

de la Vaulx konstruierten Fahrzeuge sind aus dem Bestreben entstanden, kleine, in Betrieb und Herstellung billige Lenkballons für Sport- und Reklamezwecke zu schaffen. Sie werden in der Regel mit Leuchtgas gefüllt und nach jeder Fahrt entleert. Die Hülle kann dann zusammengerollt und in der aus mehreren Teilen bestehenden zusammenlegbaren Gondel verpackt werden. Die Zodiac-Luftschiffe werden für 600—1200 cbm Tragkörperinhalt hergestellt und mit Motoren von 16—45 PS ausgerüstet. Die Geschwindigkeit beträgt nur bis 30 km in der Stunde.

Deutschland. Nach dem La France-Typ sind in Deutschland bisher nur kleine Fahrzeuge erbaut, und zwar die Luftschiffe *Erbslöh* und *Clouth*. Der der Rheinisch-Westfälischen Motorluftschiff-Gesellschaft gehörige *Erbslöh* (Fig. 1242) fiel am 13. Juli 1910 mitsamt dem Führer, dessen Namen er trug, einer Katastrophe zum Opfer und wurde vernichtet. Der Tragkörper des

Luftschiffes hatte eine Länge von 53 m, einen größten Durchmesser von 10 m und einen Inhalt von 2900 cbm. Die Prallform wurde durch ein linsenförmiges Ballonet gewahrt. Die aus Eschenholz hergestellte Gondel hatte eine Länge von 27 m und trug an der Spitze einen hölzernen Schraubpropeller von 4,5 m Durchmesser, der von

einem 110 PS leistenden Benzmotor angetrieben wurde. Dämpfungsflächen und Seitensteuer waren vorhanden, dagegen fehlten besondere Höhensteuer. Die Höhensteuerung geschah nach Art der Parseval-Luftschiffe durch Schrägstellung des ganzen Tragkörpers, und die hierzu nötige Schwerpunktsverschiebung wurde durch Umpumpen von Wasser mittels einer Kreiselpumpe von einem an der Spitze der Gondel angeordneten Behälter nach einem solchen am Hinterende und umgekehrt erzielt. Neu war ferner

noch die Einrichtung, daß die ins Ballonet zu pumpende Luft vorher durch den Kühler des Motors geschickt und dort erwärmt werden konnte. — Beim Luftschiff *Clouth* (Fig. 1243) ist der Tragkörper im Gebrauchszustand nicht völlig unstarr, sondern wird durch zwei elastische, am Gurt zu befestigende Holzstangen versteift. Von diesen Stangen führen die Tragseile zu der

langen Gondel, so daß eine gleichmäßige Verteilung der Last auf den Tragkörper erzielt wird. Die Abmessungen sind: Länge 42 m, größter Durchmesser 8,4 m, Tragkörperinhalt 1700 cbm. Ein 50 PS-Motor treibt mittels Gummiseilübertragung zwei nebeneinander liegende Holzpropeller, die etwa in der Mitte der Gondel auf einem hohen Bock gelagert sind. Das kastenförmige Höhensteuer ist am Vorderteil des Tragkörpers, das Seitensteuer mit davorliegender Kielfläche unterhalb des Hecks angeordnet. Am Hinterende des Tragkörpers sind ferner beiderseitig zwei übereinanderliegende Dämpfungsflächen vorgesehen. Dieses Luftschiff ist billig, leicht zerlegbar und daher bequem transportabel. Die erreichbare Geschwindigkeit von ca. 35 km pro Stunde genügt, um es für Sportzwecke geeignet zu machen.

Österreich. In Österreich ist kürzlich ein neues Militärluftschiff *K. W. III* (Fig. 1244) fertiggestellt, das deswegen an diese Stelle gehört, weil die 7 m lange Gondel nach vorn und nach hinten je einen 9 m langen Auslegerarm trägt, so daß ein ca. 25 m langer Versteifungsträger entsteht. Der Tragkörper hat eine Länge von 68 m, einen größten Durchmesser von 10,5 m und einen Inhalt von 6300 cbm und wird durch zwei Ballonets von zusammen ca. 900 cbm Inhalt prall

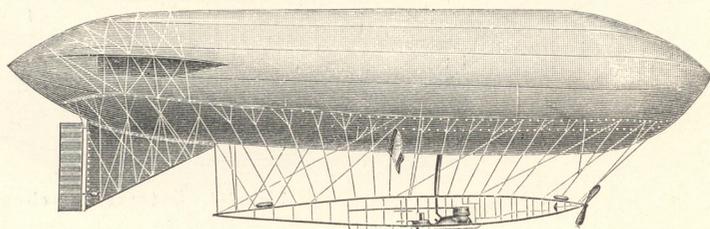


Fig. 1242. Luftschiff Erbslöh.

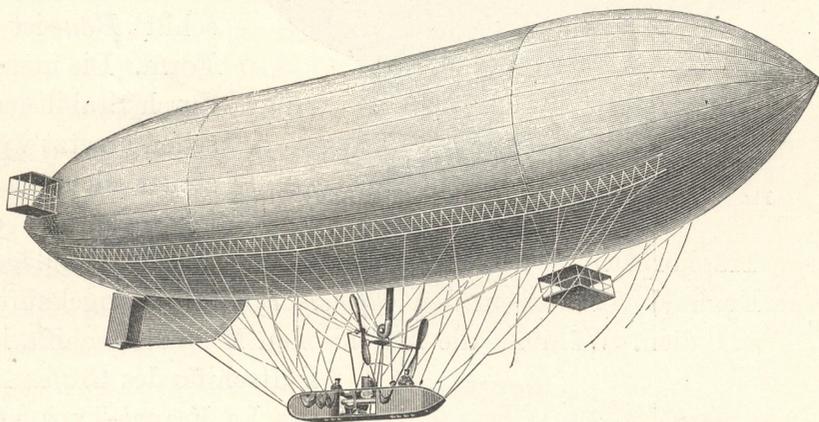


Fig. 1243. Ballonetluftschiff Clouth.

erhalten. Zwei vierflügelige Holzpropeller von je 3 m Durchmesser sind, wie bei Parseval, zu beiden Seiten der Gondel auf hohen Böcken gelagert und werden durch zwei achtzylindrige Körting-Motoren von je 75 PS angetrieben. Die Höhensteuerung erfolgt durch Schrägstellung des Tragkörpers. Die hierzu nötige Schwerpunktsverschiebung erfolgt durch Umpumpen von Wasser oder, wie bei Parseval, durch die Ballonets.

England. In England sind die beiden Militärluftschiffe *Baby* und *Beta* nach dem

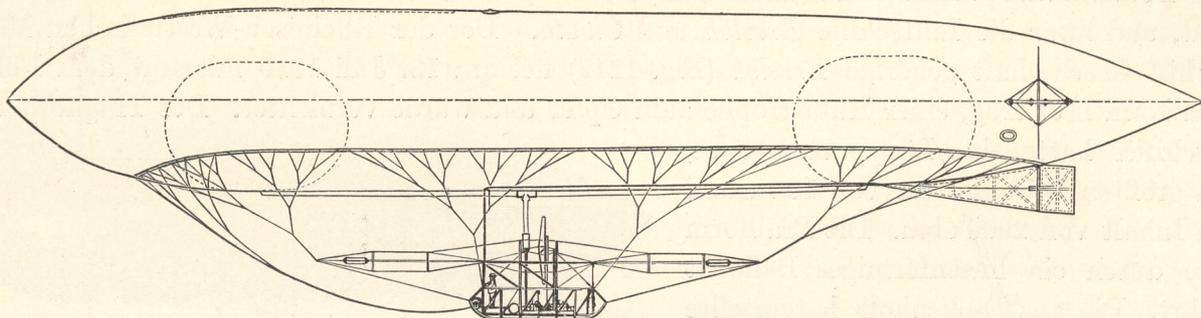


Fig. 1244. Österreichisches Militärluftschiff.

Clément-Bayard-Typ erbaut. Das Luftschiff *Baby* (Fig. 1245) hat ziemlich gedrungene Form; seine Länge beträgt nur 30 m, der größte Durchmesser 7 m. Zur Dämpfung dienen am Hinterende angebrachte flossenförmige Gaskörper. Die Gondel ist als langgestreckter Träger ausgebildet und trägt in der Mitte den Motor sowie die

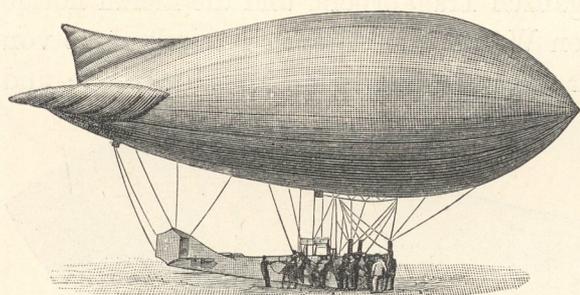


Fig. 1245. Englisch Militärluftschiff *Baby*.

auf einem Gerüst gelagerte Schraube, am Hinterende das Höhensteuer, eine senkrechte Kielfläche sowie das Horizontalsteuer. Bei dem größeren Luftschiff *Beta* ist der Tragkörper von gestreckterer Form. Die ursprünglich vorhandenen Gasflossen sind durch Stabilisierungsflächen nach Art der Parseval'schen ersetzt worden. Auch befindet sich das Seitensteuer nicht mehr an der Gondel, sondern am Tragkörper hinter einer senkrechten Dämpfungsfläche.

Die Tragkörperhülle besteht, wie bei *Baby*, aus Goldschlägerhaut. — Außer diesen Luftschiffen hat England vor kurzem den *Clément Bayard II* angekauft.

Italien. Während die italienischen Militärluftschiffe halbstarrer Bauart sind, gehörten die Luftschiffe des Grafen *Almerico da Schio* zu den Fahrzeugen des La France-Typs. Diese Luftschiffe, von denen das erste im Jahre 1905 erbaut wurde, sind insofern eigenartig, als sie kein Ballonet besitzen. Statt dessen ist die Kielseite des Tragkörpers aus Kautschuk hergestellt und daher elastisch, so daß der Tragkörper selbst bei Ausdehnung des Gases sich vergrößert, bei Verringerung des Gasvolumens sich verkleinert.

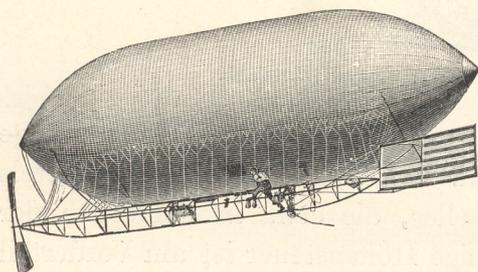


Fig. 1246. Luftschiff Baldwin.

Belgien. Das diesem Staate gehörige Luftschiff *Ville de Bruxelles* entspricht im wesentlichen dem französischen *Clément Bayard I*.

Spanien. Hier wäre nur zu nennen das nach dem Clément-Bayard-Typ erbaute Luftschiff *España*, das jedoch infolge einiger Konstruktionsfehler besondere Erfolge bisher nicht aufzuweisen hatte.

Amerika. Amerika besitzt nur ein kleines Luftschiff des La France-Typs, das Militärluftschiff *Baldwin* (Fig. 1246). Der ziemlich plumpe Tragkörper hat eine Länge von etwa 29 m und einen Durchmesser von 5,9 m. Seine Form wird durch ein im hinteren Teil des Tragkörpers liegendes Ballonet gewahrt, das durch einen Handventilator aufgeblasen wird. Die durch das Aufblasen und

Zusammenziehen des Ballonets sich ergebenden Schwerpunktsverschiebungen müssen durch die Höhensteuer ausgeglichen werden, von denen je eins im vorderen und hinteren Viertel der fast über die ganze Länge des Luftschiffes sich erstreckenden, am Tragkörper mittels eines dünnen Netzes aufgehängten Gondel angebracht ist. Die Dämpfungsflächen sind nicht am Tragkörper, sondern an der Gondel zu beiden Seiten des Horizontalsteuers angeordnet. Ein 25 PS-Motor treibt die am Vorderteil der Gondel gelagerte Zugschraube mit 250 Umdrehungen pro Minute, wodurch eine Geschwindigkeit von 30 km pro Stunde erreicht wird. Tragfähigkeit und Aktionsradius sind bei den kleinen Abmessungen natürlich sehr gering.

b) Halbstarre Luftschiffe.

Frankreich. Die halbstarre Bauart wurde in Frankreich zuerst angewandt, und zwar bei den Luftschiffen des Systems *Juillot-Lebaudy*. Nach diesem sind bisher vier französische Militärluftschiffe erbaut, und zwar *Le Jaune*, *La Patrie*, *La République* und *La Liberté*, von denen *La Patrie* (Fig. 1247) und *La République*

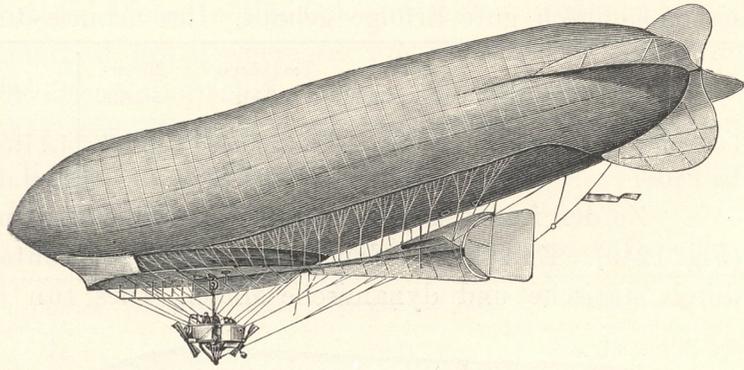


Fig. 1247. Der erste französische Kriegsballon La Patrie.

durch Unglücksfälle vernichtet wurden. Das wesentlichste Merkmal dieser Fahrzeuge besteht darin, daß der Boden des Tragkörpers durch ein *Kielgerüst* versteift ist. Man nennt daher die Luftschiffe halbstarre Bauart auch *Kielgerüstluftschiffe*. Das Kielgerüst der Juillot-Lebaudy-Luftschiffe (Fig. 1248) ist aus Stahlrohren hergestellt und besteht aus einer horizontalen ovalen Bodenfläche und einem hierzu senkrecht stehenden, in der mittleren Längsachse der Bodenfläche nach unten zu angeordneten Kielträger. Durch Streben und Spanndrähte sind beide Teile gegeneinander abgesteift. Nach hinten zu verlängert sich der Kiel zu einem kreuzförmigen Dämpfungsorgan, hinter dem das Seitensteuer angeordnet ist. Außerdem trägt der Tragkörper am Heck zwei seitliche Dämpfungsflächen und oben und unten eine Kielfläche. Der Tragkörper ist in seinem Mittelteil zylindrisch mit abgeflachter Bodenseite; das Vorderende hat die Gestalt eines scharf zugespitzten Kegels, während das hintere Ende sich allmählich verjüngt und stumpf ausläuft. Die Prallform wird durch ein mittleres Ballonet erhalten, das durch Querwände, die mit Öffnungen versehen sind, unterteilt ist. Bei der *Liberté* ist auch der Gasraum durch gasdichte Querwände in einzelne Zellen unterteilt. Hierdurch soll das Luftschiff, auch wenn eine Abteilung durch Verletzung der Hülle gasleer geworden ist, nach Abwurf sämtlichen Ballastes und alles dann entbehrlichen Gewichtes (Benzin, Maschinenreserveteile usw.) noch als Freiballon schwebefähig bleiben. Lenkbarkeit und dynamische Höhensteuerung sind natürlich dann ausgeschlossen, da der Tragkörper seine Form verlieren und einknicken wird. Die bei allen Luftschiffen dieser Klasse verhältnismäßig kurze Gondel ist an Stahlseilen am Kielgerüst aufgehängt und läuft nach unten zu einer pyramidenförmigen Spitze aus, auf der sich die Schiffe leicht in eine gewünschte Richtung einstellen lassen. Auch diente diese Spitze bei den älteren Fahrzeugen dazu, die Flügel der in Gondelhöhe zu beiden Seiten angeordneten, durch Querwellen und Kegelräder angetriebenen Propeller bei der Landung zu schützen. Bei dem neuesten Luftschiff, der *Liberté*, fällt dieser Zweck fort, da hier die Propeller, ähnlich wie bei den Parseval-Luftschiffen, um die

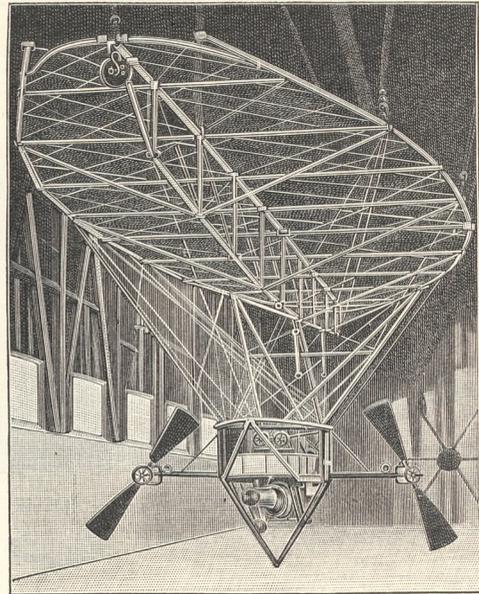


Fig. 1248. Kielgerüst der Juillot-Lebaudy-Luftschiffe.

bei den älteren Fahrzeugen stark auftretenden Kippmomente zu vermeiden, auf hohen, seitlich herausragenden Böcken gelagert sind. Auch hinsichtlich der Höhensteuerung besteht zwischen *Liberté* und den älteren Typen ein Unterschied. Bei den letzteren waren einfache Höhensteuerflächen am Vorderteil des Traggerüsts angebracht, die zu beiden Seiten über das Traggerüst herausragten; bei der *Liberté* dagegen sind doppelflächige kastenartige Höhensteuer vor der Gondel und zwischen dieser und dem Kielgerüst beiderseitig angeordnet. Bemerkenswert ist noch, daß der zum Aufblasen der Ballonets dienende Ventilator dicht unter dem Kielgerüst steht, um einen langen Luftschlauch zu vermeiden. — Die Luftschiffe des Systems *Juillot-Lebaudy* haben sämtlich gute Erfolge gehabt. Ihre Abmessungen zeigt nachstehende Tabelle:

Luftschiff	Länge	Größter Durchm.	Tragkörperinhalt	Motorstärke	Luftschiff	Länge	Größter Durchm.	Tragkörperinhalt	Motorstärke
Le Jaune . . .	58 m	9,3 m	ca. 2700 cbm	40 PS	La République	65 m	10,8 m	ca. 3900 cbm	80 PS
La Patrie . . .	60 -	10,3 -	- 3600 -	70 -	La Liberté . .	68 -	10,8 -	- 4200 -	135 -

Zu den französischen Luftschiffen mit Kielgerüst gehört noch der Lenkballon von *Malécot* (Fig. 1249). Er zählt zu dem sogenannten gemischten System, d. h. er bewirkt seinen Auftrieb durch statische und dynamische Mittel. Dies tun ja in gewissem Maße alle Motorluftschiffe,

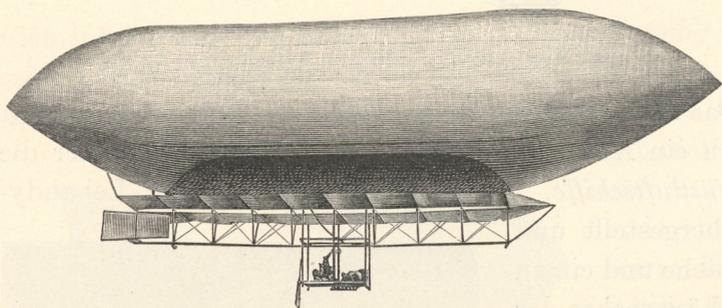


Fig. 1249. Malécots Luftschiff nach dem gemischten System (1909).

sobald sie sich mittels ihrer Höhensteuer oder durch Schrägstellung des Tragkörpers in Höhenlagen erheben, in denen ihr Gesamtgewicht größer ist als das Gewicht der verdrängten Luft. Beim Malécot soll jedoch die Ausnutzung der dynamischen Auftriebswirkung noch in höherem Maße erfolgen; es ist daher die starre Kielfläche mit Segeltuch bespannt und als Tragfläche ausgebildet. Hierdurch entsteht gewissermaßen eine entlastete Flugmaschine. Die Höhensteuerung geschieht durch Verschieben eines Laufgewichtes. Ein ausgeführtes Luftschiff dieses Typs von 34 m Länge, 7,4 m Durchmesser und 1000 cbm Inhalt des Tragkörpers hat, mit einer Tragfläche von 120 qm versehen, gute Erfolge gehabt. Die französische Militärverwaltung soll die Verwendung dieses Typs im Auge haben.

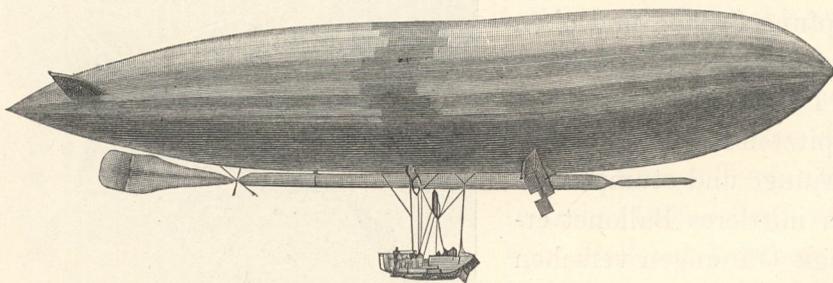


Fig. 1250. Deutsches Militärluftschiff M₂.

Deutschland. Für die deutsche Militärverwaltung sind bisher fünf halbstarre Luftschiffe erbaut worden, nämlich ein zurzeit nicht mehr im Dienst befindliches Versuchsluftschiff und die Militärluftschiffe M₁, M₂, M₃, M₄. Von den letzteren ist M₃ im Kaisermanöver 1911 verbrannt. Diese als Verbesserungen des Typs *Juillot-Lebaudy* anzusprechenden, von Major Groß und Oberingenieur Basenach konstruierten Luftschiffe (Fig. 1250) besitzen sämtlich ein Kielgerüst. Beim Versuchsluftschiff war dieses noch ziemlich breit und lehnte sich ziemlich eng an das französische Vorbild an. Bei den folgenden Neubauten wurde das Gerüst immer schmaler und leichter; bei den neuesten Fahrzeugen bildet es im Querschnitt ein gleichseitiges Dreieck und ist vollständig mit Stoff bespannt. Während bei M₁ und M₂ das Kielgerüst noch als durchlaufender Träger ausgebildet war, ist es bei M₃ in drei gelenkig miteinander verbundene Teile zerlegt, die jedoch durch Verspannung in ihrer Lage zueinander gesichert werden können. Bei M₁ und M₂ liegen hinter dem Kiel in Kreuzform zueinander stehende Dämpfungs- und Kielflächen, dahinter das Seitensteuer. Bei M₃ trägt das Kielgerüst selbst am Hinterende eine vertikale Kielfläche, hinter der das Seitensteuer liegt.

Alle Luftschiffe dieses Typs haben horizontale Dämpfungsflächen am Hinterende des Tragkörpers. Ein grundsätzlicher Unterschied besteht ferner zwischen M_1 und M_2 einerseits und M_3 und M_4 andererseits in der Anordnung der Propeller. Diese sind bei ersteren zu beiden Seiten des Kielgerüsts angeordnet, um ihren Angriffspunkt möglichst dicht an die Widerstandsmittellinie heranzulegen. Diese Anordnung hat jedoch den Nachteil, daß lange Übertragungsorgane erforderlich werden und diese infolge des Pendelns der an Drahtseilen aufgehängten Gondel leicht Zerrungen und Verschiebungen ausgesetzt sind. Infolgedessen sind bei M_3 und M_4 die Propeller wie bei Parseval an der Gondel selbst auf hohen Böcken gelagert. Die Höhensteuerung geschieht durch Schrägstellen des Tragkörpers, wobei die hierzu nötige Schwerpunktsverschiebung durch Umpumpen von Wasser zwischen zwei innerhalb des Kielgerüsts am Vorder- und Hinterende angeordneten Behältern bewirkt wird. Die älteren Luftschiffe haben außerdem noch besondere, am Vorderteil des Kielgerüsts angebrachte kastenförmige Höhensteuer. Der Ventilator zum Aufblasen der Ballonets ist ebenfalls im Kielgerüst eingebaut, wodurch sich eine sehr kurze Schlauchleitung ergibt.

Die Abmessungen der vier Luftschiffe M_1 bis M_4 ergeben sich aus folgender Tabelle:

	Länge	Größter Durchm.	Tragkörperinhalt	Motorstärke
M_1 (nach Umbau)	74 m	12 m	5200 cbm	$2 \times 75 = 150$ PS
M_2	74 -	12 -	5200 -	$2 \times 75 = 150$ -
M_3	83 -	12,4 -	6500 -	$4 \times 75 = 300$ -
M_4	94 -	13 -	7500 -	$4 \times 100 = 400$ -

M_3 hat eine Eigengeschwindigkeit von 16,5 m pro Sekunde erlangt und war damit zurzeit eins der schnellsten Luftschiffe der Welt. M_4 wird es voraussichtlich noch übertreffen. Trotzdem scheint der ganze Typ aus irgendwelchen nicht bekanntgewordenen Gründen nicht mehr in Neubauten fortgeführt zu werden.

England. In England wurden die ersten Militärluftschiffe *Nulli Secundus* und *Dirigible II* nach dem halbstarren System erbaut, und zwar hinsichtlich der Gondelkonstruktion

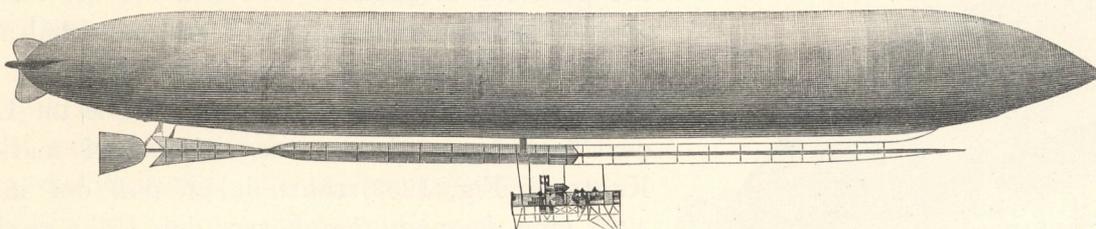


Fig. 1251. Luftschiff Morning Post.

und der Art des Antriebes in ziemlich enger Anlehnung an das System *Juillot-Lebaudy*. Beide Luftschiffe hatten jedoch wenig Erfolg, so daß die englische Militärverwaltung die halbstarre Bauart aufgegeben und sich dem unstarren Clément-Bayard-Typ zugewendet hat, außerdem aber auch Versuche mit dem starren System anstellt.

Außer dem kleinen in Privatbesitz befindlichen Sportluftschiff *Willows*, das durch seine von Unglücksfällen verfolgte, aber vom Eigner mit zäher Energie durchgeführte Fahrt von London nach Paris bekannt geworden ist, besaß England bis vor einiger Zeit noch ein großes, von den Lebaudy-Werken erbautes Kielgerüstluftschiff *Morning Post* (Fig. 1251). Der Tragkörper dieses bisher größten halbstarren Luftschiffes hatte eine Länge von 103 m, einen Durchmesser von 12 m; der Antrieb erfolgte durch zwei Motoren von je 110 PS. Die *Morning Post* fiel jedoch im Frühjahr 1911 einem Unfall zum Opfer.

Italien. Im Gegensatz zu England hat Italien mit der halbstarren Bauart seiner Militärluftschiffe durchaus gute Erfahrungen gemacht, und zwar bei beiden hier angewandten Systemen, dem von *Crocco-Riccaloni*, dem die *Luftschiffe I* und *I bis* angehören, sowie dem von *Forlanini-Fabro*, nach welchem der *Leonardo da Vinci* erbaut ist. Beim *I bis* (Fig. 1252) hat der in der modernen Fischform mit verhältnismäßig stumpfer Spitze und schlank verlaufendem Hinterteil

ausgeführte Tragkörper eine Länge von 62 m, einen größten Durchmesser von 10,5 m und einen Inhalt von 3450 cbm. Die Prallform wird durch ein Ballonet von 900 cbm Fassungsvermögen gesichert, das durch mit Öffnungen versehene Zwischenwände unterteilt ist. Auch der Gasraum ist ähnlich wie bei dem französischen Luftschiff *Liberté* durch sechs gasdichte Zwischenwände in sieben Kammern eingeteilt. Als Kielgerüst dient ein im Innern der Hülle am Boden angeordneter, aus einzelnen gelenkig miteinander verbundenen Teilen bestehender Gitterträger aus Stahlrohr. An diesem ist außen noch ein 25 m langer, senkrecht stehender und mit Stoff bespannter Kielträger befestigt. Eine kurze bootähnliche Gondel ist am Gelenkträger aufgehängt und trägt die auf zwei seitlich hervorragenden hohen Böcken gelagerten Propeller.

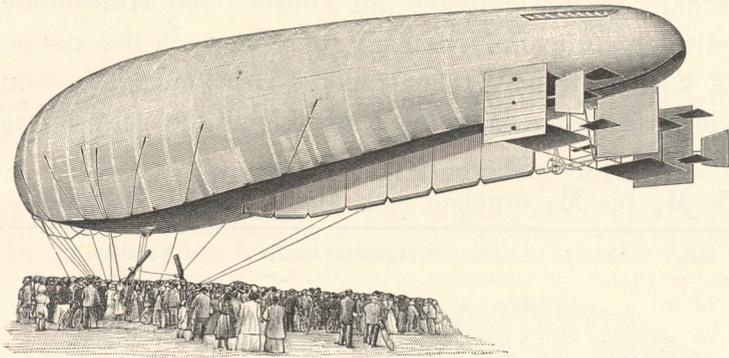


Fig. 1252. Italienisches Militärluftschiff I bis.

Eigenartig sind die Dämpfungs- und Steuerungsorgane, die zu einem kastenartigen, unter dem Heck des Tragkörpers liegenden Gebilde vereinigt sind. Dieses besteht auf jeder Seite aus zwei übereinander liegenden horizontalen Dämpfungsflächen und einer außen liegenden vertikalen Kielfläche. Hinter jeder festen Fläche befindet sich eine entsprechende kleinere biegsame Steuerfläche. Ein großes Seitensteuer liegt in der Mitte in der Verlängerung des Kiels. Der Motor von 120 PS verleiht dem Luftschiff eine Geschwindigkeit von 55 km in der Stunde. Die Tragfähigkeit beträgt 1100 kg Nutzlast. — Nach dem Typ des *I bis* befinden sich zwei weitere, größere Luftschiffe zurzeit im Bau.

Das Luftschiff *Leonardo da Vinci* (Fig. 1253) stellt einen ganz anderen Typ dar. Der Tragkörper hat eine Länge von nur 40 m bei einem größten Durchmesser von 14 m. Die Form entspricht jedoch insofern den neuesten Erfahrungen, als der größte Durchmesser erheblich vor der Mitte liegt, so daß trotz der gedrungenen Form ein verhältnismäßig schlanker Hinterkörper entsteht, der ebenso wie das Vorderteil in eine Spitze ausläuft. Die im Unterteil des Tragkörpers beiderseits sich scharf markierende Kante (s. Fig. 1253) rührt daher, daß der insgesamt 3265 cbm fassende Tragkörper der Höhe nach durch eine gasdichte Stoffbahn in zwei Räume eingeteilt ist, von denen nur der obere, 2950 cbm fassende als Gasraum dient, während der untere ein aus Stahlrohren

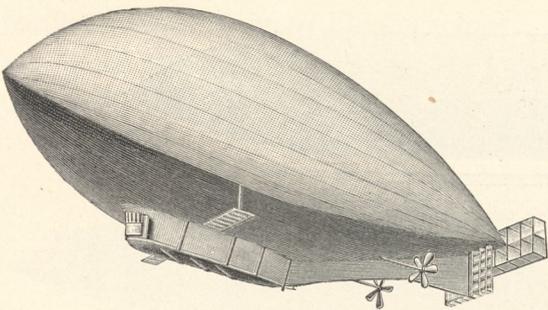


Fig. 1253. Italienisches Luftschiff Leonardo da Vinci.

hergestelltes breites Kielgerüst aufnimmt. Im Gasraum ist noch ein Ballonet von 350 cbm Fassungsvermögen vorgesehen. Auf der Unterseite ist das Gerüst nur mit einem einfachen, luftdurchlässigen Drellstoff bespannt. Die 12 m lange Gondel ist direkt an das Kielgerüst angebaut, völlig mit Segeltuch bespannt und in drei hintereinander liegende Räume (Führerstand, Maschinenstand und Passagierraum) unterteilt. Nach hinten läuft die Gondel in einen schmalen, stoffbespannten Kiel aus, der zu den unterhalb des Hecks des Tragkörpers angeordneten Steuerungsorganen führt. Bei diesen sind die Höhen- und Seitensteuer ähnlich wie beim *I bis* zu einem rahmenartigen Gebilde vereinigt, und zwar besteht dieses auf jeder Seite aus drei senkrechten und fünf wagerechten Flächen, von denen erstere, um senkrechte Achsen drehbar, zur Seitensteuerung, letztere, um wagerechte Achsen drehbar, zur Höhensteuerung dienen. Am hintersten Ende des Tragkörpers sind ferner noch fünf senkrechte Kielflächen und drei wagerechte Dämpfungsflächen, ebenfalls in Kastenform, angeordnet. Zwei fünfzügige Schrauben, deren Wellen im Kielgerüst gelagert sind und mittels Kettenübertragung von einem 40 PS leistenden Motor aus angetrieben werden, verleihen dem Luftschiff eine Eigengeschwindigkeit von 50 km in der Stunde.

Belgien. Das von Godard in Paris konstruierte Luftschiff *Belgique* gehört seinem Äußern nach eigentlich zum Clément-Bayard-Typ, von dem es sich nur dadurch unterscheidet, daß der Tragkörper mit einem Kielgerüst versehen ist. Das Luftschiff hatte ursprünglich eine Länge von 54 m, einen größten Durchmesser von 9,5 m und einen Gasraum von 2700 cbm; es wurde jedoch bald vergrößert, und zwar auf eine Länge von 64,5 m, einen größten Durchmesser von 10,75 m und einen Gasrauminhalt von 4000 cbm. Als Kielgerüst dient ein schmaler, etwa über zwei Drittel der Gesamtlänge sich erstreckender, stoffbespannter Holzträger. Die aus Stahlrohr hergestellte Gondel ist 25 m lang und trägt an ihrer Spitze den hölzernen Propeller von 5 m Durchmesser, der durch zwei hintereinander gekuppelte Motoren von je 60 PS unter Zwischenschaltung eines Vorgeleges mit 400 Touren pro Minute angetrieben wird. Bei der ersteren Ausführungsform war am Hinterende der Gondel noch eine zweite Schraube vorgesehen, die jedoch beim Umbau fortgelassen wurde. Das Seitensteuer ist hinter dem Kielgerüst angeordnet; das Höhensteuer, ein doppelflächiges Kastensteuer, am Vorderteil der Gondel an besonderen, weitausladenden Trägern. Bei der ersten Ausführungsform war das Höhensteuer höher, dicht unter dem Kielgerüst vorgesehen. Die Dämpfungsorgane bestehen aus einem um das Hinterende des Tragkörpers wagerecht herumgelegten gasgefüllten Wulst von kreisförmigem Querschnitt und aus einer oberen und einer unteren Kielfläche. Zur Erhaltung der Prallform dient ein Ballonet, das mit vorgewärmter Luft gespeist werden kann.

3. Luftschiffe ohne Ballonet (Starrschiffe).

Während bei den Ballonetluftschiffen die für die Lenkbarkeit nötige Erhaltung der Form des Tragkörpers durch das Aufblasen der Ballonets und Erzeugung eines inneren Überdruckes im Gasraum erzielt wird, ist bei den Starrschiffen die Tragkörperform vom Gasinhalt unabhängig. Der Tragkörper ist hier mittels eines Gerüstes als starrer, stoffüberzogener Hohlkörper ausgebildet, der in seinem Innern die einzelnen Gasbehälter aufnimmt. Den ersten Versuch mit einem starren Luftschiff machte 1897 der Deutsche David Schwarz, der ein aus einer Gitterträgerkonstruktion und einer Hülle aus Aluminiumblech bestehendes Luftschiff baute, das jedoch bereits bei seiner ersten Fahrt vernichtet wurde. Das Verdienst, die Bedeutung des starren Luftschiffes mit Sicherheit erkannt und diese Erkenntnis trotz aller Anfeindungen und allen Mißgeschickes in die Tat umgesetzt zu haben, gebührt dem Grafen Ferdinand von Zeppelin.

a) Zeppelin-Luftschiffe. Nach dem Zeppelinschen System wurden bisher zehn Luftschiffe erbaut, die Fahrzeuge L. Z. I bis L. Z. X (vgl. Fig. 1254—1256). Bei allen diesen Luftschiffen hat der Tragkörper die Form eines vielseitigen Prismas mit eiförmig zugespitzten Enden. Das aus Aluminiumgitterträgern hergestellte Gerüst besteht aus einer Anzahl in gleichem Abstand hintereinander angeordneter, gewissermaßen die Spanten bildender Ringe oder Vielecke, deren einzelne Ecken mittels durchlaufender Längsträger, die an den Enden zu einer stumpfen Spitze zusammenlaufen, miteinander verbunden sind. Die Ringe werden in sich durch Drahtseile, die von der Mitte ausgehen und zu jeder Ecke laufen, verspannt, ähnlich wie die Laufräder eines Fahrrades durch die Speichen. Auch untereinander sind die Längs- und Querträger verspannt, und zwar in der äußeren Ebene der Prismenflächen durch Drahtseile, in der inneren durch Schnüre. So entsteht ein netzartiger Hohlkörper, der durch die Radialversteifungen der Querringe in einzelne hintereinander liegende Räume unterteilt ist. Jede Abteilung dient zur Aufnahme eines ihrer Form angepaßten Gasballons. Der ganze Tragkörper ist außen mit einer Stoffhülle überzogen. Da sich die Gasbehälter in gefülltem Zustande gegen die innere

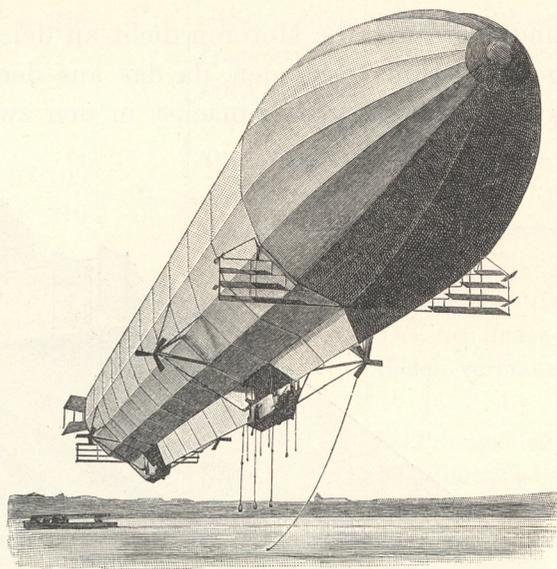


Fig. 1254. Zeppelins Luftschiff L. Z. III (Z. I; Ansicht von vorn).

Schnurverspannung der Prismenflächen legen, so verbleibt zwischen ihnen und der Außenhülle ein Luftraum; dieser bildet einen der Hauptvorteile der Luftschiffe des Zeppelinschen Typs, denn er entzieht die Gasbehälter dem Einfluß der Sonnenbestrahlung und vermeidet so eine Hauptursache der Gasverluste. Zur weiteren Versteifung des Tragkörpers dient ein an die untere horizontale Prismenfläche angebautes Kielgerüst von dreieckigem Querschnitt, das sich über die ganze Länge des prismatischen Tragkörperteils erstreckt und nur bei den älteren Luftschiffen

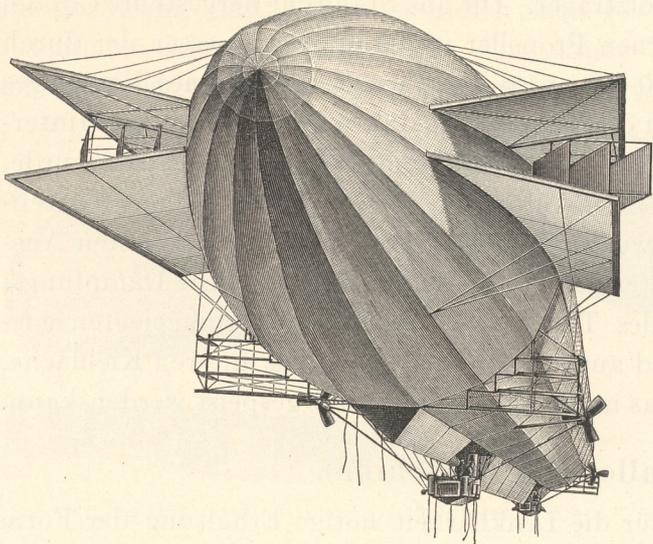


Fig. 1255. L. Z. III (Z. I; Ansicht von hinten).

an zwei Stellen Lücken zur Aufnahme der Gondeln aufweist. Bei den neuesten Ausführungen L. Z. VII bis L. Z. X sind jedoch die Maschinengondeln unterhalb des Kielgerüsts angeordnet, so daß letzteres in ganzer Länge durchläuft und nur bei den Passagierluftschiffen in der Mitte durch die Passagierkabine unterbrochen wird. Die mit dem Tragkörper starr verbundenen und unter dem Auftriebsmittelpunkt je einer Luftschiffhälfte angeordneten Gondeln sind als Pontons aus Stahlrohr und Aluminium hergestellt und haben genügend Tragfähigkeit, um das Luftschiff beim Niedergehen auf Wasserflächen zu stützen. Obwohl die Gondeln bei den älteren

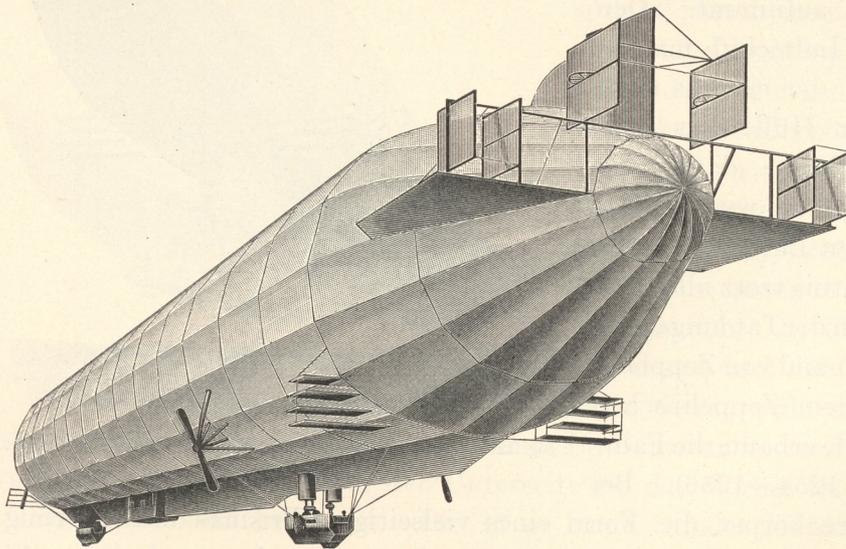


Fig. 1256. L. Z. VII (Passagierluftschiff Deutschland).

Typen dicht unter dem Tragkörper eingebaut und hierdurch die Motoren dicht an den Gasraum herangerückt sind, ist doch eine Explosionsgefahr kaum vorhanden, da das aus den Gaszellen infolge von Diffusion oder Undichtigkeiten austretende Traggas zunächst in den zwischen Außenhülle und Gasballonen vorhandenen Luftraum gelangt und hier so stark mit Luft vermischt wird, daß es nicht mehr entzündbar ist. Da der Luftzwischenraum ständig von frischer Luft durchströmt wird, ist auch Knallgasbildung nicht zu befürchten. Im übrigen ist auch die Gasdiffusion bei Starrschiffen geringer als bei Ballonluftschiffen, da das Gas nicht unter Überdruck steht. Das mit Stoff bespannte Kielgerüst dient als Laufsteg zur Verbindung der Gondeln. Die Schraubenpropeller sind bei den Zeppelin-Luftschiffen am Tragkörper selbst, an seitlich herausragenden Böcken gelagert und werden durch Kegelradgestänge oder Stahlbänder von den in die Gondeln eingebauten Motoren aus angetrieben. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß die Propeller ziemlich genau in Höhe der Luftwiderstandsmittellinie angebracht und schädliche Kippmomente vermieden werden können. Dafür bringen die langen Übertragungsorgane aber wieder Betriebsunsicherheit und Reibungsverluste mit sich. Die Dämpfungs- und Steuerungsorgane sind bei den einzelnen Fahrzeugen verschieden. Die Höhensteuerung erfolgt bei den älteren Fahrzeugen durch mehrflächige, jalousieartig übereinander zu beiden Seiten vorn und hinten angeordnete Höhensteuer und kann im Bedarfsfalle durch Gewichtsverschiebung unterstützt werden. Bei L. Z. IX und L. Z. X hat man auf die seitlichen Höhensteuer gänzlich

unterbrochen wird. Die mit dem Tragkörper starr verbundenen und unter dem Auftriebsmittelpunkt je einer Luftschiffhälfte angeordneten Gondeln sind als Pontons aus Stahlrohr und Aluminium hergestellt und haben genügend Tragfähigkeit, um das Luftschiff beim Niedergehen auf Wasserflächen zu stützen. Obwohl die Gondeln bei den älteren Typen dicht unter dem Tragkörper eingebaut

und hierdurch die Motoren dicht an den Gasraum herangerückt sind, ist doch eine Explosionsgefahr kaum vorhanden, da das aus den Gaszellen infolge von Diffusion oder Undichtigkeiten austretende Traggas zunächst in den zwischen Außenhülle und Gasballonen vorhandenen Luftraum gelangt und hier so stark mit Luft vermischt wird, daß es nicht mehr entzündbar ist. Da der Luftzwischenraum ständig von frischer Luft durchströmt wird, ist auch Knallgasbildung nicht zu befürchten. Im übrigen ist auch die Gasdiffusion bei Starrschiffen geringer als bei Ballonluftschiffen, da das Gas nicht unter Überdruck steht. Das mit Stoff bespannte Kielgerüst dient als Laufsteg zur Verbindung der Gondeln. Die Schraubenpropeller sind bei den Zeppelin-Luftschiffen am Tragkörper selbst, an seitlich

verzichtet und dieselben nur noch am Heck angeordnet. Die Seitensteuerung geschieht durch ein großes Hecksteuer oder durch mehrere kleinere Steuerflächen.

Zur Stabilisierung dienen radial verlaufende, am Heck angeordnete Dämpfungsflächen. Besondere Kielflächen sind bei einigen Fahrzeugen vorgesehen, bei anderen fehlen sie.

Über die Konstruktion und die Abmessungen der einzelnen Zeppelin-Schiffe (zu denen inzwischen noch das Passagierluftschiff „Viktoria Luise“ und ein weiteres Kriegsluftschiff gekommen sind) gibt nachstehende Zusammenstellung Aufschluß.

	Baujahr	Länge m	Größt. Durch- messer m	Inhalt cbm	Quer- schnitt	Zahl d. Gas- be- hälter	Mo- to- ren- zahl	PS	Pro- peller	Sonstiges	Verwendung bzw. Schicksal
L. Z. I	1900	128	11,66	11300	24-Eck	17	2	2×15 = 30			Zwecks Umbau demontiert
L. Z. II	1905	128	11,66	11300	16-Eck	17	2	2×85 = 170			Am 17./18. 1. 06 bei Kißlegg vom Sturme zerstört
L. Z. III (Z. I)	1906, um- gebaut 1908	128, nach Umbau 136	11,66	11300, nach Umbau 12000	16-Eck	17	2	2×85 = 170	4		Deutsches Militär- luftschiff Z. I
L. Z. IV	1908	136	13	15000	16-Eck	17	2	2×105 = 210	4	Wohnkabine im Kielgerüst; von dort Steig- schacht durch Tragkörper zur ob. Plattform	Bei Echterdingen vom Sturme los- gerissen und zer- stört 5. 8. 08
L. Z. V (Z. II)	1909	136	13	15000	16-Eck	17	2	2×105 = 210	4	Ohne Wohn- kabine und Steigschacht	Bei Weilburg vom Sturme gegen einen Hügel ge- worfen u. zerstört 25. 4. 10
L. Z. VI (Z. III)	1909	144	13	16500	16-Eck	18	3	1×140 2×110 = 360	2 zwei- flügel., 2 vier- flügel.		In der Halle in Oos bei Baden- Baden verbrannt 14. 9. 10
L. Z. VII (Deutsch- land)	1909	148	14	19000	16-Eck	18	3	3×140 = 420	2 zwei- flügel., 2 vier- flügel.	Mittlere Passa- gierkabine im Kielgerüst	Bei Passagierfahrt mit Journalisten v. Sturme auf die Bäume des Teuto- burger Waldes herabgedrückt u. zerstört
L. Z. VIII (Ersatz Deutsch- land)	1910	148	14	19000	16-Eck	18	3	3×140 = 420	2 zwei- flügel., 2 vier- flügel.	Mittlere Passa- gierkabine im Kielgerüst	In Düsseldorf von einer Bö gegen die Halle geschleudert und zerbrochen 16. 5. 11
L. Z. IX	1911	132	14	—	16-Eck	16	3	3×150 = 450	2 zwei- flügel., 2 vier- flügel.	Keine Passa- gierkabine	Kriegsluftschiff
L. Z. X (Schwaben)	1911	140	14	—	16-Eck	17	3	3×150 = 450	2 zwei- flügel., 2 vier- flügel.	Mit Passagier- kabine	In Düsseldorf durch Explosion zerstört 28. 6. 12

b) Sonstige Starrschiffe. *Schütte-Lanz*. Nach langer Bauzeit ist in Deutschland noch ein weiteres Gerüstluftschiff fertig geworden, das Luftschiff *Schütte-Lanz*, das in Rheinau bei Mannheim erbaut wurde. Dieses Luftschiff ist bemerkenswert, weil das Gerüst des Tragkörpers, der bei torpedoförmiger Gestalt eine Länge von 128 m und einen größten Durchmesser von 18,4 m hat, aus Holz hergestellt ist, und zwar nach dem System Huber. Das Gerippe besteht aus hochkant gestellten I-Trägern, die aus mehreren Lagen Furnierholz verleimt und in Wellenform gepreßt sind. Diese Träger laufen in der Längsrichtung des Tragkörpers und sind an den sich berührenden Wellenbergen miteinander verbunden. Durch Querträger und Verspannungen werden die einzelnen Längsträger in ihrer Lage zueinander gesichert. Der Tragkörper hat daher das Aussehen eines Netzes mit rautenartigen Maschen. Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse ist das Holzgerüst mit einem wetterfesten Lack überzogen. Zur Aufnahme des Traggases dient eine Anzahl von Gaszellen, die durch eine Schlauchleitung mit Ventilen derart miteinander verbunden sind, daß ein beliebiges Umpumpen des Traggases aus einem Behälter in den anderen erfolgen kann. Der Gasinhalt des wie bei den Zeppelin-Luftschiffen mit einer Außenhülle überzogenen Tragkörpers beträgt 19500 cbm. Zwei hintereinander angeordnete Betriebsgondeln sind am Tragkörper nachgiebig an Seilen aufgehängt und tragen je einen 250 PS leistenden achtzylindrigen Daimlermotor mit direkt angetriebenem Propeller. Die ersten Fahrten des *Schütte-Lanz* sind befriedigend ausgefallen.

In Frankreich ist ein starres Luftschiff im Bau, und zwar nach dem Entwurf des Elsässers Spieß. Es ähnelt in seiner Konstruktion außerordentlich den Zeppelin-Luftschiffen, ist jedoch erheblich kleiner, da es nur eine Länge von 88 m, einen Durchmesser von 12 m und ein Fassungsvermögen von 8200 cbm Traggas besitzt. Es ist zweifelhaft, ob das Luftschiff bei diesen geringen Abmessungen noch genügend Nutzlast wird tragen können.

Ein Urteil über die Eigenschaften der Starrschiffe kann bisher nur auf Grund der Erfahrungen der Zeppelin-Luftschiffe gefällt werden. Die Hauptvorteile liegen, wie erwähnt, in der sicheren Erhaltung der Tragkörperform, den geringen Gasverlusten, der exakt wirkenden Höhensteuerung und der durch die Größe des Tragkörpers bedingten starken dynamischen Wirkung. Diesen Vorteilen stehen erhebliche Nachteile gegenüber, so das große Gewicht des Gerüsts, dann das Mehrgewicht der Hülle infolge Verwendung einer größeren Zahl kleinerer Gasbehälter und der Notwendigkeit einer Außenhülle. Diese große Mehrbelastung geschieht natürlich auf Kosten der Nutzlast. Aus den Gewichtsverhältnissen ergibt sich ferner, daß Starrschiffe nur in großen Abmessungen gebaut werden können. Hieraus resultiert wieder gegenüber dem unstarren und halbstarren Typ für gleiche Geschwindigkeit und Nutzlast die Notwendigkeit stärkerer Maschinen und größerer Brennstoffmengen bei gleichem Aktionsradius. Auch beträgt der Preis eines Starrschiffes ein Vielfaches vom Preis eines unstarren oder halbstarren Schiffes gleicher Tragfähigkeit. Schließlich sind die Starrschiffe bei Sturm schwierig zu verankern. Während es bei Ballonetluftschiffen im Notfalle möglich ist, durch Ziehen der Reißbahn und Entleerung des Ballons die Angriffsfläche des Windes erheblich zu verringern, steht dem Starrschiff dieses Mittel nicht zu Gebote. Es bedarf daher einer außerordentlich festen Verankerung und sehr starker Konstruktion des Gerüsts, um außerhalb der schützenden Halle einen Sturm vor Anker sicher zu überstehen. Das Schicksal der Luftschiffe L. Z. IV und L. Z. VI beweist die Bedeutung dieses Nachteiles. Man kann nicht verkennen, daß das von Zeppelin mit hoher Genialität geschaffene starre Luftschiff noch weiterer Vervollkommnung bedarf, um auf die Dauer erfolgreich mit den Ballonetluftschiffen in Wettbewerb treten zu können. Ein großer Schritt vorwärts scheint durch die neuesten Luftschiffe L. Z. IX, L. Z. X und *Viktoria Luise* bereits vollbracht zu sein, da sie mit ihrer Eigengeschwindigkeit von 18—20 m/sec die unstarren und halbstarren Luftschiffe zurzeit erheblich übertreffen und, wie die über 200 glücklich ausgeführten Fahrten des Passagierluftschiffes *Schwaben* bewiesen hatten, auch an Betriebssicherheit immerhin schon erheblich zugenommen haben.

B. Flugtechnik.

I. Allgemeines.

1. Grundbegriffe der Flugtechnik.

Auftrieb, Vortrieb, Luftwiderstand. Bei den Flugzeugen schafft man die zum Schweben nötige Auftriebskraft auf dynamischem Wege, d. h. durch Bewegungen geeigneter Trag- oder Hubflächen gegen die Luft. Die Art der Bewegung, die Größe und Anordnung der Flächen bilden den kennzeichnenden Unterschied für die Gruppen der Flugzeuge: *Drachenflugzeuge*, *Schraubenflugzeuge* und *Schwingenflugzeuge*. Zu den Drachenflugzeugen gehören auch die *Gleitflugzeuge*, die nichts anderes sind als Drachenflugzeuge ohne Motor. Bei den eigentlichen *Drachenflugzeugen* wird der zum Schweben nötige Auftrieb dadurch geschaffen, daß eine gegen die Horizontalebene um einen kleinen Winkel mit der Vorderkante aufwärts geneigte, ebene oder schwachgewölbte Tragfläche durch einen motorisch angetriebenen Propeller, in der Regel einen Schraubenpropeller, mit großer Geschwindigkeit annähernd horizontal vorwärts bewegt wird. Die Tragfläche erleidet hierbei einen Luftwiderstand, dessen Normaldruck sich nach dem Parallelogramm der Kräfte zerlegen läßt in eine horizontale und eine vertikale Komponente, von denen die letztere, größere den nützlichen Auftrieb, die erstere, kleinere einen schädlichen Rücktrieb erzeugt. Hieraus erhellt, daß das Drachenflugzeug, wenn es auch nach dem heutigen Stande der Technik das einzige praktisch brauchbare Flugzeug darstellt, dennoch unwirtschaftlich ist, da ein Teil der vom Motor geleisteten Arbeit zur Vernichtung einer neben der nützlichen Auftriebskraft erzeugten schädlichen Rücktriebskraft aufgewendet wird. Ein Drachenflugzeug muß also, um schwebefähig zu bleiben, stets eine solche mittlere Eigengeschwindigkeit haben, daß die aufwärts gerichtete Komponente des Luftwiderstandes der abwärts gerichteten Schwerkraft gleich ist. Ist die Geschwindigkeit größer, so steigt das Flugzeug; ist sie geringer, so sinkt es. - Da hierfür nur die Relativgeschwindigkeit des Flugzeuges zur umgebenden Luft in Frage kommt, so ergibt sich, daß auch ein Flugzeug ohne Eigenantrieb, also ein Gleitflugzeug, zeitweilig schwebefähig sein kann, sofern der Abflug gegen den Wind erfolgt und dieser die nötige Stärke besitzt. Ist die Relativgeschwindigkeit jedoch nach erfolgtem Abschweben unter das zur Erzeugung einer der Schwerkraft gleichgroßen Auftriebskraft erforderliche Maß gesunken, so tritt ein allmähliches Fallen ein. Stellt der Fliegende während dieses Fallens die Vorderkante der Gleitfläche tiefer als die Hinterkante, so kann gleichzeitig eine Vorwärtsbewegung eintreten, sofern die nach vorn gerichtete Horizontal Komponente des durch die Fallbewegung auf der Unterseite der Tragfläche auftretenden Luftwiderstandes größer ist als die horizontale Kraftkomponente des rücktreibenden Windes. Durch Ausnutzung aufsteigender Luftströmungen, die z. B. fast immer vorhanden sein werden, wenn der Abflug von einem allmählich ansteigenden erhöhten Punkte erfolgt, kann die Vortriebswirkung noch erhöht werden. Das Flugzeug gleitet dann gleichsam auf einer schiefen Ebene abwärts. Auf diese Weise sind z. B. Lilienthal Flügel von 300 m Länge gegen den Wind gelungen.

Außer der rückwärts gerichteten horizontalen Kraftkomponente, die aus dem Luftwiderstand gegen die geneigte Tragfläche entsteht, ist bei der Vorwärtsbewegung des Drachenflugzeuges noch eine zweite rückwärts gerichtete Kraft zu überwinden, der sogenannte *Stirnwiderstand*, der von der Größe der quer zur Flugrichtung liegenden Teile abhängt und durch den Widerstand des Körpers des Fliegenden, des Motors, der Vorderkanten der Tragflächen, der Gestänge usw. hervorgerufen wird. Dieser schädliche Widerstand kann durch geeignete Zuschärfung der Querschnitte zwar verringert, doch nie völlig beseitigt werden. Zu diesen beiden Widerständen kommt als dritter der von der Größe der luftbestrichenen Oberflächen abhängige Reibungswiderstand hinzu, der jedoch bei Flugzeugen infolge der sehr viel geringeren Größe der Oberflächen lange nicht die Rolle spielt wie bei Luftschiffen. Die Summe dieser drei Widerstände muß durch den motorisch erzeugten Vortrieb, den *Schraubenzug*, überwunden werden. — Wie bereits erwähnt, erhalten die Tragflächen der Drachenfahrzeuge in der Regel eine schwache

Wölbung in der Flugrichtung. Lilienthal hat durch eingehende Versuche die erheblich günstigere Wirkung der gewölbten Fläche gegenüber der ebenen festgestellt. Sie hat ihren Grund darin, daß die Richtungsänderung des Luftstromes bei der gewölbten Fläche allmählich, bei der ebenen dagegen plötzlich erfolgt, und daß daher in letzterem Falle schädliche Wirbelungen erzeugt werden.

Während bei den Drachenflugzeugen der zum Schweben erforderliche Auftrieb durch Vorwärtsbewegung größerer geneigter Tragflächen erzielt wird, und die den Vortrieb bewirkenden Schraubenpropeller nur indirekt zur Erzeugung von Auftrieb dienen, sollen bei dem zweiten Flugzeugtyp, den *Schraubenflugzeugen*, die Propeller diesen Auftrieb direkt erzeugen, indem sie die Luftmassen nicht nach hinten, sondern nach unten beschleunigen und daher statt um horizontale Achsen um vertikale rotieren. In gewisser Hinsicht ist das Prinzip der Auftriebserzeugung dasselbe wie beim Drachenflugzeug. In beiden Fällen werden geneigte Flächen in der Horizontalebene gegen die Luft mit großer Geschwindigkeit bewegt, und die aus dem Luftwiderstand dieser Flächen sich ergebenden Auftriebskomponenten sollen der Schwerkraft entgegenwirken. Beim Schraubenflugzeug bilden die einzelnen Flügel der Hubschrauben diese Tragflächen, die, anstatt in einer Richtung wie beim Drachenflugzeug, im Kreise bewegt werden. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß die entstehenden Horizontalkomponenten nicht, wie beim Drachenflugzeug, einen Rücktrieb erzeugen, sondern lediglich ein Drehmoment hervorrufen, das durch Anordnung zweier gegenläufiger Hubschrauben unschädlich gemacht werden kann, so daß ein Schraubenflugzeug ohne Vorwärtsbewegung schwebefähig ist. Daß es praktisch noch nicht gelungen ist, ein Schraubenflugzeug dauernd zum Schweben zu bringen, liegt an dem außerordentlich schlechten Wirkungsgrade kleinerer, und an der technischen Schwierigkeit der Herstellung größerer Hubschrauben.

Das theoretisch wirtschaftlichste Flugzeug ist entschieden das *Schwingenflugzeug*. Es erscheint hier durchaus möglich, die ganze aufgewendete Energie während des Arbeitsganges, d. h. während des Niederschlagens der Flügel, zur Erzeugung nutzbringenden Auftriebs oder Vortriebs auszunutzen. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Bewegungsumkehr und der Rückführung der Schwingen in die Anfangsstellung des Arbeitsganges ohne Erzeugung schädlicher Nebenwirkungen. Die Bestrebungen der auf diesem Gebiete sich versuchenden Erfinder laufen darauf hinaus, die bei der Aufwärtsbewegung der Schwingen entstehenden abwärts gerichteten Kräfte durch Anordnung von selbsttätig sich öffnenden Jalousieklappen oder durch Zusammenfallen der Flügelfläche oder endlich durch Einstellung der Flügelfläche in die Richtung der Bewegungresultante möglichst unschädlich zu machen. Theoretisch ist die Schaffung eines wirtschaftlich arbeitenden Schwingenflugzeuges sicher möglich, sofern motorischer Antrieb vorgesehen ist. Dagegen dürften die Bestrebungen vieler Laienerfinder, die danach trachten, ein Flugzeug zu schaffen, mittels dessen der Mensch durch eigene Muskelkraft bei ruhender Luft sich zu erheben vermag, kaum jemals Erfolg haben. Nach Lilienthals Versuchen würde hierzu eine Arbeitsleistung von mindestens 1,5 PS erforderlich sein, während der Mensch höchstens 0,25 bis 0,3 PS zu leisten vermag, und auch das nur auf ganz kurze Zeit. Praktische Erfolge haben aber auch die motorisch angetriebenen Schwingenflugzeuge infolge der großen konstruktiven Schwierigkeiten bisher nicht gehabt, ebenso auch nicht die Bestrebungen, durch umlaufende Schaufelräder oder durch Rückstoßwirkung verdichteter Luftmassen oder Gase den erforderlichen Auftrieb zu schaffen. Daher sind hier lediglich die Drachenflugzeuge zu berücksichtigen.

Stabilität. Außer einer genügenden Eigengeschwindigkeit und der hiervon in erster Linie abhängigen Tragfähigkeit ist das Haupterfordernis eines brauchbaren Drachenflugzeuges eine genügende Stabilität, d. h. die Fähigkeit, bei Lagenveränderung durch äußere Einflüsse (z. B. Windstöße) die Normallage schnell und sicher wiederzuerlangen bzw. dieser Lagenveränderung einen genügenden Widerstand entgegenzusetzen. Die Änderungen der Gleichgewichtslage können erfolgen durch Drehungen um eine vertikale Mittelachse, um eine horizontale Querachse und um eine horizontale Längsachse. Den ersten beiden Bewegungen wirkt die Längsstabilität, der letzten die Querstabilität entgegen. Zur annähernden Erhaltung der Normallage dienen feste

Dämpfungs- und Kielflächen, zur Zurückführung in dieselbe bewegliche Stabilisierungsorgane. Während eine genügende *Längsstabilität* durch Dämpfungs- und Kielflächen möglichst nach den Enden zu sich ziemlich sicher erreichen läßt, bildet die Sicherung einer genügenden *Querstabilität* eine der Hauptschwierigkeiten der Flugtechnik. Ist ein Flugzeug durch einen seitlichen Windstoß um seine horizontale Längsachse geneigt, so muß zur Wiedererlangung der Normallage ein entgegengesetztes Drehmoment künstlich geschaffen werden. Dies geschieht dadurch, daß an der tiefer liegenden Seite der Auftrieb verstärkt, an der höher liegenden dagegen verringert wird, und zwar entweder durch kleine, um horizontale Querachsen drehbare Hilfsflächen, die derart geneigt eingestellt werden, daß an der tieferen Seite die Vorderkante, an der höheren Seite die Hinterkante höher liegt, oder durch schraubenförmige *Verwindung* der Tragflächen selbst. Da hiermit in der Regel einseitige Veränderungen des Stirnwiderstandes verbunden sind, wird eine gleichzeitige Einstellung des Seitensteuers erforderlich. Das Verdienst der Gebrüder Wright ist es, diesen Zusammenhang als erste erkannt und eine diesen Forderungen Rechnung tragende Stabilisierungseinrichtung geschaffen zu haben. Die nähere Erläuterung folgt bei Besprechung des Wrightschen Flugzeuges. Die von Hand zu bewegenden Stabilisierungsvorrichtungen leiden jedoch alle an dem Mangel, daß sie bei sehr plötzlich eintretenden starken Neigungen nicht schnell genug wirken und ständige Aufmerksamkeit erfordern. Man strebt daher danach, automatische, von den Maßnahmen des Flugzeugführers unabhängige Stabilisierungsvorrichtungen zu schaffen. Vielfach vorgeschlagen ist z. B. der Einbau schnell rotierender Kreisel, deren stabilisierende Wirkung sich auf anderen Gebieten, z. B. zur Vermeidung von Schlingerbewegungen von Schiffen usw., bewährt hat. Andere Erfinder wollen durch Pendel, die bei Neigungen des Flugzeuges ihre Lage im Raume beibehalten, automatisch ausgleichende Flächen einstellen. Alle diese Bestrebungen haben bisher keine praktisch brauchbaren Ergebnisse gehabt.

Steuerung. Die Steuerungsorgane der Flugzeuge entsprechen im wesentlichen den bei Luftschiffen gebräuchlichen. Hier wie dort dienen zur Seitensteuerung vertikale, zur Höhensteuerung horizontale drehbare oder biegsame Flächen. Die Höhensteuerflächen wirken wie die horizontalen Dämpfungsflächen auch als zusätzliche Tragflächen.

2. Einteilung der Drachenflugzeuge.

Die gebräuchlichste Einteilung der Drachenflugzeuge ist die nach der Anzahl der übereinander angeordneten Tragflächen. Man unterscheidet danach *Eindecker*, *Zweidecker*, *Dreidecker* usw. Die Ein- und Zweidecker, zu denen die bei weitem größte Zahl der modernen Flugzeuge gehört, müssen nach dem heutigen Stande der Flugtechnik wohl als gleichwertig betrachtet werden. Dagegen konnten Flugzeuge mit drei und mehr Tragflächen übereinander bisher besondere Erfolge nicht aufweisen. Der Eindecker hat gegenüber dem Zweidecker den Vorteil, daß sein Stirn- und Reibungswiderstand erheblich geringer ist, und daß er infolgedessen bei gegebener Motorleistung eine höhere Geschwindigkeit erreicht. Dagegen hat er den Nachteil, daß die *spezifische Flächenbelastung*, d. h. die Belastung pro Flächeneinheit, in der Regel größer sein muß als beim Zweidecker. Während beim Zweidecker die spezifische Flächenbelastung gewöhnlich zwischen 10 und 15 kg pro Quadratmeter beträgt, steigt sie beim Eindecker bis über 40 kg pro Quadratmeter. Dies hat darin seinen Grund, daß es natürlich konstruktiv sehr viel leichter ist, ein bestimmtes Flächenmaß in zwei kleineren Tragflächen unterzubringen, die gegeneinander abgestützt und verspannt werden können, als in einer großen, welche die erforderliche Festigkeit in sich besitzen muß und höchstens mit dem Rumpf des Flugzeuges verspannt werden kann. Infolge der geringeren Tragflächengröße wird daher für den Eindecker die größere Geschwindigkeit, die wegen des kleineren Stirnwiderstandes erreichbar ist, auch durchaus erforderlich, um die zum Schweben nötige Auftriebskraft zu gewinnen. Der Zweidecker besitzt also die größere Tragfähigkeit, der Eindecker die größere Geschwindigkeit.

Die Stabilitätseigenschaften hängen weniger von der Anzahl der Tragdecke als von der besonderen Ausführung des Flugzeuges ab.

3. Allgemeine Konstruktionsprinzipien der Drachenflugzeuge.

Die Hauptteile eines Drachenflugzeuges sind: Rumpf, Tragflächen, Steuerungsorgane, Stabilisierungsorgane, Motor, Propeller, Fahrgestell.

Der **Rumpf** dient dazu, die Anbringung der Dämpfungs- und Steuerungsorgane in einer zur Sicherung der Längsstabilität nötigen größeren Entfernung vom Druckmittelpunkt (Luftwiderstandsmittelpunkt) zu ermöglichen. Er ist in der Regel als Fachwerkträger von rechteckigem oder dreieckigem, nach hinten zu sich verjüngendem Querschnitt aus Holz oder Stahlrohren hergestellt.

Die **Tragflächen** werden in ihrer Größe durch den Typ des Fahrzeuges, ob Eindecker oder Zweidecker, und durch die hiervon abhängige spezifische Flächenbelastung beeinflusst. Sie besitzen gewöhnlich in der Flugrichtung eine parabolische Wölbung, deren Pfeilhöhe $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{20}$ der Flächenbreite beträgt. Das Verhältnis der Spannweite zur Tiefe liegt meist zwischen 5:1 bis 8:1, die Winkelstellung der Tragflächen zur Propellerachse zwischen 3° und 9° . Das Gerippe besteht gewöhnlich aus einer Anzahl längslaufender, nebeneinander liegender gewölbter Rippen, die durch mehrere querliegende, über die ganze Breite der Tragflächen durchlaufende Stangen oder Träger miteinander verbunden sind. Bei Doppeldeckern sind die übereinander liegenden Flächen durch senkrechte Stangen gegeneinander abgestützt. Zur Verspannung der einzelnen Teile gegeneinander dient Klaviersaitendraht; zur Bespannung der Tragflächen, die zur Vermeidung von schädlichen Luftwirbeln meist unten und oben geschieht, nimmt man fast stets gummierten Ballonstoff.

Die **Steuerungsorgane** sind Seitensteuer, Höhensteuer und bewegliche Stabilisierungsflächen. In ihrer Anordnung weichen die einzelnen Flugzeugtypen außerordentlich voneinander ab. Die Seiten- und Höhensteuer liegen, um ein wirksames Drehmoment zu schaffen, tunlichst weit von der Drehachse entfernt. Bei Zweideckern ist die gebräuchlichste Anordnung wohl die, daß das Seitensteuer hinten, das Höhensteuer vorn liegt. Bei Eindeckern liegt auch das Höhensteuer meist hinten. Bei Flugzeugen, die besondere bewegliche Stabilisierungssteuer besitzen, sind diese gewöhnlich an den Hinterkanten der Tragflächen angelenkt, bei manchen Doppeldeckern auch zwischen den Flächen angeordnet.

Die festen **Dämpfungsf lächen** liegen meist am Hinterende des Rumpfes. Auf feste horizontale Dämpfungsf lächen hat man bei vielen Flugzeugtypen ganz verzichtet, da hierfür die Tragflächen und Höhensteuer ausreichen; dagegen sind vertikale Kielflächen bei fast allen Flugzeugen vorhanden. Von dem Einbau senkrechter Längswände zwischen die Tragflächen der Doppeldecker ist man wieder abgekommen, da diese den seitlichen Windstößen zuviel Angriffsfläche bieten und das Flugzeug abtreiben.

Der **Motor** ist ein für die Anforderungen des dynamischen Flugzeuges besonders konstruierter Benzinmotor. Vgl. Abteilung „Verbrennungsmaschinen“. Die an einen brauchbaren Flugmotor zu stellenden Anforderungen sind S. 572 erörtert. Bei Eindeckern ist der Motor im Rumpf eingebaut, bei Doppeldeckern meist auf die untere Tragfläche aufgesetzt.

Als **Propeller** dienen bei den Drachenflugzeugen wohl ausschließlich Luftschrauben, die um horizontale Längsachsen rotieren. Sie sind entweder vor den Tragflächen angeordnet als *Zugschrauben*, oder hinter den Tragflächen als *Druckschrauben*. Der Antrieb erfolgt entweder direkt, d. h. die Schraube sitzt auf der Motorwelle, oder indirekt mittels besonderer Übertragungsorgane (Ketten, Stirnräder, Kegelräder). Letzteres geschieht, unter Übersetzung ins Langsame, um größere, ökonomischer arbeitende Propeller verwenden zu können, doch gleichen die durch das Übersetzungsgetriebe geschaffenen Reibungsverluste diesen Vorteil wieder aus. Die meisten Flugzeugtypen haben nur eine in der mittleren Längsachse angeordnete Schraube; nur wenige benutzen zwei nebeneinander gegenläufig arbeitende Propeller. Auch in letzterem Falle ist in der Regel, um beiderseitig gleichen Schraubenzug zu erzielen, nur ein Motor vorhanden, der durch Übertragungsorgane beide Propeller antreibt. Die große Gefahr des Zweischraubensystems liegt darin, daß, sobald ein Propeller aussetzt, sei es durch Bruch der Übertragungsorgane, Flügelbruch od. dgl., sofort ein einseitiger Schraubenzug entsteht, der die Stabilität des Flugzeuges aufs äußerste gefährdet. Durch automatisch wirkende Vorrichtungen, die bei Aussetzen eines

Propellers den zweiten selbsttätig ausschalten, kann dieser Gefahr vorgebeugt werden. — Jeder Schraubenpropeller erzeugt ein seinem Drehsinn entgegengerichtetes Reaktionsmoment. Bei Anordnung zweier gegenläufiger Schrauben heben sich diese Reaktionsmomente auf; ist jedoch nur eine Schraube vorhanden, so bleibt ein freies Reaktionsmoment bestehen, das bestrebt ist, das Flugzeug dem Schrauben-Drehsinn entgegen um seine horizontale Längsachse zu neigen. Dieses Kippmoment muß durch geeignete Vorkehrungen wieder beseitigt werden. In der Regel geschieht dies dadurch, daß man der einen Tragflächenseite durch stärkere Neigung einen größeren Auftrieb verleiht, oder dadurch, daß man die andere Tragflächenseite durch ein Gewicht beschwert.

Das **Fahrgestell** vereinigt in sich die zum Abfliegen und Landen des Flugzeuges nötigen Organe. Der Abflug erfolgt meist in der Weise, daß das Flugzeug, das bis zur Erreichung der Höchstleistung des Motors festgehalten wird, nach dem Loslassen unter dem Einfluß des Schraubenzuges bei horizontal gestelltem Höhensteuer auf *Laufrädern* auf dem Erdboden anfährt. Ist die zum Schweben nötige Geschwindigkeit erreicht, so wird das Höhensteuer aufgerichtet, und das Flugzeug erhebt sich. Zur Aufnahme der Stöße beim Landen sind die Laufräder federnd gelagert; auch sind bei den modernen Flugzeugen noch *Gleitkufen* vorgesehen, die in Wirksamkeit treten, wenn die Radfedern bis zu einem gewissen Grade zusammengedrückt sind, und die Räder vor zu starken Stößen schützen, auch das Flugzeug infolge der stärkeren Reibung beim Landen schneller zum Stillstand bringen.

II. Drachenflugzeuge.

Die Zahl der praktisch brauchbaren Drachenflugzeugtypen ist bereits so groß, daß eine Besprechung aller hier unmöglich ist. Es sollen daher nur diejenigen Systeme Berücksichtigung finden, die für die Entwicklung der Flugtechnik am bedeutungsvollsten gewesen sind oder infolge ihrer konstruktiven Eigenart besondere Erfolge erwarten lassen.

1. Zweidecker (Doppeldecker).

a) **Amerika.** Wenn auch Amerika hinsichtlich seiner Bedeutung für die Entwicklung der Flugtechnik von Frankreich weitaus übertroffen wird, so betrachten wir doch die amerikanischen Flugzeuge an erster Stelle, da als Schöpfer des modernen Drachenflugzeuges die Brüder Orville und Wilbur Wright, zwei Amerikaner, wohl unumstritten zu gelten haben.

O. und W. Wright. Nicht einem glücklichen Zufall, sondern jahrelangen Versuchen verdanken die Brüder Wright ihren schließlichen großen Erfolg. Sie begannen 1900, angeregt durch die Erfolge Lilienthals, Chanutes und Herrings, mit Gleitflugversuchen, und zwar benutzten sie hierzu einen Doppeldecker, der bereits viele Merkmale des modernen Wright-Flugzeuges, z. B. vorn ein Höhensteuer, hinten ein Seitensteuer und Gleitkufen unter den Tragflächen zum Schutz bei der Landung, aufwies. Der Fliegende lag auf der unteren Tragfläche auf dem Bauch, und das Flugzeug wurde zur Einleitung des Abfluges von zwei Männern gegen den Wind geschleudert. Mit einem solchen Apparat, der in den Einzelheiten ständig verbessert wurde, führten die Gebrüder Wright 1900—1903 viele wohlgelungene Gleitflüge aus. Im Jahre 1903 taten sie dann den entscheidenden Schritt, indem sie durch Einbau von Motor und Propellern das Gleitflugzeug zum Drachenflugzeug umwandelten. Mit diesem gelangen ihnen dann 1904 Flüge bis zu einer Länge von 4,5 km. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Querstabilität nicht genügte, und es bedurfte abermals jahrelanger Studien, bevor es gelang, dieses schwierigste Problem der Flugtechnik zu lösen, durch die geniale Erfindung der *Verwindung* der Tragflächen unter gleichzeitiger zwangsläufiger Bewegung des Seitensteuers. Im Jahre 1908 begab sich dann Wilbur Wright mit seinem Flugzeug nach Frankreich und bewies dort durch seine erfolgreichen Flüge, daß das Problem des dynamischen Fluges gelöst sei. Der bei diesen Flügen verwendete Apparat muß noch heute als brauchbares Flugzeug gelten und ist für eine große Zahl späterer Konstruktionen vorbildlich gewesen; eine eingehendere Besprechung erscheint daher am Platze (Fig. 1257—1261).