

Luftfahrzeugbau und -Führung

Hand- und Lehrbücher des Gesamtgebietes

In selbständigen Bänden unter Mitwirkung von

R. Basenach †, Ingenieur, Berlin. **A. Baumann**, Ingenieur, Professor für Luftfahrt, Flugtechnik und Kraftfahrzeugbau an der Techn. Hochschule Stuttgart. **P. Béjeuhr**, Ingenieur, Assistent der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen. **Dr. A. Berson**, Professor, Berlin. **Dr. G. von dem Borne**, Professor für Luftfahrt an der Techn. Hochschule Breslau. **Dr. F. Brähler**, Chemiker, Assistent a. d. Kgl. Militärtechn. Akademie Berlin. **G. Christians**, Dipl.-Ingenieur, Rheinau-Baden. **R. Clouth**, Fabrikbesitzer, Paris-Neuilly. **Dr. M. Dieckmann**, i. Assistent am Physik. Institut der Techn. Hochschule München. **Dr. H. Eckener**, Friedrichshafen a. B. **Dr. Flemming**, Stabsarzt a. d. Kaiser-Wilhelms-Akademie Berlin. **R. Gradenwitz**, Ingenieur, Fabrikbesitzer, Berlin. **J. Hofmann**, Preußischer Regierungsbaumeister, Kaiserlicher Reg.-Rat a. D., Genf. **Dr. W. Kutta**, Professor a. d. Techn. Hochschule Aachen. **Dr. F. Linke**, Dozent für Meteorologie u. Geophysik am Physik. Verein u. d. Akademie Frankfurt a. M. **Dr. A. Marcuse**, Professor an der Universität Berlin. **Dr. A. Meyer**, Assessor, Frankfurt a. M. **St. v. Nieber**, Exzellenz, Generalleutnant z. D., Berlin. **Dr. ing. E. Roch**, Dipl.-Ingenieur, Berlin. **E. Rumpler**, Ingenieur, Direktor, Berlin. **O. Winkler**, Oberingenieur, Berlin u. a.

herausgegeben von

Georg Paul Neumann

Hauptmann a. D.

VIII. Band



München und Berlin

Verlag von R. Oldenbourg

1912

Bau und Betrieb von Prall-Luftschiffen

von

Richard Basenach †

Ingenieur in Berlin

II. Teil:

**Allgemeine Darstellung des Entwurfs und
der Konstruktion**

Mit 80 Textabbildungen



München und Berlin
Verlag von R. Oldenbourg
1912

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten

Copyright 1912 by F. B. Auffahrt, Frankfurt a. M.

Vorwort.

Der nunmehr erscheinende 2. Teil von „Bau und Betrieb von Prall-Luftschiffen“ bildet mit seinem Anfangskapitel in der Hauptsache die folgerichtige Fortsetzung der am Schlusse des bereits vorliegenden 1. Teiles aufgenommenen allgemeinen Betrachtungen der Luftwiderstandsvorgänge, an dem in Bewegung befindlichen Luftschiff-Tragkörper.

Hieran schliesst sich die Ermittlung der Hubkraft und die Bestimmung der für die ganze Konstruktion so wichtigen Hauptpunkte des Tragkörpers, des Auftriebs- oder Verdrängungsmittelpunktes und des Tragkörperschwerpunktes. In ziemlich eingehender Weise sind fernerhin die unter den Einflüssen des Gasdruckes und der Belastung während des Betriebes in der Hülle entstehenden Stoffspannungen berücksichtigt worden. Der Vorausbestimmung und Besprechung des Betriebsdruckes sind die Ausführungen in Abschnitt X gewidmet, während in den Abschnitten XI und XII die zur Aufrechterhaltung dieses Betriebsdruckes erforderliche Druckhaltungs- oder Ballonetanlage, ihre Berechnung, Wirkungsweise und konstruktive Ausgestaltung ausführlich dargelegt ist.

Es kann nicht geleugnet werden, dass die Zahl der auf dem Gebiete des Prall-Luftschiffbaues konstruktiv tätigen, oder finanziell interessierten Kräfte bisher nur eine ziemlich beschränkte ist und in Anbetracht der dort vorwaltenden Verhält-

nisse voraussichtlich auch nicht stark anwachsen wird, während das für das Luftschiff als solches bestehende Allgemeininteresse als rege und weit verbreitet bezeichnet werden muss.

So wendet sich denn auch das vorliegende Bändchen nicht nur ausschliesslich an den Fachmann allein, sondern erblickt neben den darin niedergelegten Anleitungen und Anregungen fachlicher Art, vor allem auch seine Hauptaufgabe in der möglichst eingehenden und weiten Verbreitung der zum Verständnis für das neugeschaffene Fahrzeug wünschenswerten Kenntnisse, ohne weitgehende Voraussetzungen zu stellen an die mathematisch-technische Vorbildung des Lesers.

Möge es daher trotz seines bescheidenen Rahmens in diesem Sinne voll zur Wirkung gelangen und seinen Zweck erfüllen.

Berlin-Zehlendorf im April 1912.

R. Basenach.

Inhalt.

	Seite
Abschnitt VII. Form- und Reibungswiderstände an Tragkörpermodellen	1
Die besten Tragkörperformen	1
Der Fahrwiderstand des Luftschiffes	15
Abschnitt VIII. Die Konstruktion der Tragkörperform	17
Die Hubkraft ellipsoidaler Tragkörper	20
Das Gewicht der Hülle	21
Das Gewicht der Luftsäcke (Ballonets)	25
Der Verdrängungsmittelpunkt und der Tragkörperschwerpunkt	28
Die Bestimmung der Gondellage in horizontaler Richtung	33
Abschnitt IX. Der Tragkörper und seine Hüllenspannungen	35
Der unbelastete zylindrische Tragkörper	35
Der belastete Tragkörper	38
Anormale Betriebsbeanspruchungen der Hülle	46
Abschnitt X. Der Innendruck und seine Vorausbestimmung	50
Die Bruchsicherheit der Hülle	50
Das Grundsätzliche der Lastübertragung	50
Die Verteilung des Gasdruckes im Hüllenraum	72
Abschnitt XI. Anlage zur Aufrechterhaltung des Innendruckes	75
Die Druckhaltungsanlage (Ballonetanlage)	75
Allgemeine Anordnung	75
Die Wirkungsweise und Berechnung der Druckhaltungsanlage	82
Das Gebläse, seine Berechnung und Konstruktion	88
Abschnitt XII. Einzelanordnung und konstruktive Ausgestaltung der Druckhaltungsanlage	93
a) Die Luftsäcke	93
b) Die Luftleitungen	105
c) Die Luftventile	109
d) Das Gebläse	114

Abschnitt VII.

Form- und Reibungswiderstände an Tragkörpermodellen.

Die besten Tragkörperformen.

Einer der ersten, der sich in fruchtbringender Weise mit der experimentellen Widerstandsbestimmung von Tragkörpermodellen befasste, war bekanntlich Renard, der Erbauer des ersten erfolgreichen Prall-Luftschiffes. Er liess beschwerte Holz- und Ebonitmodelle in ruhendes Wasser fallen und beobachtete die Tiefe ihres Eindringens. Auf diese Weise gelangte er schliesslich zu einer recht brauchbaren Tragkörperform, deren Erzeugende er sich theoretisch zusammengesetzt dachte aus Parabelbogen und die er praktisch verwertete bei seinem Luftschiff „La France.“

Bessere und wertvollere Aufschlüsse jedoch hinsichtlich der Formung von Tragkörpern geben die von Prof. Prandtl geleiteten Versuche der Modellversuchsanstalt in Göttingen zur Ermittlung der in strömender Luft sich einstellenden Widerstände an Tragkörpermodellen¹⁾. Die Versuchsanstalt arbeitete bei dieser Gelegenheit ein Verfahren aus zur Ermittlung des Formwiderstandes, auf Grund dessen sich eine Trennung von

¹⁾ Vergl. auch „Jahrbuch der Motorluftschiff-Studiengesellschaft“ Bd. IV. 1910—1911. S. 43, Bericht über die Tätigkeit der Göttinger Modellversuchsanstalt v. Prof. Prandtl, sowie ferner in Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, 1910, S. 61, 73, 157 und 1911, Heft 13.

Form- und Reibungswiderstand und die zur Erreichung eines Mindestmasses von Gesamtwiderstand erforderliche Bemessung dieser Widerstände durchführen liesse.

Das Verfahren stützt sich auf die bereits angeführte Ermittlung der, durch die strömende Luft auf der Oberfläche des Tragkörpermodells bewirkten Druckunterschiede. Zu diesem Zweck wurden zunächst kupferne Tragkörpermodelle hergestellt und in der in Abbildung 1 gezeichneten Weise, längs zweier gegenüberliegender Meridianlinien mit zahlreichen feinen Bohrungen versehen, die zur Messung der an diesen Stellen herrschenden Drucke dienen.

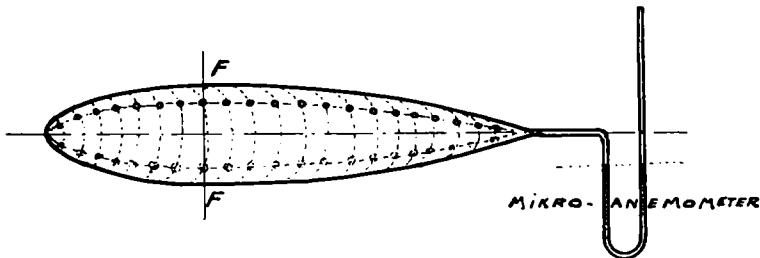


Abb. 1.

Durch Verkleben sämtlicher Bohrungen, bis auf die an der zu messenden Stelle befindlichen, stellte man bei angestelltem Luftstrom im Inneren dieser Modelle Drucke her, die übereinstimmten mit den an den offenen Bohrungen auftretenden Oberflächendruck. Ein mit dem Hohlraum des Versuchskörpers verbundenes Mikroanemometer gestattete dann die Ablesung der gemessenen Drucke. Auf diese Weise gelangte man schliesslich durch abwechselndes Öffnen und Schliessen der angeordneten Bohrungen, unter Ausführung der entsprechenden Druckmessungen zur Kenntnis der über das ganze Modell hinweg herrschenden Druckverteilung.

Aus dieser Druckverteilung lässt sich dann sowohl der Druckwiderstand, wie auch der Saugwiderstand und damit die Grösse des Formwiderstandes als die Resultante sämtlicher Druck- und Saugkräfte berechnen. Interessant ist fernerhin bei diesen Versuchen, dass auch die Gestalt der Versuchsmodelle rechnerisch ermittelt

werden konnte durch ein Verfahren, das auf die Ermittlung der Strömungsverhältnisse und insbesondere auch auf die der Druckverteilung hinauslief, unter Annahme einer reibungslosen Flüssigkeit, wobei es sich zeigte, dass die hydrodynamisch berechneten Widerstände dieser Modelle mit den gemessenen ziemlich gut übereinstimmten.

Zieht man von dem, durch direkte Messung am Modell praktisch ermittelten Gesamtwiderstand den berechneten Formwiderstand ab, so erhält man den Reibungswiderstand des Modells.

Der von Prof. Prandtl beschriebenen Versuchsanordnung entsprechend, waren die Versuchsmodelle in einem Luftkanal aufgehängt und standen durch die Drähte und Hebel der Aufhängung mit Wagen in Verbindung, welche es gestatteten, die durch den Luftstrom erzeugten Widerstände zu ermitteln. Der quadratische Querschnitt des Kanals betrug 2×2 m und die Geschwindigkeit des ihn durchziehenden, gleichmässigen und in der Mitte auch wirbelfreien Luftstromes konnte bis auf 10 m/sec gesteigert werden. Zu den Versuchen wurden Modelle benützt mit zylinderförmigen Mittelteil und verschiedenartigen Bug- und Heckzuspitzungen, wie sie bei den Luftschiffen von Zeppelin, Parseval und denen des Luftschifferbataillons etc. verwandt worden sind. Fernerhin wurden auch Formen untersucht, deren Längsschnitt oder Meridianlinie eine von vorn nach hinten durchlaufende, verschiedenartig gekrümmte Kurve war.

Von diesen Formen besaßen die letzterwähnten die geringeren, die Formen mit dem zylinderförmigem Mittelteil dagegen die grösseren Gesamtwiderstände und dies wohl aus dem Grunde, weil sie statt der zylindrischen Mittelstücke sanfte und allmähliche Querschnittsübergänge besitzen. All zu rasch vor sich gehende Querschnittsänderungen heben die sanfte Leitung der an- und abströmenden Luftmassen auf und vergrössern den Widerstand. Sie sind daher, soweit tunlich, zu vermeiden. Die nach den beiden Enden hin auftretenden Querschnittsverjüngungen, auf die Einheit der Längsachse bezogen, sind bei zweckmässig geformten Tragkörpern nach vorn hin grösser wie nach hinten.

In der Abbildung 2 sind die Modellformen dargestellt, welche sich bei den Messungen als die günstigsten erwiesen haben.

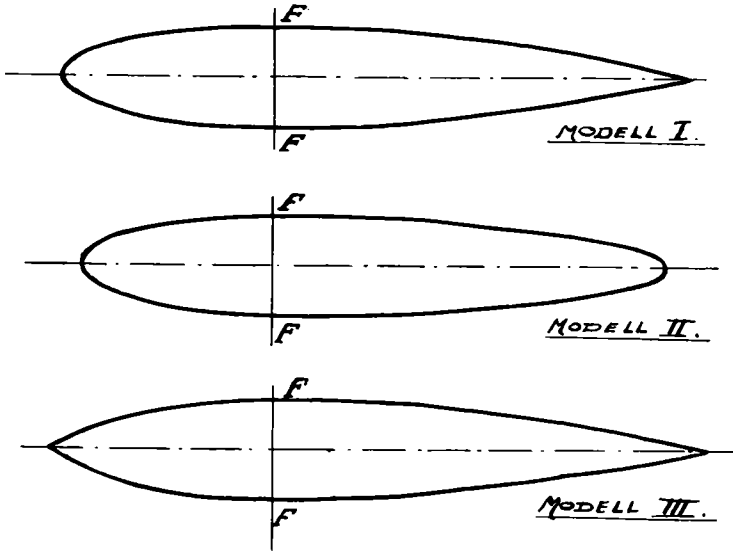


Abb. 2.

Modell I stellt von den abgebildeten drei Formen, hinsichtlich des Gesamtwiderstandes die günstigste Form vor, dann folgen die Modelle II und III als die weniger günstigen.

Wurden die Modelle im Versuchskanal umgedreht und mit dem hinteren Ende voraus dem Luftstrom ausgesetzt, so erhöhten sich ihre Widerstände, den Angaben zufolge, bis zum 1,9fachen der in der ursprünglichen Anordnung gemessenen Widerstände.

Dementsprechend muss, wie bereits angedeutet, geschlossen werden, dass der grösste Querschnitt auf jeden Fall nicht hinter sondern vor der Mitte der Längsachse des Tragkörpers anzuordnen ist. In den Modellen I bis III befindet sich der Hauptquerschnitt ungefähr am Ende des ersten Drittels der Längsachse.

Andere Forscher sind hinsichtlich der besten Anordnung des Hauptquerschnittes zu Formen gelangt, die von den besprochenen etwas abweichen. Thomson hält zwar eine, der als Modell I bezeichneten ähnliche Form für die beste, verlegt aber den Hauptquerschnitt in derselben etwas weiter nach rückwärts, in ungefähr 0,45 der Gesamtlänge von vorn gemessen. Abbildung 3. Demgegenüber erklären Andere, Formen mit

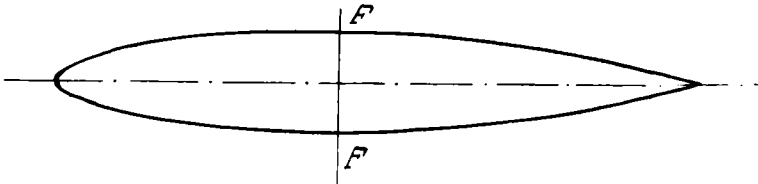


Abb. 3.

weit nach vorn gezogenem Hauptquerschnitt für die besten. Abbildung 4.

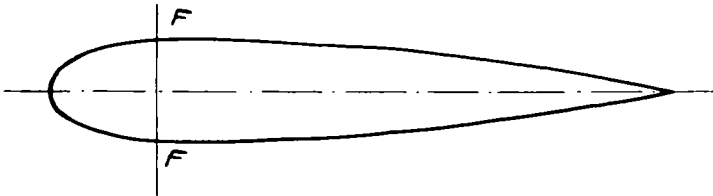


Abb. 4.

Nach den von Bairstow beschriebenen Versuchen des englischen „National Physical Laboratory“¹⁾, welche mit kleinen Tragkörpermodellen von 1 Zoll (25,4 mm) Hauptdurchmesser und ungefähr 6 Zoll Länge, bei sehr geringen Stromgeschwindigkeiten (1,78 Zoll/sec) im Wasserkanal der Anstalt vorgenommen wurden, ergaben die in Abbildung 5, I÷V dargestellten Formen sehr geringe Widerstände.

Die abgebildeten Erzeugenden sind, mit Ausnahme der äussersten Endzuspitzungen, gezeichnet nach der Gleichung

¹⁾ Vergl. Technical Report of the Advisory Committee for Aeronautics, for the year 1910—1911. Published by His Majesty's Stationary Office, London 1911.