

Luftfahrt.

Von Diplom-Ingenieur P. Reiniger, Berlin.

Einleitung.

Das erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts ist für die Entwicklung der Luftfahrt von außerordentlicher Bedeutung gewesen. Sowohl auf dem Gebiete der Luftschiffahrt (*Aërostatik*) wie auf dem Gebiete des Flugwesens (*Aërodynamik*) sind Erfolge errungen worden, die zu Ende des 19. Jahrhunderts niemand für möglich gehalten hätte. Das Problem der statischen wie der dynamischen Luftfahrt muß, wenn man vom motorlosen menschlichen Kunstflug absieht, als gelöst gelten. Was noch übrigbleibt, sind technische Vervollkommnungen, an deren Durchführung nicht zu zweifeln ist. Schon heute besitzen wir Luftschiffe und Flugzeuge, die allen nach verhältnismäßig so kurzer Entwicklungszeit billigerweise an sie zu stellenden Anforderungen gewachsen sind.

Der erste bedeutungsvolle Schritt auf dem Gebiete der Luftschiffahrt war die Erfindung des Luftballons durch die Gebrüder Montgolfier, die am 5. Juni 1783 einen größeren, mit warmer Luft gefüllten Ballon (*Montgolfiere*, Fig. 1226) öffentlich aufsteigen ließen. Wichtiger aber war noch für die Entwicklung der Luftschiffahrt die Erfindung des Physikers Charles, der für die Füllung eines Ballons anstatt der nur geringen Auftrieb besitzenden erwärmten Luft zum erstenmal Wasserstoff, das noch heute beste Füllgas, verwendete und gleichzeitig einen Ballon (*Charliere*, Fig. 1227) schuf, der bereits die Hauptorgane des modernen Freiballons, Ventil, Füllansatz, Netzhemd und Gondel, aufwies. — Der praktisch brauchbare Freiballon war erfunden; nun galt es, das neue Luftfahrzeug, das noch ein Spiel der Winde war, lenkbar zu machen. Die Haupterfordernisse hierfür erkannte bereits 1784 General Meusnier, der vorschlug, einem Ballon längliche Gestalt zu geben, zur Erhaltung der Prallform des Tragkörpers im Innern einen nach Maßgabe des Gasverlustes aufzublasenden Luftsack anzuordnen und durch von Menschenkraft anzutreibende Luftschrauben dem Fahrzeug die zur Steuerfähigkeit nötige Eigengeschwindigkeit zu verleihen.

Fast ein Jahrhundert lang scheiterten jedoch alle praktischen Versuche an der Unmöglichkeit, einen genügend starken und dabei leichten Motor zu beschaffen. Wohl vermochte Giffard,

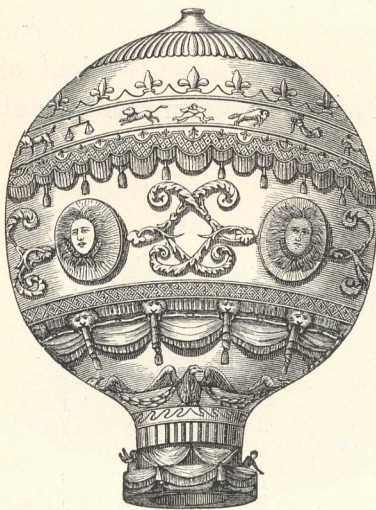


Fig. 1226. Montgolfiers Luftballon, 1783.

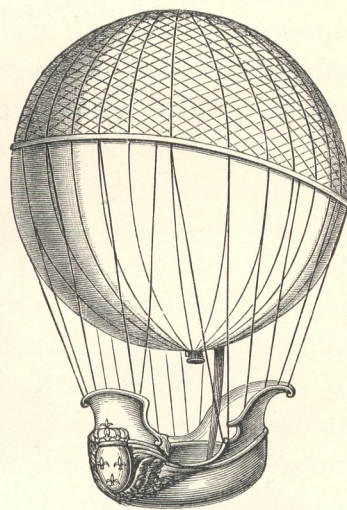


Fig. 1227. Ballon von Charles und Gebrüder Robert, 1783.

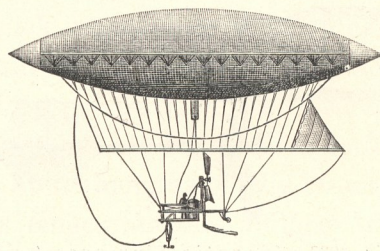


Fig. 1228. Giffards Luftschiff, 1852.

1852 mit seinem mit einer Dampfmaschine ausgerüsteten Luftschiff (Fig. 1228) Geschwindigkeiten bis zu 3 m in der Sekunde zu erreichen. Der Deutsche Hänlein, der eine durch das Ballonfüllgas gespeiste Gasmachine verwendete (Fig. 1229), kam schon auf ca. 5 m in der Sekunde, eine Geschwindigkeit, die auch die Gebrüder Tissandier 1883 mit ihrem durch einen Elektro-

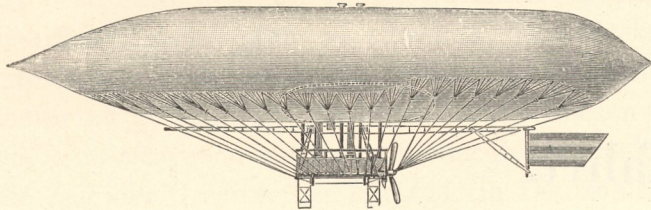


Fig. 1229. Hänleins Luftschiff, 1872.

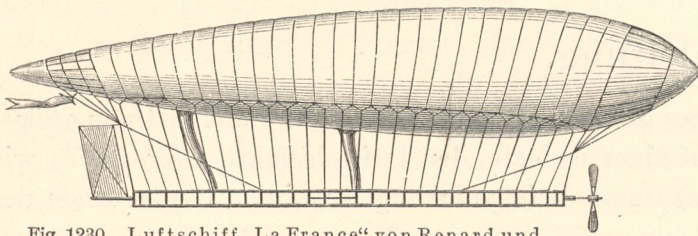


Fig. 1230. Luftschiff „La France“ von Renard und Krebs, 1884/85.

motor angetriebenen Luftschiff nicht zu übertreffen vermochten. Alle diese Luftfahrzeuge bewiesen bei ruhigem Wetter eine gewisse Lenkbarkeit, versagten aber schon bei geringen Windstärken; die Rückkehr zum Aufstiegsort vermochte keines zu vollbringen. Dies gelang erst 1884 den französischen Hauptleuten Renard und Krebs mit ihrem berühmten Luftschiff *La France* (Fig. 1230). Ein praktisch verwendbares Luftschiff war aber auch hiermit noch nicht geschaffen, da die erreichte Eigengeschwindigkeit von 6,2 m nur für geringe Windstärken ausreichte. Erst nachdem durch die Entwicklung der Automobil-

industrie der Verbrennungsmotor bei geringem Gewicht auf hohe Leistungsfähigkeit gebracht war, konnte die Entwicklung der Luftschiffahrt weiter fortschreiten und führte zu den großen Erfolgen

Zepplins und Parsevals in Deutschland und Lebaudys in Frankreich, die wohl als allgemein bekannt gelten können.

Während auf dem Gebiete der Luftschiffahrt das Ende des 18. Jahrhunderts mit der Erfindung des Luftballons den ersten großen Erfolg brachte, war es erst dem 20. Jahrhundert beschieden, den Beweis dafür zu erbringen, daß die Anhänger des Prinzips „schwerer als Luft“ nicht die Narren seien, für die man sie bis dahin meist gehalten hatte. Der Grundstein aber, auf dem die moderne

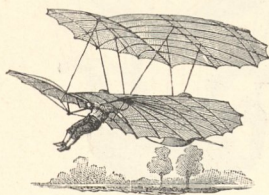


Fig. 1231. Lilienthals Flugapparat von vorn, 1896 (Landungsstellung).

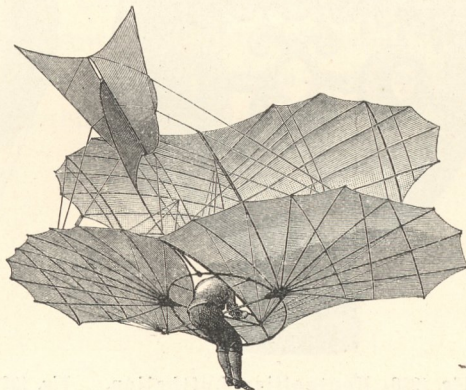


Fig. 1232. Lilienthals Flugapparat von hinten, 1896.

Flugtechnik sich aufbauen konnte, wurde bereits am Ende des 19. Jahrhunderts gelegt. Der Deutsche Otto Lilienthal, den man mit Recht den Vater des dynamischen Fluges nennt,

stellte mit seinem *Gleitflugzeug*, das zunächst als Eindecker, später als Zweidecker ausgebildet war (Fig. 1231 und 1232), 1890—96 zahlreiche Versuche an, die ihn die wichtigsten Gesetze des dynamischen Fluges erkennen ließen. Sein Hauptverdienst liegt darin, daß er seine Erfahrungen nicht wie andere Flugtechniker geheimnisvoll für sich behielt, sondern sie in seinem Werke „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ der Öffentlichkeit mitteilte und so seinen Nachfolgern die Grundlagen gab, auf denen sie weiter bauen konnten. Ein tragisches

Geschick setzte dem Streben Lilienthals frühzeitig ein Ziel, da er 1896 bei einem Gleitflugversuch tödlich verunglückte. Seine Nachfolger Pilcher, Chanute (Fig. 1233), Herring, und nicht zuletzt die Gebrüder Wright, verdanken Lilienthal einen nicht geringen Teil ihrer Erfolge.

Von anderen Männern, die vorher und gleichzeitig auf anderem Wege demselben Ziele zustrebten und zur Aufklärung der vielen wichtigen Fragen der Flugtechnik beitrugen, sind zu

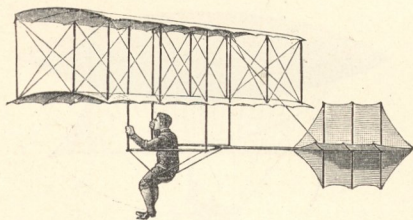


Fig. 1233. Chanutes Flugapparat mit zwei Flächen, 1898.

nennen die Engländer Henson, Wenham und Maxim, die Franzosen Pénaud, Tatin und Ader, der Österreicher Kreß, die Amerikaner Langley und Philipps und der deutsche Regierungsrat Hofmann.

A. Luftschiffahrt.

I. Grundbegriffe der Luftschiffahrt.

Auftrieb. Nach dem archimedischen Gesetz verliert ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper so viel von seinem Gewicht, wie die von ihm verdrängte Flüssigkeitsmenge wiegt. Dieses Gesetz gilt auch für die Gase. Auf jeden in der Luft befindlichen Körper wirken also zwei Kräfte, die Schwerkraft, gleich dem Gewicht des Körpers im luftleeren Raume, nach unten, und der Auftrieb, gleich dem Gewicht der verdrängten Luftmenge, nach oben. Sind diese beiden Kräfte gleich groß, so ruht der Körper gewichtslos auf seiner Unterlage; ist der Auftrieb größer als die Schwerkraft, so wird der Körper aufsteigen, und zwar so lange, bis beide Kräfte wieder gleich sind. — Eigengewicht und Luftgewicht sind also die beiden für den Auftrieb eines Ballons maßgebenden Faktoren. Je geringer das erstere und je größer das letztere, um so größer ist die Differenz, der „freie Auftrieb“. Möglichst großes Volumen und möglichst geringes Gewicht sind die in erster Linie an einen Ballon zu stellenden Forderungen. Ein luftleerer Hohlkörper mit gewichtsloser Hülle würde diesen Bedingungen am besten entsprechen. Jedoch läßt sich das sogenannte *Vakuumluftschiff* nicht ausführen, denn der Luftdruck beträgt auf 1 qcm Fläche rund 1 kg. Auf 1 qm Hüllenoberfläche würde also eine Belastung von 10 000 kg kommen. Ein Kugelballon von 1200 cbm Inhalt z. B. hat nun eine Oberfläche von ca. 547 qm. Auf diese Oberfläche würde also ein Druck von 5470 000 kg wirken. 1 cbm Luft wiegt ca. 1,3 kg; das Gesamtgewicht der von dem Kugelballon verdrängten Luft beträgt mithin $1200 \times 1,3 = 1560$ kg. Das Gesamtgewicht des Ballons muß also, damit er schwebefähig bleibt, kleiner sein als 1560 kg. Es ist einleuchtend, daß bei so geringem zulässigen Gewicht sich eine Versteifungskonstruktion, die dem ungeheuren Druck von 5470 000 kg standhält, nicht herstellen läßt. — Die Versteifung der Ballonhülle gegen den äußeren Luftdruck läßt sich praktisch nur durch den Gegendruck eines eingeschlossenen leichten Füllgases erzielen, wofür *Wasserstoff* und *Leuchtgas* in erster Linie in Betracht kommen, ersteres wegen seiner Leichtigkeit, letzteres wegen seiner Billigkeit. 1 cbm Wasserstoff wiegt ca. 0,09 kg; Leuchtgas je nach dem Gehalt an schweren Kohlenwasserstoffen 0,4—0,6 kg. In der praktischen Luftschiffahrt rechnet man bei Wasserstoff mit einem Auftrieb von 1,1 kg pro cbm, bei Leuchtgas mit 0,7 kg auf 1 cbm.

Die Größe des Auftriebes eines Ballons hängt außer vom Verdrängungsvolumen und vom Eigengewicht noch von mehreren anderen Faktoren ab. Luftdruck und Lufttemperatur beeinflussen das Gewicht der verdrängten Luft, Gastemperatur und Diffusion das Gewicht des Füllgases. Nach dem Gesetz von Boyle-Mariotte ist die Dichte eines Gases, mithin das spezifische Gewicht, proportional dem Druck; das Volumen des Gases dem Druck umgekehrt proportional. Steigt also ein Ballon von einer Stelle, wo ein Luftdruck von 760 mm herrscht, auf bis zu einer Höhe, wo der Luftdruck nur noch $\frac{3}{4}$ dieser Größe, also 570 mm, beträgt, so ist auch das Gewicht der verdrängten Luft, mithin der Auftrieb, um $\frac{1}{4}$ vermindert. Mit der Abnahme des äußeren Luftdruckes muß nun aber auch der Druck des Füllgases in gleicher Weise abnehmen, wobei die Druckabnahme eine Volumenvergrößerung zur Folge hat. Erfordert das eingeschlossene Füllgas bei 760 mm Barometerstand einen Raum von V cbm, so erfordert es bei 570 mm einen Raum von $V \cdot \frac{760}{570} = \frac{4}{3} V$. Da das Innere der Ballonhülle, pralle Anfangsfüllung vorausgesetzt, nur für V cbm Raum gewährt, muß $\frac{1}{4}$ der Füllgasmenge ins Freie strömen, d. h. das Gasgewicht verringert sich um $\frac{1}{4}$, wodurch wieder ein Auftriebszuwachs entsteht. Da aber das Gewicht von 1 cbm Wasserstoff nur rund $\frac{1}{14}$ des Gewichtes von 1 cbm Luft beträgt, so fällt dieser Auftriebszuwachs infolge Abnahme des Gasgewichtes gegenüber der Auftriebsabnahme infolge Verringerung des Gewichtes der verdrängten Luft kaum ins Gewicht. Ein aufsteigender Ballon verliert also