1,92	7,8	1,30	~ 1,45		
	Fokker F XXXVI.	32	300	32	1,00	13	0,40	2,45		
	Latécoère 582 (Flugboot)	16/12	275	27	1,70	15	0,94	~ 2,00	2,60	1,30
	Lockheed "Elektra"	10	325	8,5	0,85	6,7	0,67	~ 1,30	1,39	1,02
	Sikorsky 42 (Flugboot)	32	306	45,3	1,40	20	0,63	~ 2,00	2,20	1,10
	Douglas DC 2	14	338	20	1,43	12,5	0,89	1,90		
Douglas DC 3	21	356	34	1,60	19,0	6,91	1,95			
1938	Junkers Ju 90	40	400	55	1,37	31,5	0,79	~ 2,00		
	Focke-Wulf FW 200	26	420	40,6	1,56	22,3	0,86	~ 2,00		

Schwebezustands immer mehr vergrößert. Da aus Gründen der Sicherheit und praktischen Verwendbarkeit die Landegeschwindigkeiten der Verkehrsflugzeuge 100 km/h nicht überschreiten sollen, so liegt diese Spanne heute bei 3,5 bis 4,0, d. h. die Fluggeschwindigkeit bei Schnellverkehrsflugzeugen ist 3,5 bis 4,0 mal größer als die höchst zulässige Landegeschwindigkeit. Das Problem, das sich hieraus entwickelt, ist nicht beschränkt auf die technische Seite der Flugzeuggestaltung, sondern es greift hinüber auf die Ausgestaltung der Flughäfen, auf denen eine genügend große Anflugsicherheit und ausreichender Auslauf für die Landung vorhanden sein muß. Wenn heute die Flughäfen mit Rücksicht darauf in der Hauptlanderichtung 2—2,5 km lang sein müssen, so ist damit eine Grenze erreicht, die aus natürlichen Gründen nicht mehr überschritten werden darf. Wenn es daher nicht gelingen sollte, mit neuen zuverlässig wirkenden Mitteln am Flugzeug die Landegeschwindigkeiten auf den heute als zulässig anerkannten Maßen zu halten, so hat der Schnellverkehr auch aus technischen Gründen seine Grenze erreicht, wenn die Sicherheit des Luftverkehrs

nicht leiden soll. Es kommt hinzu, daß nach den Untersuchungen des Instituts eine weitere Steigerung der Geschwindigkeiten eine zunehmende Erhöhung der Betriebskosten je tkm mit sich bringt.

Mit Höchstgeschwindigkeiten der Verkehrsflugzeuge im kontinentalen Verkehr von 350—400 km/h dürfte daher aus verkehrswirtschaftlichen und technischen Gründen der Schnellverkehr in der Luft

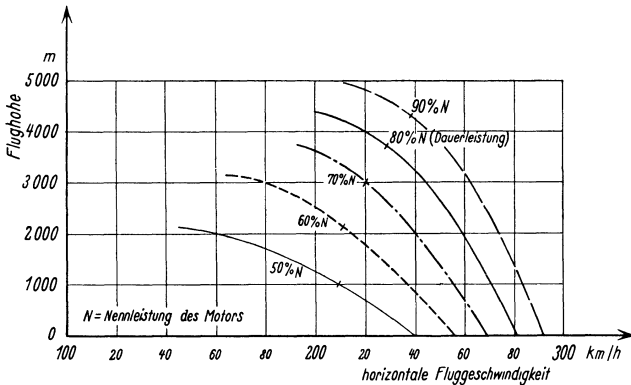


Abb. 11. Fluggeschwindigkeit in der Horizontalen in Abhängigkeit von der Flughöhe für ein einmotoriges Reiseflugzeug mit Bodomotor.

Fluggewicht = 1380 kg	Besatzung = 1
Passagiere = 3	Motor = 1 × 240 PS.

senden und das Personal erkaufte wird. Die Zahlen der Tab. 9 über den Rauminhalt der Flug-
gasträume in den Jahren 1928 und 1937 zeigen gerade bei den Schnellflugzeugen keine wesentliche
Verbesserung der auf den Reisenden entfallenden Raumgröße oder der Bequemlichkeit des Reise-
flugs. Es würde ein den Verkehrsbedarf sehr abschreckendes Entwicklungsziel bedeuten, wenn unter

Einschränkung der Platzgrößen zu weitgehende Zugeständnisse an die
Schnelligkeit gemacht würden.

Der Grundsatz und die praktische Durchführung des Tag-
Nacht-Verkehrs auf lange Strecken bedeutet eine wesentliche
Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr. Er kann jedoch
nur so weit praktisch werden, als eine genügende Flugsicherheit zur
Tag- und Nachtzeit gewährleistet ist, die sich auf eine zuverlässig
arbeitende Funksicherung und
Nachtbeleuchtung der Flughäfen
stützen muß. Aber selbst, wenn
diese Voraussetzungen gegeben

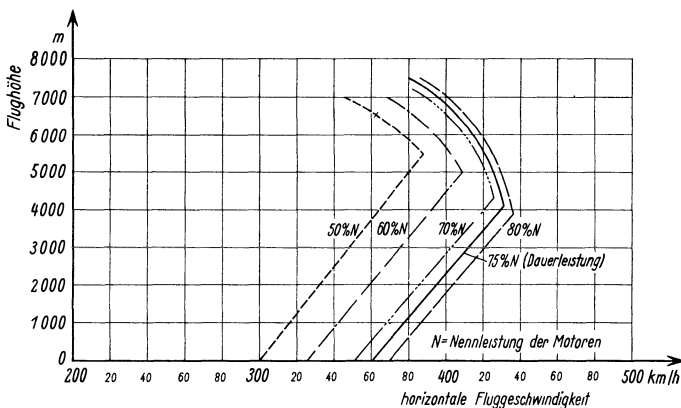


Abb. 12. Fluggeschwindigkeit in der Horizontalen in Abhängigkeit von der Flughöhe für ein viermotoriges Verkehrsflugzeug mit Höhenmotoren.

Fluggewicht = 25 340 kg	Besatzung = 4
Passagiere = 40	Motoren = 4 × 1300/1450 PS.

sind, wird ein Personenverkehr für ihn nur in Frage kommen, wenn den Reisenden genügend
Raum zum Aufenthalt bei Tag und zum Schlafen bei Nacht zur Verfügung gestellt wird. Die
hierbei auf den Fluggast entfallende Raumgröße wird sich je nach den Streckenverhältnissen
zwischen 2,5—4,3 cbm bewegen müssen. Die Geschwindigkeit ist dann bei weitem nicht so aus-
schlaggebend wie bei reinem Tagverkehr. Im übrigen hängt die Einrichtung des Tag- und Nacht-
luftverkehrs im wesentlichen noch davon ab, daß gegenüber einem leistungsfähigen Eisenbahnnetz
ein genügender Zeitvorsprung durch den Nachtflug erzielt wird. Für europäische Verhältnisse
ist dies weniger gegeben als für andere Erdteile und vor allem für den Weltluftverkehr.

Vom Standpunkt der Sicherheit und Regelmäßigkeit im Luftverkehr sind seit langem Bestrebungen vorhanden, durch Verlegen des Flugs in größere Höhen ihn der Wetterzone zu entziehen. Vor allem liegt dies nah für den Langstreckenverkehr, bei dem der Zeitverlust, der sich aus dem Steigen und Gleiten in bzw. aus größeren Höhen ergibt, durch längeres Fliegen in den Zonen geringerer Luftdichte bei Verwendung von Höhenmotoren und Verstell-schrauben ausgeglichen werden kann. In den Abb. 11—14 ist die verkehrsmäßige Bedeutung des Höhenflugs nach Geschwindigkeit und Flugzeit veranschlagt. Sie sind der eingehenden Untersuchung zur dritten Abhandlung dieses Heftes entnommen.

Der Vergleich der Dauerleistung eines Flugzeugs mit Bodenmotor und eines Flugzeugs mit Höhenmotor in Abhängigkeit von der Flughöhe zeigt, daß das Flugzeug mit Höhenmotor erst in Höhen von 4000—5000 m seine höchste Flugleistung und damit auch Fluggeschwindigkeit erreicht, während die Leistung des Bodenmotors ständig mit der Flughöhe abnimmt. Überträgt man gemäß Abb. 13 und 14 diese Verhältnisse auf die Flugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite und der Flughöhe, so ergibt sich, daß ein Flugzeug mit Bodenmotor zum Beispiel in drei Stunden in Bodenhöhe 840 km, dagegen in 4 km Höhe nur 640 km zurückzulegen vermag. Bei dem Flugzeug mit Höhenmotor liegen die Verhältnisse nahezu umgekehrt. In drei Stunden legt das Flugzeug in Bodenhöhe 1080 km zurück, in 4 km dagegen 1250 km. Aus der Charakteristik der Abb. 14 ergibt sich weiter, daß der Höhenflug nur auf große Entfernungen wertvoll ist, da mit der Zunahme der Flugweiten die Flugzeiterparnis gegenüber dem niedrigen Flug sich erhöht.

Diese Tatsache kann noch eine besondere Bedeutung gewinnen, wenn die Verdichtung des Luftverkehrs eine Staffelung der Flüge in der Vertikalen zur Verhütung von Zusammenstößen in der Luft notwendig macht. Bei Verwendung von Flugzeugen mit Höhenmotoren würde diese Staffelung wesentlich einfacher sein und zu erheblich geringeren Zeitverlusten führen als bei Flugzeugen mit Bodenmotoren. Die Bemühungen zur Entwicklung von Höhenflugzeugen mit dem Ziel, sich der Wetterzone zu entziehen, bedeutet daher auch eine wertvolle Vorarbeit für eine Zuweisung bestimmter Höhen für in verschiedenen Richtungen auf einer Strecke sich bewegendende Flugzeuge, wie es bereits in manchen Ländern mit starken Luftverkehr, wie beispielsweise in dem

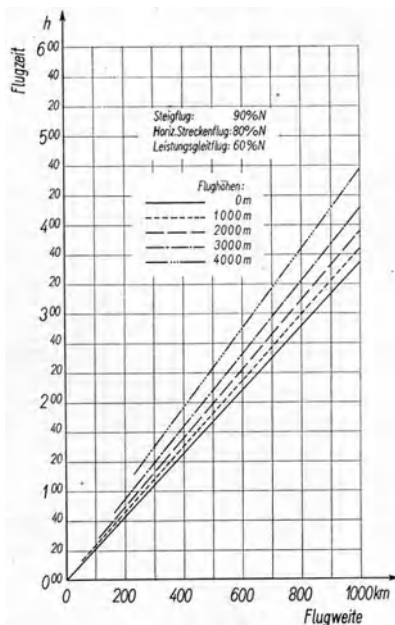


Abb. 13. Flugzeit eines einmotorigen Reiseflugzeugs mit Bodenmotor in Abhängigkeit von der Flugweite.

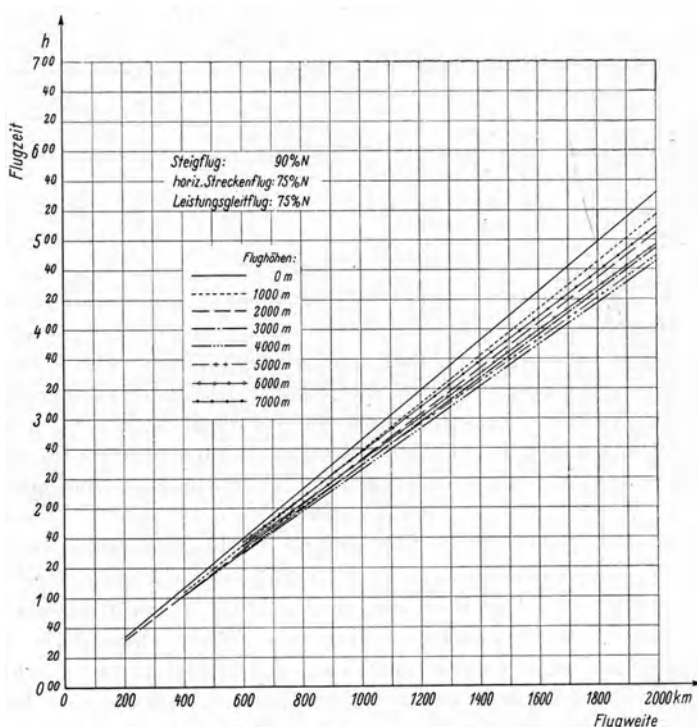


Abb. 14. Flugzeit eines viermotorigen Verkehrsflugzeugs mit Höhenmotoren in Abhängigkeit von der Flugweite.

Vereinigten Staaten von Amerika, notwendig geworden ist. Von dem Erfolg der Bemühungen um die Entwicklung von Höhenflugzeugen hängt ein wesentlicher Teil der Leistungsfähigkeit des Angebots ab, er kommt der Sicherheit, Regelmäßigkeit und Schnelligkeit im Luftverkehr zugute. Zu diesem Problem wird im einzelnen in der dritten Abhandlung des Heftes noch näher Stellung genommen.

Der Höhenflug erfährt noch eine besondere Begründung durch die vierte Grunderscheinung in der Beurteilung der Leistungsfähigkeit, als welche wir die Steigerung der Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten bezeichneten. Die in früheren Jahren vielfach übliche Zeitlage der Flüge um die Mittagszeit mußte sich auf Grund der Erfahrungen bei anderen Verkehrsmitteln als un- zweckmäßig erweisen, da sie zum Verkehrsbedarf unrichtig lag. Der Verkehrsbedarf ist im Personenverkehr in erster Linie in den Morgen- und Abendstunden, beim Post- und Frachtverkehr dagegen in den Abendstunden am größten. Es ist eine positive Umstellung auf diese Zeiten in den letzten Jahren im Luftverkehr festzustellen. Darüber hinaus ist aber in richtiger Einschätzung

Tab. 10.
Wandlungen in der Häufigkeit der Verkehrsbedienung in den Jahren 1928 und 1938.

Verkehrsverbindung	Wochentliche Verkehrsgelegenheiten in einer Richtung					
	Luftverkehr		Seeverkehr		Eisenbahn- verkehr	
	1928	1938	1928	1938	1928	1938
1	2	3	4	5	6	7
a) Kontinentalverkehr						
Berlin—Wien	18	21	—	—	56	77
Berlin—Rom	6	14	—	—	77	85
Berlin—Paris	13	32	—	—	63	105
Berlin—London	18	26	—	—	42	49
Paris—London	32	101	63	42	—	—
New York—Chicago	21	175	—	—	112	161
New York—Los Angeles	7	35	—	—	21	28
San Francisco—Chicago	7	21	—	—	21	28
b) Transkontinentalverkehr						
Europa—Südostasien	0	8	7	7	4	4
Europa—Südafrika	0	4	5	5	—	—
c) Transozeanverkehr						
Europa—Nordamerika	0	0	24	20	—	—
Europa—Südamerika	0	2	10	6	—	—
Nordamerika—Ostasien	0	1	2½	4	—	—

des verkehrsbelebenden Werts einer häufigen Verkehrsbedienung die Zahl der Flüge auf einer Strecke, wie Tab. 10 zeigt, wesentlich vermehrt worden.

Am stärksten ist diese Vermehrung auf den amerikanischen Strecken, auf denen sie an die Verkehrsgelegenheiten im Eisenbahnschnellverkehr gleicher Verkehrsbeziehung heranreicht. Abgesehen von der mit amerikanischen Maßstäben der Häufigkeit arbeitenden Linie London—Paris, ist man auf den übrigen bedeutendsten europäischen Strecken nicht so weit

gegangen, weil hier das Vorsprungsmaß im Luftverkehr unter Einrechnung der Zubringerzeit mit Rücksicht auf die verhältnismäßig kurzen Strecken gegenüber dem erdgebundenen Verkehr geringer ist. Auf einigen Transkontinentallinien ist die Häufigkeit der Verkehrsbedienung bereits gleich derjenigen im Überseeverkehr. Auf den Transozeanlinien dagegen läßt sie auf den bereits organisierten Strecken noch zu wünschen übrig. Nach Einrichtung des Luftverkehrs über den Nordatlantik mit seinem starken Verkehrsbedürfnis für den Transport von hoch- und eilwertigen Verkehrsarten wird sehr bald ein Höchstmaß an Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten auf Weltluftverkehrslinien notwendig werden.

Bei der Frage der Verdichtung der Flüge auf einer Strecke hängt mit dem Problem einer Vermehrung der Flüge auch die Überlegung nach einer Erhöhung der Nutzladefähigkeit der Flugzeuge zur Befriedigung des Verkehrsbedürfnisses eng zusammen. Sie ist grundsätzlich so zu lösen, daß zunächst im Interesse des Verkehrsbedarfs die Häufigkeit der Flüge zu steigern und erst später, wenn sich die Notwendigkeit ergibt, die Ladefähigkeit für zahlende Last zu vergrößern ist. Die Vermehrung der Häufigkeit regt primär den Verkehrsbedarf an und muß die Voraussetzungen schaffen für die Erhöhung der Nutzladefähigkeit. Auf der anderen Seite bringt die Erhöhung der Nutzladefähigkeit eine Senkung der Selbstkosten für den angebotenen tkm mit

sich, so daß sie vom wirtschaftlichen Standpunkt aus in allen Fällen vorteilhaft ist, in denen genügend zahlende Last aufkommt.

Diese Reihenfolge ist um so notwendiger, als bei dem geringen Anteil der Nutzladefähigkeit am Gesamtgewicht eine ungenügende Auslastung durch zahlende Last von großem wirtschaftlichen Nachteil ist. Die Wandlungen in dem Verhältnis zwischen Nutzladefähigkeit und Gesamtgewicht der Flugzeuge hat heute gegenüber früher eine stark negative Tendenz. Während, wie Tab. 11 zeigt, im Kontinentalverkehr des Jahres 1928 mit Rücksicht auf die verhältnismäßig kurzen Flugstrecken der Anteil der Nutzladefähigkeit 23—30% des Gesamtgewichts betrug, ist sie im Jahre 1937 auf 17—19% gesunken. Im transkontinentalen Verkehr liegt sie bei 12—19%, dagegen im Transozeanverkehr mit seinen längeren Strecken und großen Zulademengen an Betriebsstoff nur bei 5—8%. Die wenig günstige Entwicklung der Nutzladefähigkeit bedingt eine sorgfältige Organisation des Luftverkehrs mit dem Ziel, ihre Ausnutzung durch zahlende Last so hoch als möglich zu halten. Im Jahresdurchschnitt wird sie im günstigsten Fall kaum höher als mit 60—70% zu erreichen sein. Die jahreszeitlichen Verkehrsschwankungen lassen einen höheren Ausnutzungsgrad im planmäßigen Verkehr nicht zu, wenn der Flugzeugpark für Verkehrsspitzen gerüstet sein soll. Sobald dieser Höchstsatz erreicht ist, wird an eine Erhöhung der Nutzladefähigkeit in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten gedacht werden müssen.

Die Vermehrung der Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten hat andererseits für die Regelmäßigkeit und Sicherheit

im Luftverkehr auch ein außerordentlich wichtiges negatives Moment hervorgerufen. Bei schlechten Sichtverhältnissen über den Flughäfen können heute schon mit den üblichen Flugsicherungsmaßnahmen zu gewissen Tageszeiten die Flugzeuge nicht rechtzeitig in den Flughafen genommen werden. Bei schlechter Sicht liegt die Leistungsfähigkeit des Flughafens stündlich nur bei 10—12 Starts und Landungen. In zukünftiger Zeit muß aber mit 40—50 Starts und Landungen zu Zeiten der Verkehrsspitzen gerechnet werden. In diesem Punkt liegt eine der ausschlaggebendsten Schwächen in der Leistungsfähigkeit des heutigen Luftverkehrs vor, deren Beseitigung eine Grundbedingung für die Weiterentwicklung des Luftverkehrs als eines zuverlässigen Verkehrsmittels überhaupt ist. Die Lösung dieses Problems ist erstrangig und sollte ohne Rücksicht auf Entwicklungskosten gefunden werden, aber nicht allein beim Flughafen sondern auch von den Flugzeugen her.

Es ist nun besonders bemerkenswert und bei der sprichwörtlichen Bewegungsfreiheit im Luftraum vielleicht seltsam, daß bei schlechten Sichtverhältnissen auch auf der Luftverkehrsstrecke heute bereits eine Leistungsgrenze in der sicheren Leitung der Flüge durch Standortpeilungen der Bodenfunkstelle erreicht worden ist, die nur mit neuen Flugpeilmethoden verbessert werden kann. Die Mittel und Wege, die hierzu geeignet erscheinen, laufen auf eine Kombination des in den Vereinigten Staaten von Amerika angewandten starren Systems der Funkleitstrahlen und des in Europa angewandten elastischen Systems, bei dem der Flugzeugführer mit Hilfe der Bodenfunkstellen an jeder beliebigen Stelle des Luftraumes seinen Standort bestimmen kann, hinaus. Diese Verbesserungen müssen erreicht werden, wenn eine genügende Regelmäßigkeit im

Tab. 11.
Wandlungen in der durchschnittlichen Nutzladefähigkeit und im durchschnittlichen Gesamtgewicht je Verkehrsflugzeug in den Jahren 1928—1937.

Gebiet		1928	1937		
		Kontinentaldienst	Kontinentaldienst	Transkontinentaldienst	Transozeanendienst
1	2	3	4	5	6
Deutschland	Fluggewicht kg . . .	3000	6500	8200	10 300
	Nutzladung kg . . .	900	1100	1200	665
	Nutzladefähigkeit %	30,0	17	14,6	6,4
Europa	Fluggewicht kg . . .	4500	6000	8000	12 230
	Nutzladung kg . . .	1250	1100	1550	640
	Nutzladefähigkeit % .	28,0	18,2	19,4	5,2
U. S. A.	Fluggewicht kg . . .	3500	7000	10 140	23 150
	Nutzladung kg . . .	800	1350	1210	2 000
	Nutzladefähigkeit % .	23,0	19,3	12,0	8,6

Luftverkehr, unabhängig von der Wetterlage, mit Zunahme der Flugdichte auf den Strecken geboten werden soll. Der unbeschränkt leistungsfähig erscheinende Luftweg hat eine empfindliche, von den Luftverhältnissen bestimmte untere Leistungsgrenze, die im Zusammenspiel mit der Leistungsgrenze der Flughäfen die Flugsicherungstechnik und den Flugzeugbau vor neue wichtige Aufgaben stellt.

Das Bild über die Lage der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr würde nicht vollständig sein, wenn nicht an dieser Stelle auch der Einsatz des Luftfahrzeugs für Sonderzwecke der friedlichen Erschließung der Erde erwähnt würde. Ein Sondergebiet liegt in der Erkundung der polaren Erdzonen zur Kenntnis der Küstengliederung zwecks Festlegung von Häfen und der allgemeinen Eisverhältnisse zur Schaffung von Zufahrtsmöglichkeiten. Diese Erkundungen sind die Voraussetzung für die Erschließung polarer Gebiete, wie die Überfliegung des Südpols durch Byrd und des Nordpols durch das Zeppelin-Luftschiff praktisch gezeigt haben. Das Luftfahrzeug ermöglicht die Anlage von wissenschaftlichen Stationen zur Erforschung der biologischen Probleme der Arktis und damit der wirtschaftlichen Möglichkeiten im polaren Raum, die ohne Einsatz des Luftfahrzeugs nicht festgestellt werden könnten¹. Es ist durchaus nicht von der Hand zu weisen, daß damit auch eine Vorarbeit geleistet wird, die in späteren Jahren der Verbindung der Erdteile der nördlichen Halbkugel auf dem kürzeren Weg über den Nordpol zustatten kommt.

Bei der Ausnutzung der gegebenen Leistungsmöglichkeiten, die die Flugzeugtechnik in bezug auf Schnelligkeit und Sicherheit im Laufe der Zeit zu bieten vermochte, treten in verstärktem Maße medizinische Fragen in den Vordergrund. Sie berühren die Zusammenhänge zwischen dem menschlichen Organismus und den technisch bedingten Erscheinungen des Luftverkehrs, die für die Behaglichkeit einer Flugreise wichtig sind. Neben Untersuchungen über die zulässigen Beschleunigungen, die für den Reisenden und das Flugpersonal erträglich sind, gewinnen neuerdings Feststellungen über den Einfluß der Höhe auf den Menschen, wie er beim Höhenflug zu erwarten ist, an Bedeutung. Ein neues Wissensgebiet hat sich daraus entwickelt, das allerdings in seinen Grunderscheinungen schon bei anderen Verkehrsmitteln spürbar und gelegentlich behandelt wurde, aber nun für den Luftverkehr eines sehr eingehenden Aufbaus bedarf und für Deutschland bereits durch das Luftfahrtmedizinische Forschungsinstitut des Reichsluftfahrtministeriums, Berlin, mit Erfolg in Angriff genommen ist.

Die erfolgreichen Bemühungen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr durch Kürzung der Reisezeiten und Vermehrung der Verkehrsgelegenheiten haben den Verkehrsbedarf im Luftverkehr stark angeregt. Die im Abschnitt III behandelte Wandlung der Bedarfslage im Personen-, Post- und Frachtverkehr ist hierzu ein beredtes Zeugnis, auf der anderen Seite darf jedoch nicht verkannt werden, daß die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Betriebsapparats bereits eine Grenze erreicht hat, die in erster Linie von einem sicheren Zusammenspiel zwischen den Flugzeugen und den Bodenpeileinrichtungen auf der Strecke und zwischen den Flugzeugen und den Flughäfen bei der Landung und bei starkem Verkehr zu Zeiten schlechter Sicht bestimmt wird. Es liegt im Interesse der Erhaltung der im Luftverkehr gewonnenen Position, eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit nur nach Maßgabe der aus der Zuverlässigkeit dieses Zusammenspiels sich ergebenden Möglichkeiten ins Auge zu fassen. Es besteht sonst die Gefahr von empfindlichen Rückschlägen, die vor allem auch die Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs beeinflussen können. Denn keine Verkehrsgattung ist empfindlicher gegen Unregelmäßigkeiten und Unpünktlichkeit als die hoch- und eilwertigen Verkehrsbedürfnisse, die dem Luftverkehr in erster Linie seine wirtschaftliche Grundlage bringen sollen.

VI. Die Wandlungen in der Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs.

Die Wandlungen in der Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs in den letzten zehn Jahren zeigen eine vorwiegend positive Seite, dank der durch die Verbesserung der Leistungsfähigkeit gesteigerten Verkehrsnachfrage und eines den natürlichen Vorzügen des Luftverkehrs angepaßten Luftverkehrsbetriebs auf möglichst großen Entfernungen. Untersuchen wir die Elemente der Wirt-

¹ Pittner: Erschließung nordischer Wirtschaftsräume mit Hilfe der Luftfahrt. Horn/Niederdonau 1939.

schaftlichkeit nach Anlagekosten für Weg und Fahrzeuge, nach den Selbstkosten des angebotenen tkm, nach den Tarifen und schließlich nach dem finanziellen Ergebnis der Luftverkehrsunternehmungen, so zeigen zunächst die Anlagekosten für den Streckenkilometer und das Flugzeug in den letzten Jahren eine mehr oder weniger steigende Tendenz. Während noch im Jahre 1929 die Kosten für Flughäfen und die sonstige Bodenorganisation je km Flugstrecke im kontinentalen Verkehr 5400.— RM betragen, sind sie im Jahre 1937 auf 18 000.— RM gestiegen. Der verstärkte Ausbau der Flughäfen und der Flugsicherung erklären in erster Linie diese Änderung. Auf Transkontinentalstrecken liegen diese Kosten niedriger und betragen 7300.— RM je km Strecke und auf den Transozeanstrecken, die nur an ihren Endpunkten Flughäfen erfordern, sind sie nur auf 1500.— RM je km Strecke zu veranschlagen. Aber auch heute noch betragen die Anlagekosten einer kontinentalen Luftverkehrsstrecke nur ein Fünfundzwanzigstel der Anlagekosten einer zweigleisigen Eisenbahnstrecke oder zweisepurigen Autobahn.

Auch die Herstellungskosten der Verkehrsflugzeuge haben sich in den letzten Jahren im Sinne der in Tab. 12 gegebenen Zahlen erhöht. Die aerodynamische Verfeinerung und der Einbau von hochleistungsfähigen Flugmotoren haben in den letzten Jahren die Kosten je Kilogramm Leergewicht eines modernen Verkehrsflugzeugs nahezu verdoppelt, wenn man die von der Geldentwertung nur in geringem Maß beeinträchtigte innere Kaufkraft genügend berücksichtigt. Zweifellos liegen in diesen Beträgen noch erhebliche Entwicklungskosten, aber sie waren auch in früheren Jahren dem Herstellungspreis der Flugzeuge in gleicher Weise zuzuschlagen. Die bisher noch mangelnde Grundlage für eine umfassende Serienherstellung von Standardflugzeugen für den Verkehr erklärt die Kostenhöhe

Tab. 12.

Produktion an Flugzeugmaterial (Flugzeuge, Motoren, Ersatzteile und Ausrüstung) getrennt nach Privat-, Verkehrs- und Militärflugzeugen in den Vereinigten Staaten von Amerika für die Jahre 1927 und 1937.

	Jahr	Anzahl	Wert		Durchschnittliche Kosten je Flugzeug \$	Durchschnittliche Kosten je kg Leergewicht \$
			Mio. \$	%		
1	2	3	4	5	6	7
Privatflugzeuge .	1927	1304	10,7	41,5	8 200	15
	1937	2636	20,2	18	7 700	10
Verkehrsflugzeuge	1927	70	1,3	4,9	18 600	10
	1937	188	25,7	22	136 000	25
Militärflugzeuge . .	1927	621	13,8	53,6	22 200	10
	1937	949	69,1	60	73 000	20
Summe . .	1927	1995	25,8	100	—	—
Summe . .	1937	3773	115,0	100	—	—

ebenso wie sie eine Senkung dieser Kosten in Aussicht stellt, falls eine Serienherstellung in Frage kommt. Die augenblicklich stark ausgeweitete Fabrikation von Militärflugzeugen wird hierzu nach Methode und Erfolg eine wertvolle Vorarbeit bieten.

Bei den Selbstkosten für den angebotenen tkm einschließlich der auf die Allgemeinheit entfallenden Kosten in Höhe von 20—25% ist eine Senkung für den angebotenen tkm von 45% in den letzten zehn Jahren im kontinentalen Verkehr festzustellen, wie Tab. 13 zeigt. Bei einem nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten geleiteten Luftverkehrsunternehmen kontinentalen Charakters kann heute der angebotene tkm mit 1,50 RM angesetzt werden. Im transkontinentalen Verkehr beträgt die Senkung gegenüber dem Jahre 1931 rund 63% bei 1,41 RM für den heute angebotenen tkm. Die vielleicht auffallende Erscheinung, daß die Selbstkosten für den angebotenen Nutz-tkm im Transkontinentalverkehr niedriger sind als im Kontinentalverkehr erklärt sich aus den günstigeren betriebswirtschaftlichen Bedingungen, unter denen der Transkontinentalverkehr arbeiten kann. Er gestattet bei seinen langen Strecken eine gute Ausnutzung von Material und Personal bei verhältnismäßig niedrigen Kosten für die Bodenorganisation, die z. T. auch dem Kontinentalverkehr zur Verfügung steht und von ihm kostenmäßig zu tragen ist. Auf Transozeanstrecken muß heute mit 2,30 RM für den angebotenen tkm gerechnet werden. Ein Senkungsmaß ist bei den erst kurze Zeit in Betrieb befindlichen Strecken praktisch noch nicht zu ermitteln.

Die Erklärung für diese erheblichen Senkungen der Selbstkosten im Kontinental- und Transozeanverkehr liegt in erster Linie in einer organischen Ausweitung der Luftverkehrsnetze der

Gesellschaften, durch die vor allem die betriebliche Ausnutzung der Flugzeuge und ihres Personals wesentlich verbessert werden konnte. Auch die betriebswirtschaftlich günstige Konstruktion neuer Verkehrsflugzeuge hat einen erheblichen Anteil an dieser Entwicklung, die erreicht wurde, trotzdem die Fluggeschwindigkeiten nahezu verdoppelt wurden. Ferner ergibt sich aus diesen Verhältniszahlen in der Senkung der Selbstkosten mit fortschreitender Entwicklung des Verkehrsmittels die bemerkenswerte Tatsache, daß der Luftverkehr ähnlichen Gesetzmäßigkeiten in

Tab. 13.

Wandlungen in den Selbstkosten je angebotener Nutz-tkm einschließlich der von der Allgemeinheit übernommenen Kosten bei rein wirtschaftlich geführten Unternehmen von 1928—1937.

Verkehrssysteme	Selbstkosten je angebotener Nutz-tkm im Jahr			Senkung im Jahr 1937 in %
	1928 RM	1931 RM	1937 RM	
1	2	3	4	5
1. Kontinentalverkehr . . .	2,70	—	1,50	45
2. Transkontinentalverkehr .	—	3,80 ¹	1,41 ²	63
3. Transozeanverkehr	—	—	2,31 ²	—

seiner Entwicklungszeit unterworfen ist wie die übrigen Verkehrsmittel. Auch bei ihnen ist nach besonderen wissenschaftlichen Untersuchungen ein Rückgang der Selbstkosten für die angebotene Verkehrsleistungseinheit nach zehnbis fünfzehnjähriger Anlaufzeit von 40—50% festzustellen. Von dieser Lage ab trat dann eine Stabilisierung der Verhältnisse in bezug auf die Selbstkosten ein, der in den späteren Jahren durch Verfeinerung des Betriebsapparats und durch

Steigerung der Lebenshaltung eine allmähliche Erhöhung folgte, die sich aber im Vergleich zu dem großen Senkungsmaß der Entwicklungszeit in sehr mäßigen Grenzen vollzog. Es wäre zu viel gesagt, wenn man dem Luftverkehr heute schon eine ähnliche Entwicklungstendenz in bezug auf seine Selbstkosten voraussagen wollte, aber alle Anzeichen sprechen dafür, daß seine Selbstkosten eine gewisse Ruhelage in den heute nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten geführten Luft-

Tab. 14.

Wandlungen in den Tarifen für Personen, Post und Fracht von 1927—1937.

Verkehrssystem	Tarife je geleisteter Nutz-tkm		
	Personen-tkm RM	Post-tkm RM	Fracht-tkm RM
1	2	3	4
1. Kontinentalverkehr			
1927	2,10	23,— ³	1,75
1937	1,65	15,— ⁴	1,60
Senkung in %	21%	35%	9%
2. Transkontinentalverkehr . . .			
1931	3,25	10,20 ³	2,20
1937	1,98	6,47 ³	0,91
Senkung in %	39%	36%	58%

verkehrsgesellschaften bereits gefunden haben.

Den Selbstkosten stehen zu ihrer Deckung die Einnahmen gegenüber, die in erster Linie durch die Tarife bedingt werden. Auch ihre Wandlungen haben eine nach unten gehende Tendenz gezeigt mit Abschlägen von 9—35% im Kontinentalverkehr und 36—58% im Transkontinentalverkehr gemäß Tab. 14. Die Senkungen der Tarife sind am größten im transkontinentalen Frachtver-

kehr, der im Wettbewerb mit dem sehr billigen Überseeschiffsverkehr die hohen Tarife des Kontinental- und früheren Transkontinentalverkehrs nicht ohne starke Drosselung des Verkehrsbedarfs für die Fracht tragen konnte. Bei den Tarifen für die Post ist zu berücksichtigen, daß die Luftverkehrsgesellschaften von den Posteinnahmen für den geleisteten tkm 4.80 RM bis Anfang 1937 erhielten, heute dagegen in Europa nur 2.— RM bzw. nach einer besonderen Regelung in Großbritannien 1.45 RM für den geleisteten tkm. Der Rest der Einnahmen aus den Posttarifen dient zur Deckung

¹ Bei einmal wöchentlicher Verkehrsgelegenheit und 0,8 t Nutzladefähigkeit. Siehe Heft 5 Forsch.-Erg. V.I.L., S. 30, Tab. 17.

² Bei zweimal wöchentlicher Verkehrsgelegenheit und 2 t Nutzladefähigkeit. Siehe Heft 12 Forsch.-Erg. V.I.L., S. 70, Tab. 10.

³ Mit Luftpostzuschlag. Ohne Luftpostzuschlag beträgt heute im Transkontinentalverkehr der in der Tabelle zugrundegelegten Verbindung die Einnahme je Post-tkm 1,80 RM, so daß die Senkung 82% ausmacht.

⁴ Ohne Luftpostzuschlag, der im europäischen Verkehr im wesentlichen fortgefallen ist.

der Ausgaben der Postverwaltung für eigene Aufwendungen bei der Abfertigung und Verteilung der Luftpost.

Während die Auslastung der angebotenen Nutzladefähigkeit der Flugzeuge mit zahlender Last im Kontinentalverkehr im letzten Jahrzehnt mit 48—55% sich nur unwesentlich geändert hat, so daß die Eigenwirtschaftlichkeit im Ausgleich der Senkung der Selbstkosten mit der Senkung der Tarife bis auf 70—80% Deckung der Ausgaben durch Verkehrseinnahmen gesteigert werden konnte, stellte sich bei den Transkontinentalstrecken nach sechs Anlaufjahren eine erheb-

Tab. 15.

Deckung der den Luftverkehrsunternehmungen entstehenden Ausgaben durch Verkehrseinnahmen in Prozent in den Jahren 1928 und 1937.

Sitz der Luftverkehrs- unternehmungen	Kontinentaler Luftverkehr in verkehrlich gut erschlossenen Gebieten		Weltluftverkehrslinien		Kolonialverkehr in verkehrlich schlecht erschlossenen Gebieten
	1928 %	1937 %	1931 %	1937 %	1937 %
1	2	3	4	5	6
Europa	25—35	55—75	40—50	72—105	100—110
U. S. A.	46	80—100			—

liche Verbesserung der Auslastung ein. Gegenüber einer Auslastung der Nutzladefähigkeit durch zahlende Last im Jahre 1931 auf 26%, betrug sie im Jahre 1937 das hohe Maß von 72%, so daß trotz wesentlicher Senkung der Tarife eine Eigenwirtschaftlichkeit von 85—90% erzielt werden konnte.

Insgesamt gesehen ist heute die Deckung der Ausgaben durch Verkehrseinnahmen in Abhängigkeit von der Art des Verkehrsbedarfs und der Netzstruktur im Vergleich zu dem Jahre 1929 nach Tab. 15 gelagert. Sie zeigt die überragende Bedeutung des Zeitvorsprungs im Luft-

Tab. 16.

Analyse der Einnahmen der Luftverkehrsgesellschaften im Kontinentalluftverkehr von Europa und den Vereinigten Staaten von Amerika in den Jahren 1928, 1932 und 1937 und im Weltluftverkehr im Jahre 1937.

	Jahr	Personen		Post		Fracht		Gesamt	
		Mio RM	%	Mio RM	%	Mio RM	%	Mio RM	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Kontinentaler Luftverkehr									
a) Europa	1928	10,2	54,4	4,0	21,4	4,5	24,2	18,7	100
	1932	12,2	58,8	4,6	22,2	3,9	19	20,7	100
	1937	40,5	53,5	28,0	36,5	7,7	10	76,2	100
b) U. S. A.	1928	1,9	6,4	30,2	93	0,2	0,6	32,3	100
	1932	20,6	19	83,5	80	0,4	1	104,5	100
	1937	90,2	61	53,2	36	5,0	3	148,4	100
2. Weltluftverkehr	1937	13,0	22	46,0	76	1,3	2	60,3	100

verkehr gegenüber den Erdverkehrsmitteln für die Eigenwirtschaftlichkeit im Luftverkehr, die auf Weltluftverkehrslinien und in verkehrlich schlecht erschlossenen Gebieten am günstigsten für die Erzielung hoher Einnahmen für den tkm liegt. Der Wert der Verkehrsarbeit für den Verkehrskunden bestimmt auch im Luftverkehr in erster Linie die Tarife und damit das Maß der Einnahmen.

Nach diesem Gesetz hat sich auch die Struktur der Einnahmen aus den verschiedenen Verkehrsarten im Luftverkehr entwickelt, wie Tab. 16 zeigt. Sie läßt im Vergleich zu Tab. 1 des Abschnitts II die günstige Lage der Postbeförderung gegenüber den anderen Verkehrsarten erkennen. Mengenmäßig im Kontinentalverkehr nur 8—10% ausmachend, hat sie einnahmemäßig einen Anteil

von 40—45%. Im Transkontinentalverkehr ist der Einnahmeanteil aus dem Personenverkehr in stetiger Zunahme begriffen, was sich nicht allein aus der zuschlagfreien Beförderung der Post auf der Europa-Ostasien-Linie erklärt, sondern vor allem aus einer zunehmenden Benutzung des Luftwegs auf Weltstrecken durch Reisende.

Die zur Deckung der Selbstkosten fehlenden Beträge werden heute noch in Gestalt von direkten Subventionen von den beteiligten Staaten oder ihren Postverwaltungen übernommen. Diese Beträge haben, bezogen auf die Verkehrsleistungseinheit des Personen- und tkm, ständig abgenommen. Ihre nachlassende Tendenz entspricht der Verbesserung der Eigendeckung der Ausgaben der Verkehrsgesellschaften durch Verkehrseinnahmen. Nichtsdestoweniger werden die Länder noch auf weitere Sicht direkte Subventionen zu tragen haben, bis der Konsolidierungs- und Vereinigungsprozeß zwischen den wirtschaftlich günstigen Weltluftverkehrslinien und weniger günstigen Kontinentallinien sich vollzogen hat. Die finanzielle Belastung, die hierbei die Staaten zu übernehmen haben, könnten eine erhebliche Milderung erfahren, wenn die in Absatz II geforderte größere Einheit zwischen Militär- und Zivilluftfahrt verwirklicht werden könnte. Der Luftverkehr als strategische Reserve für die Militärluftfahrt ist ein wichtiges Problem, das neben seinem wirtschaftlichen Charakter auch der Stärkung eines leistungsfähigen Luftverkehrs neue Möglichkeiten eröffnen würde.

VII. Die Wandlungen in der Organisation des Luftverkehrs.

Während noch vor zehn Jahren von manchen Stellen der Standpunkt vertreten wurde, daß der Luftverkehr im freien Wettbewerb zwischen mehreren nationalen Luftverkehrsgesellschaften eines Landes sich entwickeln und seine Stärke finden müßte, hat sich heute in allen Ländern die nationale Einheitsgesellschaft für den gesamten von einem nationalen Lebensraum getragenen Luftverkehr durchgesetzt. Für den Verkehrsfachmann war diese Entwicklung niemals zweifelhaft, da sie von anderen Verkehrsmitteln in der Verkehrsgeschichte vorgezeichnet war und für den Luftverkehr besonders nahelag.

Denn wenn bei der naturnotwendigen Weitmaschigkeit des Luftverkehrsnetzes mit Aussicht auf betriebswirtschaftlichen Erfolg gearbeitet werden sollte, so konnte das niemals in der Zersplitterung gelingen, am allerwenigsten in den engen nationalen Räumen Europas. Die Einheit aller nationalen Verkehrslinien in einem Unternehmen war notwendig und zwar um so mehr, je mehr erkannt wurde, daß das Endziel im Luftverkehr für ein hochentwickeltes Land nur die Kombination zwischen einnahmegünstigen Weltluftverkehrslinien oder Langstrecken und den einnahmeungünstigen Kontinentalstrecken für eine schließlich angestrebte Eigenwirtschaftlichkeit sein mußte. Deutschland ist beharrlich mit diesem Ziel und mit seiner Einheitsorganisation, der Deutschen Lufthansa, an den Aufbau seines Luftverkehrs bereits im Jahre 1926 herangegangen. Bis heute sind nach und nach alle Länder diesem Beispiel gefolgt, nachdem sie vielfach aus der Zersplitterung ihres Luftverkehrs sehr nachteilige Erfahrungen für ihr Land und für den Erfolg des Aufbaus ihrer Luftverkehrslinien gemacht haben. Das Institut hat auch in diesem Punkt durch ständige Forschung über die Elemente der Wirtschaftlichkeit die Wege zum Aufbau der allein richtigen Organisation einer nationalen Einheitsgesellschaft gewiesen und mitgeholfen, sie zu beschreiten.

Bezüglich der Unternehmensform hat sich sehr bald nach anfänglichem staatlichen Luftpostbetrieb in den Vereinigten Staaten von Amerika in allen Ländern die gemischtwirtschaftliche Gesellschaft mit mehr oder weniger starker staatlicher Beteiligung und Unterstützung sowie die privatwirtschaftliche Betriebsführung durchgesetzt. Mit der Zunahme des Grades der Eigenwirtschaftlichkeit des Luftverkehrs hat sich die Bewegungsfreiheit der Luftverkehrsgesellschaften in bezug auf die Betriebsführung sehr zum Vorteil des Luftverkehrs wesentlich verstärken können, die früher unter staatlicher Einwirkung vielfach behindert war. Andererseits hat es sich als besonders fruchtbar erwiesen, den Aufbau der Bodenorganisation in Gestalt der Flughäfen, Flugsicherung und Wetterberatung unabhängig von den Luftverkehrsgesellschaften zu machen und in die Hand des Staats oder der Kommunen zu legen. Der in den Vereinigten Staaten von Amerika vielfach beschrittene Weg, die Flughäfen durch Luftverkehrsgesellschaften anlegen zu lassen, ist inzwischen grundsätzlich, wenn

auch noch nicht in vollem Umfang praktisch, verlassen. In Europa war diese Frage niemals strittig schon aus dem einfachen Grund, weil mit einer nicht von der Allgemeinheit zur Verfügung gestellten Bodenorganisation die Freiheit des Luftweges noch mehr gehemmt worden wäre, als es ohnehin schon in Europa durch die politischen Grenzen der Fall war.

Inzwischen hat die Entwicklung die sehr großen Gemeinschaftsaufgaben klargelegt, die für alle Staaten der Welt zum lückenlosen Aufbau der Flugsicherung und Wetterberatung nach einheitlichen Gesichtspunkten entstanden sind und die ohne die staatliche Autorität und Hilfsstellung niemals hätten gelöst werden können. Im Luftverkehr hat sich daher in der Organisation des technischen Apparats die gleiche Regelung durchgesetzt wie bei dem Straßen- und Wasserverkehr. Die Errichtung des Weges und die Sicherung der Bewegungsvorgänge auf dem Wegenetz übernimmt die Allgemeinheit, um die Benutzung des Verkehrsnetzes für jedermann freizustellen und von einseitigen Unternehmungsinteressen unabhängig zu machen. Für den Luftverkehr war diese Lösung um so notwendiger, als sein Feld in starkem Maße im internationalen Raum liegt, in dem die Herrichtung von Anlagen der Bodenorganisation in die Hoheitsrechte des Landes eingreift und deshalb zweckmäßig zur Verminderung von Schwierigkeiten eine Angelegenheit des Staates selbst ist.

Sehr früh ergab sich bei der Weiträumigkeit des Luftverkehrs die Notwendigkeit, eine internationale Zusammenarbeit zwischen den Ländern und Erdteilen in politischer, verkehrsrechtlicher und betrieblicher Hinsicht aufzubauen. Das Bestreben, diesem Bedürfnis gerecht zu werden, führte in Europa im Jahre 1919 zur Gründung der „Commission Internationale de la Navigation Aérienne“ (CINA), die in erster Linie Vorarbeit für die Zusammenarbeit auf politischem Gebiet leistete. Deutschland trat dieser Organisation nicht bei, sondern schloß zweiseitige Verträge mit den verschiedenen Ländern ab. Der CINA folgte im gleichen Jahr die „International Air Traffic Association (IATA), die alle Länder umfaßt, und deren Aufgabe es ist, den internationalen Luftverkehr Europas in wirtschaftlicher Hinsicht zu fördern. Beide Einrichtungen haben sich um die Entwicklung des internationalen Luftverkehrs besondere Verdienste erworben.

VIII. Schlußfolgerungen.

Der erste nunmehr zwanzigjährige Entwicklungsabschnitt des Luftverkehrs gliedert sich in zwei im Ziel zwar einheitliche, in den Mitteln aber wesentlich voneinander verschiedene Phasen. In der ersten Phase, die von 1919 bis 1925 währte, bildete vorwiegend das Kriegsmaterial der Luftwaffe die Grundlage für den Aufbau des Luftverkehrs. Es mag dahingestellt sein, ob dieses mit den besten Absichten angewandte Verfahren dem Luftverkehr mehr geschadet als genützt hat, da das Kriegsmaterial den Forderungen, die vom Verkehrsstandpunkt an ein leistungsfähiges Verkehrsmittel allgemein gestellt werden, in wichtigen Punkten nicht gerecht werden konnte.

Nicht zum wenigsten hieraus erklärt sich der gewaltige Aufschwung des Luftverkehrs in der zweiten von 1926 bis 1939 laufenden Phase der zwanzigjährigen Entwicklungsperiode, als man begann, den Begriff des Verkehrsflugzeugs von dem des Militärflugzeugs zu trennen, und als die Luftfahrtindustrie sich auf den Bau von Verkehrsflugzeugen bewußt einstellte und ihn in kurzer Zeit, bereits nach fünf Jahren, zu großer Vollkommenheit brachte. Damit war dem Luftverkehr das Instrument in die Hand gegeben, mit dem die Länder und ihre Luftverkehrsgesellschaften sich erfolgreich in das ewig lebendige Bedürfnis nach möglichst schneller und bequemer Überwindung des Raumes einschalten konnten.

Die Bedarfslage im Luftverkehr war bald geklärt. Sie erstreckte sich auf Grund der Transportkosten und der hohen Reisegeschwindigkeiten im Luftverkehr auf hoch- und eilwertige Verkehrsarten, die eine verhältnismäßig dünne, aber einnahmemaßig sehr wertvolle Verkehrsschicht im Gesamtverkehrswesen ausmachen. Die technische Entwicklung der Luftfahrzeuge zwang dem Luftverkehr zunächst ein Liniennetz mit verhältnismäßig kurzen Strecken auf, auf denen der Vorzug seiner großen Geschwindigkeit zwar nicht genügend verkehrswerbend zur Geltung kommen konnte, auf denen jedoch die nun einmal festzustellende Grenze

nach unten zu ermitteln war. Vor allem das vom deutschen Luftverkehr jener Zeit betriebene Kurzstreckennetz kann das hohe Verdienst für sich in Anspruch nehmen, zur Klärung dieser unteren Grenze eine zwar kostspielige aber allgemein wertvolle Pionierarbeit geleistet zu haben, auf deren Ergebnissen dann andere Länder aufbauen konnten.

Auch weiterhin war dann noch der technische Stand des Luftfahrzeugs Schrittmacher für die allmähliche Ausdehnung des Luftverkehrs auf große Strecken von Erdteil zu Erdteil und über Land- und Wasserflächen, bis in den letzten Jahren des zwanzigjährigen Entwicklungsabschnitts die Verkehrsreife der Flugzeuge auch für die größten Entfernungen des Weltluftverkehrsnetzes nahezu erreicht werden konnte. Damit beginnt für den Luftverkehr die Zeit der Freiheit von der technischen Bindung und ihren Hemmungen, so daß er sich nunmehr ganz der Befriedigung des Verkehrsbedarfs in den Ländern, Kontinenten und in der Welt zuwenden kann.

Die zur Zeit in allen wichtigen Luftverkehrsländern laufende Aufrüstungswelle auf dem Gebiet der Luftfahrt braucht nicht notwendigerweise nachteilig für den Bau und die Entwicklung von Verkehrsflugzeugen zu sein, wenn die staatspolitische Führung die Wichtigkeit eines leistungsfähigen Luftverkehrs für die Sicherung einer leistungsfähigen Luftfahrtindustrie erkennt und ihr durch Pflege des Luftverkehrs praktische Bedeutung verleiht.

Auf dem Wege zum vollkommenen Ausbau und Betrieb der Weltluftverkehrslinien sind noch Hemmungen meist politischer Art zu überwinden, insofern als in den Zonen starken machtpolitischen Interesses eine vielfach einseitige Luftverkehrspolitik getrieben wird, die nur die Gegenseitigkeit kennt und Völkern, die diese Gegenseitigkeit nach Lage ihres Raumbesitzes nicht bieten können, das Überfliegen ihrer Gebiete verweigert. Besonders Deutschland ist auf diese Weise von wichtigen Weltluftverkehrslinien ausgeschaltet, trotzdem seine wirtschaftlichen Beziehungen und seine Leistungen im Luftverkehr dies in keiner Weise rechtfertigen. Die politisch bedingte Unterbindung des Einsatzes der Zeppelin-Luftschiffe auf dem Atlantik ist ein besonders bedauerliches Beispiel dieser unfruchtbaren Einseitigkeit.

Die Befriedigung der Bedarfslage im Weltluftverkehr ist daher noch nicht in der Weise gewährleistet, daß von einer leistungsbedingten Mitarbeit der Völker am endgültigen Ausbau des Luftverkehrs der Welt gesprochen werden könnte. Dieser Zustand ist sicherlich nicht geeignet, ganz allgemein den Luftverkehr zu fördern. Es ist das um so mehr zu bedauern, als im übrigen auf dem Gebiet der technisch bedingten Luftfahrtforschung eine Gemeinschaft der Arbeit unter den Völkern sich entwickelt hat, die für den Fortschritt der Luftfahrttechnik aller Länder von größter Bedeutung geworden ist. Es besteht kein Zweifel, daß, sobald einmal der Weltluftverkehr im Tag—Nacht-Betrieb zwischen den wirtschaftlichen Aktionszentren der Erde aufgezogen ist, Raum und Platz für alle Luftfahrt treibenden Völker in ähnlichem Sinne wie im Überseeverkehr gegeben ist. Unduldsamkeit in der Zulassung von Luftverkehrslinien unter Berufung auf die Lufthoheit vermag diesen Prozeß nur zum Schaden der gerade im Weltverkehr so notwendigen Verkürzung der Reise- und Transportzeiten zu verzögern.

Ungeachtet dieser Hemmungen in der Befriedigung der Verkehrslage hat die Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs vor allem in den letzten acht Jahren in bemerkenswertem Maße verbessert werden können. Da hierbei die Politik im allgemeinen ausgeschaltet ist und der Wunsch nach Fortschritt auf diesen Gebieten bei allen Völkern der gleiche ist, hat sich eine Zusammenarbeit unter den beteiligten Staaten und Luftverkehrsgesellschaften neben den wissenschaftlichen Organen entwickelt, die nicht zum wenigsten zu den wertvollen Erfolgen beigetragen hat. Möge diese Zusammenarbeit in der Behandlung der verkehrs- und betriebstechnischen Grundlagen symbolisch sein für eine ähnliche Gemeinschaft in der Befriedigung des Verkehrsbedarfs.

Die Sicherheit im Luftverkehr zeigt in ihrem Maß eine Verbesserung, in ihren Unfallursachen eine deutliche Verlagerung vom Motor zum Zusammenspiel zwischen Flugzeug und Flug-

häfen beim Landen und bei schlechter Sicht. Die Betriebsstörungen der Motoren haben merklich abgenommen, dafür haben sich unter der Wirkung der hohen Geschwindigkeiten Schwierigkeiten im sicheren Landen und bei sehr schlechter Sicht ergeben, die vom Flugzeug, von der Personalaus- bildung sowie von der Flugsicherung her gelöst werden müssen, nachdem die Ausmaße der Flug- häfen nicht mehr über die heutigen Abmessungen hinaus vergrößert werden können.

Der stärkste Fortschritt ist auf dem Gebiet der Leistungsfähigkeit in bezug auf Schnellig- keit, Tag—Nacht-Verkehr, Regelmäßigkeit und Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten zu ver- zeichnen. Er hat zu einer starken Mobilisierung des Verkehrsbedarfs im Luftverkehr geführt und damit wichtige Grundlagen und Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Betriebs- führung geschaffen. Er kennzeichnet in besonderem Maße die Dynamik in dem Verhältnis zwischen Verkehrsnachfrage und Angebot an Verkehrsleistungen, andererseits aber auch die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von dem Zustand des Luftraums, da heute schon zu Zeiten schlechter Sicht auf manchen Flughäfen und Strecken eine Grenze in der Zahl der sicheren Landungen der Flugzeuge je Stunde erreicht ist. Der zunehmende Verkehrsbedarf ge- stattet nicht, an dieser Grenze haltzumachen, sondern stellt an die technische Entwicklung der Bodenorganisation und der Flugzeuge neue Anforderungen, deren Erfüllung eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Ausbau des Luft- verkehrs überhaupt ist.

Unbefriedigend ist heute noch die für den Reisenden gebotene Bequemlichkeit im Kabinen- raum, ferner das Verhältnis der Nutzladefähigkeit zum Gesamtgewicht der Flugzeuge. Als einen der wichtigsten Erfolge in der Leistungsfähigkeit kann andererseits die Tatsache angesehen werden, daß für den Betrieb auf den Weltluftverkehrsstrecken nunmehr Flugzeuge entwickelt wor- den sind, die auch der schwierigsten und wichtigsten Weltluftverkehrslinie über dem Nordatlantik ihre Eingliederung in das übrige Weltluftverkehrsnetz bringen werden.

Die Eigenwirtschaftlichkeit im Luftverkehr sieht sich auf Grund der zwanzigjährigen Entwicklungsperiode vor klaren Elementen, von denen sie abhängig ist. Räumlich verlangt sie eine Schicksalsgemeinschaft zwischen großen einnahmegünstigen Weltluftver- kehrslinien und kleinen einnahmeungünstigen Kontinentallinien in einer Ein- heitsgesellschaft. Materiell hat die zunehmende Geschlossenheit der Luftverkehrsnetze und der Bau wirtschaftlich arbeitender Flugzeuge den Verkehrsbedarf so angeregt, daß das Verhältnis der Einnahmen zu den Ausgaben erheblich verbessert werden konnte und die Aussicht auf eine endgül- tige Eigenwirtschaftlichkeit sich sehr verstärkt hat. Der nach den Methoden und den Gesichts- punkten wirtschaftlicher Betriebsführung geleitete Luftverkehrsbetrieb wird hierbei in erster Front- linie stehen und der Allgemeinheit und den Verkehrskunden, denen die hohe Güte der Luftverkehrs- leistung zu möglichst niedrigen Tarifen geboten werden soll, einen besonders wertvollen Dienst er- weisen. Zunächst wird eine Subventionierung des Luftverkehrs durch die Länder noch notwendig sein und seine Berechtigung um so mehr haben, als auch andere Verkehrsmittel wie Wasserstraßen und Landstraßen aus volkswirtschaftlichen Gründen durch staatliche Unterstützung eine Entlastung für den auf ihnen sich abspielenden Verkehr erhalten.

Die Organisation des Luftverkehrs hat in der großen nationalen Einheits- gesellschaft eines Landes ihre endgültige und beste Form erhalten. Räumlich ist sie nach Maßgabe ihrer Leistungsfähigkeit unbeschränkt, soweit nicht politische Hemmungen von anderer Seite vorliegen. Auf ihrem internationalen Arbeitsfeld bedarf sie der Mitarbeit des eigenen Landes ebenso sehr wie der Großzügigkeit der von ihr berührten Fremdländer. Um hierzu die for- mellen und technischen Grundlagen zu schaffen, ist der Aufbau des Luftverkehrs der Welt bereits in wichtigen Punkten eine Angelegenheit einer engen Zusammenarbeit aller Länder und Erdteile geworden, die sich immer mehr vervollkommen und verstärken muß.

In der Gesamtschau der hinter uns liegenden zwanzigjährigen Entwicklungsperiode des Luft- verkehrs bietet sich uns eine gewaltige Leistung raumerschließenden Aufbauwillens aller Kulturnationen. Ob dieser Aufbauwille machtpolitisch, wirtschafts- und kulturpolitisch bedingt ist, ist zur Erreichung des Endzieles eines alle Erdräume umspannenden Luftverkehrsnetzes in gleicher Richtung wirksam. Uneinheitlich und nachteilig wirkt er nur dort, wo

einseitige Nutzung günstigen Raumbesitzes zum Ausschluß der Mitarbeit anderer an dem Aufbau führt. In diesem Punkt haftet dem Luftverkehr noch eine negative Seite für seine Kraftentfaltung an, die ähnlich in früheren Zeiten bei der Seeschifffahrt festzustellen war, dann aber unter der Einsicht, daß der Weltverkehr nur in der Gemeinsamkeit der Verkehrsarbeit aller Völker und Länder Vorteile bringt, aufgegeben wurde. An der Schwelle des zwanzigjährigen Entwicklungsabschnitts sollte dieser Gedanke der Gemeinsamkeit und der Zusammenarbeit umso stärker Geltung erhalten, als die Zeit des Weltluftverkehrs mit der Überwindung des Nordatlantik zu laufen beginnt und alle Völker an diesem größten Erfolg der Raumschrumpfung durch aufopfernde Pionierarbeit mittelbar oder unmittelbar mitgeholfen haben und an seiner weiteren Ausschöpfung teilhaben sollen.

Einfluß der Höhenlage und Richtung des Fluges auf die Sicherheit und Leistungsfähigkeit im Streckenflug.

Von Dr.-Ing. Otto Kimmerle, Stuttgart.

I. Einleitung.

Die Tatsache, daß bis heute auf zahlreichen Luftverkehrsstrecken Europas und der Vereinigten Staaten von Amerika die Häufigkeit der Verkehrsgelegenheiten sich wesentlich vergrößert hat und in Zukunft noch weiter zunehmen wird, hat nicht nur in positivem Sinn zu einer Steigerung des Luftverkehrs geführt, sondern hat auch das schwierige Problem geschaffen, die Flugzeuge besonders bei schlechter Sicht gegen Zusammenstoß in der Luft zu sichern. Dabei hat die erhöhte Verkehrsdichte die Flugsicherung in bezug auf die Flughafenzone und hinsichtlich des Streckenfluges vor neue Aufgaben gestellt.

Die vorliegende Abhandlung befaßt sich mit der Sicherung der Bewegungsvorgänge während des Streckenfluges. Sie soll als ein Beitrag zum Gesamtproblem der Flugsicherung auf Strecken aufgefaßt werden.

Eine Auflockerung der Verkehrsdichte und damit eine Erhöhung der Sicherheit kann dadurch geschehen, daß der Luftraum in Flugzonen eingeteilt wird. Für eine höhenmäßige Staffelung der Luftwege, wie sie der Höhenflug ermöglicht, ist es aber von grundlegender Bedeutung, daß die Einteilung in diese Zonen die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Fluges möglichst nicht beeinträchtigt.

Für die Leistungsfähigkeit ist von besonderer Bedeutung, daß der Flug in größeren Höhen auf Grund der nach oben abnehmenden Luftdichte bei gleicher Motorleistung eine Erhöhung der Flugeschwindigkeit durch geringeren Widerstand ermöglicht. Im Rahmen der Abhandlung ist untersucht, wie sich die zeitlichen Vorteile je nach Höhenlage eines Fluges in Abhängigkeit von der Flugweite auswirken. Da der Höhenflug sich auch auf den Betriebsstoffverbrauch günstig auswirken kann, wurde dieser Einfluß ebenfalls bestimmt. Weitere Vorteile des Fluges in großen Höhen sind in bezug auf die Behaglichkeit der Fluggäste eine ruhigere Fluglage infolge Vorhandenseins böenfreier Wetterverhältnisse und in bezug auf Sicherheit das Überfliegen von Gewittern und Wolken mit Vereisungsgefahr.

Während die Untersuchung bezüglich der Sicherheit sich nur auf den Streckenflug bezieht, ist es für die Leistungsfähigkeit notwendig, neben dem Streckenflug auch den Steig- und Gleitflug zu betrachten. Sowohl dem Steigen wie dem Gleiten kommt je nach Länge der Flugweite für die Wahl der Höhenlage des Streckenfluges erhöhte Bedeutung zu. Um alle Einflüsse des Steig- und Gleitfluges zu erfassen, war es notwendig, diese Bewegungsvorgänge in ihren Elementen nach Zeit und Weg zu untersuchen.

Neben der Höhenlage wurde auch die Richtung des Fluges und damit die Staffelung der Flüge auf einer Strecke in horizontalen Ausweichzonen betrachtet, da sie in bezug auf die Sicherheit und den Einfluß des Windes von besonderer Bedeutung für die Flugleistungen sein kann.

II. Flugzeit.

1. Allgemeines, Motorleistung.

Zur Ermittlung der günstigsten Flugzeit in Abhängigkeit von der Flughöhe und Flugweite wird jeder Flug zwischen zwei Flughäfen unterteilt in

1. Steigflug,
2. Horizontaler Streckenflug,
3. Gleitflug.

Die Summe der Flugzeiten für diese drei Abschnitte ergibt die Gesamtflugzeit.

Der Steigflug soll nach Abb. 1 umfassen den Flugvorgang vom Start auf dem Ausgangsflughafen *A* bis zur Erreichung der Höhenlage, in der die Steigrichtung verlassen und zum horizontalen Flug übergegangen wird. Der horizontale Streckenflug beginnt beim Richtungswechsel zur Horizontalen und endet, wenn die horizontale Flugrichtung wieder verlassen wird. Der Gleitflug

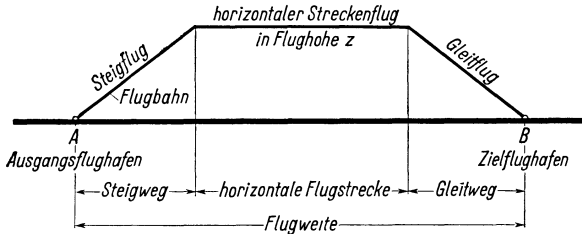


Abb. 1. Unterteilung des Fluges.

Bei dieser Betrachtungsweise ist zunächst vorausgesetzt, daß alle Flüge zwischen den Flughäfen *A* und *B* gemäß der Unterteilung Steig-, horizontaler Strecken- und Gleitflug durchgeführt werden können und daß nicht besondere Flugbedingungen es erfordern, daß während des Streckenfluges eine Änderung in der Flughöhe vorgenommen werden muß. Eine genauere Erfassung der Flugvorgänge in Bodennähe bei Start und Landung ist im Rahmen der Abhandlung nicht erforderlich, da ihr Einfluß auf die Gesamtflugzeiten ohne Bedeutung ist.

Die Flugleistungen, auf denen die vorliegenden Berechnungen und Vergleiche aufgebaut sind, beziehen sich auf Windstille und die Internationale Normalatmosphäre. (In 0 m Meereshöhe

ist die Luftwichte $\gamma = 1,225 \text{ kg/m}^3$, was einem Luftdruck von 760 mm bei einer Temperatur von $+ 15^\circ \text{ C}$ entspricht.)

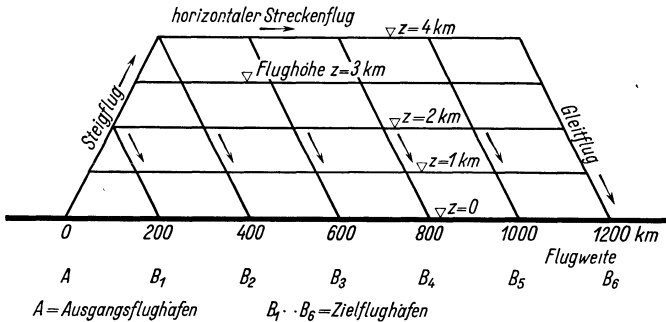


Abb. 2. Möglichkeiten der Flugwege in den verschiedenen Höhen.

Die gesamte Flugzeit in Abhängigkeit von der Flughöhe und der Flugweite kann sich nach der rein schematischen Abb. 2 entwickeln: Der Flug vom Ausgangsflughafen *A* zum Zielflughafen *B*, der im Beispiel der Abb. 2 1200 km beträgt, kann durchgeführt werden in der Höhenlage 0, 1, 2, 3 oder 4 km. Desgleichen können

auch die kürzeren Flugweiten je nach der Entfernung des Ausgangs- und Zielflughafens in verschiedenen Flughöhen durchfliegen werden. Für alle Flüge wird sich je nach der Flugweite und der dabei benützten Flughöhe 0, 1, 2, 3 oder 4 km immer eine andere Flugzeit ergeben.

Unter der Voraussetzung, daß die Horizontalfluggeschwindigkeit der Flugzeuge in allen Flughöhen von 0—4 km dieselbe wäre, würde man auf Grund der Abb. 2 von vornherein erkennen, daß die Flugzeit in 0 m Höhe bei allen Flugweiten die günstigste sein würde, weil für alle anderen Höhenlagen der Zeitverlust durch die erforderlichen Steigzeiten immer größer würde.

Die Abb. 2 zeigt weiterhin, daß je größer die Flugweite ist, desto geringer der Einfluß von Steig- und Gleitzeit auf die Gesamtflugzeit wird. Mit der Verkürzung der Flugweiten dagegen wächst der Einfluß der Steig- und Gleitzeit. Das würde für einen Grenzfall nach der schematischen Abb. 2 bedeuten, daß ein Streckenflug über 400 km, der in einer Flughöhe von 4 km durchzuführen ist, überhaupt nur noch aus Steigen und Gleiten zusammengesetzt wäre. Würde er dagegen in 2 km Höhe durchgeführt, so wäre sowohl die Summe

aus Steigweg + Gleitweg wie auch die Restflugstrecke des horizontalen Streckenflugs je 200 km. Die Abbildung zeigt schließlich auch noch, daß je kürzer die Flugweite wird, um so weniger die Möglichkeit besteht, während des direkten Flugs von *A* nach *B* größere Höhen aufzusuchen.

Tatsächlich liegt nun die günstigste Flughöhe nicht immer in 0 m Höhe wie im schematischen Fall der Abb. 2, da die Horizontalfluggeschwindigkeiten der Flugzeuge sich mit der Luftdichte der jeweiligen Flughöhe ändern, je nachdem in dem betreffenden Flugzeug ein Boden- oder Höhenmotor eingebaut ist. Ist die horizontale Fluggeschwindigkeit in 2 km Flughöhe wesentlich größer als diejenige am Boden, so kann sich für den Flug in 2 km Höhe eine günstigere Gesamtflugzeit ergeben, da der Zeitgewinn durch die erhöhte Geschwindigkeit während der horizontalen Strecke gegenüber derjenigen in 0 m den Zeitverlust durch das Steigen übersteigt. Daß jedoch die günstigste Flugzeit erst von einer bestimmten Flugweite ab in einer günstigsten Flughöhe größer als 0 m liegen kann, selbst wenn die größte horizontale Fluggeschwindigkeit in einer Höhe größer als 0 m vorhanden ist, zeigt schon Abb. 2, denn der Zeitverlust durch Steigen gegenüber dem Flug in 0 m kann nur dann durch die erhöhte horizontale Fluggeschwindigkeit in der betreffenden Flughöhe größer als 0 ausgeglichen oder übersteigert werden, wenn eine genügend große horizontale Streckenfluglänge vorhanden ist.

Um die günstigsten Flugzeiten in einer zugeordneten günstigsten Flughöhe der Wirklichkeit entsprechend zu untersuchen, wurden die Flugleistungskurven von Sport- und Verkehrsflugzeugen verschiedener Länder aufgestellt, die sich auf erflogene Werte stützen.

Von den sieben in Betracht gezogenen typischen Landflugzeugen, die im einzelnen als Flugzeuge A, B, C, D, E, F, G bezeichnet sind, entspricht die Motorausüstung von A, B, C solchen von Bodenmotoren, diejenige von D, E, F, G solchen von Höhenmotoren. Die Flugzeuge F und G sind auch noch mit der Bezeichnung $F_{\text{Langstr.}}$ und $G_{\text{Langstr.}}$ als Langstreckenflugzeuge untersucht, wobei die Zusammensetzung der Zuladung eine andere ist. Grundsätzlich muß natürlich festgestellt werden, daß die in Betracht gezogenen Flugzeuge A, B, C, wenn sie mit Höhenmotoren ausgerüstet wären, für den Einsatz im praktischen Flugbetrieb den Flugzeugen D—G entsprechen würden, gleichwohl sie, wie es hier der Fall ist, geringere Größe oder Fluggewicht aufweisen. Dasselbe gilt natürlich auch in umgekehrter Beziehung für die Flugzeuge D, E, F und G, die, sofern sie mit Bodenmotoren ausgerüstet wären, in ihrem fliegerischen Einsatz den Mustern A—C entsprechen würden.

Diese für die Abhandlung getroffene Einteilung wurde deshalb gewählt, weil die Reichweite der hier untersuchten Sport- oder Reiseflugzeuge A—C geringer ist als diejenige der Verkehrsflugzeuge D—G, und weil, wie es sich im einzelnen noch im Lauf der Untersuchungen herausstellen wird, der Flug in größeren Höhen mit Höhenmotoren sich erst mit größeren Reichweiten besonders auswirkt. Gleichzeitig spiegelt sich natürlich in den Ergebnissen auch der Fortschritt durch das Höhentriebwerk ab. Über die einzelnen Daten der gewählten Flugzeugmuster gibt die Tab. 1 Auskunft. Wenn in der Tab. 1 die Flugzeuge A—G nicht nur in solche mit Bodenmotoren und solche mit Höhenmotoren eingeteilt sind, sondern auch noch für A die Charakteristik Sportflugzeug, für B und C diejenige von Reiseflugzeug und für D—G diejenige von Verkehrsflugzeug gewählt wurde, so geschah dies besonders, um in all den nachfolgenden Kurven die Art des jeweiligen Flugzeuges der Reihe A, B, C, D, E, F, G, $F_{\text{Langstr.}}$ und $G_{\text{Langstr.}}$ leichter und besser zu kennzeichnen und ferner, um die im zivilen Luftverkehr in der Hauptsache eingesetzten Flugzeugarten zugrunde zu legen. Maßgeblich für diese Charakteristik war außerdem die Zahl der Fluggäste und der Besatzung. Nach Tab. 1 sind ein Fluggast und ein Pilot kennzeichnend für das Sportflugzeug A, 3 bzw. 4 Fluggäste und ein bzw. zwei Besatzungsmitglieder für die Reiseflugzeuge B und C. Die Zahl der Passagiere von 10—40 bzw. die Besatzungsmitglieder in einer Anzahl von 2—4 charakterisieren die Verkehrsflugzeuge D—G. Die Summe aus dem Gewicht für Besatzung, Passagiere + Fracht oder Gepäck sowie Kraft- und Schmierstoff, die der Zuladung entspricht, ist ebenfalls in Tab. 1 enthalten. Zuladung + Rüstgewicht ergeben das gesamte Fluggewicht, das für das Sportflugzeug A 750 kg, für das Großverkehrsflugzeug G rund 26 000 kg beträgt. Innerhalb dieser weiten Spanne liegen die Fluggewichte der restlichen Flugzeugmuster. Die Spalte 11 von Tab. 1 zeigt die Anzahl und die Leistung der Motoren. Spalten 12 und 13 zeigen die Art der Luftschraubenausrüstung und ob festes

Tab. 1. Übersicht über die Flugzeuge A—G Langstr.

Landflugzeugmuster	Fluggewicht ¹		Rüstgewicht ¹		Zuladung						Anzahl und Höchstleistung N der Motoren	Art der Luftschraube ²	Fahr-gestell	Lei-stungs-be-lastung kg/PS	Flächen-be-lastung kg/m ²	Flächen-leistung PS/m ²	Reichweite in günstiger Höhe bei Windstille und 50—60% N km		
	kg	G	kg	kg	Nutzlast			Kraftstoff kg	Schmierstoff kg	Gesamt kg									
					Zahl der Passagiere	Passagiere + Fracht	Passagiere												
1	kg	2	kg	3	Anzahl	kg	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I. Flugzeuge mit Bodenmotoren																			
1. Sportflugzeug A	750		460		1	80		1	135	70	5	290		F	fest	7,1	49	7,0	800
2. Reiseflugzeug B	1 380		860		1	80		3	260	167	13	520		F	fest	5,7	84	14,6	1000
3. Reiseflugzeug C	2 930		2 170		2	160		4	440	125	35	760		2 × F	fest	6,1	63	10,2	700
II. Flugzeuge mit Höhenmotoren																			
4. Verkehrsflugzeug D	12 500		8 500		3	240		17	1800	1820	140	4000		3 × V	fest	4,8	77	24,0	1400
5. Verkehrsflugzeug E	8 200		5 820		2	160		10	1000	1140	80	2380		2 × V	ein-ziehb.	4,7	100	16,0	1500
6. Verkehrsflugzeug F	15 500		9 710		4	320		25	2670	2600	200	5790		4 × V	ein-ziehb.	4,7	130	28,2	2000
7. Verkehrsflugzeug G	25 340		17 330		4	320		40	4100	4000	250	8670		4 × V	ein-ziehb.	4,3	140	31,5	2000
8. Verkehrsflugzeug F _{Langstr.}	16 000		9 710		4	320		4	600	4870	500	6290		4 × V	ein-ziehb.	4,7	130	28,2	5000
9. Verkehrsflugzeug G _{Langstr.}	26 000		17 330		4	320		10	850	7000	500	8670		4 × V	ein-ziehb.	4,5	140	31,5	4500

¹ Rüstgewicht = Leergewicht + zusätzliche Ausrüstung. Leergewicht = Flugwerk + Triebwerk + ständige Ausrüstung.

² F = Festschraube, V = Verstell-schraube.

oder einziehbares Fahr-gestell vorhanden ist. Der Widerstand durch das feste Fahrwerk des Sportflugzeugs A bzw. der Reiseflugzeuge B und C, der zu einer Verschlechterung der Flugleistungen führt, ist bei den Verkehrsflugzeugen auf Grund des einziehbaren Fahrgestells nicht vorhanden. Die Ausrüstung der Verkehrsflugzeuge mit Verstell-luftschrauben kommt deren Flugleistungen ebenfalls zugute, während bei dem Sportflugzeug bzw. den Reiseflugzeugen der Tab. I mit fester Luftschraube eine Verringerung der Flugleistung bei Zunahme der Flughöhe eintritt. Die Leistungsbelastung liegt nach Spalte 13 zwischen 4,5 bis 7 kg/PS, die Flächenbelastung zwischen rund 50 bis 140 kg/m² und die Flächenleistung zwischen 7—31,5 PS/m².

Die Reichweiten von Spalte 17, auf die später noch näher eingegangen wird, zeigen hier für eine Reiseleistung der Motoren von 50—60% und Windstille die Streckenlänge, die im Ohnehaltflug zurückgelegt werden kann. Sie soll hier zunächst nur ein abgerundetes Bild von den für die Flugzeuge A—G_{Langstr.} in Frage kommenden Flugweiten geben.

Im Vorhergehenden wurde schon Bezug genommen auf die Motor-

leistungen, die den einzelnen Flugleistungen zugrunde gelegt sind und die bei den nachfolgenden Untersuchungen und Kurven als unterscheidender und maßgeblicher Faktor immer wieder angegeben sind. Die Tab. 2 gibt die Begriffsbestimmung für die einzelnen Motorleistungen. Grundsätzlich ist im Sinne der Abhandlung nur soweit auf die Motorleistungen eingegangen, als es für die verkehrswissenschaftliche Betrachtung erforderlich ist. Der Unterscheidung der Motorleistung in erhöhte Kurz-, Kurz-, erhöhte Dauer- und Dauerleistung, die in der zeitlichen Beschränkung bestimmter Umdrehungszahlen zum Ausdruck kommt, entspricht eine Benutzungsdauer von 1, 5 bzw. 30 Minuten, die besonders für Start und Steigflug angewendet wird. Der Dauerleistung entspricht der Dauerbetrieb. Selbstverständlich kommen für die Flugleistungen auch noch geringere Motorleistungen als die Dauerleistung in Frage, die besonders bei längeren Streckenflügen angewandt werden. Sie seien hier als Reiseleistungen bezeichnet.

In Spalte 3 der Tab. 2 sind den Spalten 1 und 2 zugeordnet die entsprechenden Motorleistungen in % angegeben. Diese Ausdrucksweise in prozentualen Leistungen gibt besonders dem rein verkehrlichen Betrachter ein klares Bild von dem Verhältnis der bei einem bestimmten Flugzustand aufgewandten Leistung zur 100%igen Motorleistung. Als hundertprozentige Motorleistung ist allen in den Flugzeugen A—G

Tab. 2.

Begriffsbestimmung für die Motorleistungen der in den Flugzeugen A—G Langstr. eingebauten Otto-Motoren.

Bezeichnung der Motorleistung	Zeitdauer Minuten	Motorleistung in % N
1	2	3
Erhöhte Kurzleistung	1	100—115
Kurzleistung	5	100
Erhöhte Dauerleistung	30	rd. 90
Dauerleistung	dauernd	72—80
Reiseleistung	dauernd	50—80

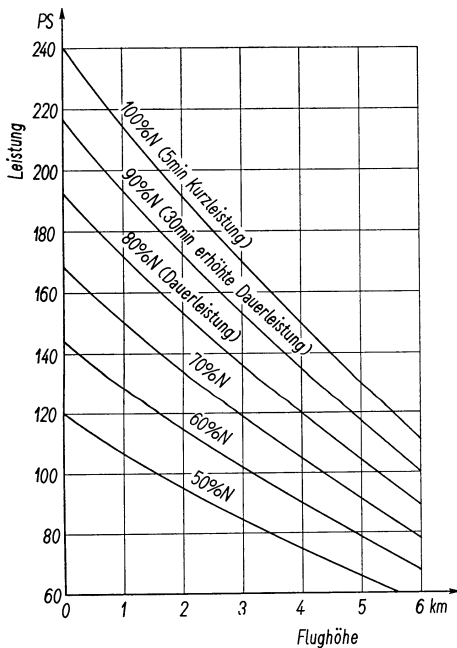


Abb. 3. Höhenleistungsschaulinien des Bodenmotors des einmotorigen Reiseflugzeugs B.

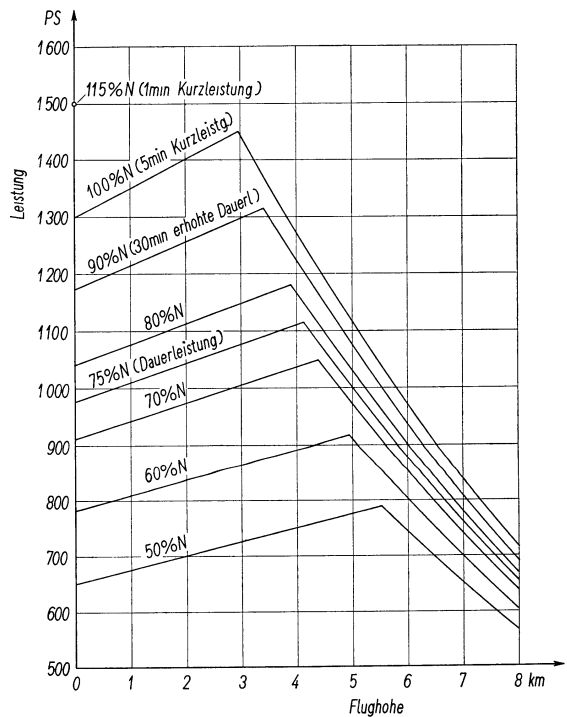


Abb. 4. Höhenleistungsschaulinien eines Höhenmotors des viermotorigen Verkehrsflugzeugs G.

eingebauten Motoren die 5 Minuten Kurzleistung zugrunde gelegt. Zur Veranschaulichung des Verlaufs der Motorleistungskurven sind die Höhenleistungsschaubilder eines Boden- und eines Höhenmotors in Abb. 3 und 4 dargestellt.

Mit dem Bodenmotor von Abb. 3 sind die Reiseflugzeuge B und C, mit dem Höhenmotor von Abb. 4 ist das viermotorige Verkehrsflugzeug G versehen. Bei dem Bodenmotor ist eine besondere 1 Minuten Kurzleistung nicht angegeben. In der Abb. 3 bedeutet z. B. 80% N, daß in der besten

Nennleistungshöhe von 0 km die Dauerleistung 80% der Nennleistung (5 Minuten Kurzleistung) beträgt. Bei diesem Bodenmotor entspricht der Verlauf der 50, 60, 70, 80 und 90% N-Kurven nicht nur in der besten Nennleistungshöhe von 0 km, sondern in allen Flughöhen von 0—6 km dem vorgenannten prozentualen Anteil an den 100% N-Kurven. Beim Höhenmotor der Abb. 4 kann der prozentuale Anteil von 50, 60, 70, 75, 80 und 90% N dagegen nur von 0 km Flughöhe bis zur Nennleistungshöhe von 3 km dem Verlauf der Leistungskurven, bezogen auf die 100% N-Kurve entsprechen, da die 5 Minuten Kurzleistung bereits bei 3 km Flughöhe abfällt. Die Kurven für 50—90% N steigen bis zu ihrer jeweilig günstigsten Flughöhe noch an, um erst dann den Leistungsabfall aufzuweisen. Grundsätzlich zeigen diese für Boden- und Höhenmotoren ganz allgemein charakteristischen Höhenleistungsschaulinien den Unterschied zwischen diesen beiden Triebwerken. Wie aus dem Verlauf der beiden Arten von Höhenleistungsschaulinien klar hervorgeht, ist das Flugzeug mit Bodenmotor zur Hauptsache an den Flug in den unteren Luftschichten gebunden, während das Flugzeug mit Höhenmotor die höheren Schichten mit geringerem Luftwiderstand benützen kann und so rein zeitlich gesehen günstigere Flugbedingungen antrifft.

Über die Motorleistungen, die den Flugzeugen A—G bei deren untersuchten Flügen zugrunde gelegt sind, gibt später die Tab. 3 Auskunft. Es wird bei allen Flügen davon ausgegangen, daß

nicht immer mit der an und für sich stärksten zur Verfügung stehenden Motorleistung geflogen wird, sondern daß die Flugstrecken auch mit geringerer Motorleistung als der gerade noch zulässigen durchfliegen werden. Aus diesem Grund sind die Flugzeitermittlungen für jeweils dieselbe Flughöhe und Flugweite immer für einen sogenannten schnellsten Flug und einen sog. Langsamflug durchgeführt. Für ersteren sind für die anfangs erwähnten drei Abschnitte Steig-, horizontaler Strecken- und Gleitflug immer die höchstverfügbaren Motorleistungen zugrunde gelegt, für letzteren sind sie geringer. Da tatsächlich schon mit Rücksicht auf die Motoren nicht immer an der Grenze der zulässigen Motorleistung geflogen wird, gibt

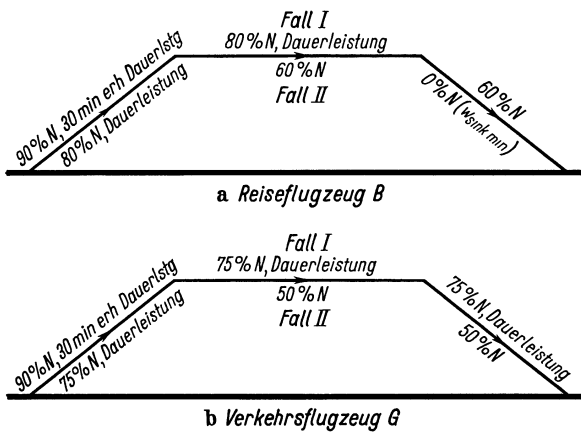


Abb. 5a u. b. Motorleistungen, die dem Reiseflugzeug B und dem Verkehrsflugzeug G für Steigflug, horizontalen Streckenflug und Gleitflug zugeordnet sind.

die gemeinsame Betrachtung des schnellen und des langsameren Flugs die richtigen Vergleichswerte. Die Abb. 5a und b zeigen für das Reiseflugzeug B und das Verkehrsflugzeug G anschaulich, wie die Motorleistungen den beiden untersuchten Fällen zugeordnet sind. Der Einfachheit halber soll im Text der schnelle Flug als Fall I, der langsamere als Fall II bezeichnet werden.

Zunächst ersieht man, daß in Abb. 5a und b sowohl die 1 Minuten erhöhte Kurzleistung wie auch die 5 Minuten Kurzleistung nicht erscheinen. Dies rührt daher, daß ihre Anwendung zeitlich sehr beschränkt ist und eigentlich auch nur in Frage kommt, bis das Flugzeug beim Start aus der Gefahrenzone hinweg in die hindernisfreie Höhe über dem Boden gelangt ist, von wo aus der weitere Steigflug im Fall I mit der 90% N erhöhten Dauerleistung stattfindet, die 30 Minuten lang angewendet werden kann und die in den meisten Fällen zur Erreichung der gewünschten Flughöhe ausreicht. Eine beachtenswerte Vernachlässigung im Rahmen der Untersuchung in bezug auf die Flugzeit für die gesamte Flugweite entsteht durch den Fortfall der Kurzleistungen nicht. Im Fall II wird der Steigflug mit Dauerleistung ausgeführt, dem für das einmotorige Reiseflugzeug B 80% N, für das viermotorige Verkehrsflugzeug G 75% N entsprechen. Die Strecke des Horizontalflugs wird allgemein im Fall I mit Dauerleistung von 80 bzw. 75% N, im Fall II mit einer geringeren Reiseleistung von nur 60 bzw. 50% N für die Flugzeuge B und G durchgeführt. Für den Gleitflug besteht nur insofern zwischen den Sport- und Reiseflugzeugen einerseits und den Verkehrsflugzeugen andererseits ein Unterschied, als für die ersteren der Gleitflug im Fall I als Leistungsgleitflug (Gleitflug mit Motorkraft), im Fall II als Gleitflug mit Leerlauf, für die letzteren

dagegen im Fall I und II als Leistungsgleitflug durchgeführt wird. Im einzelnen gesehen sind die Werte hierzu für das Reiseflugzeug B im Fall I 60% N, im Fall II 0% N, für das Verkehrsflugzeug G im Fall I 75% N-Dauerleistung, im Fall II 50% N. Warum beim Gleitflug zu den Flugzeugen

Tab. 3.

Motorleistungen für den Steig-, horizontalen Strecken- und Gleitflug des Falles I und II der Flugzeuge A—G Langstr.

Flugzeug	Fall I (Schneller Flug)			Fall II (Langsamer Flug)		
	Steigflug	Horiz. Strecken- flug	Gleitflug % N	Steigflug	Horiz. Strecken- flug	Gleitflug
	% N	% N	% N	% N	% N	% N
1	2	3	4	5	6	7
Sportflugzeug A	90	80	50	80	60	0
Reiseflugzeug B	90	80	60	80	60	0
Reiseflugzeug C	90	80	60	80	60	0
Verkehrsflugzeug D	90	72	72	72	55	50
Verkehrsflugzeug E	90	72	72	72	50	50
Verkehrsflugzeug F	90	80	70	80	50	50
Verkehrsflugzeug G	90	75	75	75	50	50
Verkehrsflugzeug F _{Langstr.}	90	70	70	80	50	50
Verkehrsflugzeug G _{Langstr.}	90	70	70	75	50	50

A—C und denjenigen von D—G besonders unterschieden wird, ist aus dem Abschnitt 2 ersichtlich. Die Tab. 3 zeigt für alle Flugzeuge, welche Motorleistungen insgesamt für die einzelnen Abschnitte des Steig-, horizontalen Strecken- und Gleitflugs im Fall I und II zugrunde gelegt wurden.

2. Steig- und Sinkgeschwindigkeit, Behaglichkeit der Flugreise.

Bei der Betrachtung der Gesamtflugzeit für einen Streckenflug, der mit dem geringsten Zeitbedarf in einer bestimmten Flughöhe durchgeführt werden soll, ist es von besonderer Bedeutung, daß sowohl die Steigzeit vom Abgangsflughafen bis zur gewählten Flughöhe des horizontalen Streckenflugs wie auch die Gleitzeit von dieser Höhenlage zum Zielflughafen möglichst günstig gewählt wird. Günstig bedeutet in diesem Fall, daß sowohl die Steigzeit wie auch die Gleitzeit eine möglichst kurze Dauer hat. Dabei entspricht der geringsten Steig- und Gleitzeit eine günstigste Steig- und Sinkgeschwindigkeit.

Für die Wahl der günstigsten Steig- und Sinkgeschwindigkeiten ist aber nicht nur der Faktor des geringsten Zeitbedarfs maßgebend. Den Steig- und Sinkgeschwindigkeiten sind besonders im planmäßigen Luftverkehr dadurch Grenzen gesetzt, daß das Behaglichkeitsgefühl der Fluggäste nicht gestört werden darf. Wenn hier Geschwindigkeiten als Behaglichkeitsgrenzwerte genannt werden, so muß hierzu folgendes angeführt werden. Grundsätzlich können durch gleichbleibende Geschwindigkeiten jeder Größe und Richtung unter der Voraussetzung einer sich nicht ändernden Lufthülle keine auf den menschlichen Organismus sich ungünstig auswirkenden Beanspruchungen entstehen, da keinerlei Beschleunigung vorhanden ist. Irgendwelche körperliche Unbehaglichkeit kann bei unveränderter Lufthülle nur herrühren von Beschleunigungen bzw. von den aus ihnen resultierenden Kraftwirkungen. Der Steig- und Gleitflug oder ganz allgemein der Höhenwechsel während des Flugs darf also nur so vorgenommen werden, daß ungünstig fühlbare Beschleunigungen nicht entstehen. Als Beschleunigung, bei der die für die Fluggäste tragbare Grenze zwischen Behagen und Unbehagen noch nicht überschritten wird, ist 1,5—2 g anzusehen (Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). Die höchste bei den normalen Starts und Landungen der heutigen Verkehrsflugzeuge auftretende Beschleunigung liegt jedoch wesentlich darunter, bei 0,3 g.

Zum Vergleich mit der höchstzulässigen Beschleunigung von 1,5—2 g bei den Fluggästen seien die entsprechenden Höchstwerte für den stehenden Eisenbahnreisenden mit 0,1 g und für den im Kraftwagen sitzenden Reisenden mit 0,7 g angegeben. Wenn die höchstzulässige Beschleunigung

für den sitzenden Fluggast noch höher liegt wie für den Reisenden im Kraftwagen, so setzt dies natürlich voraus, daß die Ausführung der Sitze im Flugzeug eine sorgfältigere und dem gesamten menschlichen Körper wesentlich angepaßtere sein muß als beim Kraftwagen. Besondere Beachtung verdienen dabei auch die Erscheinungen, die sich auf Grund der höchstzulässigen Verzögerung beim Landen ergeben. Für die Beschleunigungswirkung auf den menschlichen Körper sind weiterhin zwei Gesichtspunkte von Bedeutung. Einmal ist es die Zeit, während der die Beschleunigung einwirkt. Ist nämlich die Dauer der Beschleunigung gering, so kann mitunter für den Fluggast noch eine höhere Beschleunigung als die vorgenannte erträglich sein. Zum anderen ist es die Beschleunigungsrichtung in Abhängigkeit von der Körperachse. Die Beschleunigung wird um so besser zu ertragen sein, je mehr die Achse des menschlichen Körpers senkrecht zur Beschleunigungsrichtung sich befindet, da sonst, allerdings erst bei höheren Beschleunigungen und in liegender Stellung (z. B. beim Katalpultstart), ein Blutandrang zum Kopf oder zu den Füßen sich sehr ungünstig bemerkbar machen würde. Für den zivilen Luftverkehr kommt jedoch der zweite Punkt weniger in Frage.

Unter Bezug auf die vorgenannten Grenzsteig- und Sinkgeschwindigkeiten ist nun im Gegensatz zu den Beschleunigungen als Anlaß zu Unbehaglichkeiten bemerkenswert, daß nicht eine hohe konstante Steig- oder Sinkgeschwindigkeit von z. B. 5 oder 10 m/sec an sich die Schuld zu ungünstigen Beanspruchungen der Atmungs-, Kreislauf- oder Sinnesorgane trägt, sondern der Umstand, daß auf Grund dieser hohen konstanten Steig- oder Sinkgeschwindigkeiten ein Höhenwechsel im Luftraum so rasch vor sich geht, daß durch die Veränderungen des Luftdrucks ungünstige Beanspruchungen im Organismus der Fluggäste, insbesondere der Gehörorgane, auftreten. So dient also die für die Behaglichkeit der Fluggäste erforderliche Steig- oder Sinkgeschwindigkeitsbegrenzung dem Zweck, zu vermeiden, daß Änderungen des Luftdrucks infolge eines zu schnellen Höhenwechsels vom Boden zu einer größeren Höhe oder umgekehrt auf das Wohlbefinden der Fluggäste ungünstigen Einfluß nehmen können. Selbstverständlich muß dabei vorausgesetzt sein, daß zur Erreichung der Grenzgeschwindigkeiten im Steig- und Gleitflug die Geschwindigkeitsveränderungen nur so sein dürfen, daß sie nicht als schädliche Beschleunigungen auftreten.

Interessant ist, daß die Steiggeschwindigkeiten geringeren Einfluß auf das Behaglichkeitsgefühl der Fluggäste haben als die Sinkgeschwindigkeiten. Der Flug vom Boden mit normalem Luftdruck zur Höhe mit geringerem Luftdruck oder Unterdruck kann also schneller vonstatten gehen als umgekehrt der Flug von der Höhe zum Boden, bei dem besonders leicht Ohrschmerzen infolge des mangelhaften Luftdruckausgleichs entstehen können.

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen sind die Steiggeschwindigkeiten wie sie den Verkehrsflugzeugen in den Untersuchungen der vorliegenden Abhandlung zugrunde liegen, für den planmäßigen Verkehr unbedenklich. Die tatsächliche Grenze der Steiggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Wohlbefinden der Fluggäste dürfte noch höher liegen. Steiggeschwindigkeiten größer als 8 m/sec werden jedoch bis heute von den modernen Verkehrsflugzeugen nicht erreicht.

Im Gegensatz zu der verhältnismäßig geringen Empfindlichkeit gegen die Steiggeschwindigkeit ist der Fluggast gegen hohe und selbst konstante Sinkgeschwindigkeit sehr empfindlich. Um daher den Passagieren das Heruntergehen aus großen Höhen (z. B. 3000 m) möglichst angenehm und erträglich zu machen, wird im praktischen Flugbetrieb des planmäßigen Verkehrs der Abstieg höchstens mit einer Sinkgeschwindigkeit von 1,5—2,0 m/sec durchgeführt.

Da im vorhergehenden bereits auf einen Faktor hingewiesen wurde, der die Behaglichkeit des Reisenden bei der Flugreise beträchtlich zu beeinflussen imstande ist, seien auch noch die anderen Faktoren erwähnt, die neben der Abnahme des Luftdrucks bei zunehmender Höhe für das Behag-

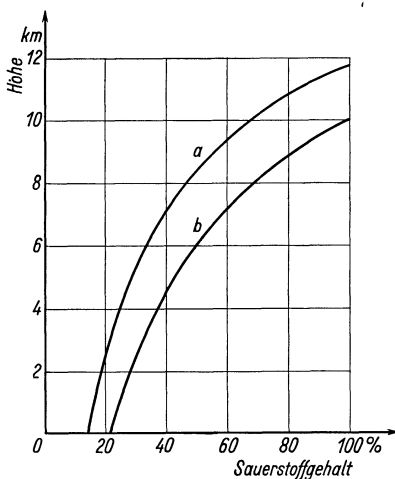


Abb. 6. Darstellung des in der Höhe erforderlichen prozentualen Sauerstoffgehalts der Atmungsluft.

lichkeitsgefühl beim Streben nach größeren Flughöhen von Bedeutung sind. Hierher gehören vor allem die Temperaturabnahme sowie die Abnahme des absoluten Sauerstoffgehalts, die bei der Überschreitung der Flughöhen von rund 3000 m für einen empfindlichen Reisenden besondere Maßnahmen verlangt. Die Temperaturabnahme kann natürlich schon in niedrigeren Höhen Abhilfe durch Beheizung der Flugzeuge erfordern. Den erforderlichen Sauerstoffgehalt der Atmungsluft zeigt Abb. 6¹. Die Kurve *a* gibt den Sauerstoffgehalt, wenn eine eben noch zulässige Mindestsauerstoffversorgung entsprechend 21% Sauerstoff bei 3000 m Höhe oder 17% bei 0 m Höhe angenommen wird. Kurve *b* zeigt, wieviel Prozent Sauerstoff in jeder Höhe in der Atmungsluft enthalten sein müssen, wenn die Sauerstoffversorgung derjenigen bei 0 m Höhe mit 21% Sauerstoff entsprechen soll. Die genügende Versorgung des Flugzeuginnenraums mit Sauerstoff nach Abb. 6 kann entweder durch Sauerstoffzusatz zur Atmungsluft oder durch Schaffung einer Druckkabine mit einem bestimmten Luftdruck geschehen.

Die Abb. 7 u. 8 zeigen die Steiggeschwindigkeitskurven für das Reiseflugzeug B und das Verkehrsflugzeug G. Der Verlauf der Kurven in Abb. 7 ist allgemein charakteristisch für ein Flugzeug mit Bodenmotor, derjenige von Abb. 8 für ein Flugzeug mit Höhenmotor. Während für das Reise-

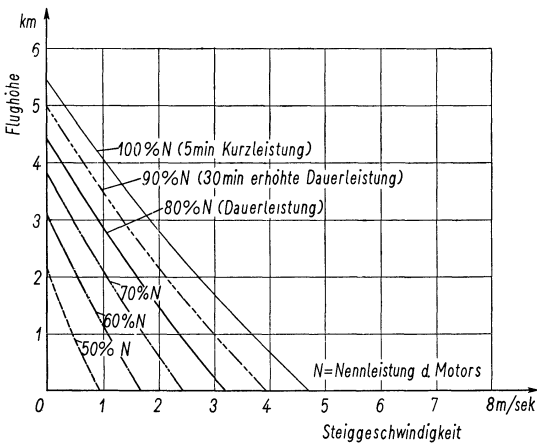


Abb. 7. Steiggeschwindigkeiten beim einmotorigen Reiseflugzeug B.

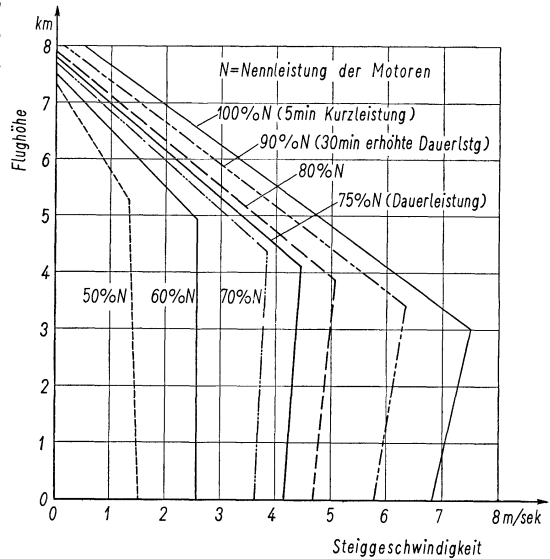


Abb. 8. Steiggeschwindigkeiten beim viermotorigen Verkehrsflugzeug G.

flugzeug B die Steiggeschwindigkeiten entsprechend den Leistungen des eingebauten Motors mit Zunahme der Flughöhe verhältnismäßig rasch abnehmen, steigen sie oder bleiben sie annähernd gleich bis zur Höhe von durchschnittlich 4 km für das Verkehrsflugzeug G. Erst von hier ab nehmen sie etwa in dem Maßstab ab, wie dies beim Flugzeug mit Bodenmotor schon in Bodennähe der Fall ist. Die Abb. 8 zeigt deutlich, daß das im planmäßigen Verkehrsflug eingesetzte Flugzeug G zwischen den Flughöhen von 0 und 7 km noch sehr gut die Möglichkeit hat, irgendwelche Hindernisse zu überfliegen, die aus Bodenerhebungen bestehen können, oder aber auch solchen Hindernissen und Gefahren durch Überfliegen auszuweichen, die sich ihm in Form von Wolken mit Vereisungsgefahr entgegenstellen. In dieser Beziehung sind die Flugzeuge mit Bodenmotoren eben nicht in der Lage, Hindernisse in größeren Höhen zu überfliegen, da sie, wie Abb. 7 zeigt, dort nicht mehr genügend große Steiggeschwindigkeiten aufweisen. Weiterhin kommt es doch auch einerseits darauf an, die wegen Vereisungsgefahr gefährlichen Wolkenschichten möglichst rasch zu durchstoßen. Zum anderen können große Steiggeschwindigkeiten als Leistungsreserven für einen Flug angesehen werden, der durch Eisansatz unter ungünstigen aerodynamischen Verhältnissen und mit erhöhtem Fluggewicht durchgeführt werden muß.

Die Steiggeschwindigkeitskurven geben auch noch Aufschluß über die je nach geflogener Motor-

¹ Clamann: Luftfahrtmedizinische Probleme unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsluftfahrt. Shell Aviation News, S. 10, Nr. 97. Juli 1939.

leistung mögliche Dienstgipfelhöhe, denn es ist im Luftverkehr nicht allein die Dienstgipfelhöhe von Interesse, die mit hohen Motorleistungen erfliegen werden kann, sondern besonders die Dienstgipfelhöhe, die mit Sicherheit im Streckenflug bei Dauer- oder Reiseleistung eingehalten werden kann. Allgemein gilt als Dienstgipfelhöhe diejenige Höhe, bei der immer noch je nach Motorleistung eine Steiggeschwindigkeit von $w_{steig} = 0,5$ m/sec und damit aus Sicherheitsgründen eine Steigreserve vorhanden ist.

Im einzelnen gesehen zeigt die Abb. 7 für das Reiseflugzeug B, daß beim Steigflug mit 90% N oder 30 Min. erhöhter Dauerleistung auf 4250 m als Dienstgipfelhöhe gestiegen werden kann. Beim Steigflug auf 4000 m ist am Schluß noch ein $w_{steig} = 0,65$ m/sec vorhanden. Wenn der Steigflug nur mit 80% N, das ist Dauerleistung, durchgeführt wird, läßt sich nur eine Dienstgipfelhöhe von rd. 3700 m Höhe erreichen. Entsprechend kann auch mit Dauerleistung nur noch in 3700 m horizontal geflogen werden, während für den im Fall II untersuchten Horizontalflug mit 60% N, also stark gedrosselter Reiseleistung, nur noch eine Höchstflughöhe von 2000 m unter der Voraussetzung von $w_{steig} = 0,5$ m/sec zur Verfügung steht. Größenmäßig sind die vom Flugzeug B erreichbaren Steiggeschwindigkeiten für die Fluggäste unbedenklich. Im allgemeinen werden die Steiggeschwindigkeiten bei 100% N oder 5 Min. Kurzleistung des Motors im Luftverkehr nicht in den verschiedenen Höhen geflogen, da diese Motorleistung, deren zusammenhängende Höchstdauer 5 Min. beträgt, normalerweise nur beim Start benutzt wird.

Die Steiggeschwindigkeiten des Verkehrsflugzeugs G in Abb. 8 sind ebenfalls noch ohne Einfluß auf die Behaglichkeit der Fluggäste und im Gegensatz zum Reiseflugzeug B mit Bodenmotoren kann mit Recht beim Verkehrsflugzeug G darauf hingewiesen werden, daß bei rasch erforderlichem Höhenwechsel während des Flugs nicht auf die 5 Min. Kurzleistung zurückgegriffen werden muß, da ja die Steiggeschwindigkeiten in den Flughöhen von 0—4 km und auch darüber noch bei geringeren Motorleistungen sehr günstig sind. Auf die Gefahr, die zweifellos besteht, wenn Motoren zu oft oder zu lange mit Volleistung beansprucht werden, braucht nicht näher eingegangen zu werden. Aber es verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß rasch erforderliche Höhenwechsel in größeren Höhen bei Flugzeugen mit Höhenmotoren nicht in dem Grad die höchsten Motorleistungen erfordern, wie dies bei Flugzeugen mit Bodenmotoren der Fall sein wird. Der größere Sicherheitsfaktor liegt also in dieser Beziehung beim Flugzeug G mit seinen Höhenmotoren.

Im übrigen kann das Flugzeug G nach Abb. 8 mit der 30 Min. erhöhten Dauerleistung noch eine Dienstgipfelhöhe von 7750 m erreichen, bei Dauerleistung noch eine solche von 7350 m. Die geringsten Horizontalfluggeschwindigkeiten bei 50% N, die im Fall II untersucht wurden, können noch in einer Höhe von 6500 m geflogen werden. Die größten Steiggeschwindigkeiten liegen in den Flughöhen, in denen auch die Höhenleistungsschaulinien des Motors für die 5 Min. Kurzleistung, 30 Min. erhöhte Dauerleistung und Dauerleistung sowie für 70, 60 und 50% N ihr Maximum aufweisen. So liegt die größte Steiggeschwindigkeit bei der 30 Min. erhöhten Dauerleistung in 3400 m mit 6,3 m/sec, die der Dauerleistung in 4100 m mit 4,4 m/sec, die bei 50% N in 5200 m mit 1,3 m/sec. Entsprechend liegen nach Abb. 4 in denselben Flughöhen von 3400, 4100 und 5300 m die Höchstleistungen mit 1315, 1120 und 790 PS je Motor. Beim Bodenmotor nach Abb. 3 sind entsprechende Steiggeschwindigkeiten und Motorleistungen für jede Art der Motorenbeanspruchung in Bodennähe am größten.

Nicht dargestellt in Abbildungen sind die Steiggeschwindigkeitskurven für das Sportflugzeug A und das Reiseflugzeug C sowie diejenigen für die Verkehrsflugzeuge D, E und F. Sie erübrigen sich, da der Verlauf dieser Kurven für die Flugzeuge A und C vollkommen der Art derjenigen der Abb. 7 entspricht. Die größte Steiggeschwindigkeit für das Flugzeug A am Boden ist 3,6 m/sec, für das Flugzeug C 4,2 m/sec. Für die Verkehrsflugzeuge D, E und F liegen die Höchstwerte der Steiggeschwindigkeiten bei 5,9, 6,0 und 8,0 m/sec.

Die erforderliche Beschränkung der Sinkgeschwindigkeit auf 2,0 m/sec bedingte, daß den Verkehrsflugzeugmustern D, E, F und G für den Leistungsgleitflug bei den verschiedenen untersuchten Fällen jeweils ein $w_{sink} = 2$ m/sec zugeordnet wurde. Bei dem Sportflugzeugmuster A und den Reiseflugzeugen B und C wurde beim Fall I, dem Landen mit Leistungsgleitflug, ebenfalls eine Sinkgeschwindigkeit von 2,0 m/sec zugrunde gelegt. Dem Gleitflug mit Motorleerlauf wurde da-

gegen die Sinkgeschwindigkeit $w_{sink\ min}$ zugeordnet. $w_{sink\ min}$ bedeutet, daß die Sinkgeschwindigkeit des Flugzeugs mit Motorleerlauf die geringstmögliche ist. Sie liegt jedoch je nach der zulässigen Flächenbelastung mehr oder weniger über 2,0 m/sec. Daß für das Sportflugzeug A und die Reiseflugzeuge B und C im Fall II höhere Sinkgeschwindigkeiten als die den Fluggästen des planmäßigen Verkehrs zuträglichen zugrunde gelegt wurden, geschah auf Grund der Tatsache, daß die Passagiere der zu einem privaten Reiseflug eingesetzten Flugzeuge A, B und C sehr häufig höheren körperlichen Beanspruchungen genügen. Diese erhöhte Sinkgeschwindigkeit beim Gleitflug wird ja auch nur dann geflogen werden, wenn die Fluggäste tatsächlich körperlich in der Lage sind, diesen Gleitflug ohne Unbehagen zu überstehen.

Die Abb. 9 zeigt die Sinkgeschwindigkeitskurven für die Flugzeuge A, B, C, D, E, F, G. Dem Sportflugzeug A und den beiden Reiseflugzeugen B und C ist die für die Untersuchung im Fall I festgelegte konstante Sinkgeschwindigkeit von 2,0 m/sec gemeinsam. Ihr zugeordnet ist für das Flugzeug A ein Leistungsgleitflug von 50% N, für die Flugzeuge B und C ein solcher von je 60% N. Genau so könnten natürlich auch andere Motorleistungen zugeordnet sein, vorausgesetzt, daß sie nicht so gering sind, daß sich ein $w_{sink} = 2,0$ m/sec nicht mehr fliegen läßt. Für den Gleitflug des Falles II mit Motorleerlauf kann ein $w_{sink} = 2,0$ m/sec nicht mehr eingehalten werden. Um genügend Fahrt zu haben, müssen die Flugzeuge A—C bei ihrem Gleitflug bei Leerlauf mindestens die Sinkgeschwindigkeit $w_{sink\ min}$ der Abb. 9 haben. Sie ist am kleinsten für das Sportflugzeug A, das auch die kleinste Flächenbelastung hat und beträgt am Boden 2,2 m/sec, in 4 km Höhe dagegen 2,7 m/sec. Die Reiseflugzeuge B und C mit höherer Flächenbelastung haben am Boden ein $w_{sink\ min}$ von 3,5 bzw. 3,0 m/sec, in 4000 m 4,3 bzw. 3,8 m/sec. Daß diese Sinkgeschwindigkeiten $w_{sink\ min}$ für den Durchschnittsfluggast im planmäßigen Verkehr zu hoch sind und im Sinne der Untersuchung auch nur unter besonderen Umständen geflogen werden, ist bereits früher erwähnt.

Die den Verkehrsflugzeugen D, E, F, G zugrunde gelegte Sinkgeschwindigkeit beträgt nach Abb. 9 ebenfalls konstant 2 m/sec, gleichwohl ob der Leistungsgleitflug für die Fälle I und II für die einzelnen Flugzeuge mit Dauerleistung oder nur mit 50% N durchgeführt wird. Auf den Einfluß, den die verschiedenen Motorleistungen von z. B. 72% N oder nur 50% N bei konstantem $w_{sink} = 2,0$ m/sec auf die horizontal gemessene Länge des Gleitflugs haben, wird an späterer Stelle eingegangen.

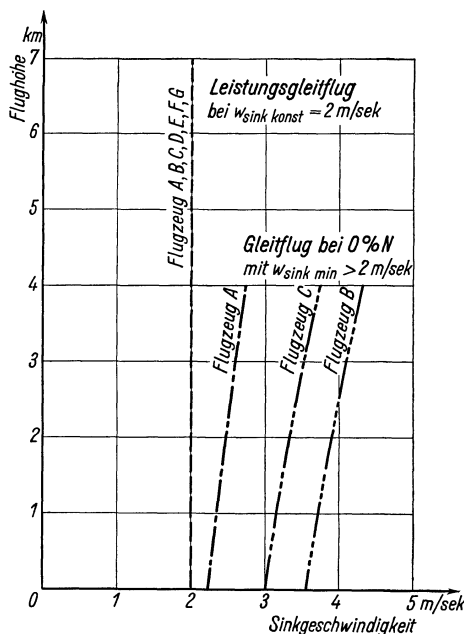


Abb. 9. Sinkgeschwindigkeiten der Flugzeuge A—G.

3. Steig- und Gleitzeit.

Auf Grund der Grenzwerte der Steig- und Sinkgeschwindigkeiten im Abschn. 2 sind die maximalen Steig- und Gleitzeiten gleichfalls begrenzt. Da in bezug auf den Steigflug die von allen Flugzeugmustern A—G im günstigsten Fall technisch erreichbaren Steiggeschwindigkeiten die zulässige Grenze nicht übersteigen, können die höchstzulässigen Motorleistungen für alle Steigflüge angesetzt werden. Die erforderlichen Beschränkungen beim Gleitflug, die zu einer größten Sinkgeschwindigkeit von $w_{sink} = 2,0$ m/sec geführt haben, sind im Abschn. 2 eingehend behandelt.

Während alle bisher dargestellten Kurven nur indirekt mit der Bestimmung der Gesamtflugzeit zusammenhängen, geben die Abb. 10—16 die Teilflugzeiten für den Steigflug und den Gleitflug an. Die Abb. 10, 11 und 12 zeigen die Steig- und Gleitzeiten für die drei Flugzeuge A, B und C mit Bodenmotoren und die Abb. 13—16 diejenigen für die vier Verkehrsflugzeuge D, E, F und G mit Höhenmotoren. Entsprechend der Tab. 3 sind allen sieben Flugzeugen gemeinsam für den schnell-

sten Steigflug die eingetragenen Steigzeitkurven mit 90% N oder 30 min erhöhter Dauerleistung zugrunde gelegt. Für den langsameren Steigflug des Sportflugzeugs A und der beiden Reiseflugzeuge B und C gelten die Steigzeitkurven mit 80% N Dauerleistung. Für die Verkehrsflugzeuge D und E, die die gleichen Motoren besitzen, sind es die Steigkurven bei 72% N, für F bzw. G 80%

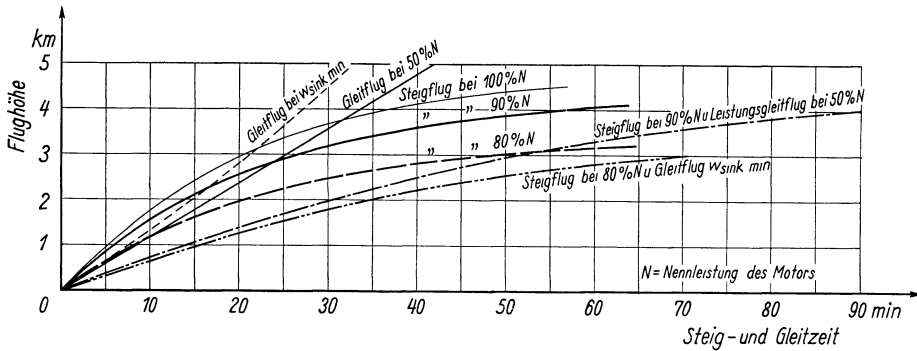


Abb. 10. Steig- und Gleitzeiten des Sportflugzeugs A mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 105 PS Passagiere = 1
 Fluggewicht = 750 kg Besatzung = 1

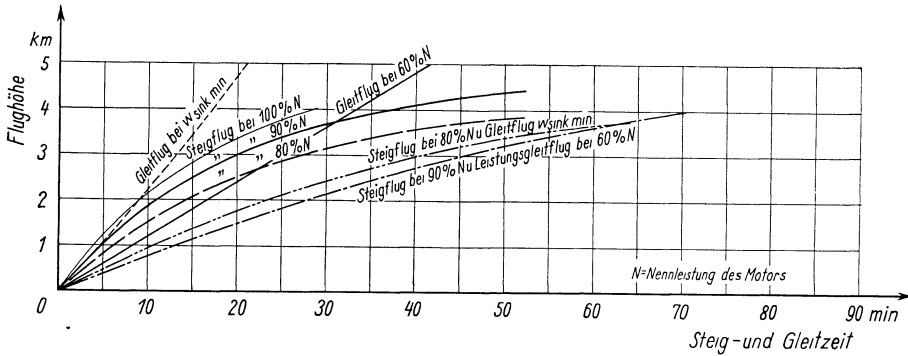


Abb. 11. Steig- und Gleitzeiten des Reiseflugzeugs B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
 Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

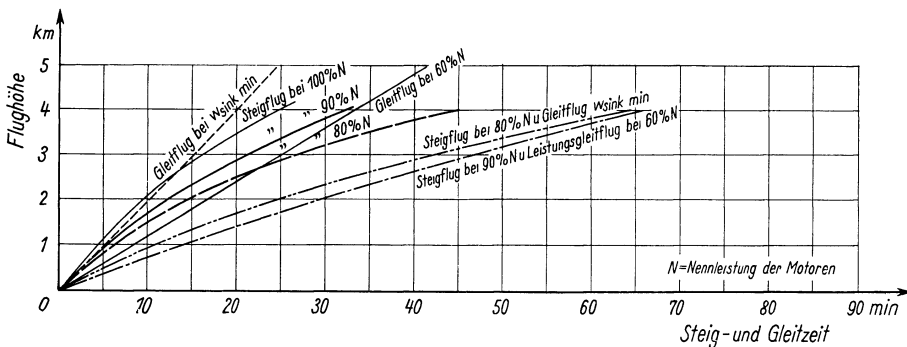


Abb. 12. Steig- und Gleitzeiten des Reiseflugzeugs C mit Bodenmotoren.

Motoren = 2 × 240 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 2930 kg Besatzung = 2

und 75% N. Außer den beiden genannten eingezeichneten Steigzeitkurven ist auch noch die Steigzeit bei 100% N angegeben. Da die hierfür entsprechende Motorleistung, die Kurzleistung, jedoch nur eine zusammenhängende Dauer von 5 Minuten erlaubt, kann aus der Steigflugkurve bei 100% N lediglich entnommen werden, welche Höhenwechsel zwischen zwei Flughöhen innerhalb dieser 5 Minuten möglich sind. Ihre praktische Bedeutung ist also beschränkt.

Bei näherer Betrachtung der Steigzeitkurven der drei Flugzeuge A, B, C mit Bodenmotoren

zeigt sich typisch, daß sie mit Zunahme der Flughöhe von 0 km ab immer flacher werden und somit die Steigzeit je Kilometer Flughöhe mit zunehmender Höhe immer größer wird. Bei den Verkehrsflugzeugen D—G mit Höhenmotoren tritt dagegen der Vorteil ihrer Triebwerke dadurch zutage, daß die Steigzeitkurven, wie es die Abb. 13—16 einzeln zeigen, erst in Höhenlagen ab durchschnittlich 4—6 km flacher werden und daß somit die Steigzeiten je 1000 m Höhe erst von diesen Höhenlagen ab sich merkbar verlängern. Da alle Ordinaten und Abszissen für die Steigzeitkurven im gleichen Verhältnis zueinander dargestellt sind, läßt sich dieser charakteristische Verlauf schon durch einen kurzen Blick auf die Abb. 10—12 einerseits und auf die Abb. 13—16 andererseits feststellen. Es zeigt sich dabei, daß die Neigungen der Kurven vom Nullpunkt ab im Fall der Bodenmotoren wesentlich flacher sind als bei denjenigen der Höhenmotoren. Über die Einzelwerte der Steigzeiten, die sich ohne weiteres aus den Kurven ablesen lassen, braucht nichts besonderes ausgeführt zu werden. Als Beispiel seien lediglich für die 90% N-Kurven die jeweiligen Steigzeiten auf 3000 m Flughöhe angegeben. Sie betragen für das Sportflugzeug A annähernd 27 Minuten, für das einmotorige Reiseflugzeug B 20 Minuten und für das zweimotorige Reiseflugzeug C 21 Minuten. Bei den Verkehrsflugzeugen betragen die entsprechenden Steigzeiten auf 3000 m für das dreimotorige Verkehrsflugzeug D wie auch für das zweimotorige Verkehrsflugzeug E je 11 Minuten. Für die viermotorigen Verkehrsflugzeuge F bzw. G sind es beidemals 8 Minuten. Besondere Steigzeitvergleiche unter den verschiedenen Flugzeugmustern stehen außerhalb des Interesses einer Betrachtung, da ja hier nicht die einzelnen Flugzeuge untereinander verglichen werden sollen, sondern vielmehr für jeden einzelnen Flugzeugtyp die gesamte Flugzeit in Abhängigkeit von Flughöhe und Flugweite untersucht werden soll.

Besonders hingewiesen sei noch auf den ungünstigen Einfluß, den die immer größer werdende Steigzeit je 1000 m Höhenzunahme auf die Gesamtflugzeit ausüben kann. Ist das Flugzeug mit einem Bodenmotor ausgestattet, so macht sich dieser ungünstige Einfluß schon für Streckenflüge in niedriger Höhe von rd. 2—3 km ab wesentlich bemerkbar. Im Falle einer Ausrüstung mit dem Höhenmotor setzt dieser ungünstige Einfluß erst in 4—6 km Höhe ein. Wird wiederum das einmotorige Reiseflugzeug B und das viermotorige Verkehrsflugzeug G für ein Zahlenbeispiel herangezogen, so bedeutet dies, wenn jeweils die 90% N Steigleistung betrachtet wird, folgendes: Das Reiseflugzeug B durchfliegt die ersten 1000 m in 5 Minuten, die zweiten 1000 m in rd. 6 Minuten, für das Steigen von 2 auf 3 km benötigt es schon 9 Minuten und für die letzten 1000 m auf 4 km Flughöhe braucht es schließlich 17 Minuten. Diese Zunahme der Steigzeit je 1000 m Flughöhe — von 3 auf 4 km beträgt die Steigzeit das Dreifache derjenigen von 0 auf 1 km — ist ein Maßstab dafür, wie ungünstig der Einfluß der Steigzeit auf große Höhen sich auf die Gesamtflugzeit auswirkt.

Für das Verkehrsflugzeug G sind die entsprechenden Steigzeiten bei 90% N und 0 auf 1 km, von 1 auf 2, von 2 auf 3, von 3 auf 4 und von 4 auf 5 km Flughöhe jeweils rund 3 Minuten. Zum Steigen von 5 auf 6 km werden 5 Minuten, von 6 auf 7 km 7 und von 7 auf 8 km schon über 20 Minuten benötigt. Der Einfluß der Steigzeit auf die Gesamtflugzeit ist also beim viermotorigen Verkehrsflugzeug G für die Flughöhen von 0—5 km derselbe. Erst von 5 km Höhe ab, von wo ab das Flugzeug die größeren Höhen nur langsamer erklettern kann und so z. B. von 6 auf 7 km schon über das Sechsfache der Steigzeit von 4 auf 5 km Höhe braucht, macht sich dieser Einfluß ungünstig bemerkbar.

Während für den langsameren Steigflug mit Dauerleistung eine zeitliche Beschränkung zur Erreichung der gewünschten Flughöhe nicht vorhanden ist, stehen für den schnelleren Steigflug mit 90% N oder erhöhter Dauerleistung nur 30 Minuten zur Verfügung, die einschl. der 5 Min. Kurzleistung evtl. auf 35 Min. bei normaler Höchstbeanspruchung zu steigern sind. Für die Flugzeuge A—G ist hierfür aus den Abb. 10—16 ersichtlich, welche Höhen mit ununterbrochener erhöhter Dauerleistung erreicht werden können. Für Flugzeug A sind es 3300 m, für B und C rund 4000 m. Für die Verkehrsflugzeuge D—G liegen sie zwischen 6000—7500 m. Wenn nachfolgend vereinzelt noch der Einfluß einer etwas größeren Flughöhe als der hierin 30—35 Minuten als erreichbar angegebenen auf die Gesamtflugzeit untersucht und in den Abbildungen dargestellt ist, so soll dies lediglich zeigen, wie der ungünstige Einfluß sich bis zur Erreichung der Dienstgipfelhöhe weiterhin vergrößert.

Die Abb. 10—16 enthalten auch noch die Gleitzeitkurven. Da für alle Leistungsgleitflüge, gleichwohl ob sie mit 70 oder 50% Motorleistung erfolgen, die Sinkgeschwindigkeit $w_{sink} = 2,0$ m/sec konstant festgelegt wurde, ist auch die Gleitzeitkurve für alle Leistungsgleitflüge immer dieselbe

Gerade. Bei konstantem $w_{sink} = 2$ m/sec ergibt sich beispielsweise von der Flughöhe 3 km bis zum Boden eine Gleitzeit von 25 Minuten. Für den Sonderfall, daß der Gleitflug des Sportflugzeugs A und der beiden Reiseflugzeuge B und C mit Leerlauf durchgeführt wird, sind die Gleitzeiten für $w_{sink\ min}$ in die Abb. 10—12 ebenfalls aufgenommen. Die Gleitzeiten aus 3000 m Flughöhe zum Boden betragen dabei für A 21 Minuten, für B und C 13 bzw. 15 Minuten.

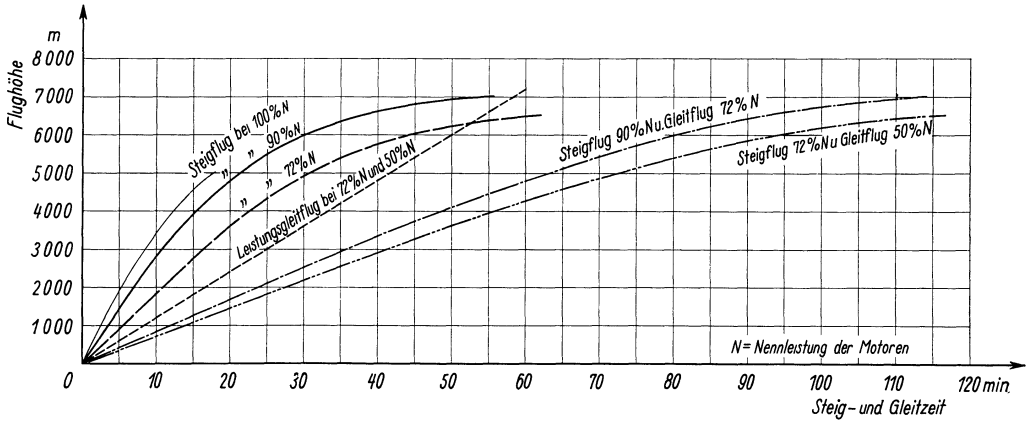


Abb. 13. Steig- und Gleitzeiten des Verkehrsflugzeugs D mit Höhenmotoren.

Motoren = 3 × 800/880 PS	Passagiere = 17
Fluggewicht = 12 500 kg	Besatzung = 3

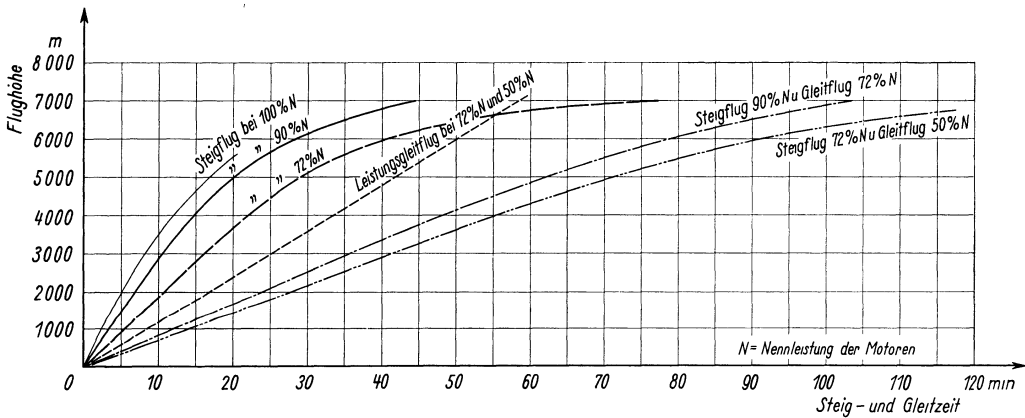


Abb. 14. Steig- und Gleitzeiten des Verkehrsflugzeugs E mit Höhenmotoren.

Motoren = 2 × 800/880 PS	Passagiere = 10
Fluggewicht = 8 200 kg	Besatzung = 2

Eine erste Zusammenfassung zur Bildung der Gesamtflugzeit ist gleichfalls noch in den Abb. 10 bis 16 für die Steigzeit und Gleitzeit vorgenommen. Gemäß der Tab. 3 und den Abb. 5a und b sind für alle Flugzeuge graphisch die Summen aus Steigzeit + Gleitzeit für den schnellen und langsameren Flug (Fall I bzw. Fall II) gebildet worden. Die Aufschriften an den Kurven lassen die gebildeten Summen erkennen. In Abb. 11 ist für das Reiseflugzeug B aus der Kurve „Steigflug bei 90% + Leistungsgleitflug bei 60% N“ des Falls I ersichtlich, daß, wenn der horizontale Streckenflug in 3 km Flughöhe durchgeführt wird, dann die Summe aus Steigzeit + Gleitzeit für die Flughöhen zwischen 0 und 3 km insgesamt 45 Minuten beträgt. Der Anteil der Steigzeit ist dabei 20 Minuten, der der Gleitzeit 25 Minuten. Für das viermotorige Verkehrsflugzeug G zeigt die Abb. 16, daß die Summe aus Steigzeit + Gleitzeit im Fall I (Steigflug mit 90% und Gleitflug mit 75% N) zwischen den Flughöhen 0 und 3 km 33 Minuten beträgt.

Zum Vergleich aller Abb. 10—16 untereinander ist zu bemerken, daß die Summen aus Steigzeit + Gleitzeit im Fall I des Sportflugzeugs A sowie der Verkehrsflugzeuge D—G geringer sind als die-

jenigen des Falles II, während für die Reiseflugzeuge B und C das Umgekehrte der Fall ist. Dies erklärt sich aus den Größen der zugeordneten Sinkgeschwindigkeiten.

Der etwaige Einwand auf Grund der Abb. 11 und 12, daß Fall I nicht der schnellere sei, gilt aber nur bedingt in bezug auf die Gesamtflugzeit. Es kommt nämlich nicht nur darauf an, mit welcher Geschwindigkeit man steigt oder gleitet sondern auch noch darauf, welche Steig- und Gleitwege dabei

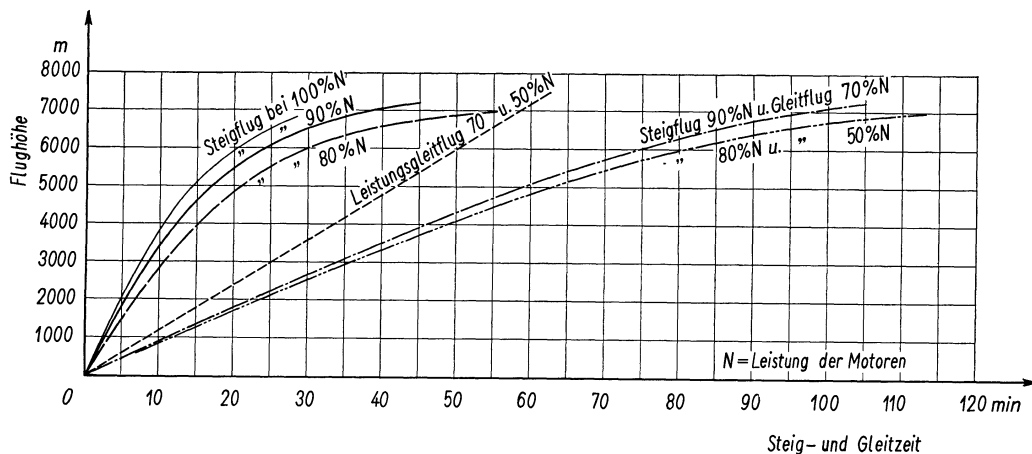


Abb. 15. Steig- und Gleitzeiten des Verkehrsflugzeugs F mit Höhenmotoren.

Motoren	= 4 × 800/830 PS	Passagiere	= 25
Fluggewicht	= 15 500 kg	Besatzung	= 4

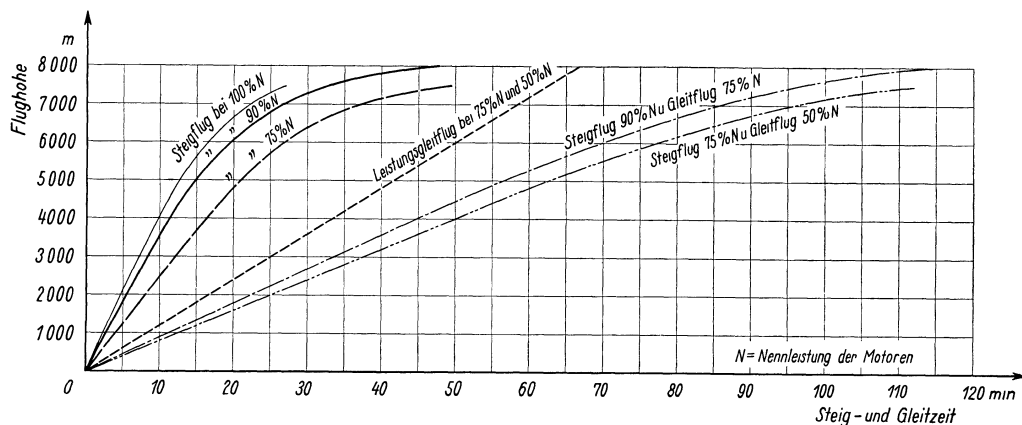


Abb. 16. Steig- und Gleitzeiten des Verkehrsflugzeugs G mit Höhenmotoren.

Motoren	= 4 × 1300/1450 PS	Passagiere	= 40
Fluggewicht	= 25 340 kg	Besatzung	= 4

im Zuge der Flugstrecke zurückgelegt werden. Darüber, daß durch die Auswirkung der Steig- und Gleitwege Fall I immer günstiger wird, ist in Abschn. 4 Näheres gesagt. Immerhin wurde durch die Sonderannahme des Gleitens mit $w_{sink\ min}$ bei Leerlauf für die Sport- und Reiseflugzeuge A—C der Einfluß des rascheren Sinkens gezeigt.

4. Steig- und Gleitweg, Länge des horizontalen Streckenflugs.

Die Steig- und Gleitbahnen der Flugzeuge A—G in den Abb. 17—23, die als Abszissen die während des Steigens und Gleitens überflogenen Strecken in horizontal gemessener Länge enthalten, sind ebenfalls wie die vorhergehenden Steig- und Gleitzeitkurven von Einfluß auf die sich ergebende Gesamtflugzeit. Die Steig- und Gleitzeiten sind allerdings selbst Teile der Gesamtflugzeit, während die horizontalen Flugstrecken beim Steigen und Gleiten nur der Ermittlung der Flugzeit des horizontalen Streckenfluges dienen.

Bevor auf die Einzelheiten der Abb. 17—23 eingegangen wird, soll der Hauptzweck, dem sie dienen, angeführt sein. Wie oben bereits erwähnt, haben die horizontal gemessenen Flugstrecken während des Steigens und Gleitens Einfluß auf die Flugzeit des horizontalen Streckenflugs, indem sie die Längen bestimmen, die für diesen horizontalen Streckenflug neben dem Steig- und Gleitflug übrig bleiben. In den Abb. 17—23 mußte demgemäß die Summe aus horizontal gemessener Steig- und Gleitstrecke gebildet werden. Die Differenz aus Flugweite minus Summe aus horizontaler Flugstrecke des Steig- und Gleitflugs ergibt die Streckenlänge, die für den horizontalen Streckenflug übrigbleibt. In den Abb. 17—23, in denen die Summenbildung aus Steigflug + Gleitflug wieder nach Tab. 3 durchgeführt wurde, ergibt sich die vorgenannte Differenz als Ergänzung der Steig- + Gleitflugsammenlinie zur Flugweite. Die in den Abbildungen angegebenen Bezeichnungen erklären gleichfalls die Bestimmung der horizontalen Streckenfluglänge. Sie seien an Hand eines Zahlenbeispiels für das viermotorige Verkehrsflugzeug G nochmals erläutert. In der Abb. 23 ergab die Addition der Abszissen der 90% N-Steigkurve mit denjenigen der 75% N-Gleitkurve die Summenlinie des Steigflugs bei 90% N + Gleitflugs bei 75% N, im vorhergehenden mit Fall I bezeichnet. Analog ergab sich auch die Summenlinie des Falles II aus dem Steigflug bei 75% N und dem Leistungsgleitflug bei 50% N. Ist nun nach der Abb. 23, für das Zahlenbeispiel sei die durch kleine Kreise markierte Flughöhe von 3400 m ebenfalls gewählt,

$$a_1 = 235 \text{ km} = \text{horizontale Flugstrecke des 90\% N-Steigflugs} + 75\% \text{ N-Gleitflugs (Steigweg} + \text{Gleitweg),}$$

$$a_2 = 212 \text{ km} = \text{horizontale Flugstrecke des 75\% N-Steigflugs} + 50\% \text{ N-Gleitflugs,}$$

so sieht man, daß für eine Flughöhe von 3400 m nur Flugweiten in Frage kommen, die mindestens je nach aufgewendeter Motorleistung die Längen a_1 bzw. a_2 aufweisen. Da im nachfolgenden alle Flugzeituntersuchungen jeweils auf Flugweiten mit 200 km Entfernung voneinander aufgebaut sind, erkennt man sofort, daß für die gewählte Flughöhe von 3400 m die geringste Flugweite von 200 km ausscheidet und die erforderlichen horizontalen Steig- und Gleitwege a_1 und a_2 auf die Flugweite von 400 km zu beziehen sind. Die Differenz zwischen Flugweiten und Summenlinien aus Steigflug + Gleitflug gibt in der Höhe von 3400 m je für die Fälle I und II

$$b_1 = \text{restliche Flugstrecke des horizontalen Streckenflugs, wenn der Steigflug mit 90\% N, der Leistungsgleitflug mit 75\% N durchgeführt wird, und}$$

$$b_2 = \text{restliche Flugstrecke des horizontalen Streckenflugs, wenn der Steigflug mit 75\%, der Leistungsgleitflug mit 50\% N durchgeführt wird.}$$

Zahlenmäßig betragen b_1 und b_2 :

$$b_1 = 400 - a_1 = 400 - 235 = 165 \text{ km,}$$

$$b_2 = 400 - a_2 = 400 - 212 = 188 \text{ km.}$$

Diese Längen des horizontalen Streckenflugs, die hier als Differenzen ermittelt wurden, lassen sich in der Abb. 23 ohne weiteres sofort als Ergänzung von a_1 bzw. a_2 auf 400 km Flugweite ablesen, wenn die zur besonderen Hervorhebung noch gestrichelte Ordinate bei 400 km als Nulllinie angesehen und von ihr aus rückwärts b_1 bzw. b_2 abgelesen wird.

Da die Summen der horizontalen Flugstrecken des Steigflugs + Gleitflugs in den Abb. 20—23 für die Verkehrsflugzeuge D — G 600 km nicht überschreiten, können alle Ergänzungen b_1 oder b_2 = den Längen des horizontalen Streckenflugs auf den Abbildungen abgelesen werden. Die Entfernungen von 200, 400 und 600 km, auf die je nach gewählter Flughöhe bezogen werden muß, sind besonders markiert.

In den Abb. 17—19, die sich auf das Sportflugzeug A und die beiden Reiseflugzeuge B und C beziehen, genügt die Darstellung einer Abszisse mit 300 km, da für diese Flugzeugtypen, für die nur die niederen Flughöhen in Betracht gezogen werden können, die Summe aus den horizontal gemessenen Steig- und Gleitstrecken 300 km nicht überschreitet. Da für diese Sport- und Reiseflugzeuge gegenüber den Verkehrsflugzeugen besonders auch die kürzesten Strecken interessieren, ist in den vorliegenden Abb. 17—19 außer der 200 km-Flugweite noch die 100 km-Grenze besonders markiert. In den später hierauf aufgebauten Kurven ist ebenfalls die 100 km-Flugweite besonders eingezeichnet, während von 200 km ab aufwärts auch für die Sport- und Reiseflugzeuge nur die Flugweiten mit 200 km Entfernungsunterschied betrachtet werden.

Die Einzelbetrachtung der in den Abb. 17—23 eingetragenen Steig- und Gleitwegkurven zeigt zunächst, daß auch hier wie bei den Steig- und Gleitzeitkurven der Abb. 9—15 die 100% N-Steigkurve aufgenommen ist. Sie zeigt den kürzesten erreichbaren Steigweg.

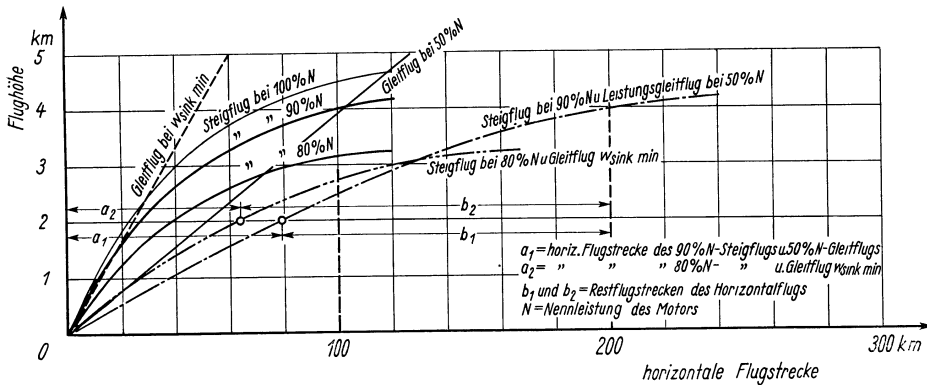


Abb. 17. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Sportflugzeugs A mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 105 PS Passagiere = 1
 Fluggewicht = 750 kg Besatzung = 1

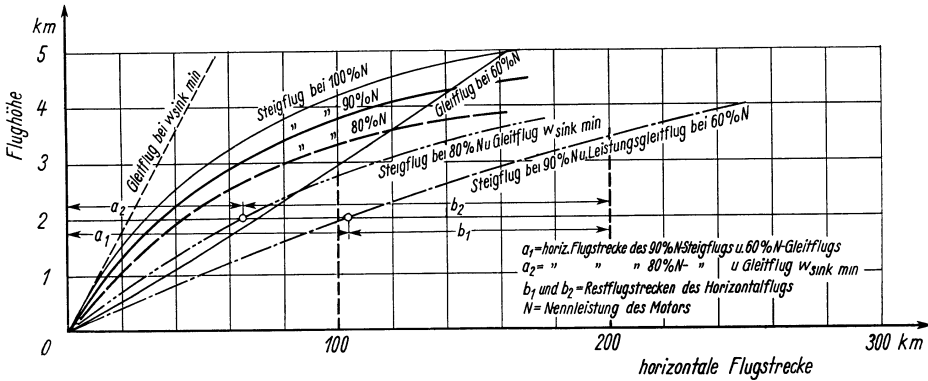


Abb. 18. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Reiseflugzeugs B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
 Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

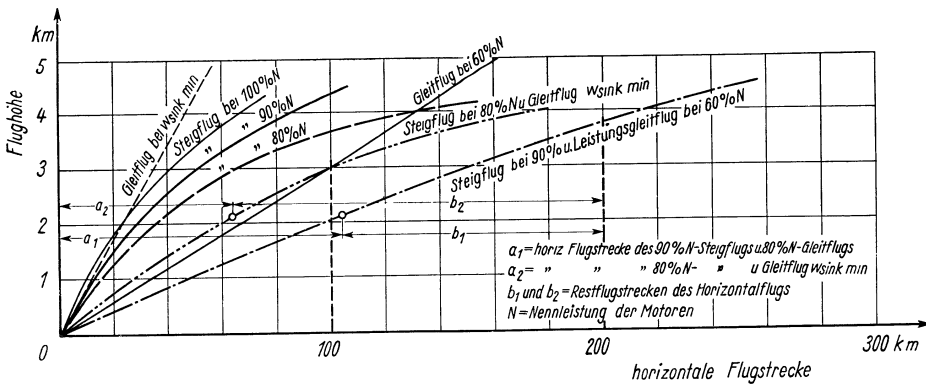


Abb. 19. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Reiseflugzeugs C mit Bodenmotoren.

Motoren = 2 × 240 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 2930 kg Besatzung = 2

Sofern einzelne Steigwege bei den näher in Betracht gezogenen erhöhten Dauer- und Dauerleistungen der Motoren interessieren, können diese aus den Abbildungen entnommen werden. Um ein Beispiel für 90% N und eine Flughöhe von 3000 m anzuführen, betragen die horizontal gemessenen Steigwege für das Sportflugzeug A 45 km, für die Reiseflugzeuge B und C 62 bzw. 52 km, für

die Verkehrsflugzeuge D — G 30, 32, 42, bzw. 28 km. Gleichzeitig ist aus der Steigflugkurve bei Dauerleistung zu ersehen, in welchem Maße sich der Steigweg beim sog. langsamen Steigen mit geringerer Motorleistung gegenüber dem Steigflug mit 90% N erhöhter Dauerleistung verlängert. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auch noch auf die Bedeutung der Länge des Steigwegs, die im Zuge einer Flugstrecke als Anflugweg zur Überwindung von Gebirgen (z. B. die Alpen oder Anden) erforderlich sein kann.

Im einzelnen sind aus den Abb. 17—19 der Flugzeuge mit Bodenmotoren einerseits und den Abb. 20—22 der Flugzeuge mit Höhenmotoren andererseits wiederum deutlich charakteristische Unterschiede zu erkennen. Bei den Flugzeugtypen mit Bodenmotoren sind die Steigwegkurven vom

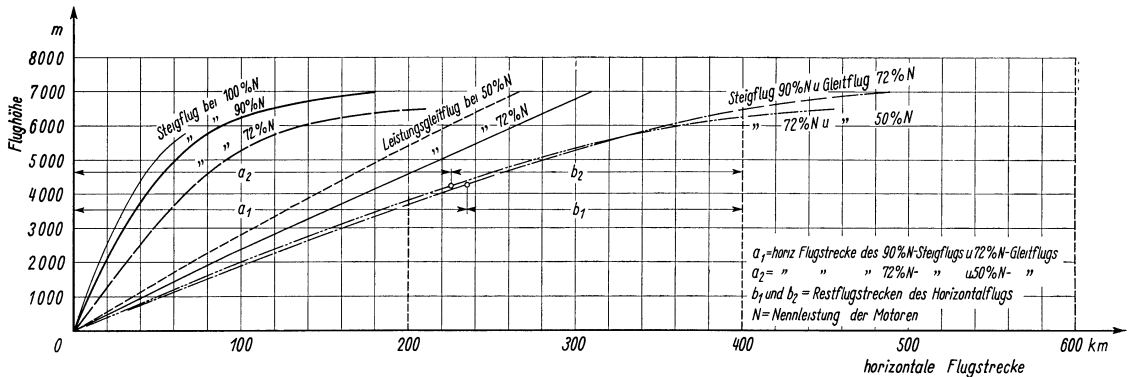


Abb. 20. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Verkehrsflugzeugs D mit Höhenmotoren.

Motoren = 3 × 800/880 PS Passagiere = 17
 Fluggewicht = 12 500 kg Besatzung = 3

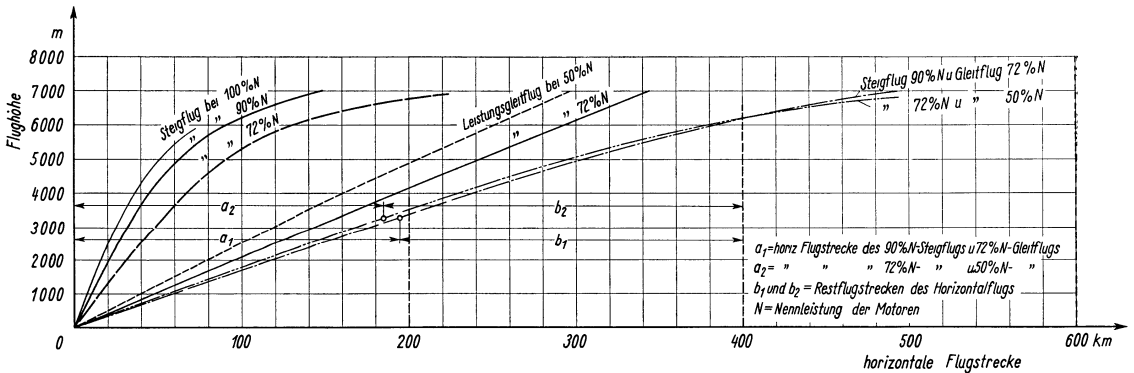


Abb. 21. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Verkehrsflugzeugs E mit Höhenmotoren.

Motoren = 1 × 800/880 PS Passagiere = 10
 Fluggewicht = 8200 kg Besatzung = 2

Nullpunkt ab gekrümmt, um mit der Zunahme der Flughöhe immer flacher zu werden. Bei den Verkehrsflugzeugtypen mit Höhenmotoren tritt diese Krümmung entsprechend der größten Nennleistungshöhe ihrer Motoren erst von 4—6 km ab ein. Dieses Flacherwerden der Steigwegkurven mit der Zunahme der Flughöhe, das besagt, daß das Erklettern von je 1000 m in größeren Höhen immer größere horizontale Flugstrecken benötigt, spiegelt sich wider im Vergleich folgender Zahlen, für die das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor und das viermotorige Verkehrsflugzeug G in Abb. 18 bzw. Abb. 23 herausgegriffen werden soll. Die horizontalen Flugstrecken beim Steigen betragen bei 90% N die nachfolgenden Werte:

Steighöhe	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8 km
Steigweg beim 1mot. Reiseflugzeug B mit Bodenmotor	15	20	29	51	—	—	—	—
Steigweg beim 4mot. Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren	10	10	8	12	14	18	30	> 80 km

Diese Zahlenangaben zeigen deutlich, wie die Vergrößerung des horizontal gemessenen Steigwegs je 1000 m Höhenzunahme im Steigen vor sich geht. Das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor braucht zum Erklettern der Steighöhe von 3000 auf 4000 m schon das Dreieinhalbfache des horizontalen Wegs der ersten 1000 m, während das viermotorige Verkehrsflugzeug G, dessen Weg sich zunächst entsprechend der Motorleistungs- und Steiggeschwindigkeitszunahme bis zur Nennleistungshöhe verkürzt, erst zur Steighöhe von 6000 auf 7000 m gegenüber den ersten 1000 m das Dreifache an horizontaler Flugstrecke benötigt.

Daß dieses Flacherwerden der Steigwegkurven mit der Höhe sich auf die ganze Flugzeit in großen Höhen ungünstig auswirkt, ergibt sich aus dem Zusammenhang von Steigzeit- und Steigwegkurven.

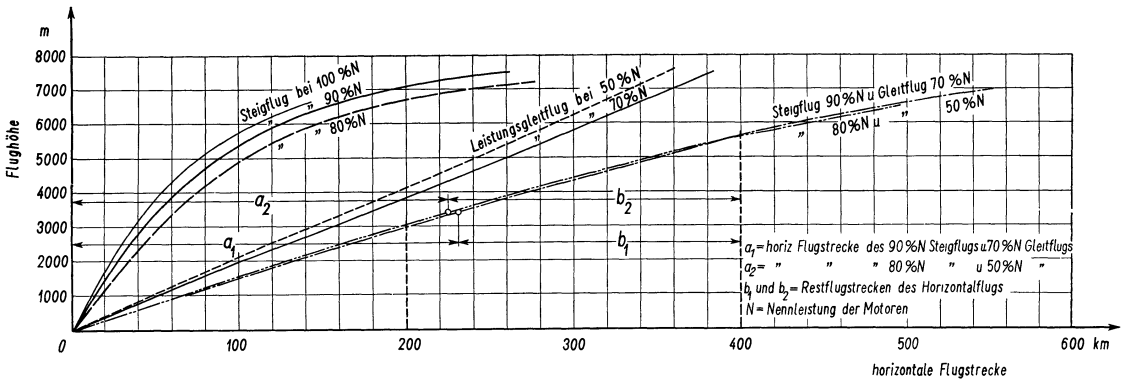


Abb. 22. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Verkehrsflugzeugs F mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 800/830 PS Passagiere = 25
 Fluggewicht = 15 500 kg Besatzung = 4

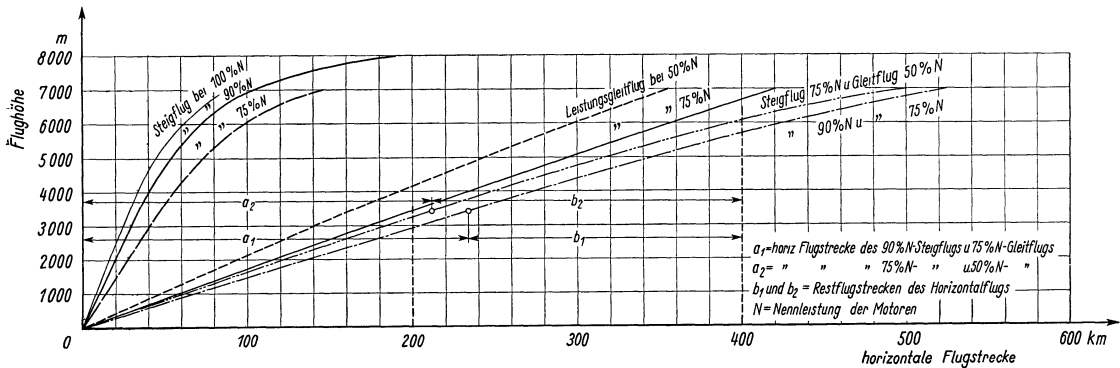


Abb. 23. Flugbahnen beim Steigen und Gleiten des Verkehrsflugzeugs G mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 1300/1450 PS Passagiere = 40
 Fluggewicht = 25 340 kg Besatzung = 4

Die Gleitwegkurven sind ebenfalls in den Abb. 17—23 entsprechend der Festlegung der Motorleistungen in Tab. 3 und der Sinkgeschwindigkeiten nach Abb. 9 eingetragen. Während bei dem Sportflugzeug A und den Reiseflugzeugen B und C auf Grund des Leistungsgleitflugs im Fall I und dem Gleitflug $w_{sink\ min}$ bei Leerlauf im Fall II ein erheblicher Unterschied in der Länge des Gleitwegs auftritt, ist dieser natürlich wesentlich geringer für die Leistungsgleitflüge der Verkehrsflugzeuge D—G im Fall I mit 70—75% N und im Fall II mit 50% N.

Die Gleitkurven für Zeit und Weg geben auf Grund ihres geraden oder nur leicht gekrümmten Verlaufs keinen Anlaß zu besonderer Betrachtung, wie es für die Steigkurven mit ihren starken Krümmungen notwendig war. Der günstige oder ungünstige Einfluß der Gleitkurven mit Zunahme der Flughöhe ist auf jeden Fall sehr gering auf die Gesamtflugzeit.

Auf den besonderen Zweck der Summenlinien, die eine direkte Ablesung der für den horizontalen Streckenflug übrigbleibenden Reststreckenlänge ermöglichen, ist im vorhergehenden eingegangen. Was aus den Abb. 17—23 im einzelnen noch besonders ersehen werden kann, ist der Anteil von

Steigstrecke, Gleitstrecke und deren Summe sowie der Länge des horizontalen Streckenflugs an der Gesamtflugweite.

Werden für ein Zahlenbeispiel wieder die Flugzeuge B und G herausgegriffen und deren oben genannten Anteile in Tab. 4 und 5 erfaßt, so kann man sofort sehen, in welchem Verhältnis je nach

Tab. 4.

Anteil der Steig- und Gleitwege sowie des horizontalen Streckenflugs an der Gesamtflugweite für das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Fall I: Steigflug: 90% N Fall II: Steigflug: 80% N
 Horiz. Streckenflug: . . . 80% N Horiz. Streckenflug: . . . 60% N
 Leistungsgleitflug: 60% N Gleitflug: 0% N

Flugweite	Flughöhe	Anteil an der Gesamtflugweite											
		Steigflug				Gleitflug				Fall I		Fall II	
		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II		Steigflug + Gleitflug %	Horiz. Streckenflug %	Steigflug + Gleitflug %	Horiz. Streckenflug %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
200 km = 100%	1	14	7	19	9,5	35	17,5	12	6	24,5	75,5	15,5	84,5
	3	63	31,5	80	40	102	51	33	16,5	82,5	17,5	56,5	43,5
600 km = 100%	1	14	2,3	19	3,2	35	5,8	12	2	8,1	91,9	5,2	94,8
	3	63	10,5	80	13,3	102	17	33	5,5	27,5	72,5	18,8	81,2

gewählter Flugweite und Flughöhe die Gesamtflugstrecke zu ihren Einzelteilen des Steig-, horizontalen Strecken- und Gleitflugs steht.

Aus Tab. 4 ersieht man für das Flugzeug B, daß für den Fall I bei einer Flugweite von 200 km der Anteil des horizontalen Streckenflugs in 1 km Höhe noch 75,5%, bei einer Flughöhe von 3 km

Tab. 5.

Anteil der Steig- und Gleitwege sowie des horizontalen Streckenflugs an der Gesamtflugweite für das viermotorige Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotor.

Fall I: Steigflug: 90% N Fall II: Steigflug: 75% N
 Horiz. Streckenflug: . . . 75% N Horiz. Streckenflug: . . . 50% N
 Leistungsgleitflug: 75% N Leistungsgleitflug: . . . 50% N

Flugweite	Flughöhe	Anteil an der Gesamtflugweite											
		Steigflug				Gleitflug				Fall I		Fall II	
		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II		Steigflug + Gleitflug %	Horiz. Streckenflug %	Steigflug + Gleitflug %	Horiz. Streckenflug %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400 km = 100%	1	10	2,5	12	3,0	58	14,5	46	11,5	17	83	14,5	85,5
	5	54	13,5	72	18	295	73,5	242	60,5	87	13	78,5	21,5
1200 km = 100%	1	10	0,8	12	1	58	4,8	46	3,8	5,6	94,4	4,8	95,2
	5	54	4,5	72	6	295	24,5	242	20	29	71	26	74
2000 km = 100%	1	10	0,5	12	0,6	58	2,9	46	2,3	3,4	96,6	2,9	97,1
	5	54	2,7	72	3,6	295	14,8	242	12,1	17,5	82,5	15,7	84,3

dagegen nur noch 17,5% beträgt. Bei 600 km Flugweite beträgt er für die beiden Höhen von 1 und 3 km schon 91,9 und 72,5%. Das Verhältnis wird insgesamt günstiger mit Zunahme der Flugweite, ungünstiger jedoch für die einzelnen Flugstrecken mit Zunahme der Flughöhe. Die Tab. 5 zeigt für das Verkehrsflugzeug G, daß im Fall I der Anteil des horizontalen Streckenflugs an der Flugweite von 400 km bei einer Flughöhe von 1 bzw. 5 km 83 bzw. 13% beträgt. Für die Flugweite von 1200 km beträgt dieser Anteil 94,4 und 71% und für die Flugweite von 2000 km ist schließlich der Anteil des horizontalen Streckenflugs 96,6 bzw. 82,5%. Also auch hier zeigt sich, daß das Verhältnis von Länge des horizontalen Streckenflugs zur Gesamtflugweite zugunsten des horizontalen

Streckenflugs besser wird mit Zunahme der Flugweite, ungünstiger jedoch für die einzelnen Flugstrecken mit Zunahme der Flughöhe. Wird der Steig- und Gleitflug mit der Motorleistung des Falles II durchgeführt, so sind für Flugzeug B und G die Anteile des horizontalen Streckenflugs noch größer als beim Fall I, was von dem kürzeren Gleitweg bei den geringeren Motorleistungen herrührt.

Die Gesamtlage der Steig- und Gleitflugbahnen im Luftraum zueinander zeigt für die Sport- und Reiseflugzeuge A—C ein etwas anderes Bild wie für die Verkehrsflugzeuge D—G. Bei ersteren liegen die Steigwege zwischen dem Gleitweg bei Leerlauf ($w_{sink\ min}$) als der steilsten Flugbahn und dem Gleitweg bei 50% N bzw. 60% N als der zum größten Teil flachsten Flugbahn. Bei den Verkehrsflugzeugen, bei denen der Gleitflug bei Leerlauf ($w_{sink\ min}$) ausscheidet, sind die Flugbahnen beim Steigen die steilsten im Luftraum. Die Gleitbahnen sind wesentlich flacher, so daß sie für die Summenlinien den Hauptanteil bilden. Während also beim Steigen mit hoher Motorleistung nur kurze Steigwege zur Erreichung der Flughöhen erforderlich sind, bedingt die hohe Motorleistung beim Leistungsgleitflug große Gleitwege. Da alle Abb. 17—23 sowohl für die Flughöhen wie für die horizontalen Flugstrecken im gleichen Maßstab aufgetragen sind, können die einzelnen Neigungen gut miteinander verglichen werden.

Die beiden Tab. 4 und 5 und die einzelnen Abb. 10—23 zeigen auch noch entsprechend den vorhergehenden Ausführungen, daß es bei der Betrachtung des Steig- und Gleitflugs nicht allein genügt, bei Leistungsangaben von Flugzeugen, wie es heute zur Hauptsache üblich ist, nur die Steig- und Gleitzeiten anzugeben, sondern daß es notwendig ist, auch die Steig- und Gleitwege zu kennen, um so mehr als diese Kenntnis der Steig- und Gleitwege in zweierlei Hinsicht Bedeutung hat. Erstens kann besonders bei kürzeren Flugweiten nur in Abhängigkeit von der horizontalen Gesamtlänge des Steig- und Gleitwegs eine bestimmte Flughöhe zugewiesen werden und zweitens muß man in der Nähe eines Flughafens die Begrenzung des Luftraums, der von den Flugbahnen des Steig- und Gleitflugs durchschnitten wird, kennen.

Nachdem nunmehr die Flugbahnen beim Steigen und Gleiten untersucht sind und somit ein Vergleich der Steig- und Gleitkurven nach Zeit und Weg möglich ist, muß noch nachgewiesen werden (s. Abschn. III, 3, letzter Absatz), daß auch für Reiseflugzeuge B und C der Fall I gegenüber dem Fall II der schnellere ist. Dies wird an Hand der Abb. 24—25 für Flugzeug B gezeigt. Die zugeordneten Motorleistungen entsprechen Tab. 3.

Die in den Beispielen angewandten Abkürzungen haben folgende Bedeutung:

- t_{st} = Steigzeit
- s_{st} = horizontal gemessener Steigweg
- t_{gl} = Gleitzeit
- s_{gl} = horizontal gemessener Gleitweg
- t_{ho} = Flugzeit für horizontalen Streckenflug
- s_{ho} = Flugweg für horizontalen Streckenflug
- v_{ho} = Flugzeuggeschwindigkeit in der Horizontalen.

Werden noch Zahlenindexe verwendet, so bedeutet z. B.

- t_{stI} = Steigzeit im Fall I
- t_{stII} = Steigzeit im Fall II.

Für die Beispiele war es notwendig, einzelne Horizontalfluggeschwindigkeiten aus den Kurven, die erst in Abschnitt 5 erscheinen, schon vorwegzunehmen. Die Werte decken sich mit denen der Abb. 28—34.

Beispiel für den Gleitflug von Flugzeug B, Abb. 24.

Gleiten von 2000 m mit Leistungsgleitflug bei 60% N (Fall I) und Gleitflug bei Leerlauf mit $w_{sink\ min}$ (Fall II). Nach den Abb. 11 und 18 ergibt sich:

$$\begin{array}{ll} t_{glI} = 17 \text{ min} & t_{glII} = 9 \text{ min} \\ s_{glI} = 70 \text{ km} & s_{glII} = 22 \text{ km} \end{array}$$

Für den Vergleich muß der aus dem Leistungsgleitflug von 60% N sich ergebende horizontal gemessene Gleitweg von 70 km als zu durchfliegende Vergleichsstrecke zugrunde gelegt werden. Es muß also die Flugzeit ermittelt werden, die im Fall II für das Durchfliegen der 70 — 22 = 48 km im Horizontalflug noch zusätzlich benötigt wird. Für diese Strecke von 48 km wird entsprechend Fall II die horizontale Fluggeschwindigkeit bei 60% N mit 215 km/h zugrunde gelegt.

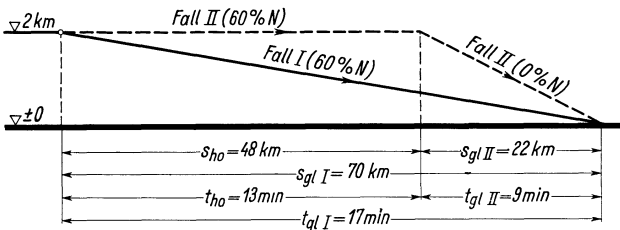


Abb. 24. Vergleich der Gleitbahnen der Fälle I und II nach Zeit und Weg für das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor (schematische Abbildung).

Die Flugzeit für die horizontale Flugstrecke von 48 km beträgt dann

$$t_{ho} = \frac{48 \times 60}{215} = 13 \text{ min.}$$

Somit Ersparnis durch Gleiten mit Fall I an Stelle Fall II:

$$t_{gl II} + t_{ho II} - t_{gl I} = 9 + 13 - 17 = 5 \text{ min.}$$

Fall I ist also trotz der längeren Gleitzeit zeitlich gesehen der günstigere.

Daß nicht der Einwand entstehen kann, daß beim Steigen ebenfalls wie beim Gleiten die flachere Flugbahn, diesmal jedoch von Fall II, die günstigere sei, soll hier ebenfalls ein Zahlenbeispiel für das Flugzeug B zeigen.

Steigflug beim Flugzeug B, Abb. 25.

Steigen auf 2000 m mit 90% N (Fall I) und 80% N (Fall II). Horizontaler Streckenflug mit 80% N (Fall I). Es ergibt sich aus den Abb. 11 und 18

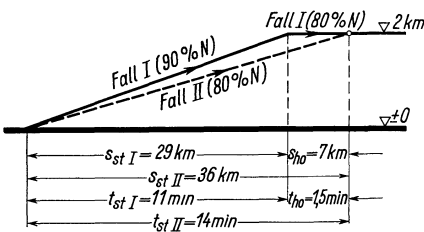


Abb. 25. Vergleich der Steigbahnen der Fälle I und II nach Zeit und Weg für das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor (schematische Abbildung).

$$t_{st I} = 11 \text{ min} \quad t_{st II} = 14 \text{ min}$$

$$s_{st I} = 29 \text{ km} \quad s_{st II} = 36 \text{ km}$$

Die Vergleichsstrecke ist somit $s_{st II} = 36 \text{ km}$.

$$s_{ho} = 36 - 29 = 7 \text{ km}$$

$$v_{ho} \text{ bei } 80\% \text{ N} = 260 \text{ km/h}$$

$$t_{ho} = \frac{7 \times 60}{260} = 1,5 \text{ min.}$$

Die Ersparnis beim Steigen mit Fall I gegenüber II ist somit:

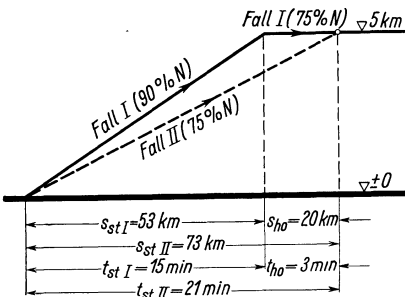
$$t_{st II} - (t_{st I} + t_{ho I}) = 14 - (11 + 1,5) = 1,5 \text{ min}$$

Auch für das Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren

seien, um den zeitlichen Einfluß der verschiedenen Motorleistungen beim Steigen und Gleiten zu zeigen, folgende zwei Beispiele durchgerechnet:

Steigflug beim Verkehrsflugzeug G, Abb. 26.

Steigen auf 5000 m mit 90% N (Fall I) und 75% N (Fall II). Horizontaler Streckenflug mit 75% N (Fall I). Es ergibt sich aus den Abb. 16 und 23



$$t_{st I} = 15 \text{ min} \quad t_{st II} = 21 \text{ min}$$

$$s_{st I} = 53 \text{ km} \quad s_{st II} = 73 \text{ km.}$$

Die Vergleichsstrecke ist somit $s_{st II} = 73 \text{ km}$.

$$s_{ho} = 73 - 53 = 20 \text{ km}$$

$$v_{ho} \text{ bei } 75\% \text{ N} = 425 \text{ km/h}$$

$$t_{ho} = \frac{20 \times 60}{425} = 3 \text{ min}$$

Die Ersparnis an Steigzeit im Fall I beträgt somit:

$$t_{st II} - (t_{st I} + t_{ho I}) = 21 - (15 + 3) = 3 \text{ min.}$$

Abb. 26. Vergleich der Steigbahnen der Fälle I und II nach Zeit und Weg für das viermotorige Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren (schematische Abbildung).

Wie groß die Zeitersparnis allein beim Gleiten beim Verkehrsflugzeug G ist, sei in folgendem Zahlenbeispiel ermittelt:

Gleitflug beim Verkehrsflugzeug G, Abb. 27.

Gleiten von 5000 m Flughöhe mit Leistungsgleitflug von 75% N (Fall I) und 50% N (Fall II). Horizontaler Streckenflug mit 50% N (Fall II).

Da die Gleitzeit in beiden Fällen auf Grund der konstant gewählten Sinkgeschwindigkeit $w_{sink} = 2$ m/sec dieselbe ist, kann ein Zeitgewinn nur dadurch entstehen, daß die Neigung der Gleitbahn im Fall I flacher und in gleicher Gleitzeit wie beim Fall II ein größerer horizontal gemessener Flugweg zurückgelegt wird.

Nach Abb. 23 ergibt sich

$$s_{gl\ I} - s_{gl\ II} = 295 - 242 = 53 \text{ km}$$

Unter Zugrundelegung einer horizontalen Fluggeschwindigkeit von 380 km/h bei 50% N ergibt sich für den Fall I folgende Zeitersparnis:

$$t = \frac{53 \times 60}{380} = 8 \text{ min}$$

Wie aus diesen vier Zahlenbeispielen hervorgeht und wie sich auch aus den Abb. 10—23 für andere Fälle errechnen läßt, sind die zeitlichen Vorteile, die sich bei den Steig- und Gleitflügen je nach der gewählten Motorleistung der Fälle I und II ergeben, beim Steigen mit 1,5—3 min geringer als beim Gleiten mit 5—8 min. Diese geringe Ersparnis beim Steigen rührt natürlich hauptsächlich davon her, daß der Unterschied der aufgewandten Motorleistungen nicht sehr groß ist. In bezug auf die Betriebsdauer nach Flugstunden macht sich jedoch der Unterschied in der Beanspruchung der Motoren zwischen 30 min erhöhter Dauerleistung und geringerer Leistung erheblich mehr geltend, da hier-

von in hohem Maße die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Flugs abhängt. Ob daher die hohen Motorleistungen besonders beim Steigen wegen des oben errechneten oft nur geringen Zeitgewinns bis zur Erreichung der gewünschten Flughöhe aufgewendet werden sollen, ist ein Punkt, der besonders im praktischen Flugbetrieb einer besonderen Abschätzung bedarf.

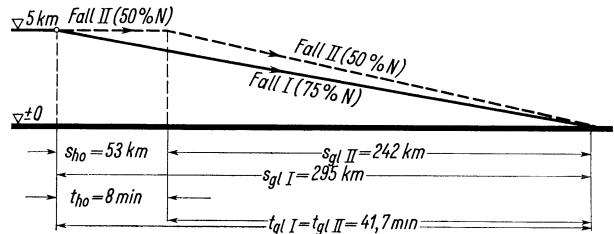


Abb. 27. Vergleich der Gleitbahnen der Fälle I und II nach Zeit und Weg für das viermotorige Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren (schematische Abbildung).

Aus Gründen der Flugsicherung in der Nähe von Flughäfen kann es freilich erforderlich sein, daß beim Steigflug höchste Motorleistungen aufgewendet werden, um auf schnellstem und kürzestem Weg die zugewiesenen Flughöhen zu erreichen, damit der Luftraum, der von solchen Steigbahnen durchschnitten wird, möglichst klein wird. Wird also aus flugsicherungstechnischen Gründen möglichst schnell und steil gestiegen, so bedeutet dies gleichzeitig auch noch eine Ersparnis an der Gesamtflugzeit. Erheblich mehr an freizuhaltendem Luftraum in der Nähe von Flughäfen benötigen die Landungen, da die Flugbahnen beim Gleiten wesentlich geringere Neigungen als beim Steigflug aufweisen. Hier wäre es also unter Bezug auf das vorhergehende Zahlenbeispiel für den Gleitflug des Verkehrsflugzeugs G angebrachter, mit geringerer Motorleistung zu gleiten, um unter Einhaltung von $w_{sink} \text{ const} = 2$ m/sec eine steilere Neigung der Gleitbahn zu erreichen und dadurch dazu beizutragen, daß der Luftraum, der für diese Gleitbahn freigehalten werden muß, kleinere Ausmaße bekommt. Dieser steilere Gleitflug mit geringerer Motorleistung würde aber, wie das Zahlenbeispiel zeigte, gegenüber dem Fall I eine Verlängerung der gesamten Flugzeit bedeuten.

Interessant und von besonderer Wichtigkeit in obiger Beziehung sind die Folgerungen, die sich bei Einsatz von Flugzeugen mit Druckkabinen ergeben, die durch Regelung und Anpassung des Innendruckes der Kabine eine größere Sinkgeschwindigkeit als 2 m/sec gestatten. Diese Maßnahme der Innendruckregulierung, die sich vom Standpunkt des planmäßigen Luftverkehrs aus noch im Anfangsstadium befindet, würde sich auf den Reisenden so auswirken, daß er entsprechend der Innendruckregelung das Gefühl hätte, mit 2 m/sec zu sinken, während das Flugzeug sich tatsächlich mit höherer Sinkgeschwindigkeit

von 3—4 m/sec dem Boden nähert. Diese 3—4 m/sec ergeben sich daraus, daß auch bei der druckfesten Kabine in größeren Höhen, um das Fluggewicht für die Konstruktion der Druckkabine nicht zu sehr zu erhöhen, der Innendruck nicht mehr der Höhe 0 entsprechend gehalten werden kann, sondern daß etwa dem Luftdruck der freien Atmosphäre in 4000—5000 m Höhe ein Kabineninnendruck, der der Höhe 2500 m entspricht, gegenübergestellt wird. Das würde also bedeuten, daß bei gleicher Motorleistung der Gleitflug mit der Sinkgeschwindigkeit von mehr als 2 m/sec eine steilere Flugbahn hätte als die heutigen Gleitbahnen bei w_{sink} kleiner oder gleich 2 m/sec. Es wäre dies ein Weg, um weiterhin den Luftraum, der von den Gleitbahnen in Flughafennähe durchschnitten wird, zu verkleinern und so die Beschränkungen, die für den übrigen Luftraum bestanden haben, zu verringern. Die Druckkabine würde dadurch außer für den horizontalen Streckenflug in großen Höhen auch noch dem Gleitflug bis in Bodennähe nutzbar, so daß die Gesamtflugzeit infolge der höheren Sinkgeschwindigkeit verkürzt wird.

5. Die Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen.

Für die vier Zahlenbeispiele, die am Ende des 4. Abschn. durchgerechnet sind, war es notwendig, bereits einzelne Werte der Fluggeschwindigkeiten vorwegzunehmen und in Betracht zu ziehen.

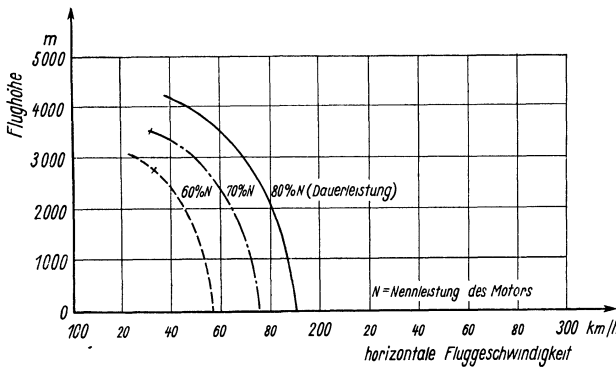


Abb. 28. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Sportflugzeug A mit Bodenmotor.

Motor	= 1 × 105 PS	Passagiere	= 1
Fluggewicht	= 750 kg	Besatzung	= 1

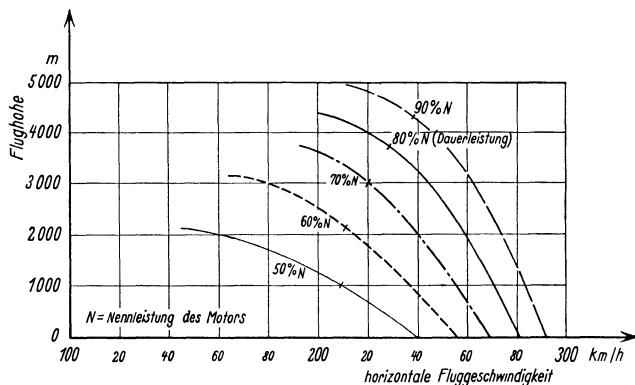


Abb. 29. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Motor	= 1 × 240 PS	Passagiere	= 3
Fluggewicht	= 1380 kg	Besatzung	= 1

Die Gesamtübersicht über die Horizontalfluggeschwindigkeiten aller Flugzeuge A—G ist in den Abb. 28—34 gegeben. Entsprechend der Auswahl der untersuchten Flugzeugtypen als solche mit Bodenmotoren und als solche mit Höhenmotoren sind die dargestellten Horizontalfluggeschwindigkeiten in den Abb. 28—30 gegenüber denen der Abb. 31—34 wiederum charakteristisch verschieden. Für die Flugzeuge mit Bodenmotoren nehmen die Horizontalfluggeschwindigkeitskurven direkt von 0 m Höhe an mit zunehmender Flughöhe ab, während sie bei den Flugzeugen mit Höhenmotoren entsprechend den Höhenleistungsschaulinien bis zu deren Spitzen zunehmen, um erst dann geringere Werte anzunehmen. Über die Höhenlage dieser Spitzen der horizontalen Fluggeschwindigkeiten, die bei den untersuchten Verkehrsflugzeugen mit den Spitzen der Höhenleistungsschaulinien und denen der Steiggeschwindigkeitskurven identisch sind, ist Näheres schon im Abschn. 1 und 2 ausgeführt. Für die Flugzeuge A—C herrschen nach den Abb. 28—30 die günstigsten Fluggeschwindigkeiten in 0 m Höhe vor. Bei den Flugzeugen D und E mit gleichem Höhentriebwerk sind es die Flughöhen von 3—5 km. Für das Verkehrsflugzeug F ergeben sich entsprechend seinen Motoren

die günstigsten Horizontalfluggeschwindigkeiten in 1,5—4 km Höhe und beim Verkehrsflugzeug G liegen sie entsprechend den Höhenleistungsschaulinien, die in Abb. 4 gezeigt sind, wiederum höher bei rd. 4—5,5 km Flughöhe. Die Höhenleistungsschaulinien für die Motoren der Verkehrsflugzeuge

D—F sind erst in den Abb. 56 und 57 wiedergegeben, da sie den Betriebsstoffverbrauchsermittlungen zugrunde gelegt sind.

Wie die Tab. 4 und 5 zeigten, bleibt bei großen Flughafenentfernungen dem horizontalen Streckenflug meistens der größere Anteil an der Gesamtflugweite und so läßt sich ohne weiteres feststellen, daß es hauptsächlich der Unterschied der horizontalen Fluggeschwindigkeiten in den einzelnen Höhen sein wird, der den bestimmenden Einfluß auf die Bildung einer günstigen oder weniger günstigen Gesamtflugzeit je nach der Höhe ausübt.

Für die Einzelbetrachtung der Abb. 28—34 sei vorausgeschickt, daß wiederum alle Abszissen und Ordinaten in demselben Verhältnis zueinander stehen und daß sich so leicht ein vergleichendes Bild über die Auswirkungen der Höhen- gegenüber den Bodenmotoren anstellen läßt.

In keiner der Abb. 28—34 ist eine Horizontalfluggeschwindigkeitskurve von 100% N eingezeichnet, da sie für den Einsatz während des horizontalen Streckenflugs nicht in Frage kommt. Die Kurven der Abb. 28—34 sollen lediglich zeigen, innerhalb welcher Spannen die horizontalen Fluggeschwindigkeiten für die untersuchten Flugweiten und -höhen in Frage kommen können. Entsprechend der Tab. 3 sind die höchsten zugrunde gelegten Geschwindigkeiten diejenigen bei Motordauerleistung. Die niedersten wurden so gewählt, daß erstens zwischen der horizontalen Fluggeschwindigkeit bei Dauerleistung und einer noch langsameren Fluggeschwindigkeit ein ansprechender Unterschied vorhanden ist und zweitens sollte, was besonders die Sport- und Reiseflugzeuge mit Bodenmotoren betrifft, mindestens noch eine Flughöhe von 2 km unter Berücksichtigung der erforderlichen Steiggeschwindigkeit $w_{steig}=0,5\text{m/sec}$ geflogen werden können. Dies war z. B. für die beiden Reiseflugzeuge B und C in 2 km Höhe gerade noch bei 60% N möglich. Die kleinen Querbalken in den Abbildungen zeigen, wo bei den einzelnen Fluggeschwin-

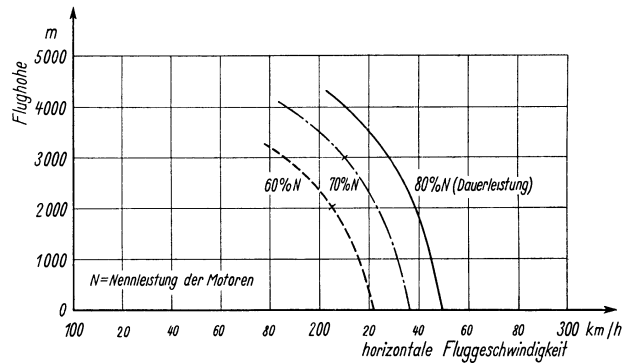


Abb. 30. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Reiseflugzeug C mit Bodenmotoren.

Motoren = 2 × 240 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 2930 kg Besatzung = 2

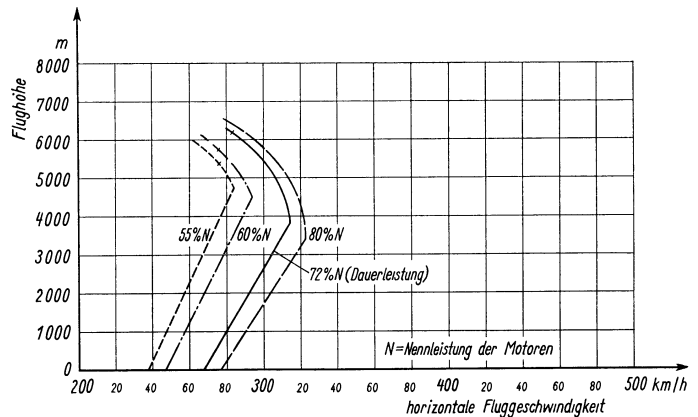


Abb. 31. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Verkehrsflugzeug D mit Höhenmotoren.

Motoren = 3 × 800/880 PS Passagiere = 17
 Fluggewicht = 12 500 kg Besatzung = 3

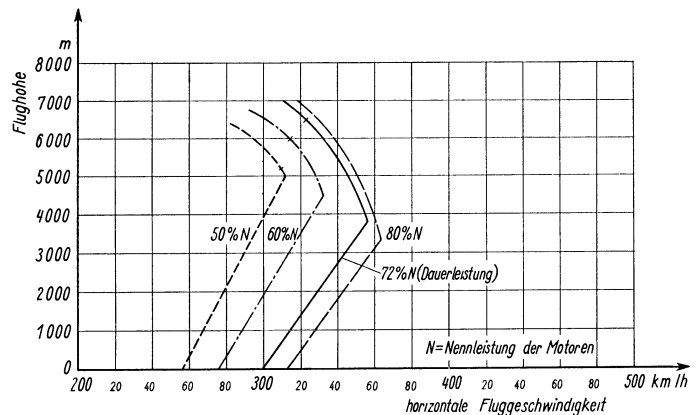


Abb. 32. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Verkehrsflugzeug E mit Höhenmotoren.

Motoren = 2 × 800/880 PS Passagiere = 10
 Fluggewicht = 8200 kg Besatzung = 2

digkeiten noch ein Steigvermögen von $w_{steig} = 0,5 \text{ m/sec}$ vorhanden ist. Als Beispiele sind schon genannt für die Flugzeuge B und C die Höhen von beidemals 2 km bei jeweils 60% N nach den Abb. 29 und 30. Für die Verkehrsflugzeuge mit Höhenmotoren konnten als geringste

Fluggeschwindigkeiten diejenigen bei 50% N für E—G und von 55% N für D angenommen werden, wobei dann als geringste Flughöhen, wie aus den Abbildungen ersichtlich ist, immer noch 5000 m zur Verfügung standen.

Über die einzelnen Werte der Fluggeschwindigkeiten geben am besten die Abbildungen selbst Auskunft. Es sollen lediglich als Beispiel für das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor und für das viermotorige Verkehrsflugzeug G einige Werte herausgegriffen sein und zwar je für die gewählte schnellste und langsamste Horizontalfluggeschwindigkeit. Diese Fluggeschwindigkeiten haben je nach Motorleistung und Höhe für das einmotorige Reiseflugzeug B folgende Werte :

Flughöhe	0	2,5 km
v_{ho} bei 80% N . . .	281	252 km/h
v_{ho} bei 60% N . . .	255	200 km/h

Die horizontalen Fluggeschwindigkeiten für das viermotorige Verkehrsflugzeug G sind :

Flughöhe . .	0	2,5	5 km
v_{ho} bei 75% N	362	405	426 km/h
v_{ho} bei 50% N	300	340	380 km/h

Die Werte zeigen gleichzeitig etwa die Spanne von 281 — 426 km/h

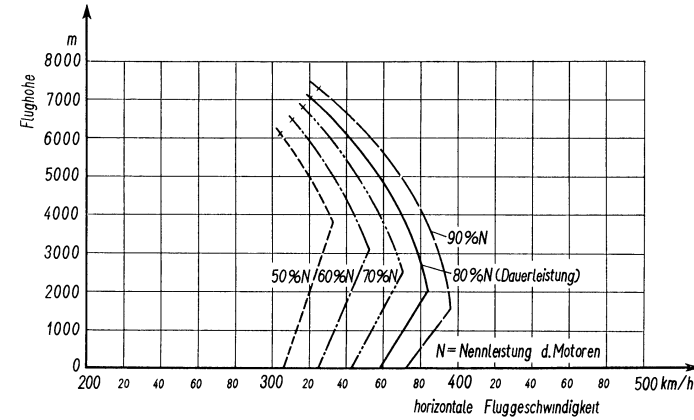


Abb. 33. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Verkehrsflugzeug F mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 800/830 PS Passagiere = 25
 Fluggewicht = 15 500 kg Besatzung = 4

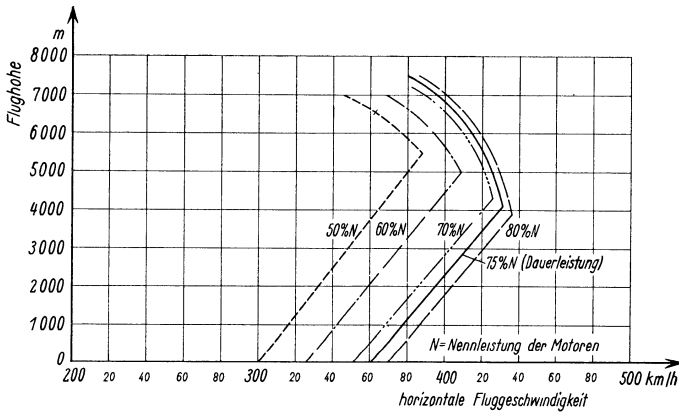


Abb. 34. Fluggeschwindigkeiten in der Horizontalen für das Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 1300/1450 PS Passagiere = 40
 Fluggewicht = 25 340 kg Besatzung = 4

zwischen höchster horizontaler Fluggeschwindigkeit der Reiseflugzeuge und derjenigen der Verkehrsflugzeuge.

6. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug.

An Hand der im vorliegenden Abschn. 5 festgelegten Horizontalfluggeschwindigkeitswerte und der im Abschn. 4 für den horizontalen Streckenflug bestimmten sog. Restflugstrecken, die neben den Steig- und Gleitwegen von den Flugweiten noch übrigbleiben, können nun die Flugzeiten für den horizontalen Streckenflug ermittelt werden.

Die Steig- und Gleitzeiten brauchen nur einmal für bestimmte Flughöhen festgestellt zu werden, da sie ohne Abhängigkeit von der Flugweite sind. Die Flugzeiten für den horizontalen Streckenflug dagegen hängen ab von der Flugweite und von der Flughöhe.

Hier muß nun zunächst auf eine den Untersuchungen zugrunde gelegte Vereinfachung hingewiesen werden. Da sich das Fluggewicht der Tab. 1 im Verlauf eines Streckenfluges auf Grund des Betriebsstoffverbrauchs verringert, wird sich die horizontale Fluggeschwindigkeit im Laufe der Flugzeit etwas erhöhen. Da in den Untersuchungen jedoch nicht für alle untersuchten Flugweiten,

die Entfernungen von je 200 km untereinander aufweisen, jeweils ein anderes Fluggewicht und eine dadurch bedingte neue Horizontalfluggeschwindigkeit aufgestellt werden konnte, wurde an und für sich zu ungünstig gerechnet. Da es sich jedoch in der vorliegenden Abhandlung nicht darum handeln kann, genaue Flugzeitermittlungen für die einzelnen Flughafentfernungen aufzustellen, sondern vielmehr der Einfluß der Höhenlage des Flugs auf die Flugzeit jeweils für bestimmte Flugweiten herausgestellt werden soll, kann diese Vereinfachung in Kauf genommen werden. Wenn also im folgenden nur immer die Flugzeiten je nach Flughöhe für gleiche Flugweiten verglichen werden, so steckt in jeder Flugzeit trotz des in den einzelnen Flughöhen unterschiedlichen spezifischen Kraftstoffverbrauchs etwa derselbe Fehler.

Wie wenig sich im übrigen diese Vernachlässigung des Fluggewichts infolge Betriebsstoffverbrauch auf die horizontale Fluggeschwindigkeit bei einem längeren Streckenflug auswirkt, sei in einem späteren Abschnitt anläßlich des Einflusses der Höhenlage des Flugs auf die Flugzeit bei Flugweiten von 2000—5000 km noch festgestellt.

Diese Vereinfachung, daß während des ganzen Streckenflugs gleiches Fluggewicht zugrunde gelegt wird, hat den Vorzug, daß die Flugzeiten des horizontalen Streckenflugs nicht für alle Flugweiten mit je 200 km Unterschied gesondert errechnet werden müssen, weil nunmehr die Flugzeit je Flugstreckeneinheit für eine bestimmte Flughöhe immer dieselbe ist.

Im einzelnen wurde die Flugzeit des horizontalen Streckenflugs auf Grund der im Abschn. 4 aus den Abb. 17—23 zu bestimmenden Längen des horizontalen Streckenflugs und der im Abschn. 5 in den einzelnen Abb. 28—34 festgelegten Horizontalfluggeschwindigkeiten nach der Gleichung

$$t_{ho} = \frac{s_{ho}}{v_{ho}}$$

für die einzelnen Flughöhen ermittelt, wobei

t_{ho} = Flugzeit für den horizontalen Streckenflug

s_{ho} = Länge des horizontalen Streckenflugs

v_{ho} = Fluggeschwindigkeit beim horizontalen Streckenflug.

Damit konnte im Abschn. 7 die Gesamtflugzeit gebildet werden. Alle ermittelten Flugzeiten des horizontalen Streckenflugs sind in den Abb. 35—41 des Abschn. 7 als Einzelkurven eingezeichnet, weshalb erst dort im Zusammenhang mit der Gesamtflugzeit auf deren Verlauf näher eingegangen werden soll.

7. Gesamtflugzeit und günstigste Flughöhe.

Die gesamte Flugzeit der Sport- und Reiseflugzeuge mit Bodenmotoren sowie der Verkehrsflugzeuge mit Höhenmotoren wird im vorliegenden Abschnitt zweifach dargestellt. Einmal ist in den Kurven der Abb. 35—41 die Flugzeit aufgetragen über der Flughöhe, zum anderen in den Abb. 42 bis 48 über der Flugweite. Der Fall I mit der schnelleren und der Fall II mit der langsameren Flugzeit sind jeweils nebeneinander aufgezeichnet, so daß sich in leichter Weise ein Bild von der Auswirkung des schnelleren und langsameren Flugs machen läßt. Außerdem sind, um Vergleiche über den Verlauf der Flugzeitkurven besser treffen zu können, in den Abb. 35—41 und 42—48 jeweils die Abszissen und Ordinaten im gleichen Verhältnis zu einander aufgetragen.

Bevor in den Abb. 35—41 auf die Gesamtflugzeit eingegangen wird, seien noch kurz deren beide Summanden, die Kurve aus Steig- + Gleitzeit sowie die Flugzeitkurve des horizontalen Streckenflugs, erwähnt.

Über die Summe aus Steig- und Gleitzeit wurde bereits im Abschn. 3 Näheres gesagt. Hier brauchten nur noch die Summenlinien aus Steigen + Gleiten als Einzelteile der Gesamtflugzeit von den Abb. 10—16 in die Abb. 35—41 übertragen zu werden.

Die Kurven der Flugzeit des horizontalen Streckenflugs dagegen sind im vorhergehenden Abschn. 6 nur bezüglich ihrer Errechnung erläutert.

Da in der theoretischen Flughöhe 0 m die Steigzeit und Gleitzeit gleich 0 ist, treffen sich über der Höhe 0 die Gesamtflugzeitkurven mit denen des Horizontalflugs in einem Punkt, so daß in den Abb. 35—41 die Bezeichnungen 200, 400... 1800, 2000 km Flugweite, die an den Gesamtflugzeitkurven angeschrieben sind, auch für diejenigen Horizontalflugzeitkurven gelten,

die sich mit den Gesamtflugzeitkurven in einem Punkt über der Flughöhe 0 km treffen. Der mit der Zunahme der Flughöhe sich ändernde und abfallende Verlauf der Kurven für den Horizontalflug hängt ab von der Verringerung der Horizontalflugstrecke infolge des mit Zunahme der Flughöhe auftretenden Steig- und Gleitweges und von den Veränderungen der Horizontalfluggeschwindigkeiten. Die plötzliche Richtungsänderung der Flugzeitkurven des horizontalen Streckenflugs z. B. in Abb. 41 im Fall I bei 4100 m, im Fall II bei 5500 m rührt her von den Spitzen der

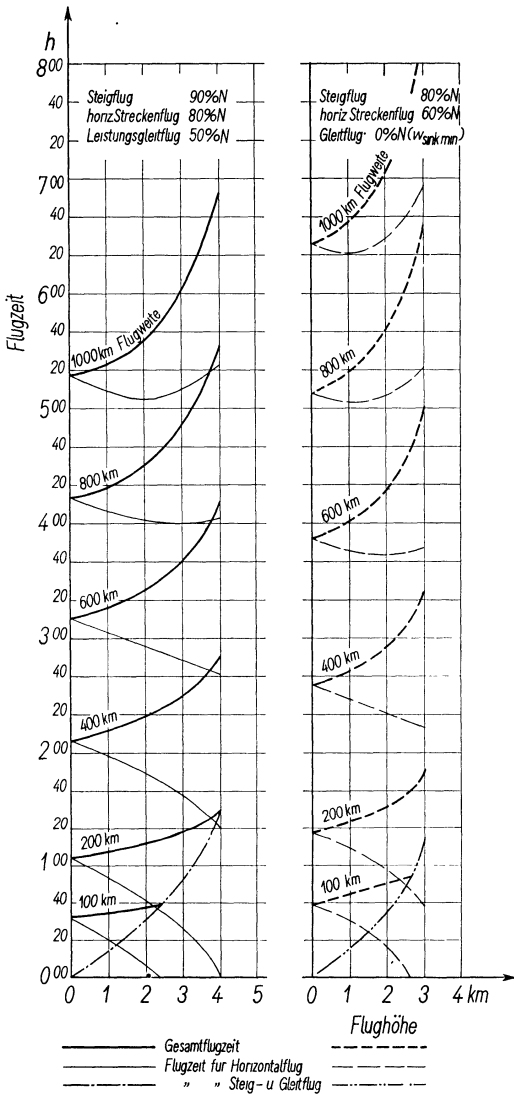


Abb. 35. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug und den Gesamtflug in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Sportflugzeug A mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 105 PS Passagiere = 1
Fluggewicht = 750 kg Besatzung = 1

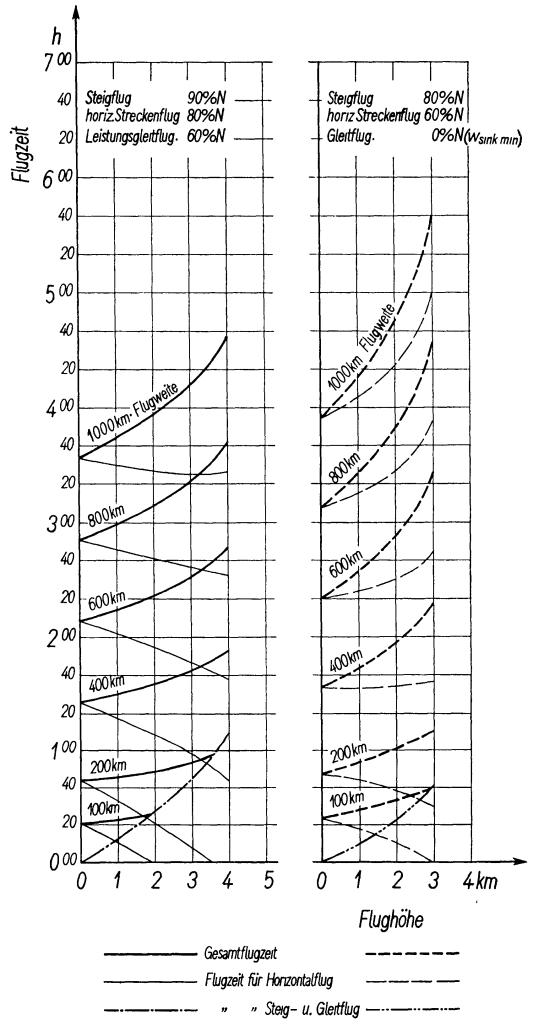


Abb. 36. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug und den Gesamtflug in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

Höhenleistungsschaulinien des Motors in Abb. 4, auf deren Auswirkung auch bei den Kurven der Steiggeschwindigkeit in Abb. 8 sowie denjenigen der horizontalen Fluggeschwindigkeiten in Abb. 34 des Verkehrsflugzeugs G Bezug genommen wurde. Während der abfallende Verlauf der Flugzeitkurven für den Horizontalflug der drei Verkehrsflugzeuge D—F mit Höhenmotoren der Abb. 38—40 demjenigen der Abb. 41 vom Verkehrsflugzeug G ähnelt, ist es bei den Sport- und Reiseflugzeugen A—C der Abb. 35—37 mit Bodenmotoren so, daß die Abnahme der Horizontalfluggeschwindigkeit schon von Bodennähe an erheblichen Einfluß hat und somit der Verlauf der Horizontalflugzeit-

kurven von 0 km ab im Durchschnitt wesentlich flacher ist oder sogar ansteigt. Damit ist dann auch der schon in den unteren Flughöhen ungünstige Einfluß der Flugzeuge mit Bodenmotoren auf die Gesamtflugzeit ersichtlich.

Darüber, wie sich im einzelnen die Flugzeit für den horizontalen Streckenflug mit Zunahme der Flughöhe und Flugweite bei den Sport- und Reiseflugzeugen A—C mit Bodenmotoren und den Verkehrsflugzeugen D—G mit Höhenmotoren ändert, geben am besten die einzelnen Abb. 35—41 selbst Auskunft. Herausgegriffen seien nur für das einmotorige Reiseflugzeug B und das viermotorige Verkehrsflugzeug G einige Werte der Flugzeit für die horizontale Strecke, die in den Tab. 6 und 7 enthalten sind. Gleichzeitig ist in den Tab. 6 und 7 noch der Anteil der Summe aus Steig- und Gleitzeit sowie derjenige der Flugzeit für die horizontale Restflugstrecke enthalten. Ähnlich den Tab. 4 und 5, die den Anteil der auf Steigen, Horizontalflug und Gleiten entfallenden horizontal gemessenen Wegstrecken enthalten, zeigt sich auch in den Tab. 6 und 7 bezüglich der Flugzeit, daß der Anteil des horizontalen Streckenflugs größer wird mit Zunahme der Flugweite und dabei jeweils sich verringert mit Zunahme der Flughöhe. Besonders interessieren im Hinblick auf den Höhenflug die Zahlen für das Verkehrsflugzeug G, wobei ersichtlich ist, daß der Anteil des Horizontalflugs sowohl im Fall I wie im Fall II entsprechend den Flugweiten von 400, 1200 und 2000 km bei der Flughöhe 1 km sich von 83 auf 94 auf 97% steigert, während er bei 5 km Flughöhe besonders bei den geringen Flugweiten wesentlich niedriger ist und sich erhöht von 16 auf 69 auf 81%. Während also der Einfluß der Steig- und Gleitzeit bei 1 km Flughöhe schon von der kurzen Flugweite von 400 km an mit 17% nicht mehr allzusehr ins Gewicht fällt, beträgt er für diese kurze Flugweite bei 5 km Flughöhe noch den wesentlichen Anteil von 84—87%, bei 1200 km Flugweite immer noch rund $\frac{1}{3}$ und bei 2000 km noch rund $\frac{1}{5}$ der Gesamtflugzeit.

Auf einen Vorteil, der sich später bei der Bestimmung des Betriebsstoffverbrauchs ergibt, sei hier schon anläßlich der Besprechung der Horizontalflugzeitkurven hingewiesen. Da meistens der Steigflug mit stärkerer Motorleistung als der horizontale Streckenflug ausgeführt wird und außerdem der Steigflug wie auch der Gleitflug sich gegenüber dem Horizontalflug über verschiedene Flughöhen erstrecken, kann aus den Abb. 35—41 ohne weiteres entnommen werden, welcher Anteil der Gesamtflugzeit auf den horizontalen Streckenflug entfällt, um dadurch dem verschieden hohen spezifischen Brennstoffverbrauch je nach Motorleistung und Flughöhe bei der Ermittlung des Gesamtverbrauchs Rechnung zu tragen.

Durch Addition der oben besprochenen Flugzeitkurven des horizontalen Streckenflugs mit denen aus Steigzeit + Gleitzeit ergeben sich in den Abb. 35—41 für alle untersuchten Flugweiten die Kurven der Gesamtflugzeit, die je durch einen tiefsten Punkt in ihrem Verlauf eine kürzeste oder günstigste Flugzeit anzeigen. Auf der Suche nach diesen Tiefpunkten der einzelnen Gesamtflugzeitkurven aller Flugweiten zeigt sich in den Abb. 35—37 für die Sport- und

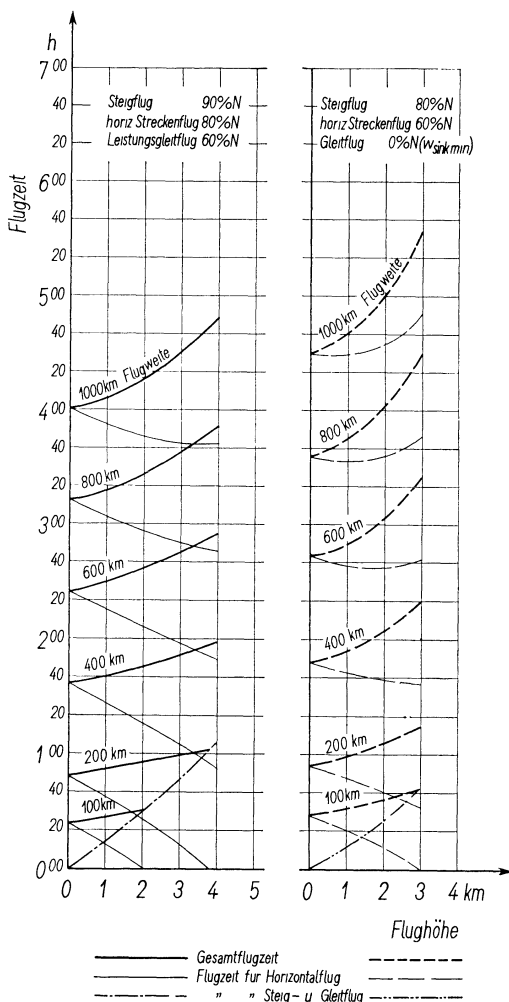


Abb. 37. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug und den Gesamtflug in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Reiseflugzeug C mit Bodenmotoren.

Motoren = 2 × 240 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 2930 kg Besatzung = 2

Reiseflugzeuge mit Bodenmotoren, daß die kürzesten Gesamtflugzeiten sowohl im schnelleren Flug des Falles I wie im langsameren Flug des Falles II in der theoretischen Flughöhe von 0 m erreicht werden. Die sog. günstigste Flughöhe, in der für alle Flugweiten die kürzesten oder günstigsten Gesamtflugzeiten erzielt werden, liegt also für die Flugzeuge A—C mit Bodenmotoren in 0 m Höhe.

Tab. 6.

Anteil der Steig- und Gleitzeit, sowie der Flugzeit für den horizontalen Streckenflug an der Gesamtflugzeit für das einmotorige Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Fall I: Steigflug: 90% N
 Horiz. Streckenflug: . . 80% N
 Gleitflug: 60% N

Fall II: Steigflug: 80% N
 Horiz. Streckenflug: . . 60% N
 Gleitflug: 0% N

Flugweite km	Flughöhe km	Anteil an der Gesamtflugzeit											
		Steigflug + Gleitflug				Horizontaler Streckenflug				Gesamtflugzeit			
		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II	
Mm.	%	Mm.	%	Min	%	Min.	%	Mm	%	Mm.	%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
200	1	13	28	10	18	33	72	44	82	46	100	54	100
	3	45	85	41	58	8	15	30	42	53	100	71	100
600	1	13	10	10	7	122	90	144	93	135	100	154	100
	3	45	30	41	20	107	70	165	80	152	100	206	100

Anders verhält es sich mit den Verkehrsflugzeugen D—G auf Grund der Gesamtflugzeitkurven in den Abb. 38—41. Hier zeigt sich nicht der von der Höhe 0 an ansteigende Verlauf der Gesamtflugzeit wie bei den Flugzeugen mit Bodenmotoren. Für die Flugzeuge D und E läßt die Betrachtung der Gesamtflugzeiten in den Abb. 38 und 39 im Fall I erkennen, daß die günstigsten Flug-

Tab. 7.

Anteil der Steig- und Gleitzeit sowie der Flugzeit des horizontalen Streckenflugs an der Gesamtflugzeit für das viermotorige Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren.

Fall I: Steigflug: 90% N
 Horiz. Streckenflug: . . 75% N
 Gleitflug: 75% N

Fall II: Steigflug: 75% N
 Horiz. Streckenflug: . . 50% N
 Gleitflug: 50% N

Flugweite km	Flughöhe km	Anteil an der Gesamtflugzeit											
		Steigflug + Gleitflug				Horizontaler Streckenflug				Gesamtflugzeit			
		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II		Fall I		Fall II	
Mm.	%	Mm.	%	Min.	%	Min.	%	Mm.	%	Mm.	%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
400	1	11	17	13	17	53	83	64	83	64	100	77	100
	5	56	87	62	84	8	13	12	16	64	100	74	100
1200	1	11	6	13	5,5	180	94	216	94,5	190	100	220	100
	5	56	32	62	31	120	68	138	69	176	100	200	100
2000	1	11	3	13	3	306	97	267	97	317	100	380	100
	5	56	19	62	19	233	81	265	81	289	100	327	100

zeiten und damit die günstigste Flughöhe bei Flugweiten von etwa 5—600 km ab in 3800 m Flughöhe liegen. Im Fall II liegt von etwa 600 km Flugweite ab beim Verkehrsflugzeug D (Abb. 38) die günstigste Flughöhe in 4800 m, beim Verkehrsflugzeug E (Abb. 39) dagegen in 5000 m. Beide Flugzeuge D und E sind mit demselben Motormuster ausgerüstet, dessen Leistungsschaulinien die Abb. 56 im Abschn. II über die Betriebsstoffermittlung zeigt. Die unterschiedliche günstigste Flughöhe im Fall II rührt davon her, daß der Horizontalflug bei Flugzeug D mit 55% N, bei Flugzeug E mit 50% N ausgeführt wird.

Die Tatsache, daß, wie die Abbildungen deutlich zeigen, die vorgenannten günstigsten Flughöhen für alle Flugweiten über 500—600 km je nach Motorleistung immer

die konstante Höhenlage von 3800, 4800 und 5000 m einnehmen, bestätigt, daß der Horizontalflug allein für die Auswahl der Flughöhe eines Streckenflugs über mehr als 500—600 km maßgebend ist. Für die Flugweiten unter 500—600 km nähert sich die günstigste Flughöhe durch den Einfluß des Steig- und Gleitflugs entsprechend der Verringerung der horizontalen Restflugstrecke immer mehr der Flughöhe 0. Während also bei den Flugweiten über 500—600 km bei den Verkehrsflugzeugen D und E die günstigste Flughöhe dort zu finden ist, wo auf Grund der schon mehrfach erwähnten Spitzen der Leistungsschaulinien der Motoren die günstigste Horizontalfluggeschwindigkeit erzielt wird, liegt sie auf Grund des Einflusses von Steig- und Gleitzeit bei Flugweiten kleiner als 600 km unterhalb der für die Horizontalfluggeschwindigkeit allein sich am günstigsten auswirkenden Flughöhe.

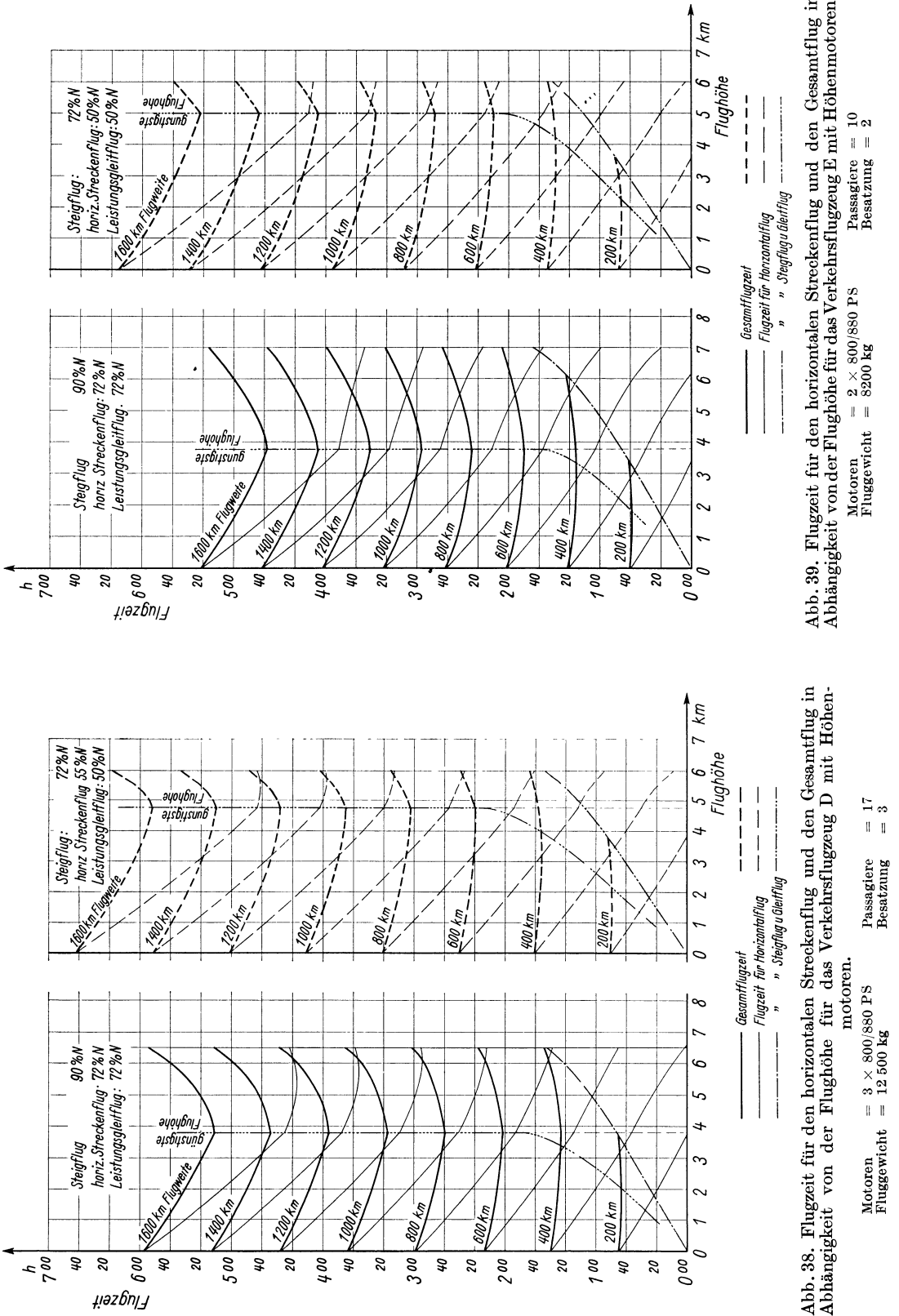
Werden diese aus den günstigsten Flughöhen sich ergebenden Gesichtspunkte mit der Flugsicherheit in Zusammenhang gebracht, worunter im vorliegenden Fall die Vermeidung von Zusammenstößen im Luftraum verstanden wird, so können die vorgenannten je nach angewandter Motorleistung sich ergebenden Flughöhen von 3800, 4800 und 5000 m einem Flugzeug als ausgesprochen günstigste Höhenlagen nur zugewiesen werden, wenn Flugweiten über 500—600 km geflogen werden.

Allerdings muß für die geringeren Flugweiten von 400 und 200 km dabei in Betracht gezogen werden, daß, wie sich schon an dem flachen Verlauf der Gesamtflugzeitkurven zeigt, die für diese Flugweiten geltenden günstigsten Flughöhen nicht mehr einen wesentlichen zeitlichen Vorsprung bringen. Für 400 km Flugweite ist der Unterschied in der Gesamtflugzeit zwischen dem Flug in günstigster Flughöhe und dem in der Flughöhe 0 m im Durchschnitt für die beiden Flugzeuge D und E in den Fällen I und II etwa 3—6 min. Für die Flugweiten von 200 km ist der Unterschied in der Gesamtflugzeit nicht mehr nennenswert. Außerdem würde für die günstigste Flughöhe von 3800 m im Fall I und 4800 bzw. 5000 m im Fall II der Flug z. T. nur noch aus Steigen und Gleiten bestehen, bzw. wäre das Erreichen dieser Höhen im Zuge des Streckenflugs gar nicht mehr möglich.

Da bereits auf den mehr oder weniger flachen Verlauf der Gesamtflugzeitkurven und die zeitlichen Unterschiede je nach Flughöhe für die Flugweite von 200 und 400 km eingegangen wurde, so soll, wenn auch die zeitlichen Vorteile durch die Auswahl der günstigsten Flughöhe eingehend erst an Hand der Abb. 42—48 betrachtet werden sollen, doch vorweggenommen werden, daß für die Flugzeuge D und E nach Abb. 38 und 39 bei 600 km Flugweite immerhin schon zwischen der theoretischen Flughöhe 0 und der günstigsten von 3800 und 4800 bzw. 5000 m ein Unterschied von 8—12 min besteht. Bei 1600 km Flugweite vergrößert sich dieser Zeitvorsprung auf durchschnittlich 40—50 min. Daß sich dieser Zeitvorsprung zwischen günstigster Flughöhe und der Flughöhe 0 mit der Zunahme der Flugweite so wesentlich steigert, drückt sich schon rein äußerlich aus in dem Verlauf der Gesamtflugzeitkurven. Bei den geringen Flugweiten tritt der schon erwähnte Tiefpunkt, der die günstigste Flughöhe anzeigt, nur wenig hervor, während er bei dem steilen Verlauf der Kurven bei den großen Flugweiten klar ersichtlich ist.

Daß die günstigste Flughöhe der Verkehrsflugzeuge D und E im Fall II gegenüber dem Fall I nach Abb. 38 und 39 sich von 3800 m auf 4800 bzw. 5000 m, also nach oben verschiebt, rührt wieder her von den Spitzen der Leistungsschaulinien der Motoren, die in Abb. 56 für die geringe Motorleistung von 50% N in 5000 m, für 55% N in 4800 m, für 72% N dagegen in 3800 m vorhanden sind. Bei beiden Flugzeugmustern würde sich also bei Streckenflügen über 500—600 km das Aufsuchen einer Flughöhe zwischen 3800 und 5000 m günstig erweisen, je nachdem mit Dauerleistung von 72% N oder mit stark gedrosselter Reiseleistung von 50% N geflogen würde. Gerade bei den längeren Strecken wird man jedoch aus Gründen der Betriebssicherheit die Motoren nicht mit der gerade noch zulässigen Dauerleistung beanspruchen, sondern vielmehr nur mit gedrosselter Motorleistung fliegen, wobei sich diese gleichzeitig günstig auf den Betriebsstoffverbrauch auswirkt. Die günstigste Flughöhe wird dabei von 3800 m auf 5000 m verschoben. Bei 60% N, was etwa dem Mittel zwischen dem aufgezeichneten Fall I und II entsprechen würde, wäre die günstigste Flughöhe, die man auf Grund des vorhergehenden an Hand der Motorleistungsschaulinien ablesen kann, nach Abb. 56 in der Höhenlage von rund 4500 m.

Bei der Überschreitung der Flughöhe von rd. 3000—4000 m würden sich Störungen im Behaglichkeitsgefühl von Reisenden und Besatzung infolge des veränderten Sauerstoffgehalts der Luft



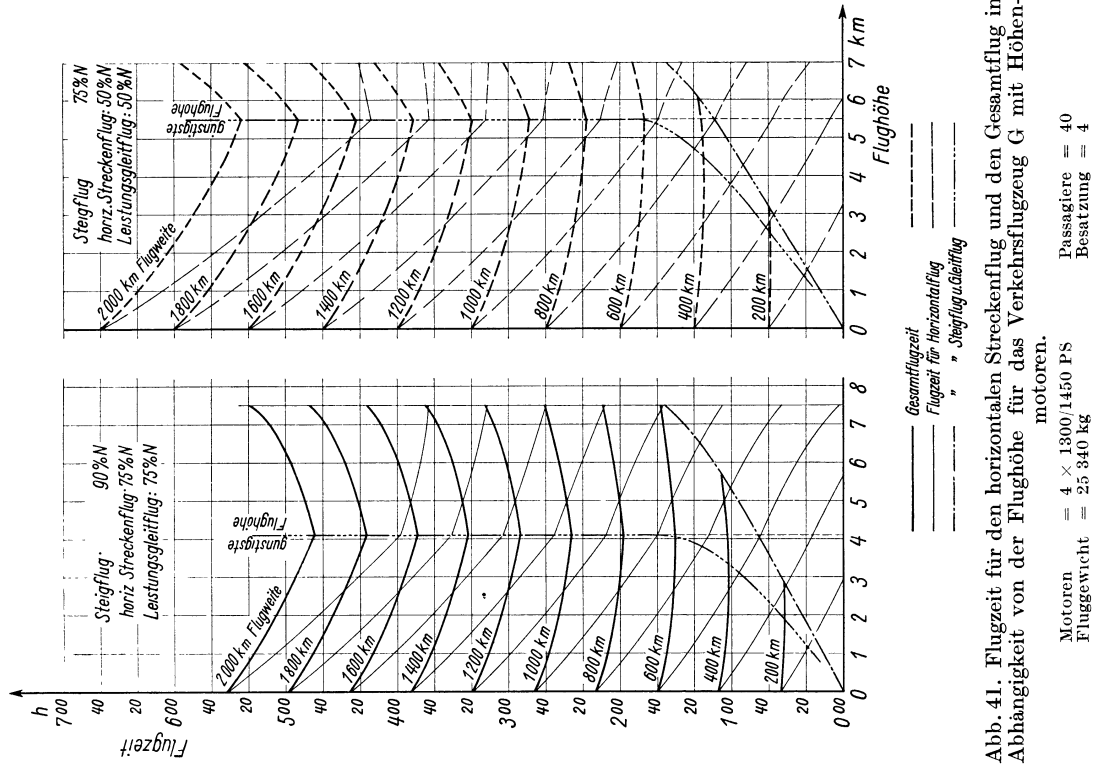


Abb. 41. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug und den Gesamtflug in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotoren.
Motoren = 4 × 1300/1450 PS
Fluggewicht = 25 340 kg
Passagiere = 40
Besatzung = 4

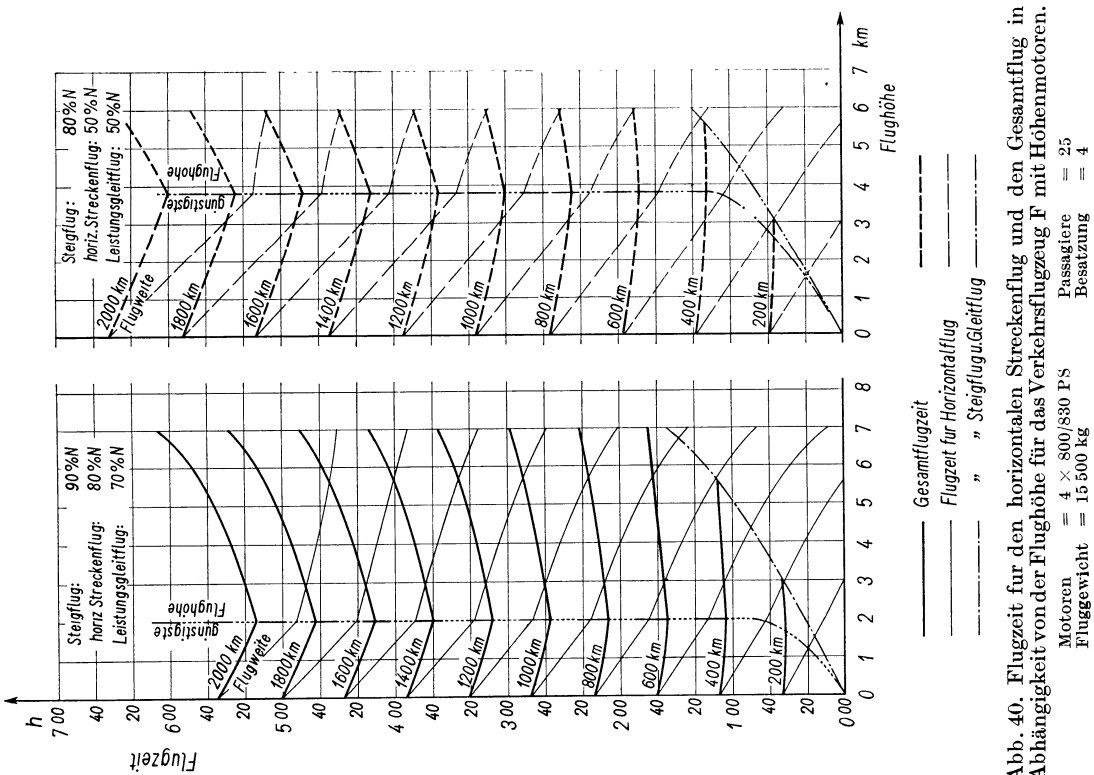


Abb. 40. Flugzeit für den horizontalen Streckenflug und den Gesamtflug in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Verkehrsflugzeug F mit Höhenmotoren.
Motoren = 4 × 800/830 PS
Fluggewicht = 15 500 kg
Passagiere = 25
Besatzung = 4

ergeben, wenn nicht Vorkehrungen dagegen getroffen würden. Für die Besatzungen käme noch hinzu, daß die Beeinträchtigung ihrer Leistungsfähigkeit die Flugsicherheit in diesen großen Höhen in ungünstiger Weise beeinflussen würde. Auf die Ausschaltung dieser Einflüsse durch Sauerstoffzufuhr oder Druckkabinen wurde schon hingewiesen, so daß in vorliegendem Abschnitt die natürlichen Beschränkungen, die die Lufthülle dem Höhenflug auferlegt, im Zusammenhang mit der Auswahl der günstigsten Flughöhen nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

Für die Abb. 40 und 41 der viermotorigen Verkehrsflugzeuge F und G gilt im Prinzip dasselbe wie für die vorhergehenden Abb. 38 und 39. Die Abb. 40 zeigt jedoch für das viermotorige Verkehrsflugzeug F im Fall I, bei dem die günstigste Flughöhe in 2 km sich befindet, daß schon Flugweiten von rund 200—300 km ab zur Erreichung der günstigsten Gesamtflugzeiten in dieser Höhenlage geflogen werden können. Der Fall II mit günstiger Flughöhe von 3800 m läßt solche Flugweiten ab 400 km zu. Die Abb. 41 zeigt in dieser Hinsicht für das viermotorige Verkehrsflugzeug G, bei dem die Spitzen der Leistungsschaulinien gegenüber dem Flugzeug F höher liegen, daß Flughöhen von 4100 m und 5500 m günstigenfalls von Flugweiten ab durchschnittlich 600 km geflogen werden können.

Die vorliegenden Ergebnisse der Abb. 38—41 zeigen bei der Zuordnung von günstigsten Flugweiten zu günstigsten Flughöhen, daß nicht jeder gleichen für verschiedene Flugzeuge günstigsten Flughöhe eine gleiche untere Grenzflugweite zukommt, sondern daß diese untere Grenzflugweite innerhalb eines gewissen Bereichs von rund 200 km liegen kann, was herrührt von der Verschiedenartigkeit der hier untersuchten Landflugzeuge, die sich im wesentlichen ausdrückt durch Leistungsbelastung, Flächenbelastung, Flächenleistung und aerodynamische Güte. Doch kann auf jeden Fall auf Grund der Abb. 35—41 geschlossen werden, daß für angestrebte Flughöhen von 6000—10 000 m, die noch wesentlich höher liegen als die in den vorliegenden Abbildungen höchsten günstigen Flughöhen von rd. 4000 m im Fall I und von rd. 5500 m im Fall II, Flugweiten von mindestens 1000 oder mehr Kilometer geflogen werden müssen, damit in den für den Horizontalflug günstigsten Flughöhen eine günstigste Gesamtflugzeit erzielt werden kann und wobei dann immer noch ein erheblicher Anteil der Gesamtflugstrecke auf Steig- und Gleitwege entfällt.

Wenn auch bei diesen großen Höhen von vornherein nur Langstreckenflüge in Betracht gezogen werden, so wird doch auch außer dem Zeitgewinn noch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Flugs sehr beachtet werden müssen, daß das durch den Bau von Druckkabinen und der sonstigen zusätzlichen Höhenausrüstung vergrößerte Fluggewicht zu einer Verminderung der zahlenden Last gegenüber dem Flugzeug für niedrige Höhen führt. Auch stehen dem planmäßigen Luftverkehr in großen Höhen noch Schwierigkeiten im Wege bezüglich der Beschaffung der erforderlichen Motoren, deren Leistungsschaulinien bei Dauerleistung und gedrosselter Reiseleistung Spitzen in diesen Höhen über 6000 m besitzen und die gleichzeitig noch eine genügende Startleistung aufweisen.

Zu Beginn dieses Abschnitts 7 wurde darauf hingewiesen, daß die Gesamtflugzeit zweifach dargestellt wird. Während in den Abb. 35—41 vor allen Dingen die Zusammenhänge zwischen günstigster Flughöhe und Flugweite sowie die Anteile des Steig-, Horizontal- und Gleitflugs an der Gesamtflugzeit zum Ausdruck kamen, lassen die Abb. 42—48 den Zeitvorsprung zwischen zwei verschiedenen Flughöhen für eine bestimmte Flugweite sowie die günstigste Reihenfolge der verschiedenen Flughöhen besser erkennen. Die Abb. 42—44 bringen für die Sport- und Reiseflugzeuge A—C mit Bodenmotoren, die Abb. 45—48 für die Verkehrsflugzeuge D—G mit Höhenmotoren in dieser Hinsicht durch das strahlenförmige Auseinandergehen der Gesamtflugzeitkurven zum Ausdruck, daß für zunehmende Flugweiten der durch die verschiedenen Flughöhen bedingte Zeitverlust oder Zeitvorsprung sich in starkem Maße vergrößert. Wie sich aber die mit größer werdenden Flugweiten wohl anwachsenden Zeitgewinne oder -verluste zwischen den einzelnen Flughöhen auf die Gesamtflugzeit auswirken, zeigen später die Abb. 53—55.

Für die Abb. 42—44 der Flugzeuge mit Bodenmotoren ergibt sich in den Fällen I und II, daß der Unterschied in der Gesamtflugzeit von der Flughöhe 0 ab mit jeder weiteren Höhendifferenz größer wird. Als Beispiel sei angeführt das einmotorige Reiseflugzeug B, wobei diese Zeitunterschiede, die

sich hier gegenüber der Flughöhe 0 bzw. jeweils gegenüber allen niedrigeren Flughöhen als **Z e i t - v e r l u s t e** erweisen, für eine Flugweite von 600 km in den Fällen I und II der Abb. 42 betragen:

Verglichene Flughöhe	0 u. 1	1 u. 2	2 u. 3	3 u. 4 km
Zeitverlust zwischen den Flughöhen:				
Fall I	7	9	12	19 Minuten
Fall II	12	20	32	— Minuten

Anders liegt wiederum der Fall bei den Abb. 45—48 der Verkehrsflugzeuge D—G mit Höhenmotoren. Hier findet naturgemäß von der Flughöhe 0 ausgehend zunächst eine Verringerung der Gesamtflugzeit statt bis zur Erreichung der günstigsten Flughöhe, sodann steigt mit Zunahme der Höhen, die Gesamtflugzeit wieder an. Außerdem finden Überschneidungen der Gesamtflugzeitkurven statt, die einmal herrühren von der günstigsten Flughöhe, die sich je nach der Länge der Flugweiten bis zu rd. 600 km ändert, zum anderen bedingt sind durch den Wechsel der je nach Flugweite als günstiger anzusehenden Flughöhen untereinander. Als Beispiel für diese letzteren Überschneidungen sei auf die Abb. 46 hingewiesen. Im Fall I überschneiden die Gesamtflugzeitkurven von 0 und 7 km bei einer Flugweite von rd. 1000 km und diejenigen von 1 und 6 km Höhe bei rd. 850 km. Sollten dabei beispielsweise aus Sicherheitsgründen gegen Zusammenstöße die oben genannten Flughöhen miteinander in einen Vergleich gezogen werden, so wäre für die Flughöhe von 7000 m gegenüber derjenigen in Bodennähe bei Flugweiten über 1000 km nicht nur ein geringer zeitlicher Vorsprung vorhanden, sondern es würde, wie sich später zeigt, auch der Betriebsstoffverbrauch wesentlich geringer sein.

Zunächst soll jedoch noch die Größe des Zeitgewinns bzw. des Zeitverlusts ausgehend von der theoretischen Flughöhe 0 m betrachtet werden. In dieser Hinsicht zeigt das Sportflugzeug A schon für 200 km Flugweite im Fall I einen Zeitverlust von 28 min zwischen 0 und 4 km Flughöhe und von rd. 16 min zwischen 0 und 3 km, der sich im Fall II für dieselbe Flugweite und für die Flughöhe zwischen 0 und 3 km schon auf 32 min verdoppelt. Bei 600 km Flugweite hat sich der Zeitverlust für die Fälle I und II zwischen 0 und 3 km schon auf 35 bzw. 70 min ausgedehnt. Ähnliche Verhältnisse lassen sich für die beiden Reiseflugzeuge B und C ablesen, wobei sich zusammenfassend für die drei Flugzeuge mit Bodenmotoren hier schon sagen läßt, daß in Bezug auf die Flugzeit größere Höhen als 1—2 km nicht in Betracht gezogen werden können.

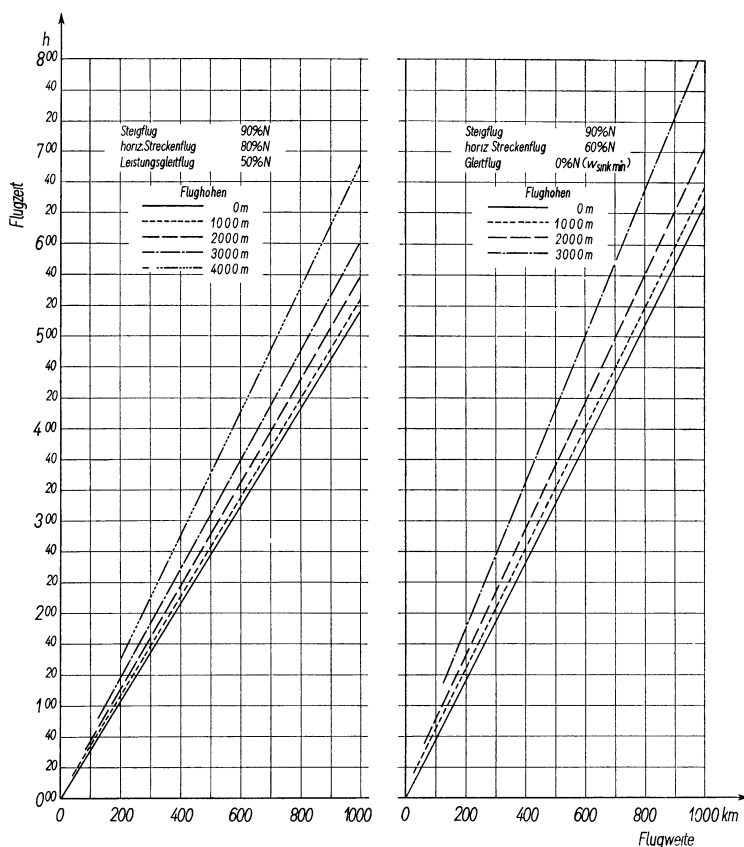


Abb. 42. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Sportflugzeug A mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 105 PS Passagiere = 1
 Fluggewicht = 750 kg Besatzung = 1

An Stelle des Zeitverlusts kann aus den Abb. 42—44 natürlich auch entnommen werden, welcher

Weg in gleicher Flugzeit bei verschiedener Flughöhe zurückgelegt werden kann. Ein deutliches Beispiel zeigt für das Reiseflugzeug B der Fall II der Abb. 43, wobei ersichtlich ist, daß für eine festliegende Flugzeit von 2 h 20 min in der Flughöhe 3 km ein Flughafenabstand von 400 km, in der Flughöhe 0 dagegen ein solcher von 600 km durchflogen werden kann. Bezüglich des Unterschieds zwischen den Gesamtflugzeitkurven der einzelnen Flughöhen fällt auf, daß dieser bei den Abb. 41 bis 44 im Vergleich zu dem der Abb. 45—48 größer ist. Das Strahlenbüschel der Flugzeitkurven der Abb. 45 bis 48 ist ein wesentlich dichteres, was davon herrührt, daß sich zwischen günstigste Flughöhe und derjenigen in der theoretischen Höhenlage 0 nicht nur die direkt dazwischen liegenden, sondern auch noch

zum Teil die zu der über der günstigsten Flughöhe gehörenden Flugzeitkurven einschließen. Wird dies wiederum auf die Möglichkeit bezogen, aus Gründen der Sicherheit gegen Zusammenstöße bestimmte Flughöhen zuzuweisen, so ist ersichtlich, daß sich für die Flugzeuge mit Höhenmotoren viel mehr Möglichkeiten bieten, einzelne Flughöhen für bestimmte Streckenflüge zuzuweisen, als für diejenigen mit Bodenmotoren. Außerdem stellen dann auch noch die Zeitunterschiede gegenüber der Flughöhe 0 Zeitgewinne dar.

War die Reihenfolge der nacheinander günstigsten Flughöhen in den Abb. 42—44 ganz eindeutig, so zeigt sich in den Abb. 45—48 für die einzelnen charakteristischen Flugzeuge mit ihren Motoren ein anderes Bild. Je nach

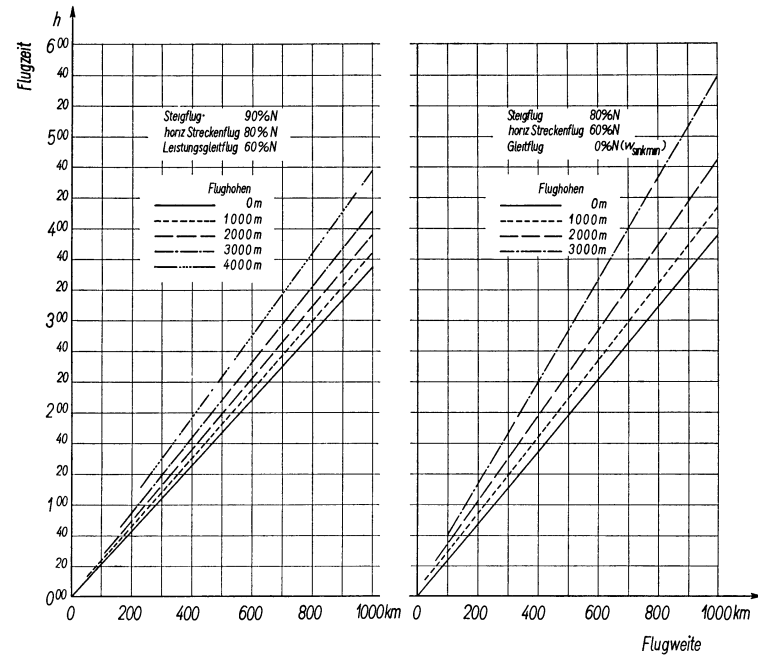


Abb. 43. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
 Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

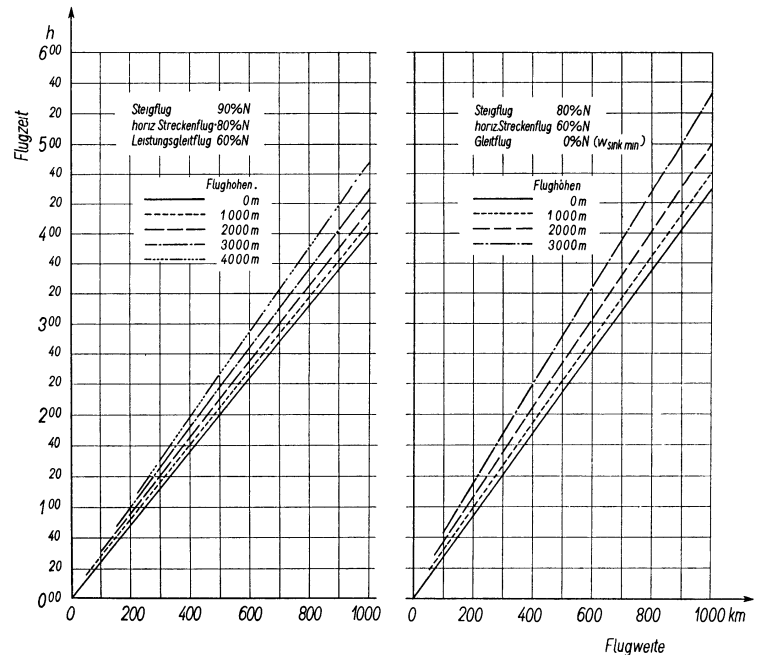


Abb. 44. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Reiseflugzeug C mit Bodenmotoren.

Motoren = 2 × 240 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 2930 kg Besatzung = 2

Motorausrüstung wechselt diese Reihenfolge und ist die Streuung des Strahlenbüschels stärker oder schwächer. Für die Verkehrsflugzeuge D und E lassen sich im Fall I und II zwischen der

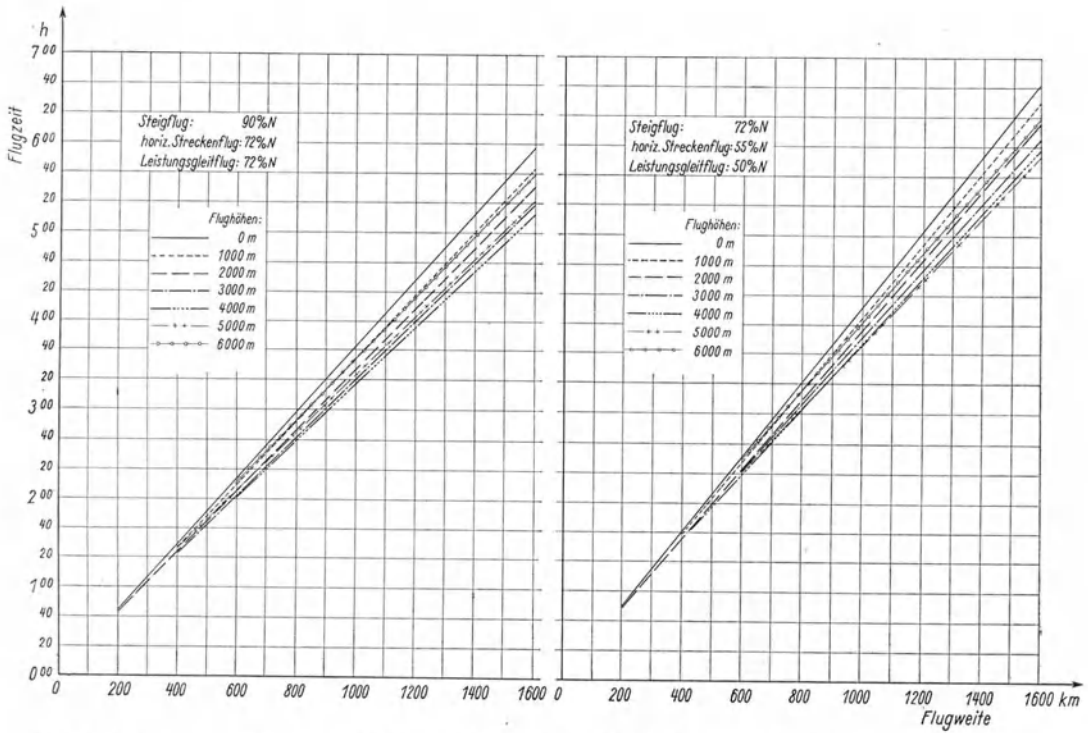


Abb. 45. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug D mit Höhenmotoren.

Motoren = 3 × 800/880 PS
Fluggewicht = 12500 kg

Passagiere = 17
Besatzung = 3

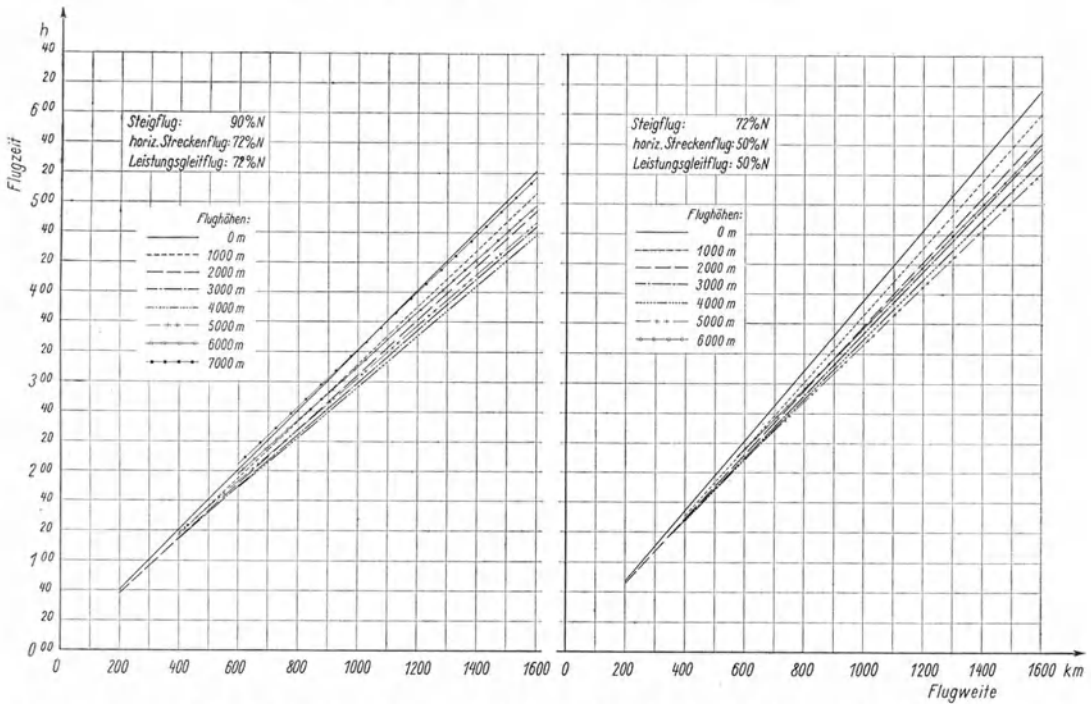


Abb. 46. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug E mit Höhenmotoren.

Motoren = 2 × 800/880 PS
Fluggewicht = 8200 kg

Passagiere = 10
Besatzung = 2

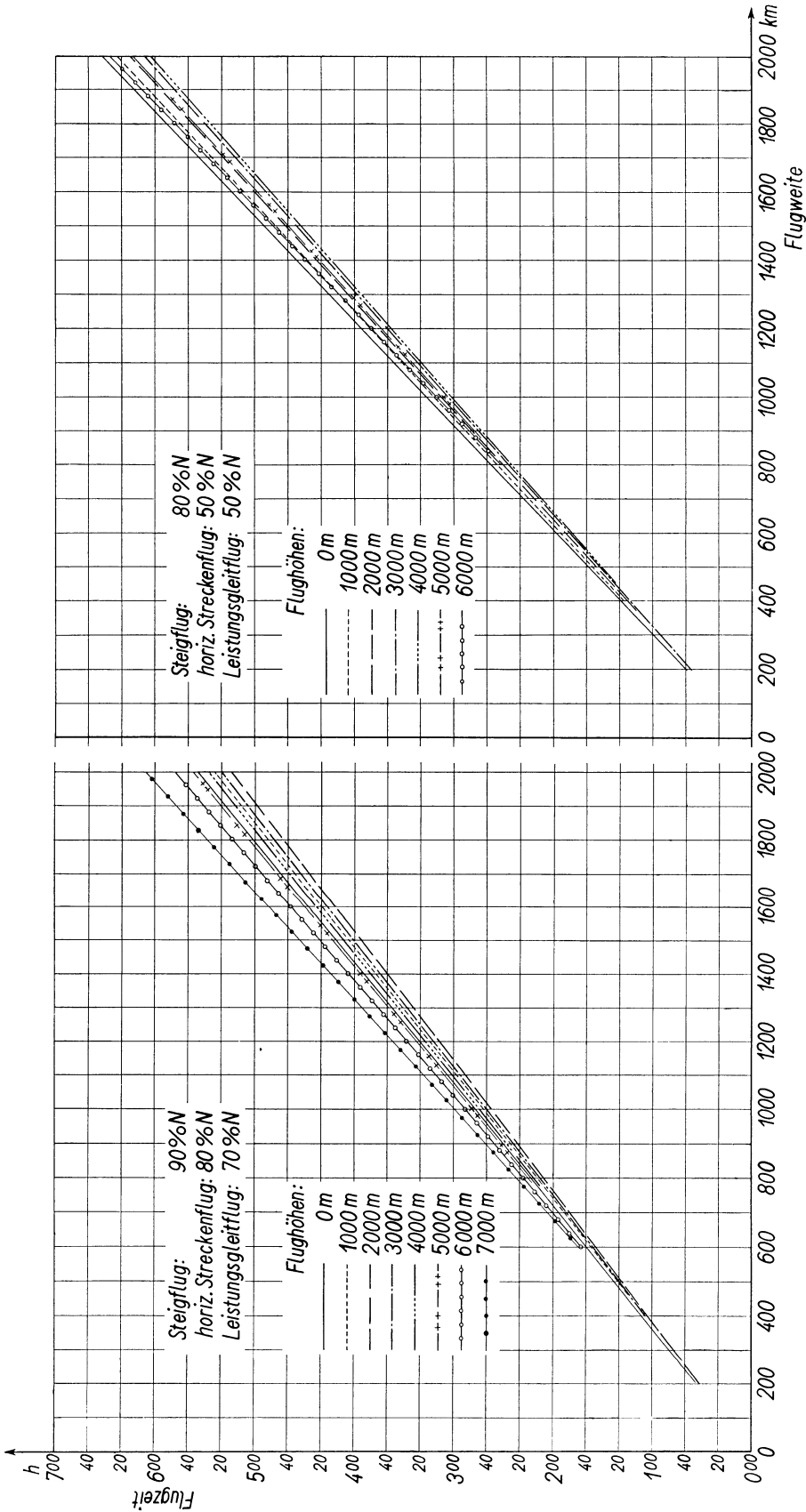


Abb. 47. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug F mit Höhenmotoren.

Motoren = $4 \times 800/830$ PS
 Passagiere = 25
 Fluggewicht = 15 500 kg
 Besatzung = 4

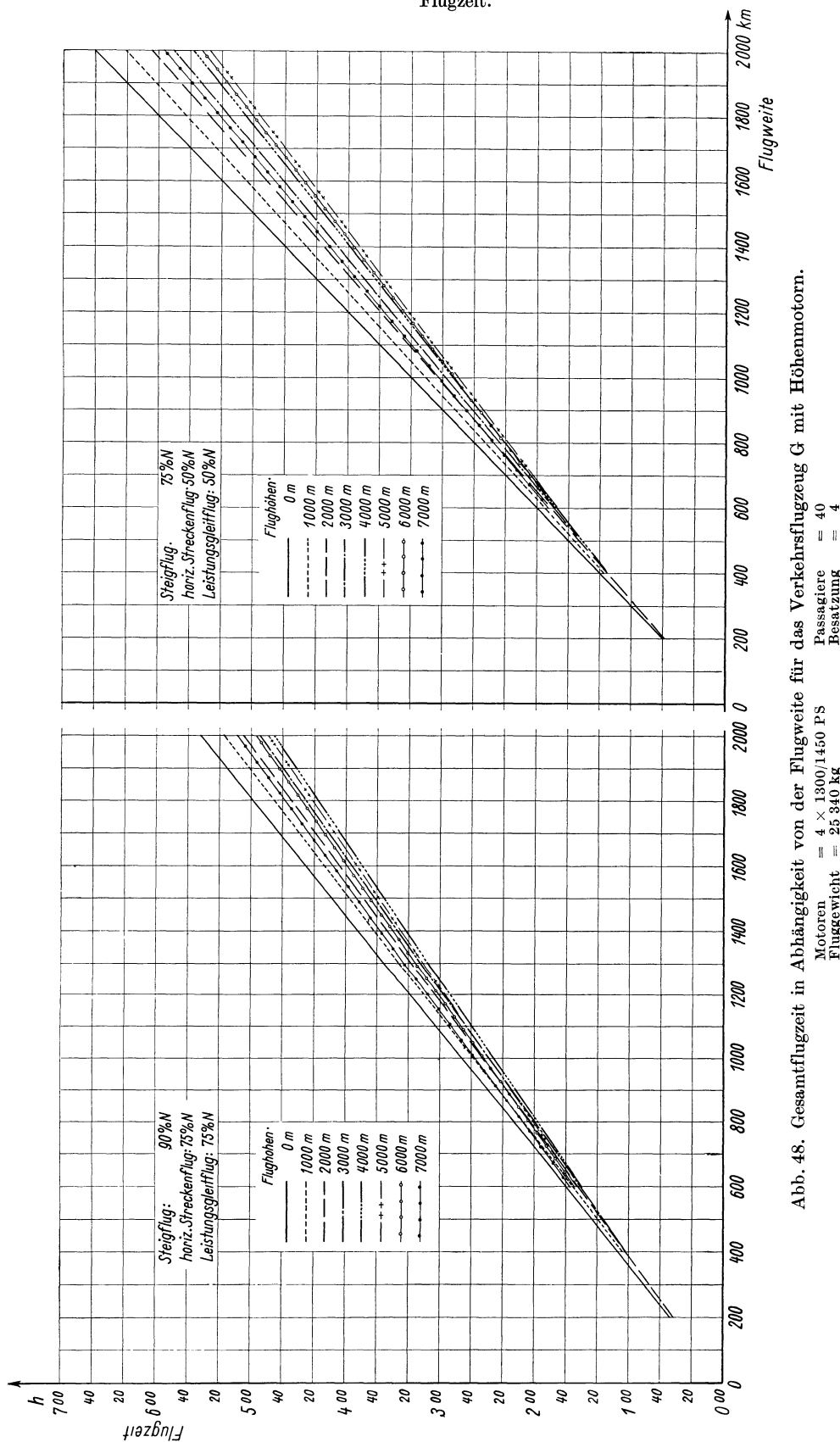


Abb. 48. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug G mit Höhenmotor.

Höhe 0 und 4000 und 5000 m bei den größten untersuchten Flugweiten Zeitvorsprünge von rd. 40 und 50 min für D und von 43—55 min für E ablesen. In den geringen Flugweiten um 200 und 400 km dagegen stellen sich die Zeitunterschiede wieder als geringere dar. Interessant ist der Vergleich zwischen den Flugzeugen D, E sowie G und dem Verkehrsflugzeug F. Wie schon die günstigsten Flughöhen für F in Abb. 40 gezeigt haben, nimmt dieses Flugzeug mit seinen Motoren eine Mittelstellung zwischen den Flugzeugen A—C mit Bodenmotoren und den Flugzeugen D, E und G mit Höhenmotoren ein. War die Flughöhe 0 für die Flugzeuge D, E und G im Fall I und II fast durchweg die ungünstigste, so taucht sie im Fall I des Flugzeugs F plötzlich als Flughöhe auf, die etwa die gemittelte Flugzeit zwischen allen Flughöhen beansprucht. Im Fall II ist sie zwar wieder am ungünstigsten, jedoch ist hier dafür die Streuung sehr klein. Als Ausgleich dafür, daß der Zeitvorsprung gegenüber der Flughöhe 0 nicht so stark hervortritt, kann in bezug auf die Zuweisung für Flughöhen gewertet werden, daß gerade diese ohne allzu bedeutende Einbuße an Flugzeit sehr freizügig geschehen kann.

In bezug auf ein zu wählendes Triebwerk kann auch noch aus den Ergebnissen für das Verkehrsflugzeug F, wonach erstens die unteren Flughöhen innerhalb des Strahlenbüschels der Flugzeiten nicht am ungünstigsten liegen und zweitens die Streuung des Strahlenbüschels nicht sehr groß ist, geschlossen werden, daß die dem Flugzeug F beigegebenen Höhenmotoren sich für ein Einheitstriebwerk eignen, das in Flugzeuge eingebaut werden kann, die sowohl verhältnismäßig kurze wie auch Flugstrecken von mittlerer Länge in niedrigen und mittleren Höhen befliegen. Für lange Flugstrecken dagegen wird in Bezug auf die Flugzeit meistens der Höhenmotor, dessen Leistungsspitzen in größeren Höhen liegen, vorzuziehen sein.

Besonders stark tritt der Unterschied in der Flugzeit hervor bei Vergleich der Abb. 47 und 48. Bei 2000 km Flugweite ist der Unterschied zwischen der günstigsten Flughöhe und der theoretischen Flughöhe 0 im Fall I bzw. II für das Verkehrsflugzeug F 23 bzw. 30 min, für das Verkehrsflugzeug G 50 bzw. 75 min. Diese typische Verschiedenheit in den Flugleistungen der beiden Verkehrsflugzeuge F und G auf Grund ihrer eingesetzten Motoren läßt sich natürlich auch wieder erkennen an dem Flugweitenunterschied, der sich für eine bestimmte Flugzeit in verschiedener Flughöhe erreichen läßt. Ein Beispiel der Abb. 48 für das Verkehrsflugzeug G zeigt für eine Flugzeit von 3 h 20 min zwischen Flughöhe 0 und günstigster Flughöhe einen Flugweitenunterschied im Fall I und II von je rd. 200 km. Abb. 46 zeigt dagegen für das Verkehrsflugzeug F zwischen Flughöhe 0 und günstigster Flughöhe geringere Flugweitenunterschiede im Fall I und II von je rd. 70 bis 80 km.

Während bis jetzt sowohl die Elemente für die Ermittlung der Gesamtflugzeit wie auch die auf Grund der verschiedenen Flughöhen und Flugweiten errechneten Unterschiede der Gesamtflugzeit sich nur auf kleinere und mittlere Flugweiten bezogen, sollen nun auch noch die Auswirkungen auf die Gesamtflugzeit, die sich für die Langstreckenflüge über 2000 bis 5000 km ergeben, betrachtet werden.

Für die Ermittlung der Gesamtflugzeiten über 2000 km Flugweite wurde dabei beachtet, im Gegensatz zu den für Flugweiten unter 2000 km aufgestellten Kurven, daß sich das Fluggewicht entsprechend dem Betriebsstoffverbrauch je 1000 km verringern solle. Dazu muß zuerst nochmals kurz auf die horizontale Fluggeschwindigkeit eingegangen werden, die neben dem Flugweg für die Größe der Flugzeit bestimmend ist. Auf Grund der Ergebnisse, auf die zum Teil erst im Abschnitt III über den Betriebsstoffverbrauch eingegangen wird, wurde die Vergrößerung der horizontalen Fluggeschwindigkeit infolge der Verringerung des Betriebsstoffverbrauchs ermittelt. Die beiden Abb. 49 und 50 lassen erkennen, daß bei Langstreckenflügen die Verminderung des Fluggewichts sich auswirken kann, daß aber auch bis zu rund 2000 km Flugweite nur eine sehr geringfügige Abweichung von der tatsächlichen Gesamtflugzeit erzielt wird, wenn der horizontalen Fluggeschwindigkeit für kleine und mittlere Flugweiten konstantes Fluggewicht G zugrunde gelegt wurde.

Im einzelnen zeigt sich für das Verkehrsflugzeug F_{Langstr.}, daß sich im Fall I (70% N horizontaler Streckenflug) und im Fall II (50% N horizontaler Streckenflug) eine Verbesserung der horizontalen Fluggeschwindigkeit durch das unterschiedliche Fluggewicht bei 0—1000 km Flugweite gegenüber demjenigen zwischen 4000—5000 km Flugweite um rund 20 km/h erzielen läßt. Durch

das unterschiedliche Fluggewicht bei 0—1000 km Flugweite gegenüber demjenigen zwischen 3000 bis 4000 km Flugweite beim Verkehrsflugzeug G sind diese Verbesserungen im Fall I rund 15 km/h, im Fall II für 0—1000 km Flugweite gegenüber 4000—5000 km rund 25 km/h. Durch die Verminderung des Fluggewichts infolge Betriebsstoffverbrauchs erhöht sich die Fluggeschwindigkeit entsprechend den Abb. 49 und 50 nur verhältnismäßig gering, während eine wesentlich größere Dienstgipfelhöhe erreicht werden kann.

Während die Gesamtflugzeitkurven in den Abb. 42—48 praktisch als Gerade erscheinen, zeigt sich in den Abb. 51—52 infolge der oben beschriebenen Verbesserung der Horizontalgeschwindigkeiten für die beiden Verkehrsflugzeuge $F_{Langstr.}$ und $G_{Langstr.}$, daß gemäß der schwachen Krümmung dieser Kurven die Gesamtflugzeiten je weitere 1000 km Flugweite abnehmen.

Der Unterschied in der Gesamtflugzeit für die einzelnen Flughöhen wurde dadurch zwar nicht berührt, doch war es für die größte Flugweite, die aus den Abb. 51 und 52 zu entnehmen ist, von Bedeutung, die Vergünstigung durch eine Verkürzung der Flugzeit infolge Verringerung des Fluggewichts in Betracht zu ziehen. Die Abb. 51 und 52 zeigen gleichzeitig unter Benützung von Ergebnissen des nachfolgenden Abschn. III über den Betriebsstoffverbrauch erstens, um welches Maß die Reichweite bei einer bestimmten Motorleistung von z. B. 70% N für den horizontalen Streckenflug je nach gewählter Flughöhe sich ändert, außerdem zweitens, wie die Anwendung einer geringeren Motorleistung von 50% N gegenüber 70% N beim horizontalen Streckenflug auf die Reichweite bei solchen Langstrecken sich vergrößernd auswirkt. Der Betriebsstoffverbrauch ist bei geringer Motorleistung niedriger, da für das Anwachsen der Fluggeschwindigkeit die Motorleistung mit der 3. Potenz zunehmen muß.

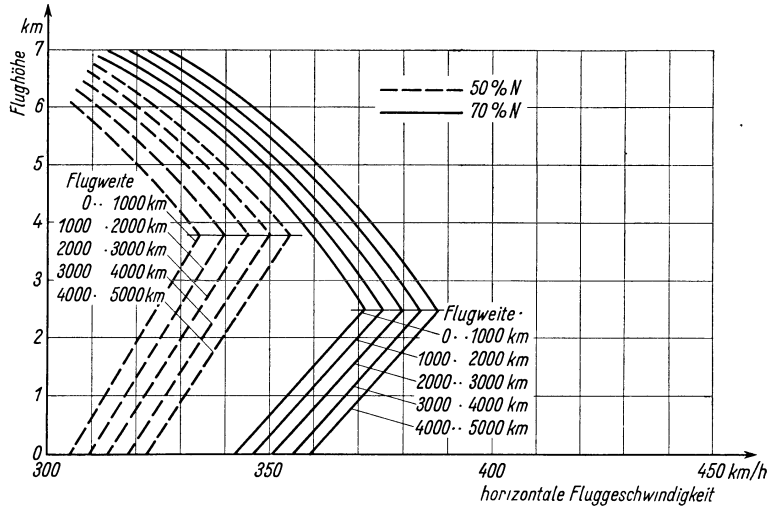


Abb. 49. Vergrößerung der horizontalen Fluggeschwindigkeit durch Verminderung des Fluggewichts infolge Betriebsstoffverbrauchs bei großen Flugweiten des Verkehrsflugzeugs $F_{Langstr.}$.

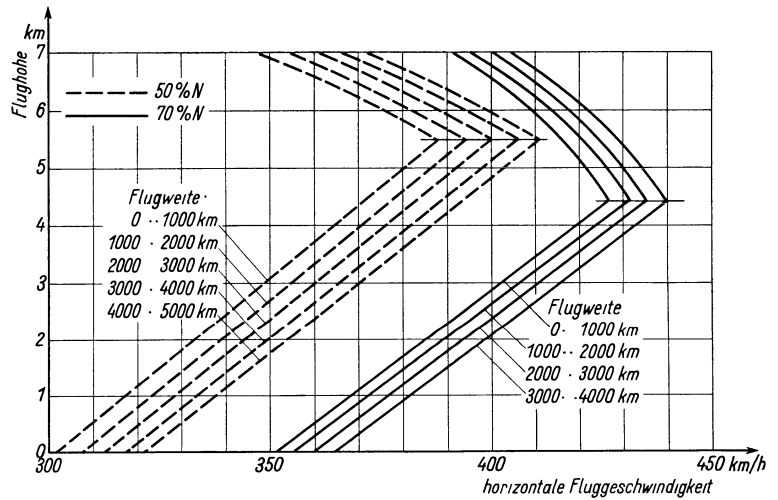


Abb. 50. Vergrößerung der horizontalen Fluggeschwindigkeit durch Verminderung des Fluggewichts infolge Betriebsstoffverbrauchs bei großen Flugweiten des Verkehrsflugzeugs $G_{Langstr.}$.

Hauptaufgabe der Abb. 51 und 52 ist es jedoch wieder, in bezug auf die Zuweisung günstigster Flughöhen zu zeigen, wie groß die Zeitvorsprünge zwischen den Gesamtflugzeiten in den verschiedenen Flughöhen sind. Bei 2000 km entsprechen sie etwa den Abb. 47 und 48 und sind für das Verkehrsflugzeug $F_{Langstr.}$ im Fall I zwischen Flughöhe 0 und günstigster Flughöhe 2 km 20 min,

im Fall II zwischen Flughöhe 0 und günstigster Flughöhe 4 km 30 min. In annähernd 4000 km Flugweite hat sich im Fall I dieser Zeitvorsprung auf nur 36 min vergrößert, im Fall II bei 5000 km Flugweite, die auch in den niedersten Flughöhen gerade noch erreicht werden kann, beträgt der

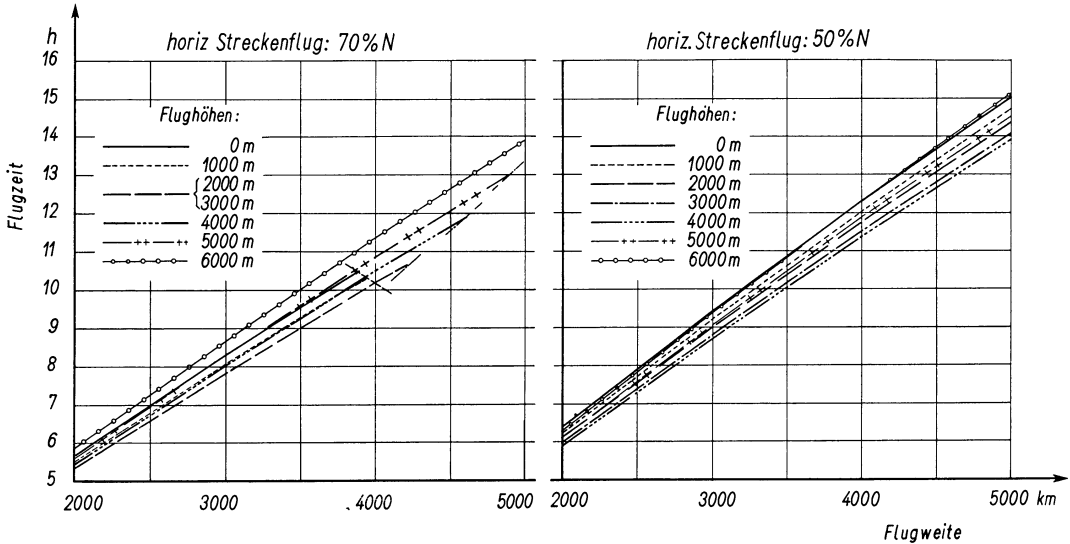


Abb. 51. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug F Langstr. mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 800/830 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 16 000 kg Besatzung = 4

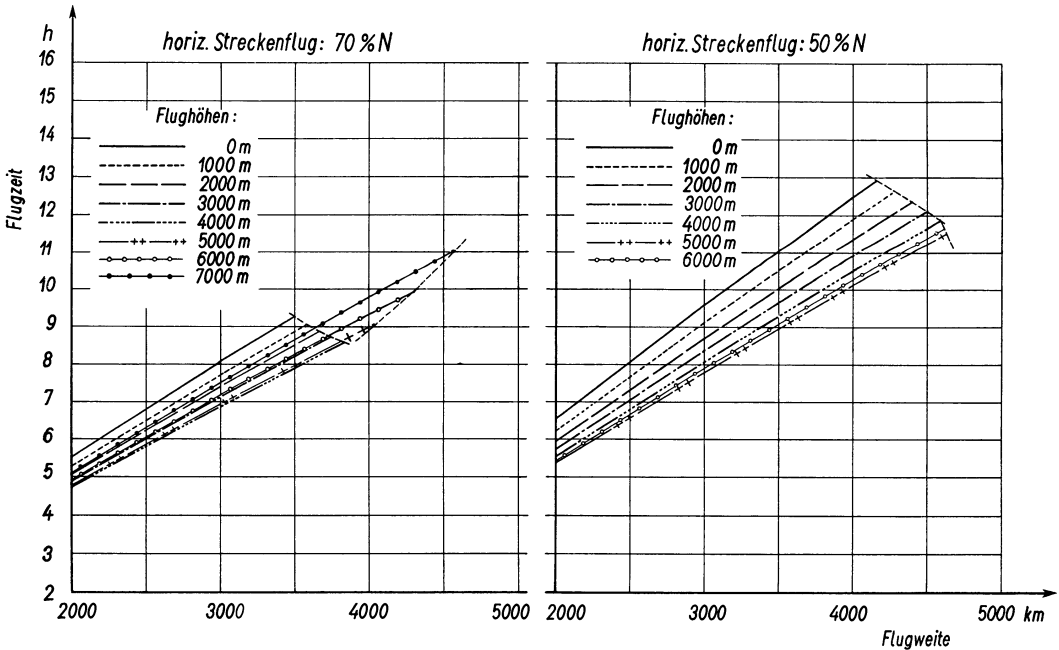


Abb. 52. Gesamtflugzeit in Abhängigkeit von der Flugweite für das Verkehrsflugzeug G Langstr. mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 1300/1450 PS Passagiere = 10
 Fluggewicht = 26 000 kg Besatzung = 4

Zeitgewinn 66 min. Genau wie beim Verkehrsflugzeug F zeigt sich auch hier keine große Zunahme der Gesamtflugzeit selbst auf so große Flugweitenunterschiede von 2000 auf 4000 bzw. 5000 km.

Der Vergleich der Abb. 51 mit 52 zeigt dagegen schon rein äußerlich durch die größere Streuung des Strahlenbüschels der Gesamtflugzeitkurven des Verkehrsflugzeugs G_{Langstr.}, daß eine starke

Zunahme entsprechend der Abb. 48 für das Verkehrsflugzeug G vorliegt. Im Fall I mit 70% Motorleistung beim horizontalen Streckenflug kann sich dieser Vorteil allerdings nur auswirken bis zu Flugweiten von 3500 km, aber er steigert sich während des Unterschieds von 1500 km Flugweite

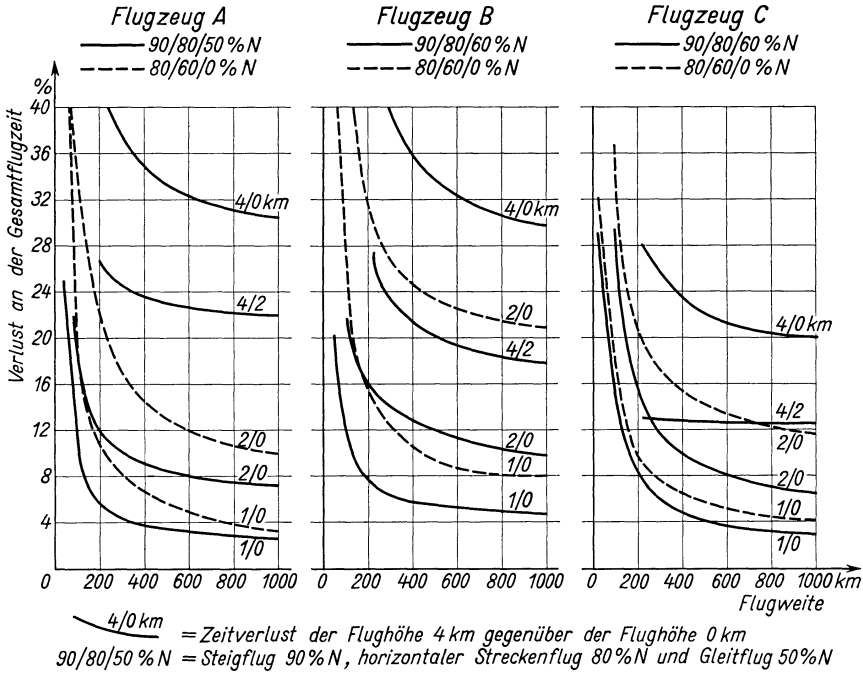


Abb. 53. Anteil des Zeitverlustes an der Gesamtflugzeit für die Sport- und Reiseflugzeuge A, B und C.

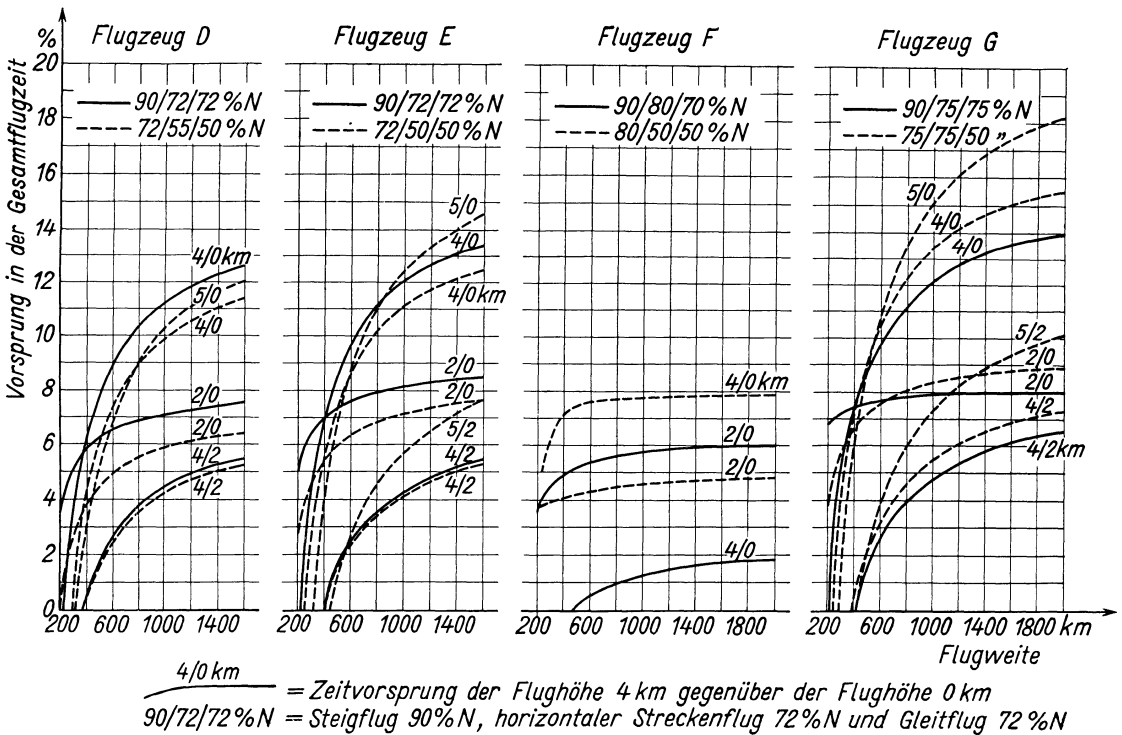


Abb. 54. Anteil des Zeitvorsprungs an der Gesamtflugzeit für die Verkehrsflugzeuge D, E, F und G.

immerhin von 48 auf 84 min. Im Fall II mit 50% N vergrößert sich der Zeitvorsprung zwischen günstigster Flughöhe und der Flughöhe 0 zwischen 2000 und rund 4200 km von 69 auf 150 min.

Wurden im vorhergehenden besonders die Zeitverluste oder Zeitgewinne zwischen den einzelnen Flughöhen für die verschiedenen Flugweiten herausgestellt, so geben die Abb. 53—55 einen sehr guten Überblick über die Anteile dieser Zeitverluste oder -gewinne an den Gesamtflugzeiten der beiden untersuchten Flugzeuggruppen mit Boden- oder Höhenmotoren, welche letztere noch zerfällt in Flugzeuge für Kurz- und Mittelstrecken bis zu 1600 oder 2000 km Reichweite, und in solche für Langstrecken bis 5000 km Reichweite.

Die Abszissen der Abb. 53—55 zeigen die untersuchten Flugweiten. Die Ordinate in Abb. 53 gibt die Größe des Zeitverlustes zwischen zwei Flughöhen an und zwar bezogen auf die Gesamtflugzeit der günstigeren der beiden Flughöhen.

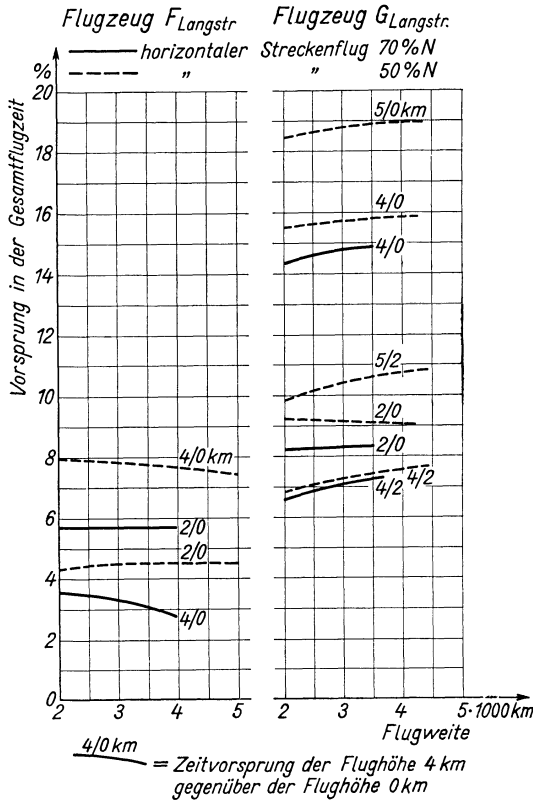


Abb. 55. Anteil des Zeitvorsprungs an der Gesamtflugzeit für die Verkehrsflugzeuge F_{Langstr.} und G_{Langstr.}

zeigt für die Verkehrsflugzeuge D, E und G, daß der Zeitgewinn, gemessen an der Gesamtflugzeit, mit der Zunahme der Flugweiten wächst und daß er größtenteils für Flugweiten unter 400—600 km rasch abnimmt, darüber dagegen noch ansteigt. Im günstigsten Fall steigt der Zeitgewinn für die Mittelstrecken von 600—1600 km der Flugzeuge D und E von rund 8 auf 15%, für das Verkehrsflugzeug G bei 2000 km Flugweite sogar bis auf 18%. Eine Sonderstellung nimmt wiederum das Flugzeug F ein, das auf Grund seiner Motorausrüstung über alle Flugweiten annähernd dieselben prozentualen zeitlichen Vorteile aufweist.

In der Abb. 55, die an sich für die Flugzeuge F und G als Langstreckenflugzeuge eine Fortsetzung der Abb. 54 darstellt, treten bei 2000 km Flugweite auf Grund der z. T. geringeren zugrunde gelegten Motorleistung für den horizontalen Streckenflug und auf Grund der für die Langstreckenflugzeuge beachteten Verminderung des Fluggewichts infolge Betriebsstoffverbrauch einige Unterschiede der Kurven auf. Eine große Veränderung des Zeitgewinns als Anteil an der Gesamtflugzeit tritt jedoch nach Abb. 55 für die Flugzeuge F_{Langstr.} und G_{Langstr.} nicht mehr auf. Für Flugzeug F_{Langstr.} tritt

der Zeitverlust zwischen zwei Flughöhen. Für das Flugzeug C besagt beispielsweise die Kurve, die den Vergleich der Flughöhen 2 km und 0 km im Fall I (90/80/60% N) betrifft, daß der Zeitverlust der Flughöhe 2 km gegenüber der Flughöhe 0 km bezogen auf die Gesamtflugzeit in 0 km Höhe bei einer Flugweite von 100 km rund 29%, bei 600 km Flugweite dagegen nur noch 8% beträgt, trotzdem bei 100 km Flugweite ein verhältnismäßig geringer, bei 600 km Flugweite dagegen ein größerer zeitlicher Unterschied vorliegt. In den Abb. 54 und 55 zeigen die Ordinaten den Zeitvorsprung zwischen zwei Flughöhen.

Die Gesamtbetrachtung der Abb. 53 zeigt, daß gemeinsam bei den Flugzeugen A—C mit Bodenmotoren der Zeitverlust in größeren Flughöhen besonders gegenüber der Flughöhe 0 m bei den geringen Flugweiten einen großen Anteil aufweist, während er bei den Flugweiten über 200—400 km sich verringert. Da die praktischen Flugweiten dieser drei Flugzeuge aber gerade mehr in der ersten Hälfte der untersuchten 1000 km Flugweite liegen, zeichnet sich klar ab, was besonders aus den Kurven ersichtlich ist, die die Flughöhen 1 km gegenüber den Flughöhen 0 km vergleichen, daß für günstige Gesamtflugzeiten nur möglichst niedrige Flughöhen in Frage kommen.

Umgekehrt liegt dagegen wieder der Fall bei den Flugzeugen mit Höhenmotoren. Die Abb. 54

bereits eine geringe Verminderung ein, bei G noch ein leichtes Ansteigen, so daß das Verkehrsflugzeug G für die längste untersuchte Flugstrecke über 2000 km durchschnittlich etwa einen prozentualen Zeitgewinn von 18—19%, das Verkehrsflugzeug F einen solchen von 7—8% im günstigsten Fall aufweist.

III. Betriebsstoffverbrauch.

1. Allgemeines.

Hat die Ermittlung der günstigsten Gesamtflugzeiten je nach Flughöhe und Flugweite im Abschn. II zur Hauptsache den Faktor der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr berührt, so tritt im

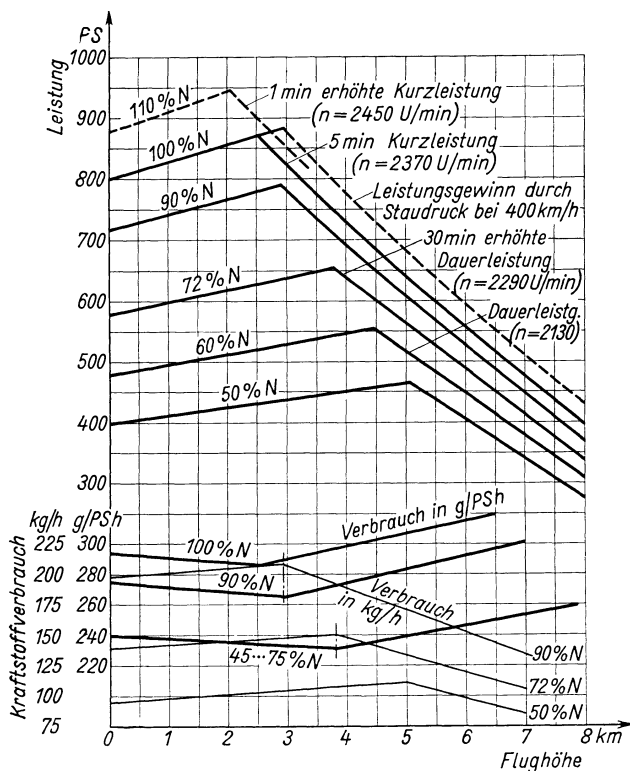


Abb. 56. Höhenleistungsschaulinien und spezifischer Verbrauch für den Höhenmotor der Flugzeuge D und E.

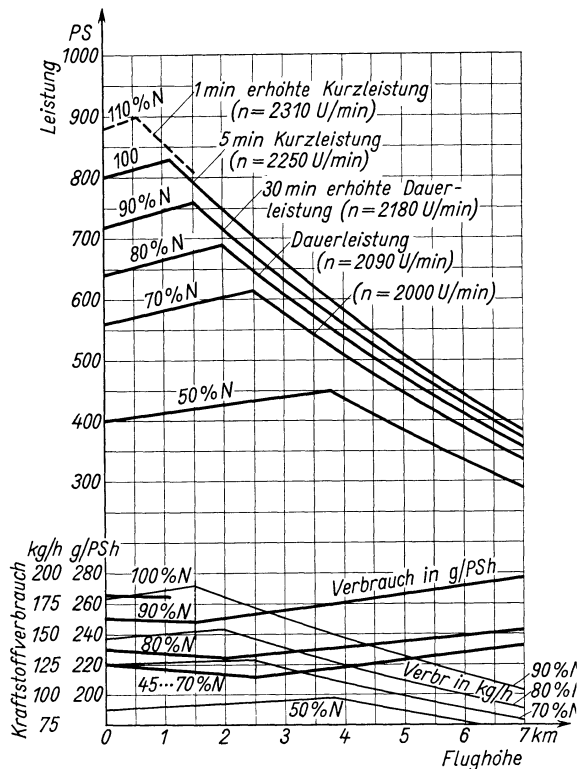


Abb. 57. Höhenleistungsschaulinien und spezifischer Verbrauch für den Höhenmotor des Verkehrsflugzeugs F und F Langstr.

vorliegenden Abschn. III durch die Ermittlung des Betriebsstoffverbrauchs die Wirtschaftlichkeit des Flugs in den Vordergrund.

Als Elemente für die Betriebsstoffverbrauchsermittlung wurden bereits in Abb. 3 die Motorleistungskurven für die Reiseflugzeuge B und C und in Abb. 4 für das Verkehrsflugzeug G und G_{Langstr.} dargestellt. Die Abb. 56 zeigt diese Leistungskurven für die Verkehrsflugzeuge D und E, Abb. 57 für das Verkehrsflugzeug F und F_{Langstr.} Auf die auftretenden Leistungsspitzen, die in den zugehörigen Höhen auch die größten Horizontal- oder Steiggeschwindigkeiten hervorbringen bzw. ab durchschnittlich 400—600 km Flugweiten je nach gewählter Motorleistung die günstigste Flughöhe sofort angeben, wurde schon mehrfach hingewiesen. Die Leistungskurven des Bodenmotors von maximal 105 PS für das Sportflugzeug A entsprechen in ihrem Verlauf der Abb. 3 und wurden nicht mehr besonders dargestellt.

Neben den Motorleistungskurven sind in den Abb. 56—57 als Beispiel für das weitere Element zur Betriebsstoffverbrauchsermittlung die spezifischen Kraftstoffverbräuche über den Flughöhen in g/PS·h und umgerechnet in kg/h angegeben. Die in den Abb. 56 und 57 angegebenen Verbrauchs-

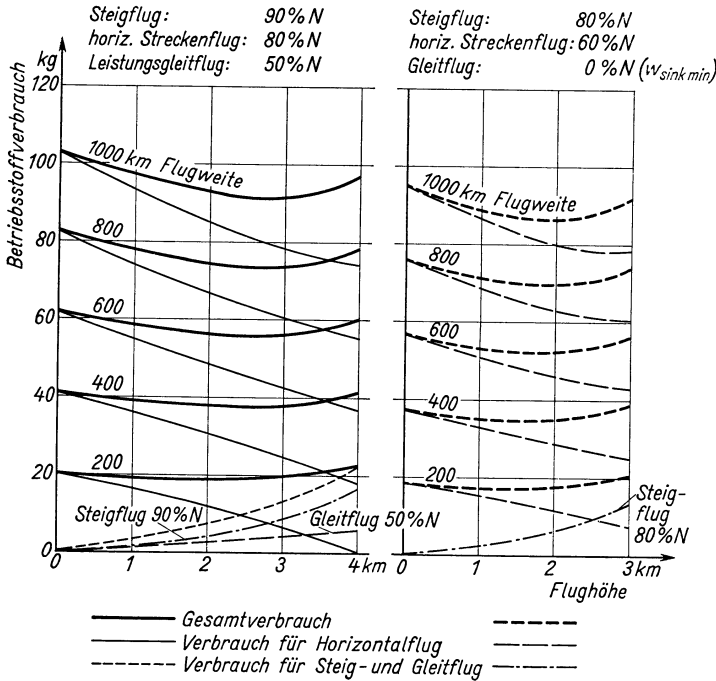


Abb. 58. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Sportflugzeugs A mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 105 PS Passagiere = 1
 Fluggewicht = 750 kg Besatzung = 1

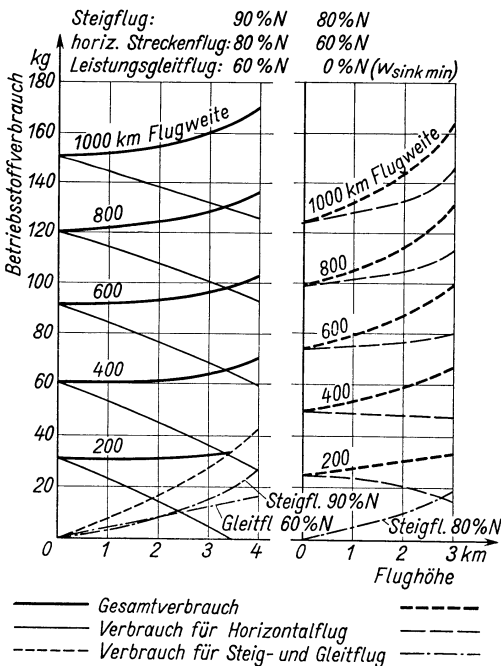


Abb. 59. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Reiseflugzeugs B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
 Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

kurven in kg/h beziehen sich jeweils nur auf einen Motor der mehrmotorigen Flugzeuge D, E, F und $F_{Langstr.}$. Die nicht besonders dargestellten spezifischen Verbräuche über den Flughöhen betragen für Dauerleistung und in 0 m Höhe für den Motor des Sportflugzeugs A 228 g/PS_h, für den Motor der Reiseflugzeuge B und C 212 g/PS_h und für einen Motor des Verkehrsflugzeugs G 240 g/PS_h.

2. Steig-, horizontaler Strecken- und Gleitflug.

Die Abb. 56 und 57 zeigen einen mit der Zunahme der Flughöhe veränderlichen Verlauf der Verbrauchskurven. Um daher den Einfluß von Steigen und Gleiten neben dem horizontalen Streckenflug auf den Verbrauch der Gesamtflugzeit zu erfassen, mußte auch hier eine Trennung

in diese drei Flugabschnitte durchgeführt werden.

Auf die Besonderheiten der drei Flugabschnitte wurde im Abschn. II bei der Ermittlung der Flugzeit eingegangen. Hier brauchten nur noch alle Flugzeitwerte je für Steig-, horizontalen Strecken- und Gleitflug aus den Abb. 10—16 entnommen zu werden, um dann an Hand der aus den Verbrauchskurven in kg/h ablesbaren Werte die Kraftstoffverbräuche zu ermitteln.

Der Gesamtverbrauch der Flugzeuge A— $G_{Langstr.}$ ist in den Abb. 58—65 dargestellt, dabei betreffen die Abb. 58 und 59 das Sportflugzeug A und das Reiseflugzeug B. Der Verbrauch für das Reiseflugzeug C ist nicht besonders angegeben, da die Verbrauchskurven einen ähnlichen Verlauf haben wie für das Reiseflugzeug B. Die Abb. 60—62 beziehen sich auf die Verkehrsflugzeuge D—G mit Flughöhen bis 2000 km, die Abb. 64 und 65 betreffen schließlich die Verkehrsflugzeuge $F_{Langstr.}$ und $G_{Langstr.}$ mit größter Flughöhe von 5000 km. Bei der Ermittlung des Betriebsstoffverbrauchs können im Gegensatz zur Gesamtflugzeitermittlung des Abschn. II die Kurven für Steig-, Horizontal- und Gleitflug für je ein Flugzeug in einer Abbildung zusammengefaßt werden.

Zunächst ist aus den Abb. 58 und 59 für die

beiden Flugzeuge mit Bodenmotoren ersichtlich, wie sich entsprechend der Gesamtflugzeit auch der gesamte Betriebsstoffverbrauch aus Addition der Verbrauchskurven für Steigen, Gleiten und horizontalen Streckenflug ergibt und welchen Anteil dabei je nach Höhenlage des Streckenflugs diese drei Flugabschnitte für die einzelnen Reichweiten aufweisen. Im Fall II ist der Betriebsstoffverbrauch für das Gleiten mit 0% N bzw. Leerlauf ganz vernachlässigt. Im einzelnen gilt für das Zusammenspiel des Teilverbrauchs für Steigen, Horizontalflug und Gleiten sinngemäß dasselbe, was zu den Abb. 35—41 über die Teilflugzeiten ausgeführt wurde. Ein Blick auf die Gesamtverbrauchskurven zeigt, wie sich der Gesamtverbrauch bei den zugrunde gelegten Motorleistungen auswirkt. Es ist dabei schon hier von Interesse, immer wieder die entsprechenden Abbildungen der Gesamtflugzeitermittlungen sich vor Augen zu führen, wenn auch erst in Abschn. IV die Zusammenhänge zwischen den Gesamtflugzeit- und Gesamtbetriebsstoffverbrauchskurven herausgestellt werden sollen.

Für das Sportflugzeug A mit Bodenmotor der Abb. 58 ist in den kleineren Flugweiten im Fall I (90/80/50% N) der Verbrauch in allen Flughöhen annähernd gleich. Erst in den Flugweiten ab 600 km macht sich ein günstigster Verbrauch in der Flughöhe zwischen 2 und 3 km bemerkbar. Dasselbe gilt für die geringen Flugweiten im Fall II (80/60/0% N). Bei den größeren Flugweiten des Falles II macht sich bei 2 km ein geringerer Verbrauch bemerkbar. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß im Fall I zwischen günstigstem Verbrauch in bester Höhe und ungünstigstem Verbrauch in der Höhe 0 bei größter untersuchter

Flugweite von 1000 km ein Betriebsstoffverbrauchsunterschied von nur 10 kg im Fall I und von nur 5 kg im Fall II vorliegt. Immerhin zeigt sich die Richtung, in der der niedere Verbrauch angestrebt werden kann, wenn er auch tatsächlich nur sehr gering ist. Natürlich müssen hierbei jeweils die in Tab. 1 angegebenen Betriebsstoffmengen, die von den einzelnen Flugzeugen mitgeführt werden, zum Vergleich herangezogen werden. Wenn nach der günstigsten Verbrauchshöhe der Verbrauch

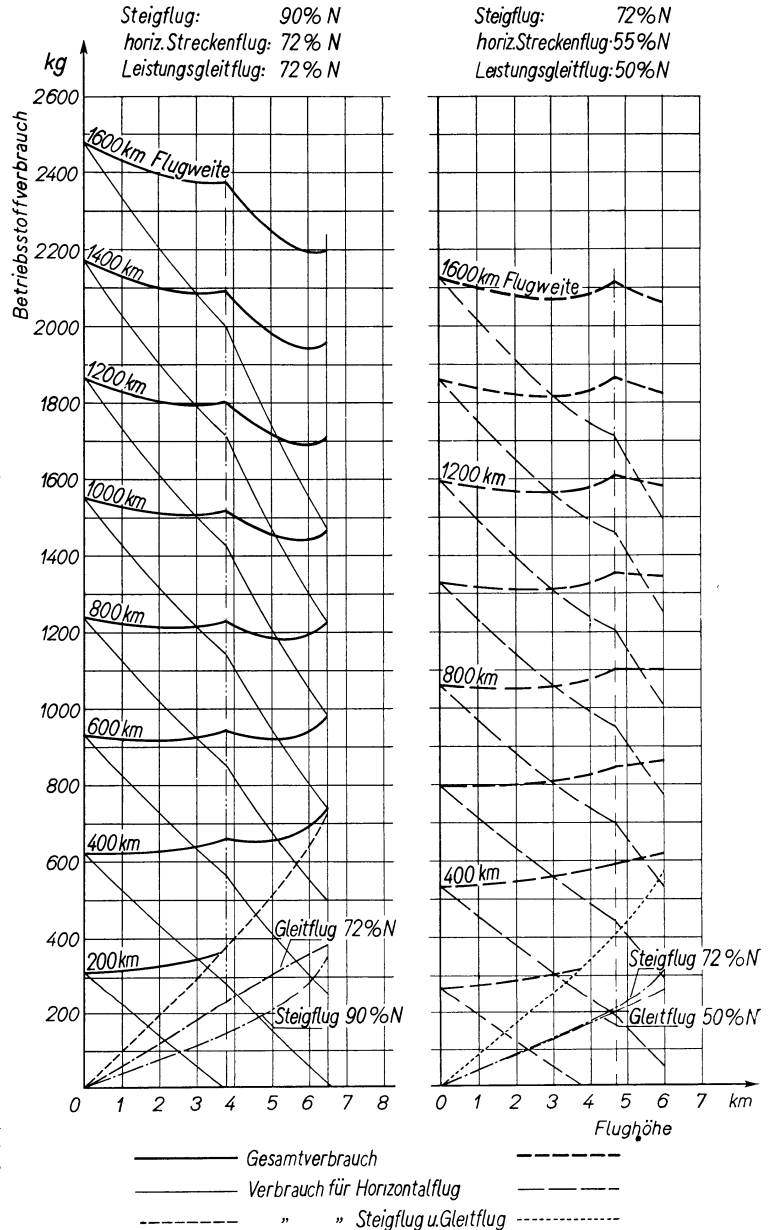


Abb. 60. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Verkehrsflugzeugs D mit Höhenmotoren.

Motoren = 3 × 800/880 PS Passagiere = 17
 Fluggewicht = 12 500 kg Besatzung = 3

bei den größeren Flugweiten im Fall I und II wieder zunimmt, so rührt dies zur Hauptsache davon her, daß die Zeitverlängerung für den ganzen Flugweg in großer Höhe sich viel stärker auswirkt als die geringe Motorleistung.

Daß die Verbrauchskurven nicht für alle Flugzeuge mit Bodenmotoren einen vollkommen ähnlichen Verlauf haben, zeigt die Abb. 59 für das Reiseflugzeug B. Hier liegen die Verhältnisse anders und der günstigste Verbrauch zeigt sich in der Flughöhe 0. Sowohl im Fall I wie im Fall II nehmen der Verbrauch mit zunehmender Flughöhe zu. Besonderen Einfluß haben hierauf die erheblichen Zeitverlängerungen bei Fliegen in den größeren Flughöhen und auch der mit zunehmender Flug-

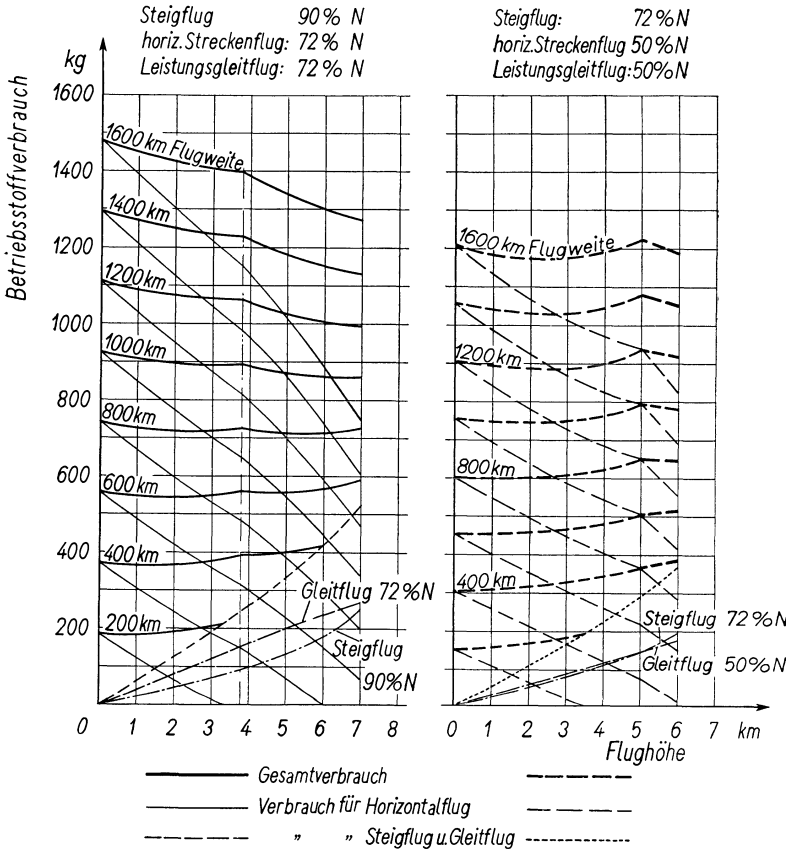


Abb. 61. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Verkehrsflugzeugs E mit Höhenmotoren.
 Motoren = 2 x 800/880 PS Passagiere = 10
 Fluggewicht = 8200 kg Besatzung = 2

höhe sich ungünstiger gestaltende Verlauf der spezifischen Brennstoffverbrauchskurven des Motors von Flugzeug B gegenüber dem Motor des Flugzeugs A. War jedoch schon wie vorerwähnt der Unterschied im Verbrauch beim Flugzeug A nicht besonders groß, vor allem nicht in den zur Hauptsache beim praktischen Flugbetrieb für Flugzeug A in Frage kommenden kleineren Flugweiten, so zeigt sich zusammenfassend für die Flugzeuge A und B die Tatsache, daß durchschnittlich betrachtet die niederen Flughöhen für die Flugzeuge mit Bodenmotoren auch in bezug auf den Betriebsstoffverbrauch als gleichwertig mit den höheren Flughöhen oder mitunter sogar als günstiger angesehen werden können.

Ein anderes Bild des Gesamtverbrauchs vermitteln die Flugzeuge mit Höhenmotoren, wobei an

dem Knick der Gesamtverbrauchskurven wiederum der Einfluß der Leistungsspitzen zu erkennen ist. Im Fall I von Abb. 60 für das dreimotorige Verkehrsflugzeug D trägt der Verbrauch für Steigen + Gleiten dazu bei, daß der Gesamtverbrauch bei Flugweiten bis zu 400 km in der Flughöhe 0 am günstigsten ist, während er bei 600—800 km verhältnismäßig ausgeglichen und ab 1000 km mehr und mehr in den größeren Flughöhen günstig wird. Ähnlich ist der Verlauf im Fall I von Abb. 61 für das zweimotorige Verkehrsflugzeug E. Der Unterschied im Verbrauch zwischen der größtmöglichen untersuchten und gleichzeitig besten Flughöhe gegenüber der ungünstigsten Flughöhe 0 beträgt in Abb. 60 280 kg, in Abb. 61 200 kg. In den Fällen II mit geringeren Motorleistungen gilt für die unteren Flugweiten dasselbe wie für die Fälle I, daß der Einfluß von Steigen und Gleiten bis etwa 600 km die Flughöhe 0 als günstigste erscheinen läßt. Mit Zunahme der Flugweiten treten je ein Tiefpunkt vor und nach den Leistungsspitzen in den Höhen 4,8 und 5 km auf, die nur unwesentliche Unterschiede aufweisen.

Etwa dasselbe wie für die Verkehrsflugzeuge D und E in den Abb. 60 und 61 gilt für das Verkehrsflugzeug G in Abb. 63 im Fall I. Der Fall II weicht insofern etwas ab, als hier bei den Gesamtverbrauchskurven in den Flughöhen nach den Spitzen der Leistungsschaulinien der Motoren in 5,4 km keine Tiefpunkte mehr auftreten, die einen etwaigen geringsten Verbrauch angezeigt hätten.

Wie schon bei den Gesamtflugzeitermittlungen erwähnt, nimmt das Verkehrsflugzeug F auch in Abb. 62 bei dem Verbrauch auf Grund seiner Motoren, deren Leistungsspitzen in den Fällen I und II jeweils niedriger liegen als diejenigen der Flugzeuge D, E und G, wieder eine Sonderstellung ein. Besonders zeigt sich dies im Fall I bei den Verbrauchskurven ab 400 km Flugweite, die mit der Zunahme der Flugweite eine beträchtliche Betriebsstoffersparnis in den oberen Flughöhen aufweisen. Der Fall II dagegen zeigt wiederum den schon mehrfach erwähnten Verlauf, wobei allerdings bei den großen Flugweiten auch die größtmöglichen untersuchten Höhen am besten abschneiden.

Beträgt der Unterschied im Fall I für 2000 km Flugweite zwischen bester Flughöhe 7 km und ungünstigster Flughöhe 0 km an Betriebsstoffverbrauch rund 950 kg, so läßt sich an Hand der Verbrauchskurven für den Horizontalflug feststellen, daß mit diesen 950 kg in der Flughöhe 7 km eine weitere Strecke von rund 1400 km geflogen werden kann. Bei dieser Feststellung, die aus den Abbildungen auch für die anderen Flugzeuge getroffen werden kann, ist zu beachten, daß genau

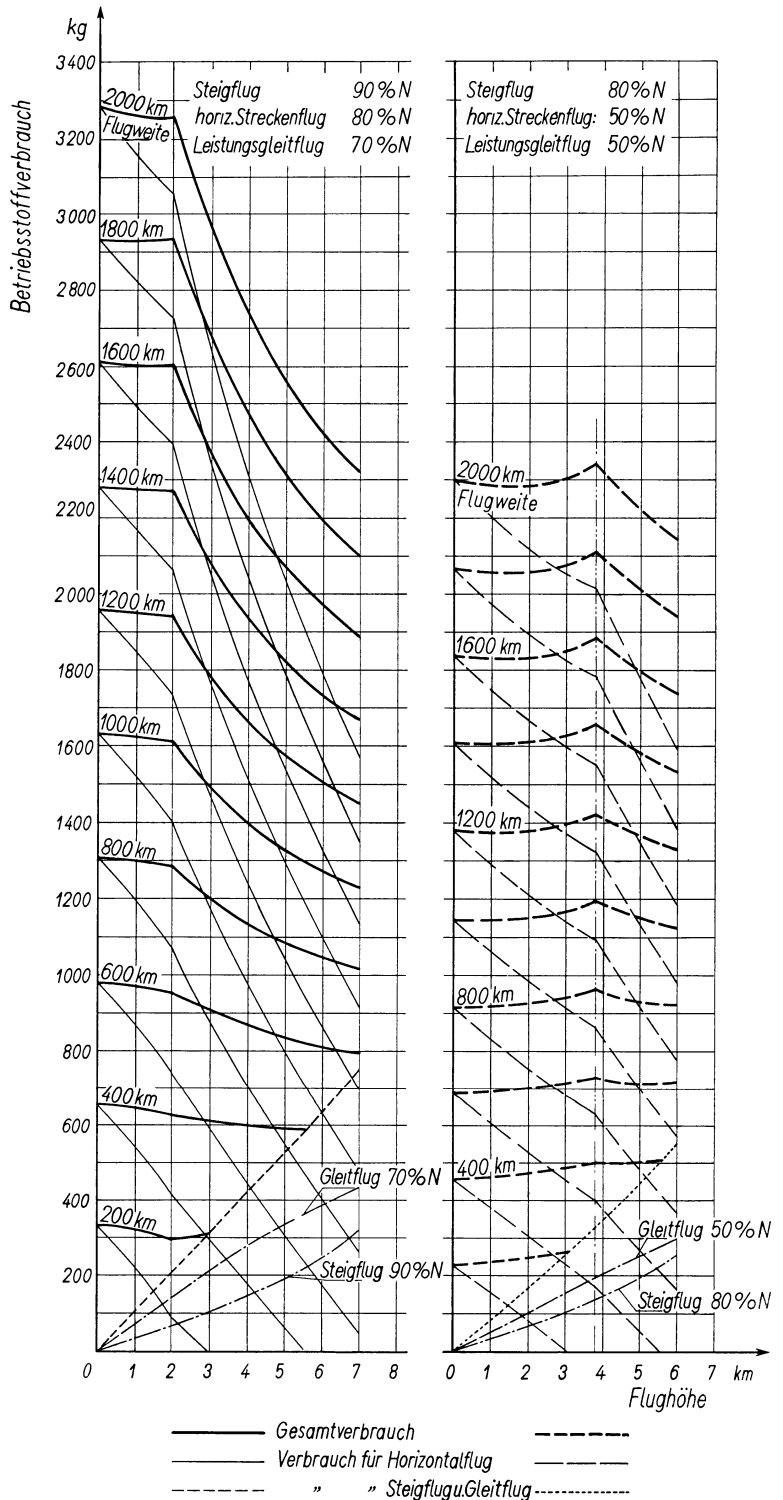


Abb. 62. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Verkehrsflugzeugs F mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 800/830 PS Passagiere = 25
 Fluggewicht = 15 500 kg Besatzung = 4

wie bei den ähnlichen Abb. 35—41 für die Flugzeit, die an den dick ausgezogenen Kurven angeschriebene Flugweite von z. B. 1400 km auch für diejenigen Verbrauchskurven für den horizontalen Reststreckenflug gelten, die in der Flughöhe 0 sich mit den Gesamtverbrauchskurven in einem Punkt treffen, da ja in der Höhe 0 kein Verbrauch für Steigen und Gleiten auftritt.

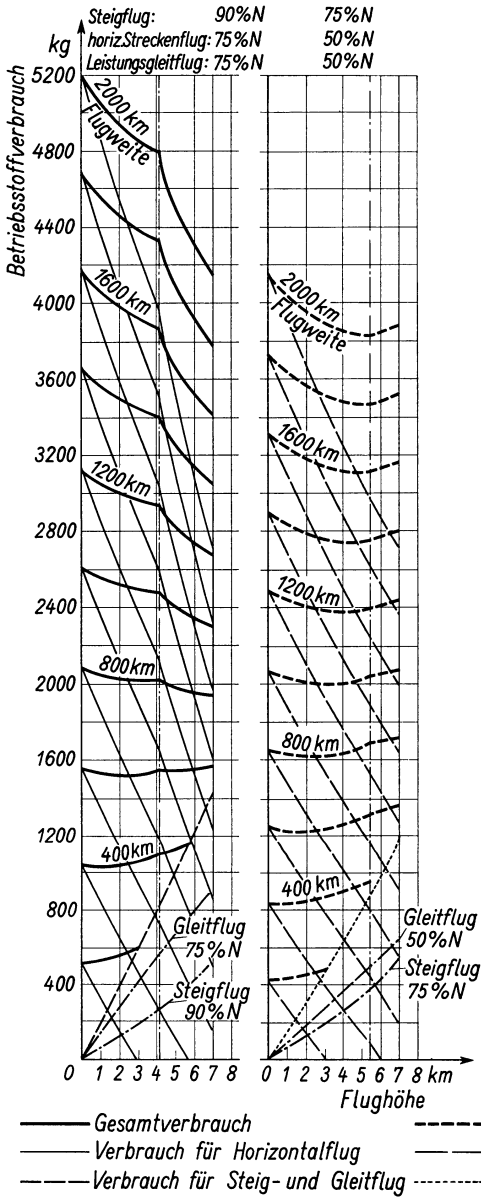


Abb. 63. Kraftstoffverbrauch für den Steig-, Horizontal- und Gleitflug sowie den Gesamtflug des Verkehrsflugzeugs G mit Höhenmotoren.

Motoren = 4 × 1300/1450 PS Passagiere = 40
 Fluggewicht = 25 340 kg Besatzung = 4

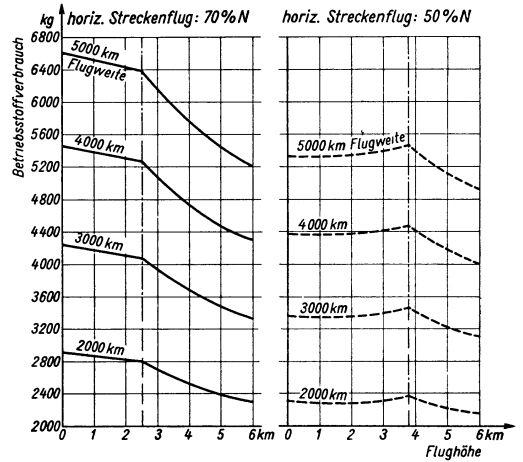


Abb. 64. Gesamtkraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Verkehrsflugzeug F Langstr.

Motoren = 4 × 800/830 PS Passagiere = 4
 Fluggewicht = 16 000 kg Besatzung = 4

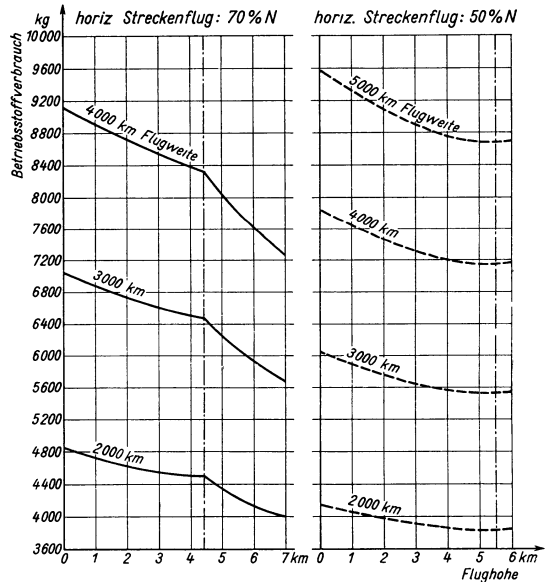


Abb. 65. Gesamtkraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Verkehrsflugzeug G Langstr.

Motoren = 4 × 1300/1450 PS Passagiere = 10
 Fluggewicht = 26 000 kg Besatzung = 4

Der charakteristische Verlauf der Verbrauchskurven der Abb. 63 und 64 für die beiden Langstreckenflugzeuge $F_{Langstr.}$ und $G_{Langstr.}$ ähnelt demjenigen der längsten Flugweiten der Abb. 61 und 62. Er bringt ebenfalls den Vorteil der Betriebsstoffersparnis in großen Höhen zum Ausdruck.

IV. Zusammenspiel von Flugzeit und Betriebsstoffverbrauch.

Der Abschn. II zeigte die Veränderungen der Flugzeit für die einzelnen Flugweiten in Abhängigkeit von der Flughöhe. Als Ergebnis war das Hervortreten günstigster Flugzeiten in günstigsten Flughöhen zu betrachten. Aus Abschn. III war der wechselnde Verlauf des Betriebsstoffverbrauchs ebenfalls in Abhängigkeit von der Flughöhe zu ersehen. Auch für diese Betriebsstoffverbrauchskurven ließen sich am Schluß günstigste Fälle erkennen. Der Vergleich von Abschn. II mit III soll nun im vorliegenden Abschn. IV ergeben, wie sich die günstigsten Flugzeiten zu den günstigsten Verbräuchen in Abhängigkeit von der Flughöhe verhalten und ob sich ein günstiges Zusammenspiel von bester Flugzeit und bestem Verbrauch erreichen läßt, wobei dann eben dieses Zusammenspiel für den folgenden Abschn. V brauchbare Unterlagen für eine möglichst günstige Zoneinteilung in der Horizontalen und Vertikalen in bezug auf die Sicherheit gegen Zusammenstöße der Flugzeuge in der Luft abgeben soll.

Um den Vergleich der Flugzeit, Abb. 35—41, mit dem Kraftstoffverbrauch, Abb. 58—65, zu erleichtern, wurden für die drei Flugzeuge B, E und F die Flugzeitkurven und die Verbrauchskurven zugleich je in einer Abbildung dargestellt. Durch die Überlagerung der Kurven lassen sich am besten gleichzeitig die für Zeit oder Verbrauch günstigsten Flughöhen sowie die gemeinsam günstigsten Flughöhen übersehen.

Abb. 66, die aus den Abb. 36 und 59 entstanden ist, zeigt das Zusammenspiel von Flugzeit und Verbrauch über den Flughöhen für das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor. Die Zeit- und Verbrauchskurven zeigen einen ähnlichen Verlauf, indem sowohl die Flugzeit wie auch der Verbrauch mit zunehmender Höhe ungünstiger wird. Die Höhenlage 0 gibt daher für das Reiseflugzeug B für Zeit und Verbrauch die günstigsten Bedingungen, die mit zunehmender Flugweite durch die steiler werdenden Zeit- und Verbrauchskurven deutlicher in Erscheinung treten. Die Flugzeitkurven des Sportflugzeugs A in Abb. 35 stimmen mit dem vorgenannten Verlauf überein, während die Verbrauchskurven in Abb. 58 in 0 m Höhe am ungünstigsten sind, jedoch im ganzen gesehen bis zur Höhe von 2—3 km je nach Fall I oder II nur eine unbedeutende Vergünstigung aufweisen.

Das Ergebnis für die Flugzeuge mit Bodenmotoren ist demgemäß, daß ihnen auf Grund von Flugzeit und Verbrauch und somit nach Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit die unteren Flughöhen zugewiesen werden müssen.

Der Vergleich der Abb. 38—41 für die Flugzeit mit den Abb. 60—63 für den Verbrauch der Verkehrsflugzeuge D, E, F und G zeigt von vornherein keine Übereinstimmung der günstigsten Flughöhen für Flugzeit und Verbrauch. Am besten läßt sich zunächst aus Abb. 67, die eine Überlagerung der Zeit- und Verbrauchskurven der Abb. 39 und 61 zeigt, für das Verkehrsflugzeug E bei Betrachtung

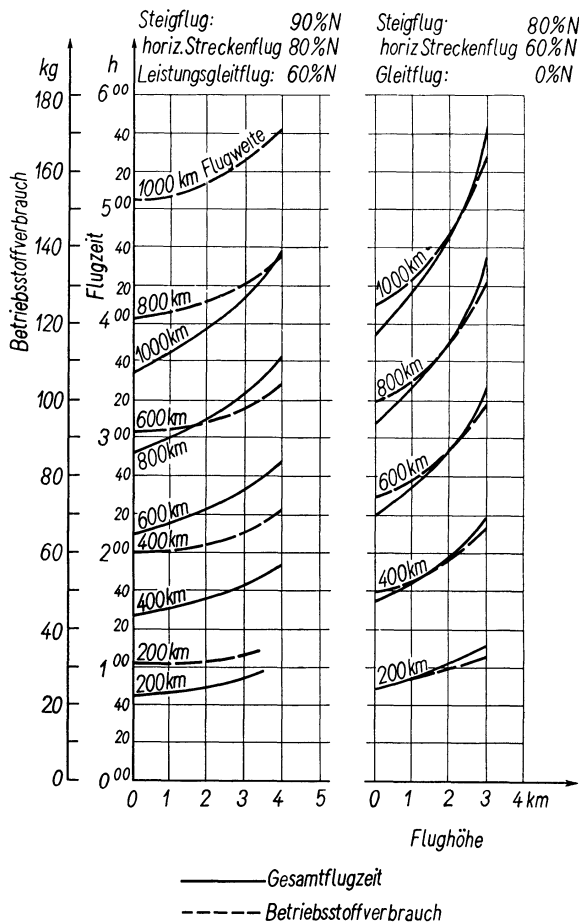


Abb. 66. Gegenüberstellung von gesamter Flugzeit und gesamten Betriebsverbrauch in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Motor = 1 × 240 PS Passagiere = 3
Fluggewicht = 1380 kg Besatzung = 1

tung der Flugweite bis 600 km des Nahverkehrs folgendes erkennen. Die Flugzeit bei 200 km Flugweite ist annähernd je nach Fall I und II für alle Höhen gleich. Der Verbrauch nimmt dagegen mit zunehmender Höhe leicht zu. Bei 400 km zeichnet sich eine für die Flugzeit günstigste Flughöhe in 3—4 km Höhe ab, während der Verbrauch immer noch von der Höhe 0 an zunehmend ist. In der Annäherung an die Flugweite von 600 km bildet sich ein Zeitvorsprung von 10 min heraus, während der Verbrauch im Fall I gleichmäßiger wird, im Fall II dagegen noch von der Höhe 0 ab zunimmt. Als Ergebnis des Vergleichs für den Nahverkehr bis rund 600 km kann festgestellt werden, daß eine gemeinsam günstigste Flughöhe von rund 2—3 km sowohl dem Anspruch auf günstige Flugzeit wie auch dem auf günstigen Betriebsstoffverbrauch gerecht wird. Lag doch die günstigste Flugzeit in den Flughöhen 2—5 km, der günstigste Verbrauch in der Flughöhe 0 bis 2 km, wobei zum Ausdruck gebracht werden muß, daß der Unterschied in der Flugzeit zwischen gemeinsam günstigster Flughöhe von rd. 2—3 km und der für die Zeit speziell günstigsten Höhe von rd. 2—5 km gering ist. Derselbe geringe Unterschied herrscht vor im Verbrauch zwischen der gemeinsam günstigsten Flughöhe 2—3 km und der für den Verbrauch speziell günstigsten Flughöhe von 0—2 km.

In gleicher Weise läßt sich zunächst für den Nahverkehr bis 600 km Flugweite für die Verkehrsflugzeuge D und G aus den Abb. 38—41 bzw. 60 und 63 ableiten, daß auch hierfür ohne große Einbuße an Zeit und Betriebsstoff eine gemeinsam günstige Flughöhe von rund 2—3 km gilt. Dabei liegt, wie am besten aus den Abbildungen zu entnehmen ist, der günstigste Verbrauch wieder darunter, die günstigste Flugzeit darüber. Wie bereits öfters vorher erwähnt, nimmt das Flugzeug F eine Sonderstellung ein, da die Leistungsspitzen seiner Motoren bei den gewählten Beanspruchungen in niedrigeren Flughöhen liegen. Für das günstige Zusammenspiel zwischen Flugzeit und Betriebsstoffverbrauch wirkt sich dies positiv aus. Liegt für den Nahverkehr bis 600 km vom Flugzeug F nach Abb. 68, die für Flugzeit und Verbrauch aus den Abb. 40 und 62 kombiniert ist, die günstigste Gesamtflugzeit zwischen den Flughöhen 2—3,8 km, so liegt nunmehr der günstigste Verbrauch im Fall I (90/80/70%N) ebenfalls in den Höhen über 2 km. Nur im Fall II (80/50/50%N) ergibt sich das den Flugzeugen D, E und G ähnliche Bild, daß der Verbrauch von der Höhe 0 ab allmählich zunimmt. Als Ergebnis läßt sich somit auch für das Verkehrsflugzeug F im Nahverkehr eine für Flugzeit und Verbrauch gemeinsam günstige Flughöhe von 2—3 km ableiten.

Wenn nun für den Nahverkehr bis 600 km Flugweite die für Flugzeit und Verbrauch gemeinsam günstige Flughöhe mit 2—3 km ermittelt wurde, so zeigen rückblickend noch die Abb. 20—23, daß allerdings Flugweiten unter durchschnittlich 150—180 km diese gemeinsam günstige Höhe nicht erreichen können, oder darin nur eine sehr geringe horizontale Strecke zurücklegen können. Auch aus den Abb. 38—41 oder 60—63 läßt sich ersehen, daß die Flugweiten von 200 km im Durchschnitt noch die Flughöhe 3 km erreichen können, bald nach 3 km jedoch nur noch aus Steigen und Gleiten bestehen. Im Interesse der kleinen Flugstrecken des Nahverkehrs kann es daher geboten sein, zwangsläufig die Zone der gemeinsam günstigen Flughöhen von rd. 2—3 km je nach Lage der Dinge auf 1—3 km Höhe auszudehnen, oder aber vom Nahverkehr einen sogenannten Kurzstreckenverkehr bis 200 oder 250 km Flugweite noch abzutrennen. Interessant ist es, in diesem Zusammenhang die Zahlen zu betrachten, die die längenmäßige Unterteilung der Flugstrecken in Europa verdeutlichen. Demnach hatten im Jahr 1938 30,7% aller planmäßig beflogenen Strecken eine geringere Flugweite als 200 km, 28,6% lagen zwischen 200—400 km, 18,7% zwischen 400—600 km. Die Flugweiten über 600—1500 km umfaßten 17,3%, die restlichen über 1500 km schließlich noch 4,7%. Auch diese Unterteilung läßt es berechtigt erscheinen, daß vom Nahverkehr bis 600 km, der also insgesamt 78,0% aller europäischen Flugstrecken umfaßt, die Kurzstrecken bis 200 km gegebenenfalls gesondert betrachtet werden. Für die Entfernungen über 600—2000 km des Kontinentalverkehrs zeigt sich im Gegensatz zu den Flugweiten bis 600 km in den Abb. 38—41 in den Fällen I und II nur eine konstante günstigste Flughöhe, während sie unter 600 km Flugweite mit zunehmender Flugweite überhaupt erst größer werden konnte. Dies wirkt sich dahingehend aus, daß zwischen den Abb. 38—41 für die Flugzeit und den Abb. 60—63 für den Verbrauch bzw. innerhalb der kombinierten Abb. 67 und 68 sich mitunter größere Gegensätze ergeben als im Nahverkehr.

Für das Verkehrsflugzeug E zeigt zunächst Abb. 66, daß über 600 km Flugweite die Höhen-

auch auf den Verbrauch ausgeglichener. Im Fall I läßt sich eine Angleichung an einen möglichst gemeinsam günstigen Wert der Flugzeit und des Verbrauchs nur dadurch ermöglichen, daß sowohl an der Flugzeit wie am Verbrauch ungünstige Zusätze in Kauf genommen werden. Immerhin weist jedoch die Flughöhe 4 km, die zeitlich, wie ohne weiteres aus der Abb. 47 Fall I zu entnehmen ist, noch etwas günstiger liegt als die Flughöhe 0, schon einen wesentlich günstigeren Verbrauch auf

als die Flughöhe 0. Im Fall II sind nach Abb. 47 die Flughöhen 5 und 2 km etwa gleichwertig in bezug auf die Flugzeit. Diese Gleichwertigkeit trifft auch etwa zu für den Betriebsstoffverbrauch für die Flugweiten von 600 bis 1200 km. Über 1200 km macht sich ein Vorteil für die Flughöhe 5 km bemerkbar. Steigert sich die Motorleistung des horizontalen Streckenfluges des Falles II etwas, oder nimmt sie etwa das Mittel zwischen Fall I und II mit 65% N ein, so wird für alle Flugweiten der Betriebsstoffverbrauch in 2 km gegenüber 5 km Höhe ungünstiger werden. Als Ergebnis für Verkehrsflugzeug F kann damit, wenn eine Angleichung an die Verkehrsflugzeuge D, E und G erzielt werden soll, festgestellt werden, daß ebenfalls in der Höhe 4—5 km noch günstige Resultate erzielt werden.

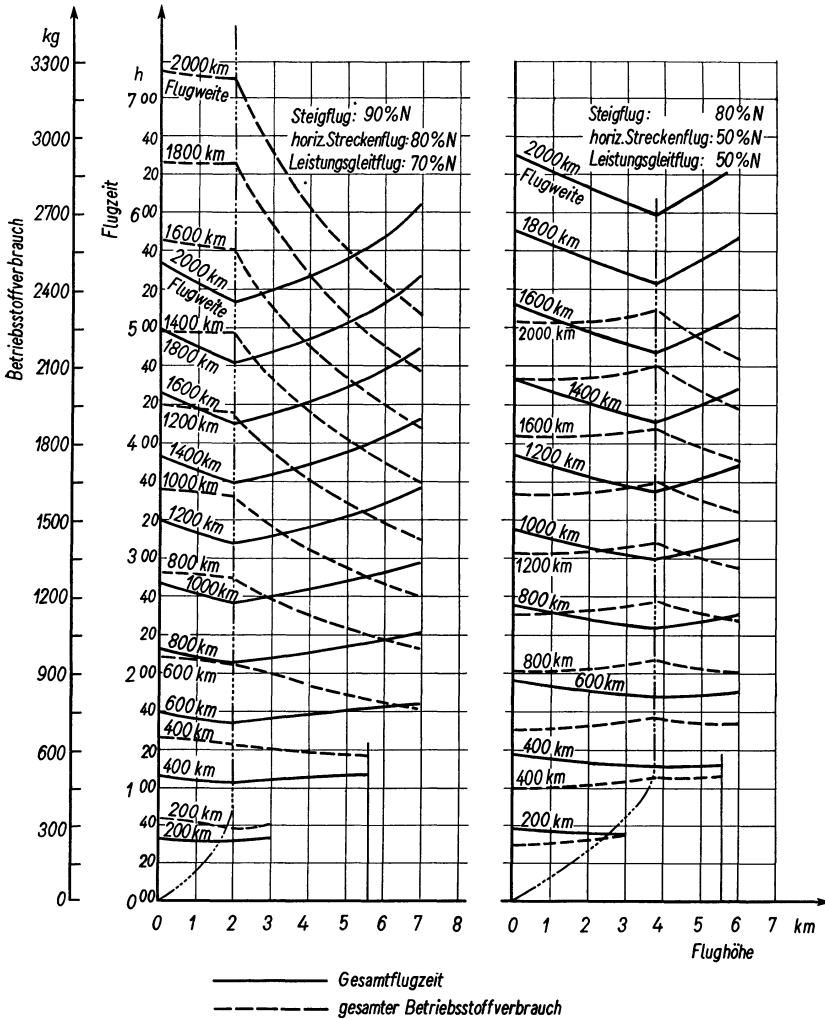


Abb. 68. Gegenüberstellung von gesamter Flugzeit und gesamtem Betriebsstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Flughöhe für das Verkehrsflugzeug F mit Höhenmotoren.

Motoren	= 4 × 800/830 PS	Passagiere	= 25
Fluggewicht	= 15 500 kg	Besatzung	= 4

$G_{Langstr.}$ Abbildungen nach Art der Abb. 40 und 41 für die Flugzeit nicht besonders dargestellt, weil die günstigsten Flughöhen über 600 km Flugweite konstant sind und die Flugzeiten in ihrer abgestuften Größe sich aus den Abb. 51 und 52 entnehmen lassen. Die Gesamtflugzeitkurven hätten im übrigen für die Flugweiten über 2000 km einen den Abb. 40 und 41 ähnlichen Verlauf gehabt. Die Vergleichsbetrachtungen zwischen günstigster Flugzeit und günstigstem Verbrauch zeigen für die beiden viermotorigen Flugzeuge $F_{Langstr.}$ und $G_{Langstr.}$ nach Abb. 64 und 65 günstigsten Verbrauch in den größeren Höhen von 5—7 km je nach Fall I und II. Da gerade bei diesen Flugstrecken auf große Reichweiten besonderer Wert gelegt werden muß, tritt hier der Faktor der Flugzeit hinter dem des

Betriebsstoffverbrauchs zurück. Wie für das Flugzeug F steht der günstigsten Flugzeit des Flugzeugs $F_{\text{Langstr.}}$ in 2 km Höhe des Falles I der günstigste Verbrauch in 6 km Höhe gegenüber. Der Fall II ist in bezug auf die Flugzeit und auf den Verbrauch wiederum ausgeglichener, wobei sich allerdings der Vorteil des Verbrauchs in 5—6 km Höhe bemerkbar macht. Wird mit einer mittleren Motorleistung von Fall I und II gerechnet, so scheiden die Flughöhen unter 4 km wegen des höheren Verbrauchs aus und als Ergebnis für die gemeinsame günstigste Flughöhe kann für das Flugzeug $F_{\text{Langstr.}}$ 4—6 km angegeben werden.

Dieselben Überlegungen lassen für das Verkehrsflugzeug $G_{\text{Langstr.}}$ in Anlehnung an die Abb. 41, 52 und 65 erkennen, daß ähnlich dem Flugzeug G die günstigste Flugzeithöhe und günstigste Verbrauchshöhe wieder näher beieinander liegen als beim Flugzeug F. Im Fall II decken sich die beiden Höhen bei etwa 5 km, im Fall I liegt die beste Höhe der Flugzeit bei 4—5 km, diejenige des Verbrauchs bei 5—6 km. Das Ergebnis für das Verkehrsflugzeug $G_{\text{Langstr.}}$ besagt also insgesamt, daß die gemeinsam für Zeit und Verbrauch günstigsten Flughöhen bei 4—6 km liegen.

Bei dem Vergleich der Abb. 35—41 für die Flugzeit mit den Abb. 58—65 für den Verbrauch soll abschließend in bezug auf die Reichweite noch erwähnt werden, daß im Fall I der Vorteil der geringen Flugzeit sich für den Verbrauch nachteilig auswirkt und daß umgekehrt die längere Flugzeit des Falles II immer einen günstigeren Verbrauch aufweist. Rein äußerlich zeigt sich dies in all den vorgenannten Abb. 35—41 bzw. 58—65 dadurch, daß für die *Flugzeiten* die Kurvenscharen des Falles I immer eine niedrigere Säule aufbauen als diejenigen des Falles II. Bei den *Verbrauchs*kurven sind die Säulen umgekehrt im Fall I höher und im Fall II niedriger.

Wenn z. T. bei den vorhergehenden Vergleichen eine Gleichwertigkeit von z. B. 2—3 km Flughöhe mit 5 oder 6 km Flughöhe in bezug auf die Flugzeit oder auf den Verbrauch festgestellt wurde, so muß dabei für die Wirtschaftlichkeit noch in Betracht gezogen werden, daß mitunter das Rüstgewicht der Flugzeuge, die unter 4 km Höhe bleiben, geringer und somit die Zuladung größer sein kann. Dieses Mehr an Zuladung kann dabei der Nutzlast oder dem Betriebsstoff zugute kommen. Auf der anderen Seite hat sich vielfach bei den Flügen über 4 km ein geringerer Betriebsstoffverbrauch ergeben, der den vorgenannten gewichtigen Nachteil durch druckfeste Kabinen oder Höhenausrüstung wieder ausgleicht oder übertrifft. Auf jeden Fall besteht aber für den Bau der Höhenflugzeuge die Forderung, daß die Erhöhung ihres Fluggewichts gegenüber den Flugzeugen ohne Druckkabine und Höhenausrüstung aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sich nur in einem begrenztem Rahmen bewegen darf. Von Wichtigkeit ist dabei natürlich auch wieder, ob Vorrichtungen für eine einfache Sauerstoffzufuhr irgendwelcher Art mit geringerem Gewicht genügen, die für die nächsten Höhen nach der 4000 m-Grenze noch möglich sind, oder ob für größere Höhen nur noch die druckfeste Kabine mit größerem zusätzlichem Gewicht in Frage kommt. Die Entscheidung über die beiden Arten der Höhenausrüstung — zusätzliche Sauerstoffzufuhr bei einer Luftdichte im Flugstraum, die dem freien Luftraum entspricht, oder Druckkabine mit annähernd normalem Sauerstoffgehalt — sollte jedoch letztes Endes im Interesse der Bequemlichkeit und Behaglichkeit der Reisenden vom luftfahrtmedizinischen Standpunkt aus getroffen werden. Auf die erhöhte Bedeutung der druckfesten Kabine, die sich günstig auf die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Fluges auswirken kann, wurde schon im Zusammenhang mit der Gleitzeit und dem Gleitweg hingewiesen.

V. Sicherheit gegen Zusammenstoß in der Luft.

Es gibt heute schon verschiedene Länder, die z. T. nur für Schlechtwetterverhältnisse, z. T. aber auch für ihren dauernden Luftfahrtbetrieb auf Grund der Verdichtung der Flüge auf ihren Luftverkehrsstrecken dazu übergegangen sind, aus Sicherheitsgründen gegen die Zusammenstoßgefahr in der Luft jedem Flugzeug beim Streckenflug eine bestimmte Flugbahn zuzuweisen. Es ist daher von Interesse, einmal alle Möglichkeiten zur Ausschaltung dieser Gefahr zu untersuchen und in dieser Hinsicht die Flughöhen in der Vertikalen und Horizontalen einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Dabei ist naheliegend, die in den Abschn. II—IV hervorgetretenen Vor- und Nachteile bezüglich der Flugzeit und des Betriebsstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Höhe weitestgehend zu berücksichtigen, um

möglichst bei der Einweisung der Flugzeuge in bestimmte Zonen die Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs nicht zu beeinträchtigen.

Für die Zoneneinteilung kommen folgende vier Möglichkeiten in Frage:

1. Vertikalsystem nach Entfernungen,
2. Vertikalsystem nach Kursrichtungen,
3. Horizontalsystem,
4. Kombinierte Zoneneinteilung nach 1—3.

Diese vier Zoneneinteilungen können für ein gesamtes Luftverkehrsnetz oder auch nur für einzelne mit großer Häufigkeit beflogene Strecken angewandt werden.

Im nachfolgenden seien die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme betrachtet. Während die Systeme 1—3 hauptsächlich die schematischen Grundzüge für die Sicherung der Bewegungsvorgänge auf den Flugstrecken zeigen, sind in der kombinierten Zoneneinteilung des Abschn. 4 alle Gefahrenquellen für Zusammenstöße beseitigt.

1. Vertikalsystem nach Entfernungen.

Die schematische Abb. 69 zeigt eine Trennung der Flugzonen in der Vertikalen, wobei für die Einteilung in Höhenzonen die folgenden Längen der Flugstrecken zwischen anzufliegenden Flughäfen zugrunde gelegt wurden:

1. Nahverkehrsstrecken bis 600 km,
2. Kontinentalstrecken von 600—2000 km,
3. Weltverkehrsstrecken über 2000 km.

Diese Einteilung stützt sich auf die in den vorhergehenden Abschnitten ermittelte Tatsache, daß das Aufsuchen größerer Höhen erst ab Flugweiten über 600 km Vorteile bietet und daß in bezug auf Entfernungen über 2000 km der ungünstige Einfluß von Steigen und Gleiten immer mehr entfällt, je länger die Flugweiten werden. Neben den obengenannten drei Zonen für Flugzeuge des planmäßigen Verkehrs oder sonstigen Flugzeugen mit Funkausrüstung wird in Bodennähe noch eine weitere Zone für örtlichen Verkehr, Sport-, Reise-, Schulungs- und Rundflüge, oder allgemein für Flugzeuge ohne Funkausrüstung benötigt.

Insgesamt sind dadurch die Höhenzonen I, II, III und IV entstanden. Höhenmäßig abgestuft kann z. B. die Höhenzone I bis 1000 m reichen, die Zone II für Nahverkehr von 1—3 km. Die Zone III für den kontinentalen Verkehr mit Flügen von 600—2000 km Länge kann sich die Höhen zwischen 3—5 km zunutze machen. Dabei kann je nach Streckenlänge über oder unter der für eine etwaige Höhenausrüstung maßgeblichen Grenzhöhe von 4000 m geflogen werden. Dem Weltverkehr steht die Zone IV von 5—7 km Höhe frei. Durch diese Einteilung ist jedoch der Luftverkehr innerhalb der Haupt Höhenstufen II—IV noch nicht gegen Zusammenstöße gesichert, wenn auch dadurch eine wesentlich kleinere Gefahr besteht, daß die Verkehrsdichte durch die Trennung in Nah-, Kontinental- und Weltverkehr eine geringere geworden ist. Natürlich ist dabei von Bedeutung, wie groß der Anteil des Welt- und Kontinentalverkehrs im Verhältnis zum Nahverkehr am gesamten Streckenverkehr ist. Bezieht sich die Einteilung in die Höhenstufen I—IV nur auf eine Flugstrecke, so ist die Sicherung gegen Zusammenstöße im Gegenverkehr einfach dadurch zu erreichen, daß entsprechend den heutigen Vorschriften mit einem vorgeschriebenen Sicherheitsabstand links und rechts vom Kurs geflogen wird. Bezieht sich die Zoneneinteilung I—IV jedoch auf ein ganzes Luftverkehrsnetz, so daß Kreuzungen der einzelnen Luftlinien stattfinden, so muß die Sicherung innerhalb der Zonen eine andere sein. Darauf wird unter Abschn. 4 „Kombinierte Zoneneinteilung“ eingegangen.

Die vorliegenden Zoneneinteilungen sind darauf aufgebaut, daß ein festliegendes System die Zusammenstoßgefahr ausschließen soll, und daß nicht in Einzelfällen durch Funk für kreuzende Flugzeuge besondere Regelungen getroffen werden. Voraussetzung für das System der Zoneneinteilung ist jedoch, daß mit Hilfe der Ausrüstung der Standort in der Horizontalen und besonders in der Vertikalen im Rahmen der Zonenhöhen jederzeit festgestellt werden kann.

Eine Zone für Sonderzwecke sowie neutrale oder Sicherheitszonen zwischen den Höhenstufen I bis IV sind in der Abb. 69, die zunächst nur die grundsätzliche Einteilung des vertikalen Systems

nach Entfernungen zeigen soll, nicht enthalten. Ein bemerkenswerter Nachteil des Systems kann, wenn Flugzeuge beispielsweise einen Höhenwechsel wegen Gefahr von Eisbildung vornehmen müssen, oder in der Horizontalen eine Gewitterfront zu umfliegen haben, nicht entstehen.

Eine Staffelung in der Vertikalen kann sich auch für die Sicherheit der Bewegungsvorgänge in der Flughafennahzone dadurch günstig bemerkbar machen, daß die Flugzeuge schon höhenmäßig gestaffelt ankommen und so von gegen Zusammenstoß gesicherter Höhenlage über dem Flughafen aus einzeln zur Landung aufgerufen werden können.

Die rein schematische Abb. 68 zeigt auch die Bedeutung, die den Neigungen der Steig- und Gleitbahnen der Flugzeuge zukommen kann. Je nachdem die Flughäfen in der Horizontalen in ihrer Bedeutung als Nah-, Kontinental- oder Weltverkehrsflughafen mehr oder weniger seitlich von durchgehenden Streckenkursen liegen, können die Höhenstufen angeschnitten werden von dem umgekehrten Kegel, der aus den rings um den Flughafen sich erstreckenden Steigbahnen bzw. von den flacheren Gleitbahnen gebildet wird. Für die vorliegenden Höhenstufen des Nah-, Kontinental-

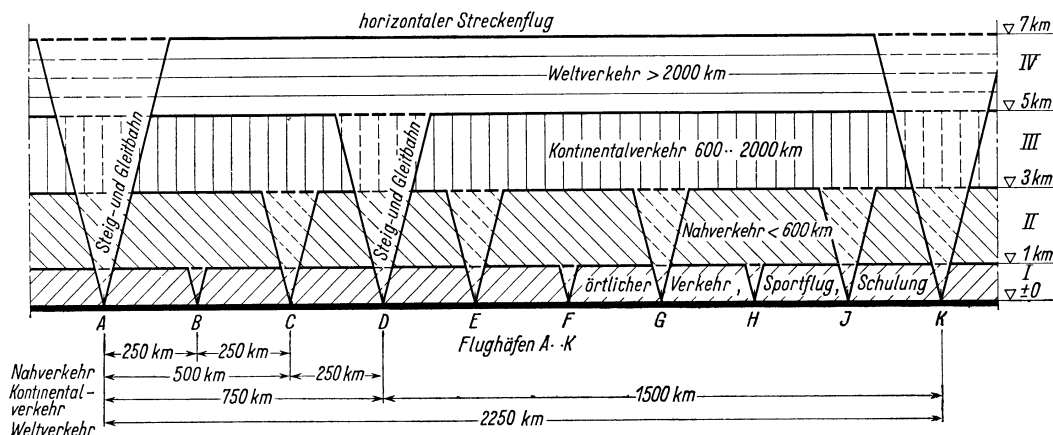


Abb. 69. Zoneneinteilung in der Vertikalen nach Entfernungen (Nah-, Kontinental- und Weltverkehr).

und Weltverkehrs kommt dies zwar weniger in Frage, da meistens die Weltflughäfen die gegenseitig entferntesten sind und dann nicht nur vom Weltverkehr, sondern auch vom Kontinental- und Nahverkehr angeflogen werden. Für die Kontinentalflughäfen gilt, daß sie von dem in der niedrigen Höhenstufe fliegenden Nahverkehr angeflogen werden. Mehr Bedeutung kann jedoch der für Steig- und Gleitbahnen über Flughäfen frei zu haltende Raum für Flugzeuge auf durchgehenden Flugstrecken haben, sofern sie in Höhenstufen fliegen, wie sie der folgende Abschn. 2 zeigt.

2. Vertikalsystem nach Kursrichtungen.

Wie die Abb. 69 zeigt auch die Abb. 70 eine Unterteilung der Flughöhen in der Vertikalen. Jedoch ist an Stelle der drei Höhenstufen für den Nah-, Kontinental- und Weltverkehr von Abb. 69 nur eine Haupthöhe vorgesehen, die aber in 12 Unterstufen für **Richtungsbetrieb** unterteilt ist. In jeder Unterstufe werden Kursrichtungen innerhalb 30° geflogen. Wie sich dabei die Kursrichtungen von $0-360^\circ$ auf die 12 Unterstufen der Höhenstufe II verteilen, ist aus der Tabelle auf Abb. 70 zu entnehmen. Für die Höhenstufe I gilt dasselbe wie im Abschn. 1.

Die Haupthöhenstufen, die bei Unterstufen für Kursrichtungen innerhalb je 30° den überwachten Luftverkehr in 12 Zonen trennen, können bei einer geringeren Verkehrsdichte entsprechend in **weniger Zonen** mit gegebenenfalls größerer Höhe unterteilt werden. Bei Unterstufen für Kursrichtungen innerhalb 45° würden sich 8, bei Kursrichtungen innerhalb 180° noch zwei Unterstufen als notwendig erweisen. Für die Unterteilung einer Haupthöhe in Unterstufen dürften dabei 12 Unterstufen für Kursrichtungen von jeweils 30° das Maximum darstellen, während zwei Unterstufen für je 180° das Minimum ergeben.

Der linke Teil der Abb. 70 zeigt die Haupthöhe II unterteilt in 12 Unterstufen von je 100 m, der rechte Teil in solche von je 300 m. In bezug auf einen notwendigen Sicherheitsabstand

in der Vertikalen dürfte die Zonenhöhe um rund 100 m ein Minimum betragen. Bei den englischen Schlechtwettervorschriften, die eine Unterteilung des Luftraums in horizontale Schichten enthalten, beträgt sie 91,4 m.

Die Unterteilungen der Haupthöhenstufe II mit 100 bzw. 300 m ergeben eine Gesamtzonenhöhe von 1200 bzw. 3600 m. Während, wie aus dem rechten Teil der Abb. 70 ersichtlich ist, die Stufe II bereits die Grenzhöhe für erforderliche Höhenausrüstung von 4000 m überschreitet, werden von der Stufe II des linken Teils der Abbildung überhaupt nur die niederen Höhen erfaßt. Die Unterstufen von je 300 m haben den Nachteil, daß bei kleineren Flugweiten die höher liegenden Unterstufen nicht mehr erreicht werden können, oder daß nur zu kurze Strecken des horizontalen Streckenflugs für sie übrigbleiben. Ferner ist nachteilig, daß die Vorteile, wie sie sich in den vorhergehenden Abschnitten je nach den eingebauten Motoren und den Höhenlagen des Fluges ergeben haben, nicht für die Flüge in allen Richtungen ausgenutzt werden können. Die Unterstufen von je 100 m in nur einer Haupthöhenstufe von insgesamt 1200 m haben den Nachteil, daß der gesamte überwachte Luftverkehr ebenfalls ohne Rücksicht auf die Vorteile der Höhenlagen des Fluges in einer Zone mit 1200 m Höhe zusammengeballt ist.

Richtungsbetrieb in den Unterstufen 1-12 für Kurse innerhalb je 30°

Unterstufe	Kurs	Unterstufe	Kurs
1	0...30°	7	180...210°
2	30...60°	8	210...240°
3	60...90°	9	240...270°
4	90...120°	10	270...300°
5	120...150°	11	300...330°
6	150...180°	12	330...360°

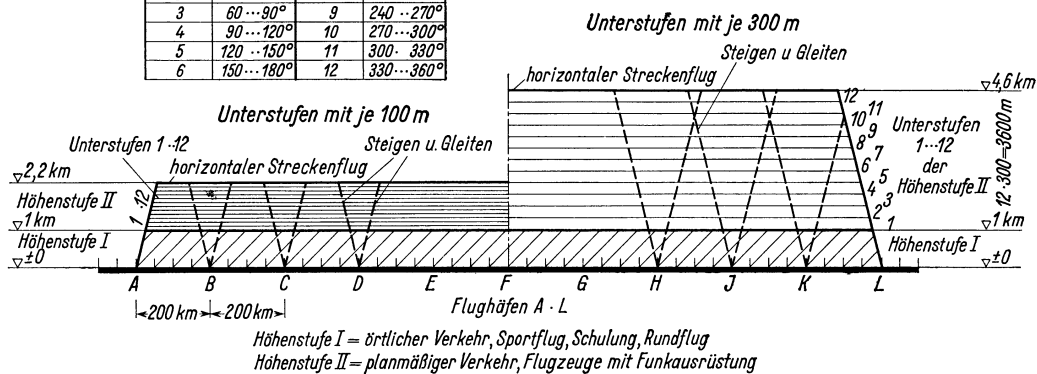


Abb. 70. Zoneneinteilung in der Vertikalen nach Kursrichtungen.

Darauf, wie die Schwierigkeiten beim Vertikalsystem nach Kursrichtungen, die durch einen erforderlichen Höhenwechsel infolge der Wetterbedingungen auftreten können, zu umgehen sind, wird später in Abschn. 4 über die „Kombinierte Zoneneinteilung“ eingegangen.

Im Ganzen gesehen, kann jedoch das Prinzip der Abb. 70, Haupthöhenstufen nach Kursrichtungen zu unterteilen, als ein wertvolles Mittel zur Erhöhung der Sicherheit gegen Zusammenstöße im Luftraum angesehen werden.

3. Horizontalsystem.

Die Abb. 71 zeigt die Zoneneinteilung in der Horizontalen für *Linienbetrieb*. Den Flugzeugen steht dabei die für eine Flugstrecke zu wählende Höhe frei und sie können sich sowohl den meteorologischen Verhältnissen anpassen wie auch in der für die Motorleistung sich am günstigsten auswirkenden Höhe fliegen.

Die Flugzonen I—IV bzw. I'—IV' für den Linienbetrieb sind entsprechend dem Vertikalsystem nach Entfernungen des Nah-, Kontinental- und Weltverkehrs, jedoch hier in der Horizontalen, aufgebaut. Auf Grund dessen, daß den Flugzeugen die zu wählende Flughöhe freisteht und sie gewissermaßen zwischen zwei vertikalen Ebenen fliegen, die links und rechts die Zonen begrenzen, ergibt sich jedoch, daß ein derartiges System nur für eine einzelne Flugstrecke Anwendung finden kann. Bei Überkreuzungen dagegen müßten zusätzlich noch Höhenbegrenzungen festgelegt werden, so daß bereits ein kombiniertes System entstehen würde. Ein offensichtlicher Nachteil liegt jedoch darin, daß besonders bei Schlechtwetterverhältnissen die Zonen nur sehr schwer eingehalten werden könnten, da schon infolge von geringen Kursabweichungen bei den hohen Reisegeschwindigkeiten von

250—350 km/h oder infolge von Seitenwind sehr große Versetzungen auftreten würden. Die Zonen könnten dabei nicht breit genug festgelegt werden, um ein Einfliegen in Nebenzonen zu vermeiden. Aus der Abb. 71 ergibt sich, wenn für die Zonen und die Sicherheitsabstände innerhalb einer Luftverkehrsstraße ansprechende Maße zugrunde gelegt werden, eine Breite von 14—36 km. Die Wegverlängerung, die sich aus der zum Hauptkurs seitlichen Lage der Zonen ergibt, hat keinen maß-

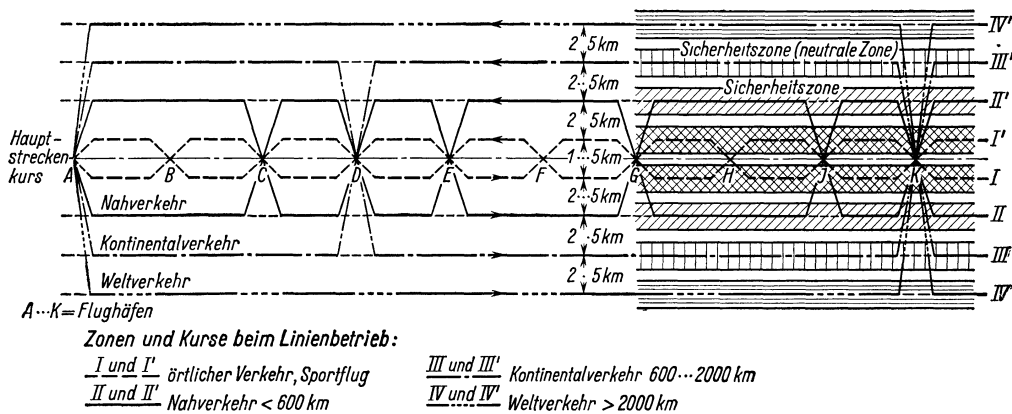


Abb. 71. Zoneneinteilung in der Horizontalen.

gebenden Einfluß auf die Flugzeit, um so mehr als die seitliche Staffelung so vorgenommen wurde, daß für die länger werdenden Flugstrecken auch der seitliche Abstand vom Hauptkurs wächst.

Im ganzen betrachtet zeigt sich, daß besonders bei Schlechtwetter das Horizontalsystem sehr große Nachteile aufweist, während jedoch für ein kombiniertes System auch die Einteilung in der Horizontalen zumindest in einfacherer Form nach Abschn. 4 brauchbar sein kann.

4. Kombinierte Zoneneinteilung.

In den vorhergehenden Vertikalsystemen nach Entfernungen und Kursrichtungen sowie in dem Horizontalsystem treten die Vor- und Nachteile zutage.

An Hand der Abb. 72 sollen die Möglichkeiten gezeigt werden, die sich aus der Kombination der vorgenannten Systeme ergeben und die möglichst deren Vor- und Nachteile ausmerzen sollen. Abb. 72a zeigt ein kombiniertes Vertikal- und Horizontalsystem. Die Höhenstufe I ist, was auch für die späteren kombinierten Systeme gilt, dem unüberwachten örtlichen Verkehr, den Sportflugzeugen und sonstigen Flugzeugen ohne Funk vorbehalten. Für den planmäßigen Verkehr und andere Flugzeuge mit Funk sind die Haupthöhenstufen II—V von je 1200—1400 m Höhe vorgesehen, wobei Höhenstufe II, III und V entsprechend der Abb. 69 dem Flugbetrieb für Nah-, Kontinental- und Weltverkehr vorbehalten ist. Eine Zone IV für Sonderzwecke liegt zwischen 4,5 und 5,5 km Höhe.

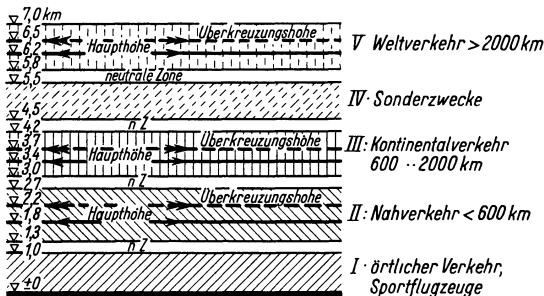
Innerhalb der Zonen wird für Kreuzungen eine Trennung in der Vertikalen in Haupthöhen und Überkreuzungshöhen notwendig. Es muß demgemäß festgelegt werden, welcher Flugstrecke jeweils die Bezeichnung Hauptstrecke zukommt und welche als Neben- oder kreuzende Strecke, für die während der Überkreuzung die Überkreuzungshöhe einzuhalten ist, zu gelten hat. Sowohl für die Hauptstrecke wie für die Neben- oder kreuzenden Strecken muß zudem noch, um Zusammenstöße des Gegenverkehrs zu vermeiden, während des Fluges nach dem Horizontalsystem im Linienbetrieb geflogen werden. Dabei genügt, da Nah-, Kontinental- und Weltverkehr schon vertikal getrennt sind, innerhalb der Zonen eine einfache Trennung in der Horizontalen, indem mit einem Sicherheitsabstand links und rechts vom Kurs geflogen werden muß.

Die Abb. 72 b_1 und b_2 entsprechen in ihrem vertikalen Aufbau der Abb. 72a. Lediglich die Sicherung gegen Zusammenstöße innerhalb der Haupthöhenstufen weicht ab und ist durch Trennung in der Vertikalen als Richtungsbetrieb durchgeführt. Während in Abb. 72 b_1 für den Richtungsbetrieb getrennt ist nach Richtungen von 0—180° und 180—360° r. w., ist in Abb. 72 b_2 innerhalb der Haupthöhenstufen II, III, IV der Richtungsbetrieb vorgesehen für Richtungen innerhalb je 30° für zusammen 12 Unterstufen. Diese Regelung, daß innerhalb des Nah-, Kon-

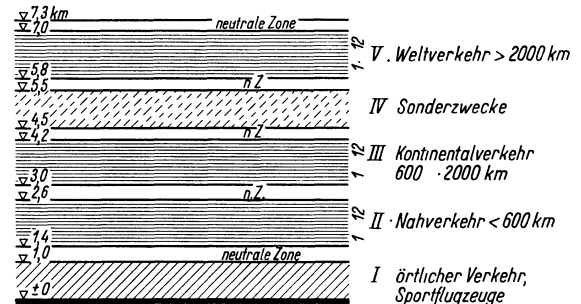
tinental- und Weltverkehrs derart vielfach unterteilt ist, ist schon sehr weitgehend und könnte der größten Verkehrsdichte standhalten. Als Zwischenlösung der Abb. b₁ und b₂ kann auch wie zum Teil im Zusammenhang mit der Abb. 70 erwähnt wurde, in Betracht kommen, alle Haupthöhenstufen je nach der Verkehrsdichte in Unterstufen mit Kursrichtungen innerhalb 30—180° zu unterteilen, oder nur die Zone des Nahverkehrs in Richtungsgruppen von je 30° zu trennen und die Zone des Kontinental- und Weltverkehrs in weniger Unterstufen mit größeren Richtungssektoren zu unterteilen.

Zwischen den Haupthöhenstufen sind neutrale oder Sicherheitszonen eingeschaltet, die einerseits zur Trennung beitragen, andererseits aber von Flugzeugen aufgesucht werden können, die

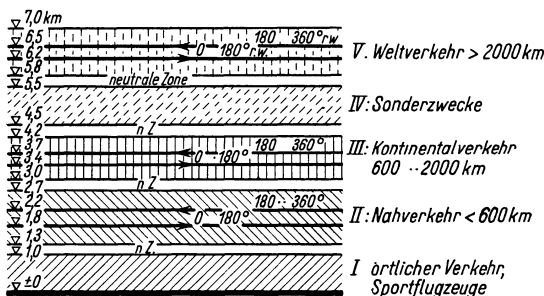
a kombiniertes Vertikal-u. Horizontalsystem
Linienbetrieb in den Haupt- und Überkreuzungshöhen



b₂ kombiniertes Vertikalsystem I
Richtungsbetrieb in den Haupthöhenstufen II, III u V
nach Unterstufen 1-12 für je 30° Kursrichtung



b₁ kombiniertes Vertikalsystem I
Richtungsbetrieb in den Haupthöhenstufen II, III u V
für Flüge von 0° 180° r.w. und von 180° 360° r.w.



c kombiniertes Vertikalsystem II
Richtungsbetrieb in II, III, IV, V
Die Haupthöhenstufen haben Unterstufen 1-12
für Kursrichtungen innerhalb je 30°

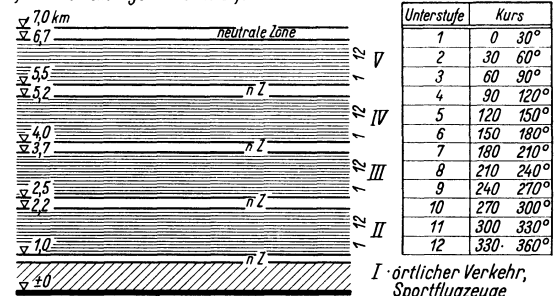


Abb. 72. Kombinierte Zoneneinteilungen.

wegen besonderer Wetterbedingungen oder Ausfall ihres Funkgeräts nicht mehr in der vorgeschriebenen Höhe fliegen können.

Nach den Abb. 72 a und b ergibt sich, sofern eine Zone für Sonderzwecke eingeschaltet wird, für den Kontinentalverkehr der Nachteil, daß Höhenlagen über der 4000 m-Grenze nicht mehr zur Verfügung stehen, die sich für die längeren Flugstrecken des Kontinentalverkehrs noch als günstig erweisen könnten. Es wäre daher in Betracht zu ziehen, den Flugbetrieb über die längeren Flugweiten des Kontinentalverkehrs mit denen des Weltverkehrs zu vereinigen.

In Abweichung von der Abb. 72 b₁ ist eine Möglichkeit, dem Kontinentalverkehr außer der Haupthöhenstufe unter 4000 m auch noch eine solche darüber einzurichten, die in Abb. 72 b₁ eingezeichneten fünf Haupthöhenstufen von 1200—1400 m auf je 1000 m zu verringern, so daß innerhalb der Grenzhöhe von 7 km eine neue Höhenstufe von 1000 m eingeschoben werden kann. Bei der Verminderung der Haupthöhenstufen von 1200 m auf 1000 m muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Verkehrsdichte innerhalb eines Gesamtnetzes es erlaubt, daß nicht 12 Unterstufen

für je 30° Kursrichtung und 100 m Höhe erforderlich sind, sondern daß 2—4 Unterstufen mit Richtungsgruppen innerhalb 180 oder 90° und je 500 oder 250 m Höhe genügen.

Für die Abb. 72 a ist die Einschaltung einer zweiten Kontinentalzone über 4000 m in gleichem Sinn durch Verringerung der Höhen je Hauptzone durchführbar.

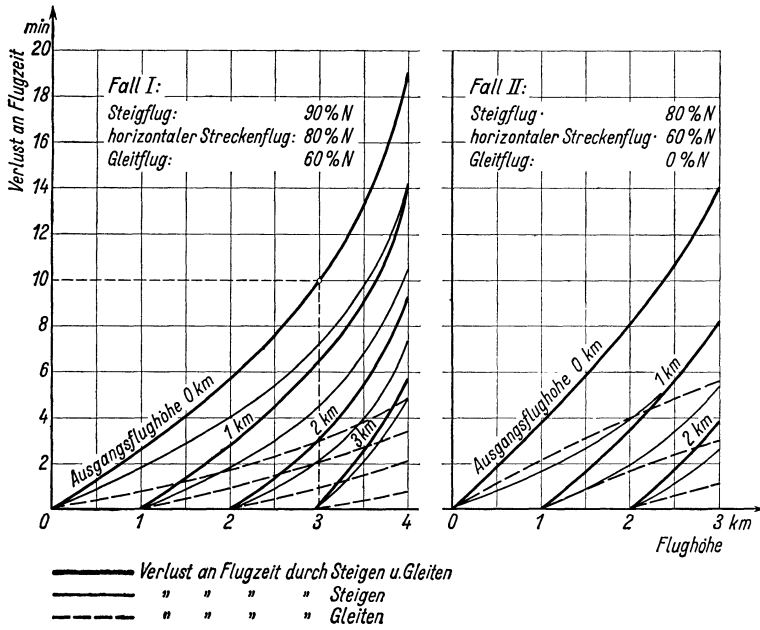
Wie in der Zone unterhalb von rund 1000 m Höhe ein unüberwachter Verkehr stattfinden kann, trifft dasselbe über rd. 7000 m zu. Diese Höhenlage wurde nicht überschritten, da sie im Hinblick auf den praktischen Flugbetrieb des heutigen planmäßigen Verkehrs schon an der obersten Grenze liegt. Mit der Entwicklung der Flugzeuge und der Motoren, die auch in größeren Höhen als 7000 m ein leistungsfähiges und wirtschaftliches Fliegen erlauben, wird es ohne weiteres möglich sein, stufenweise die Flugzonen in der Vertikalen dem technischen Fortschritt anzupassen.

Die Abb. 72 a, b_1 und b_2 hatten als Hauptunterteilung in der Vertikalen die Entfernungen des Nah-, Kontinental- und Weltverkehrs, wobei diese Abstufung sich auf die Tatsache stützte, daß erstens mit größer werdenden Flugweiten die ungünstigen Einflüsse von Steigen und Gleiten geringer werden und daß zweitens die größeren Höhen die günstigsten Motorleistungen bei Flugzeugen mit Höhenmotoren zur Auswirkung kommen lassen. Der Aufbau der Höhenstufen erfolgte demgemäß organisch mit der Verlängerung der Flugweiten vom Nahverkehr zum Kontinental- und Weltverkehr. Bei den Systemen der Abb. 72 a, b_1 und b_2 kann es sich aber ergeben, daß auf Grund einer Großwetterlage von vornherein in einer z. T. dem Kontinentalverkehr zugeordneten Flughöhe Wetterverhältnisse herrschen, die durch Gegenwinde erhebliche Zeitverluste hervorzurufen vermögen. Unter diesen Bedingungen kann es zweckmäßig erscheinen, von Beginn des Fluges ab eine andere als die durch das festliegende Zonensystem zugeteilte Höhe aufzusuchen. Dieser wahlweise Wechsel in der Flughöhe bringt aber eine gewisse Unruhe in das starre Vertikalsystem nach Entfernungen, weshalb es als zweckmäßig erscheinen kann, das in bezug auf die Flugzeuge bewegliche Vertikalsystem nach Kursrichtungen der Abb. 72 c grundsätzlich festzulegen. Die Kursrichtungen liegen dabei innerhalb von Haupthöhenstufen, die vom Beginn des Fluges an frei gewählt werden können. Dieses bewegliche Vertikalsystem nach Abb. 72 c führt auch dazu, daß Höhenwechsel während des Fluges zahlenmäßig weniger stattfinden, weil jeder Wetterlage von vornherein mehr Rechnung getragen werden kann. Zweifellos wird sich, da die Vorteile des Höhenflugs mit der Entfernung wachsen, von selbst ein ähnlich organischer Aufbau der Höhenstufen nach dem Nah-, Kontinental- und Weltverkehr ergeben, was zu einer Verteilung des Flugbetriebs auf die einzelnen Zonen führt. Gleichzeitig kann die Wahl der Flughöhe für günstigste Flugzeit oder günstigsten Betriebsstoffverbrauch Berücksichtigung finden, wie auch die Höhenlage des Fluges in bezug auf die Auswirkung der Gegen- und Rückenwinde vorteilhafter ausgewählt werden kann.

Wie auch für die Höhenstufen II—V der Abb. 72 c eine Unterteilung in weniger als 12 Unterstufen geschehen kann, wurde schon sinngemäß im vorhergehenden erwähnt.

Ein Vorteil des kombinierten Vertikalsystems II nach Abb. 72 c gegenüber dem kombinierten Vertikalsystem I der Abb. 72 b_1 und b_2 kann in bezug auf eine Flugstrecke mit sehr großer Verkehrsdichte noch darin bestehen, daß eine Trennung von Flügen über dieselbe Flugweite in der Vertikalen sich durchführen läßt. Dieser Sonderfall kann es aber auch erfordern, daß für Flüge auf ein und derselben Strecke das Horizontalsystem mit Trennung der Flugwege im Linienbetrieb Anwendung findet.

Bei einer abschließenden Gesamtbetrachtung aller Zoneneinteilungen ergibt sich, daß das bewegliche System der Abb. 72 c mit 2—12 Unterstufen je nach der Verkehrsdichte im Rahmen eines ganzen Luftverkehrsnetzes an den Flugbetrieb sowohl in meteorologischer Beziehung wie in bezug auf die Flugleistungen anpassungsfähiger ist als das starre System der Abb. 72 a, b_1 und b_2 . Von den Flugzeugen A— $G_{Langstr.}$, deren günstigste Flughöhen in bezug auf Flugzeit oder Betriebsstoffverbrauch in den vorhergehenden Abschnitten höhenmäßig festgelegt wurden, werden die Sport- und Reiseflugzeuge A, B und C mit Bodenmotoren bei allen Systemen den Höhenstufen I bis rund 1000 m Höhe zugewiesen. Für die Verkehrsflugzeuge D— $G_{Langstr.}$ hat sich in den vorhergehenden Abschnitten gezeigt, daß es ohne weiteres möglich ist, geeignete Typen für die höhenmäßige Einstufung des Vertikalsystems nach Entfernungen bereitzustellen. Für die Verkehrsflugzeuge D, E, G



Beispiel: Wechselt das Flugzeug B von der Flughöhe 0 km zur Flughöhe 3 km (Fall I) und später wieder zurück, so entsteht durch Steigen + Gleiten ein Zeitverlust von 10 Minuten gegenüber dem Horizontalflug in 0 km.

Abb. 73. Einfluß des Höhenwechsels während des Fluges auf die Flugzeit von Flugzeug B mit Bodenmotor.

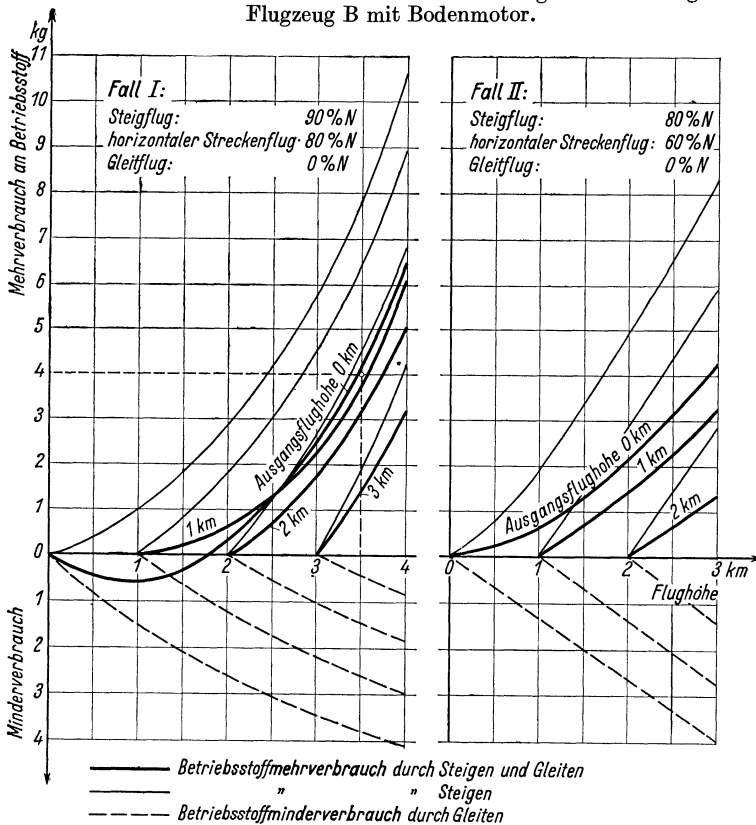
und $G_{Langstr.}$ ließen sich sogar in enger Annäherung an die günstigste Flugzeit und den günstigsten Verbrauch gemeinsam günstige Flughöhen nach Zeit und Verbrauch erkennen, die im Rahmen der zugeordneten Höhenzonen auftreten. Für das Vertikalsystem nach Kursrichtungen lassen sich günstige Flugzeugtypen um so mehr bereitstellen, als die Flugzeuge nicht in dem Maße wie beim Vertikalsystem nach Entfernungen für eine bestimmte Höhenlage nach Zeit und Verbrauch am günstigsten sein müssen.

VI. Einfluß von Höhenwechsel und Wind auf Flugzeit und Betriebsstoffverbrauch.

Zu Beginn des Abschnitts II wurde festgelegt, daß bei den Untersuchungen zunächst angenommen werden kann, daß der Streckenflug in einer gleichbleibenden Höhenlage durchführbar ist und damit ein Höhenwechsel nicht vorgenommen werden muß. Ferner wurde zugrunde gelegt, daß alle Flugleistungen zunächst ohne Einfluß von Wind betrachtet seien. Da es im Rahmen der Untersuchung aber auch von Interesse ist, wie groß der Einfluß des Höhenwechsels und des Windes auf die Flugzeit und den Betriebsstoffverbrauch sein kann, sei dies an Hand einiger Beispiele gezeigt.

1. Höhenwechsel während des Fluges.

Ausgewählt für die Beispiele wurden das Reiseflugzeug B mit Bodenmotor und das Verkehrsflugzeug D mit Höhenmotoren, für die in den Abb. 73—76 die zusätzliche Flugzeit und der zu-



Beispiel: Wechselt das Flugzeug B von der Flughöhe 0 km zur Flughöhe 3,5 km (Fall I) und später wieder zurück, so entsteht durch Steigen + Gleiten ein Betriebsstoffmehrverbrauch von 4 kg gegenüber dem Horizontalflug in 0 km.

Abb. 74. Einfluß des Höhenwechsels während des Fluges auf den Betriebsstoffverbrauch von Flugzeug B mit Bodenmotor.

sätzliche Betriebsstoffverbrauch für Höhenwechsel von verschiedenen Ausgangshöhen angegeben wurden.

Die Bezeichnung Ausgangshöhe an den einzelnen Kurven bedeutet, daß von dieser Grundhöhe aus ein Höhenwechsel vorgenommen wird, der aus Steigen oder Gleiten oder, wenn der Höhenwechsel nur vorübergehend ist, aus Steigen und Gleiten besteht. Eine solche angeschriebene Bezeichnung, z. B. Ausgangshöhe 0 km, im Fall I der Abb. 73 gilt sowohl für die Flugzeitkurven aus Steigen + Gleiten wie auch für die Kurven, die nur das Steigen oder Gleiten betreffen, soweit sie von der Höhe 0 ausgehen. Sinngemäß gilt diese Bezeichnung auch für alle späteren Beispiele. Eine nähere Erklärung geben jeweils noch die Beispiele auf den Abb. 73—76 selbst. Sie können genau wie auf das Steigen + Gleiten auf das Steigen oder Gleiten allein bezogen werden.

Daß sich in den Beispielen in bezug auf den Zeitverlust oder -gewinn bzw. den Mehr- oder Minderverbrauch die Unterschiede zwischen Höhenwechsel und Horizontalflug so verschiedenartig auswirken, hängt zu einem Teil ab von der Art der Flugzeuge und ihrem Triebwerk, in besonderem Maße aber von den Motorleistungen, die dem Steig-, Horizontal- und Gleitflug zugeordnet sind.

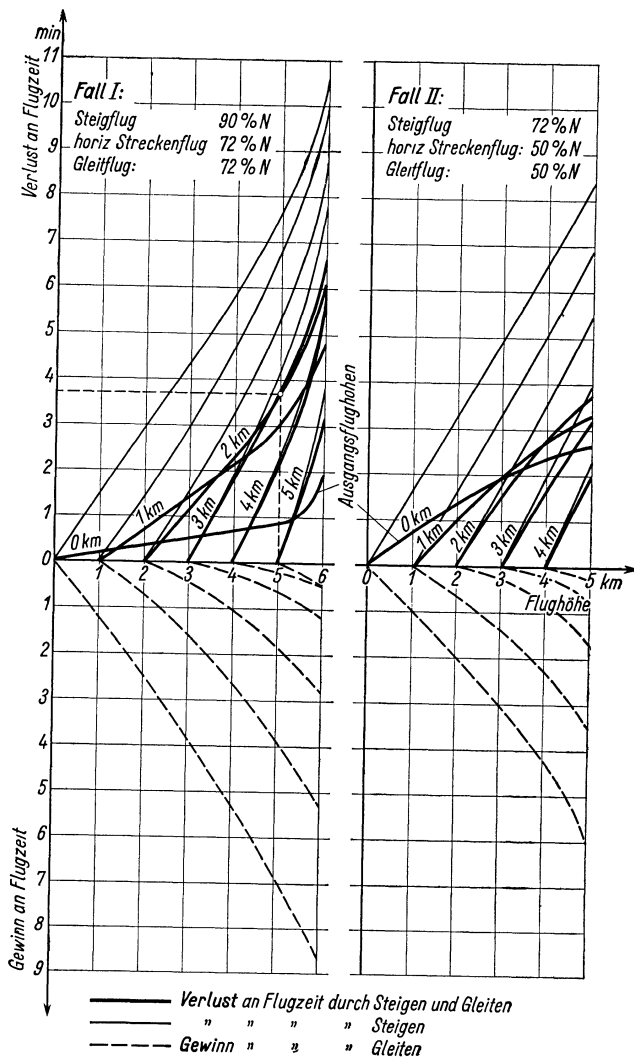
Die Fälle I und II der Abb. 73—76 entsprechen wie die früher zugrunde gelegten Motorleistungen den Angaben der Tab. 3.

Von besonderem Interesse ist die Auswirkung von Zeitgewinn und -verlust, sowie der Mehr- oder Minderverbrauch für verschieden lange Flugstrecken.

Da aus den Abb. 73—76 im einzelnen die Auswirkung von Steigen und Gleiten allein entsprechend Tab. 8 abgeleitet werden kann, wird in der Tabelle nur der aus Steigflug + Gleitflug bestehende Höhenwechsel gegenüber dem Horizontalflug betrachtet.

Bezüglich der Flugzeit zeigt sich aus Tab. 8 für das Reiseflugzeug B, daß im ungünstigsten Fall bei 200 km Flugweite ein Höhenwechsel zwischen 0 und 2 km 13% der Gesamtflugzeit, d. s. 5,6 von 43 min, benötigt. Mit längeren Flugweiten von 600 km werden die Anteile des Höhenwechsels an der Gesamtflugzeit wesentlich kleiner und daher günstiger. Beim Verkehrsflugzeug D ergibt sich bei 600 km Flugweite ein größter Anteil des Höhenwechsels zwischen 2 und 5 km mit 2,8%, d. s. 3,7 von 132 min. Insgesamt ist also der Einfluß eines Höhenwechsels in dem in Tab. 8 angeführten Maße bei größeren Flugweiten nicht bedeutend.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für den Betriebsstoffverbrauch nach Tab. 9. Beim Reiseflugzeug B ergibt sich für 200 km Flugweite und einem Höhenwechsel zwischen 0 und 2 km ein größter

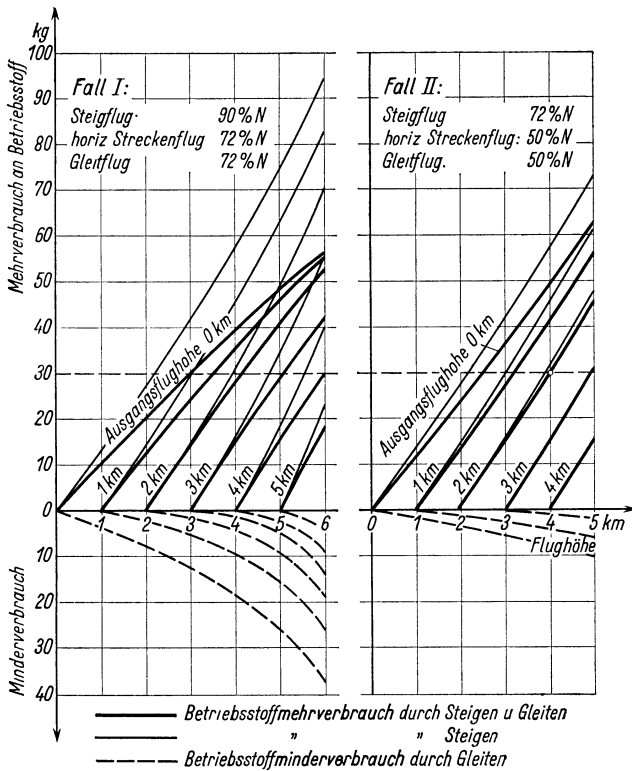


Beispiel: (Fall I) Wechselt das Flugzeug D von der Flughöhe 2 km zur Flughöhe 5 km und später wieder zurück, so entsteht durch Steigen + Gleiten ein Zeitverlust von 3,7 Minuten gegenüber dem Horizontalflug in 2 km.

Abb. 75. Einfluß der Höhenlage während des Fluges auf die Flugzeit von Flugzeug D mit Höhenmotoren.

Anteil von 8,4%, beim Verkehrsflugzeug D ist er für 600 km Flugweite und einem Höhenwechsel zwischen 2 und 5 km mit 5,6% am größten. Demgemäß ist also wie bei der Flugzeit auch für den

Betriebsstoffverbrauch der Einfluß eines Höhenwechsels bei größer werdenden Flugweiten nicht bedeutend.



Beispiel: Wechselt das Flugzeug D von der Flughöhe 2 km zur Flughöhe 4 km (Fall II) und später wieder zurück, so entsteht durch Steigen + Gleiten ein Betriebsstoffmehrerbrauch von 30 kg gegenüber dem Horizontalflug in 2 km.

Abb. 76. Einfluß des Höhenwechsels während des Fluges auf den Betriebsstoffverbrauch von Flugzeug D mit Höhenmotoren.

$s = 5000$ km durch vermehrten Einfluß des Windes ein Zeitverlust von 16 Stunden. Der Zeitgewinn wird sinngemäß beeinflusst. Aus der Abb. 76 läßt sich auch noch folgern, daß die Gegenwinde durch

ihren ungünstigen Einfluß auf die Flugzeiten die Reichweiten beträchtlich verkürzen können.

Um besonders bei Langstreckenflügen die unerwünschten Einflüsse der Winde zu vermeiden und ihre Vorteile auszunutzen, nimmt sich die Luftfahrt die meteorologische Navigation zu Hilfe. Die Großnavigation legt eine Flugstrecke nach Hauptgesichtspunkten, wie sie z. T. aus der Abb. 78 zu entnehmen sind, fest, während die Kleinnavigation an Hand von ein-

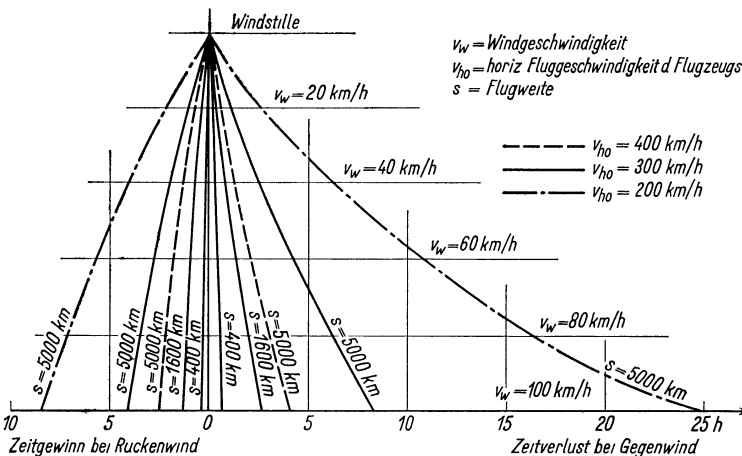


Abb. 77. Einfluß von Gegen- und Rückenwind auf Zeitverlust und Zeitgewinn.

zelnen genauen Windmessungen den genauen Kurs bestimmt.

Zur Abrundung und Vervollständigung des Bildes, das sich durch die in den vorhergehende

Abschnitten dargestellten Kurven in bezug auf die Höhenlage und Richtung des Fluges ergeben hat, werden im Rahmen der Abhandlung auch einige Beispiele über den größenordnungsmäßigen Einfluß des Windes nach Richtung und Stärke angeführt.

Die schematische Abb. 78 ermöglicht, die Umwege, die zur Vermeidung von Gegenwinden geflogen werden müssen, zu erfassen. Während bei einem „Hoch“ oder „Tief“ zwischen einem

Ausgangsflughafen A und einem Zielflughafen B der günstigste Weg durch Ausnutzung des Rückenwindes sich in einfacher Weise ergibt, tritt bei mehreren Hoch- oder Tiefdruckgebieten der zeitlich günstigste Flugweg nicht immer klar zutage. Als Beispiel für zwei Tiefdruckgebiete und ein Hochdruckgebiet enthält die Abb. 78 die günstigste Flugstrecke, die durch

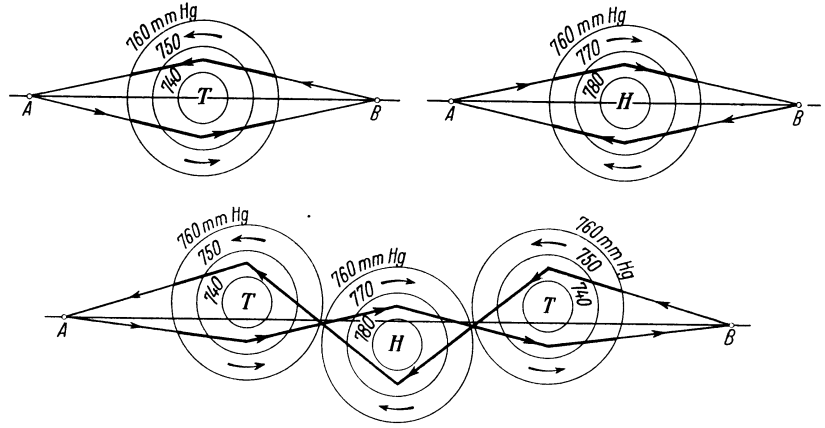


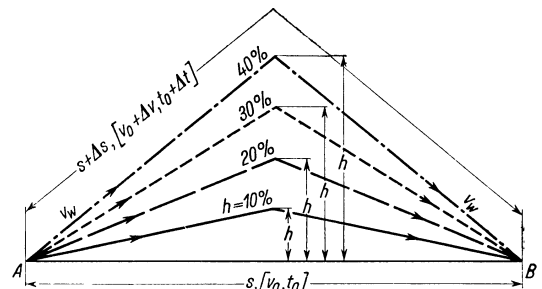
Abb. 78. Einfluß von Hoch- und Tiefdruckgebieten auf die Wahl der Flugstrecke.

ihre Linienführung zeigt, daß, um die Rückenwinde auszunützen, mitunter erhebliche Wegverlängerungen durch Umwege in Kauf genommen werden müssen. Daß die Umwege bei Rückenwind sich aber günstig erweisen können, zeigt später ein Zahlenbeispiel.

Die eingezeichneten Windrichtungen für die Hoch- und Tiefdruckgebiete gelten nur für die nördliche Halbkugel, für die südliche Hälfte sind sie umgekehrt. Die Isobaren, die in der Abb. 78 schematisch als Kreise dargestellt sind, können einen mehr oder weniger günstigen Verlauf in bezug auf eine festzulegende Flugstrecke aufweisen. Da die Windrichtungen annähernd den Isobaren folgen, — die Luftmassen strömen infolge der Erddrehung nicht geradlinig, sondern spiralförmig vom „Hoch“ zum „Tief“ —, ist es für eine günstige Beurteilung der Wetterverhältnisse im Sinne der Großnavigation erforderlich, daß die Isobaren im Zuge der geplanten Flugstrecke liegen. Ein ausgezeichnetes Beispiel für die meteorologische Navigation entsprechend der Abb. 78 zeigen die Fahrtrouten des Zepelinverkehrs nach Nordamerika vom Jahre 1937¹.

Die Beziehung zwischen Wegverlängerung durch Umweg und Rückenwind erläutert die Abb. 79. Die angewandten Abkürzungen sind daselbst erklärt. Die Rückenwinde sollen sich in Anlehnung an die Abb. 78 in der durch Pfeile angegebenen Richtung auswirken. Die Auswertung der Beziehung zwischen Umweg und Rückenwind zeigt die Tab. 10 und Abb. 80.

Damit aus dem Vergleich die Verhältnisse für alle beliebigen Flugweiten ersehen werden können, wurde der durch den Umweg sich ergebende Zeitgewinn oder Verlust Δt in Prozent von t ausgedrückt, wie auch Δs als lineare Funktion von s in Prozent von s und $\Delta v = v_w$ als lineare Funktion von v_0 in Prozent von v_0 angegeben wurde. Auch die Abweichung h bezieht sich als lineare Funktion von s prozentual auf s .



- s = Flugweite
- Δs = Verlängerung der Flugweite = $f(s)$
- $h = f(s)$ = Abweichung, $h = 10, 20, 30, 40 \dots \% s$
- v_0 = Reisegeschwindigkeit des Flugzeugs auf der Strecke s
- $\Delta v = v_w =$ Windgeschwindigkeit = $f(v_0)$, $\Delta v = 10, 20, 30, 40 \dots \% v_0$.
- t_0 = Flugzeit für s bei v_0 .
- Δt = Flugzeit für Δs bei $v_0 + \Delta v$.
- $t = t_0 + \Delta t =$ Gesamtflugzeit.

Abb. 79. Begriffsbestimmung für die Beziehungen zwischen Wegverlängerung durch Umweg und Rückenwind für eine Flugstrecke A—B.

¹ Aus Pirath, Forsch. Erg. des V. I. L., Heft 12, Der Weltluftverkehr S. 16.

Nach Tab. 10 zeigt sich, daß Abweichungen bis 10% nur sehr geringe Wegverlängerungen ergeben, so daß sich durch den Rückenwind Zeitersparnisse erzielen lassen. Bei größeren Abwei-

Tab. 8.
Einfluß des Höhenwechsels auf die Flugzeit beim Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Fall	Flugweite km	Höhenwechsel während des Streckenflugs		Gesamtflugzeit in 0 m Höhe Minuten	Anteil des Höhenwechsels an der Gesamtflugzeit	
		von 0 auf 1 km und zurück Minuten	von 0 auf 2 km und zurück Minuten		von 0 auf 1 km und zurück %	von 0 auf 2 km und zurück %
1	2	3	4	5	6	7
I	200	2,5	5,6	43	5,8	13,0
	600			129	1,9	4,3
II	200	3,7	5,8	47	7,9	12,4
	600			141	2,6	4,1

Einfluß des Höhenwechsels auf die Flugzeit beim Verkehrsflugzeug D mit Höhenmotoren.

Fall	Flugweite km	Höhenwechsel während des Streckenflugs		Gesamtflugzeit in 2000 m Höhe Minuten	Anteil des Höhenwechsels an der Gesamtflugzeit	
		von 2 auf 4 km und zurück Minuten	von 2 auf 5 km und zurück Minuten		von 2 auf 4 km und zurück %	von 2 auf 5 km und zurück %
1	2	3	4	5	6	7
I	600	2,3	3,7	132	1,7	2,8
	1200			264	0,9	1,4
II	600	2,8	3,7	142	2,0	2,6
	1200			282	1,0	1,3

Tab. 9.
Einfluß des Höhenwechsels auf den Betriebsstoffverbrauch beim Reiseflugzeug B mit Bodenmotor.

Fall	Flugweite km	Höhenwechsel während des Streckenflugs		Gesamter Betriebsstoffverbrauch in 0 m Höhe kg	Anteil des Höhenwechsels am Gesamtbetriebsstoffverbrauch ¹	
		von 0 auf 1 km und zurück kg	von 0 auf 2 km und zurück kg		von 0 auf 1 km und zurück %	von 0 auf 2 km und zurück %
1	2	3	4	5	6	7
I	200	-0,6	0,3	31	-1,9	1,0
	600			93	-0,6	0,3
II	200	0,6	2,1	25	2,4	8,4
	600			75	0,8	2,8

Einfluß des Höhenwechsels auf den Betriebsstoffverbrauch beim Verkehrsflugzeug D mit Höhenmotoren.

Fall	Flugweite km	Höhenwechsel während des Streckenflugs		Gesamter Betriebsstoffverbrauch in 2000 m Höhe kg	Anteil des Höhenwechsels am Gesamtbetriebsstoffverbrauch	
		von 2 auf 4 km und zurück kg	von 2 auf 5 km und zurück kg		von 2 auf 4 km und zurück %	von 2 auf 5 km und zurück %
1	2	3	4	5	6	7
I	600	28	41	930	3,0	4,1
	1200			1860	1,5	2,1
II	600	30	45	795	3,8	5,6
	1200			1590	1,9	2,8

chungen mit erheblichen Wegverlängerungen kann jedoch bei schwachen Rückenwinden eine Zeitverkürzung nicht mehr erreicht werden. Nach Abb. 79 beträgt als Beispiel die Zeitersparnis Δt_2

¹ + = Mehrverbrauch an Betriebsstoff.
- = Ersparnis an Betriebsstoff.

bei dem zugehörigen Geschwindigkeitszuwachs Δv_2 und einer seitlichen Abweichung von $h = 15\%$ $\Delta t_2 = 100 - 87 = 13\%$. Bei einer Abweichung von 33% wird dagegen $\Delta t_2 = 0$. Der Verlauf der Kurven zeigt insgesamt, daß bei kleinen Wegverlängerungen die Zeitersparnisse für alle zusätzlichen Rückenwinde Δv_1 bis Δv_4 am größten sind und daß bei großen Wegverlängerungen nur starke Rückenwinde noch Zeitersparnisse bringen können. An Hand der ablesbaren prozentualen Werte lassen sich für alle Flugstrecken sowie Reise- und Windgeschwindigkeiten die tatsächlichen Zeitersparnisse ermitteln. In Anlehnung an obiges Beispiel bei $h = 15\%$ und $v_2 = 20\%$ sei eine beliebige Flugstrecke $s = 600$ km zugrunde gelegt. Nach Tab. 10 wird

$$h = \frac{15}{100} \times 600 = 90 \text{ km (stärkste seitliche Abweichung vom Kurs)}$$

$$\Delta s = \frac{4,5}{100} \times 600 = 27 \text{ km.}$$

Tab. 10. Auswirkung von Rückenwind auf die Wegverlängerung durch Umweg.

$s = 100\%$		$v_0 = 100\%, t_0 = 100\%$			
Abweichung h	Wegverlängerung Δs	Geschwindigkeitszuwachs			
		$\Delta v_1 = 10\%$	$\Delta v_2 = 20\%$	$\Delta v_3 = 30\%$	$\Delta v_4 = 40\%$
		Zeitersparnis (+) oder Zeitverlust (-)			
%	%	Δt_1 %	Δt_2 %	Δt_3 %	Δt_4 %
1	2	3	4	5	6
5	0,5	8,6	16,2	22,7	28,2
10	2,0	7,2	15,0	21,4	27,2
15	4,5	5,0	13,0	19,6	25,3
20	7,7	2,0	10,2	17,2	23
25	11,8	-1,5	7,0	14,2	20,2
30	16,6		2,9	10,3	16,7
40	28,1		-6,8	1,5	8,4
50	41,4			-8,8	-1

Hat das Flugzeug eine Reisegeschwindigkeit von $\Delta v_0 = 250$ km/h, so wird

$$t_0 = \frac{s}{v_0} = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ Stunden. Bei } \Delta v_2 = 20\% \text{ ist die}$$

Zeitersparnis

$$\Delta t_2 = \frac{13}{100} \times 2,4 = 0,3 \text{ Stunden.}$$

Bei kleineren Flugweiten wird die Zeitersparnis geringer werden, doch ist letzten Endes im Hinblick auf die erforderliche Regelmäßigkeit und Pünktlichkeit im planmäßigen Luftverkehr von Bedeutung, besonders wenn auf dem eigentlichen Kurs Gegenwind herrscht, daß trotz des Umfliegens kein Zeitverlust entsteht.

Der Vergleich zwischen Umweg und Rückenwind kann in seiner Art gleichzeitig auch noch für die Beziehung ausgewertet werden, die sich zwischen einem erforderlichen Umweg, der durch Umfliegen einer Gewitterfront notwendig sein kann, und der planmäßig einzuhaltenen Flugzeit für den Direktflug A B nach Abb. 79 ergibt. Als Ausgleich dient in diesem Fall jedoch, wenn Rückenwind nicht vorhanden ist, die Motorleistung. War die planmäßige Flugzeit für eine Reiseleistung für 50—60% N berechnet, so kann die durch den Umweg entstehende Wegverlängerung zeitlich dadurch ausgeglichen werden, daß an Stelle von 50—60% N mit Dauerleistung von 72—80% N je nach Triebwerk geflogen wird. Es ließen sich für die einzelnen Flugzeuge Diagramme aufstellen, an Hand derer die durch die Länge des Umwegs erforderliche erhöhte Fluggeschwindigkeit gegenüber der planmäßigen Reisegeschwindigkeit oder sofort die erforderliche höhere Motorleistung abgelesen werden könnte.

Abschließend läßt sich für die Flugzeuge A—G_{Langstr.} feststellen, daß den Zeitersparnissen, die sich trotz Wegverlängerung durch Rückenwind ergeben, in gleichem Maße eine Ersparnis

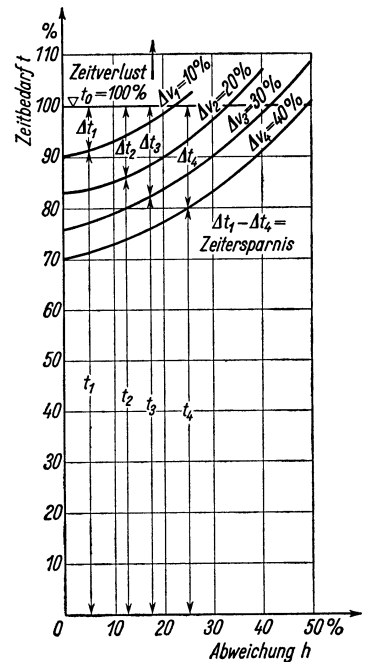


Abb. 80. Zeitbedarf t und Zeitersparnis Δt bei Rückenwind in Abhängigkeit von der Abweichung h .

an Betriebsstoffverbrauch entspricht, da dem Streckenflug immer dieselbe Motorleistung zugrunde gelegt ist. Für den Fall, daß die Flugzeit für den Umweg ohne Rückenwind durch höhere Motorleistung ausgeglichen wird, muß sich jedoch auch ein erhöhter Verbrauch ergeben.

Da im vorliegenden Fall der Einfluß des Windes sich nur auf den Streckenflug bezieht, sei auf eine amerikanische Untersuchung¹ hingewiesen, die auch noch den Einfluß des Windes auf den Steig- und Gleitflug berücksichtigt hat. Die amerikanische Untersuchung befaßt sich jedoch nur mit der Windrichtung, die mit der vorgesehenen Flugrichtung übereinstimmt, also in der Vertikal-ebene der Flugstrecke liegt. Da angenommen wird, daß der Wind in den Höhen unterschiedliche Geschwindigkeiten aufweist, wird untersucht, in welchen Höhen am günstigsten geflogen werden kann. Dabei werden die Steig- und Gleitbahnen nach dem Wind berichtigt und so nach Steig- bzw. Sinkgeschwindigkeit festgelegt, daß sie nach ihrer Neigung zum günstigsten Flug beitragen.

Voraussetzung der Anwendung dieser Methode zur Berücksichtigung des Windes bei Festlegung günstigster Flugbahnen ist die genaue Kenntnis der Flugleistungen des Horizontalfluges, sowie der Steig- und Gleitkurven nach Zeit und Weg, wie sie als Elemente zu Beginn der Abhandlung aufgeführt wurden. Bei einer versuchsweisen Anwendung dieser Methode im planmäßigen Luftverkehr der Vereinigten Staaten von Amerika konnten im Rahmen der planmäßigen Flugzeit Verbesserungen erzielt werden.

VII. Zusammenfassung.

Die Untersuchungen haben in den einzelnen Abschnitten ergeben, wie die Flugleistungen je nach Höhenlage und Richtung sich auf die Leistungsfähigkeit des Fluges auswirken. Trat der Einfluß von Steigen und Gleiten für die langen Flugstrecken mehr und mehr zurück, so war für die Flugweiten mit Streckenlängen unter 5—600 km zu erkennen, daß die Betrachtung allein der horizontalen Fluggeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe nicht genügt, um günstigste Flugbahnen nach Flugzeit und Verbrauch zu bestimmen. Da die Flugstrecken unter 600 km mit 78 % einen überwiegenden Anteil am europäischen Luftverkehr haben, mußte der Einfluß von Steigen und Gleiten nach Zeit und Weg auf die kurzen Flugstrecken im Abschn. I auf breiter Grundlage untersucht werden. Als Ergebnis wurde die Flugweite von rund 600 km ermittelt, von der ab Flüge in größeren Höhen überhaupt erst zeitliche Vorteile bringen. Sollen diese zeitlichen Vorteile jedoch ein wesentliches Ausmaß annehmen, so müssen die Grenzflugweiten für den Höhenflug noch weiter nach oben gerückt werden. Ließen sich für die Flugzeit konstant günstigste Flughöhen finden, in denen von der Grenzflugweite ab immer am günstigsten geflogen werden kann, so ergab sich für den Betriebsstoffverbrauch kein derart regelmäßiges Bild. Dies kam deutlich zum Ausdruck im Abschnitt IV über das Zusammenspiel von Flugzeit und Betriebsstoffverbrauch. Als Ergebnis wurden wohl gemeinsam günstige Flughöhen für Zeit und Verbrauch ermittelt, doch können je nach Flugzeug und Triebwerksausrüstung die Spannen zwischen günstigsten Flughöhen in bezug auf die Flugzeit und derjenigen in bezug auf den Verbrauch so groß werden, daß für den einzelnen Fall entschieden werden muß, ob die geringste Flugzeit oder der geringste Verbrauch mit einer Erhöhung der Reichweite vorzuziehen ist.

Die Einteilung des Luftraums in Flugzonen zur Vermeidung von Zusammenstößen läßt sich, wie Abschn. V zeigte, in einer Weise ermöglichen, die sehr weitgehend einer günstigen Flugzeit und einem günstigsten Verbrauch Rechnung trägt und die auch die Gewähr dafür bietet, daß die Gefahr des Zusammenstoßes auf ein Geringstmaß gebracht ist.

Daß durch den Flug in größeren Höhen mit Zeit- und Betriebsstoffersparnis die Zonen für die längeren Flugstrecken über die Grenzhöhe von 4000 m reichen, verlangt besondere Einrichtungen zum Schutz von Besatzung und Reisenden. Als eine solche Einrichtung hat sich die Schaffung von Druckkabinen ergeben. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Ausstattung der Flugzeuge mit Druckkabinen nicht nur auf die Zonen über 4000 m sich günstig auswirkt, sondern daß auch für die darunterliegenden Flughöhen sich dadurch Vorteile ergeben können, daß

¹ Rookkefeller: Optimum Flight Path in Air Transport Operation. J. Aeronautic. Scienc., S. 114—119. Mai 1935.

ohne Störung der Behaglichkeit beim Reisen die Sinkgeschwindigkeit erhöht und eine erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr erzielt werden kann.

In bezug auf die Wirtschaftlichkeit des Fluges hat sich wohl eine Verringerung des Betriebsstoffverbrauchs in den größeren Flughöhen ergeben, jedoch ist es notwendig, daß Untersuchungen darüber, wie sich die Erhöhung des Fluggewichts durch Einrichtung von Druckkabinen auf die zahlende Nutzlast auswirken kann, noch angestellt werden. Allerdings ist in bezug auf die Ausrüstung der Flugzeuge mit Druckkabinen festzustellen, daß ausreichende Unterlagen, wie sie dem planmäßigen Verkehr entsprechen, in geeigneter Weise bis jetzt noch nicht vorhanden sind.

Insgesamt hat die Untersuchung ergeben, daß der Höhenflug die Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs in bedeutendem Maße steigert und zu einer Verbesserung der Sicherheit gegen Zusammenstoßgefahr durch Zoneneinteilung die Möglichkeit bietet. Damit würde ein wichtiges Problem des Streckenflugs, das mit zunehmender Flug- und Netzdicke im Luftverkehr immer brennender wird, einer günstigen Lösung zugeführt werden können.

Literaturübersicht für alle drei Abhandlungen.

Bücher.

- Gesammelte Vorträge der Hauptversammlung der Lienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung. Berlin 1937 und 1938.
 Handbuch der Luftfahrt. Jg. 1937/38. München-Berlin 1937.
 Institut für Konjunkturforschung, Berlin. Wochenbericht Nr. 43/1938 und Nr. 28/1939.
 Jane's All the Worlds' Aircraft, Jg. 1929, 1930, 1934—38. London.
 Junkers-Ratgeber, Dessau 1937.
 Pirath: Die Grundlagen der Verkehrswirtschaft. Berlin 1934.
 — Der Weltluftverkehr. Forsch.-Erg. V.I.L. Heft 12. Berlin 1938.
 — Flughäfen, Entwicklungslage und Flugsicherung. Forsch.-Erg. V.I.L. Heft 13. Berlin 1939.
 Pittner: Erschließung nordischer Wirtschaftsräume mit Hilfe der Luftfahrt. Horn/Niederdonau 1939.
 Schimkat: Vergleichende Untersuchung von Nordatlantik-Verkehrsflugbooten bei Schleuder- und Eigenstart. Dissertation T. H. Stuttgart 1939.
 Schneider: Flugzeugtypenbuch. Jg. 1937/38. Leipzig 1937.
 Schnell: Luftfahrtmedizin. Berlin 1935.
 Schubert: Physiologie des Menschen im Flugzeug. Berlin 1935.
 Verwaltungsberichte der Deutschen Reichspost. Berlin 1927, 1937, 1938.
 Voitaux: La Navigation Aérienne Transatlantique. Paris 1930.
 Wagenführ: Die Luftfahrtindustrie der Anderen. Hamburg 1939.

Zeitschriften.

- Aeroplane, The, London 1937 und 1938.
 Air Commerce Bulletin, Washington 1939.
 Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Berlin 1938.
 Aviation, New York 1928.
 Draht und Aether, Berlin 1937.
 Inter Avia, Genf 1938 und 1939.
 Journal of the Aeronautical Sciences, Easton/Pa. 1935—1938.
 Luftfahrtschrifttum des Auslandes, Berlin 1936—1938.
 Luftwissen, Berlin 1937—1939.
 Nachrichten für Luftfahrer, Berlin 1938.
 Schweizer Aero-Revue, Bern 1938.
 Shell Aviation News, London 1938—1939.
 Verkehrstechnische Woche, Berlin 1937.
 Flughafen, Berlin 1937—1938.
 Der Deutsche Sportflieger, Berlin 1938.
 Sonstiges: Werksangaben.

Übersicht über die bisher erschienenen Forschungshefte des Instituts.

- Heft 1: Die Probleme und das Verkehrsbedürfnis im Luftverkehr.** Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 35 Seiten, 12 Abbildungen, 7 Tabellen. Lex.-8°. 1929. Geheftet RM 2.70
Inhalt: Die Luftfahrt und die Verkehrsprobleme der Gegenwart. Verkehrsströme im Luftverkehr.
- Heft 2: Gestaltung des Weltluftverkehrsnetzes und seiner Flughafenanlagen.** 75 Seiten, 42 Abbildungen, 5 Tabellen. Lex.-8°. 1930. Geheftet RM 4.50
Inhalt: Die Gestaltung des Weltluftverkehrsnetzes nach wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gesichtspunkten. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Die Verkehrsflughäfen als Betriebszellen des Weltluftverkehrsnetzes. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Die betriebswirtschaftlichen Grundlagen für die Anlage und Ausgestaltung von Verkehrsflughäfen. Von Dr.-Ing. Richard Brandt.
- Heft 3: Grundlagen und Stand der Wirtschaftlichkeit im Luftverkehr.** 91 Seiten, 9 Abbildungen, 31 Tabellen. Lex.-8°. 1930. Geheftet RM 4.50
Inhalt: Der Stand der Luftverkehrswirtschaft. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Die vom Standpunkt des Verkehrs an den Bau von Flugzeugen zu stellenden Forderungen. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Die Selbstkosten im Luftverkehr. Von Regierungsbaumeister Max Jacobshagen. Preisbildung und Subvention im Luftverkehr. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Der wirtschaftliche Wert von Ersparnissen am Flugzeugleergewicht. Von Dr.-Ing. Fritz Wertenson.
- Heft 4: Die Luftverkehrswirtschaft in Europa und in den Vereinigten Staaten von Amerika.** Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 105 Seiten, 45 Abb., 35 Tab. Lex.-8°. 1931. Geheftet RM 8.—
Inhalt: Luftverkehrspolitik und Stand des Weltluftverkehrs. Die Luftfahrtwirtschaft der Vereinigten Staaten von Amerika. Die Flughäfen in den Vereinigten Staaten von Amerika in Ausgestaltung und Betrieb.
- Heft 5: Die Hochstraßen des Weltluftverkehrs.** Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 47 Seiten, 5 Abbildungen, 27 Tabellen. Lex.-8°. 1932. Geheftet RM 3.20
Inhalt: Ein Gegenwartsproblem des Weltluftverkehrs. Verkehrsaufkommen im transkontinentalen und transozeanen Luftverkehr in den verschiedenen Verkehrsbeziehungen. Betriebstechnischer Einsatz des Flugzeuges oder Luftschiffs in Abhängigkeit von a) der betriebstechnischen Reichweite, b) der Zeitersparnis, c) dem Verkehrsaufkommen. Wirtschaftlicher Einsatz des Flugzeugs oder Luftschiffs in Abhängigkeit von den Selbstkosten der Beförderung. Deckung der Selbstkosten durch Beförderungspreise. Schlußfolgerungen.
- Heft 6: Die Grundlagen der Flugsicherung.** 116 Seiten, 27 Abb. Lex.-8°. 1933. Geheftet RM 7.—
Inhalt: Die Probleme der Flugsicherung. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Die Flugsicherung im europäischen Luftverkehr. Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. Friedr. Wilh. Petzel. Die Flugsicherung in den Vereinigten Staaten von Amerika. Von Dr.-Ing. Edgar Rössger.
- Heft 7: Der private Luftverkehr.** 73 Seiten, 21 Abbildungen. Lex.-8°. 1934. Geheftet RM 4.50
Inhalt: Die Entwicklungsgrundlagen des privaten Luftverkehrs. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Betriebs- und verkehrswirtschaftliche Untersuchung des Sport- und privaten Reiseflugs. Von Dr.-Ing. Helmut Kübler.
- Heft 8: Der Schnellverkehr in der Luft und seine Stellung im neuzeitlichen Verkehrswesen.** 73 Seiten, 31 Abbildungen. Lex.-8°. 1935. Geheftet RM 4.80
Inhalt: Die allgemeinen Grundlagen des Schnellverkehrs in der Luft. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. Betriebs- und verkehrswirtschaftliche Untersuchungen über den Schnellverkehr in der Luft. Von Dr.-Ing. Herbert Zöllner.
- Heft 9: Konjunktur und Luftverkehr.** Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 58 Seiten, 32 Abbildungen. Lex.-8°. 1935. Geheftet RM 4.50
Inhalt: Einführung. Das Bild der wirtschaftlichen Entwicklung in den Jahren 1927—1933. Die Verkehrswirtschaft in den Jahren 1927—1933. Die technische, betriebliche und organisatorische Entwicklung des Luftverkehrs in den Jahren 1927—1933. Die Verkehrsleistungen im Luftverkehr in den Jahren 1927—1933. Die Wirtschaftlichkeit im Luftverkehr in den Jahren 1927—1933. Schlußfolgerungen.

Heft 10: Der Nachtluftverkehr, Grundlagen und Wirkungsbereich. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 65 Seiten, 31 Abbildungen. Lex.-8°. 1936. Geheftet RM 4.50

Inhalt: Einführung. Der verkehrstechnische Begriff des Tag- und Nachtverkehrs. Die zeitliche und räumliche Verteilung von Tag und Nacht. Die Fortschrittsgeschwindigkeit des Wechsels zwischen Tag und Nacht. Das Vorsprungsmaß im Tag-Nachtluftverkehr gegenüber dem reinen Tagluftverkehr. Das Vorsprungsmaß des Tagluftverkehrs gegenüber den Erdverkehrsmitteln in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung und der Reisegeschwindigkeit. Die Grenze des Reiseantritts oder der Auflieferungszeit des Verkehrsguts. Die Verkehrsbedürfnisse für den Nachtluftverkehr. Der Grundplan des Nachtluftverkehrsnetzes für Europa. Die technischen und betrieblichen Voraussetzungen für den Nachtverkehr der verschiedenen Verkehrsmittel. Die Wirtschaftlichkeit des Nachtluftverkehrs. Schlußfolgerungen.

Heft 11: Flughäfen. Raumlage, Betrieb und Gestaltung. 79 Seiten, 42 Abb. Lex.-8°. 1937. Geheftet RM 6.60

Inhalt: Die Flughäfen im Raumsystem der Luftverkehrsnetze. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath: Die allgemeine Bedeutung der Flughäfen für den Luftverkehr. Die räumliche Verteilung der Flughäfen. Der Verkehrs- und Betriebswert der Flughäfen. Lage und Beziehungen der Flughäfen zum Luftraum. Die Wirtschaftlichkeit der Flughäfen. Schlußfolgerungen. — Die Ausgestaltung der Flughäfen in Abhängigkeit von den Flug- und Abfertigungsvorgängen. Von Dr.-Ing. Karl Gerlach: Einführung. Die Bewegungsvorgänge im Flughafennahbezirk. Die Bewegungsführung der Flugzeuge auf den Flächen des Flughafens und ihr Einfluß auf dessen Gestaltung. Abwicklung der verschiedenen Abfertigungsarbeiten auf einem Verkehrsflughafen. Die Ausgestaltung des Abfertigungsgebäudes. Die Verkehrsflughäfen als Faktoren der Leistungsfähigkeit im Luftverkehr. Zusammenfassung.

Heft 12: Der Weltluftverkehr. Elemente des Aufbaus. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath. 80 Seiten, 36 Abb. Lex.-8°. 1938. Geheftet RM 8.—

Inhalt: Einführung. Die Interessenzonen im Weltluftverkehr. Die verkehrswirtschaftliche Charakteristik der verschiedenen Interessenzonen. Die Betriebscharakteristik der verschiedenen Interessenzonen. Das heutige Weltluftverkehrsnetz und seine technische Ausgestaltung. Die Betriebsorganisation des Weltluftverkehrs. Die Verkehrsleistungen im Weltluftverkehr. Die Wirtschaftlichkeit im Weltluftverkehr. Die Zusammenarbeit zwischen Luftverkehr und Übereeschiffahrt. Schlußfolgerungen.

Heft 13: Flughäfen. Entwicklungslage und Flugsicherung. 88 Seiten. Mit 72 Abbildungen im Text. Lex. 8°. 1939. Geheftet RM 9.60; z. Zt. nicht lieferbar.

Inhalt: Die Entwicklungslage im Flughafenwesen. Von Prof. Dr.-Ing. Carl Pirath, Stuttgart: Einführung. Die Wandlungen der betrieblichen Anforderungen auf Flughäfen. Die Wandlungen in der technischen Gestaltung und Ausstattung der Flughäfen zur Verbesserung der Sicherheit und Leistungsfähigkeit im Luftverkehr. Die Wandlungen in der Wirtschaftlichkeit der Flughäfen. Schlußfolgerungen. — Die flugsicherungstechnischen Einrichtungen des Schlechtwetterlandedienstes und ihre Bedeutung für Bodenorganisation und Luftverkehr. Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. Hans-Joachim Zetzmann: Einführung. Die flugsicherungstechnischen Einrichtungen und ihr Einfluß auf die Gestaltung der Schlechtwetterlandebahn (Begriffsbestimmungen). Der Einfluß sonstiger Faktoren auf die Gestaltung der Schlechtwetterlandebahn. Die Gestaltung des Flughafenbetriebsgebäudes auf Grund der flugsicherungstechnischen und allgemeinen fernmeldetechnischen Aufgaben. Die Bedeutung der flugsicherungstechnischen Einrichtungen des Schlechtwetterlandedienstes für die Abwicklung des Luftverkehrs bei Schlechtwetterlagen. Zusammenfassung und Schluß.

Die Hefte 1—6 sind erschienen bei R. Oldenbourg/München und Berlin. — Heft 7—10 sind erschienen bei Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H. Leipzig C 1. — Heft 11 und folgende erscheinen im Verlag von Julius Springer / Berlin.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung!