



# ZUR GESCHICHTE DES FLUGZEUGS

BÜCHER FÜR DEN SCHÜLER

GÜNTER MEYER

# Zur Geschichte des Flugzeugs

KLASSEN 8 BIS 12



---

VOLK UND WISSEN

VOLKSEIGENER VERLAG BERLIN

1967

Lizenz-Nr. 203 · 1000/67 (E) ES 9 F

Umschlag und Illustrationen: Rudolf Schultz-Debowski, Berlin

Technische Illustrationen:

Günter Meyer, Berlin, Rudolf Peschel, Brieselang

Typografische Gestaltung: Atelier Volk und Wissen Berlin

Gesetzt aus der Garamond

Satz und Druck: (13) Berliner Druckerei, Werk II

Bestell-Nr. 02 18 09-1 · 1,80



## 1. Erste Gedanken über das Fliegen

*Ein heißer Sommer herrschte in Griechenland. Die Strahlen der Sonne versengten die Bergbänge, und selbst in den Eichenwäldern und Lorbeerhainen war es fast unerträglich vor Wärme. Mensch und Tier suchten den Schatten und das Wasser.*

*Im Hofe eines prunkvollen Hauses in der Hafenstadt von Athen, in Piräus, saßen zu dieser Zeit – viele Jahre vor der Zeitenwende – zwei Männer in der Kleidung der freien Bürger bei einem ernsten Gespräch. Der Brunnen in dem von einem Rundgang umgebenen viereckigen Hofe spendete eine angenehme Kühle, und die beiden Gesprächspartner erwogen im Schatten des Hauses ein wichtiges Problem.*

*„Siebst du, Freund“, begann der eine der beiden Männer, dem man an seinem Benehmen ansah, daß er der Gast des Hauses war, mit seinem Gespräch, „die Welt, die uns umgibt, ist sie nicht allgegenwärtig? Wobin wir blicken, wobin wir rei-*

sen, überall begegnen wir den gleichen natürlichen Dingen, so wie wir sie von unserer Kindheit an zu sehen gewohnt sind. Überall Bäume, Gräser, Vögel, Steine und Fische. Wir Menschen aber sind es, die aus diesen Dingen mit Hilfe unserer Sklaven die zum Leben notwendigen und nützlichen Waren erzeugen, ohne die unser Leben gar nicht denkbar wäre.“

Bedächtig hörte der Hausherr den Worten seines Gastes zu. Aber er schien nicht ganz dessen Meinung zu teilen.

„Gewiß, so mag es scheinen, aber vergiß nicht, daß es unsere Götter sind, die dafür sorgen, daß es so ist, wie du es schilderst“, erwiderte er seinem Gast.

„O ja, unsere Götter! Sie sind es, die über uns walten. Und ihr Element ist der Himmel, der sich über uns ausspannt, der überall hinreicht. Dort wo die Erde aufhört zu grünen am Ufer, dort beginnt das Meer, und dort, wo das Meer aufhört zu wogen, dort ist noch immer der Himmel, der Sitz der Götter. Doch was ist der Himmel? Ist er ein leerer Raum, zufällig von Wolken erfüllt und dann wieder endlos blau, so wie heute hier über uns?“

Nur unseren Göttern ist es möglich, in dieser Bläue zu leben; schneller als der Gedanke durchheilen sie den Raum und vermögen so die Geschicke aller zu lenken.“

Der Gast des griechischen Kaufmannes fügte hinzu: „Mit Flügeln durchmessen die Götter den Himmel. Auf feurigen Rossen und mit Wagen jagen sie dahin. Kein Mensch kann zu ihnen dringen, aber die Götter können vom Himmel herab zu den Menschen kommen, Gutes oder Schlechtes mit sich bringend. So herrschen die Götter über uns, und wir sind ihnen gegenüber klein und ihrer Macht untertan.“

Solche Gespräche mögen nicht selten unter den Gelehrten im Altertum geführt worden sein. Dabei stellte man sich vor, wie mit primitiven Mitteln die Götter mit Hilfe der Flugkunst Zeit und Raum überbrücken konnten. Ihren Niederschlag fanden diese Betrachtungen in den Sagen fast aller Völker. Ob in Asien, Europa, Afrika, Amerika, ob im Norden oder Süden unseres Erdballes, überall treffen wir solche beflügelte, gefiederte, fliegende Sagengestalten. Fliegen können erschien den Menschen bereits im Altertum als ein großer Vorteil gegenüber der erdegebundenen Fortbewegungsweise. So ist das Streben der Menschen nach der Vervollkommnung ihrer Fortbewegungsmöglichkeiten eine verständliche Erscheinung.

Es ist jedoch äußerst schwierig, die Abgrenzung zwischen dem sagenhaft Unglaubwürdigen und der Überlieferung tatsächlicher Vorgänge zu finden. Dazu muß man ein wenig die Bedingungen kennenlernen, unter denen die Menschen früher (Freie und Sklaven) lebten.

Die körperliche Arbeit und der Umgang mit Handwerkszeug und Werkstoffen kam im Zeitalter der Sklaverei den Arbeitssklaven zu. Die Freien beschäftigten sich mit Handelsgeschäften, weltanschaulichen und naturwissenschaftlichen Betrachtungen und mit der Politik.

Auf Grund der wenig entwickelten Produktionsinstrumente, der Werkzeuge, Geräte und Meßgeräte, konnten aber die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse der Menschen nur einen bescheidenen Umfang einnehmen. Im wesentlichen waren es die einfachen Gesetzmäßigkeiten der Mechanik, die in diesem Zeitabschnitt erkannt und technisch angewendet wurden.

Experimente über das Fliegen konnten zur damaligen Zeit noch nicht ausgeführt werden.

Durch einfache Naturbetrachtungen erkannte man damals das Fliegen als eine Eigenschaft der Vögel und Insekten, die Ursache sah man im Federkleid, allenfalls in den Flügeln der Flugierte. Da es mit damaligen Mitteln nicht möglich war, solche Flügel in entsprechender Größe und Form nachzubauen, begnügte man sich mit dem Beschreiben von Flugversuchen nach dem Vogelvorbild.

Aus Griechenland stammt die Sage von Dädalus und Ikarus, aus Nordeuropa die Sage von Wieland, dem Schmied. In beiden Sagen wird das Vogelkleid als Mittel zum Fliegen betrachtet.

Es fehlten also außer irgendwelchen praktischen Ergebnissen auch alle Vorstellungen über die notwendige Größe der Tragflügel und den zu erwartenden Auftrieb, es fehlte noch die Erkenntnis, daß die menschliche Muskelkraft zu gering ist, um damit fliegen zu können.

Die menschliche Gesellschaft der Sklaverei hatte somit keinen Anteil an der Verwirklichung des Fliegens.



## 2. Nachahmung des Vogelfluges

*Zur Zeit der napoleonischen Herrschaft über Europa war das System der Nachrichtenübermittlung noch ein mehr oder weniger zufällig funktionierendes. Botengänger überbrachten Neuigkeiten von Stadt zu Stadt, aber meist phantasievoll entstellt. Briefe und Zeitungen waren dagegen zwar wesentlich wahrheitsnäher in ihrer Berichterstattung, aber diese gab es nur selten und unregelmäßig.*

*In Ulm an der Donau, der süddeutschen Stadt mit den eng aneinandergestellten Bürgerhäuschen und dem hoch aufragenden Münster, hörte eines Tages, es mag um 1808 gewesen sein, der Schneidermeister Ludwig Berblinger (1770 bis 1829), daß in Wien ein Uhrmacher mit künstlichen Flügeln geflogen sein sollte.*

*Als er die Nachricht über die Flugexperimente des Wiener Uhrmachers hörte, faßte er den Entschluß, ebenfalls fliegen zu*

wollen. Nach vielen Bemühungen gelangte Berblinger 1809 beim Stadtarchivar in den Besitz einer Nummer der Wiener Zeitung „Die elegante Welt“, in der der Flugapparat abgebildet war.

Nun gab es für Ludwig Berblinger nur noch ein, wenn auch vorläufig noch von ihm geheimgehaltenes Ziel: Er wollte zeigen, daß er, der Berblinger, wirklich fliegen kann.

In der Schenke und in den Werkstätten suchte er von den Stellmachern und den Korbmachern soviel und so gut wie möglich zu erfahren, wie man ein leichtes Flügelgestell anfertigen könne. Seine Erfahrungen im Schneiderhandwerk nutzte er, um aus rotem und weißem Leinenstoff die Bespannung der Flügel und für sich ein weithin leuchtendes Flugkleid aus Stoff von den gleichen Farben zu nähen. Innerhalb von zwei Jahren – sein Handwerk vernachlässigte er immer mehr, und es gab deshalb mehrfach Bestrebungen, ihn aus seiner Zunft auszuschließen – baute er sich einen Flugapparat. Als dann bekannt wurde, daß am 30. Mai 1811 der Landesherr, König Friedrich, in Ulm weilen würde, gab Berblinger vor dem Rat der Stadt kund, er werde an diesem Tage von der Adlerbastei, einem hohen Felsen vor der Stadt, über die Donau fliegen.

Tatsache war, daß Berblinger reges Interesse für alle Flugversuche aufbrachte, die zu seiner Zeit unternommen wurden. Tatsache ist aber auch, daß er in der Enge seiner Stadt, unter den Bedingungen der Zunftbräuche, wo jegliche Betätigung in einer anderen Weise als im erlernten Zunft Handwerk als verboten galt, keine Versuche mit seinem Flugapparat jemals hätte ausführen können, wenn er nicht seine Existenzgrundlage, sein Schneiderhandwerk, aufs Spiel setzen wollte. Für die damaligen Bedingungen gab es nur eine Möglichkeit, sich mit dem Fliegen zu beschäftigen: Heimlich das Gerät bauen und zur Belustigung irgendeiner erlauchten Majestät vor deren Augen fliegen zu wollen. Gelang das Experiment, dann konnte er eventuell auf eine geringfügige Unterstützung rechnen, und die Zunftgenossen würden seine unziemliche Betätigung nicht weiter abnden. Gelang das Experiment nicht, dann hatte er aus freien Stücken versucht, den Landesherrn für die Belange sei-

ner Stadt auf originelle Weise zu interessieren, und er brauchte wahrscheinlich ebenfalls nicht mit einer Zunftstrafe zu rechnen.

Am Tage des Königsbesuches war auf der Adlerbastei ein hohes Gerüst aufgebaut, gegenüber nahm der Landesherr mit seinem Gefolge Platz. Die ganze Umgebung war auf den Beinen, und mit Musik wurde der prächtig geschmückte Berblinger mitsamt seinen Flügeln zur Adlerbastei geführt. Die Sensation erreichte ihren Höhepunkt, als Berblinger nach einigen prüfenden Bewegungen die Flügel . . . wieder zusammenklappte und nicht fliegen wollte! Er hatte ganz einfach Angst.

Der König soll wie ein gutmütiger Schwabe darüber gelacht und dem Berblinger zwanzig Goldstücke geschenkt haben und dann abgereist sein.

Berblinger, ehrgeizig wie er war, versuchte am nächsten Tag vor der wiederum versammelten Menschenmenge erneut den Flug. Er sprang von der Bastei, doch die Flügel trugen ihn nicht. Er verlor das Gleichgewicht, fiel in die Donau, wurde herausgefischt, ausgelacht und schließlich aus der Zunft ausgeschlossen. Jahre später starb Berblinger einsam und verschuldet im Armenhaus.

---

Das Schicksal Berblingers entspricht dem der vielen anderen, die im Mittelalter und noch später zu fliegen versuchten. Mangelhafte technische Voraussetzungen und das Fehlen wissenschaftlicher Grundkenntnisse sowie die geringen Möglichkeiten des wissenschaftlichen Experimentierens machten es während der Epoche des Feudalismus unmöglich zu fliegen.

Einer der wenigen, die sich mit dem Fliegen unter günstigeren Voraussetzungen beschäftigten, war Leonardo da Vinci (1452 bis 1519). Er lebte in Italien, wo damals infolge des sich ausbreitenden Handelswesens und der damit verbundenen Anhäufung von Waren, Geld und dem Wissen um die Kenntnisse und geistigen Leistungen vieler Kulturländer verschiedene Handelsstädte zu großem Reichtum und zu einer gewissen Unabhängigkeit von der römischen Kirche gelangten. Aus diesen Gründen kam es dort gleichzeitig zu einer Belebung wissenschaftlicher Tätigkeit. Leonardo da Vinci z. B. unter-

suchte das Verhalten der Vögel beim Fliegen. Seine Beobachtungen hielt er schriftlich fest. Obwohl auch er sich wie viele andere noch von dem für einzig richtig gehaltenen Prinzip des Schwingenfluges mit Muskelkraft leiten ließ, sind seine Naturstudien und seine Entwürfe von Schwingenflugapparaten außerordentlich beachtenswert.

Erst lange Zeit nach Leonardo da Vinci wies der italienische Gelehrte Giovanni Alphonso Borelli um 1680 nach, daß die menschliche Muskelkraft nicht ausreicht, um wie ein Vogel mit künstlichen Flügeln fliegen zu können.

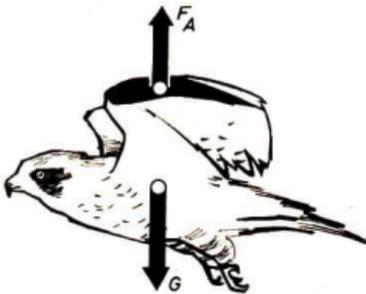


Bild 1

Zum Fliegen muß an dem Flugapparat eine Kraft angreifen, die mindestens genauso groß ist, aber in entgegengesetzter Richtung wirkt wie das Gewicht  $G$  des Flugapparates. Bei Luftfahrzeugen, die leichter als die von ihnen verdrängte Luftmasse sind (Freiballon, Luftschiff), ist es die statische Auftriebskraft (s. S. 23), bei allen anderen Luftfahrzeugen (Flugzeug, Hubschrauber) ist es eine Komponente dieser Kraft, die dynamische Auftriebskraft<sup>1</sup> (s. S. 54), die infolge komplizierter Bewegungsgesetze zustande kommt.

Der mathematische Ausdruck für die Bedingung des Fliegens in horizontaler Richtung lautet:

$$F_A - G = 0$$

Zur Zeit Borellis glaubte man noch, beim Schwingenflug käme die Auftriebskraft dadurch zustande, daß der Vogel mit seinen Flügeln die Luft nach unten drückt und sich dabei nach oben stoßen könne. Diese Annahme (sie wird bereits dadurch als falsch erkennbar, daß ein Vogel

<sup>1</sup> Die dynamische Auftriebskraft wird an solchen Stellen, wo dynamische Vorgänge wie das Fliegen beschrieben werden, kurz nur Auftriebskraft  $F_A$  genannt.

auch mit rubig ausgespannten Flügeln im Segelflug fliegen kann) konnte erst dann wissenschaftlich widerlegt werden, als es möglich war, die Dichte und Masse der Luft zu ermitteln und nachdem Isaac Newton um 1687 die drei Grundgesetze der Mechanik veröffentlichte. Eins dieser Grundgesetze, das Gesetz vom Gegenwirkungsprinzip, sagt, daß der Impuls ( $m_L \cdot v_L$ ) der durch den Flügelschlag bewegten Luftmasse gleich ist mit dem Impuls ( $m_V \cdot v_V$ ) der Masse des zu bebenden Vogelkörpers, wenn der Vogel sich auf gleicher Höhe halten will. Der mathematische Ausdruck hierfür lautet:

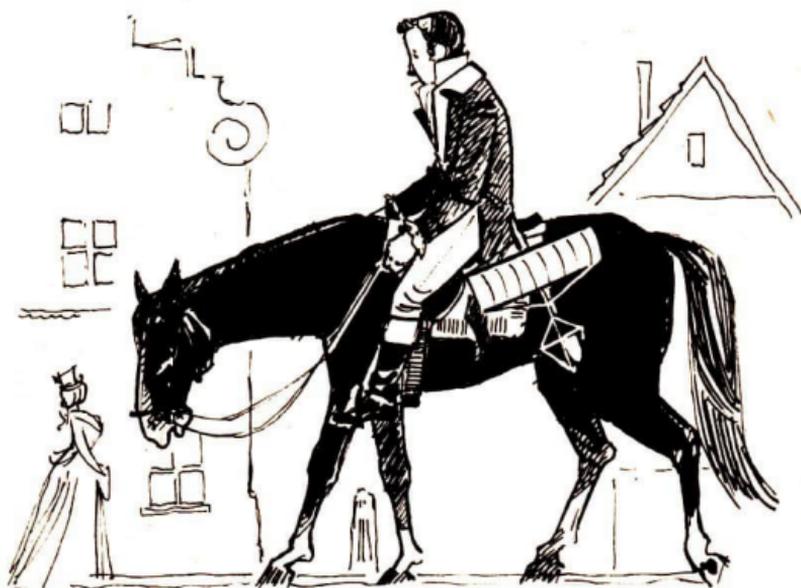
$$\Sigma I = m_V \cdot v_V + m_L \cdot v_L$$

$$\Sigma I = 0$$

Da die vom Vogelflügel erfaßbare Luftmasse infolge der geringen Flügelabmessungen und des Ausweichens der Luft beim Flügelschlag und infolge der geringen Luftdichte nur einen Bruchteil der Masse des Vogels ausmacht, müßte zum Beispiel eine Silbermöwe mindestens fünfzehn- bis zwanzigmal so viele Flügelschläge je Sekunde ausführen, als ihr dies möglich ist, wenn nach dem beschriebenen Prinzip eine ausreichend große Auftriebskraft zustande kommen soll. Demzufolge ist die Ursache der Auftriebskraft (siehe hierzu S. 53) auch am Vogelflügel nicht in der Auf- und Abwärtsbewegung der Flügel zu suchen.

Durch die Schlagbewegung der Flügel bringt der Vogel sozusagen ruderdnd eine Vorwärtsbewegung zustande.

Trotzdem gab es noch jahrhundertlang infolge der Unwissenheit breiter Kreise der Bevölkerung und selbst unter den Gelehrten Bemühungen, mit Hilfe von Schwingenflugapparaten zu fliegen. Dabei wurden nicht die geringsten Erfolge erzielt, und die Entwicklung eines flugfähigen Apparates nach dem Prinzip des Ruderfluges der Vögel übte keinen fördernden Einfluß auf das Flugwesen aus. Auch die später unternommenen Versuche, den Ruderflug der Vögel mit motorgetriebenen Schwingenflugzeugen nachzuahmen und dabei zu wesentlichen neuen Erkenntnissen zu gelangen, sind fehlgeschlagen.



### 3. Die ersten Flugzeuge werden gebaut

*Im Sommer des Jahres 1804 ritt ein junger Herr durch die Hauptstraße der englischen Stadt Brompton in der Grafschaft Yorkshire hinaus auf die Chaussee. Der Reiter war Sir George Cayley, ein Wissenschaftler, der sich viel mit der Mathematik, beschäftigt hatte. Man grüßte ihn höflich von allen Seiten und musterte verstohlen das große Bündel, das hinter ihm am Sattel schaukelte. Sollte sich der Herr Cayley etwa wieder einmal etwas ausgedacht haben, was man zwar nicht verstand, aber einen doch neugierig machte?*

*Im Jahre 1799 hatte er bereits einmal niedergeschrieben, daß eine schräg angestellte Fläche, ausgerüstet mit einem Vortriebsmechanismus, das wahre Prinzip der Luftfahrt sei. Damit verurteilte er bereits damals alle Flugversuche, die nach der Art des Ruderfluges der Vögel unternommen wurden. Aber noch mußte er beweisen, daß er recht hatte.*

An einem Rundlaufgerät hatte Cayley bereits die hebende Luftkraft an einer schräg angestellten Fläche nachgewiesen (siehe Bild 2, Seite 15).

Bald lenkte Herr Cayley sein Pferd von der Landstraße zu einem nahe gelegenen Hügel. Oben angekommen, stieg er aus dem Sattel und öffnete das Bündel. Er brachte daraus einen kreuzförmigen Gegenstand mit ausgebreiteten Schwingen hervor, der etwa einem segelnden Vogel glich. Es war das von Sir George Cayley in langen Monaten entwickelte und gebaute Modell eines Fluggerätes, ein Flugmodell. Mehrmals lief Herr Cayley damit gegen den Wind, so wie es auch die auffliegenden Vögel tun, bis er es dann bei einem neuerlichen Anlauf losließ. Und tatsächlich, das Modell fiel nicht etwa wie ein geworfener Stein zu Boden, sondern es schwebte in einem kurzen Gleitflug hangabwärts.

---

Wie kam es um 1804 zu diesem ersten Erfolg auf dem Gebiete der Luftfahrt?

Während viele Erfinder sich abmühten, mit einer für den Vogelflug typischen Flügelbewegung das Fliegen zu meistern, versuchten andere, den segelnden Vogel oder den ruhig im Winde stehenden Drachen zum Vorbild ihrer Flugversuche zu machen.

Im 17. und 18. Jahrhundert sammelten verschiedene Gelehrte wissenschaftliche Erkenntnisse über den Luftwiderstand (Mariotte – Luftdruck, Huygens – Luftwiderstand, Bernoulli – Summe aller Drücke in strömenden Medien, Paucton – Luftschraube), die auch für die Flugexperimente wichtig waren.

Der Schweizer Mathematiker Daniel Bernoulli (1700 bis 1782) erkannte um 1738 eine wichtige physikalische Gesetzmäßigkeit zum Ermitteln der Auftriebskraft an umströmten Tragflügeln. Seine Erkenntnisse gewann er beim Berechnen von Schiffsrümpfen. Bernoulli entdeckte den Zusammenhang zwischen Druck  $p$  und Strömungsgeschwindigkeit  $v$ . In einer Gleichung geschrieben sehen seine Erkenntnisse so aus:

$$p_1 + q_1 = p_2 + q_2$$

*In dieser Gleichung, angewendet auf einen umströmten Tragflügel, ist  $p$  der statische Druck der Luft und  $q$  der dynamische Druck oder Staudruck. Wenn man berücksichtigt, daß  $q$  von der Dichte  $\rho$  der Luft und von der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  abhängt, dann kann man schreiben:*

$$p_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2}$$

Zu dieser Zeit, also etwa zu Beginn des 19. Jahrhunderts, waren in England die günstigsten Voraussetzungen für die Entwicklung der Technik vorhanden. Mit den Dampfmaschinen von Newcomen, Smeaton und Watt war der Bergbauindustrie die unbedingt erforderliche Hilfe im Kampf gegen das Grubenwasser gegeben worden. Die Erfindung verschiedener Maschinen übte nachhaltigen Einfluß auf die Erweiterung der Produktion in der Leichtindustrie, im Maschinenbau und vor allem auch auf den Handel mit seinen vielfältigen Transportproblemen aus.

Zu dieser Zeit beschäftigten sich an vielen Orten Techniker, Ingenieure und auch bereits einige Wissenschaftler mit der Verbesserung der Dampfmaschine und ihrer Einführung in verschiedene Gebiete der Industrie. Um diese Zeit wurden schon Eisenbahnen, Dampfschiffe, Dampfpumpen, Pressen und Hämmer und andere große Arbeitsmaschinen gebaut und eingesetzt.

Zu diesen Leistungen kommen die bereits genannten wissenschaftlichen Erkenntnisse, so daß eine Reihe von günstigen Voraussetzungen für erfolgreiche Flugexperimente vorhanden war.

Der Engländer Sir George Cayley (1773 bis 1857) war der erste, der die Ergebnisse der Wissenschaft, die Möglichkeiten der Technik sowie bereits bekannte Projekte der „Flugzeug-erfinder“ sorgfältig studierte.

Cayley baute mehrere flugfähige Flugmodelle und gab diesen Modellen die Urform des heutigen Flugzeugs mit Rumpf, Leitwerk und V-förmiger Tragfläche.

Im Jahre 1809 berichtete Cayley von seinen Flugversuchen mit einem Flugmodell von 30 m<sup>2</sup> tragender Fläche:

„Wunderbar, diesen edlen weißen Vogel zu sehen, wie er allein durch sein eigenes Gewicht von der Spitze des Hügels in einem Winkel von etwa 18 Grad zum Horizont in die Ebene segelt, und zwar zu irgendeinem bestimmten Punkt, je nachdem sein Steuer gesetzt war.“

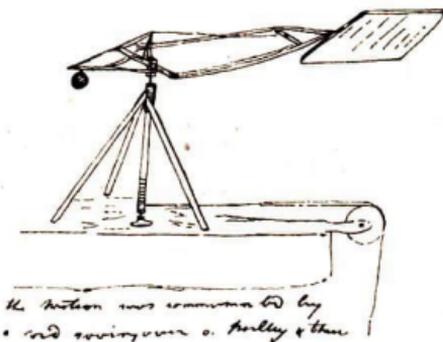


Bild 2 Rundlaufgerät  
nach einer Skizze von Cayley

Der Rundlauf ist ein Gerät, mit dessen Hilfe schon früher Wissenschaftler bestimmte Bewegungsvorgänge studierten. Er besteht aus einem Hebel, der horizontal und vertikal drehbar so gelagert ist, daß an dem einen Ende, weit von der Drehachse entfernt, ein Untersuchungskörper angebracht werden kann, während auf der gegenüberliegenden Seite ein anderer Körper den Gewichtsausgleich herstellt. Durch einen Schnurzug wird der Rundlauf in Drehung versetzt. Der Prüfkörper kreist auf einer geschlossenen Bahn und kann leicht von einem Ort aus während seiner Bewegung beobachtet werden.

So rekonstruierten bereits früher die Wissenschaftler bestimmte Vorgänge bei der Bewegung eines Körpers in Wasser oder Luft, ohne die störenden Einflüsse von zufälligen Ungleichmäßigkeiten beim Experiment im Freien (Wind, Böen, Wasserwirbel, Wellen usw.) in Kauf nehmen zu müssen.

Der Rundlauf bzw. das Prinzip desselben wird auch heute noch an Forschungsinstituten angewendet. Schiffbauversuchsanstalten benutzen solche Rundläufe, um Aufschluß über Strömungs- und andere Bewegungserscheinungen an und um Schiffskörper zu ermitteln.

Aerodynamische Forschungszentren, in denen das Verhalten von Körpern in Luft- oder anderen Gasströmungen untersucht wird, benutzen das Prinzip in der Form von Windkanälen (s. S. 36). Bei diesen steht allerdings das Untersuchungsobjekt still, und die Luft wird in einer kreisähnlichen Bahn in einem Rohr herumgeführt.

Sir George Cayleys Verdienst ist es, die in England um 1800 gegebenen Möglichkeiten genutzt zu haben, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse seiner Zeit bewußt auf ein noch unerforschtes Gebiet anzuwenden. Er schloß diese Arbeiten ab, als er erkannte, daß Flugapparate für einen Luftverkehr mit einer starken Antriebsmaschine zum Fortbewegen durch die Luft ausgerüstet sein müssen. Die Methode des Segelfluges der Vögel erwies sich für ein Fliegen ohne Höhenverlust als ungeeignet. Eine solche Antriebsmaschine gab es damals nicht, denn die Dampfmaschine konnte den Anforderungen an ein Flugzeugtriebwerk (geringe Masse, gleichmäßig schneller Lauf, geringe Abmessungen, leichte Bedienbarkeit) nicht genügen. Theoretisch war jedoch das Flugzeug damit als Verkehrsmittel für den Personen- und Gütertransport erfunden.

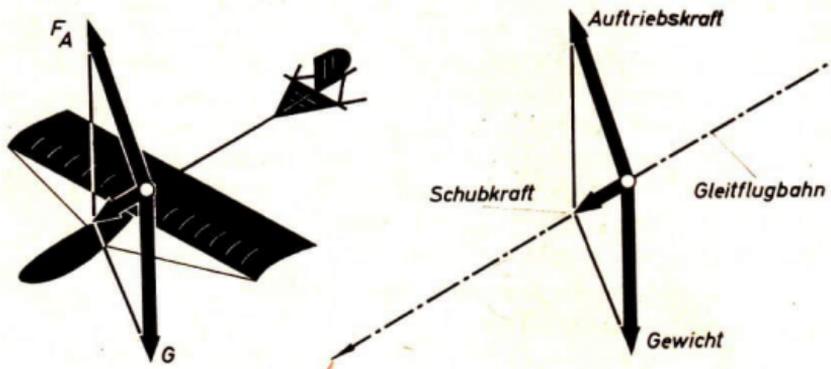


Bild 3 Flugmodell von Sir G. Cayley und Kräftespiel beim Gleitflug

Der Gleitflug eines Vogels, eines Flugmodells oder eines Flugzeuges, kurz eines Flugkörpers, kommt durch das Zusammenwirken der beiden Kräfte Auftriebskraft  $F_A$  und Gewicht  $G$  zustande.

Wenn sich der Flugkörper auf der angegebenen Gleitflugbahn befindet, dann ergeben die beiden genannten Kräfte – die Auftriebskraft wirkt immer rechtwinklig zur Bewegungsrichtung – eine resultierende Kraft, die in Bewegungsrichtung als Schubkraft  $F_s$  wirkt. Bei dieser Flugbewegung auf einer nach unten geneigten Bahn wird die in dem Flugkörper gespeicherte potentielle Energie (Flughöhe und Gewicht des Flugkörpers) in die kinetische Energie des sich bewegenden Flugkörpers umgewandelt.

Diesen Flugzustand bezeichnet man als Gleitflug.

Es vergingen Jahrzehnte, fast mehr als ein Jahrhundert, bis das Flugzeug den technischen Stand erhalten hatte, um als Verkehrs- und Transportmittel verwendet werden zu können.

Im Verlauf der weiteren kapitalistischen Entwicklung kam es auf einem besonderen Gebiet, dem Maschinenbau, zu einer wesentlichen Steigerung und gleichzeitigen Verfeinerung der Produktion. Die zur Herstellung von Dampfmaschinen erforderlichen Werkzeugmaschinen und viele zur Bearbeitung der Maschinenteile benötigten Werkzeuge wurden um diese Zeit erfunden. Es bahnte sich die Erkenntnis an, daß es für den Bau von Werkzeugmaschinen notwendig ist, einzelne unbrauchbar gewordene Maschinenteile durch neue ersetzen zu können, ohne daß solch ein Teil erst in Handarbeit hergestellt und eingepaßt werden mußte. Diese Methode des Austauschbaus zwang die Ingenieure, die Fertigungsverfahren und die Maschinen so zu gestalten, daß größere Stückzahlen genau gearbeiteter Teile produziert werden konnten. Der Drehmaschinensupport, ein einheitliches Gewindesystem, verbesserte Meßverfahren, Zahnradteilmaschinen usw. sind die besonderen Erfindungen dieser Zeit. In steter Wechselbeziehung entstanden neue Industrieunternehmen, und mit einem brauchbaren Patentwesen schützten die Unternehmer ihre Produktion und die geistigen Leistungen der von ihnen bezahlten Erfinder. Um diese Zeit versuchten viele Menschen mit technischen Kenntnissen, aber auch solche, die entsprechende Kenntnisse nur vortäuschten, durch Erfindungen reich und berühmt zu werden. Unter diesem Gesichtspunkt ist es zu verstehen, warum zu einer Zeit, da das Fliegen aus technischen und wissenschaftlichen Gründen noch nicht zu verwirklichen war, dem englischen Ingenieur Samuel Henson 1843 in London ein Flugzeugentwurf patentiert wurde.

Dieser Weg wurde während des Zeitraums von etwa 1843 bis 1900 von vielen Praktikern eingeschlagen. Der Wettlauf der „Praktiker“ um ein patentfähiges Flugzeug kostete Arbeitskraft, Arbeitszeit, Material und Geld. Jeder glaubte, durch besonders geschicktes Erfinden und durch intensives Basteln an allen möglichen und unmöglichen Flugapparaten als erster das

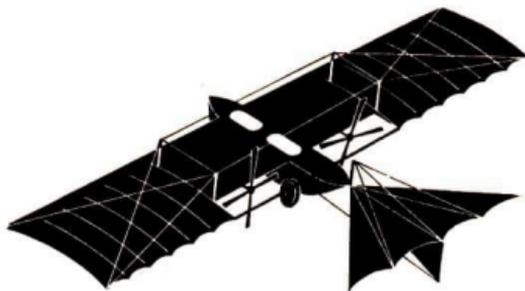


Bild 4 Motorflugzeug-  
projekt von Ingenieur  
Samuel Henson 1843  
Spannweite 45 m,  
Flugmasse 1360 kg,  
Leistung 30 PS

Flugzeug zu erfinden, mit dem das Interesse derjenigen erweckt werden konnte, die das für die Auswertung eines geeigneten Flugzeugpatents notwendige Kapital besaßen. Als Beispiele sollen nur wenige namentlich genannt werden:

*England*

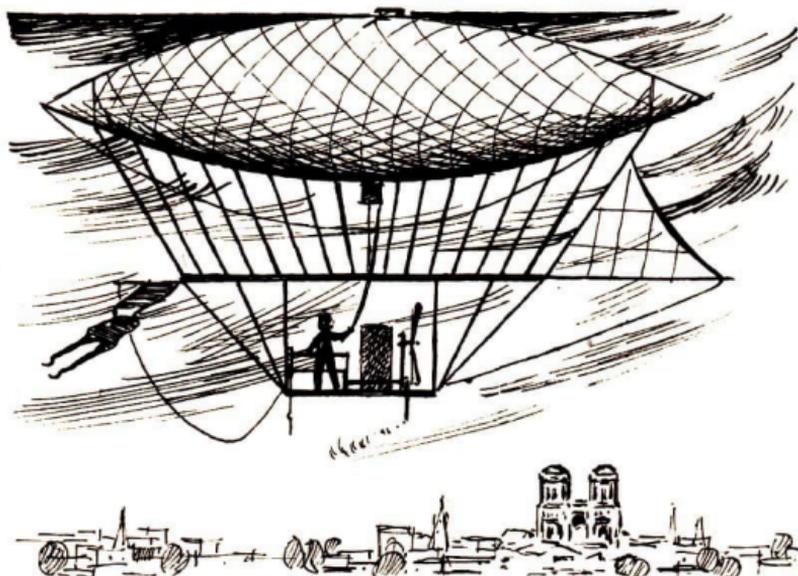
Samuel Henson	1843
Matthew Boulton	1868
John Springfellow	1873
Hiram Maxim	1894

*Frankreich*

F. und L. du Temple	1857
Victor Tatin	1875
Alphonse Penaud	1876
Clement Ader	1897

Diese und andere Praktiker scheiterten an zwei Problemen. Einmal fehlte ihnen meistens die Möglichkeit, wesentliche theoretische Untersuchungen über die physikalischen Erscheinungen beim Fliegen anzustellen oder auszuwerten; denn Universitäten oder Hochschulen konnten damals auf diesem Gebiet noch keine wissenschaftliche Unterstützung geben. Das Verhältnis zwischen Technik und Wissenschaft war zu dieser Zeit dadurch gekennzeichnet, daß die Anwendung empirisch gewonnener Erkenntnisse technisch-wissenschaftliche Probleme aufwarf, die mehr oder weniger schnell von der Wissenschaft aufgegriffen werden konnten.

Das zweite noch ungelöste Problem war die geeignete Kraftmaschine für den Antrieb eines Flugzeuges, die es noch nicht gab. Während dieses Zeitabschnittes gab es wenige wissenschaftliche Untersuchungen und keine bahnbrechenden Forschungsergebnisse in der Aerodynamik, die die Grundlage der Flugphysik ist. Flugexperimentatoren jener Zeit konnten sich im wesentlichen nur auf wissenschaftliche Erkenntnisse aus der durch den Schiffbau geförderten Hydrodynamik stützen.



#### 4. Freiballon und Luftschiff

*Am 23. September 1852 wurde Paris zum Schauplatz der ersten Lenkluftschiffahrt. Der Start auf dem Gelände des Hippodroms gelang ohne Schwierigkeiten, und dann kreuzte das Luftschiff, von seinem Konstrukteur Henry Giffard gesteuert, mit rauchendem Schornstein über den Köpfen der jubelnden Bevölkerung. Bald entzog es sich in Windrichtung den Blicken, aber langsam, allzu langsam kam es voran. Von den Zuschauern konnte allerdings nicht bemerkt werden, daß Giffard immer wieder versuchte, sein Luftschiff gegen den leichten Wind zur Startstelle zurückzulenken. Die Erregung über dieses Ereignis war überall groß. Der Lokalbericht der Pariser Zeitung „la presse“ vom 24. September 1852 brachte dazu folgende Nachricht: „Gestern, Freitag, den 23. September 1852, ist ein Mann, den man mit Recht den Fulton der Luftschiffahrt nennen kann, mit unerschütterlicher Ruhe auf dem Tender einer Maschine*

sitzend, in die Luft gestiegen. Der Aerostat, welcher ihn trug, hatte die Form eines ungeheuren Walfisches; es war ein Luftschiff, dem der Mast als Kiel und das Segel als Steuer diente. Es war ein schönes und dramatisches Bild, der Anblick dieses Helden des Gedanken, der mit Unerschrockenheit den Gefahren, vielleicht sogar dem Tode trotzte. Denn in dem Augenblick, wo ich diese Zeilen schreibe, weiß ich noch nicht, ob die Landung glücklich vonstatten gegangen ist und wie sie überhaupt zustande gebracht wird.“

Monsieur Giffard mußte also ohne Beisein des Lokalredakteurs von „la presse“ landen. Dabei ging es etwas hart her, so daß der Strobbut des Luftschiffers selbständig wurde und das Luftschiff einen Knacks erhielt, der aber am nächsten Tage behoben war. Herr Giffard stieg wieder auf, um seine Flugversuche fortzusetzen. Das Luftschiff erreichte dabei etwa 2000 Meter Höhe, aber die Fluggeschwindigkeit betrug nur  $7 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Dieser Mangel kam auf das Konto der allzu schwächlichen Dampfmaschine. So einfach, wie Giffard vor dem praktischen Versuch gemeint hatte, war also ein Luftschiff nicht zu lenken.

---

Im Jahre 1783 war es erstmals einem Menschen gelungen, fliegend den Erdboden zu verlassen. Die Erfindung des Warmluftballons und später des gasgefüllten Freiballons war eine große technische Leistung für die damalige Zeit. Etwa zwanzig Jahre später gelang es erstmals, ein Flugmodell zum Fliegen zu bringen. Aber es war nicht abzusehen, wann ein Mensch mit einem Flugzeug würde fliegen können, denn noch fehlte die Kraftmaschine, die das Flugzeug vorwärtsbewegen mußte. Das war zu einer Zeit, da die ersten großen Erfolge der Freiballonfahrt zu verzeichnen waren.

Mit Freiballons wurden Tausende von Kilometern zurückgelegt, Tausende von Meter Höhe erstiegen und Flugzeiten einem Flugzeug würde fliegen können, denn noch fehlte die aber auch viele bedauerliche Unfälle gegeben. Auch in der Wissenschaft, zur Erforschung der unteren Schichten der Atmo-

sphäre, hatte der Freiballon einen würdigen Platz gefunden. Aber es waren immer nur „passive“ Flüge gewesen, bei denen die mutigen Luftschiffer mit dem Wind dahintrieben, und es gab kein Mittel, solch einen Ballon in eine gewünschte Richtung zu lenken.

Es gab kein Mittel? Freilich fanden die Menschen in der Natur kein Vorbild hierfür. Aber was hatten die Menschen sich nicht schon alles eronnen, bis sie nun auch durch die Luft schweben konnten!

Wo der Mensch die Naturgesetze erforscht, sie anwendet und damit sich die Natur nutzbar macht, da müßte es doch auch ein Mittel geben, um den Ballon lenkbar zu machen. Wie viele hatten das schon mit den ungeeignetsten Mitteln versucht. Das war ein Probieren und führte nicht zum Ziel. Mit Segeln, Rudern, gezähmten Vögeln, Schlagflügeln, heizbaren Gasballons, mit der Reaktionskraft ausströmender Luft und auch mit Luftschauben, die durch Menschenkraft bewegt werden sollten, wollte man die Ballons lenken.

An dem zuletzt genannten Vorschlag des Generals Jean Baptiste Meusnier, der aus dem Jahre 1784 stammte, war etwas dran, das erkannte der französische Ingenieur Henry Giffard um 1850, nur müßte man die Muskelkraft durch die inzwischen nutzbar gemachte Dampfkraft ersetzen. Diese Idee ließ sich Henry Giffard 1851 patentieren, und kurz darauf kam es zu der anfangs geschilderten Luftschiffahrt.

Bis zum Jahre 1852 war dagegen die Entwicklung eines Flugzeuges nicht wesentlich vorangegangen. Man hatte die ersten Erfolge Cayleys vergessen und versucht, mit der Dampfmaschine irgendwelche Drachenkonstruktionen zum Fliegen zu bringen. Ohne die Anwendung spezieller wissenschaftlicher Erkenntnisse war dieses Beginnen aussichtslos. Außerdem hatte die Dampfmaschine eine zu geringe Leistung im Verhältnis zu ihrer großen Masse und der umständlichen Bedienung. Hätten in jenen Jahren die Wissenschaftler mehr Zeit, Gelegenheit und einen besonderen Auftrag zur Untersuchung der Bedingungen gehabt, unter denen ein Flugapparat fliegen kann, so hätten die Forschungsergebnisse Cayleys sehr bald vervollstän-

diget werden können. Da dies nicht der Fall war, blieb es bei zunächst völlig erfolglosen Experimenten.

Der Fortschritt bei der Entwicklung des Flugzeugs kam von einer anderen Seite der technischen Entwicklung. Hierin zeigt sich, daß die Produktivkräfte in stetem Wechselverhältnis gegenseitig aufeinander einwirken und daß die Wissenschaft als eine solche Produktivkraft immer stärkere Bedeutung erlangt.

Die vielfältigen Forderungen der Maschinenbauer, der Produzenten und der Techniker nach immer leistungsfähigeren Antriebsmaschinen veranlaßte die Wissenschaftler, sich mit den von den Technikern erfundenen und betriebsfähig gemachten Antriebsmaschinen theoretisch zu beschäftigen.

Dr. Robert Mayer, James Prescott Joule und Hermann von Helmholtz erkannten und formulierten das Gesetz von der Erhaltung der Energie. Nach Nicolas L. Sadi Carnot wurde der Carnotsche Kreisprozeß benannt, mit dem die maximal günstigste thermodynamische Arbeitsweise der Wärmekraftmaschinen bestimmt werden kann, und Clausius, Maxwell, Boltzmann und Gibbs schufen die kinetische Gastheorie. So entstanden aus den wechselseitigen Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik viele neue theoretische und praktische Erfahrungen, und unter anderem wurde dabei die Wärmekraftmaschine mit großem Erfolg entwickelt:

Gasmotor von Lenoir	1859
Benzinmotor von Otto und Langen	1878
Dieselmotor von Diesel	1893
Gasturbine von Holzwarth	1909

Die Techniker und Ingenieure schufen mit Hilfe der Wissenschaftler die für den Ausbau der Industrie und die Entwicklung eines modernen Verkehrswesens unbedingt notwendigen kleinen leichten Kraftmaschinen.

Ebenfalls bedingt durch die kapitalistische Entwicklung setzte eine Förderung der wissenschaftlichen Lehre und Forschung ein (in Frankreich innerhalb der Armee die Ingenieurcorps und Ingenieurschulen, in Deutschland Gründung vieler

Universitäten und Hochschulen sowie Maschinenbauschulen). Die Produktionsverfahren in der materiellen Produktion wurden ständig verbessert. Auf dem Gebiet des Kraftmaschinenbaus und des Fahrzeugbaus (Benzinmotor, Automobil, Luftschiff) wurde die Leichtbauweise entwickelt; denn Leistungssteigerung und Erhöhung des Produktionsvolumens ohne wesentlich größeren Materialeinsatz stellten dringende Erfordernisse dar. Daran war die Bourgeoisie interessiert, und deshalb wurden zu dieser Zeit der Industrialisierung alle solche Projekte, zu denen nun auch Luftfahrzeuge gezählt werden konnten, weitgehend unterstützt.

So entwickelten vor allem Franzosen und Deutsche das Luftschiff zu einem Luftfahrzeug, mit dem erstmals ein Fahren durch die Luft nach einem vom Willen des Menschen abhängigen Kurs möglich war.

*Die an einem Ballon oder einem Luftschiff wirkende Hubkraft ist der statische Auftrieb. Dieser statische Auftrieb wirkt stets auf einen Körper. Wenn dieser leichter ist als ein anderer ihn umgebender Körper gleichen Volumens wie z. B. Wasser oder Luft, so steigt der leichtere Körper empor.*

*Der Freiballon oder das Luftschiff enthalten Gaszellen, in denen sich ein Traggas mit wesentlich geringerer Dichte als die der Luft befindet. Der spezifische statische Auftrieb je Kubikmeter Traggas ist abhängig von der Differenz der beiden Dichten*

$$f_A = \rho_{\text{Luft}} - \rho_{\text{Traggas}}$$

*Bei Helium ist dieser spezifische Auftrieb demnach*

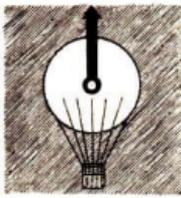
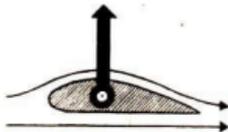
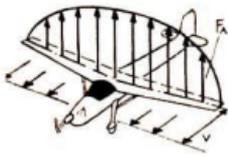
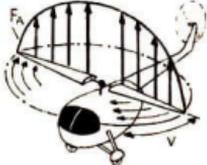
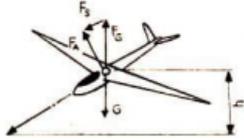
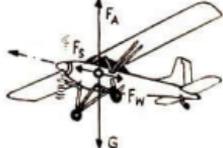
$$f_A = 1,293 \text{ kp} \cdot \text{m}^{-3} - 0,178 \text{ kp} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$f_A = 1,115 \text{ kp} \cdot \text{m}^{-3},$$

*das heißt, daß für jedes Kilopond Gewicht des Luftschiffes etwa ein Kubikmeter Traggas mitgeführt werden muß. Ein Luftschiff mit einem Gewicht von z. B. 200 000 kp kann eine Nutzlast von 20 000 kp tragen, wenn folgendes Volumen des Traggases (Helium) vorhanden ist:*

$$V = \frac{G}{f_A}, \quad V = \frac{220\,000 \text{ kp}}{1,115 \text{ kp} \cdot \text{m}^{-3}}, \quad V = 200\,000 \text{ m}^3$$

# Physikalisch-technische Prinzipien des Fliegens

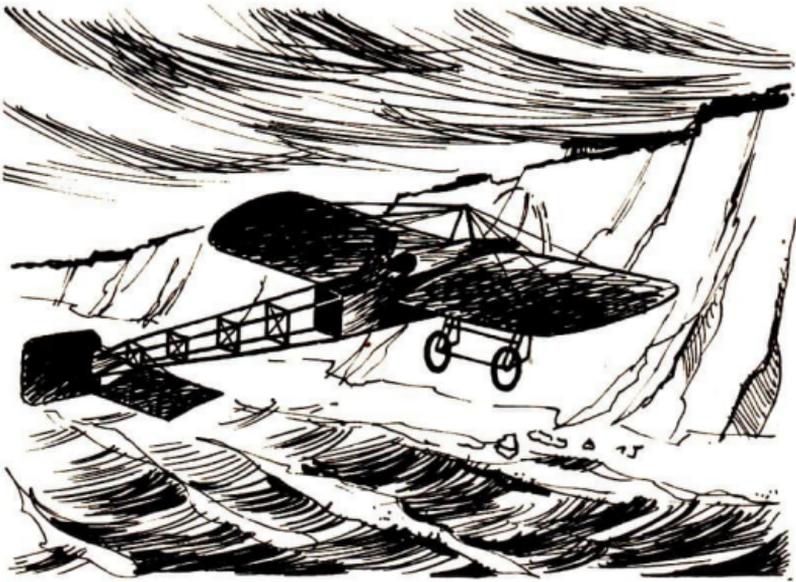
Auftrieb allgemein	
<p>Freiballon</p>  <p>statischer Auftrieb, <math>F_A = V \cdot (\rho_1 - \rho_2)</math></p>	<p>Flugzeug</p>  <p>dynamischer Auftrieb</p> $F_A = c_a \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot A$
Auftrieb dynamisch	
<p>Flugzeug</p>  <p>Starre Tragflügel, geradlinige Vorwärtsbewegung des Flügels, Flugzustand nur bei Vorwärtsbewegung des gesamten Fluggeräts</p>	<p>Hubschrauber</p>  <p>Drehbare Tragflügel, kreisförmige Bewegung der Flügel, Flugzustand bei beliebiger Bewegung und auch bei Stillstand des Fluggeräts</p>
Vortrieb	
<p>Segelflugzeug</p>  <p>Antriebsquelle: potentielle Energie des Flugzeugs (Höhe, Gewicht) Gleitflug — Flugbahn nach unten geneigt</p>	<p>Motorflugzeug</p>  <p>Antriebsquelle: kinetische Energie des Triebwerks — Flugbahn beliebig</p>

Zu der Zeit, als man die ersten Luftschiffe baute, wurde noch nicht immer konsequent darauf geachtet, daß Lokomotiven, Eisenbahnwagen, Schiffe, Brücken und andere Ingenieurbauten eine besonders geringe Masse hatten. Erstmals mit dem Luftschiffbau begannen Wissenschaftler und Techniker bewußt Formen des Leichtbaues zu entwickeln. Man erprobte Aluminium als Leichtbau-Werkstoff, entwickelte Hohlprofilformen wie Rohre, Profilträger und Fachwerkformen großer Festigkeit und biegesteife Verspannungen aus Stahldrähten, wo man vor kurzem noch bedenkenlos sogenannte Vollträger verwendet hätte.

Von den Wissenschaftlern wurde zur gleichen Zeit und aus gleichem Anlaß die Belastbarkeit der neuen Leichtbauwerke untersucht. Vor allem aber wurden die traditionell entstandenen Berechnungsgrundlagen durch wissenschaftlich ermittelte Formen abgelöst und deren Genauigkeit und Anwendbarkeit ständig erweitert.

Durch den Betrieb mit Luftschiffen, die seit etwa 1880 vor allem in Frankreich mit wachsendem Erfolg erprobt wurden, war auch die Luftschraube als Übersetzungsgetriebe von der Antriebsmaschine zur das Luftfahrzeug umgebenden Luft bekannt und in vielfacher Hinsicht auf günstigsten Wirkungsgrad geprüft worden.

Bei dieser Gelegenheit muß gesagt werden, daß die Entwicklung des Luftschiffes im wesentlichen aus militärischen Erwägungen heraus erfolgte. Der größte Teil aller gebauten Luftschiffe wurde bei den Luftschifftruppen der imperialistischen Armeen eingesetzt.



## 5. Die ersten Flugzeuge fliegen

*In einer belebten Geschäftsstraße in London stand ein großes, mit Figuren und Säulen geschmücktes Gebäude; es war das Geschäftsbaus der Zeitung „Daily Mail“. Im Sommer des Jahres 1909 ging es in diesem Hause in der Redaktion für Sportereignisse, ja selbst beim Chefredakteur der Zeitung, lebhaft zu. Innerhalb weniger Stunden wurden ganze Seiten der nächsten Ausgabe umgestellt.*

*Von der französischen Kanalküste hatte ein Reporter Nachrichten über ein sensationelles Ereignis geschickt.*

*Drei Flieger, der Rennfahrer Hubert Latham mit einem Voisin-Flugzeug, der Graf de Lambert mit einem Wright-Flugzeug und der Ingenieur Louis Bleriot mit einem Bleriot-Flugzeug, bereiteten den Überflug nach England an der engsten, nur 30 Kilometer breiten Kanalstelle an der französischen Küste vor. Das Vorhaben der drei Flieger war in verschiedener Hin-*

sicht bemerkenswert. Bisber war noch kein Flieger über eine solche Strecke über ein Gewässer oder ein Meer geflogen, obwohl schon Flüge von mehr als hundert Kilometer Strecke und mehreren Stunden Dauer durchgeführt worden waren. Die bereits genannte Zeitung „Daily Mail“ hatte einen Preis von 25 000 fr für einen Flug über den Kanal zwischen Frankreich und England ausgesetzt. Am 13. Juli 1909 startete als erster Latham. Doch er hatte seine Vorbereitungen nicht gründlich genug getroffen. Nach wenigen Flugminuten setzte der Motor aus, und Latham mußte auf dem Meer notlanden. Er wurde mitsamt dem Flugzeug aus dem Wasser gefischt, und die „Daily Mail“ konnte eine Riesenaufgabe ihrer Tageszeitung an die sensationshungrigen Leser verkaufen. Infolge des stürmischen Wetters machte der Graf de Lambert keine Anstalten, mit seinem langsamen Doppeldecker den Überflug zu wagen, so daß Louis Bleriot derjenige war, der eine gute Aussicht auf den Siegerpreis hatte.

In der Nacht vom 24. zum 25. Juli 1909 wurde Bleriot gegen 2 Uhr von seinem Wetterposten geweckt. Der Wind hatte nachgelassen. Mit einem Sprung war Bleriot aus den Decken heraus. In Eile zog er sich an und frühstückte. Ein Bote wurde zum Hafen geschickt, um das Dampfboot in den Kanal zu beordern.

Jetzt kam es darauf an, daß ihm nicht der Graf de Lambert zuvorkam.

In wenigen Minuten wurde unter Bleriot's Leitung all das ausgeführt, was er mit seinen Helfern schon mehrmals durchgesprochen hatte. Das Flugzeug wurde bis an die Dünen herangeschoben. Inzwischen erwartete der Wetterposten oben auf der Dünenkante den Sonnenaufgang und das Auslaufen des Bootes. Da, es war inzwischen 4 Uhr 10 geworden, hob der Posten die Fabne. Die Sonne war da. Nun kam Bewegung in die Mannschaft.

Der Motor wurde angeworfen. Bleriot ließ ihn warmlaufen. Allzulange durfte er nicht warten. Der Motorenlärm hatte bestimmt schon die ganze Umgebung mitsamt den fortwährend an Telefon und Telegraf hängenden Reportern auf sein Unter-

nehmen aufmerksam gemacht. Beim Start schoben einige Helfer das Flugzeug noch ein wenig an, damit es schneller in Fahrt kam. Holpernd knatterte die Flugmaschine über das Feld, schwankte noch einmal und hob dann vom Boden ab. Über dem Startplatz flog Bleriot noch einen Kreis. Je mehr er Höhe hatte, um so besser. Unten winkten die Zurückbleibenden.

Dann richtete Bleriot sein Flugzeug auf die Küste. Schräg voraus erblickte er, schon weit von der Hafeneinfahrt entfernt, die Rauchwolke des Dampfbootes. Dieser schnelle Zerstörer „Escopette“ hielt Kurs auf die englische Küste, die man im Dunst am Horizont vermuten konnte. Immerhin waren es von Calais bis Dover nur ganze 30 Kilometer, aber dazwischen gab es keine Möglichkeit zur Notlandung. Bei einer Flugeschwindigkeit von 50 bis 70  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$  dauerte der Flug eine halbe Stunde, wenn alles gut ging, kein starker Gegenwind herrschte und der Motor nicht aussetzte.

Der Dreizylinder-Anzanimotor knatterte und rüttelte. Bleriot sah den Schatten des surrenden Propellers. Längst hatte er das Begleitboot überholt. Über der See wurde der Dunst immer stärker. Was tun? Sollte er weiterfliegen oder auf das Boot warten? Im ersten Falle konnte er das Landefeld verfehlen.

Sein Freund Fontaine stand dort und wollte mit einer Fahne winken. Aber was nützt das Winken, wenn er nicht einmal Englands Küste sehen konnte.

Wenn er auf das Boot wartete, dann reichte das Benzin nicht. Für eine knappe Flugstunde hatte er tanken lassen. Also weiter. Die Schaumstreifen auf den Wellen mußten ihm die Richtung weisen. Die Brandung an der englischen Küste konnte Bleriot infolge des Motorenlärms nicht hören; doch auf einmal sah er den Strand, und da war auch die Steilküste. Drohend lag die Kante des Steilabfalles über ihm. Zu allem Unglück war der Wind wieder aufgefrischt und blies nun mit aller Kraft von dort oben herab auf Bleriotics kleinen weißen knatternden Flugapparat. Aussichtslos! Gegen diese Naturkraft konnte er mit 24 PS nicht ankommen. Bleriot suchte an der Küste die vereinbarte flache Stelle, wo er das Festland gewinnen wollte. Dover tauchte im Dunst auf, und da winkte auch

*Fontaine. Immerzu schwenkte er die große Trikolore. Bleriot setzte mit seinem Flugzeug zur Landung an. Aber wie es oft bei großen historischen Ereignissen zugeht, es kam etwas dazwischen, was zeigt, daß auch das Große vom Kleinen abhängt. In diesem Falle ging es gut, weil das Mißgeschick erst bei der Landung eintrat. Bleriot rollte mit seinem Flugzeug gegen einen Feldstein, und das Fabrgestell zerbrach. So landete er ziemlich unsanft auf Englands Boden, weil der Landeplatz nicht sorgfältig vorbereitet war.*

*Flugzeug und Motor hatten Bleriot während des Überfluges nicht im Stich gelassen. Der Beweis war erbracht, daß das Flugzeug ein Verkehrsmittel werden konnte, das schneller als jedes andere die Länder auf unbehinderter Bahn miteinander verbindet, auch über die Meere hinweg.*

*Bleriot war am 25. Juli 1909 nicht nur der Held in Frankreich und in England; die ganze Welt sprach von ihm.*

*Bleriot wurde in Dover und in London mit Ehren überschüttet. Sein Erfolg war ein Triumph. Nach der Rückkehr in sein Heimatland wurde er unter dem Jubel der Bevölkerung zum Ritter der französischen Ehrenlegion geschlagen. Der mutige Flugpionier Bleriot hatte wahrlich diese Ehrung verdient.*

---

Den Beginn dieser Etappe in der Entwicklung des Flugwesens, die durch die erste Überfliegung des Ärmelkanals gekennzeichnet ist, kann man etwa in das Jahr 1890 legen. Um diese Zeit hatte die technische und ökonomische Entwicklung in den Industriestaaten einen hohen Stand erreicht. Neben der Dampfmaschine und der Dampfturbine wurden bereits der Gasmotor und der Benzinmotor als Antriebsmaschinen eingesetzt, und ein Schwerölmotor befand sich in der Entwicklung.

Das Angebot solcher Antriebsmaschinen wirkte sich auf das Flugwesen fördernd aus; denn das ist unter anderem eine technische Voraussetzung für die Entwicklung eines Transport- oder Verkehrsmittels.

Neben dieser begünstigenden Erscheinung übten jedoch andere Faktoren einen hemmenden Einfluß aus. So fehlte den

Technikern und Flugpionieren noch immer die Kenntnis vieler wichtiger aerodynamischer und flugphysikalischer Gesetze und Formeln. Die Aerodynamik als besonderer Zweig der Wissenschaft war noch nicht ausreichend entwickelt, und viele Erkenntnisse wurden empirisch, also durch Probieren gesammelt.

Die Entwicklung der seit etwa einhundert Jahren beschriebenen und zum Teil auch gebauten Flugapparate zum flugfähigen Flugzeug erfolgte hauptsächlich durch technisch geschulte Ingenieure auf Grund ihrer mühevoll gesammelten Erfahrungen. Das hat ökonomische Gründe.

Es gab um 1890 in vielen Ländern wirtschaftlich starke Unternehmen, die sich mit der Gewinnung und der Herstellung von Rohstoffen (Kohle, Erz, Erdöl), Halbfabrikaten (Gießereien, Walzwerke), Maschinen (Antriebs- und Arbeitsmaschinen), Verkehrsmitteln (Eisenbahn, Schiffe, Kraftfahrzeuge) usw. beschäftigten. Neben diesen großen Industriebetrieben gab es viele kleine Betriebe. Die Besitzer dieser Kleinbetriebe waren meist technisch ausgebildete Fachleute, die zum Teil sogar im Betrieb selbst praktische Arbeit als Meister oder Konstrukteure leisteten. Wollten diese Unternehmer ihre ökonomische Stellung wesentlich verändern und verbessern, so mußten sie zum damaligen Zeitpunkt, da es schon in verschiedenen Industriezweigen große Konzerne gab, entweder eine bahnbrechende Erfindung machen oder einen neuen Produktionszweig erschließen, der keine großen Investitionen für die Aufnahme der Produktion erforderte.

Nach den bis dahin gesammelten und bekanntgewordenen Erfahrungen entsprachen das Flugzeug und der Flugzeugbau diesen Bedingungen. Ein Flugzeug muß sehr leicht sein; deshalb erforderte es einen geringen Materialeinsatz.

Ein Flugzeug schien nur geringem mechanischen Verschleiß (gegenüber Schienen-, Straßen- und Wasserfahrzeugen) ausgesetzt zu sein, weil in der Luft scheinbar nur geringe Beanspruchungen austraten; deshalb konnten wahrscheinlich billige Werkstoffe wie Holz, Leinwand und Stahldrahtseile verwendet werden, was den Leichtbau ebenfalls begünstigte.

Diese Forderungen konnten mit wenigen und zum Teil mit

ungelernten, billigen Arbeitskräften, ohne besondere Spezialmaschinen und teure Fabrikgebäude erfüllt werden.

Die Erfolge in der Luftschiffahrt und das Interesse der Militärbehörden für die Luftfahrt allgemein berechtigten außerdem zu der Annahme, daß der Flugzeugbau militärisch bedeutungsvoll und damit eine gewisse Unterstützung durch den Staat wie auch ein gewinnbringender Absatz der gebauten Flugzeuge gesichert wären. Demzufolge war das Profitstreben in der kapitalistischen Gesellschaft die Triebkraft, die verschiedene Ingenieure und kleine Unternehmer dazu veranlaßte, sich mit der Erfindung und Entwicklung eines neuen Verkehrsmittels, des Flugzeuges, zu beschäftigen.

Der deutsche Unternehmer Ingenieur Otto Lilienthal (1848 bis 1896), Inhaber eines kleinen Maschinenbaubetriebes in Berlin, hat als erster nachgewiesen, daß der Gleitflug auch für den Menschen möglich ist. Er benutzte dazu einen Hängegleiter aus einem leichten Holzgestell, dessen Tragflächen mit Leinwand bespannt waren (Bild 5). Die Flugapparate Lilienthals sind in einer langen Entwicklungszeit, von etwa 1864 an, entstanden. Nach anfänglichen Fehlschlägen mit einfachen Flügelpaaren untersuchte Otto Lilienthal, wie schon mehrfach vor ihm verschiedene andere Flugpraktiker, einzelne Profilformen, bis schließlich ab 1891 mit gewölbten Profilen versehene Tragflügel die ersten Flugsprünge ermöglichten.

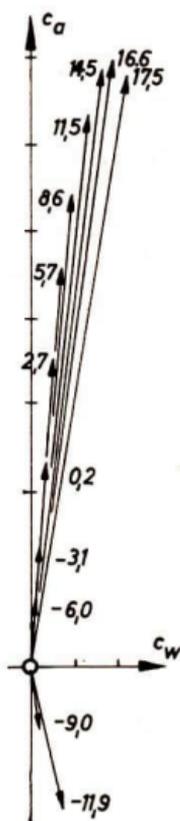


Bild 5

Hängegleiter von Ing. Otto Lilienthal (1894)

Bis zum Jahre 1896 hatte Lilienthal eine so hohe Fertigkeit erreicht, daß er mit seinem Gleitflugapparat Strecken bis zu 300 Meter zurücklegen und die Richtung während des Fluges ändern konnte.

Bild 6 Lilienthal-Polardiagramm



Die Vorbereitungsarbeiten für seine Flugversuche nahm Otto Lilienthal zusammen mit seinem Bruder Gustav vor. Sie erforschten geeignete Profilformen für den Tragflügel und entwickelten einen leichten, tragfähigen und flugstabilen Flugapparat.

Diese zum Teil wissenschaftlichen Untersuchungen wurden anfangs mit Hilfe von Drachen ausgeführt. Dabei erprobten sie vor allem dünne, gleichmäßig gewölbte Profile und stellten deren Tragfähigkeit fest. Später setzte Lilienthal die Untersuchungen an einem Rundlauf in einer Turnhalle fort, wobei vor allem dickere, rundnasige Vogelprofile erprobt wurden. Die Meßergebnisse wurden in einem Diagramm (Bild 6) eingetragen. Man bezeichnet es als Polardiagramm. Lilienthal führte als erster diese Form der Darstellung von Auftriebs- und Widerstandskräften in Abhängigkeit vom Anstellwinkel des Profils ein.

Aus dem Polardiagramm (Bild 8) kann man die Beiwerte zum Berechnen der Auftriebskraft und der Widerstandskraft für verschiedene Anstellwinkel ablesen. Außerdem ist es möglich, den besten Gleitflugwinkel und den dazugehörigen Anstellwinkel abzulesen. Das Polardiagramm ist ein sehr wichtiges

Hilfsmittel bei der Konstruktion von Flugmodellen und Flugzeugen. Polardiagramme werden empirisch durch Messungen (meist in Windkanälen) an den Profilen gewonnen.

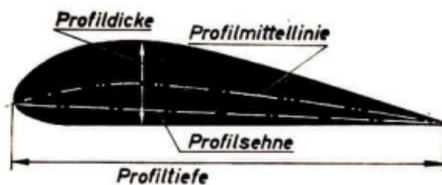


Bild 7 Profilbezeichnungen

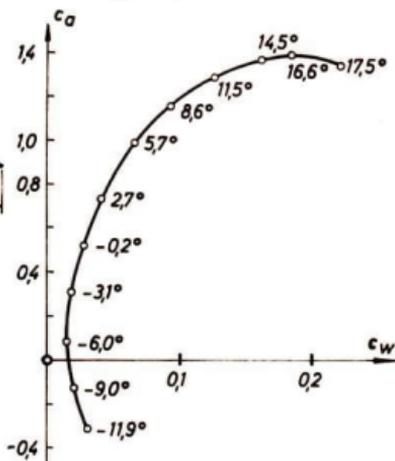


Bild 8 Profilpolardiagramm

Der Widerstandsbeiwert ist in einem anderen Maßstab eingetragen als der Auftriebsbeiwert

Bild 9

Drachenprofil — Vogelprofile



Für seine Flugapparate wählte Lilienthal ein Drachenprofil aus, da es sich mit einfachen technischen Mitteln (einseitige Bespannung und einfaches Flügelgestell) herstellen ließ. Die rundnasige Profilform hätte einen komplizierten Flügelaufbau und damit eine höhere Flugmasse erfordert, auf die Lilienthal verzichten mußte, da er sich auf die Ausführung des Apparates als tragbaren Hängegleiter festgelegt hatte.

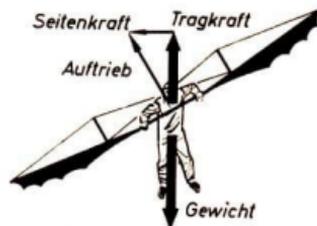
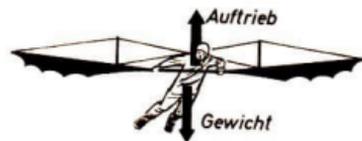
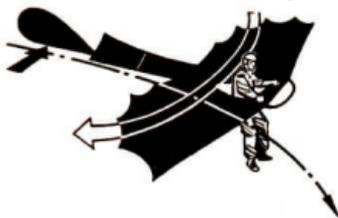
Der Lilienthalsche Hängegleiter wurde dadurch gesteuert, daß der Pilot, der seine Hände und Arme zum Festhalten benötigte, durch Schräghalten der Beine den Schwerpunkt verlagerte. Der Flugapparat wurde dadurch geneigt, bis sich das senkrecht nach unten wirkende Gewicht in einer Wirkungslinie mit der Auftriebskraft befand.

Der Flugapparat begann in dieser Lage infolge der Seitenkraft mit der Tragfläche seitlich von der geraden Flugbahn abzuweichen, während am weit hinten liegenden Seitenleitwerk eine entgegengesetzt gerichtete Stützkraft gegen die parallele Versetzung des Apparates zur Flugbahn wirkte. Bei einem Sturzflug mußte der Pilot die Beine nach hinten schwenken, um den Apparat wieder in eine waagerechte Fluglage zu drehen.

Da bei einem drohenden Aufprall der Mensch instinktiv die Beine nach vorn streckt (und weil eine solche Schwerpunktsteuerung nur grobe Korrekturen der Fluglage erlaubt), ist diese Steuerungsart außerordentlich gefährlich in ihrer Handhabung. Der tödliche Absturz Lilienthals ist der Beweis für die Unbrauchbarkeit dieser Steuerung, während die Flugfähigkeit der Apparate tausendfach mit den ausgeführten Gleitflügen bewiesen wurde.

Bild 10

Kräfte spiel am Hängegleiter beim Kurvenflug



Das Wirken des Ingenieurs Lilienthal ist eng verknüpft mit dem Wirken des Unternehmers Lilienthal. Nachdem er 1893 ein Patent auf seinen Hängegleiter erworben hatte, strebte er nicht nur danach, die Möglichkeiten des Fliegens zu erforschen, sondern es auch zu üben. Er unterhielt Beziehungen zu verschiedenen Wissenschaftlern. Unter anderem wurde er von dem später bekannt gewordenen russischen Flugwissenschaftler Shukowski aufgesucht. Dabei kam es zu einem regen Gedankenaustausch, und Shukowski nahm einen Lilienthalschen Hängegleiter als Geschenk und Studienobjekt mit nach Moskau zurück. Dieser Apparat ist heute im Shukowski-Museum in Moskau ausgestellt. Fast alle bekannten Flugpraktiker holten sich bei Lilienthal Ratschläge, und in vielen Druckschriften versuchte er das Interesse der Öffentlichkeit für das Fliegen zu wecken.

In der Lilienthalschen Fabrik wurde von einigen Handwerkern eine ganze Reihe von Gleitflugapparaten gebaut, die von Flugpraktikern aus dem Inland und dem Ausland für 500 Mark je Stück bestellt worden waren. Lilienthal bemühte sich also auch darum, seine Kenntnisse über das Fliegen zu verbreiten. Gleichzeitig wird er an die Herstellung der Flugapparate in größeren Stückzahlen in seinem Betrieb gedacht haben. Unbedingt hervorzuheben ist, daß sich Lilienthal in einer Zeit des Übergangs vom Kapitalismus der freien Konkurrenz zum Monopolkapitalismus und dem sich immer deutlicher abzeichnenden Streben nach einer gewaltsamen Neuaufteilung der Welt als Kleinunternehmer eindeutig gegen den Krieg aussprach und die Bedeutung der menschlichen Arbeit bei der friedlichen Umgestaltung der verschiedenen Gebiete der Produktion besonders hervorhob. Otto Lilienthal stürzte am 9. August 1896 bei einem Flug in den Rhinower Bergen ab. Eine Bö hatte ihn aus der Flugbahn geworfen, und er konnte vor dem Aufprall am Boden die Fluglage nicht mehr korrigieren. Am 10. August 1896 verstarb der deutsche Flugpionier Otto Lilienthal an der erlittenen Wirbelsäulenverletzung.

Zwar hatte Lilienthal bewiesen, daß der Mensch fliegen kann und darin besteht seine Pionierleistung, aber seine Arbei-

ten führten noch nicht zum Erfolg. Skeptiker sahen im Gegenteil in Lilienthals tödlichem Absturz den Beweis der Unzulänglichkeit seiner Flugapparate und verallgemeinerten dies in unstatthafter Weise für das Fliegen an sich.

Der Engländer Percy Pilcher beschäftigte sich etwa zur gleichen Zeit wie Lilienthal neben seinen Gleitflugversuchen auch mit dem Kraftflug, bei dem die Flugzeit fast beliebig ausgedehnt werden konnte. Da es keine wesentlichen wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Luftwiderstand eines Flugapparates oder auch nur eines durch die Luft bewegten Tragflügels gab, mußte Pilcher die für den Kraftflug erforderliche Antriebsleistung in einem Experiment ermitteln. Dazu ließ er sich in seinem Hängegleiter mit einem langen Seil schleppen (Bild 11). In das Schleppseil wurde ein Zugkraftmesser, ein Dynamometer, geschaltet. Es wurde eine Zugkraft von etwa 14 kp bei einer Geschwindigkeit von ungefähr  $11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) gemessen. Da Pilcher mit einem Luftschraubenwirkungsgrad von 0,5 rechnete, ergab sich für seinen Flugapparat eine erforderliche Antriebsleistung von

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta}$$

$$P = \frac{14 \text{ kp} \cdot 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{75 \text{ PS}^{-1} \cdot \text{kp} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,5}$$

$$\underline{\underline{P \approx 4 \text{ PS}}}$$

Bild 11

Physikalisches Experiment Pilchers zur Ermittlung der Zugkraft und Antriebsleistung beim Horizontalflug



Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts versuchten viele Flugpraktiker den Lilienthalschen Flugapparat zu verbessern.

Die für die Vorwärtsbewegung eines Flugapparates erforderliche Zugkraft war so gering, daß die Flugpraktiker und auch Wissenschaftler hofften, sehr bald das Fliegen verwirklichen zu können. Man rechnete mit einer Antriebsleistung von 5 PS bis 15 PS. Benzinmotoren von solch geringer Leistungsabgabe

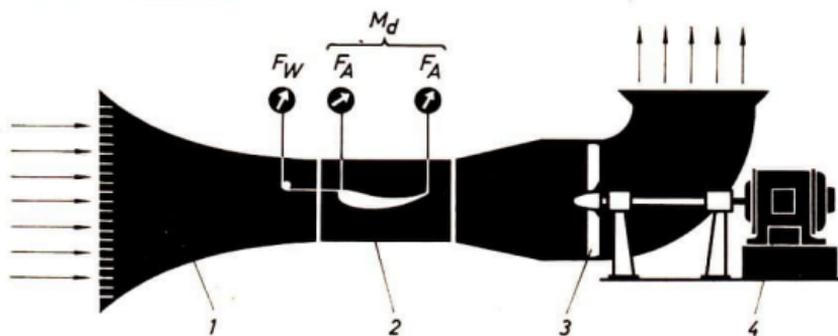
wurden bereits für verschiedene Zwecke hergestellt. Leider war die Masse dieser Motoren noch sehr groß.

Der geringe Stand der Kenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten strömender Gase zwang die Flugpioniere dazu, in lebensgefährlichen Experimenten geeignete Fluggeräte, die Steuerorgane und auch die Antriebsleistung der Fluggeräte zu entwickeln beziehungsweise zu ermitteln. Otto Lilienthal, Percy Pilcher und viele andere mußten dafür ihr Leben lassen, doch die Ergebnisse ihrer Experimente erleichterten den Nachfolgern die Arbeit, und immer mehr wurden Wissenschaftler angeregt, sich mit Fragen der Strömungslehre und des Fliegens auseinanderzusetzen.

Die erfolgreich und auch die weniger erfolgreich durchgeführten Luftschiffahrten in Frankreich und Deutschland hatten außerdem praktische Erfahrungen beim Bau und Betrieb von Luftschrauben gebracht, so daß wesentliche Elemente für den Bau motorgetriebener Flugzeuge bereitstanden. Von seiten der Wissenschaft wurden zu dieser Zeit erste Versuche unternommen, den Luftwiderstand von Körpern, die einer Luftströmung ausgesetzt sind, zu untersuchen. Dazu wurden in England, Frankreich, Rußland und Deutschland Windkanäle gebaut.

*In einem Windkanal wird eine gleichmäßige Luftströmung von bestimmter Geschwindigkeit hergestellt. In einer Meßstrecke (2) werden die zu untersuchenden Teile so aufgehängt, daß die Luftkräfte an Zugkraftmessern abgelesen werden können. Der Luftstrom wird dadurch erzeugt, daß Luft durch den Ansaugtrichter (1) über die Meßstrecke (2) von einer Luftschraube (3) angesaugt wird (Bild 12).*

Bild 12 Windkanal



Beim Bau der Windkanäle wurde es notwendig, die Wirksamkeit der Luftschrauben zu untersuchen. So konnten gleich zu Beginn der wissenschaftlichen Untersuchungen wichtige Erkenntnisse für die Luftfahrt gesammelt werden. In Rußland veröffentlichte D. P. Russki im Jahre 1900 bereits seine „Theorie der Treibschrauben“.

In Amerika konstruierten zwei Wissenschaftler im Jahr 1897 ein Flugmodell, das sie später nach der Flugerprobung als Flugzeug bauen und fliegen wollten. Das wichtigste Problem war die Flugstabilität, d. h. die selbsttätige Einhaltung der normalen Fluglage, die im Experiment geprüft werden sollte.

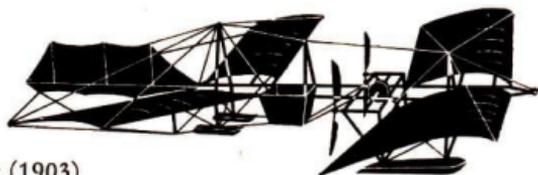


Bild 13  
„Aerodrom“ von  
Prof. Samuel P. Langley (1903)

Diese Versuche erstreckten sich von 1897 bis 1901. Die Ergebnisse veranlaßten die beiden Wissenschaftler, ein Flugzeug nach dem Vorbild des Modells zu bauen. Am 8. Oktober 1903 begannen die Flugversuche.

#### Wirkungsweise der V-Form (Bild 14)

In waagerechter Lage (linkes Bild) sind an beiden Tragflügelhälften gleichgroße Auftriebskräfte wirksam. Es herrscht Momentengleichheit. Bei einer Schrägstellung (rechtes Bild) wird die Momentengleichheit gestört und ein Drehmoment

$$M_d = F_1 \cdot s_1 - F_2 \cdot s_2$$

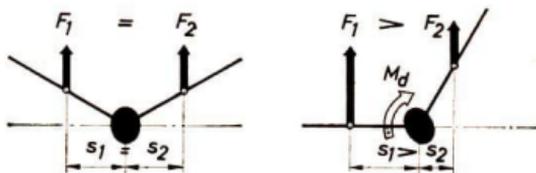


Bild 14

führt das Fluggerät in die waagerechte Lage zurück. Man bezeichnet die Eigenschaft eines Fluggerätes, nach einer Drehung um eine der drei Achsen wieder die normale Fluglage einzunehmen als Stabilität. Sie eignet sich nicht zur willkürlichen Veränderung der Fluglage.

Die notwendigen physikalischen Voraussetzungen waren sehr gründlich untersucht und in dem Flugzeug „Aerodrom“ verwirklicht worden. Die flugtechnischen Voraussetzungen waren nur unzureichend. Das Flugzeug besaß nur Höhen- und Seitensteuerung. Die waagerechte Lage sollte durch die von Cayley entwickelte V-Form erreicht werden. Eine Quersteuerung war demzufolge nicht vorhanden. Der Pilot besaß außerdem keine Flugerfahrung, so wie sie etwa Lilienthal sich angeeignet hatte.

Die insgesamt zwei Startversuche am 8. Oktober und am 8. Dezember 1903 schlugen fehl. Wenige Tage später wurde aber von anderen das von den Flugpionieren in allen Ländern erstrebte Ziel erreicht. Die Brüder Orville und Wilbur Wright waren am 17. Dezember 1903 in Nordkarolina an der Ostküste der USA nach einigen Luftsprüngen mit einem Motorflugzeug erstmals wirklich geflogen, und zwar eine Strecke von 252 Metern in 59 Sekunden Flugzeit. Das war der erste Motorflug in der Geschichte, der von einem Piloten ausgeführt wurde.

Seit dem Tode Lilienthals hatten sich die beiden Wrights, Inhaber einer Fahrradfabrik in Dayton (Ohio) mit dem Fliegen beschäftigt. Sie studierten die Schriften Lilienthals und vieler anderer, hatten Flugmethoden diskutiert und schließlich als erfahrene Metallarbeiter nicht nur Flugzeuge gebaut, sondern sie hatten mit diesen Geräten bis 1903 auch schon mehr als eintausend Gleitflüge von jeweils meist mehr als 200 Metern Strecke ausgeführt. Sie hatten Profile erprobt und sich eine Quersteuerung des Flugzeuges patentieren lassen.

*Die Quersteuerung des Wrightschen Flugzeuges erfolgte so ähnlich, wie sie auch von den Vögeln ausgeführt wird. Durch Herabziehen einer elastischen Flügelhinterkante am äußeren Ende des Flügels wurde erreicht, daß sich die Auftriebskraft dieses Flügelteils vergrößerte, und das Flugzeug wurde auf dieser Seite angehoben; es wurde um die Längsachse gedreht.*

Im Oktober 1905 legte Orville Wright in 38 Minuten eine Strecke von 45 Kilometern im Motorflug zurück. Die Entwicklung der Luftfahrt nahm damit ihren eigentlichen Anfang.

Durch Pressemeldungen wurde die Nachricht über die Rekordflüge der amerikanischen Fahrradfabrikanten verbreitet. Die Flugpioniere Europas blickten nach den USA. Aber auch die Industrieherrn begannen für die Luftfahrt Interesse zu zeigen; denn es war nun bewiesen, daß man mit Motorkraft über weitere Strecken und unabhängig von der Beschaffenheit des überflogenen Gebietes fliegen kann.

### *Widerstand*

Bei der Bewegung eines Körpers durch die Luft wirkt auf diesen eine Widerstandskraft  $F_W$ , die dessen Bewegung zu hemmen versucht. Die Ursache dieser Widerstandskraft liegt darin, daß die das Flugzeug umströmende Luft hinter diesem Wirbel bildet. Zur Bildung solcher Wirbel ist Energie notwendig, die aus der kinetischen Energie des sich bewegenden Flugzeuges stammt. Ein weiterer Teil dieses Widerstandes ist die Reibungskraft, die durch die an der Oberfläche des Flugzeuges haften bleibenden Luftschichten (siehe Grenzschicht, S. 57) auf das Flugzeug ausgeübt wird. Die Widerstandskraft  $F_W$ , die auf einen der Strömung ausgesetzten Körper wirkt, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Solche Faktoren sind:

Der Druck, in diesem besonderen Fall der Staudruck  $q$

Die Fläche, und zwar die Stirnfläche  $A_{St}$  des Körpers (größte Querschnittsfläche rechtwinklig zur Strömungsrichtung)

Die Form des Körpers, erfaßt durch einen dimensionslosen Koeffizienten, den Widerstandsbeiwert  $c_w$ .

Die Untersuchungen im Windkanal ergeben, daß zwischen der Widerstandskraft und dem Druck sowie der Fläche eine direkte Proportionalität besteht.

$$F_W \sim q, \quad F_W \sim A_{St}$$

Da andere Strömungserscheinungen nicht berücksichtigt werden, lautet die Formel für die Widerstandskraft

$$F_W = c_w \cdot q \cdot A_{St} \quad \text{oder} \quad F_W = c_w \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot A_{St}$$

Die Widerstandsbeiwerte  $c_w$  für die einzelnen Körperformen findet man in Tabellen<sup>1</sup>. Sie wurden in Versuchsreihen im Windkanal ermittelt.

<sup>1</sup> siehe Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau, Bd. 1; Meyer, Elementare Aerodynamik und Flugphysik, Fachbuchverlag 1955

Interessant ist der Verlauf der Entwicklung des Flugzeuges von diesem Zeitpunkt an. Die Wrights besaßen Patente auf ihr Flugzeug. Im Jahre 1906 flogen die Wrights überhaupt nicht, aber sie boten ihr Flugzeug zum Verkauf an. Der Preis, den sie forderten, war aber den Kriegsministerien der USA und Frankreichs zu hoch. Die Flugpioniere anderer Länder erzielten ihre ersten Flugfolge ohne die Wrightschen Erkenntnisse und Erfahrungen. Am 13. September 1906 flog der Brasilianer Alberto Santos-Dumont, ein Kaffeeplantagenbesitzer, auf dem Flugfeld von Bagatelle bei Paris erstmals in Europa 60 Meter weit. In den Jahren 1907/08 wurden Flugweiten von 700 Metern, der erste Kreisflug und dann bereits ein Streckenflug von 20 Kilometern erreicht. Die Flugzeuge wurden von den Brüdern Voisin und von Bleriot gebaut, die sich schon seit 1902 mit dieser Aufgabe beschäftigten. Die Flugzeugmotoren wurden von Leon Levavasseur, einem Ingenieur aus Cherbourg, gebaut. Es waren Motoren mit V-förmiger Anordnung der Zylinder und mit etwa 24 PS Leistung.

Unter solchen Umständen sahen die Brüder Wright bald ein, daß ihnen die Geheimhaltung ihres Flugzeuges und ihrer Flugtechnik geschäftlich eher schaden als nutzen würde. Sie kamen 1908 nach Europa, stellten neue Rekorde auf (123 km in 2 h 20 min) und bewiesen damit, daß sie nach wie vor die Entwicklung im Flugzeugbau und in der Flugpraxis bestimmten. Sie vergaben Nachbaulizenzen; in Paris und Berlin entstanden Wright-Flugzeugwerke. In den USA wurde daraufhin die Wright-Corporation of America gegründet. Hauptaktionäre der Gesellschaft waren Bankiers und Aufsichtsratsvorsitzende der größten Eisenbahngesellschaften, deren Geschäftstätigkeit sich zu dieser Zeit auf den Ausbau der durchgehenden Ost-West-Schienenverbindungen in den USA konzentrierte. Die Flugzeuge, die damals in den USA gebaut wurden, stammten im wesentlichen nur von Wright und Curtiss, der in Anlehnung an das Wrightsche Patent ebenfalls Flugzeuge entwickelte. In Europa wurde in den Flugzeugwerken von Voisin, Farman, Bleriot, Grade, Morane, Nieuport, Aviatik usw. ein Vielfaches der amerikanischen Flugzeugproduktion erreicht.

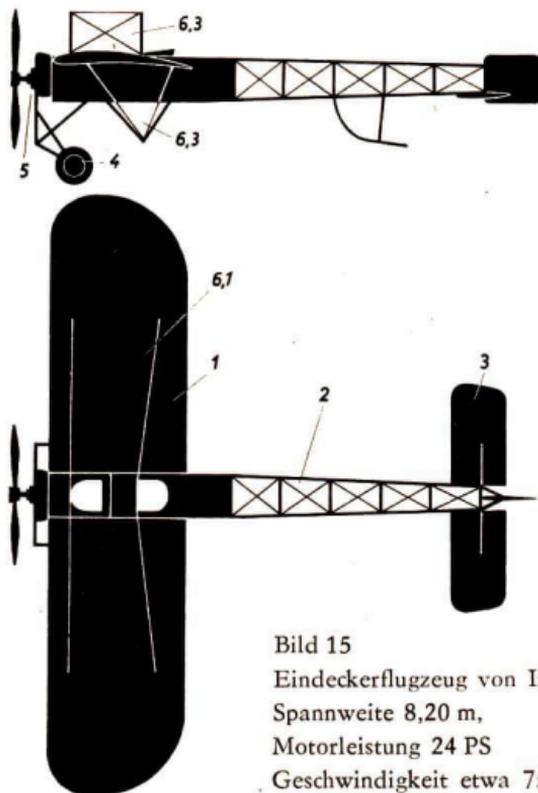


Bild 15  
 Eindeckerflugzeug von Ing. Louis Bleriot (1909)  
 Spannweite 8,20 m,  
 Motorleistung 24 PS  
 Geschwindigkeit etwa  $75 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

#### Flugzeugteile um 1910

1. *Tragflügel (linke und rechte Hälfte)*  
 Der Flügel bestand aus Holmen und Rippen. Der gesamte Flügel war mit Leinwand überspannt.
2. *Der Rumpf*  
 Er wurde aus Bambusstäben oder Stabrohr zusammengesägt und enthielt den Pilotensitz mit der Steueranlage. Am vorderen oder hinteren Ende war der Motor befestigt.
3. *Das Leitwerk*  
 Es besteht aus Höhenleitwerk, Seitenleitwerk und Querrudern.
4. *Das Fahrwerk*
5. *Das Triebwerk*
6. *Die Verspannung*  
 Mit zahlreichen Spannkabeln (6.1), Streben (6.2) und Spanntürmen (6.3) wurden Tragflügel, Rumpf und Leitwerk zueinander in der richtigen Lage gehalten.

In Europa kam es nach dem ersten bedeutungsvollen Fernflug durch Louis Bleriot, der am 25. Juli 1909 in 32 Minuten von Calais nach Dover flog, zu einer schnellen Entwicklung des Flugzeugbaues, zumal auch verschiedene Wissenschaftler schon eine Reihe von aerodynamischen Gesetzmäßigkeiten erforscht hatten.

Der Flug Bleriot, die vorangegangenen und die nachfolgenden Rekordflüge, bei denen bis zum Jahre 1914 Flugstrecken von 1400 km, Geschwindigkeiten von  $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  und Flughöhen von mehr als 8000 m erreicht wurden, sind bereits nicht mehr nur das Ergebnis der Flugzeugbauer und Praktiker. Von ihnen wurde die Form des Flugzeuges geschaffen, die heute allein dominiert, der Eindecker mit hinten liegendem Leitwerk.

Von den Praktikern wurden auch verschiedene Anordnungsformen der Triebwerke (Zug-, Druckschraube, Tandemtriebwerke) und Fahrgestellformen (Kufen, Vielrad-, Bugrad-, Spornfahrwerk) und die Steuerung des Flugzeuges mit Höhen-, Seiten- und Querruder erprobt; die eigentliche Entwicklungsarbeit leisteten in dieser Zeit jedoch bereits, etwa ab 1905, die Wissenschaftler, die als erstes Untersuchungen über die Auftriebskraft verschiedener Tragflügelprofile anstellten. In Rußland fand N. J. Shukowski bei seinen Windkanalmessungen verschiedener Profile und der nachfolgenden theoretischen Untersuchung eine allgemeingültige Gleichung für die Auftriebskraft.

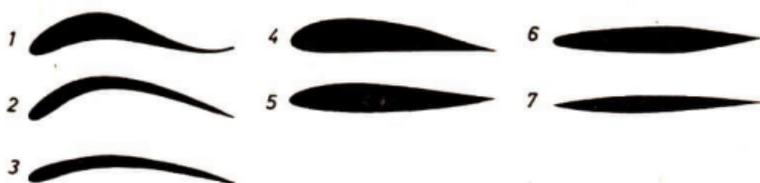


Bild 16 Verschiedene Profilformen und Flugzeugprofile für verschiedene Geschwindigkeiten

- |  |   |
|--|---|
| 1. Vogelflügelprofil                           | 5. $300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1935)  |
| 2. Käferflügelprofil                           | 6. $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1940)  |
| 3. $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1910)  | 7. $1600 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1960) |
| 4. $150 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (1925) |   |

## Tragflügelprofil

Der Querschnitt einer in der Luftströmung liegenden Fläche wird als Profil bezeichnet. Die Bahnen, auf denen die einzelnen „Luftteilchen“ das Profil umströmen, werden Stromlinien genannt. Infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeit der Luftteilchen in den einzelnen Stromlinien und an den verschiedenen Stellen über der Länge des Profils wirkt nach dem Bernoullischen Gesetz an der Oberseite des umströmten Profils Unterdruck gegenüber dem Druck in der umgebenden Luft, und an der Unterseite wirkt ein Überdruck.

Diese Druckerscheinungen führen dazu, daß auf das Profil eine Kraft wirkt, die als Auftriebskraft  $F_A$  bezeichnet wird. Der Angriffspunkt dieser Kraft, der Druckpunkt, liegt in etwa  $0,3 t$  von der Profilnase aus gemessen (Bild 17).

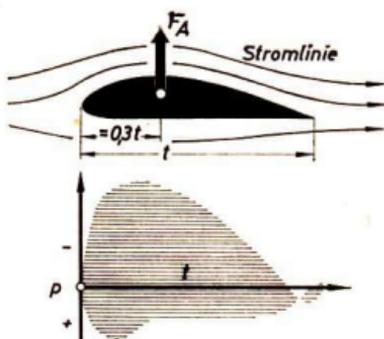


Bild 17

Von Shukowski stammt auch eine Methode, mit mathematischen Hilfsmitteln entsprechend einer geforderten Auftriebskraft das dazugehörige Profil in seiner Form zu bestimmen. Shukowskis Arbeit „Theoretische Grundlagen der Luftfahrt“ wurde 1911 veröffentlicht. Dieses Werk wurde zu einem wichtigen Ratgeber bei der Lösung aerodynamischer Aufgaben.

Diese theoretischen Grundlagen benutzte der russische Ingenieur Jegor Sikorsky. Er entwickelte in den Jahren 1912/13 im Auftrage der zaristischen Heeresverwaltung die ersten Großflugzeuge der Welt. Mit einem dieser Flugzeuge wurde mit 6 Fluggästen an Bord eine Flugzeit von 6,5 Stunden erreicht. Diese Flugzeuge waren als Kampf- und Bombenflugzeuge besonders geeignet, weil sie ein Zuladungsvermögen von etwa 1000 kg hatten.

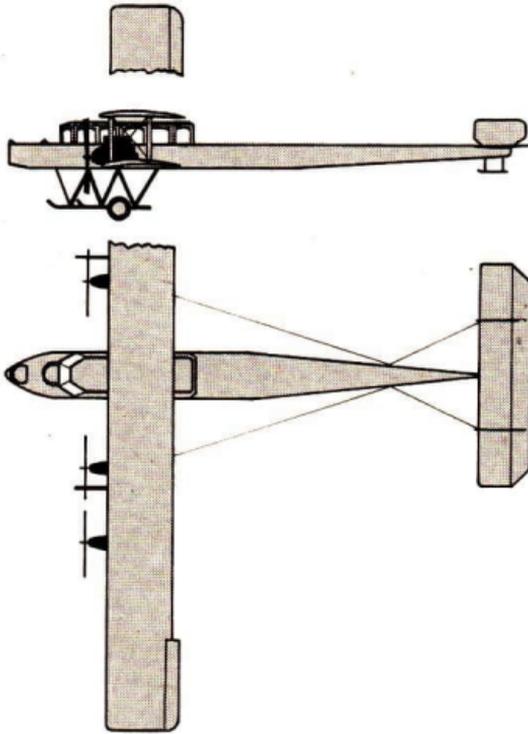


Bild 18 Großflugzeug „Ilja Muromez“ von Jegor Sikorsky (1914)

Spannweite 28,2 m

Reichweite 400 km

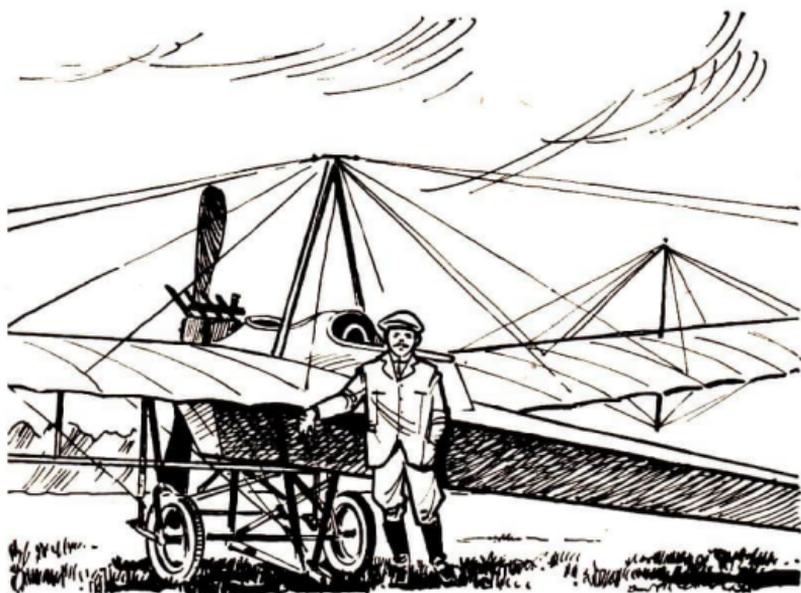
Flugmasse 4 200 kg

Geschwindigkeit 90 km · h<sup>-1</sup>

Motorleistung 450 PS

Passagiere 6

In den anderen Ländern in Europa und Amerika wurde von den Auftraggebern und den die Entwicklung beeinflussenden Kriegsministerien die Forderung nach kleinen Flugzeugen durchgesetzt, die als schnelle Jagdflugzeuge oder langsame Beobachtungsflugzeuge eingesetzt werden konnten. Zu einer Entwicklung von Großflugzeugen, vor allem für zivile Zwecke, kam es nicht, obwohl das technisch und wissenschaftlich schon seit etwa 1912 möglich war. Großflugzeuge wurden erst während des 1. Weltkrieges gebaut und als Bombenflugzeuge z. B. bei Angriffen auf Städte wie London eingesetzt.



## 6. Die Flugzeugindustrie entsteht

*Hellmuth Hirth war vor dem ersten Weltkrieg einer der bekanntesten deutschen Piloten und Inhaber mehrerer deutscher Flugrekorde. Während eines Aufenthaltes in England hörte er um 1908 von den ersten Flugerfolgen Wrights, Santos-Dumonts und Farmans. Wie er Flieger wurde, darüber berichtet Hirth folgendermaßen<sup>1</sup>: „Bei Herrn Euler hatte ich zum ersten Mal Gelegenheit, einen wirklichen Flugapparat zu sehen. Allerdings zuerst nur durch die Löcher in einer riesigen Kiste. Mit großer Sorgfalt und einer gewissen Feierlichkeit wurde dann das wohlverpackte Flugzeug aus seinem Gefängnis befreit. Aber nun begann eine wenig glückliche Zeit. Viele schwere Stunden wurden zugebracht, um das Flugzeug zum Fliegen zu bringen, das sich jedoch mit dem beigegebenen Antoinette-Flugmotor unmöglich über den Erdboden erheben konnte. Leider hatte ich*

<sup>1</sup> Leicht gekürzt aus „20000 Kilometer im Luftmeer“ von Hirth 1913

nie Gelegenheit, mit dem Voisin-Flugzeug zu fliegen, da Euler alle Versuche selber unternahm, so daß mein eigentlicher Drang und auch mein ursprünglicher Lehrzweck bei August Euler unbefriedigt blieb. Ich trennte mich daher von August Euler 1909.

Ich hörte vom Etrich-Eindecker in Wiener Neustadt und fuhr dorthin. Etrich sagte mir, daß er mir die Vertretung für Deutschland nicht mehr übergeben könne, da diese bereits Herr Rumpler in Berlin übernommen habe, ich möchte mich als Deutscher an diesen wenden. Kurze Zeit darauf war ich schon bei Herrn Rumpler, und wir wurden noch am selben Tage einig, daß ich bei ihm als Flieger eintreten solle. Ich begab mich wieder nach Wiener Neustadt, um Flugschüler zu werden. Das war im Januar 1911.

Meine Ausbildung in Wiener Neustadt begann gleich am Tage meiner Ankunft mit einem Fluge als Passagier des Fluglehrers Illner von fünf Minuten Dauer. Es war ein schöner Tag bei  $-6^{\circ}\text{C}$ . Als ich im ganzen in zwei Flügen etwa 14 Minuten als Passagier mit Illner geflogen war, sagte er mir, ich soll nun einen Hupfer geradeaus machen. Bei Objekt 48 sei eine gute Landestelle. Ich bestieg den Eindecker, den vierten Apparat, den Etrich gebaut hatte. Ich setzte mich voll großen Vertrauens auf die Maschine und gab Vollgas.

Ehe ich mich recht versah, war ich 40 Meter hoch. Ich drückte nun das Höhensteuer abwärts. Doch vergebens, die Maschine stieg immer noch. Ich sagte mir nun, so kommst du nie herunter und drosselte den Motor. Nun ging es schön sanft abwärts. Die Gasdrossel wurde von einer starken Feder immer in Stellung Vollgas aufgezo-gen, und ich mußte deshalb zum Drosseln des Motors immer mit der einen Hand den Hebel festhalten. Kurz vor dem Boden wollte ich aber beide Hände nehmen, um zu landen und ließ die Gasdrossel los. Der Vergaser schnappte sofort wieder auf Vollgas, und es ging wieder hoch.

Natürlich war ich längst über das Ziel hinausgeflogen, und ich sah mich genötigt, eine Kurve zu fliegen. Eine Rechtskurve einsetzend, kam ich dann auch sehr schön auf das Feld zurück.

*Ich machte zwar mit dem Seitensteuer einige verkehrte Bewegungen, doch die Maschine bekümmerte sich nicht viel darum. Jedenfalls kam ich trotz allem gut auf das Flugfeld zurück. Nach dem vierten Flug sagte mir mein Fluglehrer: 'Ich kann Sie nichts mehr lehren, Sie können ruhig nach Berlin fahren.' Hier in Berlin hatte der Flieger der Rumpler-Gesellschaft bisher wenig Erfolg, er war mit seinen 95 kg für den damaligen Apparat mit 50 PS viel zu schwer. Mir gelang es bereits nach acht Tagen, gute Flüge zu erzielen, und am 11. März 1911 legte ich die erste Flugzeugführerprüfung ab."*

---

Wenige Jahre nach der Jahrhundertwende gab es neben der Luftschiffahrt bereits die ersten Erfolge mit Flugzeugen.

Nachstehend soll die Entwicklung des Flugzeuges in Deutschland gezeigt werden. Die Fluggpioniere entwickelten die Flugzeuge anfangs noch unbeachtet von den Industriekonzer-  
nen, bis die ersten Erfolge sichtbar wurden. Sie bauten in kleinen Schuppen ein Flugzeug nach dem anderen. Die Bauzeit betrug meist mehrere Wochen, da diese Flugzeugbauer und -konstrukteure nur wenige Hilfskräfte beschäftigen konnten und weil sie gleichzeitig als Fluglehrer die Käufer ihrer Flugzeuge als Piloten ausbilden mußten. Unter diesen Bedingungen mußten sich die Fluggpioniere als kleine Privatunternehmer zu-  
meist mit einfachen handwerklichen und technischen Problemen auseinandersetzen. Die meisten konnten nicht neue Erkenntnisse erforschen oder anwenden. Deshalb stockten sehr bald nach den ersten Flugerfolgen der Flugzeugbau und die Entwicklung des Flugzeuges.

Jene Zeit war erfüllt von den sich immer mehr zuspitzenden Widersprüchen zwischen den imperialistischen Staaten Europas und insbesondere Deutschlands Streben um die Neuverteilung der Welt. Von Anfang an stand die gerade entstehende Flugzeugindustrie im Interesse der Kriegsvorbereitungen. Das Flugzeug als Verkehrsmittel wurde zu einer Kriegsmaschine umgewandelt und war der Gesellschaft in diesem Zeitabschnitt nicht mehr von Nutzen.

## Die Entwicklungsphasen des Flugzeugs

	800 v. Z.	um 1500	um 1800
Beispiel			
Fluggeräte	Vogelkleid „Ikarus“	Schwingen- flugapparat Leonardo da Vinci	Flugmodell mit starren Flügeln Sir G. Cayley
Stand der Entwicklung	Sagen	Projekt	Experiment
Stand der Wissenschaft und Technik	Keine klaren Vor- stellungen vom Prinzip des dynami- schen Auftriebs und des Fliegens. keine entsprechende Technik	erste Vorstellungen vom Flugvorgang. Studium der Flug- bewegungen an Tieren, ungenü- gend entwickelte Technik	Gleitflüge mit Modellen, stabile Fluglage, einfache handwerk- liche Vorausset- zungen
Umfang der Entwicklung	—	Einzelperson	einzelne Wis- schaftler, Einsatz der Erkenntnisse vieler anderer Wissenschaftler

um 1895	um 1910	um 1935	um 1970
			
Hängeleiter ohne bewegliche Leitwerkeile O. Lilienthal	Motorflugapparat mit beweglichem Leitwerk, Motor mit Luftschaube, Fahrgestell O. u. W. Wright	Verkehrsflugzeug mit Kolbenmotor und Luftschaube, geschlossene Kabine	Hochgeschwindigkeitsflugzeug mit Gasturbinen und Strahltriebwerk
Erprobung	Übung, militärischer Einsatz	wirtschaftliche Nutzung, militärischer Einsatz	
Gleitflüge mit Richtungsänderungen, primitive Steuerung, erste Erfahrungen im Bau von leichten und festen Flugapparaten	Flüge mit Motortriebwerken, einfache Serienfertigung, Holzbauweise	Luftverkehr, Luftrüstung, Großserien in Leichtmetallbauweise	Überschall-Verkehr, Verwendung von Stahl
einzelne Wissenschaftler mit wenigen technischen Hilfskräften	Wissenschaftler und Unternehmer mit Fabrikarbeitern	einzelne Industrieunternehmen mit umfangreichem Stamm von Arbeitern, Technikern und Wissenschaftlern	Industriezweig mit staatlich geleiteter Forschung, Entwicklung und Produktion, Kooperation vieler weiterer Industriezweige

Einer derjenigen, der aus dem Flugzeugbau vor und vor allem während des Weltkrieges ein Geschäft zu machen verstand, war der Unternehmer Edmund Rumpler in Berlin. Er gliederte 1908 seinem Reparaturbetrieb eine Flugzeugbauabteilung an und ließ dort „zu mäßigen Preisen“ (mit entsprechendem Aufschlag) Flugzeuge nach den Entwürfen vermögender Herrenflieger bauen. So umging er geschickt die Gefahr, sich mit einer eigenen Flugzeugfehlkonstruktion in Mißkredit zu bringen und konnte trotzdem von seinen Arbeitern Flugzeugbauererfahrungen sammeln lassen. Im Jahre 1909 gründete Ing. Rumpler die Rumpler-Luftfahrzeugbau-GmbH. Wenig später begann der Bau des damals sichersten Flugzeuges, der Taube. Die Konstruktion stammt von dem Österreicher Etrich, der den Grundgedanken dazu von dem Hamburger Professor Ahlborn erhalten hatte. Rumpler schloß mit Etrich einen Nachbauvertrag, zahlte aber dann keine Lizenzgebühren. Er führte gegen

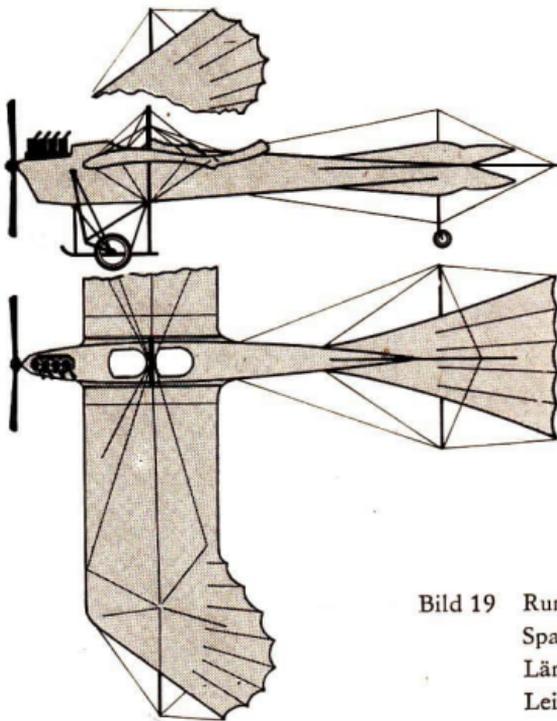


Bild 19 Rumpler-Taube  
 Spannweite 14,0 m  
 Länge 10,3 m  
 Leistung 65 PS

den österreichischen Konstrukteur Etrich das Argument ins Feld, daß das System der Taube bereits um 1897 von Professor Ahlborn öffentlich beschrieben worden wäre und er deshalb laut deutschem Patentgesetz keine Lizenzgebühren zu bezahlen brauche.

Etrich hatte im Jahre 1899 von Prof. Ahlborn in Hamburg die Grundidee erläutert bekommen, wonach ein Profil mit S-förmig gekrümmter Profilmittellinie eine stabile Fluglage gewährleistet. Etrich hatte sich bereit erklärt, wenn sich die Ahlbornschen Erkenntnisse in einem Flugzeug anwenden lassen, daß er diesen am Ergebnis des Erfolges beteiligen wolle. Etrich hielt sein Versprechen nicht, wurde aber selbst wiederum das Opfer des ebenso skrupellosen Unternehmers Rumpler.

Nachdem eine ganze Reihe von flugfähigen und verhältnismäßig flugsicheren Flugzeugen gebaut und nachdem die ersten beachtlichen Flugleistungen erreicht worden waren, begannen verschiedene größere Industrieunternehmen mit dem Flugzeugbau.

Die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (AEG) und der Gothaer Waggonbau sind solche Betriebe gewesen. Aber es wurden nun auch viele Flugzeugfabriken ganz neu gegründet, denn der Flugzeugbau versprach zu diesem Zeitpunkt bereits Profit.

Für das Kriegsministerium wurden von den Flugzeugwerken, die zu diesem Zeitpunkt bereits von großen Konzernen finanziert wurden, Flugzeuge kostenlos zur Verfügung gestellt, und die Ausbildung von Offizieren zu Piloten wurde ebenfalls kostenlos vorgenommen. Es wurden Rundflüge in Deutschland durchgeführt, um die Einsatzfähigkeit der Flugzeuge zu beweisen. Bei solchen Rundflügen mußten aber an jedem Etappenort möglichst alle wichtigen Flugzeugteile als Ersatzteile deponiert werden, da die Flugzeuge damals noch nicht großen Belastungen standhielten. Die Teilnahme an einem Rundflug war also sehr kostspielig. Unter diesen Umständen setzten sich im Laufe weniger Jahre die finanzkräftigsten Flugzeugfirmen durch. Viele Flugzeugkonstrukteure unterlagen diesem Konkurrenzkampf und nahmen ihre Arbeit in den großen Flugzeugbau-

Firmen auf. Die heroische Zeit der Flugpioniere, wo viele zugleich Konstrukteur, Unternehmer und Pilot waren, ging damit zu Ende. Die Rolle der Kleinproduzenten wurde im Flugzeugbau durch die industriellen Großunternehmen übernommen.

Die Bemühungen der Flugzeugfirmen waren vorerst noch hauptsächlich darauf gerichtet, vom Staat in größerem Umfang finanzielle Unterstützung zu erhalten. Dieses Ziel war zu diesem Zeitpunkt nur zu erreichen, wenn das Wirken der Luftfahrtindustrie den Interessen des kaiserlichen Deutschland entsprach, wobei man berücksichtigen muß, daß der Staat der Interessenvertreter der Konzernherren, Bankunternehmer und Großgrundbesitzer war. In den anderen imperialistischen Staaten ging die Entwicklung der Luftfahrt den gleichen Weg.

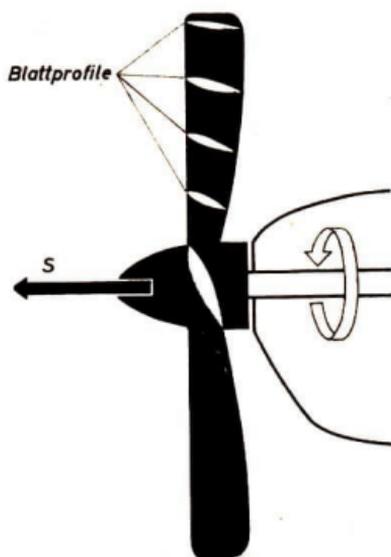
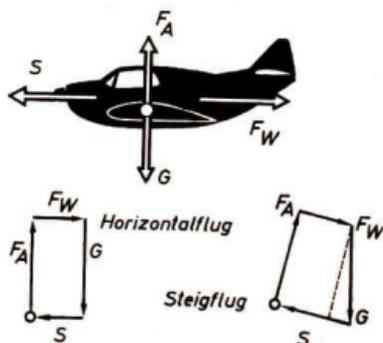


Bild 20 Luftschraube  
und Stellung der Blattprofile

### *Luftschraube*

*Sie besteht aus zwei oder mehreren Schraubenblättern, die ein tragflügelähnliches Profil haben. Durch die Drehung der Luftschraube werden die Schraubenblattprofile umströmt, und es entsteht eine in Richtung der Luftschraubenachse wirkende Kraft, die den Schub  $S$  für das Flugzeug darstellt (Bild 20). Bei modernen Luftschrauben kann der Anstellwinkel der Blattprofile während des Fliegens verändert werden.*

Bild 21 Zusammenwirken der Kräfte beim Horizontalflug und beim Steigflug



Die horizontale Bewegung als Gleichgewichtszustand eines Flugzeuges kommt durch das Zusammenwirken mehrerer Kräfte zustande. Die bei der Bewegung des Flugzeuges wirkende Widerstandskraft erfordert eine gleichgroße, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft. Man bezeichnet sie als Vorschubkraft  $S$ . Die Vorschubkraft  $S$  wird mit Hilfe des Flugzeugtriebwerkes, aus der kinetischen oder aus der potentiellen Energie des Flugzeuges zur Verfügung gestellt. Ist die Vorschubkraft größer als die von der Geschwindigkeit abhängige Widerstandskraft, dann kann das Flugzeug beschleunigt oder zum Steigen gebracht werden, bis wieder Kräftegleichheit eingetreten ist. Die Vorschubkraft ist eine in Bewegungsrichtung gerichtete Größe.

So wurde die Luftfahrt, weil sie in die Zeit der imperialistischen Expansionsbestrebungen hineinfiel, in militärische Richtung gelenkt. Die zivile Luftfahrt wurde in den Hintergrund gedrängt. Das Flugzeug wurde als Kriegsmaschine betrachtet und ausschließlich für diesen Zweck vervollkommenet.

August Euler ließ sich 1910 den Einbau eines Maschinengewehrs in das Flugzeug patentieren. Im gleichen Jahr wurde in Döberitz eine Militärflugstation eingerichtet, obwohl es in Deutschland insgesamt kaum ein Dutzend Flugzeuge gab und deren Flugleistungen dazu auch noch sehr zu wünschen übrig ließen. Von der Inspektion der Verkehrsgruppen wurden gleichzeitig die ersten Bedingungen für Militärflugzeuge aufgestellt.

Nachdem 1911 erstmals mehrere Piloten mit einem Albatrosflugzeug MZ 1 an Manövern des kaiserlichen Heeres teilgenommen hatten und die Vorteile der Luftaufklärung, aber auch

die Nachteile der noch beängstigend schwachen Flugmotoren zutage getreten waren, stiftete im Januar 1912 der deutsche Kaiser einen Preis von 50 000 Mark für die Entwicklung neuer Flugmotoren.

Zu diesem Zeitpunkt trat der Vertreter des inzwischen gegründeten Deutschen Luftfahrerverbandes August Euler an seinen ehemaligen Flugschüler, den Prinzen von Preußen, heran.

### *Auftrieb*

*Um den Flugzustand eines Flugzeuges herbeizuführen, muß eine dem Fluggewicht entgegengesetzt gerichtete Kraft, die Auftriebskraft  $F_A$ , am Flugzeug wirken.*

*Die Auftriebskraft wird am Tragflügel durch die Umströmung des Profils und die damit verknüpften Strömungserscheinungen erzeugt. Es entsteht über dem Profil ein Unterdruck, unter dem Profil ein Überdruck gegenüber dem Druck in der ungestörten Strömung der umgebenden Luft. Unterdruck und Überdruck erzeugen Luftkräfte am Tragflügel, die sich wie etwa 2 : 1 verhalten und die Auftriebskraft  $F_A$  ergeben.*

*Die Auftriebskraft  $F_A$ , die auf einen der Strömung ausgesetzten Profilkörper wirkt, ist wie die Widerstandskraft von verschiedenen Faktoren abhängig. Solche Faktoren sind:*

*Der Staudruck  $q$*

*Die Fläche  $A$ , und zwar aus rechnerischer Zweckmäßigkeit die tragende Fläche, an der die Auftriebskraft wirkt,*

*die Form und der Anstellwinkel des Profils, erfaßt durch einen dimensionslosen Koeffizienten, den Auftriebswert  $c_a$ .*

*Die Formel für die Auftriebskraft lautet:*

$$F_A = c_a \cdot q \cdot A \quad \text{oder} \quad F_A = c_a \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot A$$

*Die Auftriebsbeiwerte  $c_a$  für die verschiedenen Profilformen findet man in Tabellen. Sie wurden in Versuchsreihen im Windkanal ermittelt. Diese Beiwerte können nicht rechnerisch ermittelt werden.*

Der Verband wünschte finanzielle Unterstützung auch für den Flugzeugbau. So kam es dazu, daß der Prinz die Vermögensverhältnisse des Kaiserhauses kurz überschlug und entschied: Seine Durchlaucht, der Prinz, haben kein Geld, aber er wird

eine Nationalflugspende ausschreiben; man muß dem patriotisch erzogenen deutschen Volk ein Ziel zeigen; denn „das deutsche Flugzeug soll in jedem Augenblick bereit und imstande sein, zu erfüllen, was das Gebot der Stunde von ihm fordert“, äußerte der Prinz in starkem Kaiserdeutsch.

Die deutschen Luftfahrtindustriellen und die herrschenden Kreise in Deutschland hatten richtig gerechnet: Das deutsche Volk spendete fast 7,5 Millionen Mark in dem Glauben, damit allen Menschen zu zeigen, wie man die Technik zum Wohle aller unterstützen kann. So kamen die Mittel zur Finanzierung des deutschen Militärflugzeugbaues zusammen.

In den Jahren bis 1914 hatte die deutsche Flugzeugindustrie eine Entwicklung durchgemacht, die es gestattete, Flugzeuge in größerer Stückzahl in Serie zu bauen. Von seiten der Flugzeugfirmen wurde im Interesse einer ohne Unterbrechungen laufenden Serienproduktion, vor allem aber um eines hohen Profites willen die Weiterentwicklung des Flugzeuges vernachlässigt. Solche Aufgaben lösten zu dieser Zeit nur einige wenige Wissenschaftler, die an einigen Instituten tätig waren.<sup>1</sup>

In Deutschland hatte Prof. Dipl.-Ing. Hugo Junkers in Aachen eine eigene Forschungsstätte eingerichtet. Bereits im Jahre 1910 ließ er sich zwei richtungweisende Erfindungen patentieren: ein Nurflügelflugzeug und die Ganzmetallbauweise für freitragende (ohne äußere Verspannung) Flügel.

Diese beiden Erfindungen enthielten die Möglichkeit, Flugzeuge fester als bisher üblich und vor allem widerstandsärmer zu bauen. Trotz dieser offensichtlichen Vorzüge blieb der Flugzeugbau vorläufig bei der konventionellen Fachwerkbauweise in Holz und Bambus mitsamt der Stahldrahtverspannung der einzelnen Flugzeugteile. Eine Umstellung von Holz auf Metall als Flugzeugbauwerkstoff hätte eine völlig neue Ausrüstung der Betriebe mit Maschinen, Werkzeugen und Vorrichtungen und die Ausbildung von Facharbeitern bedeutet. Am Vorabend des ersten Weltkrieges waren dazu die Flugzeugindustrie und das deutsche Kriegsministerium nicht bereit.

<sup>1</sup> Der Deutsche Luftfahrerverband schätzte für 1912 die Bedeutung der Forschung in der Luftfahrt so ein, daß er ihr ungefähr 2% aller der Luftfahrt zur Verfügung stehenden Gelder zubilligte

Außerdem hätte wahrscheinlich die Bereitstellung der erforderlichen Halbfabrikate wie Leichtmetall und Stahlfeinbleche unüberwindbare Schwierigkeiten bereitet.

Das erste Ganzmetall-Flugzeug nach seinem Patent konnte Junkers in seiner Dessauer Rüstungsfabrik 1915 bauen lassen und der Inspektion der Fliegertruppe vorführen. Anlaß für diese Verzögerung war vor allem der während des Krieges eingetretene Materialmangel an Bambus und Leinwand für die Flügelbespannung.

Welchen technischen Fortschritt die neue Bauweise ermöglichte, das zeigte dieses erste Ganzmetallflugzeug J-1. Es erreichte mit einem 120-PS-Motor bei einer Flugmasse von 1020 kg eine Geschwindigkeit von  $170 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  und war damit schneller als Vergleichsflugzeuge gleicher Größe, aber geringerer Masse, die mit stärkeren Motoren ausgerüstet waren. Die durchgehende Einführung der Metallbauweise in den Flugzeugbau wurde aber durch den Krieg verhindert. Es gab nicht genügend Material, keine Maschinen zur Bearbeitung und zu wenig Facharbeiter.

*Einen ganz beaeutenden Beitrag zur Luftfabrtforschung lieferte in der Zeit von 1904 bis 1917 der Leiter der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen, Prof. Dr. Ludwig Prandtl.*

*In dem von ihm geleiteten Institut wurden theoretische Untersuchungen für den Flugzeugbau ausgeführt. Damals versuchte man zwei Probleme zu lösen. Diese waren:*

- 1. Warum weichen Windkanal-Meßergebnisse verschiedener Institute sehr oft wesentlich voneinander ab?*
- 2. Wie entsteht die Widerstandskraft?*

*Bei der Untersuchung des zweiten Problems studierte Prof. Prandtl die Strömungsverhältnisse um Körper. Bisher konnte man wohl sagen, daß an einem umströmten Körper eine Widerstandskraft wirkt, aber es ließ sich mit den damaligen Erkenntnissen theoretisch nicht beweisen; denn nach einem allgemeinen Gesetz fließen alle auf einen Körper zuströmenden Teilchen hinter diesem auch wieder ab. Der Satz von der Erhaltung der Energie fordert aber den Nachweis, woher die Energie stammt, die sich in der Widerstandskraft und dem Weg der Stromteilchen entlang dem umströmten Körper äußert. Mit empfindlichen Meß-*

geräten, Prof. Prandtl erfand hierzu den Staudruckmesser, wurden in Göttingen die Energieverhältnisse an umströmten Körpern gemessen, und wie schon lange vermutet, konnte nachgewiesen werden, daß die Geschwindigkeitsverteilung an einem umströmten Körper sehr unterschiedlich ist (Bild 22 a). Die wandnahe Schicht  $\Delta s$  des strömenden Mediums, die eine geringere Geschwindigkeit als die weit entfernt vom Körper auftretende Geschwindigkeit besitzt, bezeichnete Prandtl als Grenzschicht (22 b). Das Entstehen der Geschwindigkeitsabweichung in der Grenzschicht führte Prandtl auf die Reibung zwischen Körperoberfläche und strömendem Medium zurück. Ursache der Reibung ist die Zähigkeit des Mediums. Außerhalb der Grenzschicht betrachtet man die Strömung theoretisch als reibungsfrei (ideale Strömung). Mit Hilfe der Grenzschichttheorie kann der Widerstand an umströmten Körpern erklärt werden.

Infolge der Reibung werden die wandnächsten Stromschichten abgebremst. Die wandferneren Schichten überholen sie und werden dabei in den von der wandnäheren Stromschicht noch nicht erfüllten Raum am hinteren Ende des Körpers (Bild 22 a) hineingezogen. Es bildet sich am Körperende in der Grenzschicht eine Rückwärtsströmung mit der Geschwindigkeit  $-v$  und damit ein Wirbel (Bild 22 c), dessen Energie aus der Energie des strömenden Mediums oder des in einem ruhenden Medium bewegten Körpers stammt. Der Wirbel wird im nächsten Augenblick fortgetragen und durch einen neuen ersetzt. Die Energie der Wirbel ist außerordentlich groß. Bei Nichteinhalten eines Sicherheitsabstandes z. B. von mehreren Kilometern sind schon oft Sportflugzeuge beim Landeanflug durch die hinter landenden Verkehrsflugzeugen auftretenden Luftwirbel abgestürzt.

Nachdem von L. Prandtl die Grenzschicht erkannt worden war, ergab

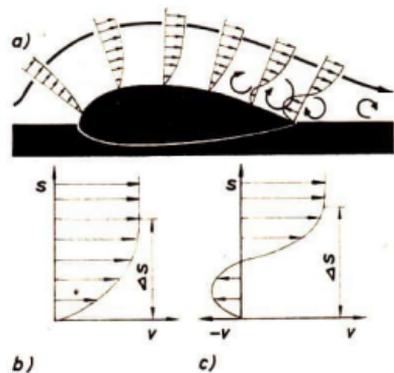


Bild 22

sich aus deren Besonderheiten die Möglichkeit, verschiedene Erscheinungen zu deuten bzw. neue Untersuchungen anzustellen.

Diese Untersuchungen wurden durch den ersten Weltkrieg sehr verzögert und erst 1917 zu einem gewissen Abschluß gebracht. Die Eigenschaft der Grenzschicht, eine Wirbelbildung hervorzurufen, führte zu der Fragestellung, ob nicht die Länge der Grenzschicht, in der die Strömung abgebremst wird, Einfluß auf den Wert von  $c_w$  und damit auf die Widerstandskraft hat, die bisher von verschiedenen Instituten für einfache Profilkörper wie Kugel oder Tropfenkörper als ganz verschieden groß ermittelt worden waren. Dadurch war bisher die Anwendung der in den Instituten gemessenen Werte für  $c_a$  und  $c_w$  auf Beispiele aus der Praxis, also bei der Konstruktion von Flugzeugen, unmöglich gewesen.

Unter Anwendung eines um 1883 von Reynolds entdeckten Modellgesetzes über die mechanische Ähnlichkeit der Umströmung eines Körpers und mit vielen Versuchsreihen fand Prandtl bis zum Jahre 1917 einen wichtigen Unterschied in der Umströmung von Körpern. Das Gesetz von Reynolds lautet in vereinfachter Form:

$$v_1 \cdot l_1 = v_2 \cdot l_2$$

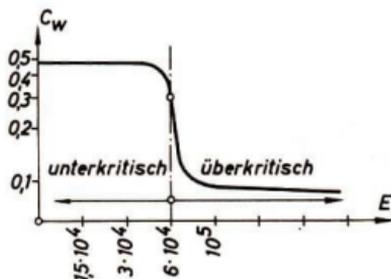
wobei der Ausdruck  $E = v \cdot l$

als Kennwert bezeichnet wird. Er hängt demnach ab von der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  und der Länge  $l$  des umströmten Körpers. Erst nachdem Prandtl diesen Kennwert bei seinen Windkanalmessungen konstant hielt, ergaben sich immer wieder die gleichen Meßwerte. Prandtl formulierte daraus, daß bei zwei unterschiedlich großen Profilen bei sonst gleicher geometrischer Form erst dann die Meßwerte gleich sind, wenn das Reynoldsche Gesetz eingehalten wird.

Bei seinen Untersuchungen, die Prandtl während des Krieges fast ganz allein auf sich gestellt und nur neben verschiedenen militärisch wichtigen flugtechnischen Aufgaben betreiben konnte, mußte er sich immer wieder damit auseinandersetzen, daß die Meßwerte bei verschiedenen Kennwerten ganz außerordentlich unterschiedlich waren.

Der Widerstandsbeiwert einer Kugel hatte z. B. im Bereich der Kennwerte von  $7\,000\text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  bis etwa  $3\,000\,000\text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  einen kaum veränderlichen Wert für  $c_w \approx 0,48$  ergeben. Als Prandtl diese Meßreihe über den Kennwert  $E \approx 3\,000\,000\text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  hinaus fortsetzte, sank der Widerstandsbeiwert plötzlich auf den etwa sechsten Teil, d. h. bei  $E > 3\,000\,000\text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  wurde  $c_w \approx 0,08$  (Bild 23). Dieses Phänomen veranlaßte zur weiteren Untersuchung der Strömungserscheinungen, und Prandtl führte die Begriffe „unterkritischer Bereich“ und „überkriti-

Bild 23 Widerstand im unterkritischen und im überkritischen Bereich



scher Bereich“ in die Strömungslehre ein. Eine weitere Folgerung daraus war, daß von nun an alle Meßreihen besonders im überkritischen Bereich durchgeführt und für Flugzeuge nach dem Reynoldscen Gesetz die Bedingung

$$E_{\text{Flzg}} > E_{\text{unterkritisch}}$$

gefordert wurde, um möglichst günstige Widerstandsbedingungen während des Fluges zu erreichen.

An die Flugzeuge wurden während des Krieges immer mehr Geräte wie Maschinengewehre, Fotokameras, Bombenaufhängungen, offene Sitze usw. angebaut, durch die die Widerstandskraft am fliegenden Flugzeug ständig zunahm. Die Flugzeugkonstrukteure hatten jedoch keine Zeit, die Flugzeuge aerodynamisch so zu entwickeln, daß diese dem neuesten Stand der Wissenschaft, speziell der Aerodynamik, entsprachen. Die Flugleistungen wurden deshalb bei zwar immer stärkeren Flugmotoren ständig geringer als sie hätten sein können, wenn die Zeit für eine friedliche, planmäßige Entwicklung von Flugzeugen vorhanden gewesen wäre.

Prandtl's Forschungen blieben stecken, obwohl er sich kurz vor der Lösung eines Problems befand, die dann erst etwa 25 Jahre später die Einleitung des Fliegens mit Überschallgeschwindigkeit bringen sollte. Die geringe Bedeutung, die man der Luftfahrtforschung damals, im besonderen während des Krieges, zuschrieb, wirkte sich als ein Hemmnis für die Entwicklung der Luftfahrt aus.

Prof. Prandtl gelangte zu seinen Erkenntnissen über die Grenzschicht zu einer Zeit, da die Flugzeuge noch außerordentlich ungünstige Formen besaßen, so daß große Widerstands-

kräfte wirkten. Seine Untersuchungen wurden während des ersten Weltkrieges stark verzögert. Verhindert wurde die Fortsetzung seiner Untersuchungen, die Fragen des Hochgeschwindigkeitsfluges gelöst hätten. Dieses Problem stand damals in der Luftfahrt noch nicht zur Diskussion und fiel damit in das Gebiet der Grundlagenforschung. Daran aber hatten die Industrieunternehmen der Luftfahrt während des Krieges kein Interesse.

Welche Ergebnisse zeigte nun der erste Weltkrieg auf dem Gebiet der Luftfahrt?

Das deutsche Volk hatte am Ende dieses Krieges unter vielen anderen Opfern mehr als 8000 Piloten zu beklagen, die erschossen, abgestürzt und verbrannt umgekommen waren. Insgesamt wurden etwa 12 000 Flugzeuge abgeschossen, mehrere Zehntausende wurden unbrauchbar, und in Deutschland wurden nach Kriegsende 16 000 Flugzeuge und 28 000 Flugmotoren zerstört. Dafür hatten 50 000 Arbeiter vier Jahre lang produzieren müssen. Die Aktionäre von 52 Flugzeugwerken, deren Aufbau zumeist der Staat finanziert hatte, konnten dafür Jahr für Jahr Dividenden von fünf bis dreißig Prozent einstecken, d. h. sie konnten ihr Kapital ohne Arbeit zu leisten mehr als verdoppeln, während die Bevölkerung hungerte, schuftete und ihr Leben lassen mußte.

Mehr als zehn Millionen Menschen (eine fast unvorstellbar große Zahl von Menschen) wurden während des Krieges getötet, und dreieinhalb Millionen Menschen kehrten als Invaliden zurück.

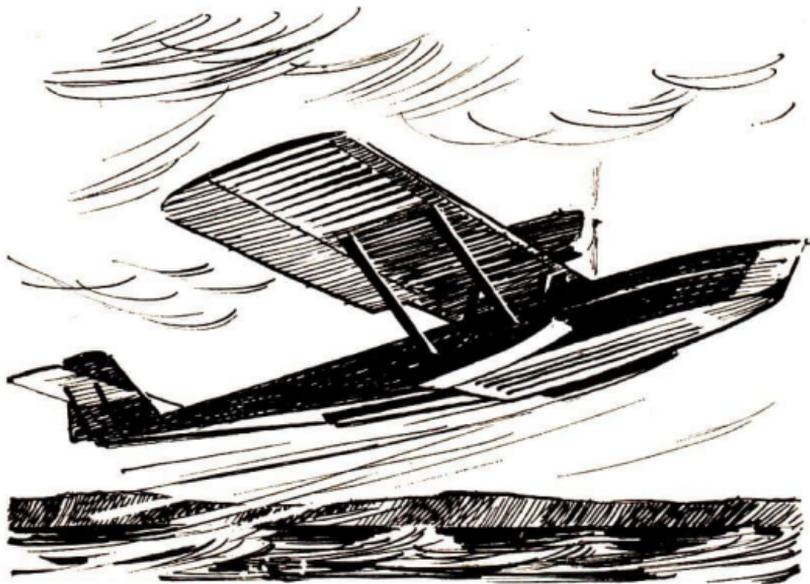
Die Fortschritte in der Luftfahrt während des Krieges sind fragwürdig. Am Ende des Krieges wurden etwa folgende maximalen Leistungen von verschiedenen Kriegsflugzeugen registriert:

Geschwindigkeit (Jagdflugzeug)	180 km · h <sup>-1</sup> bis 220 km · h <sup>-1</sup>
Gipfelhöhe (Aufklärungsflugzeug)	5000 m bis 8000 m
Zuladung (Bombenflugzeug)	1000 kg bis 3000 kg

Bis zum Jahre 1914 wiesen die besten Flugzeuge aber folgende Leistungen auf:

Geschwindigkeit	200 km · h <sup>-1</sup>	Sept. 1913, Prevost in Reims
Gipfelhöhe	8 150 m	Juli 1914, Oelerich in Berlin
Zuladung	1 500 kg	Mai 1913, Sikorsky in Petersburg

Der freitragende, unverspannte Tragflügel war von Junkers schon im Jahre 1910 für ein Atlantikflugzeug erstmals vorgeschlagen und auch patentiert worden. Somit hat der erste Weltkrieg der Luftfahrt einen Stillstand von fast einem Jahrzehnt gebracht. An diesem Beispiel zeigt sich, was auch heute gilt: Krieg führt in jedem Falle zur Unterbrechung, zumindest aber zur Verzögerung der wissenschaftlichen Forschung auf den meisten Gebieten. Es wird fast nur Zweckforschung getrieben, die den augenblicklichen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis so schnell wie möglich in die Produktion eingehen läßt. Die Grundlagenforschung dagegen, weil deren Ergebnisse meist nicht sofort in der Produktion angewandt werden können, bzw. deren Verwendungsmöglichkeiten oft auch nicht sogleich erkennbar sind, wird zurückgestellt. Das aber bedeutet, daß die Wissenschaft, die eine der bedeutendsten Produktivkräfte ist, nicht weiterentwickelt wird.



## 7. Der Luftverkehr beginnt

*Am 6. April 1924 starteten in Washington (USA) vier einmotorige Flugzeuge vom Typ Douglas DT 2 zu einem Weltflug. Der Flug führte von Amerika über Alaska und die Beringstraße nach Asien und weiter nach Europa. Höhepunkt des Fluges sollte die erstmalige Überquerung des Nordatlantik mit Flugzeugen von Ost nach West sein. Die amerikanische Presse trommelte Schlagzeilen in die Welt.*

*„Sensation! Amerikaner fliegen um die Welt!“*

*„Amerikas Luftfahrt erobert die Führung!“*

*„Flugzeuge der USA sind die besten!“*

*Am 30. Juli 1924 lagen drei der großen Doppeldecker, mit Schwimmern für die Überquerung der Atlantikstrecke ausgerüstet, in einer Hafenstadt an der Ostküste Englands an der Boje, startbereit zu den letzten Etappen über den Atlantik. Ein Flugzeug war unterwegs bereits ausgefallen.*

Mit wetterfester Lederbekleidung und dem Bewußtsein der Sieger, auf die die ganze Welt blickt, kletterten die sechs Flieger in ihre Maschinen. Die Motoren wurden angelassen und liefen warm. In England hielt man den Atem an, wenn die Zeitungen Meldungen über den Flugverlauf veröffentlichten.

Auf dem Flug nach den Orkneyinseln mußte dann eine der drei Maschinen auf dem Meer notlanden. Motorenschaden! Ein Sicherungsschiff der USA-Flotte nahm die Flieger auf. Würden nun die beiden übriggebliebenen Mannschaften die Weltumfliegung über das schwierigste Stück der Strecke schaffen? Am 2. August flogen sie mit ihren beiden „Douglas“ von Kirkwall nach Reykjavik, und von hier ging es zunächst nicht weiter. Das Wetter hatte sich zusehends verschlechtert. Bei alledem wußten die vier Flieger der Douglas-Flugzeugwerke noch nicht, daß sie von ebenfalls vier Fliegern im Auftrage eines in Italien gelegenen Flugzeugwerkes verfolgt wurden. Das italienische Flugzeug war eine Maschine, deren Typ man bis dahin noch nie gesehen hatte, es war ein Flugboot!

Am 1. August 1924 war das Flugboot, das erste einer ganz neuen Konstruktionsreihe, in Pisa mit Nordkurs gestartet. Start und Landung erfolgten auf dem Wasser. Bald zog das mit zwei 360-PS-Motoren ausgerüstete und von einer Zug- und einer Druckschraube angetriebene Flugboot aus den Dornier-Werken in Pisa seine Bahn über die Alpen. Zwischenlandungen erfolgten in Lausanne, Mannheim, Rotterdam und dann in Hull. Überall wurde man auf das neue Flugzeug aufmerksam. Es war ein Boot, vielleicht sogar seetüchtig, ganz aus Leichtmetall, mit Tragflächen ausgerüstet und oben in Tandemordnung zwei Motoren mit insgesamt 720 PS Leistung, ein fliegendes Schiff!

„Flugerprobung über der Nordsee“, meinten die vier Besatzungsmitglieder, wenn man sie nach dem Zweck ihrer Anwesenheit in England befragte. Heimlich aber studierten sie die Wetterkarte.

„Besser kann das schlechte Wetter gar nicht sein“, meinte der Kommandant des Flugbootes. „Kein Pilot wagt sich da von Island mit einem Schwimmerflugzeug über die See. Wir starten morgen nach Reykjavik.“ Am 17. August mußten die Ame-

rikaner im Hafen von Reykjavik mit sehr gemischten Gefühlen dem Anflug und der Wasserung des bereits gemeldeten schweren italienischen Flugbootes zuschauen. Das war eine Kampf-ansage des Dornier-Konzerns an den Douglas-Konzern! Funktelegramme wurden von Kontinent zu Kontinent geschickt.

Noch am gleichen Tage entstand der Plan der Amerikaner. „Wenn das Wetter besser wird, geben wir vor zu starten, und zwar einen Tag früher als wirklich geplant.“

„Und die Italiener fallen drauf'rein, starten am betreffenden Tag und fliegen uns davon“, echote einer dazwischen.

„Du Greenborn! Die Italiener starten wirklich und . . . kehren wegen des noch zu schlechten Wetters um, müssen ihren Kahn am nächsten Tag erneut startklar machen; und gerade an diesem Tag werden wir, völlig ungestört, zum Flug nach Grönland starten.“

Am 21. August war es dann soweit, und auch die Italiener gingen an Bord ihres Flugbootes, so wie man es sich erhoffte. Die Amerikaner zögerten noch etwas und verspäteten sich anscheinend aus irgendeinem Grunde. So startete das Flugboot zuerst.

Aber der Plan der Amerikaner ging nicht auf. Das schwere Flugboot, mit vier Mann Besatzung und fast 1,5 Tonnen Treibstoff für etwa 12 Flugstunden belastet, kam trotz des Seegangs unerwartet leicht vom Wasser frei und flog mit Westkurs davon. Im Laufe des Tages wartete man in Reykjavik vergeblich auf seine Rückkehr. Die Gesichter der Amerikaner wurden immer länger, das Rennen schien verloren. Man würde sich den Flugzeugtyp merken müssen. Do-15 „Wal“ nannte man ihn; die Konstruktion schien bahnbrechend zu sein. Ein seetüchtiges Flugzeug, das bedeutete größtmögliche Sicherheit bei Atlantikflügen. Völlig unbedeutend schien es zu sein, wenn wegen eines Motorschadens eine Notlandung erforderlich wurde. Eine Notlandung?

Am Abend des 24. August meldete noch immer kein Atlantikhafen die Ankunft des Flugbootes. Die See hatte noch mehr aufgefrischt. Demzufolge war es auch für die Amerikaner völlig undenkbar, mit den Schwimmerflugzeugen am anderen

Morgen zu starten, und sei es zu einer Suchaktion nach den Verschollenen.

Unruhe erfaßte die Welt. Was war mit dem „Wal“ geschehen?

Zunächst zog die Maschine mit Westkurs ruhig über die Schaumkämme der tosenden See. Jedoch nach acht Flugstunden fiel plötzlich die Drehzahl des hinteren Motors mehr und mehr ab. Die Mechaniker kletterten nach hinten durch den Rumpf zum Motor, der übermäßig heiß war und nicht mehr einwandfrei lief. Es war ein beängstigendes Stampfen zu spüren. Motor oder Luftschaubewelle konnten die Ursache der Störung sein. Um das festzustellen, mußte das Triebwerk stillgelegt werden. Vielleicht hielt es aber doch durch! 1400 Kilometer waren zurückgelegt, als der Motor seine letzten Takte machte. Nach kurzer Beratung entschied sich die Besatzung (vielleicht war das ein Fehler) für eine Zwischenlandung auf offener See mit dem noch flugfähigen Flugboot. Die vier Flieger wollten versuchen, den Motor wieder flottzubekommen.

Der Pilot brachte den „Wal“ zu Wasser. Hochauf spritzten die Wellen. Dann schwamm das Flugboot. Die Wogen klatschten gegen den Rumpf und ließen die Maschine tanzen. Man konnte nicht daran denken, bei dieser Schaukelei den Motor zu reparieren. Ein Treibanker wurde ausgelegt; die Nacht verbrachten die Flieger auf See. Gegen Morgen war der Seegang noch stärker geworden, aber der „Wal“, so sehr er auch geschüttelt wurde, war der Beanspruchung gewachsen. Auch der 23. August brachte keine Wetterbesserung, und die Mechaniker waren beide bereits seekrank. Da die Flieger auch noch den 24. und 25. August in dieser Lage verbringen mußten, verschlimmerte sich das Befinden der Mechaniker immer mehr.

Inzwischen hatten sich die amerikanischen Flieger in Reykjavik auf den Überflug nach Grönland vorbereitet. Am Morgen des 25. August gelang ihnen der Start, und die Etappe nach Ivigtut auf Grönland wurde bewältigt. Noch immer wußte man nichts von dem Flugboot. Am Abend des gleichen Tages jedoch funkte der USA-Kreuzer „Richmond“, ein Sicherungsschiff der USA-Weltflug-Expedition, in die Welt: „dornier-wal gesichtet

- stop - besatzung gibt seenotzeichen - stop - übernehmen besatzung und flugzeug.“

Der Kapitän der „Richmond“ erhielt daraufhin den strikten Befehl, die Besatzung zu retten und das Flugboot zu versenken. Mit einigen Schüssen wurde der „Wal“ versenkt, damit er als treibendes Wrack nicht den Schiffsverkehr gefährden konnte. So sparte man sich das Bergen und hatte eine sichere Garantie dafür, daß die zwei amerikanischen „Douglas DT 2“ unbedingt als erste Flugzeuge den Atlantik von Ost nach West überquerten. Das gelang dann am 31. August, fünf Tage nach der Versenkung des italienischen Flugbootes. Am 28. September landeten sie in Washington, wo der Weltflug begonnen worden war. So erzielten die Piloten der Douglas-Flugzeugwerke einen „überzeugenden“ Erfolg für die amerikanische Luftfahrt.

---

Am Ende des ersten Weltkrieges gab es in allen am Krieg beteiligten Staaten insgesamt etwa 65 000 Flugzeuge, in Deutschland betrug der Bestand an Kriegsflugzeugen zu diesem Zeitpunkt etwa 15 000 Flugzeuge; gebaut worden waren hier etwa 35 000 Flugzeuge. Mit dem Kriegsende waren die Besitzer der Flugzeugfabriken gezwungen, andere Möglichkeiten für den Einsatz ihrer Produktionsmittel zu suchen. Während des Krieges waren schon verschiedentlich Luftpost- und Kurierstrecken erprobt worden, und es hatten verschiedene Industrieunternehmen gesetzlich verankerte Rechte zur Aufnahme eines Luftverkehrs nach dem Kriege erworben.

Die Besitzer der Flugzeugwerke ließen die Konstruktionsarbeit und die Produktion auf den Bau von Verkehrsflugzeugen umstellen. Diese Umstellung wurde in Deutschland am schnellsten erreicht, weil mit den Waffenstillstandsbedingungen und dem Versailler Vertrag in Deutschland alle Kriegsflugzeuge zerstört werden mußten.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Es muß allerdings bemerkt werden, daß zu dieser Zeit konterrevolutionäre Freicorps öffentlich nach „Piloten (mit und ohne Flugzeug)“ suchten, Polizeifliegerstaffeln bei den Kämpfen in Hamburg, Berlin, Dresden und Leipzig eingesetzt waren (beim Kampf um das Volkshaus in Leipzig konnten die Arbeiter ein solches Flugzeug abschießen).

In den Junkers-Flugzeugwerken in Dessau waren die Konstrukteure am schnellsten. Aus dem Jagdflugzeug J-10 wurde durch einige Veränderungen des Rumpfes und der Flächengröße in wenigen Monaten das erste Kabinenflugzeug der Nachkriegszeit entwickelt und als F-13 noch im Jahre 1919 gebaut und eingeflogen.

Bild 24

Verkehrsflugzeug F-13 (1919)

Spannweite 17,8 m

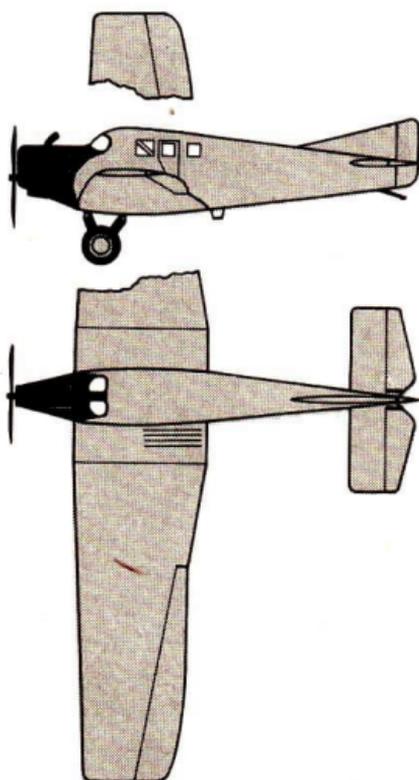
Flugmasse 1850 kg

Leistung 185 PS

Geschwindigkeit 140 km · h<sup>-1</sup>

4 Passagiere, 2 Piloten,

Ganzmetallbauweise



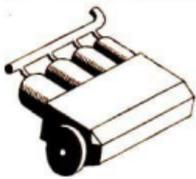
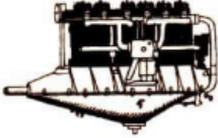
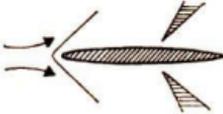
Als nächste folgten die Konstrukteure der Schweriner Flugzeugwerke von Fokker mit einem ähnlichen Flugzeug, das aus dem Jagdflugzeug Fokker D VIII entstand. Mit diesen Flugzeugtypen war um 1920 der Auftakt gegeben, die Luftfahrt für das zivile Verkehrswesen zu erschließen. Die Leistungen der russischen Großflugzeuge von Sikorsky aus dem Jahre 1914 (der während des Weltkrieges von Frankreich aus, wo er sich bei Eintritt der Oktoberrevolution zum Studium der Flugzeug-

industrie aufhielt, nach den USA emigrierte) erreichten diese Flugzeuge bei weitem noch nicht.

Im Ausland wurde bald sichtbar, daß die deutsche Flugzeugindustrie ihre Flugzeuge in alle Welt, sogar bis in die USA, zu verkaufen begann, während die eigenen Werke noch immer keine Möglichkeiten zum Bau von modernen Verkehrsflugzeugen fanden. Von den Siegermächten wurde deshalb noch 1920 für Deutschland ein generelles Flugzeugbauverbot verhängt. Da sich jedoch nach dieser Maßnahme sehr bald herausstellte, daß die am deutschen Luftverkehr und Flugzeugbau beteiligten ausländischen Konzerne finanzielle Einbuße erlitten, wurden 1922 sogenannte Flugzeugbau-Bestimmungen für Deutschland erlassen. So interessante Flugzeugprojekte wie die Großflugzeuge von Junkers G-1 (38 m Spannweite, 9 t Flugmasse) und von Rohrbach (31 m Spannweite, 7,5 t Flugmasse) mußten fallengelassen und die bereits gebauten Teile wieder zerstört werden. Unter solchen Bedingungen suchten die deutschen Unternehmer einen Ausweg; sie verlegten ihre Werke ins Ausland (Junkers: Schweden, Sowjetunion; Fokker: Holland; Heinkel: Schweden; Rohrbach: Dänemark und Dornier: Schweiz, Italien, Japan) und bauten dort Flugzeuge für zivile und vor allem für militärische Zwecke.

Für den Aufbau dieser ausländischen Werke erhielten diese Unternehmer auch noch Staatszuschüsse von der Weimarer Republik mit der Absicht, die Erfahrungen und Ergebnisse dieser Unternehmen zu gegebener Zeit sofort für die Luftrüstung Deutschlands einzusetzen. Die Belange der in den stillgelegten Flugzeugwerken beschäftigten Arbeiter wurden allerdings von den Konzernherren nicht weiter beachtet.

Die erste Etappe der Nachkriegsperiode von 1920 bis 1930 im Flugzeugbau ist, im internationalen Maßstab betrachtet, dadurch gekennzeichnet, daß versucht wurde, die während des Krieges entwickelten Flugzeugtypen ohne besonderen technischen und wissenschaftlichen Aufwand für den zivilen Luftverkehr zu verwenden. Die Situation war für die Unternehmer nach Kriegsende in der Luftfahrtindustrie völlig ungewohnt und voller Risiko durch den Fortfall der sicheren staatlichen

Flugzeug Flugleistung <sup>1</sup>	Triebwerk Antriebsleistung <sup>1</sup>	Tragflügelprofil
1904		
<p style="text-align: right;">1</p>  <p>1 Person ; 40 km · h<sup>-1</sup></p>	<p style="text-align: right;">1</p>  <p>16 PS</p>	
1920		
<p style="text-align: right;">14</p>  <p>4 Personen ; 140 km · h<sup>-1</sup></p>	<p style="text-align: right;">13</p>  <p>200 PS</p>	
1940		
<p style="text-align: right;">350</p>  <p>40 Personen ; 350 km · h<sup>-1</sup></p>	<p style="text-align: right;">125</p>  <p>2 000 PS</p>	
1970		
<p style="text-align: right;">15 000</p>  <p>250 Personen ; 2 500 km · h<sup>-1</sup></p>	<p style="text-align: right;">750</p>  <p>12 000 PSä</p>  <p>6 000</p> <p>100 000 PSä</p>	

<sup>1</sup> Die Zahl gibt an, in welchem Verhältnis die in späteren Jahren erreichten Leistungen zu den Anfangsleistungen stehen.

Großaufträge. Da während des Krieges die Luftfahrtforschung nur unbedeutend betrieben worden war, stagnierte der Flugzeugbau. Die Bedürfnisse des Transports erforderten zu dieser Zeit bereits schnelle Verbindungslinien über Kontinente und Ozeane hinweg, ohne die verkehrshemmenden zwischenstaatlichen Grenzübergänge mit Paß- und Zollkontrolle.

Der Widerspruch zwischen der Nachfrage und dem Verkehrsangebot wurde nur langsam gelöst, so wie sich die Flugzeugkonzerne entschlossen, Wissenschaftler in stärkerem Maße als bisher bei der Entwicklung von Flugzeugen heranzuziehen. In Deutschland wurde diese Entwicklung dadurch begünstigt, daß die an der Erhaltung des Luftfahrtgedankens besonders interessierten Kreise der Industrie es verstanden hatten, in den Jahren kurz nach dem ersten Weltkrieg den Segelflug als Sport zu popularisieren. Bei der Erforschung des Segelfluges an Hochschulen und Fachschulen wurden außerordentlich wertvolle Erfahrungen zum Bau von leistungsfähigen Flugzeugen zusammengetragen. Diese Erfahrungen wurden ohne besonderen Aufwand (für die Industrie) durch die Studenten und Professoren während der Studienzeit gesammelt und später mit in die Betriebe gebracht. Trotz dieser Entwicklung glaubte man an verschiedenen Stellen noch immer, den Einsatz der Wissenschaft dem Zufall überlassen zu können.

Unsystematisches Sammeln von zufälligen Erfahrungen und Gewaltproben mit ungeeigneten Objekten standen in vielen Ländern oft noch im Mittelpunkt. Vor der mit den Problemen der Entwicklung nicht vertrauten Bevölkerung verschleierte man manche sensationellen oder tragischen Ereignisse als Heldentaten. In Wirklichkeit handelte es sich meist, wie zum Beispiel bei der Überquerung des Atlantiks in einsitzigen, einmotorigen, langsamen und schlecht ausgerüsteten Flugzeugen, um Sensationsrummel mit der Fliegerei, um Abenteuerertum, bei dem es allen Beteiligten letzten Endes nur um Geld ging; die Piloten erhofften die ausgesetzten hohen Geldpreise zu gewinnen, die Veranstalter die zu erwartenden hohen Gewinne durch den Verkauf der Sensationsmeldungen, der Flugzeugtypen oder der Zubehörteile.

Bild 25

Großflugzeug G-38 (1928)

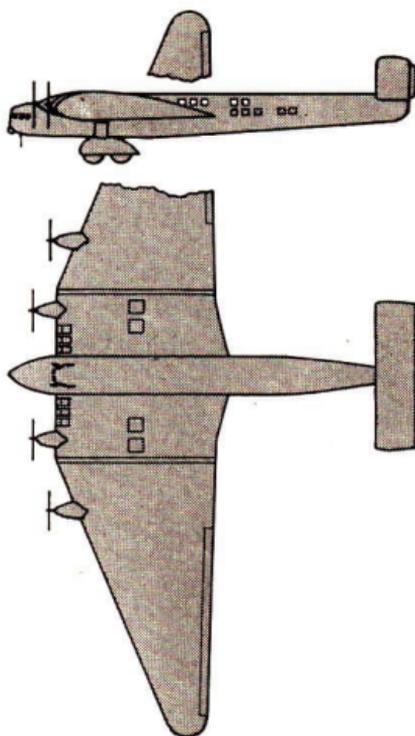
Spannweite 44,0 m

Flugmasse 24,0 t

Leistung  $4 \times 720$  PS

Geschwindigkeit  $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

34 Passagiere



### *Luftschraubentriebwerk (PT)*

*Das von einem Motor abgegebene Drehmoment wird auf eine Luftschraube übertragen. Durch die Kreisbewegung der Luftschraubenblätter, die im Prinzip den Tragflächen gleich sind, wird die im Luftschraubenkreis erfasste Luftmasse in einem Strahl nach hinten geschleudert. Es entsteht ein Impuls, der zwischen dem beschleunigten Luftstrahl und dem Flugzeug wirkt.*

*Propellertriebwerke arbeiten nur in niederen Schichten der Atmosphäre und bei Fluggeschwindigkeiten bis zu etwa  $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  wirkungsvoll. In größeren Höhen ist der Sauerstoffanteil der Luft, der für den Betrieb des Motors notwendig ist, zu gering. Infolge der geringen Luftdichte ist auch der Impuls zwischen Flugzeug und Luftstrahl geringer als in tieferen Schichten. Bei hohen Fluggeschwindigkeiten arbeiten die Luftschraubenblätter bereits mit Überschallgeschwindigkeit. Dabei verändern sich die Umströmungsverhältnisse an den Blättern so, daß der Wirkungsgrad stark absinkt.*

Die großen physischen Leistungen solcher Flieger wie Alcock und Brown, Chamberlain, Nungesser und Coli oder Lindbergh waren beachtlich, doch sie waren entsprechend dem Leistungsstand im Flugzeugbau nicht mehr notwendig.

Zu dieser Zeit waren bereits viele Wissenschaftler und Ingenieure in verschiedenen größeren Flugzeugwerken intensiv damit beschäftigt, die Voraussetzungen für den Bau von Großflugzeugen zu schaffen.

Die Besitzer der Flugzeugwerke waren nach den anfänglichen technischen und wirtschaftlichen Mißerfolgen der Nachkriegszeit gezwungen, industrielle Forschungs- und Entwicklungsstellen einzurichten.

Es kam dabei zu interessanten Entwicklungen im Flugzeugbau. Höhenflugversuche (12 000 m) wurden unternommen, Schnellflugzeuge, Transportflugzeuge und Hubschrauber wurden erprobt. Besonders wurden dabei auf den Gebieten Flugsicherheit (Bordgeräte, Funkverkehr, Start- und Landehilfen, Festigkeit, Betriebssicherheit), Flugmotoren (Leistungssteigerung, Wirtschaftlichkeit) und Großflugzeugbau Fortschritte erzielt. Diese Entwicklung fand unter den Bedingungen des Konkurrenzkampfes im Flugzeugbau statt, der in Friedenszeiten auf recht geringe (im Verhältnis zu Kriegszeiten) Absatzmöglichkeiten angewiesen war. Der Einsatz der Wissenschaft und der hochentwickelten Technik war im Flugzeugbau ökonomisch notwendig. Innerhalb weniger Jahre kamen Großflugzeuge zum Einsatz, die das Verkehrswesen hätten verändern können. Die Weltwirtschaftskrise lähmte nach 1928 jedoch in Europa auch den zivilen Flugzeugbau beträchtlich. In dieser Zeit traten amerikanische Flugzeugwerke mit bahnbrechenden Neuentwicklungen hervor. Schnellflugzeuge mit einziehbarem Fahrgestell und Verstell-Luftschrauben sowie die ersten modernen Mittelstreckenflugzeuge mit Einziehfahrwerk, zwei Triebwerken und heizbarer Kabine (DC-2 1933, DC-3 1936) aus den USA (Bild 26) wurden zum neuen Maßstab. Diese Entwicklung wurde fortgesetzt mit den Flugzeugen DC-4 (Bild 27) und vielen ähnlichen viermotorigen Flugzeugen in verschiedenen Ländern.

Bild 26

Verkehrsflugzeug DC-3  
(1936)

Spannweite 29,0 m

Flugmasse 10,9 t

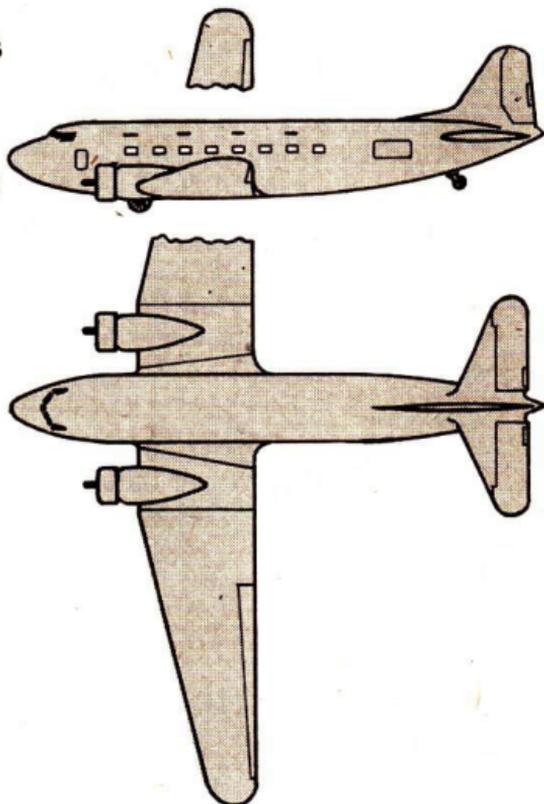
Leistung  $2 \times 930$  PS

Reichweite 2750 km

Geschwindigkeit

$300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

24 Passagiere



Neben dem Zivilflugzeugbau gab es in den USA mit ihrer hochentwickelten und umfangreichen Industrie auf Grund der vom Staat finanzierten, ständig erneuerten Rüstungsaufträge den Militärflugzeugbau, der sich im wesentlichen auf die Entwicklung schneller Jagdflugzeuge und schwerer Bombenflugzeuge konzentrierte; ähnlich verhielt es sich in England.

Auf dem Gebiet der Strömungsforschung begann man an verschiedenen Instituten in aller Welt mit der Untersuchung des Verhaltens von Profilen bei hohen und höchsten Geschwindigkeiten. Das war wiederum eine Folge der Tatsache, daß in England, Italien und in Deutschland die Entwicklung neuer Flugzeugtriebwerke begonnen wurde. Diese für militärische Zwecke etwa um 1930 aufgenommenen intensiven Arbeiten an

Gasturbinen- und Raketentriebwerken sollten sehr bald zu höheren Fluggeschwindigkeiten führen. Aus der Ballistik war bekannt, daß bei Geschößgeschwindigkeiten in der Nähe der Schallgeschwindigkeit die Widerstandskraft der verdrängten Luft nicht mehr nach den einfachen aerodynamischen Gesetzen ermittelt werden kann.

Zur Untersuchung der Erscheinungen bei Überschallgeschwindigkeit mußten besondere Anlagen gebaut werden. Ihre Unterhaltung überstieg bereits die Möglichkeiten, die die Besitzer der einzelnen Flugzeugwerke aufbringen wollten. Deshalb wurden in den Jahren nach 1930 in vielen Ländern – weil die herrschenden Kreise im Staat ein besonderes Interesse an der Stärkung der Luftstreitkräfte hatten – staatliche Institute gegründet, die mit staatlichen Mitteln den Konzernherren die weitere Entwicklung der Luftfahrt zu ihrem eigenen finanziellen Vorteil ermöglichten.

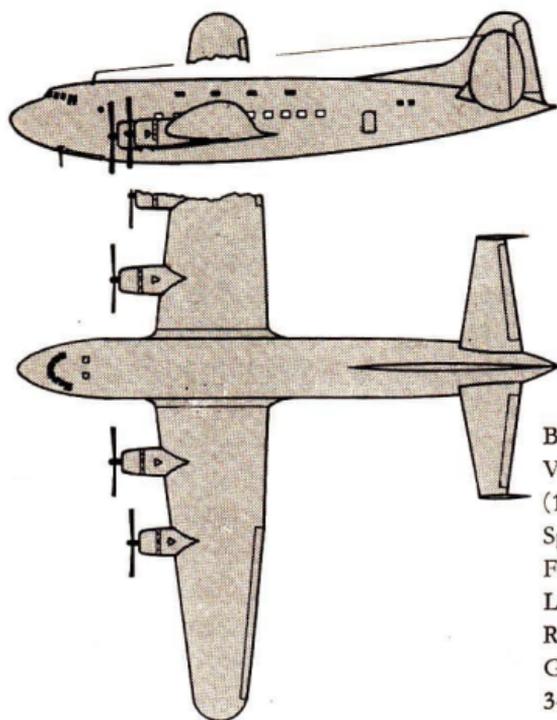
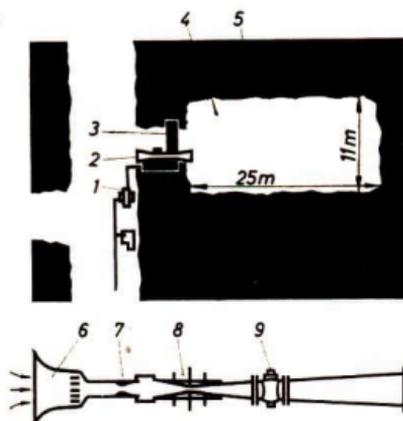


Bild 27  
Verkehrsflugzeug DC-4  
(1938)  
Spannweite 42,2 m;  
Flugmasse 29,6 t;  
Leistung  $4 \times 1420$  PS;  
Reichweite 3550 km;  
Geschwindigkeit  
 $340 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Bild 28 Überschall-Kanal in einer unterirdischen Anlage



Der Kanal besteht aus einer Unterdruck-Kammer (4), die in eine Steinsalzschiebt (5) gebauen ist. Mit einer Saugpumpe (1) wird die Luft aus der Kammer (4) gepumpt, wobei der Druck sinkt. Die Meßeinrichtung (2) befindet sich vor dem Dammtor (3), das die Unterdruckkammer verschließt.

Wenn das Ventil (9) in der Meßeinrichtung geöffnet wird, strömt die Luft mit Überschallgeschwindigkeit in die Unterdruckkammer. Da die Unterdruckkammer mit einem Volumen von etwa  $1000 \text{ m}^3$  sehr groß ist, kann die Meßeinrichtung nach jedem Evakuieren relativ lange benutzt werden. Die Meßeinrichtung besteht aus der Einlauföffnung (6), hinter der die Meßstrecke (7) liegt. Mit dem Diffusor (8) kann die Durchströmgeschwindigkeit durch Verändern des Querschnittes eingestellt werden. Das Schnellschlußventil (9) dient zum Einschalten bzw. Abstellen der Meßeinrichtung.

Eine andere Möglichkeit zum billigen Erlangen neuer Forschungsergebnisse wurde in Deutschland mit besonderem Erfolg angewandt: Ausschreibung von Preisen für Schüler, Studenten und Lehrer. Unter dieser Voraussetzung wurden viele gute Ergebnisse zusammengetragen, im faschistischen Deutschland jedoch für militärische Zwecke ausgewertet. Die Preisausschreiben orientierten auf den Segelflug und den Modellflug, die mit relativ geringen Mitteln und zumeist mit eigenen handwerklichen Möglichkeiten betrieben werden konnten. Die Brüder Horten entwickelten Nurflügelflugzeuge (später beim Bau von Raketenjägern ausgewertet), an den Hochschulen wurden

besonders leistungsfähige Segelflugzeuge entwickelt (später Fern- und Höheraufklärer mit Raketentriebwerk), und von Ing. W. Schmitz wurden Grenzschichtuntersuchungen an Flugmodellprofilen durchgeführt.

Die Erscheinungen in der Grenzschicht eines umströmten Profils waren schon lange Gegenstand vielfältiger Untersuchungen. Ing. W. Schmitz setzte diese Untersuchungen Prandtl's aus der Zeit des ersten Weltkrieges fort, indem er Tragflügelprofile im Windkanal erprobte. Genau wie Prandtl führte er die Messungen vom unterkritischen Bereich bis in den überkritischen Bereich hinein. Dabei gelang ihm, neben der zu erwartenden Abnahme des Widerstandsbeiwertes beim Übergang vom unterkritischen zum überkritischen Bereich der Strömung auch noch eine schlagartige Erhöhung des Auftriebsbeiwertes zu entdecken (Bild 29). Dabei konnte dem Modellflug, der bis dahin keine besonders großen Leistungen aufzuweisen hatte, eine wissenschaftliche Grundlage gegeben werden.

Das Verhältnis von  $c_a/c_w$  (das Gleitverhältnis) ist entscheidend für die Flugleistung. Ein Flugkörper (Modell, Vogel, Flugzeug) muß deshalb, wenn besonders hohe Flugleistungen bei geringer Antriebsleistung (schwacher Motor, Eigengewicht beim Gleitflug) erzielt werden sollen, im überkritischen Bereich fliegen.

In diesem überkritischen Bereich ist die Strömung eine andere als im

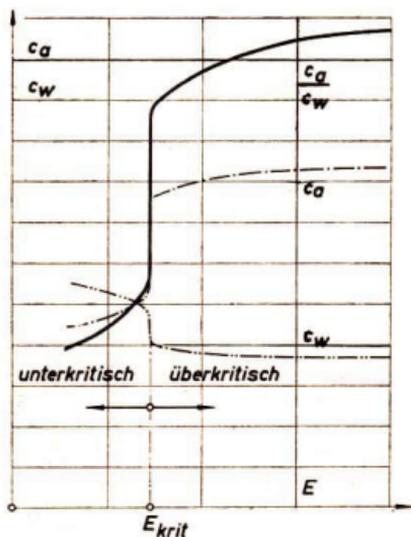
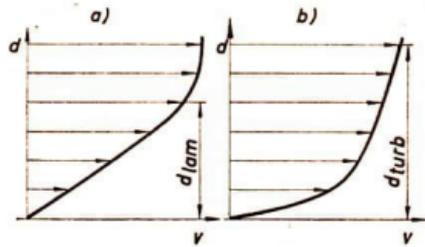


Bild 29

Bild 30 Geschwindigkeitsverteilung (Energiegehalt und Grenzschichtdicke bei  
a) laminarer Strömung,  
b) turbulenter Strömung)



unterkritischen Bereich. Im unterkritischen Bereich ist die Strömung am Profil glatt anliegend, man bezeichnet sie als laminar.

Die laminare Grenzschicht (Bild 30 a) ist sehr dünn und wird sehr leicht an der Oberfläche eines umströmten Körpers abgebremst. Dadurch löst sich die laminare Grenzschicht an einem stärker gekrümmten Profil sehr leicht ab, es entstehen Wirbel von der Rückseite her, damit ist aber der Widerstand groß. Stärker gekrümmte Profile mit relativ hohen  $c_a$ -Werten werden für kleine Flugkörper bzw. bei kleinen Fluggeschwindigkeiten verwendet, um eine genügend große Auftriebskraft zu erzielen. Da hierbei die Kennzahl  $E = l \cdot v$  klein ist ( $l$  – Profiltiefe,  $v$  – Fluggeschwindigkeit), besteht unterkritische, laminare Strömung.

Bei seinen Untersuchungen stellte sich Ing. Schmitz das Ziel, auch für kleine, langsame Flugkörper Möglichkeiten des Fliegens im überkritischen Bereich zu finden. Dabei entdeckte er, daß bei der kritischen Kennzahl  $E_{krit}$  am Profil eine qualitative Veränderung des Strömungszustandes eintritt. Die laminare Strömung schlägt um in eine turbulente Strömung.

Die turbulente Strömungsschicht (Bild 30 b) ist relativ dick und dabei in sich verwirbelt. Sie erhält von der weiter vom Profil entfernten Strömung

Bild 31 Wirbelschlepe (großer Widerstand) eines laminar bis zum Punkt der Strömungsablösung P umströmten Profils

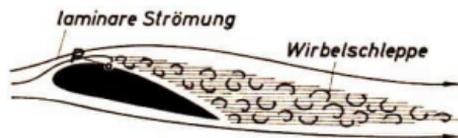
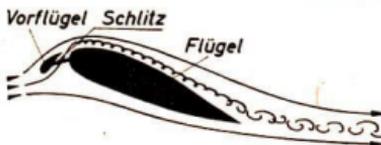


Bild 32 Wirbelschlepe eines turbulent bis zum Punkt der Strömungsablösung P umströmten Profils



Bild 33 Schlitzflügel

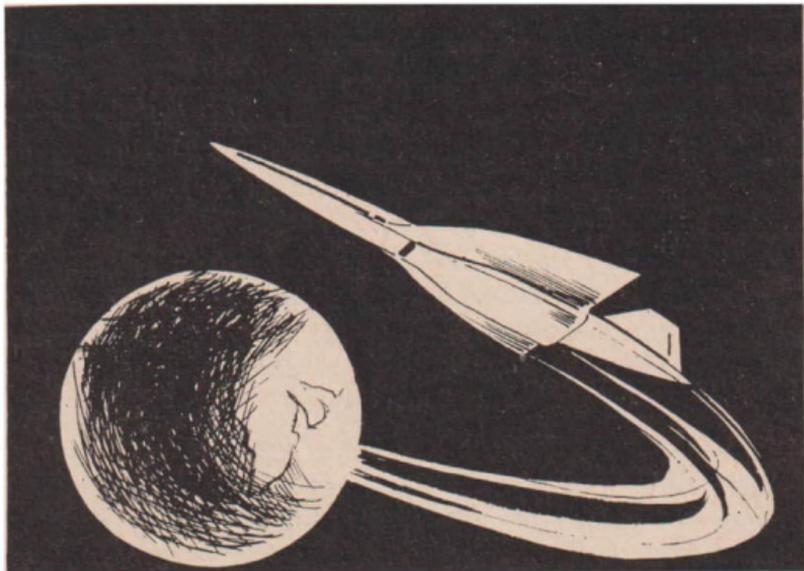


*mung Energie und kann dadurch auch an stärker gekrümmten Stellen – also an der Profloberseite – anliegen. Damit ist der Widerstand infolge geringerer Wirbelbildung geringer, es wird eine günstigere Auftriebswirkung erzielt, und die Flugleistungen sind damit wesentlich besser.*

*Ingenieur W. Schmitz fand bei seinen Untersuchungen zwei Möglichkeiten, Flugmodelle im überkritischen Strömungsbereich fliegen zu lassen durch: geeignete Profilauswahl; künstlich erzeugte Turbulenz.*

Die Untersuchungen von Ing. Schmitz ermöglichten nicht nur einen wissenschaftlich betriebenen Modellflug (Flugleistungen und andere Daten konnten erst bei Berücksichtigung von  $E_{krit}$  rechnerisch ermittelt werden), sondern sie führten auch zu genaueren Verfahren, Modellversuche für die Entwicklung von Flugzeugen zu verwenden. Ein Anwendungsbeispiel der Turbulenzerzeugung – sie wurde bereits lange vor ihrer Entdeckung rein erfahrungsmäßig erprobt – ist der Schlitzflügel, der als Start- und Landehilfe seit etwa 1925 an den meisten Verkehrsflugzeugen verwendet wird (Bild 33).

*Bei Start und Landung, wenn der Tragflügel (hohe Auftriebskraft trotz geringer Fluggeschwindigkeit, erwünschter großer Widerstand) sehr schräg angestellt wird, würde die laminare Strömung abreißen, und das Flugzeug würde nahezu auftriebslos. Der herausgestellte Vorflügel gibt dann einen Schlitz frei, durch den Luft mit hoher Geschwindigkeit von der unten liegenden Überdruckseite des Profils zur oben liegenden Unterdruckseite strömt und dabei turbulent wird. Die turbulente Strömung verhindert das Abreißen der Strömung über dem Profil.*



## 8. Flugzeuge fliegen schneller als der Schall

*Soeben ist das neue Überschall-Verkehrsflugzeug wie ein silberner Pfeil mit heulenden und pfeifenden Geräuschen über die Abflugstrecke des Flugplatzes geflogen. In der Leitzentrale des Erprobungszentrums leuchten und flimmern die Bildschirme und die Meßwertanzeiger. In einem großen Nebenraum summern die Anlagen der Datenverarbeiter. Alle Plätze vor den Geräten sind besetzt. Über Funk steht der Erprobungsleiter mit seinen Mitarbeitern in ständiger Verbindung.*

*„Achtung! Achtung! Maschine kurvt zum Landeanflug ein. Entfernung 37 000, Höhe 1200.“ Diese Lagemeldung gibt der Lautsprecher für alle Mitarbeiter bekannt.*

*„Nun dauert es noch 265 Sekunden bis zum Aufsetzen auf der Landebahn; eine verflixt kurze Zeit für einen Piloten, um so eine schwere, schnelle Maschine sauber abzusetzen“, denkt der Mann am Kontrollplatz der Triebwerküberwachung. Er ist*

als Bordingenieur für Strahltriebwerke schon viele tausend Stunden geflogen, hat viele Erfahrungen gesammelt und in schwierigen Situationen mit Umsicht für die Sicherheit des anvertrauten Flugzeuges gesorgt. Doch was heute bei der Erprobung des neuen Verkehrsflugzeugmusters auf dem Programm der Landung steht, das traut er sich nicht zu, an Bord des Flugzeuges mit Sicherheit auszuführen.

„Wie war das doch früher?“ so hat schon oft unser Mann gedacht. War das Abenteuer, wenn solche Piloten wie Lindbergh und Nungesser bei ihren Atlantikflügen oder Derry, der bei einer Flugschau mit seiner explodierenden Überschall-Maschine in die Menschenmenge stürzte, ihr Leben und das vieler anderer aufs Spiel setzten um einer Sache willen, die mit anderen Mitteln ohne Einsatz des Lebens genauso zum Ziele geführt hätte? Oder ist der heutige Erprobungsflug erst ein richtiges echtes Abenteuer, bei dem man zwar noch nicht weiß, wie es ausgeht, aber bei dem man weiß, daß kein Menschenleben sinnlos auf dem Spiele steht.

Für den Triebwerktechniker am Kontrollplatz mit seinen vielen Meßgeräten spielt sich solch ein echtes Abenteuer ab, das vor vielen Monaten bereits begonnen hat. Heute erreicht es seinen Höhepunkt, wo sich entscheiden muß, ob die vielen Mühen der vergangenen Monate von Nutzen gewesen sind.

Das Flugzeug befindet sich noch etwa 15 Kilometer vom Landeplatz entfernt, Fabrgestelle und Landeklappen sind ausgefahren, die Triebwerke arbeiten gedrosselt. Mit mechanischen Bewegungen hat die „Besatzung“ des Flugzeuges alle notwendigen Maßnahmen eingeleitet.

„Bis jetzt klappt alles“, denkt unser Triebwerktechniker. „Alle erforderlichen Handgriffe für eine normale Landung sind erledigt, Maßnahmen für die verschiedenen Katastrophenfälle bei einer mißlingenden Landung sind durch Vorwahl eingeleitet.“ Im Landeanflug senkt sich inzwischen draußen, nun nur noch etwa neun Kilometer vom Flugplatz entfernt, die schwere Maschine bei einer Fluggeschwindigkeit von  $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  dem Erdboden entgegen.

Da beginnen die Zeiger einiger Meßgeräte im Kontrollzen-

trum zu tanzen. „Triebwerk 1 links ausgefallen, Triebwerk 2 rechts ausgefallen.“

Der Triebwerktechniker und mit ihm die anderen im Kontrollzentrum wußten, daß es so kommen würde. In langen Streifen zieht jetzt das Flugzeug draußen hochexplosive Treibstoffwolken aus den erloschenen Strahltriebwerken hinter sich her. Das Flugzeug beginnt zu fallen, rast dem Boden entgegen!

Eine Flugzeugbesatzung würde in dieser Situation nicht mehr genügend Zeit haben, das Flugzeug vor einer Katastrophe zu bewahren. Doch in unserem Flugzeug und in der Leitzentrale sind Automaten tätig, die das Flugzeug leiten und steuern.

Schneller als ein Mensch haben die Geräte den Ausfall der beiden Triebwerke angezeigt. Sofort danach, ohne auch nur den Bruchteil einer Sekunde zu denken, ob dieser Katastrophenfall denn wirklich möglich und eingetreten ist, sind die Befehle zum Ausführen der Maßnahmen an das Flugzeug übermittelt. Mit zwei gelöschten Triebwerken landet die Maschine mit veränderter Fluglage kurz darauf sicher auf dem Flugplatz. Das von den im Flugzeug installierten Geräten ausgeführte Notlandemanöver hat einwandfrei geklappt. Keine Sekunde hätte sich im normalen Flugbetrieb ein Menschenleben in Gefahr befunden, und bei der Erprobung befand sich ebenfalls kein Menschenleben, auch nicht das von Versuchspiloten, in Gefahr; denn das Flugzeug wurde vom Kontrollzentrum aus über einen der modernsten Flugzeugregler gelenkt.

Das große Abenteuer war gelungen!

Zwar kannte man die einzelnen Fakten, die bei den verschiedenen Flugkatastrophen eintreten können. Sie waren alle mit den erforderlichen Notmaßnahmen in vielen Einzelprogrammen gespeichert worden. Schneller und unbeirrbarer als die besteingespielteste Flugzeugbesatzung konnte der Flugzeugregler das erforderliche Notprogramm auswählen und ausführen, aber ob er das richtige Programm auswählte, das war erst mit diesem Experiment bewiesen worden.

Die Männer im Erprobungszentrum schüttelten sich die Hände und klopften sich auf die Schultern. Nicht nur das Flugzeug, auch der neue Flugzeugregler hatten sich bewährt.

In den Jahren nach 1930 wurde in allen hochentwickelten kapitalistischen Staaten eine verstärkte Luftrüstung betrieben. In Deutschland erreichten die Flugzeugkonzerne, nachdem der Faschismus die Macht erhalten hatte, einen erhöhten Absatz von Flugzeugen. Schon jahrelang bekamen sie vom Staat Zuschüsse, um Forschungsarbeit zu betreiben, um immer neue Flugzeugmuster und Flugmotoren zu entwickeln und die Produktionsstätten und Facharbeiter für den Beginn der Aufrüstung bereitzuhalten. Im Zuge der Entwicklung im Flugzeugbau begann hier wie in den anderen Ländern eine Spezialisierung; Luftfahrtforschungszentren entstanden, luftfahrtwissenschaftliche Forschungsgesellschaften sowie Spezialabteilungen an Hochschulen und Ingenieurschulen wurden gegründet. Das alles veranlaßte der Staat im Interesse der Luftfahrtindustriellen. In den Flugzeugbetrieben wurde daraufhin die Produktion immer mehr gesteigert.

In dieser Phase der technischen Entwicklung wurde die Wissenschaft bewußt gefördert, um neue Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten z. B. der Aerodynamik (Unterschallgeschwindigkeit) und der Gasdynamik (Überschallgeschwindigkeit) schnell und systematisch zu erforschen, um in der Luftrüstung so schnell wie möglich eine führende Position einnehmen zu können.

Von nicht unerheblichem Einfluß auf diese Entwicklung war neben der Erkenntnis der Grenzen einer durch einzelne Industriebetriebe finanzierten Wissenschaft und Forschung das seit 1918 bestehende staatlich geleitete „Zentrale Aerodynamische Forschungsinstitut – ZAGI“ im ersten sozialistischen Staat der Welt, der Sowjetunion. Hier wirkten so bekannte sowjetische Wissenschaftler wie Shukowski, Ziolkowski, Tupolew, Poliparkow, Petljakow, Iljuschin und viele andere. Die Erfolge einer bewußt gelenkten Wissenschaft zeigten sich in den dort entwickelten Flugzeugmustern. In der Sowjetunion wurde 1925 ein freitragendes, zweimotoriges Bombenflugzeug (Ant-4) in Ganzmetallbauweise, 6,7 t Flugmasse,  $212 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  Geschwindigkeit entwickelt. Im Jahre 1930 entstand das Großflugzeug Ant-6 mit 17 t Flugmasse,  $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  Geschwindigkeit und

1934 das Großflugzeug Ant-20 mit 42 t Flugmasse,  $220 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Das sowjetische Langstreckenflugzeug Ant-25 aus dem Jahre 1930 besaß eine Reichweite von fast 20 000 km (zwei Nonstopflüge von Moskau in die USA über den Nordpol), und das Jagdflugzeug I-16 erzielte 1934 eine Geschwindigkeit von  $450 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Das Verkehrsflugzeug PS-35 erreichte 1936 eine Geschwindigkeit von  $400 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  und das Bombenflugzeug Pe-8 aus dem Jahre 1940 bei einer Flugmasse von 27 t eine Geschwindigkeit von  $440 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Entsprechend dem Fortschritt der wissenschaftlichen Forschung entstanden zwischen 1930 und 1940 in allen Ländern zahlreiche neue Flugzeugformen wie Schnellflugzeuge, Langsamflugzeuge, Entenflugzeuge, Nurflügelflugzeuge und Hubschrauber.

In den USA führte eine ausreichende Grundlagenforschung dazu, daß bis etwa 1940 neue Erkenntnisse über das Verhalten der laminaren Luftströmung bei hohen Fluggeschwindigkeiten im staatlichen Forschungszentrum NACA gesammelt werden konnten. Diese wissenschaftlichen Erkenntnisse konnten jedoch während des Krieges in den meisten Ländern kaum genutzt werden, weil bei der Serienfabrikation von Flugzeugen durch einen kleinen Facharbeiterstamm unter Mithilfe von Hilfsarbeitern – in Deutschland zumeist Kriegsgefangene und Frauen – nicht die erforderliche Oberflächengüte an den Tragflügeln erzeugt werden konnte. Außerdem verfügte die deutsche Flugzeugindustrie nicht über genügend starke Flugmotorenmuster, um den Flugzeugen die günstigste Fluggeschwindigkeit zu verleihen.

Mit Laminarprofilen ausgerüstete amerikanische Jagdflugzeuge erzielten während des zweiten Weltkrieges Geschwindigkeiten von maximal  $830 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , allerdings mit überstarken Kolbenflugmotoren von 2500 PS.

Aber auch der zweite Weltkrieg hatte auf die Entwicklung des Flugzeuges und die Luftfahrt keinen besonderen Einfluß. Die neuen Rückstoßtriebwerke Gasturbine und Rakete waren schon vor Beginn des Krieges erprobt worden, und ihr Einsatz,

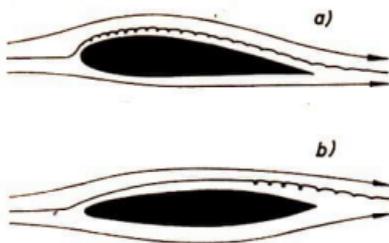


Bild 34

- a) Normalprofil mit turbulenter Grenzschicht  
 b) Laminarprofil mit laminarer Grenzschicht

Ein Flugzeugprofil (Bild 34 a) besitzt unter normalen Bedingungen eine turbulente Grenzschicht. Je höher die Fluggeschwindigkeit wird, um so dicker ist die Grenzschicht und damit die Widerstandskraft, die an solch einem Profil wirkt. Von einer bestimmten Geschwindigkeit an wäre es dabei günstiger, wenn die Grenzschicht laminar wäre, da solch eine Grenzschicht wesentlich dünner und damit dann bei hoher Geschwindigkeit auch die Widerstandskraft geringer ist. Ein normales Profil besitzt aber bei sehr hoher Geschwindigkeit immer eine turbulente Grenzschicht. Von außerordentlich großer Bedeutung für einen flugtechnischen Fortschritt ist deshalb die wissenschaftliche Leistung gewesen, die in den staatlichen Luftfahrtforschungsstellen mit der Entwicklung eines Laminarprofils (Bild 34 b) zustande gebracht wurde. Solch ein Laminarprofil hat eine nur langsam ansteigende und wenig gekrümmte Oberseite, dessen größte Dicke etwa im letzten Drittel der Profiltiefe liegt. Dadurch bleibt die Strömung auch bei hoher Fluggeschwindigkeit weitgehend laminar, und die am Profil wirksame Widerstandskraft ist relativ niedrig, niedriger als bei turbulenter Grenzschicht. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß die Flügeloberfläche ganz glatt ist. Außerdem zeigt das Profildiagramm eines Laminarprofils, daß es nur in einem ganz kleinen Anstellwinkelbereich den außerordentlich niedrigen Widerstandsbeiwert aufweist.

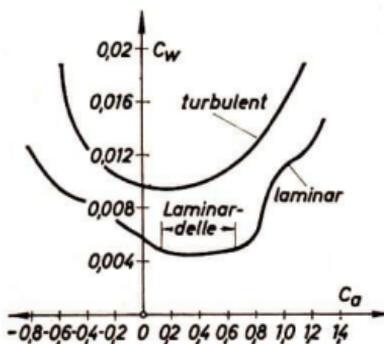


Bild 35

Diagramm eines Laminarprofils

selbst für militärische Zwecke dringend benötigt, wurde eher verzögert als beschleunigt. Überdruckkabinen für hochfliegende Flugzeuge wurden schon vor dem Kriege erprobt. Die Fluggeschwindigkeit wurde nicht wesentlich gesteigert; denn während des Krieges erlaubte sich keiner der kriegführenden Staaten, die Grundlagenforschung so zu betreiben, daß die „Schallmauer“ überwunden werden konnte, obwohl dies mit der Einführung der Rückstoßtriebwerke möglich gewesen wäre.

Der notwendige Umfang von wissenschaftlicher und technischer Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Hochgeschwindigkeitsfluges war bis zu dieser Entwicklungsphase im Flugzeugbau soweit angewachsen, daß nur noch ganz vereinzelt industrielle Forschungsgruppen an der Lösung solcher Aufgaben mit Erfolg arbeiten konnten. Im Prinzip trat in diesem Stadium mehr und mehr die staatlich geleitete Forschung in den kapitalistischen Staaten anstelle der innerbetrieblichen, konzerngebundenen Forschung. Einzelne Flugzeugbauunternehmen konnten den erforderlichen finanziellen und technischen Aufwand (Forschungsinstitute, Wissenschaftlergruppen, Überschallkanäle, Rechenzentren, Dokumentationen usw.) nicht aufbringen.

In der ersten Nachkriegsperiode (1945 bis 1955) ging die Entwicklung des Luftverkehrs vom schnellen Großflugzeug mit Kolbenmotortriebwerk ( $500 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) zum noch schnelleren strahlgetriebenen Verkehrsflugzeug mit Gasturbinentriebwerk ( $900 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

Solche Flugzeuge wurden unter dem Druck des Konkurrenzkampfes zum Beispiel in England (DH 106 „Comet“) bereits 1952 im Luftverkehr eingesetzt. Wenig später stellte sich heraus, daß der Einsatz von strahlgetriebenen Flugzeugen eine weitaus umfangreichere Erprobung erfordert als man angenommen hatte; kurz nacheinander stürzten fünf der englischen „Cometen“ ab. Eine wesentliche Rolle spielte bei diesem Konkurrenzkampf die Tatsache, daß die englische Luftfahrtindustrie bereits einmal nach dem Ende des zweiten Weltkrieges bei der Entwicklung eines Riesenflugzeugtyps für den Atlantikverkehr hinter der allgemeinen Entwicklung des Luftverkehrs zurückgeblieben war. Die Flugzeuge mußten nach der Flug-

## Turbinen-Luftstrahltriebwerk (TLT)

Die Wirkungsweise der Strahltriebwerke beruht ebenfalls wie die der Propellertriebwerke auf einem Impuls zwischen einem nach hinten beschleunigten Gasstrahl und dem nach vorn beschleunigten Flugzeug. Um im Gasstrahl eine möglichst große Masse zu beschleunigen, wird durch einen Verdichter (1) die von vorn in das Triebwerk einströmende Luft verdichtet. In die Brennkammern (2) wird Treibstoff eingespritzt, und bei der Verbrennung des Treibstoff-Luft-Gemisches dehnt sich dieses Arbeitsmittel sehr stark aus. Durch besonders geformte Düsen (4) tritt der Gasstrahl mit hoher Geschwindigkeit nach hinten aus und beschleunigt dabei das Flugzeug. Zum Antrieb des Verdichters wird ein großer Teil – etwa 60 bis 80 Prozent – des Arbeitsvermögens des sich entspannenden Gasstrahls benötigt. Der Gasstrahl wird zu diesem Zweck vor Verlassen des Triebwerks über eine Gasturbine (3) geleitet, die den Verdichter antreibt.

Turbinen-Luftstrahl-Triebwerke sind nur insofern von der Atmosphäre abhängig, als diese den zur Verbrennung des Gasgemisches erforderlichen Sauerstoff liefern muß. Sie eignen sich für Fluggeschwindigkeiten ab etwa  $1000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  bis weit über die Schallgeschwindigkeit hinaus. Turbinen-Luftstrahl-Triebwerke haben ein geringes Beschleunigungsvermögen bei geringen Geschwindigkeiten, deshalb müssen die Startbahnen für Flugzeuge mit solchen Triebwerken verhältnismäßig lang sein (über 2 km). Bild 36

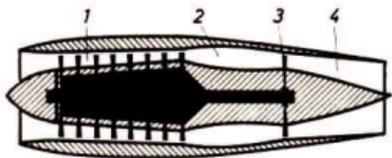


Bild 36 Schematische Darstellung der Hauptteile eines Turbinen-Luftstrahltriebwerks

## Zweistrom-Turbinen-Luftstrahltriebwerk (ZTL)

Der bei Geschwindigkeiten unter  $1000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  unwirtschaftliche Betrieb eines Turbinen-Luftstrahl-Triebwerks zwang zur Untersuchung, was an diesem Triebwerk verändert werden mußte, um es für Geschwindigkeiten zwischen  $700$  bis  $1000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  wirtschaftlich verwendbar zu machen und damit die Lücke in den Fluggeschwindigkeiten für Propellertriebwerke und Turbinen-Luftstrahl-Triebwerke zu schließen.

Das Ergebnis ist das Zweistrom-Turbinen-Luftstrahltriebwerk. Bei diesem wird der Gasstrahl nach einer Vorverdichtung (1) geteilt. Ein

Teil geht den schon erläuterten Weg zur Gasturbine (3), zuvor wird er noch durch einen Hochdruckverdichter (2) geleitet. Der andere Teil des Luftstrahls geht durch eine Ummantelung des Triebwerkes (4) nach hinten, wo er mit dem heißen Gasstrahl aus der Turbine gemischt wird und so die Schubwirkung infolge der Massevergrößerung verstärkt. Beim Start und auch während des Fluges wirkt der äußere Teil des Luftstromes, der vom Vorverdichter durch die Ummantelung außen am Triebwerk nach hinten geleitet wird, fast wie bei einem Propellertriebwerk, aber ohne die großen Nachteile des im freien, unbegrenzten Luftstrom arbeitenden Propellers. (Bild 37)

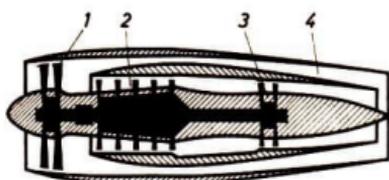


Bild 37 Schematische Darstellung der Hauptteile eines Zweistrom-Turbinen-Luftstrahltriebwerks

### Turbinen-Propellertriebwerk (TPT)

Die geringe Startleistung der Turbinen-Luftstrahltriebwerke erfordert für Flugzeuge, die damit ausgerüstet sind, sehr lange Startbahnen. Um diesen Nachteil zu beseitigen, hat man für mittlere Geschwindigkeiten von  $650$  bis  $850 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  das Propellertriebwerk mit seiner hohen Startleistung und das Turbinen-Luftstrahltriebwerk für höhere Fluggeschwindigkeiten zum Turbinen-Propellertriebwerk kombiniert.

Der Gasstrahl treibt hierbei über eine Gasturbine (3) nicht nur den Verdichter (2), sondern über ein Uhtersetzungsgetriebe auch noch eine Luftschaube (1) an. Der Vortrieb wird also über den Propellerstrahl und den Gasstrahl der Turbine erzeugt. Da die Gasturbine einen besseren Höhenwirkungsgrad hat als der Kolbenmotor, können größere Flughöhen und damit auch wesentlich höhere Fluggeschwindigkeiten erreicht werden (Bild 38).

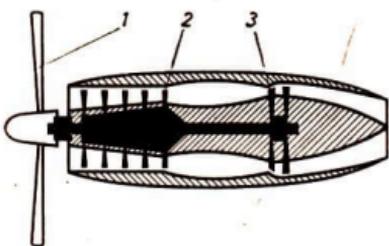


Bild 38 Schematische Darstellung der Hauptteile eines Turbinen-Propellertriebwerks

erprobung verschrottet werden, weil sie unrentabel waren. Außerdem wurde etwa zur gleichen Zeit in den USA ebenfalls ein strahlgetriebenes Verkehrsflugzeug entwickelt. So kam es zum übereilten Einsatz der „Comet“. Ungenügende Erprobung als Folge einer nicht ausreichend gesicherten Forschung führte dann zu den genannten Katastrophen mit der „Comet“. Neben der Forschung im Auftrag der Industrie gibt es in den kapitalistischen Ländern die vom Staat finanzierte Forschung. Sie wird hauptsächlich auf militärischem Gebiet gefördert.

Den Vorzug der staatlichen Planung und Leitung der gesamten Industrie einschließlich der Forschung als einer der wesentlichen Produktivkräfte zeigt die Entwicklung der Luftfahrt in den Ländern des Sozialismus. Demgegenüber muß man die Leitung in der kapitalistischen Wirtschaft geradezu als anarchisch bezeichnen. In der Sowjetunion wurde nach dem zweiten Weltkrieg auf dem Gebiet des Hochgeschwindigkeitsfluges intensiv geforscht. Auf Grund der wissenschaftlichen Planung der Luftfahrtforschung wurde dabei die Etappe der Entwicklung schwerer, weitreichender Kolbenmotorflugzeuge für den Luftverkehr übergangen, während in den kapitalistischen Ländern die Flugzeugwerke aus Profitgründen diesen aus den Bombenflugzeugen des zweiten Weltkrieges entwickelten Flugzeugtyp bauten.

Über die Leistungen sowjetischer Flugzeuge mit Strahltriebwerken wurden offiziell nur selten Angaben gemacht, da es sich in diesem Zeitraum der Entwicklung zumeist um militärische Objekte handelte. Im Koreakrieg zeigte das sowjetische Jagdflugzeug Mig-15 wesentlich bessere Kampfleistungen als das amerikanische Jagdflugzeug F-84, das damals als das beste der kapitalistischen Welt bezeichnet wurde. Heute halten sowjetische Piloten auf sowjetischen Flugzeugen und Hubschraubern viele Weltrekorde, die von der FAI (Internationale Flugsportorganisation) anerkannt worden sind.<sup>1</sup> Der absolute, von der FAI bestätigte Geschwindigkeitsweltrekord gehört zur Zeit

<sup>1</sup> Das schließt nicht aus, daß – vor allem mit Militärflugzeugen und Versuchsflugzeugen – heute weitaus höhere Leistungen erreicht werden. Aus Gründen der Geheimhaltung werden diese Flugleistungen nicht bei der FAI angemeldet.

dem sowjetischen Oberstleutnant Mossolow seit 1962 mit  $2678,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , geflogen auf einem Flugzeug vom Typ E-66. Der Höhenrekord liegt bei 34 500 m, der mit einem sowjetischen Flugzeug vom Typ E-166 erreicht wurde.

Die Überlegenheit der staatlichen Leitung wurde bei der Einführung von strahlgetriebenen Verkehrsflugzeugen besonders deutlich sichtbar. Die „Comet“ DH 106 mußte bald nach der pompösen Eröffnung des „Strahlverkehrs“ wieder aus dem Verkehr gezogen werden. In den USA wurde das in der Entwicklung befindliche Verkehrsflugzeug mit Strahltriebwerken Boeing 707 zugunsten einer militärischen Version eines Transportflugzeuges mit der Typenbezeichnung KC-135 zeitweilig zurückgestellt. Für die Menschen völlig überraschend, weil ihnen bisher noch nie ein Vorsprung der Sowjetunion im Verkehrswesen so deutlich geworden war, aber nicht zufällig, stellte die Sowjetunion als erster Staat ein ausreichend erprobtes strahlgetriebenes Verkehrsflugzeug vom Typ Tu-104 in den Dienst.

Das ist eine gesellschaftliche Gesetzmäßigkeit. Ein sozialistischer Staat, in dem das Gesamtergebnis der Arbeit aller Werktätigen diesen auch voll zur Verfügung steht, kann die Mittel so planmäßig und sinnvoll verteilen, daß der größtmögliche Fortschritt erreicht wird. Jede andere Verteilungsform, wie etwa in einem kapitalistischen Staat, wo der Widerspruch zwischen gesellschaftlicher Produktion und privater Aneignung der Ergebnisse dieser Produktion besteht, ist den sozialistischen Produktionsverhältnissen unterlegen.

In der Sowjetunion wird die Luftfahrt als ein wichtiger Teil der Volkswirtschaft zielgerichtet geleitet und mit ausreichenden Mitteln (wissenschaftlich begründete Koordinierung der Forschung und Entwicklung aller Teilgebiete, planmäßige Entwicklung im Rahmen der Volkswirtschaft usw.) versorgt.

*Beim Fliegen mit Überschallgeschwindigkeit haben die Gesetze der Aerodynamik keine Gültigkeit mehr, weil die Luft bei höheren Geschwindigkeiten die Eigenschaft der Elastizität und der leichten Verschiebbarkeit der Moleküle verliert. Deshalb und infolge vieler anderer komplizierter mechanischer Vorgänge mußten neue Flugzeugformen, andere Profile, Steuermechanismen, ja sogar Küblanlagen für die Piloten-*

kabine, neue Bautechnologien für die Flugzeugherstellung und neue Werkstoffe entwickelt und untersucht werden.

Zwei Beispiele sollen genannt werden aus der Vielzahl der Erscheinungen, die bisher in der Luftfahrt keine Bedeutung gehabt hatten:

Beim Fliegen mit Überschallgeschwindigkeit entstehen zum Beispiel am Flugzeug Verdichtungserscheinungen, die sich als Druckwelle mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten und wie eine Schall- oder Knallwelle wirken (Bild 39). Der Winkel  $\alpha$ , unter dem die Ausbreitung erfolgt, ist abhängig vom Verhältnis der Fluggeschwindigkeit  $v$  zur Schallgeschwindigkeit  $u$ , die für Luft etwa  $1100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  bis  $1225 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  je nach Luftdichte (Flughöhe) beträgt. Dieses Verhältnis wird auch Machzahl  $M$  genannt.

$$M = \frac{v}{u}$$

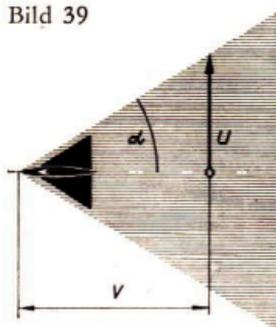
Die Überschallgeschwindigkeit wird oft in Mach angegeben. Mach 2 heißt dann z. B.

$$v = M \cdot u$$

$$v = 2 \cdot 1200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v = 2400 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Bild 39



Wenn die Fluggeschwindigkeit größer als die Schallgeschwindigkeit ist, kann man das Fluggeräusch nur in dem schraffierten Gebiet hören, zuvor geht über den Beobachter die Knallwelle hinweg. Bei diesen Erscheinungen treten gleichzeitig an den Flügelprofilen Stoßwellen<sup>1</sup> auf, die unter Umständen den gesamten Strömungsverlauf so verändern können, daß sich das Flugzeug völlig unkontrollierbar zu bewegen beginnt.

Die heute übliche Flügelgrundrißform für Überschallflugzeuge ist die Deltaform (Bild 42). Dadurch kann man einen Tragflügel mit geringer Spannweite und genügend großer Fläche und trotz Verwendung dünner Profile sehr fest bauen (die Tragflügel bestehen meist aus zwei gegossenen Schalen, die auf der Innenseite ausgefräst und dann zusammengeschweißt werden).

Während des Fliegens besteht unter einem Flügel ein Überdruck und darüber ein Unterdruck. Bei einem Pfeilflügel (Bild 40), so wie er für das Fliegen bei Schallgeschwindigkeit günstig ist, liegen die einzelnen Flügelprofile nicht nebeneinander, sondern entsprechend der Pfeilform

<sup>1</sup> Stoßwelle ist eine Erscheinung, die einen plötzlichen Druckanstieg in Wellenform auf die das Flügelprofil umgebende Luft überträgt.

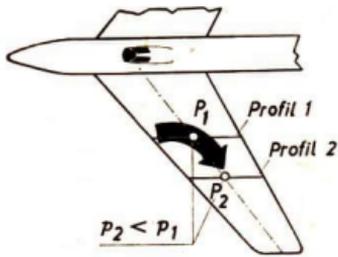


Bild 40

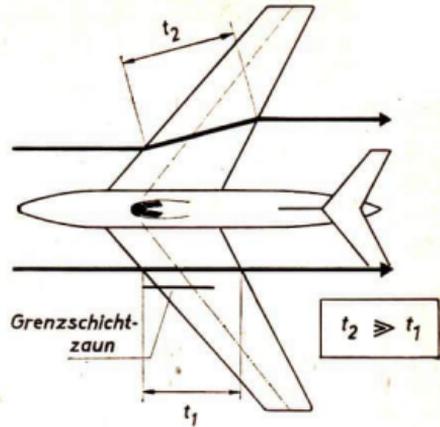
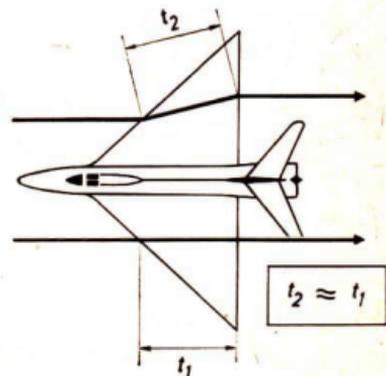


Bild 41

auch zueinander verschoben. Dadurch befindet sich die Stelle des größten Unterdruckes  $P_2$  neben einer Stelle geringeren Unterdruckes an Profil 1. Infolge dieser Verschiebung der Profile hat die umströmende Luft das Bestreben, von  $P_1$  nach  $P_2$  zu fließen. Dadurch verlängert sich der Weg der Stromfäden. Die Weglänge  $t$  ist aber eine charakteristische Größe im Kennwert  $E$  (s. S. 58). Je größer  $E$  ist, um so weiter rückt der Ablösungspunkt  $P$  der Strömung (Bild 32) nach vorn, d. h. durch die Pfeilform verschlechtert sich die Flugleistung infolge größeren Widerstandes. Um dieser Erscheinung zu begegnen, setzen die Konstrukteure einen Grenzschichtzaun auf den Flügel. Dadurch wird ein Ausweichen der Stromfäden verhindert (Bild 41). Bei der Deltaform des Flügels ist die Profiltiefe  $t_1$  nur wenig von  $t_2$  verschieden, so daß man hier auf den Grenzschichtzaun verzichten kann; denn er stellt ja einen zusätzlichen Widerstand in der Strömung dar (Bild 42).

Bild 42 Deltaförmiger Tragflügel mit gerader Hinterkante. Bei dieser Flügelform sind die Bahnlängen der Stromfäden bei verschiedenen Anstellwinkeln nicht so sehr unterschiedlich lang wie bei einem Pfeilflügel



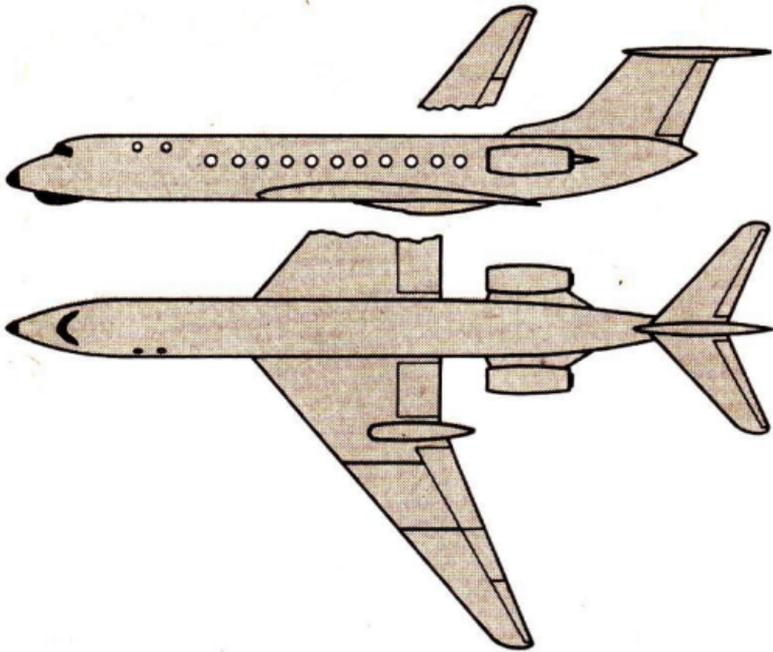


Bild 43 Verkehrsflugzeug Tu-134

Spannweite 27,4 m;

Flugmasse 42,0 t;

Schubkraft  $2 \times 5800$  kp;

Reichweite 4500 km

Geschwindigkeit  $880 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ;

72 Passagiere;

Solche Möglichkeiten besitzt die kapitalistische Gesellschaft nicht, obwohl es dort ausreichend hochqualifizierte Wissenschaftler und Techniker, eine spezialisierte und hervorragend ausgerüstete Industrie und die gesellschaftliche Triebkraft des Konkurrenzkampfes um den größten Profit gibt.

Infolgedessen wurde von diesem Zeitpunkt an, etwa um 1950, die kapitalistische Gesellschaftsordnung mehr und mehr zu einem Hemmnis für die weitere Entwicklung der Luftfahrt, und die kapitalistische Luftfahrtindustrie mußte ihre führende Stellung an die sozialistische Luftfahrtindustrie abtreten.

Die sozialistischen Staaten haben einen großen Vorsprung in der Entwicklung der Luftfahrt, auch wenn zur Zeit in Frankreich, England und den USA Verkehrsflugzeugprojekte für zweifache, dreifache und fünffache Schallgeschwindigkeit exi-

stieren. Generaloberst Loginow, Leiter der sowjetischen Luftverkehrsgesellschaft „Aeroflot“, äußerte hierzu:

„Bekanntlich haben wir die ersten strahlgetriebenen Verkehrsflugzeuge im regelmäßigen Passagierdienst eingesetzt. Wir werden uns auch, was die Einführung der Überschallmaschinen betrifft, im Wettbewerb mit den Fluggesellschaften des kapitalistischen Auslands nicht verspäten.“ Es sei noch daran erinnert, daß die Sowjetunion im Jahre 1961 zum „Tag der Luftflotte“ ein schweres Überschallflugzeug für etwa zweifache Schallgeschwindigkeit zeigte. Seitdem sind Jahre vergangen, und die sozialistische Luftfahrtindustrie ist auf ihrem Weg des Erfolges weiter vorangekommen (Bild 43 und 44); denn mit

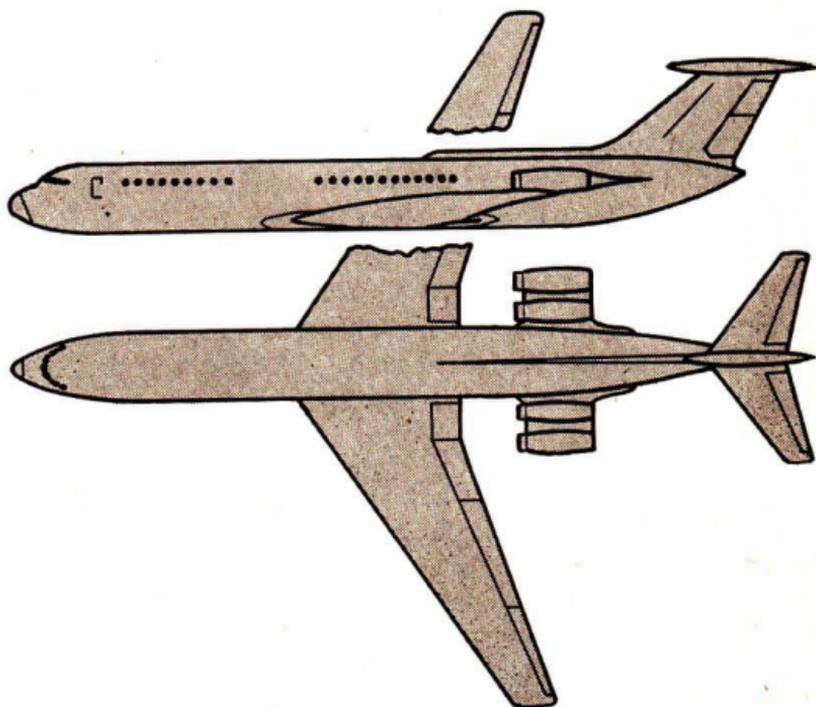


Bild 44 Verkehrsflugzeug Il-62

Spannweite 42,0 m;

Flugmasse 155,0 t;

Schubkraft  $4 \times 10\,500$  kp;

Reichweite 8500 km

Geschwindigkeit  $900 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ;

182 Passagiere;

der planmäßigen Entwicklung der Volkswirtschaft erfolgt auch die planmäßige Weiterentwicklung der sozialistischen Luftfahrt, das beweist das auf der Luftfahrtausstellung in Paris 1965 neben dem zur Zeit größten Transportflugzeug der Welt An-22 (Spannweite 64,4 m, Zuladung 80 t bzw. 720 Passagiere, Reichweite 11 000 km) gezeigte Modell des sowjetischen Mach-2-Verkehrsflugzeuges. Der Zeitpunkt der Aufnahme der Flug-erprobung solcher Flugzeuge ist nicht mehr fern.

Aufmerksam hat der Leser die Entwicklung des Flugzeugs bis hierher verfolgt. Er erwartet nun einen Ausblick in die Zukunft.

Manch einer träumt vielleicht von Familien- oder Wochenendausflügen nach Kuba, Sibirien oder Brasilien. Das liegt jedoch zur Zeit nicht im Bereich der Möglichkeiten für den einzelnen. Wer könnte zur Zeit ein Interesse daran haben, daß Herr Schimpall oder Fräulein Gorkáva am Wochenende fünf bis acht Stunden in einem Flugzeug sitzen, durch die Welt rasen, sich ein paar Stunden Brasilien ansehen und dann wieder acht Stunden im Flugzeug über den Wolken nach Hause brausen können? Wenn man dann fragt, wie war's, gut erholt, viel gesehen? Dann bekäme man als Antwort: Oh, es war ein wenig anstrengend, aber die Bedienung im Flugzeug – es gab drei Mahlzeiten während des Fluges – war gut, nur der Aufenthalt in Brasilien war etwas zu kurz.

Das Überschallflugzeug wird in den nächsten Jahren im Luftverkehr eingesetzt, das steht fest. Sein Einsatzgebiet werden die interkontinentalen Verkehrslinien sein. In Rund-um-die-Welt-Strecken wird man eine Verbindung schaffen, bei der es möglich wäre, in einem Tag mit Umsteigen von Flugzeug zu Flugzeug etwa um die ganze Erde zu fliegen. Solch eine Luftlinie könnte dem Hauptverkehrsstrom folgend alle Erdteile miteinander verbinden. Das setzt allerdings voraus, daß die entsprechenden Flugplatzanlagen, die Sicherung der Flugstrecken und die Versorgung und Wartung der Flugzeuge gewährleistet werden können. Dazu ist eine internationale Zusammenarbeit notwendig.

Strecke	Entfernung in km	Flugzeit in h
Moskau-Hanoi	7000	2,8
Hanoi-Sydney	7500	3,0
Sydney-Honolulu	8200	3,3
Honolulu-Havanna	7600	3,1
Havanna-Oran	8000	3,2
Oran-Moskau	3600	1,5

Zu den einzelnen Orten werden Zubringerlinien führen, so daß die Hauptstädte der verschiedenen Staaten in einem halben Tag oder noch weniger erreicht werden können. Diese Reisegeschwindigkeit kann mit etwa 12 Überschallflugzeugen verwirklicht werden.

Der dazu notwendige technische, finanzielle und personelle Aufwand wäre anfangs natürlich nur für solche Flugreisen gerechtfertigt, die im Interesse der Öffentlichkeit, der Wirtschaft, der internationalen Beziehungen, der Wissenschaft und Gesundheit notwendig sind.

Inwieweit sich dieses Zukunftsbild verwirklichen wird, hängt allerdings nicht nur vom technischen Fortschritt ab. Genauso wichtig ist es, daß die Imperialisten zur friedlichen Zusammenarbeit mit uns gezwungen werden, erst dann bekommt eine Weltluftfahrt im beschriebenen Umfang Sinn.

# Inhalt

	Zeitraum	Seite
1. Erste Gedanken über das Fliegen		3
2. Nachahmung des Vogelfluges	1300 bis etwa 1800	7
3. Die ersten Flugzeuge werden gebaut	1800 bis 1850	12
4. Freiballon und Luftschiff	1850 bis 1890	19
5. Die ersten Flugzeuge fliegen	1890 bis 1910	26
6. Die Flugzeugindustrie entsteht	1910 bis 1918	45
7. Der Luftverkehr beginnt	1918 bis 1935	62
8. Flugzeuge fliegen schneller als der Schall	1935 bis zur Gegenwart	79