

v. Langsdorff

Das Segelflugzeug

W. v. Langsdorff

Das Segelflugzeug

Das
Segelflugzeug

Von
Dr.-Ing. W. v. Langsdorff

Zweite, umgearbeitete Auflage
Mit 242 Abbildungen



J. F. Lehmanns Verlag, München 1931

Vorwort zur 2. Auflage.

Die vorliegende Arbeit behandelt wieder alle Arten motorloser Flugzeuge mit Ausnahme der Muskelkraftflieger. Da seit Erscheinen der ersten Auflage im Segelflug außerordentliche Fortschritte gemacht wurden, ist die vorliegende Auflage völlig umgearbeitet und stark erweitert worden. Besonderer Wert wurde dabei auf die Durchbildung technischer Einzelheiten gelegt. Die Theorien zur Erklärung des Segelfluges, seiner Energiequellen usw. wurden nur soweit angedeutet, als dies zum Verständnis nötig war. Der historische Teil mußte zugunsten der konstruktiven Abschnitte stark gekürzt werden. Besonders wichtig erschien auch die Beigabe von Bildern interessanter Konstruktionseinzelheiten. Um zum eingehenden Studium der Bilder anzuregen, wurde jedem Bild ein ausführlicher Text mitgegeben, der auf alles Wissenswerte verweist, auch sofern es nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem betr. Abschnitt steht. Zur Erleichterung des Überblickes ist auch eine größere Anzahl von Baumustern gebracht. Mit Hilfe des im Anhang gegebenen Stichwortregisters sind die jeweiligen Stellen des Textes und Bilderteils leicht auffindbar. Aus Raumgründen konnten natürlich nicht sämtliche Baumuster gebracht werden. Da gerade auch aus Fehlern gelernt werden kann, wurden verschiedentlich auch solche Bauten berücksichtigt, deren Nachahmung nicht empfehlenswert ist.

Durch reichliche Literaturangaben und Hinweise ist das Einarbeiten in das Gebiet erleichtert. Aus gleichem Grunde wurde allgemeinverständliche Darstellungsweise gewählt, um das Buch gerade auch dem technisch noch wenig Erfahrenen in die Hand geben zu können.

Obwohl die erste Auflage seit langem vergriffen ist, verzögerte sich die Herausgabe der neuen Auflage infolge beruflicher Überlastung des Verfassers.

Zahlreiche Herren haben die Arbeit freundlich unterstützt. Besonderen Dank schulde ich nachstehenden Herren: Privatdozent Dr. Bachér, Rostock; — Ing. H. Benz, Meiningen; —

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in andere Sprachen, behalten sich Urheber und Verleger vor.

Copyright 1923 J. F. Lehmanns Verlag, München.

Druck von Dr. F. P. Datterer & Cie., Freising-München
und Kastner & Callwey, München.
Printed in Germany.

Dipl.-Ing. Dr. H. Berg, Frankfurt a. M.; — Dr. Dollfus, Zürich; — Dr. Eggersh, Rostock; — Prof. Dr. W. Georgii, Direktor des Forschungsinstitutes der Rhoen-Rossitten-Gesellschaft, Darmstadt; — Geheimrat Prof. Dr. Gutermuth, Techn. Hochschule Darmstadt; — Dipl.-Ing. W. Hirth, New York; — Dipl.-Ing. H. Hofmann †, Darmstadt; — cand. ing. R. Kronfeld, Darmstadt; — Dr. Krüeger, Bonn; — Dr. A. Kupper, Dessau; — Dr.-Ing. E. v. Loessl, Frankenhausen; — Dipl.-Ing. Mayer, Aachen; — Dir. Dipl.-Ing. W. Messerschmitt, Augsburg; — cand. ing. Nehring †, Darmstadt; — H. Rüttschi, Fällanden-Zürich; — Dipl.-Ing. F. Schicht, Dresden; — Lehrer Ferd. Schulz †, Marienburg; — Dozent Dr.-Ing. O. Toepfer, Karlsruhe; — Dr. Graf Ysenburg, Frankfurt a. M.; — Ing. H. Wagener, Hamburg.

Weitere Anregungen usw. sind im Interesse der Sache stets willkommen.

Weihnachten 1930.

Fürstenfeldbruck b. München, Jakob Groß-Straße 4.

Werner v. Langsdorff.

Inhaltsverzeichnis.

I. Der Segelflug	9
II. Das Segelflugzeug	11
A. Die Entwicklung	11
B. Die Klasseneinteilung	25
C. Der konstruktive Aufbau	52
1. Baustoffe	52
2. Tragwerk	55
3. Leitwerk	80
4. Rumpf	99
5. Fahrwerk	110
D. Bilderteil	123
a) Baumuster	124
b) Beispiele von Konstruktionseinzelheiten	171
1. Tragwerk	171
2. Leitwerk	183
3. Rumpf	209
4. Fahrwerk	222
Namenverzeichnis	227

I. Der Segelflug.

Der Segelflug des Vogels, sein scheinbar müheloses, stunden-, ja tagelanges Fliegen mit bewegungslosen Flügeln, unabhängig von der Windrichtung, hat wegen seiner Schönheit die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich gelenkt, besonders aber deshalb, weil die offenkundige Mühelosigkeit mit allen Naturgesetzen in Widerspruch zu stehen schien. Entsprechend den vielen Beobachtungen und Erwägungen besteht eine Anzahl von Theorien zur Erklärung des Segelfluges der Vögel, welche sich z. T. erheblich widersprechen. Im allgemeinen bewertet man eine Theorie danach, mit welchem Grade von Zuverlässigkeit sie die Tatsachen wiedergibt. Die Erforschung des Segelfluges ist aber keineswegs endgültig abgeschlossen, so daß ein Urteil über die Richtigkeit der einen oder anderen Theorie an dieser Stelle nicht gefällt werden soll. Da sich die vorliegende Arbeit vor allen Dingen mit der Technik des Segelflugzeuges beschäftigt, kommen zur Einführung lediglich einige Bemerkungen darüber in Betracht, wie man sich den Segelflug des Vogels zu erklären sucht.

Die mechanischen Bedingungen, unter denen ein Vogel ohne Flügelschlag fliegen könne, wurden von Lord Rayleigh 1883 folgendermaßen aufgestellt: es müsse entweder

1. die Flugbahn nicht horizontal oder
2. die Windströmung nicht horizontal, oder
3. der Wind nicht gleichförmig sein.

Im ersten Falle handelt es sich um eine sinkende Flugbahn. Beim Gleitflug ist diese im Mittel gegen die Horizontale abwärts geneigt, wenn auch vorübergehender Anstieg der Flugbahn durch Austausch kinetischer gegen potentielle Energie erfolgen kann. Der Vogel bzw. das Flugzeug gleitet auf schiefer Bahn vermöge seines Gewichtes zur Erde.

Im zweiten Falle liegen die gleichen Verhältnisse vor. Es handelt sich gleichsam um einen überkompensierten Gleitflug, bei welchem der Luftstrom zum mindesten um soviel sich nach oben bewegt, wie das Flugzeug in der Zeiteinheit sinkt. Im dritten Falle ist der durchwirbelte Wind Energieträger.

Allgemein verstehen wir unter Segelflug einen Flug, bei dem die zum Schweben notwendige Leistung nicht durch mitgeführte Kraftmaschinen erzeugt wird, sondern den Energiequellen des

Windes entnommen wird, in welchem man den Flug ausführt. Die unter 1 und 2 genannten Bedingungen entsprechen dem statischen und dynamischen Segelflug. Wir verstehen also unter statischem Segelflug den motorlosen Flug ohne Höhenverlust, hervorgerufen durch aufwärts gerichtete Bewegung der Luft, dagegen unter dynamischem Segelflug einen solchen, bei welchem die Windrichtung im Mittel wagrecht ist. Der statische Segelflug hat offenbar vieles mit dem reinen Gleitflug gemein. Er ist überall dort ausführbar, wo aufsteigende Luftströme entsprechender Stärke anzutreffen sind. Es ist zu unterscheiden zwischen statischen, thermischen und dynamischen Aufwinden. Hier soll nur darauf hingewiesen werden, daß vorzugsweise Aufwinde an der Luvseite von Hindernissen (Gebirgen usw.) auftreten und außerdem durch ungleichmäßige Erwärmung der Erdoberfläche hervorgerufen werden. Damit ist die verhältnismäßig große Abhängigkeit des statischen Segelfluges von geeignetem Gelände gekennzeichnet.¹⁾

Zur Frage des dynamischen Segelfluges haben schon vor Jahren Knoller und Betz theoretisch nachgewiesen, daß ein gewölbter Flügel, sobald er einem Wind ausgesetzt wird, dessen Höhenrichtung sich nach einem Sinusgesetz ändert, bei hinreichend großen Schwingungen des Windes im Mittel Vortrieb erhält. Diese Theorie ist später durch Modellmessungen im Wiener aeromechanischen Laboratorium bewiesen worden. Bei den von Katzmayr vorgenommenen Versuchen konnte eine Abnahme des Widerstandes bzw. Vortrieb bei vorhandenem Auftrieb nachgewiesen werden.

Beide Arten des Segelfluges greifen in der Praxis mehr oder weniger ineinander. Es ist anzunehmen, daß der Vogel sowohl die Aufkomponente des Windes, als auch seine Durchwirbelung ausnutzt. Bei der Nachahmung des Segelfluges durch den Menschen kommt es nun darauf an, wie die Prinzipien des Vogel- fluges mechanisch umzuwerten und umzugestalten sind, um mit künstlichen Flügeln ähnliche oder gleiche Effekte zu erzielen.

Das Problem des Segelfluges kann heute keinesfalls als gelöst gelten. Wir haben bisher lediglich gelernt im aufsteigenden Luftstrom zu segeln, vielleicht zeitweise unter Ausnutzung der Turbulenz der Luft, der einwandfreie Nachweis der Erzielung eines vorwiegend dynamischen Segelfluges

¹⁾ W. Georgii, Der Segelflug und seine Kraftquellen im Luftmeer, Berlin 1923. K. Wegener, Die Grundlagen des Segelfluges, Frankfurt/M. 1923. Fr. Ahlborn, Der Segelflug, München 1921. O. Lilienthal, Der Vogelflug, München 1910. W. v. Langsdorff, Das Segelflugproblem, Vorlesung an der Herderhochschule zu Riga 1924.

durch den Menschen fehlt aber noch. Von den bekannten Energiemöglichkeiten des Windes, seiner aufwärtsgerichteten Komponente, der Geschwindigkeitsspannung in der Wagrechten und der Turbulenz mit wagrechter Drehachse, sowie der Verquickung dieser drei, ist bisher nur die erste ganz ausgenutzt worden. Zu der vollen Ausnutzung der zweiten Möglichkeit sind noch weitere praktische Flugerfahrungen notwendig, während die dritte Möglichkeit dadurch an Bedeutung verliert, daß die Geschwindigkeitsdifferenzen je Meter Höhe bei geringeren und mittleren Windstärken nicht ausreichenden Auftrieb ergeben.

Als Endziel des motorlosen Fluges kann der reine Menschenflug genannt werden. Wir stehen heute noch nicht unmittelbar vor Erreichung des Zieles. Schon heute aber können Erfahrungen in Bau und Betrieb motorloser Flugzeuge dem Bau von Motorflugzeugen nutzbar gemacht werden. Zudem bietet sich Gelegenheit, wissenschaftliche Fragen aus der Flugtechnik durch verhältnismäßig billige und einfache Versuche zu lösen. Auch die Möglichkeit der Schulung von Fliegern und Technikern muß berücksichtigt werden, wenn wir den Wert der Segelflugversuche verstehen wollen.

II. Das Segelflugzeug.

A. Die Entwicklung.

Bei Betrachtung der Geschichte des Gleit- und Segelfluges stoßen wir auf eine große Reihe von Berichten in mythenhafter Form, deren tatsächlicher Kern für uns heute nicht mehr erkennbar ist. Die meist berichteten Flugleistungen, auch der Flug des Daedalos, sind nach unserer heutigen Ansicht durchaus möglich. Leider ist aber über die technische Ausbildung der einzelnen Fluggeräte so gut wie nichts bekannt. Die ausführliche Aufzählung und Beschreibung dieser zahlreichen, mehr oder weniger legendenhaften Versuche gehört nicht in den Rahmen dieser Arbeit. Uns interessieren hier vielmehr in erster Linie der Aufbau und die technischen Einzelheiten der tatsächlich geflogenen motorlosen Flugzeuge.

Die ersten genauen Untersuchungen und praktischen Versuche, allerdings noch recht unvollkommener Art, wurden von Wenham, Le Bris und Mouillard Mitte des 19. Jahrhunderts ausgeführt. Mouillard, ein Franzose, baute in den Jahren 1860 bis 1880 vier Flugzeuge, bei deren Entwurf er den Adler zum

Vorbild nahm. Die in Algerien unternommenen praktischen Versuche blieben erfolglos¹⁾.

Die mit verschiedenen Flugzeugen ausgeführten Versuche des Franzosen Le Bris, welche in die Jahre 1857 bis 1867 fallen, blieben ebenfalls wenig erfolgreich.

Das von Francis Herbert Wenham 1866 gebaute Flugzeug ist, wohl erstmalig, als Mehrdecker ausgebildet.

Diese Versuche sind ohne wesentlichen Einfluß auf die Entwicklung geblieben. Erst die Arbeiten des Deutschen Otto Lilienthal (geb. 23. Mai 1848 zu Anklam, gest. 10. August 1896 bei Stölln) sind als Ausgangspunkt der Entwicklung des neuzeitlichen Flugwesens anzusehen. Auf Grund eingehender Beobachtungen des Vogelfluges baute er im Laufe der Jahre meist gemeinsam mit seinem Bruder Gustav Lilienthal verschiedene Gleitflugzeuge, mit denen er die ersten nachweisbaren praktischen Erfolge erzielte. Die grundlegenden Luftwiderstandsversuche Lilienthals haben erstmalig Klarheit in die aerodynamischen Gesetze gebracht. Auch die neueste wissenschaftliche Aerodynamik ist zum großen Teil als Fortentwicklung Lilienthalscher Beobachtungen und Gedanken aufzufassen. Es ist wesentlich, daß Lilienthal die Fähigkeit besaß, die Ergebnisse seiner Arbeiten in mittelbare Form zu bringen. So sind seine Erfahrungen der Nachwelt erhalten geblieben und haben Umwege und viel nutzlose Arbeit erspart, wenn auch manches klar Ausgedrückte von seinen Nachfolgern unrichtig gedeutet wurde. Das Hauptverdienst Otto Lilienthals aber scheint darin zu liegen, daß er sich nicht mit theoretischen Betrachtungen begnügte, sondern selbst praktisch geflogen ist. Die Unerhörtheit dieses Unterfangens wird erst klar, wenn wir das äußerst geringe Verständnis der damaligen Zeit und die damit in reichstem Maße verbundenen Hemmungen berücksichtigen. Das geringe Verständnis für die Forscherarbeit Lilienthals geht auch aus der langsamen Verbreitung seines wertvollen Buches „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ und der verhältnismäßig geringen Beachtung seiner übrigen literarischen Arbeiten zu seinen Lebzeiten hervor²⁾.

Lilienthal hat erstmalig auf die außerordentliche Überlegenheit der flach gewölbten Tragfläche hingewiesen, gegenüber der ebenen, unter sonst gleichen Umständen. Eine weitere wichtige Entdeckung besteht in der Feststellung, daß gewölbte Flügel

¹⁾ Mouillard, L'empire de l'air. Paris 1881.

²⁾ Verschiedene Veröffentlichungen in Zeitsch. f. Luftschiffahrt, Prometheus usw. 1891 bis 1895. „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst.“ Berlin 1889, München 1910; A. Lilienthal, Die Lilienthals, Berlin 1930.

selbst bei negativen Anstellwinkeln, also bei Rückenbeaufschlagung der Fläche noch Auftriebskräfte liefern können. Er erkannte zum ersten Mal die Bedeutung der Formgebung des Flügelquerschnittes und untersuchte das an Tragflächen auftretende Kräftespiel wissenschaftlich. Die Begriffe von Auftrieb und Widerstand am Profil und deren graphische Darstellung in den Flügelpolaren stammen von ihm.

Als Hauptenergiequelle für den Segelflug sieht Lilienthal eine aufsteigende Komponente des Windes, welche er durch verschiedene Messungen und Untersuchungen, wenn auch mit zu dürftigen Mitteln, nachzuweisen versuchte. Im Flachlande scheint ihm diese Aufkomponente thermodynamischen, an der Luvseite von Gebirgen dynamischen Ursprungs zu sein.

Die praktischen Flüge Lilienthals begannen in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die größte Bedeutung ist den Flügen in den Jahren 1886 bis 1896 beizulegen. Die ersten größeren Gleitflüge fanden an der Sandgrube in Südende bei Berlin statt. Ihnen waren Sprungversuche aus 1 bis 2½ m Höhe vorausgegangen. Später benutzte Lilienthal an der Heinersdorfer Ziegelei bei Groß-Lichterfelde als Abflugstelle einen künstlichen, 15 m hohen Hügel, auf welchem ein Schuppen errichtet wurde, von dessen Dach aus gestartet werden konnte. Das Fluggelände wurde später, zur Ermöglichung weiterer Flüge in die Gegend von Rhinow und Stölln zwischen Neustadt an der Dosse und Rathenow verlegt. Von den dortigen bis 50 m hohen Kiesbergen gelangen Gleitflüge bis zu 350 m Entfernung. Der Abflug fand jeweilig nur von halber Höhe des Hügels statt, da der Wind auf dem Gipfel meist zu stark war. Der Höhenunterschied zwischen Start- und Landestelle betrug durchschnittlich 18 m. Am Gollenberg bei Stölln fand Lilienthal am 10. August 1896 durch Absturz den Flieger-Heldentod.

Die Lilienthalschen Gleitflugzeuge waren durchweg Hängegleiter, deren Steuerung durch Verlegung des Körpergewichtes des Fliegers ohne bewegliche Steuerflächen erfolgte. Die Arme wurden beiderseits zwischen zwei am Grundrahmen des Flugzeuges befindliche Polster gelegt, die Hände ergriffen eine Querstange. Der ganze Körper blieb frei beweglich. Gleichgewichtsregelungen erfolgten durch Ausstrecken der Beine nach der gehobenen Seite, oder nach vorn und hinten. Die Steuerungsart entspricht also noch der bei den heutigen Hängegleitern üblichen. Der Start erfolgte durch Anlaufen gegen den Wind. Bei stärkerem Wind wurde das Flugzeug aus dem Stillstand abgehoben. Die Flugbahn war in der Regel mehr oder weniger flach geneigt. Nach Gustav Lilienthal betrug der gün-

stigste Gleitwinkel bei 350 m Fluglänge und 17 m Höhenverlust etwa 4 Grad. In der Meinung, daß eine geringere Neigung motorlos mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln nicht erzielt werden könnte, baute Lilienthal zuletzt Schlagflügel ein, welche durch menschliche Kraft oder durch einen leichten Motor bewegt werden sollten. Die praktische Erprobung des Motorflugzeuges wurde durch den Todessturz Lilienthals verhindert. Zu den Flügen, bei denen sich das Flugzeug verschiedentlich über die Abflugstelle erhob, wurden Ein- und Doppeldecker verwendet.

Der Lilienthal-Eindecker besteht aus einer leicht gewölbten Fläche, die aus einem Holzgerüst mit Stoffbespannung hergestellt ist. Zwei ein spitzwinkeliges Kreuz bildende Hölzer tragen an ihren oberen Enden durch zwei Bretchen hergestellte Taschen, in welchen hölzerne Flügelrippen drehbar befestigt sind. Eine an den Spitzen der Rippen herumführende Schnur und ein Draht, der an der ersten Flügelspitze befestigt und an dem Hauptbügel eingehakt ist, spannen diese Rippen in wagrechter Richtung. Die Rippen erhalten durch Drähte die Biegung nach unten. Die Drähte führen nach den untersten Enden des Kreuzholzes, so daß ein umgekehrtes Hängewerk gebildet wird. Zwischen den Kreuzhölzern sind Polster befestigt, zur Aufnahme der Arme des Fliegers. Außerdem sind mit dem Kreuzholz ein Bügel in den Taschen durch Vernageln und Verleimen, sowie Streben fest verbunden. Diese tragen vorne ein Querholz mit Streben und hinten zwei auseinandergelagerte Rumpfholme. Letztere dienen zur Befestigung einer trapezförmigen Schwanzfläche, welche nach oben und unten beweglich ist. Der Ausschlag nach unten wird durch ein Steuer begrenzt. Eine derartige Befestigung des Schwanzes ist deshalb gewählt, „damit derselbe, wenn der Apparat als Fallschirm dient, nicht tragend wirken kann, und dadurch das Überkippen des Apparates nach vorne verhindert wird“. Das Seitensteuer ist ebenfalls an Streben und Bügel befestigt. Die Tragfläche ist zusammenfaltbar. Zu dem Zwecke werden die vorderen Spanndrähte aus dem Bügel ausgehakt, die Rippen um ihre Stifte in den Taschen nach hinten gedreht und die Spanndrähte in die an den Rumpfholmen befindlichen Ösen eingehakt, so daß das Flugzeug wieder ein festes Ganzes bildet. Die mit etwa 1:12 bis 1:18 gewölbten, im Grundriß fledermausähnlichen Tragflächen stellen ein gespanntes Gerüst aus Weidenruten mit einseitiger Bespannung aus Schirting dar. Der Flächeninhalt beträgt 10 bis 15 qm, die Spannweite 7 bis 8 m, das Leergewicht rund 20 kg.

Ein derart gebautes Flugzeug, ausgestattet mit Schlagflügeln, ist Otto Lilienthal unter dem 3. September 1893 im Deutschen Reich patentiert¹⁾. In einem Zusatzpatent ist eine Vorrichtung geschützt, welche verhindern soll, daß die Vorderkante der Tragflächen im Fluge infolge der gewölbten Flächenform Druck von oben erhält. Hier ist der vordere Flächenteil um die Stirnleiste der Tragfläche beweglich gemacht. Durch Federn wird das nur nach unten zu klappende Flächenstück nach unten, durch den Luftdruck zurück gedrückt. Der normale, auf die bewegliche Fläche entfallende Luftdruck soll gerade ausreichend sein, um die Federn soweit zu spannen, daß das vordere Flächenstück in die gehobene Lage gelangt, ein Teil der ganzen geschlossenen Flügelfläche wird. Bei einer Luftdruckverminderung sollten die federnden Organe die Fläche selbst nach unten drücken, „wodurch der verminderte Luftdruck sich wieder ergänzt und aufrichtend auf den ganzen Apparat wirkt, bis die zu einem stabilen Fluge des Apparates erforderliche Lage wieder erreicht ist“.

Der Lilienthal-Doppeldecker besteht aus zwei übereinander liegenden, im Grundriß wieder fledermausähnlichen Tragflächen, deren obere geringere Spannweite als die untere aufweist. Die Tragflächen haben wieder verhältnismäßig große Tiefe, also wenig günstiges Seitenverhältnis. Die Flächen sind V-förmig angestellt und ähnlich dem Vogelflügel durchgebogen. Im Gegensatz zur heutigen Bauart besteht das Flügelgerüst, ähnlich wie bei der Eindecker-Bauart von Lilienthal, nicht aus ein bis drei Holmen parallel zur Flügelvorderkante und zahlreichen Rippen senkrecht hierzu, sondern das obere Tragdeck besitzt sechs durchgebogene Holme, nicht genau parallel zueinander stehend, und nur wenige Rippen. Die Rippen des Unterdecks sind in einem taschenförmigen Knotenpunkt vorn zusammengefaßt und streben sternförmig auseinander, derart, daß einige Rippen etwa in Flugrichtung, andere dagegen etwa rechtwinklig dazustehen. Die Hauptfestigkeit erhält das ganze System durch einen etwa kreisförmigen Bügel, der durch wagrechte Streben versteift wird. Der Rumpf wird durch zwei hinten zusammen treffende Holme gebildet und trägt rückwärtig ein ovales Seitenruder mit horizontaler Schwanzfläche. Das obere Tragdeck ist mit dem unteren durch zwei Stiele verbunden. Die Zelle wird durch Spanndrähte versteift. Der Flächeninhalt beträgt etwa 18 qm.

Nach Lilienthals Tod wurden die Versuche in Deutschland

¹⁾ Otto Lilienthals Patentschrift Nr. 77916 vom 3. Sept. 1893. Zusatzpatent Nr. 84417 vom 29. Mai 1895.

kaum weitergeführt, dagegen in England durch Perci S. Pilcher. Dieser baute im Juni 1895 in enger Anlehnung an Lilienthals Bauart ein Gleitflugzeug, ebenfalls Hängegleiter-Eindecker. Bei 14 qm Tragfläche beträgt das Leergewicht 23 kg. Das zweite Flugzeug, im ganzen wurden fünf Gleiter gebaut, besitzt 16 qm Fläche und 36,5 kg Gewicht, das dritte 16 qm Flächeninhalt, bei 23 kg Gewicht. Pilcher führte viele Gleitflüge bis zu 200 m Länge aus, bei denen er den Nachteil einer zu tiefen Lage des Schwerpunktes erkannte. Ein mit 4 PS.-Petroleum-Motor ausgestattetes Flugzeug kam nicht mehr zum Flug, da Pilcher im Oktober 1899 durch Flügelbruch tödlich verunglückte¹⁾.

Besonders bemerkenswert ist es, daß Pilcher, als erster, die heutige meist verwendete Startart ausübte. Zum Abflug ließ er sich durch eine schwache Schnur mit fünffacher Übersetzung durch Menschen oder Pferde drachenähnlich in die Luft ziehen. In genügender Höhe, etwa 20 m, wurde das Flugzeug durch Zerreißen der Schnur freigegeben.

Die Lilienthalschen Versuche wurden noch Ende des 19. Jahrhunderts in Amerika durch O. Chanute in Chikago-Illinois gemeinsam mit A. M. Herring aufgenommen. Beide haben in verschiedenen literarischen Arbeiten einen Überblick über das bis dahin Geleistete und ihre eigenen Erfahrungen zu geben versucht. Auch ihnen erschien das Problem der Gleichgewichtserhaltung als eines der wichtigsten. Im Gegensatz zu Lilienthal versuchten sie statt den Körper des Fliegers die Gleitflächen beweglich zu machen. Ihre Erkenntnis kann bereits als Fortschritt gewertet werden. Seit 1896 wurde von Chanute und Herring praktisch mit Hängegleitern geflogen²⁾.

Ausgehend von typisch Lilienthalscher Bauart, mit der etwa 100 Flüge auf zwei Flugzeugen ausgeführt sind, wurde ein Fünfecker gebaut. Derselbe besitzt fünf gleichgroße übereinander liegende Tragflächen, deren Form sich vor allem dadurch vom Lilienthalschen Flügel unterscheidet, daß die Fläche schmaler gehalten ist, also günstigeres Seitenverhältnis besitzt. Auch sonst finden wir schon im Tragflächenbau Annäherung an die heute übliche Bauweise. Jede Fläche baut sich auf einem im ersten Drittel der Tiefe liegenden Hauptholm auf, zu dem senkrecht zahlreiche Rippen sitzen. Die Verstrebung der Zelle wird durch Parallel-Stiele gebildet; die entstehenden Felder sind aus-

¹⁾ P. S. Pilcher, The practical Engineer, Manchester 1895, Aeronautical Annual, Boston 1897; Aeronautical Journal, London 1897, 1898, 1899; Nature, London 1896.

²⁾ O. Chanute, Recent experiments in gliding flight, The aeronautical Annual, Boston 1897; Gliding experiments, Journal of the Western Society of Engineers, Chicago 1897; Progress in flying machines, New York 1894.

gekrenzt. Mit dieser Bauart sind etwa 300 Gleitflüge ausgeführt worden.

Das folgende Flugzeug ist ein Doppeldecker mit schmalen Tragflächen von rechteckigem Grundriß und gleicher Größe ohne Staffelung. Zur Aufnahme der Luftkräfte dienen zwei Holme mit den entsprechenden Flügelrippen, so daß der Aufbau der Flächen sich wesentlich von der heutigen Bauart unterscheidet. Zur Versteifung der Zelle sind sechs parallel hintereinanderstehende Strebenpaare vorgesehen. Wir finden hier erstmalig die noch heute im Motorflugzeugbau vielverwendete rechtwinklige Brückenkonstruktion mit Diagonalverspannung, die bei Chanute durch Stahldrähte gebildet wird. Mit dieser Bauart sind über 700 Gleitflüge ohne Unfall ausgeführt worden.

Aus dieser Bauart ist der Doppeldecker der Brüder Wilbur und Orville Wright hervorgegangen. Dieselben machten, angeregt durch die Veröffentlichungen Otto Lilienthals, ohne Kenntnis von den Arbeiten Chanutes und Herrings im Jahre 1899 ihre ersten Versuche in Dayton, Ohio, um sich dann die Erfahrungen Chanutes zunutze zu machen. Die Brüder Wright arbeiteten systematisch auf den bestehenden Grundlagen weiter. Auch sie erkannten das Problem der Gleichgewichtserhaltung als das zunächst Wichtigste und wendeten ihm deshalb ihr größtes Interesse zu. Die von Wright gefundene Lösung ist noch heute anerkannt und fast ausschließlich im Motor- und Segelflugzeugbau angewendet. Erstmals wurde bei den Wright-Flugzeugen das seitliche Gleichgewicht nicht durch entsprechende Verlegung des Körperschwerpunktes beeinflußt, sondern durch Verwindung der Tragflächen. Diese besteht darin, daß die gesenkte und zu hebende Flügelseite größeren Anstellwinkel als die gehobene erhält. Die Höhensteuerung wurde erstmalig durch eine verstellbare Horizontalfläche erzielt, welche nicht, wie bisher am Ende des Flugzeuges lag, sondern vor den Tragflächen angeordnet wurde. Bemerkenswert ist ferner der gegenüber den früheren Bauarten erheblich größere Flächeninhalt und die Unterbringung des Führers nicht mehr in hängender Stellung, sondern zunächst auf dem Unterdeck liegend, später sitzend.

Der erste Wright-Doppeldecker hat bei 15,6 qm Flächeninhalt 5,64 m Spannweite. Sein Leergewicht beträgt 21,8 kg. Das Flugzeug des Jahres 1901 ist in Anlehnung an die Bauart von Chanute mit gleichgroßen, rechteckigen Tragflächen ausgestattet. Die Zelle ist dreiteilig gehalten. Die Verspannung der Felder erfolgt in der von Chanute her bekannten Weise. Der Abstand der Tragflächen ist größer als bei Chanute (1,73 m). Die Spannweite beträgt 6,7 m, die Tiefe 2,13 m bei 1 : 19 Wöl-

bung. Die Gesamttragfläche beträgt 27 qm. Die Brückenkonstruktion ist aus Holz- und Stahldraht ausgeführt. Vor den Tragflächen liegt eine etwa quadratische Horizontalfläche geringer Spannweite, deren Anstellwinkel verstellbar ist. Die Verbindung mit der Zelle wird durch vier Streben erzielt, von denen zwei zu den Knotenpunkten des mittleren vorderen Stielpaares am Unterdeck, zwei zu denen am Oberdeck laufen. Die Spitze dieser Verstrebung ist kufenförmig ausgebildet. Der Abstand zwischen Kopffläche und Tragfläche ist verhältnismäßig gering. Horizontalruder zur Seitensteuerung usw. sind nicht vorhanden. Der Führer liegt derart auf dem unteren Tragdeck, daß der Oberkörper auf dem oberen Strebengerüst ruhend vor den Flächen liegt. Das sehr niedrige Landungsgestell wird durch zwei Kufen gebildet. Infolge der geringen Spurweite treffen bei der Landung die Flügelenden auf den Erdboden auf. Der Start erfolgt durch Indenwindtragen mit Hilfe von zwei Mann.

Mit diesem Flugzeug, dessen Leergewicht 45 kg beträgt, sind in Nord-Karolina im Juli und August 1901 etwa 100 Gleitflüge ohne Unfall mit Gleitwinkeln von etwa 9—10 Grad ausgeführt worden. Der Wright-Doppeldecker des Jahres 1902 weist bei 24,8 qm Tragfläche eine Spannweite von 9,75 m auf und hat ein Leergewicht von 53 kg. Der Aufbau erinnert an den der vorjährigen Type, das Seitenverhältnis ist aber wesentlich günstiger. Außer dem horizontalen Kopfruder ist ein zweites vertikales Schwanzruder, als Seitensteuer, angebracht, zu dessen Befestigung vier Streben vorgesehen sind. Von diesen greifen je zwei am Unterdeck an. Das so gebildete Gittergerüst läuft rückwärtig in eine der Höhe des Seitenruders entsprechende Schneide aus. Auch dieses Flugzeug trägt den Führer in liegender Stellung. Das Landungsgestell besteht wieder nur aus so niedrigen Kufen, daß eigentlich die Landung auf der unteren Tragfläche selbst erfolgt. Der Gleitwinkel beträgt 6 bis 7 Grad.

Die mit dieser Bauart ausgeführten Gleitflüge waren sehr zahlreich und glatt. Es konnten wesentliche Erfahrungen über die Stabilität der Flugzeuge gesammelt werden und beide Brüder brachten es zu großer Fertigkeit in der Beherrschung ihres Fluggerätes. Ihre damaligen Versuche sind als großer Fortschritt in der Entwicklung des Segelflugzeuges zu werten⁴⁾.

Nach diesen Erfolgen gingen die Brüder Wright dazu über, einen Motor in ihr Flugzeug einzubauen. Der erste Flug mit einem Motorflugzeug am 17. Dezember 1903 beendet vorerst

⁴⁾ W. Wright, Some aeronautical experiments (1901); Experiments and observations in soaring flight (1903); Die Erfindung des Maschinenflugs, Aeronauticals (1915).

die Gleitflugperiode der Brüder Wright. Wie schon jetzt vorweg genommen sei, wurden die Versuche aber später, Ende 1911, mit motorlosen Flugzeugen wieder aufgenommen. Bei Kitty Hawk gelangen Wilbur und Orville Wright zahlreiche Segelflüge, welche in der Hauptsache auf aufsteigende Luftströmungen zurückgeführt werden. Dabei sollen Flüge von 5 min 11 s, 7 min 15 s, 9 min 45 s gelungen sein. Die Startstelle wurde um 50 m überhöht. Diese Flüge sind im Dünen- Gelände bei 22 m/s Wind ausgeführt worden.

Der Wright-Doppeldecker 1911 gleicht in den Grundzügen der alten Bauart, ist konstruktiv aber dem höheren Stande der Flugtechnik angepaßt. Die Flächen werden stark verwunden und besitzen zwei Holme, von denen der vordere zugleich die Stirnleiste bildet. Ein vorderes Leitwerk fehlt. Der Schwanz besteht aus einer rechteckigen, wagrechten Höhensteuerfläche mit davorliegendem doppelflächigem Seitensteuer in Form eines hohen Rechteckes. Die Verbindung zwischen Schwanz und Zelle wird durch ein Gittergerüst aus vier Holmen gebildet, welche durch Querstreben versteift sind. Zur Verspannung dienen Stahldrähte. Das Fahrgestell besteht aus zwei sehr niedrigen Kufen, welche ein Schlittengerüst bilden, auf welchem auf dem unteren Tragdeck der Führer sitzt. Seitlich von demselben ist eine hohe rechteckige Vertikalfläche angeordnet. Eine nach vorne ragende Stange mit Gewicht ist beweglich gelagert und steht mit der Steuerung in Verbindung.

In Frankreich wurden Gleitflugversuche auf mittelbare Anregung von Lilienthal durch Ferber unternommen. Von 1898 ab baute derselbe zahlreiche Gleitflugzeuge, zunächst nach Lilienthalschem Muster, als Eindecker und Doppeldecker. Ferber ist auch als Theoretiker hervorgetreten, hat große Verdienste um die Entwicklung des Flugwesens und ist als Begründer des französischen Flugwesens anzusehen. Er verunglückte 1909 mit einem Motorflugzeug tödlich.

Gleitflugversuche wurden in Österreich seit 1907 durch Wels im Gemeinschaft mit Etrich veranstaltet. Wels-Etrich legten ihren Flugzeugen, aufmerksam gemacht durch Ahlborn, als Grundriß die Form des gut fliegenden Samens der *Zanonia macrocarpa* zugrunde. Der Flügel besitzt doppelte Wölbung. Sie ist am Vorderrande nach unten konkav, wird aber nach dem Hinterrande nach unten konvex. Die Flügelenden sind nach rückwärts gezogen, stark abgerundet und aufgebogen und sollen zugleich als Höhen-, Quer- und Seitenruder dienen. Die Stabilität einer derart geformten Fläche ist groß, Diese Flügelform ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung

des bis 1914 in Deutschland und Österreich als Motorflugzeug viel verwendeten Taubetyps, welcher sich durch sehr flachen Gleitwinkel auszeichnete. Die von der Taube stammende Aufbiegung der Flügelenden als stabilisierendes Element finden wir z. T. noch bei den heutigen Flugzeugen. Das Gleitflugzeug Wels-Etrich besitzt aber im Gegensatz zum Taubetyp keine Schwanzfläche. Die Tragfläche hat weder die V-Form noch die Durchbiegung, die wir bei den späteren Flugzeugen von Zeise-Nesemann finden, welche auf Grund ähnlicher Gedankengänge entstanden, aber auch mit Schwanzflächen ausgeführt sind. Der größte Wels-Etrich-Eindecker besitzt eine Spannweite von 10 m, bei 38 qm Tragfläche und 164 kg Leergewicht. Aus verhältnismäßig geringer Höhe gelangen Gleitflüge bis 200 m Länge.

In Deutschland wurden in den Jahren 1908 bis 1912 bei Aachen Gleitflugversuche von E. Offermann unternommen. Offermann verwendete zum Start besondere Vorrichtungen, wie sie von den Brüdern Wright her bekannt sind. Das Flugzeug wurde auf ein Katapult gesetzt, welches mit Hilfe eines in einem Hügel versenkbaren Fallgewichtes angetrieben wurde. Für die Flugversuche stand ein künstlicher Hügel von 12 m Höhe mit Startvorrichtung zur Verfügung.

Infolge der großen Erfolge des Motorflugzeuges seit 1908 trat das Interesse der Allgemeinheit für den motorlosen Flug stark zurück. Der Gleitflug wurde von einer Minderheit, meist ohne die Verfolgung eines bestimmten Zieles, lediglich zu Sportzwecken fortgeführt. 1909 wurde auf der Internationalen Luftschifflahrt-Ausstellung „ILA“ in Frankfurt am Main u. a. ein Gleitflugwettbewerb veranstaltet, aus dem Reichelt auf Euler-Doppeldecker, Bauart Chanute, als Sieger hervorging. Weitere Versuche wurden später von Bruno Poelke und Freiherr Trützler von Falkenstein in Frankfurt am Main, Bendemann in Berlin, Heidenreich in Breslau, Weidler in Oberhausen, Scherz, Gruner und Günther in Chemnitz, Schneider in Eupen, Richter in Berlin, Schürren in Kiel, Franke in Schmarsleben, Meyer im Erzgebirge, v. Bismarck im Taunus, Aeckerli und Locher in Dübendorf (Schweiz) unternommen, ohne daß ihre Versuche stärkeren, nachhaltigeren Einfluß auf die Entwicklung des motorlosen Flugzeuges gewonnen hätten, ebenso wie die Flüge, die von verschiedenen Gleitflug-Vereinigungen z. B. Stuttgart, München usw. ausgeführt wurden. Von besonderer Bedeutung sind nur die Versuche geblieben, welche Harth und Messerschmitt in Bamberg und die Darmstädter Flugsport-Vereinigung unternahmen. Die letztgenannte Vereinigung wurde am

25. August 1909 von mehreren Darmstädter Gymnasiasten gegründet. Der unmittelbare Anlaß wurde durch die Flüge auf der Ila gegeben. Die Versuche sind ziel- und zweckbewußt vorgenommen worden. Sie unterscheiden sich gerade hierin von vielen anderen Versuchen. Auf Grund systematischer Arbeit wurden die einzelnen Typen weiter entwickelt. Die Flüge wurden zunächst bei Darmstadt, später in der Rhön auf der Wasserkuppe ausgeführt. Das heutige historische Gelände um die Fuldaquellen ist von den Darmstädter Schülern und späteren Studenten ausgesucht worden. An den Flügen, die mit einer ganzen Anzahl selbstgebafter Flugzeuge ausgeführt worden sind, haben sich besonders beteiligt: Hans Gutermuth, B. Fischer, K. Pfannmüller und Kolb¹⁾.

Als Höchstleistung ist ein Flug von Gutermuth mit 338 m Länge und 112 s Dauer zu erwähnen. Während des Krieges sind Hans Gutermuth und die Mehrzahl der damaligen Mitglieder der Darmstädter Flugsportvereinigung als Flieger gefallen.

Harth und Messerschmitt erbauten ihr erstes Flugzeug im Jahre 1910 auf Grund eingehender Vorstudien, welche sie mit kleinen und großen Flügeln im freien Winde betrieben. Auf Grund ihrer Untersuchungen kamen sie zur Verwendung von Profilen mit verdickter Vorderkante. Das erste Harth-Messerschmitt-Flugzeug ist ein Eindecker mit Kopisteuer. Bei der zweiten Maschine wurden Höhen- und Seitensteuer in den Schwanz verlegt. Bei dem dritten Flugzeug 1913 wurden die Tragflächen um die Querachse drehbar gelagert. Mit dem Typ S 3 gelang Harth Anfang 1914 ein Flug von 120 m Länge bei einem Wind von 15 m/s Stärke. Das Flugzeug konnte sich hierbei über 60 s über Starthöhe halten.

Die Flüge fanden über meist nur schwach geneigtem Gelände statt. 1916 gelang mit S 6 ein Flug von 3½ Minuten Dauer ohne Höhenverlust bei 8 bis 10 m/s Wind. Es wurden Strecken bis 500 m zurückgelegt. Die größte Höhe über Startpunkt betrug etwa 40 m.

1920 wurden die Versuche in der Rhön bei Bischofsheim fortgesetzt. Hierbei wurde die Startstelle verschiedentlich bis 50 m überhöht. Im Sommer 1921 sind Flüge bis zu 7 min Dauer ausgeführt worden, zur gleichen Zeit, als beim Rhönwettbewerb als höchste Flugdauer etwa 5 min erzielt wurden. Mit S 8 wurde am 13. September 1921 bei 10 bis 12 m/s Wind über den Heidelstein ein Flug von 21 min 37 s ausgeführt, bei welchem Harth Kreise und Achten über fast ebenem Gelände beschrieb.

¹⁾ W. v. Langsdorff, Gleitflugsport, Automobil- und Flugverkehr 1919; Die Entwicklung des Segelfluges, Gleitflugsport, Illustr. Motorzeitung 1922.

Die größte Höhe über der Startstelle betrug 150 m. Der Höhenunterschied zwischen Start- und Landestelle betrug nur 12 m. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen wurden die Typen S 10 und S 12 weiter entwickelt, welche am Rhönwettbewerb 1922 teilnahmen.

Erwähnt seien außer diesen praktischen Flugversuchen die Beobachtungen und Versuche mit z. T. in Lebensgröße ausgeführten Modellen im freien Luftstrom durch den Bruder Otto Lilienthals. Gustav Lilienthal schreibt die Fähigkeit, das mühelose Segeln zu ermöglichen, einer überall irgendwie als aufsteigende Windkomponente wirkenden Eigenschaft des Windes zu bei Verwendung bestimmter dicker, stark längs und quer gewölbter Tragflächen in Anlehnung an den Vogelflügel. „Die Arbeit für den Segelflug leistet der Wind durch seine Eigenschaft, schwebende Körper in einem Winkel von annähernd 4 Grad nach oben zu treiben, und durch den Widderhornwirbel wird diese Arbeit in einer Weise umgelenkt, so daß Auftrieb und Vortrieb entsteht.“ Praktische Flugergebnisse wurden bisher mit nach Lilienthalschen Ansichten gebauten Flugzeugen nicht erzielt¹⁾.

Nachdem naturgemäß während des Krieges nur vereinzelt Versuche mit motorlosen Flugzeugen hatten durchgeführt werden können, wandte sich nach Beendigung des Krieges eine große Anzahl ehemaliger Flieger erneut dem Gleitflugsport zu. Besonders in Deutschland wurde an vielen Stellen der Bau motorloser Flugzeuge wieder aufgenommen, da infolge der Unterdrückungen seitens des Feindbundes und der allgemeinen wirtschaftlichen Notlage keine Möglichkeit bestand auf andere Weise Luftsport zu treiben. Über den tatsächlichen Stand des motorlosen Flugwesens war es aber schwer, sich ein vollständiges Bild zu machen, da eine Verbindung zwischen den einzelnen Versuchsgruppen im allgemeinen nicht bestand. So wurden vielfach Umwege gemacht und die Entwicklung verzögert. Um einen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen und die Sporttätigkeit zu beleben, gelang es im Sommer 1920 erstmalig die Kräfte in einem Wettbewerb für motorlose Flugzeuge auf der Wasserkuppe in der Rhön zusammenzufassen. Der Plan zu diesem Wettbewerb, der für die Entwicklung des deutschen Segelflugwesens von entscheidender Bedeutung geworden ist, ging aus von dem Verband Deutscher Modell- und Gleitflugvereine, dessen Präsidium in diesem Jahre der Flugtechnische Verein Dresden besaß. Die Veranstaltung fand vom 15. Juli bis zum 7. September 1920 statt.

¹⁾ G. Lilienthal, Vom Gleitflug zum Segelflug, Volkmann, Berlin 1923.

Seit diesem Wettbewerb sind laufend Segelflugwettbewerbe in der Rhön veranstaltet worden, zu denen sich seit 1923 noch entsprechende Veranstaltungen auf der Kurischen Nehrung bei Rossitten gesellt haben. Natürlich ist es nicht möglich an dieser Stelle ausführlich die wachsenden Erfolge dieser bahnbrechenden Veranstaltungen zu beschreiben. Statt dessen soll knapp die technische Entwicklung skizziert werden, wobei das Eingehen auf Einzelheiten erspart werden kann, weil im konstruktiven Teil dieses Buches hier ausführliche Veröffentlichungen vorgenommen worden sind.

Das Jahr 1920 zeigte allgemeines Tasten. Meist erfolgte Anlehnung an die bestehenden Motorflugzeugbauarten. Außerdem traten Hängegleiter, als leicht zu bauende Flugzeuge hervor. Die Flugleistungen blieben, durch Ungunst der Witterung und geringe Flugerfahrungen der Piloten, gering. Hervortretend war der 770 m-Flug von Eugen v. Loebl, der durch Steuerbruch tödlich verunglückte, sowie der 1830 m-Flug von Klemperer, mit 2 min 22,6 s Dauer. Die technisch wertvollste Leistung stellte der Aachen-Tiefdecker „Schwarzer Teufel“ dar, der aber auch noch viele Mängel zeigte.

Im Jahre 1921 waren sehr verschiedenartige Flugzeuge erschienen. Aachen-„Blaue Maus“ zeigte unter Klemperer kurze Hangflüge, den eigentlich ersten Segelflug führte Leusch auf dem Weltensegler-Eindecker-„Feldberg“ aus, bei dem er infolge Flügelbruches am 9. August 1921 tödlich verunglückte. 1920 hatte Peschkes mit einem ähnlichen Flugzeug über dem Feldberg eine geschlossene Acht geflogen von 2 min Dauer bei Überhöhung des Startortes. Die Dauer von Leuschs Westhangflug betrug etwa 1½ min. Die technisch beste Leistung des Jahres stellte der Hannover-Hochdecker „Vampyr“ dar, der die Weiterentwicklung der Segelflugzeuge entscheidend beeinflusst hat.

Auch 1922 erschienen wieder viele, nach den verschiedensten Gesichtspunkten gebaute Flugzeuge. Am erfolgreichsten war wieder der Hannover „Vampyr“ unter den Piloten Martens, Hentzen und Blume, denen die ersten Stundenflüge gelangen. Daneben traten die durch den 21-Minuten-Flug Harths über dem Heidelberg im Herbst 1921 hervorgetretenen Harth-Messerschmitt-Hochdecker hervor, besonders aber auch der von Hackmack gesteuerte Darmstadt-Hochdecker „Geheimrat“, dem u. a. ein 1½-Stundenflug gelang. Technisch beachtenswert waren ferner die Arbeiten von v. Loebl und Schulz, sowie die Aachen-„Ente“, die allerdings Flugerfolge nicht erzielte. Auch der schwanzlose Eindecker Berlin-„Charlotte“ stellte eine interessante Versuchsbauart dar.

Hatte man 1922 gelernt im Aufwind am Hang zu segeln, so wurden diese Kenntnisse 1923 in Rossitten und in der Rhön weiter ausgebaut. Die erfolgreichsten Flugzeuge wurden verbessert. Neu entstanden vor allem die Hochdecker Martens „Strolch“ und Darmstadt „Konsul“, von denen der Letztgenannte unter Botsch gute Erfolge erzielte. Wichtig waren auch die Erfolge des schwanzlosen Berlin-Eindeckers „Charlotte“ unter Winter.

Der Rhön-Wettbewerb 1924 stand unter dem Zeichen des Hilfsmotors. Wenn auch diese Arbeiten für die Entwicklung eines Leichtflugzeuges bedeutungsvoll gewesen sind, so haben sie doch kein segelfähiges Motorflugzeug gebracht. Daneben erfolgte Weiterentwicklung verschiedener Segelflugzeuge. Interessant waren Versuche mit Verstellprofilen durch Frhr. v. Schertel und die Akademische Fliegergruppe Darmstadt.

In den folgenden Jahren erfolgt dann Weiterentwicklung der erfolgreichsten Baugruppen. Der Hängegleiter verschwindet ganz, der Sitzgleiter erst als Doppeldecker, dann als verspannter Hochdecker kristallisiert sich als Schulflugzeug heraus. Daneben erscheint der abgestrebte Hochdecker als Übungsflugzeug. Der freitragende Hochdecker als Hochleistungsflugzeug für Dauer- und Fernflüge im Aufwind wird verfeinert. Die Flugleistungen wachsen stetig, begünstigt durch die zunehmende Segelflugerfahrung der Piloten. Man beginnt sich vom Hang zu lösen. Die Vielfaltigkeit der Neubauten läßt nach, Standardtypen bilden sich heraus, die schließlich bereits in gewissem Maße überzüchtet werden. Mit diesen hochwertigen Fluginstrumenten können nun hochbegabte, einsatzfreudige Flieger, wie Ferdinand Schulz, Johannes Nehring und Robert Kronfeld immer neue Flugleistungen schaffen. Sie beginnen den Pendel- und Streckenflug am Hang virtuos zu beherrschen, und wagen nach Kegels erstem, unfreiwilligen Gewitterflug systematisch Wolken- und Gewitterflüge, welche erst die großen Streckenleistungen ermöglichen und früher kaum für möglich gehaltene Steigleistungen zeitigen.

Demgegenüber treten die ausländischen Segelflugwettbewerbe vollständig in den Hintergrund. Der Anfängerkurs in Gstaad-Schweiz, der französische Segelflugwettbewerb in der Auvergne 1922 bei Clermont Ferrand und später bei Vauville zeigt ebenso, wie der englische Wettbewerb bei Itford Hill nur eine Nachahmung deutscher Leistungen. Auch bei den Wettbewerben in der Krim können die deutschen Leistungen nicht in den Schatten gestellt werden. Die seit 1928 einsetzende Segelflugbewegung in Amerika ist ebenso lediglich durch die

deutschen Leistungen hervorgerufen, wie die Segelflüge in Italien, Belgien und allen anderen Ländern.

Die Steigerung der Leistungen hängt bei allen diesen Veranstaltungen nicht allein von der Güte des Fluggerätes ab, sondern in hohem Maße auch von der Tüchtigkeit der Piloten und der Gunst der Wetterlage. Aus diesem Grunde können die im Laufe der Jahre erzielten Höchstleistungen auf dem Gebiet nicht eigentlich als Maßstab für die technische Entwicklung des Segelflugzeuges angesehen werden, obwohl diese an sich natürlich auch lebhaften Anteil an dieser Entwicklung hat. Da das vorliegende Buch sich aber vorwiegend mit der rein technischen Seite des Segelfluges befaßt, kann an dieser Stelle von einer eingehenden Aufzählung dieser Segelflugerfolge abgesehen werden.

Wir erkennen bei Betrachtung der Geschichte des Segelfluges den großen Einfluß der von Deutschen geleisteten Arbeit. Es wird auch heute im Ausland rückhaltlos anerkannt, daß die ersten Versuche sich auf den klassischen Arbeiten des Deutschen Otto Lilienthal aufbauen. Die Wiederaufnahme der Versuche mit motorlosen Flugzeugen ist ebenfalls auf deutsche Initiative zurückzuführen. Der Beweis der Möglichkeit des Segelfluges ist von Deutschen erbracht.

Die Segelflugentwicklung ist, wie kaum eine andere technische Entwicklung durch die Jugend gefördert worden. Um die wissenschaftliche und technische Förderung des Segelfluges haben sich vor allen Dingen die verschiedenen Akademischen Fliegergruppen der einzelnen Technischen Hochschulen verdient gemacht. Von sämtlichen Fliegergruppen hat die Darmstädter Gruppe wohl am meisten zur Förderung des Segelfluges beigetragen, sowohl durch Entwicklung neuer Baumuster, wie durch Ausführung neuer Pionierflüge. Unter den Segelflugsport treibenden Vereinen ist vor allem der Mecklenburgische Aeroklub, der Württembergische Luftfahrt-Verband, der Niederrheinische Verein für Luftfahrt, Bonn zu nennen.

B. Die Klasseneinteilung.

Wie auf allen Gebieten des Flugwesens, so hat auch im Segelflugwesen ein Einheitstyp sich nicht durchsetzen können. Vielmehr hat sich eine Gliederung in Baugruppen ergeben, welche zwar nicht immer streng durchführbar ist, aber doch zur Erleichterung einer Übersicht dienen kann. Eine solche Klasseneinteilung kann etwa erfolgen:

1. nach dem Verwendungszweck,
2. nach der Art der Steuerung.

Gemäß dem Verwendungszweck der Flugzeuge kann man etwa nachstehende Gruppen unterscheiden:

1. Vorschulflugzeuge.
2. Schulflugzeuge.
3. Übungsflugzeuge.
4. Hochleistungsflugzeuge.
5. Forschungsflugzeuge.
6. Anhängerflugzeuge.

Die weitere Gruppe der Segelflugzeuge mit Hilfsmotor kann an dieser Stelle unbeachtet bleiben, da dieselbe bisher sehr wenig bearbeitet wurde oder enger mit der Motorflugzeuggruppe der Leichtflugzeuge zusammenhängt, als mit den motorlosen Flugzeugen¹⁾.

Unter die Gruppe der Vorschulflugzeuge können alle Flugzeuge gerechnet werden, welche mit einem Mindestmaß an technischen Kenntnissen gebaut und mit einem Mindestmaß an fliegerischen Kenntnissen auf kurzen Flügen geflogen werden können. Hauptsächlich handelt es sich hier also um Hängegleiter, wie sie heute unter den motorlosen Flugzeugen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen.

Von großer Bedeutung ist dagegen die Gruppe der Schulflugzeuge geworden, da sich herausgestellt hat, daß auf motorlosen Flugzeugen auch Nichtmotorflieger zu guten Segelfliegern herangebildet werden können. Es handelt sich hauptsächlich um Flugzeuge, welche der Anfangsschulung dienen, ohne im allgemeinen für eigentliche Segelflüge in Frage zu kommen. Sie sollen vor allen Dingen folgenden Anforderungen genügen:

1. Gute Flugeigenschaften.
2. Sicherheit.
3. Billigkeit.
4. Reparaturfähigkeit.

Entsprechend der Entwicklung des ganzen Segelfluges, hat die Entwicklung des motorlosen Schulflugzeuges Jahre in Anspruch genommen. Sie ist heute aber auf einem verhältnismäßig ausgereiftem Punkt angelangt²⁾.

Es ist verständlich, daß hinsichtlich der Flugeigenschaften erst etwas klarer gesehen werden konnte, nachdem einige praktische Erfahrungen im motorlosen Flug vorlagen. Es zeigte sich

¹⁾ W. v. Langsdorff, Das Leichtflugzeug für Sport und Reise, Frankfurt/M. 1925.

²⁾ W. v. Langsdorff, Eignen sich motorlose und schwachmotorige Flugzeuge zu Schulzwecken?, Die Luftwacht 1928.

bald, daß größtmögliche Anstellwinkelbereiche durch Auswahl entsprechender Flügelschnitte leicht erreichbar waren. Durch tiefe Lage des Schwerpunktes in Verbindung mit der Profilauswahl, Kopflastigkeit usw. ließ sich erreichen, daß nach dem Überziehen, Durchsacken bzw. Aufdenkopfgehen, statt Aufdenflügelgehen stattfand. Durch geeignete Formgebung und Größe der Ruderflächen, geeignete Übersetzung der Steuerung usw. ließ sich ausreichende Steuerbarkeit bei genügender Empfindlichkeit der Steuerwirkung erreichen und durch Wahl des Flügelschnittes in Verbindung mit geringer Flächenbelastung ließ sich geringe Landegeschwindigkeit unschwer verwirklichen.

Der günstigste Kompromiß mußte allerdings erst auf dem Wege von Versuchen herausgearbeitet werden. Er ließ an sich aber die verschiedensten Baumuster und Bauarbeiten in Betracht kommen.

Die Frage der Sicherheit hängt eng mit der der Flugeigenschaften zusammen, besonders aber auch der Landegeschwindigkeit. Weiter war zum Schutz des Insassen offene Sitzanlage erforderlich und die Möglichkeit leichten An- und Abschnallens, sowie die Vermeidung von Konstruktionsteilen, welche bei Brüchen dem Insassen besonders gefährlich werden können, in unmittelbarer Nähe des Insassen. Billigkeit und Reparaturfähigkeit deuteten auf möglichst einfachen und übersichtlichen Aufbau hin, welcher am besten als offener Gitterrumpf durchführbar ist. Da hohe Fluggeschwindigkeit nicht erwünscht ist und der Gleitwinkel nicht besonders gut zu sein braucht, konnte diese Bauart um so eher im Verein mit verspannter Flügelbauweise gewählt werden, die sich als elastisch gegen Landebeanspruchungen erwiesen hat.

Die Bauart des Nürnberg-Doppeldeckers D 14 von 1921 schien diesen Anforderungen am besten zu genügen. Tatsächlich sind mit diesem Flugzeug auch in der Folge keine schlechten Schulerfahrungen gemacht worden. Es gab Veranlassung zur Entwicklung des Weltensegler-Doppeldeckers „Frohe Welt“ und ähnlicher Bauarten. Als ungünstig an diesem Flugzeug erwies sich aber das Doppelkufenfahrwerk und der tiefliegende untere Tragflügel. Letzterer ermöglichte zwar außerordentlich weiche Landungen, da die Luft zwischen Tragflügel und Erdboden polsterartig zusammengepreßt wurde, war aber anderseits infolge seines geringen Abstandes vom Erdboden naturgemäß Beschädigungen besonders leicht ausgesetzt.

In der Folge ging man daher zur Hochdeckerbauart über, unter Verwendung eines Einkufenfahrwerks. Die hier 1922 ent-

standene Bauart Weltensegler „Hols der Teufel“ ist nach diesen Grundlinien entwickelt worden und hat sich im Schulbetrieb gut bewährt. Aus ihr ist eine Reihe ähnlicher Flugzeuge entwickelt worden, unter denen das Baumuster R.R.G. „Zögling“ das Bekannteste ist. Da von diesem Typ seitens der Rhön-Rossitten-Gesellschaft Baupläne abgegeben werden, haben sehr zahlreiche Vereine dieses Baumuster nachgebaut. Auf Grund der entsprechenden Erfahrungen sind hier und dort Änderungen vorgenommen worden, welche zum Entstehen ähnlicher Neutypen beitrugen. Auch das Ausland hat dieses Baumuster nachgebaut. Dabei wurde der Hochdecker vielfach auch statt aus Holz und Stoff aus Holz, Stahl und Stoff gebaut. Verschiedentlich haben sich auch industrielle Unternehmungen mit der Fabrikation zöglingähnlicher Baumuster befaßt.

In den meisten Fällen handelt es sich um Einsitzer, da hier der Bau billiger durchzuführen ist und da bei überlegter Lehrmethode auch bei einsitziger Schule gute Ergebnisse erzielbar sind. Daneben sind aber vereinzelt Doppelsitzer entstanden, meist in ähnlicher Ausführung, wie der erste motorlose Doppelsitzer Fokker 4 von 1922, oder in Anlehnung an die „Zögling“-Bauart. Stets wurde bei Doppelsitzern aber die Sitzanlage bootsförmig verkleidet, da hier weniger mit Bruchschäden zu rechnen ist. Auch für Einsitzer sind vielfach ähnliche Verkleidungen vorgesehen worden, um den Gleitwinkel zu verbessern. Aber auch ohne solche Verkleidungen kann ein offener Sitzgleiter segelfähig sein, wie die Erfolge des Schulz F.S. 3 und anderer Muster gezeigt haben.

Im Gegensatz hierzu handelt es sich bei Übungsflugzeugen meist um geschlossene Rumpfbauarten. In beiden Fällen hat man sich in richtiger Weise damit begnügt, gewöhnliche Schwanzsteuerung beizubehalten, um den Schüler zunächst auf einfache Weise schnell heranzubilden. Nur vorübergehend sind auch flügelgesteuerte Flugzeuge zu Schulzwecken eingesetzt worden.

Der eigentliche Unterschied zwischen Schul- und Übungsflugzeugen liegt darin, daß erstere lediglich geradeaus oder in schwachen Kurven hinabzugleiten brauchen, während das Übungsflugzeug bereits beschränkte Segelfähigkeit besitzen, also schon ein Kreuzen am Hang ermöglichen soll. Aus dieser Forderung folgt schon die höhere Bewertung eines flachen Gleitwinkels und geringer Sinkgeschwindigkeit. Da es sich andererseits nicht um die Erzielung von Höchstleistungen handeln soll, braucht keine aerodynamische Hochwertigkeit auf Kosten guter

Flugeigenschaften angestrebt zu werden. Vielmehr läßt sich die Forderung guter Flugeigenschaften in den Vordergrund schieben, wobei gleichzeitig auch die bauliche Gestaltung billig und leicht reparaturfähig gehalten werden kann.

Als erstes bewußt auf dieses Ziel hin konstruiertes Flugzeug kann das Baumuster Weltensegler „Bremen“ angesehen werden, aus welchem sich später der vielverwendete R. R. G. „Prüfling“ entwickelt hat. Derartige Flugzeuge erlauben schon hübsche Segelflüge, sind aber aerodynamisch noch nicht hochgezüchtet. Dieses Baumuster wird in Lizenz auch von zahlreichen Vereinen, sowie Flugzeugwerken im In- und Ausland gebaut.

Es handelt sich also bei der Entwicklung der Flugzeuge für Anfangsschulung vor allem darum, hauptsächlich größtmögliche Sicherheit gegen Verletzungen zu bieten. Deshalb ist die Anordnung vollkommen freien Sitzes berechtigt, wodurch bei einem etwaigen Aufprall verhältnismäßig geringe Verletzungen zu erwarten sind. Nötig ist Anordnung eines breiten Brustanschnallgurtes, sowie eines Haltegurtes für die linke Hand. Da man heute Streben vor dem Führersitz vermeidet, wird ein solcher Gurt zweckmäßig am Tragflügel befestigt. Man bemüht sich ferner, die Anfängerflugzeuge so zu konstruieren, daß die Bauteile, die den Führer unmittelbar umgeben, kräftig sind, und sofern sie splintern könnten, bandagiert werden. Kantige Stellen werden abgepolstert. Es ist unschwer erreichbar, daß bei jeder Art von Bruchlandung erst wesentliche Konstruktionsteile brechen, also Energie verzehren müssen, ehe der Führer aufschlägt. Die Verletzungen lassen sich auch z. B. dadurch mildern, daß man den Abstand vom Seitensteuerhebel zum Sitz so wählt, daß der Führer stets mit gebeugten Beinen sitzt.

Daß derartige Anfangsflugzeuge verspannt gebaut werden, ist mit Rücksicht auf die Elastizität angenehm. Es ist aber zweckmäßig, die Flügelhälften nicht gelenkig aufzuhängen, oder falls dies doch beabsichtigt ist, die oberen Verspannungen genügend festzuhalten, damit bei starken Landungsstößen die Flügel nicht herunterbrechen, wodurch meist Holmbeschädigungen eintreten.

Auf die Zweckmäßigkeit leichter Kopflastigkeit von Schulflugzeugen wurde schon kurz hingewiesen. Es ist daher zweckmäßig die Höhenflosse so einzustellen, daß das Flugzeug auch bei Fehlern des Schülers die Tendenz hat, auf den Kopf zu gehen.

Brauchbar ist ein Anfängerflugzeug natürlich nur, wenn ein Flügelprofil verwendet wird, das gegen Überziehen oder Über-

drücken nicht sehr empfindlich ist, also ausreichenden Anstellwinkelbereich¹⁾ ohne Abreißen der Strömung besitzt.

Als wesentlich verdient noch hervorgehoben zu werden, daß es unbedingt empfehlenswert ist, die Steuerwirkung des Anfängerflugzeuges nicht zu beschränken. Es ist besser verhältnismäßig empfindliche Anfängerflugzeuge zu bauen, damit der Schüler sich von vornherein an kleine Steuerausschläge und Ruhighalten des Knüppels gewöhnt. Bordinstrumente können ganz weggelassen werden, da sie für die kurzen Flüge unnötig und störend sind.

Mit den bisher derart entwickelten Anfängerflugzeugen sind recht gute Erfahrungen gemacht worden. Kennzeichnend für diese Baumuster ist der Grundsatz, daß man geringe Sinkgeschwindigkeit auch erreichen kann durch Verringern der Flächenbelastung²⁾ bei gleichzeitiger Beschränkung der Gleitwingeigenschaften. Daher lassen sich hier meistens gute Erfolge mit leicht und fest, sowie billig zu bauenden Tragflügeln erzielen, deren Seitenverhältnis³⁾ nur etwa 1:6 beträgt. Auf die bauliche Ausgestaltung derartiger Flugzeuge ist nachstehend näher eingegangen worden.

Die ebenfalls erwähnten verspannten Flugzeuge mit verkleidetem Sitz sind meist dadurch etwas erleichtert, daß die auf besonders hohe Landebeanspruchungen berechneten Teile der Anfängerflugzeuge leichter konstruiert wurden, da der fertig ausgebildete Schüler sein Flugzeug weniger beansprucht. Dadurch eignen sich solche Flugzeuge vor allem zum Umschulen auf das eigentliche Übungsflugzeug. Wir finden die Entwicklung einer derartigen Zwischenbauart meist an den Stellen, an denen die Gelände- und Windverhältnisse Segelflüge mit einem Übungsflugzeug nicht zulassen.

Da man heute meist bestrebt ist, den Segelflugschüler später auch Motorflieger werden zu lassen, legt man auch bei den Übungsflugzeugen Wert darauf, die Steuerungsart der Motorflugzeuge beizubehalten, arbeitet also mit Schwanzsteuerung von ausreichender Empfindlichkeit. Um ähnliche Kurvenfähigkeit und gleiche Kurventechnik zu erzielen, behält man außerdem das geringe Seitenverhältnis bei.

Durch Verkleidung des Rumpfes, Ersatz der Verspannungen durch Streben, geeignete Profilwahl usw. wird aber schon

¹⁾ Unter Anstellwinkel wird der Winkel zwischen der Flugrichtung und der Verbindungslinie zwischen Vorder- und Hinterkante des Tragflügels verstanden.

²⁾ Unter „Flächenbelastung“ versteht man das Fluggewicht, bezogen auf den Inhalt der Tragfläche.

³⁾ Unter „Seitenverhältnis“ wird das Verhältnis: Spannweite zu mittlerer Flächentiefe verstanden.

Segelfähigkeit erzielt. Da durch den Schüler aber noch mit stärkeren Beanspruchungen auch im Flug gerechnet werden muß, bemüht man sich die Bausicherheit hochzudrücken. Auch hier ist die Abstrebung der Flügel zur Erzielung möglichst kurzer Flügelschwingungen günstig.

Ist ein solches Flugzeug bereits für C-Prüfungen gut brauchbar, so ist es doch im allgemeinen nicht empfehlenswert den Schüler nach Ablegung der C-Prüfung unmittelbar auf Hochleistungsflugzeuge zu setzen, denn das Fliegen von Segelflugzeugen mit großer Spannweite und günstigstem Seitenverhältnis ist nicht ganz einfach. Verschiedentlich sind daher auch hier Übergangsflyer konstruiert worden, deren Festigkeit noch die von Hochleistungsflugzeugen übersteigen soll, so daß meist auch eine verstreute Bauart gewählt wird. Da auch mit extremen Fluglagen gerechnet werden muß, solange der Schüler keine großen Erfahrungen hat, ist es zweckmäßig, hier Profile mit geringer Druckpunktswanderung zu verwenden.

Derartige Flugzeuge sind infolge ihrer höheren aerodynamischen Wertigkeit schon für ausgesprochene Segelflüge, besonders am Hang verwendbar. Als erste ausgesprochene derartige Bauart kann der Darmstadt-Hochdecker „Edith“ gelten¹⁾.

Später wurden für diesen ausgesprochenen Zweck seitens der R.R.G. die Baumuster „Prüfling“ und „Professor“ geschaffen. Letzteres Flugzeug kann aber schon eher als Hochleistungsflugzeug angesehen werden, da es trotz seiner abgestrehten Bauart aerodynamisch durchaus hochwertig ist. Es kann auch als besonders festes Hochleistungsflugzeug angesprochen werden.

Allgemein gesagt, verlangt man von einem Hochleistungsflugzeug die Ausführung von Segelflügen, wobei mit erfahrenerm Führerpersonal gerechnet werden kann. Es ist klar, daß die Entwicklung des Hochleistungsflugzeuges, eng mit der Erforschung des Segelfluges zusammenhängend, keineswegs gradlinig erfolgen konnte. Zunächst handelte es sich um Verschiedenheit der Ziele. Bis etwa zum Jahre 1924 hoffte man vielfach noch besondere Segelflugerfolge bei Ausübung des dynamischen Segelfluges zu erzielen. Die bis dahin verwirklichten Hochleistungsflugzeuge sind daher verschiedentlich besonders auf den Zweck zugeschnitten, einen längeren Flug durch Ausnutzung der Turbulenz der Atmosphäre zu ermög-

¹⁾ F. Stamer, Richtlinien für Gleit- und Segelfliegerausbildung, Luftfahrt 1927. A. Lippisch, Technischer Bericht über die zum Rhön-Segelflug-Wettbewerb erschienenen Flugzeuge, Z. F. M. 1928, 1929. F. Stamer, A. Lippisch, Gleitflug Berlin 1927. R. Eisenlohr, Der motorlose Flug, Berlin 1922.

lichen. Hierhin gehören vor allem die verschiedenen flügelgesteuerten Flugzeuge. Mit Ausnahme des Darmstadt-Eindeckers „Geheimrat“ sind von diesen Bauarten aber fast durchweg keine größeren Leistungen erzielt worden. Vielleicht ist es auch kein Zufall, daß von diesen flügelgesteuerten Flugzeugen gerade der „Geheimrat“ wohl am meisten in seiner Bauart sich an das schwanzgesteuerte Flugzeug mit starrer Flügelanordnung anlehnte.

Erfolgreicher konnten die Hochleistungsflugzeuge sein, welche von vornherein zur Ausübung des statischen Segelfluges im Aufwind bestimmt waren. Fast stets handelte es sich hier um schwanzgesteuerte Flugzeuge, deren Bauart prinzipiell sich wenig von der der Motorflugzeuge unterschied. Derartige Flugzeuge erscheinen auch geeignet, von der kinetischen Energie des Windes den senkrechten Vektor dem Fluge nutzbar zu machen. Die Nutzleistung ist proportional dem Gewicht des Flugzeuges. Eine aerodynamische Verbesserung kann sich daher im Segelflugzeugbau oft auch dann lohnen, wenn sie nicht ohne Gewichtszuwachs durchführbar ist. Hier sind die Verhältnisse günstiger, als im Motorflugzeugbau. Gerade auch wenn man an die grundlegende Tendenz der Segelflugbewegung der letzten Jahre denkt, den Streckenflug, ergibt sich beim Entwurf die Aufgabe, alle jene günstigsten Bedingungen und Eignungen der Form zu ermitteln, welche ein Segelflugzeug gerade für Streckenflüge geeignet machen¹⁾.

Aus derartigen Erwägungen heraus sind fast alle Hochleistungsflugzeuge auf geringe Sinkgeschwindigkeit, gute Gleitzahl usw. gezüchtet. Es ist klar, daß die geringe Sinkgeschwindigkeit besonders erwünscht ist, wenn es sich darum handelt statisch zu segeln. Man kann dann alle aufsteigenden Luftströmungen ausnutzen, deren vertikale Komponente größer ist, als die Sinkgeschwindigkeit, vorausgesetzt, daß gleichzeitig die Aufwärtsneigung des Windes größer ist, als das beste Gleitverhältnis. Diese Sinkgeschwindigkeit wird um so kleiner, je kleiner Flächenbelastung und Widerstand sind bei Verwendung eines geeigneten Profils mit hohem c_a^3/c_w^2 .²⁾ Bei gegebener Flächenbelastung wird also die Sinkgeschwindigkeit am kleinsten, wenn die genannte Güteziffer ein Maximum ist. Daher strebt

¹⁾ P. A. Laubenthal, Die Württemberg, Der Adler 1929. W. Günther, Das neue Segelflugzeug, Z. F. M. 1924. W. Blume, Das Segelflugzeug, Z. F. M. 1921. L. Prandtl, Bemerkungen zum Segelflug, Z. F. M. 1921. W. Klemperer, Gleitzahl bei Segelflügen, Z. F. M. 1921.

²⁾ Unter den Beiwerten c_a und c_w versteht man die Auftriebs- und Widerstandsbeiwerte, die vom Anstellwinkel des Flügels abhängig sind. Ihre Größe wird durch Messung im Windkanal gelunden.

man möglichst kleines c_w und möglichst großes c_a an. Der Konstrukteur wird demnach ein Flügelprofil mit möglichst hohem Auftriebsbeiwert auswählen. Meist wird also seine Wahl auf einen dicken Flügelschnitt fallen, dessen Wölbung größer ist, als die bei Motorflugzeugen übliche. Diese Profilwahl begünstigt bereits die Wahl der verspannungslosen, freitragenden Bauweise.

Ferner wird der Konstrukteur kleinsten induzierten Widerstand¹⁾ anstreben, indem er günstiges Seitenverhältnis verwirklicht, also Flügel großer Spannweite und geringer Tiefe baut.

Der Forderung geringsten schädlichen Widerstandes kommt er durch günstige Formgebung des ganzen Flugzeuges nach. Hier empfiehlt sich wieder die freitragende Bauart mit geschlossenem Rumpf und guten Übergängen.

Nicht ganz einfach sind diese Forderungen aber mit der Forderung geringen Konstruktionsgewichtes, also kleiner Flächenbelastung zu vereinigen, denn die Festigkeit muß ausreichen, zumal heute Hochleistungsflugzeuge in des Sinnes wahrster Bedeutung „Schlechtwetterflugzeuge“ sein müssen. Trotz bester Werkstattauführung haben sich wiederholt bei Hochleistungsflugzeugen, deren Berechnung ausreichende Festigkeiten zugrunde gelegt waren, Flügelbrüche ergeben, die meist in Flügelschwingungen begründet waren. Schwierigkeiten macht auch die Erzielung ausreichender Wendigkeit, denn nur ein wendiges Flugzeug kann enge Aufwindzonen ausnutzen. Man verwendet daher große Steuerflächen von guten Seitenverhältnissen und strebt kleine Trägheitsmomente an. Besonders unangenehm hinsichtlich der Wendigkeit macht sich die große Spannweite derartiger Flugzeuge bemerkbar.

Trotzdem kann es verlockend erscheinen, Flugzeuge sehr großer Spannweite zu entwickeln, die dann zwar kleinere Aufwindfelder kaum ausnützen können, dafür aber besser geeignet sind, beim Fernsegelflug von einem Aufwindfeld zum anderen hinüberzufliegen. Aus ähnlichen Erwägungen heraus ist der Kupper-Eindecker Ku 4 von über 30 m Spannweite entstanden.

Vielfach wird das Hochleistungsflugzeug auch auf Erzielung bester Gleitzahl hin entwickelt²⁾. Die Verhältnisse werden hier

¹⁾ Die Tragflügeltheorie lehrt, daß auch bei verschwindend kleiner Reibung der Luft mit dem Auftrieb ein Widerstand verknüpft ist, der davon herrührt, daß durch den Flügel eine der Auftriebsrichtung entgegengesetzt gerichtete Bewegung in der Luft zurückbleibt. Die kinetische Energie dieser Bewegung ist gleich der Arbeit, die gegen diesen Widerstand geleistet wird. Dieser Widerstand wird „induzierter Widerstand“ genannt.

²⁾ Als Gleitzahl wird das Verhältnis von Grundrißweg zu Gefälle bei Windstille bezeichnet. Je größer diese Zahl, desto flacher der Gleitwinkel.

v. Langsdorff, Segelflugzeug, 2. Aufl.

besonders günstig, wenn der Konstrukteur ein Profil mit kleinster Profilgleitzahl auswählt. Außerdem wird von den Baugrößen ein kleinstmögliches Verhältnis von Restwiderstand zum Quadrat der Spannweite verlangt¹⁾. Hierin liegt die Bedingung für ein niedriges Seitenverhältnis, wobei allerdings berücksichtigt werden muß, daß es kein bestes Seitenverhältnis an sich gibt, sondern daß es für jedes Profil ein günstigstes Seitenverhältnis gibt. Ebenso wie bei der Anstrengung geringster Sinkgeschwindigkeit, lassen sich in diesem Falle Profil und Seitenverhältnis aufeinander abstimmen. Bei einer entsprechenden Untersuchung erkennt man, daß zwischen dem Beiwert des Restwiderstandes und des Auftriebes bei bester Profilgleitzahl, die ersteren möglichst klein und die letzteren möglichst groß sein sollten. Bei beiden Beziehungen ist also der absolute Betrag des c_a -Wertes bester Profilgleitzahl zugrunde zu legen. Man kann denselben für jedes Profil genau ermitteln. Allerdings muß der Beiwert des Restwiderstandes geschätzt werden. Gerade im Hinblick auf Streckenflüge ist es also wesentlich, ein Profil herauszusuchen, welches über eine große Geschwindigkeitspanne hin einen guten Gleitwinkel besitzt. Der Führer ist nämlich genötigt, bei Rücken- oder Aufwind mit einer kleineren, bei Gegen- oder Abwind mit einer größeren Geschwindigkeit zu fliegen, als der besten Gleitzahl entspricht. Wie stets im Flugzeugbau, muß also hier ein Kompromiß gebildet werden.

Die besten bisher verwirklichten Werte für Sinkgeschwindigkeit liegen bei 0,70 bis 0,55 m/sec, für den Gleitwinkel bei 1:20. Allgemein kann man sagen, daß es zweckmäßig ist, für Flugzeuge, die gute Dauerleistungen erzielen sollen, geringe Sinkgeschwindigkeit anzustreben, während für Fernflüge flacher Gleitwinkel nützlich ist. Da heute Hochleistungsflugzeuge aber meist sowohl für Dauer-, wie für Fernflüge gebraucht werden sollen, finden wir vielfach auch keine einseitige Abstimmung auf geringe Sinkgeschwindigkeit oder guten Gleitwinkel, sondern eine Kompromißbildung, welche einen guten Mittelwert verspricht.

Durchweg handelt es sich bei den heutigen Hochleistungsflugzeugen um aerodynamisch hochwertige freitragende Eindecker von großer Spannweite. Ein Nachteil dieser Flugzeuge liegt neben Unterbringungsschwierigkeiten, Empfindlichkeit in der Behandlung und hohen Herstellungskosten, sowie Transportsschwierigkeiten auf der Erde besonders darin, daß es

¹⁾ L. Prandtl, Ergebnisse der A. V. A. zu Göttingen, München 1923, 1927; H. Glauert, H. Holl, Grundlagen der Tragflügeltheorie, Berlin 1929; H. Schmidt, Aerodynamik des Fluges, Berlin 1929.

nicht ganz einfach ist, derartig große Flugzeuge in Hangnähe zu beherrschen. Da bei Ausführung von Wolkenflügen zudem hohe Wendigkeit verlangt wird, geht man jetzt immer mehr dazu über, keine weitere Erhöhung der Spannweiten und Seitenverhältnisse anzustreben, sondern wieder zu geringeren Spannweiten und schlechteren Seitenverhältnissen zurückzukehren. Hierfür ist wesentlich, daß man geringe Sinkgeschwindigkeit wie erwähnt auch dadurch erreichen kann, daß man die Flächenbelastung verringert. Allerdings verschlechtern sich dadurch gleichzeitig die Gleitwinkleigenschaften. Daß auch bei geringen Spannweiten und schlechten Seitenverhältnissen, ja sogar verhältnismäßig hohem, schädlichen Widerstand gut gesegelt werden kann, haben die Erfahrungen mit verschiedenen offenen Sitzgleitern gezeigt. Schwierigkeiten ergeben sich hier allerdings dadurch, daß derartige Flugzeuge verhältnismäßig langsam sind, wodurch ihre Verwendung nur bei geringeren Windstärken möglich ist. Man kann jedenfalls annehmen, daß die schmalen Flügel großer Spannweite zahlreicher heutiger Hochleistungsflugzeuge kaum noch zugunsten einer Gleitwinkelverbesserung gesteigert werden. Schon jetzt kommt man für Schlechtwetterflüge kaum mehr mit genügender Festigkeit bei freitragenden Flügeln derartiger Flugzeuge durch. Verschiedene Flugzeuge mußten daher bereits abgestrebt gebaut werden, wodurch man eigentlich also Bauarten erhält, deren Spannweiten durch Zwischenschalten von abgestrehten Mittelstücken vergrößert worden sind.

So erzielte man bei geringem Gewicht noch feste Flügel, wobei die durch Abfangstiele verursachte kleine aerodynamische Verschlechterung durch die Gewichtersparnis und die durch größere Starrheit der Flügel bedingte bessere Steuerfähigkeit wettgemacht werden kann. Die Erfolge der Baumuster R. R. G. „Professor“ und „Wien“ usw. haben gezeigt, daß dieser Weg gangbar ist.

Um während der Segelflugwettbewerbe hauptsächlich Hochleistungsflugzeuge zu fördern, ist eine Segelflughöhe als Kennwert für Hochleistungsflugzeuge aufgestellt worden. Dabei wurde als Grundlage für die Bewertung die Sinkgeschwindigkeit als Kennzeichen eingesetzt, bei Aufstellung der Forderung, daß die rechnerische Sinkgeschwindigkeit den Wert von 0,80 m/s nicht überschreiten dürfe. Lippisch hat eine Ableitung dieses Kennwertes an anderer Stelle gegeben¹⁾. Kurz gesagt, handelt es sich um die Forderung, daß der Quotient aus Flächenbe-

¹⁾ A. Lippisch, Technischer Bericht des Rhön-Segelflugwettbewerbes 1929, Z. F. M. 1930.

lastung und Seitenverhältniszahl nicht größer als 1,10 wird. Es handelt sich also um eine Begrenzung der Spannweitenbelastung, also der Belastung, welche auf eine Fläche gleich dem Spannweitenquadrat bezogen ist. Schrenk hat demgegenüber aus züchterischen Gründen Einteilung der Segelflugzeuge nach Spannweitenklassen vorgeschlagen, um gleiche Anfangsbedingungen für Erbauer und Führer, dadurch Zwang zum Ausschöpfen aller strömungstechnischen und konstruktiven Möglichkeiten und einwandfreien Vergleich der Tüchtigkeit des Erbauers und der Geschicklichkeit des Führers zu erstreben¹⁾.

Unter die Gruppe der Forschungsflugzeuge fallen vor allem außergewöhnliche Bauarten, wie Entenflugzeuge, schwanzlose Flugzeuge usw., die etwa zur Erprobung neuer Flugzeugformen gebaut sind. Es kann als erwiesen gelten, daß es gut möglich ist, mit motorlosen Flugzeugen derartige neue Bauformen billiger und weniger gefährlich zu entwickeln, als mit Motorflugzeugen. In diese Gruppe sind auch Flugzeuge für meteorologische Forschung usw. zu rechnen, die allerdings meist gewöhnliche Segelflugzeuge sein werden.

Ebenso lehnen sich die Anhängerflugzeuge eng an die gewöhnlichen Segelflugzeuge an. Maßgebend ist hier aber vor allem unbedingte Festigkeit und Steifigkeit der Flügel und Leitwerksflächen. Hier ist zu berücksichtigen, daß z. B. bei freitragenden Bauarten die Eigenfrequenz der Flügelschwingung bei der für Hochleistungsflugzeuge heute beliebten einholmigen Bauart mit torsionsfester Sperrholznase ziemlich hoch ist. Das Biegemoment, welches einen Tragflügel von gegebenem Trägheitsmoment um seine Einspannstelle als Achse in den Totpunkten wieder zurückführen muß, ist der Schwingungsamplitude direkt, der Frequenz im Quadrat proportional. Es ist wesentlich, daß beim Eintritt derartiger Schwingung die Beanspruchungen um so höher zu erwarten sind, je höher die Eigenfrequenz liegt. Hieraus folgt, und die Erfahrungen bestätigen es, daß für Schleppflugzeuge besonders hohe Dimensionierung der Bauteile angestrebt werden sollte.

Um günstigere Verhältnisse zu erzielen, sind daher verschiedentlich Anhängerflugzeuge verstrebt und verspannt gebaut worden, allerdings sind sie dann wieder für den reinen Segelflug weniger geeignet. Sofern man sich nicht mit Vorführung bei Flugtagen begnügt, muß man aber hohe Segelfähigkeit des

¹⁾ M. Schrenk, Die Spannweite als Maß für die Sinkgeschwindigkeit, Vortrag Darmstadt 1930.

Anhängerflugzeuges fordern, das ja gerade durch einen Schlepper in Zonen zu erforschender, aber schwer anders erreichbarer Aufwinde geschleppt werden soll.

Das Schleppen geht im allgemeinen derart vor sich, daß zwischen Schlepper und Anhänger ein Verbindungsseil eingeschaltet ist, welches von beiden Seiten ausgeslipt werden kann. Um dabei frei vom Schwanzleitwerk des Schleppers zu kommen, ist meist ein entsprechendes Schleifgerüst über dem Rumpf desselben vorgesehen. Die Ausführung von Schleppflügen erfordert vor allem gute Übung und Zusammenarbeit der beiden Besatzungen.

Eine Einteilung der motorlosen Flugzeuge erfolgt vielfach ohne Beachtung ihres Verwendungszweckes und ohne Berücksichtigung ihrer Segelfähigkeit nach der Art ihrer Steuerung. Man unterscheidet dann folgende Gruppen:

1. Flugzeuge gesteuert durch Gewichtsverlegung.
2. Flugzeuge gesteuert durch Schwanzruder.
3. Flugzeuge gesteuert durch Kopfruder.
4. Flugzeuge gesteuert durch die Tragflügel selbst.

Die erstgenannte Gruppe der Flugzeuge gesteuert durch Gewichtsverlegung umfaßt die anfangs allein verbreiteten, heute nur noch sehr seltenen Hänggleiter. Es handelt sich hier meist um sehr einfache Fluggeräte, in denen der Führer derart hängt, daß er seine Beine zum Zwecke der Gleichgewichtshaltung frei schwenken kann. Will er abwärts steuern, so schwenkt er die Beine vor, verlegt also den Schwerpunkt nach vorn. Aufwärtssteuern erfolgt durch Zurückschieben des Schwerpunktes, Quersteuerung durch seitliche Schwenkungen. Auf ähnliche Weise ist auch Seitensteuerung erzielbar, oft erfolgt diese aber auch durch ein bewegliches Seitenruder. Auch Anordnung beweglicher Höhen- und Querruder ist versucht worden. Sie empfehlen sich aber nicht, da dadurch der Charakter des einfachen Fluggerätes verloren geht, wobei es sich eher empfiehlt gleich zum Sitzgleiter überzugehen.

Der hauptsächlichste Vorteil des Hänggleiters liegt neben der billigen Herstellung darin, daß Start ohne fremde Hilfsmittel durchführbar ist, da der Führer einfach gegen den Wind anläuft. Andererseits ist die Steuerung durch Gewichtsverlegung nur für ganz geringe Luftbewegungen brauchbar, so daß eigentlich nur kurze Gleitflüge an flachen Hängen erzielbar sind. Auch für Schulzwecke sind Hänggleiter nicht brauchbar, weil die Art der Steuerung zu verschieden von der aller anderen

Flugzeuge ist. Höchstens als Mittel zur sportlichen Selbsterziehung kann der Hängegleiter gelten, denn es erfordert Gewandtheit, Entschlußkraft und Mut ihn zu steuern und zu landen.

Die zweite Gruppe der Flugzeuge gesteuert durch Schwanzruder ist in Anlehnung an die Vorbilder aus dem Motorflugzeugbau entstanden. Es ist nicht verwunderlich, daß die Mehrzahl der erfolgreichen Schul-, Übungs- und Hochleistungsflugzeuge dieser Klasse angehört, da ihre Vorbilder am höchsten entwickelt waren.

Derartige schwanzgesteuerte Flugzeuge haben sich für statische Segelflüge gut bewährt. Sie sind je nachdem, ob mehr auf Erreichung geringer Sinkgeschwindigkeit, oder guter Gleitzahl hingearbeitet wurde, sowohl für Hangsegeln, wie für Streckenflüge brauchbar. Zu Zeiten, in denen man aber noch besondere Vorteile aus dem dynamischen Segelflug ziehen zu können glaubte, war man bestrebt, die Beweglichkeit des schwanzgesteuerten Flugzeuges um die Querachse zu erhöhen. Man ging hierbei von der Tatsache aus, daß die Zeit, welche von dem Augenblick vergeht, in welchem der Flugzeugführer eine Veränderung des Anstellwinkels der Tragflügel beabsichtigt, bis zu dem Augenblick, in dem diese tatsächlich eintritt, verkürzt werden muß. Bei schwanzgesteuertem Flugzeug muß eine Bewegung des ganzen Flugzeuges zur Veränderung des Anstellwinkels des Tragflügels eingeleitet werden. Berücksichtigen wir die Geschwindigkeit des Flugzeuges relativ zur Luftströmung, so erkennen wir, daß es vor allem dann von Wichtigkeit ist, diesen Zeitverlust zu kürzen, wenn man vorwiegend die Turbulenz der Luft zum Flug ausnutzen will. Nur so scheint es möglich, den Tragflügel rechtzeitig jeweils unter dem günstigsten Verhältnis von Auftrieb zu Widerstand einzustellen. Man hat daher sich meist bei Hochleistungsflugzeugen bemüht, verhältnismäßig kurze Rumpfe zu verwenden, um auf diese Weise die Beweglichkeit zu steigern. Verfolgt man den Einfluß der Windrichtungsschwankungen in der Vertikalebene (Knoller-Betz-Effekt), so erkennt man, daß man auch mit starren Flügeln und Schwanzsteuerung arbeiten kann. Erforderlich ist dazu vor allem ein Profil, welches in einem großen Bereich der Anstellwinkel eine gute Profilgleitzahl aufweist. Die Flächenbelastung hat einen Bestwert, welcher mit dem angenommenen Abstand der Böen wächst. Wenn man nun annimmt, daß die Windrichtungsschwankungen sich auf eine sinusförmige wechselnde Vertikalkomponente zurückführen lassen, so würde etwa

für ein Hochleistungsflugzeug mit Schwanzsteuerung eine Amplitude von 2–3 m/s genügen, je nach dem Abstand der räumlichen Böen, um es ohne Höhenverlust schwebend zu erhalten. Wenn auch gewöhnlich derartige Böen kaum vorhanden sein dürften, so ist doch immerhin durch die Böigkeit eine nicht unwesentliche Verbesserung der Gleitzahl zu erwarten. Diese Anschauung wird durch die Erfahrung des langen Ausschwebens des Hochleistungsflugzeuges Darmstadt „Konsul“¹⁾ bestätigt, das gerade bei böigem Wetter besonders markant war und vielleicht mit dynamischen Segeleffekten in Zusammenhang gebracht werden kann.

Vor allen Dingen ist aber bei schwanzgesteuerten Flugzeugen der ersten Jahre das Streben unverkennbar, die Anpassung der in sich starren Flügel an die Strömungsschwankungen der Luft durch Indifferenz des Flugzeuges zu erleichtern. Derart empfindliche, kurzrumpfige Flugzeuge sind aber schwer zu fliegen. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß vielfach Segelflugerfolge deshalb nicht eintraten, weil die Piloten soviel mit dem einfachen Fliegen bereits zu tun hatten, daß ihnen die Zeit fehlte, wirklich auch im Segelflugzeug Herren der Lage zu werden. Aus diesen Erwähnungen heraus ist man daher in den letzten Jahren wieder dazu übergegangen, Flugzeuge mit längerem Rumpf zu schaffen. Es ist anzunehmen, daß erst dadurch die Erzielung großer Streckenflüge, sicher aber vor allem die Bewältigung der großen Schwierigkeiten von Wolkenflügen möglich geworden ist.

Für die Einführung der Flugzeuge gesteuert durch Kopfruder im Segelflugzeugbau spricht vor allem die Möglichkeit, Windschwellungen mit Hilfe des vor dem Tragwerk liegenden Leitwerkes zu fühlen, ehe sie das Tragwerk erreicht haben. Die sehr frühe Verwendung derartiger Entenflugzeuge ist aber wohl hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß die Flugeigenschaften kopfgesteuerter Flugzeuge sehr angenehm sein können. Wer Gelegenheit genommen hat, eingehende Versuche mit freifliegenden Modellen der verschiedensten Flugzeugarten anzustellen, wird die Flugeigenschaften von Entenflugzeugen geeigneter Bauarten unbedingt für günstig halten müssen. Ihm ist geläufig, daß Entenmodelle mit viel geringeren Schwierigkeiten zum stabilen Geradflug zu bringen sind, als die meisten anderen Flugzeugarten. Ferner hat er die Beobachtung gemacht, daß Entenflugzeuge unüberziehbar sind. Das Wesent-

¹⁾ F. Hoppe, Der Darmstädter „Konsul“, Flugsport 1923.

liche hierbei ist, daß sie dies allein infolge ihrer Bauart an sich sind, nicht infolge künstlicher, mechanischer Hilfsflächen. Er hat oft beobachtet, daß bei zunehmender Neigung der stärker angestellte Vorderflügel unbedingt früher, als der Hauptflügel an die Höchstgrenze seines Auftriebes gelangt, so daß eine weitere Zunahme der Neigung auch durch die größten Führungsfehler bei bemannten Flugzeugen ausgeschlossen erscheint.

Wichtig ist ferner, wie auch schon leicht durch Modellversuche feststellbar ist, daß ein Entenflugzeug am Boden absolut unüberschlagbar ist, da sein vorderer Stützpunkt sich viele Meter vor dem Schwerpunkt befindet. Es läßt sich auch gut an Hand von freiliegenden Modellen nachweisen, daß durch Querneigung des Vorderflügels wirksame Seitensteuerung möglich ist, ohne wesentlichen zusätzlichen Widerstand. Ferner ist es günstig, daß Entenflugzeuge keine horizontalen, nicht tragenden Flügel aufweisen wie Höhenflossen und Höhenruder von schwanzgesteuerten Flugzeugen, da das vorliegende Höhenleitwerk mitträgt.

Nach diesen Modellerfahrungen, welche durch einige Erfolge von bemannten Entenflugzeugen unterstrichen wurden, ist es als begrüßenswert zu bezeichnen, daß auch im Segelflugzeugbau das Entenproblem wieder aufgegriffen worden ist. Blieben auch die Versuche des Aachen-Entenflugzeuges wenig erfolgreich, so sind doch die Versuche seitens der R.R.G. sehr interessant geworden. Sie konnten vor allem wohl deshalb erfolgreich sein, weil man hier zunächst den Schwierigkeiten der Seitensteuerung durch Kippen der Höhensteuerfläche, denen z. B. wohl auch der anfängliche Mißerfolg der Focke-Wulf-„Ente“ zuzuschreiben ist, aus dem Wege ging.

Die R.R.G.-Versuche haben auch gezeigt, daß der hinsichtlich der Kursstabilität unerwünschte lange Rumpf bei geeigneter Dimensionierung des Höhenleitwerkes unnötig ist. Es ist ferner gezeigt worden, daß durch geeignete Rumpfbauart die den Rumpf beanspruchenden Leitwerksmomente klein gehalten werden können. Wenn auch derartige Entenflugzeuge bisher hinsichtlich Höchstleistungen noch nicht mit schwanzgesteuerten Flugzeugen haben wetteifern können, so kann die Weiterverfolgung derartiger Entwicklungsfragen doch befürwortet werden.

Ist beim kopfgesteuerten Flugzeug der vor dem Pilotensitz liegende lange Rumpf gut geeignet, um dem Flieger stets seine Lage in der Luft anzuzeigen, und besteht tatsächlich die Möglichkeit, Böen schneller auszunutzen, als bei einem schwanz-

gesteuerten Flugzeug, so scheint in Hinsicht auf den letztgenannten Punkt, doch die Einführung direkter Flügelsteuerung empfehlenswert.

Bei Flugzeugen gesteuert durch die Tragflügel selbst müssen wir vor allem nachstehende Gruppen unterscheiden, die natürlich teilweise auch ineinander übergehen können.

1. Flugzeuge mit direkter Veränderungsmöglichkeit des Anstellwinkels der Tragflügel.

2. Flugzeuge mit unmittelbar an das Tragwerk angelenkten Rudern.

3. Flugzeuge mit Veränderungsmöglichkeit des Flügelprofils.

Am meisten bearbeitet wurde die erstgenannte Gruppe der Flugzeuge mit direkter Veränderungsmöglichkeit des Anstellwinkels der Tragflügel. Dies hängt einerseits mit den geringeren konstruktiven Schwierigkeiten zusammen, andererseits mit der Annahme von anderer Seite bereits auf diesem Gebiet erzielter Erfolge, die sich später aber nur in sehr beschränktem Maße bewahrt hat.

Der Unterschied dem schwanzgesteuerten Flugzeug gegenüber besteht vor allem darin, daß die Zeit zwischen Erkennen und tatsächlicher Ausnutzung einer Bö verkürzt werden kann. Während beim schwanzgesteuerten Flugzeug der Anstellwinkelveränderung des Tragflügels erst eine Rumpfschwenkung vorausgehen muß, ist diese Anstellwinkelveränderung beim flügelgesteuerten Flugzeug schneller durchführbar, während der Rumpf in alter Lage verharrt. Das Kennzeichen dieser Flugzeuge, die besonders auf die Arbeiten von Harth-Messerschmitt und v. Loebl hin entstanden sind, liegt also darin, daß die Trägheitsmomente der beiden gegeneinander bewegten Teile verschieden sind. Klemperer hat darauf hingewiesen, daß im Grunde aber sowohl bei schwanz-, wie bei flügelgesteuerten Flugzeugen nach einer Verstellung der relativen Einstellung zwischen Hauptflügel und Dämpfungsflosse ein freies Moment solange wirksam ist, bis im Laufe der daher einsetzenden Änderung der aerodynamischen Bedingungen das Momentengleichgewicht in einer neuen Lage wieder eintritt¹⁾.

Der Vorteil des unmittelbaren Steuerns des Flügels ist vor allem darin zu suchen, daß der Pilot Abweichungen von dem Anstellwinkel im Steuerknüppel fühlen kann, bei dem die

¹⁾ W. Klemperer, Theorie des Segelfluges, Berlin 1926. A. Lippisch, Versuche mit neuartigen Flugzeugtypen, Z. F. M. 1928.

resultierende Luftkraft durch die Drehachse des Flügels geht, da ja positive oder negative Anstellwinkeländerungen ein verschieden gerichtetes Moment am Steuerknüppel hervorrufen. An sich kann es sogar möglich sein, zu unterscheiden, ob eine Vertikalbeschleunigung auf eine Horizontal- oder Vertikalbö zurückzuführen ist. Allerdings ist dies nur in enger Nachbarschaft der Nulllage möglich. Sobald nämlich eine kleine Anstellwinkelabweichung und damit ein bestimmtes Moment am Steuerknüppel vorliegt, kann man nicht mehr wissen, ob eine nun vielleicht plötzlich bemerkbare Steigerung dieses Momentes auf eine Zunahme der Vertikalkomponente oder auch der Horizontalkomponente des Fahrtwindes zurückgeht. Besonders hat sich aber bei sämtlichen derart flügelgesteuerten Flugzeugen als unangenehm herausgestellt, daß bei Anstellwinkelveränderungen der Druckpunkt so wandert, daß ein Moment entsteht, welches die Störung noch vergrößern will, wenn vorher Momentengleichgewicht bestanden hatte. Diese Labilität hängt damit zusammen, daß die guten Profile meist eine im hauptsächlichsten Bereich rückläufige Druckpunktswanderung haben. Der Flugzeugführer muß dementsprechend mit einem flügelgesteuerten Flugzeug am Knüppel balancieren. Er muß sich ständig bemühen, die kraftfreie Stellung seines Steuerhebels zu finden, verliert er dieselbe, so muß er stets dem gespürten Steuerdruck entgegenarbeiten, also eigentlich gegen sein Gefühl steuern.

Derart flügelgesteuerte Flugzeuge haben zu erheblichen Schwierigkeiten Anlaß gegeben. So ergaben sich u. a. beim Harth-Messerschmitt-Hochdecker S 12 dadurch Anstände, daß ein verändertes, nicht im Windkanal untersuchtes Profil verwendet wurde. Während der Druckmittelpunkt bei S 10 kurz hinter dem Drehpunkt des Flügels gelegen hatte, lag er diesmal etwa 100 mm hinter diesem. Sobald nun der Flügel einen negativen Anstellwinkel von mehr als -3 Grad hatte, wanderte der Druckmittelpunkt stark zurück. Dabei gelangte er hinter den Angriffspunkt des Höhensteuerseiles, so daß sich der Flügel drehte. Dadurch wurde der Holm plötzlich nach unten durchgebogen, der Flügel schlug um und die damit eintretende Tiefensteuerwirkung war durch keine Steuerbewegung mehr ausgleichbar. Ferner machte es sich bei flügelgesteuerten Flugzeugen unangenehm bemerkbar, daß in Ausnahmefällen, in denen das Flugzeug große Geschwindigkeit besitzt, zu große Steuerkräfte auftreten.

Um ähnlichen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, sind verschiedentlich Federsysteme mit der Flügelsteuerung gekop-

pelt worden. Entweder handelt es sich hier um Bauarten, bei denen die Elastizität des zu verziehenden Flügels selbst einer beiderseitigen Abweichung aus einer vorgeschriebenen Normallage entgegenarbeiten soll, oder um Einschaltung besonderer Federungen. So ist beim Baumuster v. Loebl Sb 3 die Flügel-drehachse weit vor das Auftriebsmittel gelegt, so daß ein ständiges Drehmoment um die Drehachse entsteht. Dieses wird durch zwei an der Vorderkante der Flügel angreifende Spiralfedern aufgenommen, welche derart unter Vorspannung gewickelt sind, daß sie beim Normalflug gerade noch nicht gestreckt werden. Bei der kleinsten Bö von unten wird der Flügel gedreht, nicht aber bei einer von oben auftretenden Bö. Die Flügel werden automatisch gesteuert, ohne daß dem Führer die Möglichkeit zusätzlicher Verdrehungen genommen wird. Der Drehpunkt liegt nicht fest am Rumpf, sondern die beiden Schenkel des U-förmigen Anschlußhebels vom Steuerknüppel greifen an den beiden Flügelhälften an.

Solche Flügelsteuerungen sind nicht ganz einfach, da leicht Resonanzschwingungen eintreten. Außerdem hängen die Federkräfte nur von der Deformation der gegeneinander bewegten Teile ab. Die zu parierenden Kräfte dagegen, bzw. Momente, hängen von zwei unabhängigen Veränderlichen nimmend ab, und zwar der Luftgeschwindigkeit und dem Anblaswinkel. Beide sind bei nicht beschleunigungsfreiem Flugzustand wesentlich. Daher kommt es, daß Federungen, die für einen Flugzustand ganz richtig dimensioniert sind, in einem anderen Fall versagen können¹⁾.

Eine gewisse Anpassungsfähigkeit kann auch durch geeignete Steueranordnung, wie z. B. beim Tandemeindecker von Peyret erfolgen. Hier bilden beide hintereinanderliegenden Flächen ohne besonderes Höhensteuer am Schwanz gleichsam eine biegsame Fläche.

Bei Flugzeugen mit unmittelbar an das Tragwerk angeflachten Rudern kann der Rumpf vielfach sehr klein gehalten werden, bei genügend großen Abmessungen des Flugzeuges sogar ganz in Wegfall kommen. Man spricht dann von schwanzlosen oder Nurflügelflugzeugen. Derartige Bauarten sind schon sehr früh auch im Segelflugzeugbau mit Erfolg verwirklicht worden, man denke nur u. a. an die Zannonia-Gleiter von Wels-Etrich.

¹⁾ E. v. Loebl, Praktische Erfahrungen im dynamischen Segelflug, Z. F. M. 1922. W. Klemperer, Theorie des Segelfluges, Berlin 1926.

Bekanntlich sind die wesentlichen Mittel, Tragflügel zu erhalten, die keine Druckpunktwanderungen aufweisen, Verwendung symmetrischer Profile, oder doppelgewölbter Profile oder starker Pfeilstellung und Schränkung. Symmetrische Profile sind im Segelflugzeugbau selten verwendet worden (Nimm-„Zaunkönig“). Doppelgewölbte Profile sind erfolgreich bei den zanoniaähnlichen Bauarten versucht worden (Wels-Etrich). Hier ist gleichzeitig bereits teilweise Pfeilstellung vorgenommen worden, während diese vor allem kennzeichnend für schwanzlose Bauarten ist. Diese letztgenannten haben sich bisher schwanzgesteuerten Segelflugzeugen noch nicht ebenbürtig erwiesen. Dies liegt hauptsächlich daran, daß die ausreichend feste Verwirklichung leichter Tragwerke komplizierter Formgebung nicht leicht möglich ist. Erfolgreich sind daher bisher schwanzlose Flugzeuge nur gewesen, wenn die Form des Tragwerkes so ausgebildet wurde, daß gewöhnliche Konstruktionsmethoden anwendbar waren.

Gegen diese Forderungen verstießen z. B. die verschiedenen schwanzlosen Weltensegler-Eindecker, bei denen vor allem Erzielung einer möglichst hohen, inhärenten Stabilität angestrebt wurde. Außer Pfeilstellung der Außenflügel wurde hier noch M-Stellung der Tragflügel durchgeführt, um größere Seitenstabilität zu erlangen. Nachteilig war bei derartigen Bauarten, daß durch den schrägen Ansatz der Außenflügel und deren negativer Einstellung eine Torsionsbeanspruchung im Mittelflügel auftritt. Dieser war das Tragwerk trotz außenliegender Brückenversteifung und Verspannung nicht gewachsen. Teilweise war bei Flugzeugen dieser Bauart auch die Torsion erwünscht, denn die Außenflügel sollten die Innenflügel so stets in einer bestimmten Anblasrichtung selbst im Falle von Windrichtungsänderungen erhalten. Die Steuerung erfolgte durch gleichzeitiges oder wechselseitiges Verwinden der äußeren Flügelspitzen. Die Steuerzüge waren so eingerichtet, daß sie zum Niedergehen des Flugzeuges in Tätigkeit kommen sollten, während zum Anstieg eine Gegenfeder wirkte. Hier wurde also auf elastische, anpassungsfähige Flügel hingearbeitet, bei denen die Außenflügel eigentlich als Flettneruder fungieren. Es ist aber kaum möglich, derartige elastische Bauarten hinsichtlich der Festigkeit einwandfrei bei geringen Konstruktionsgewichten zu verwirklichen. Das gilt nicht nur für kleine Segelflugzeuge, sondern auch für große Motorflugzeuge.

Aus diesen Gründen haben sich solche Bauformen nicht durchsetzen können. Günstigere Ergebnisse erzielten schon Baumuster, bei denen geradlinige Bauformen verwirklicht wur-

den. Dieselben bestehen meist aus einem etwa rechteckigem Mittelflügel, an den sich pfeilförmig zurückgezogene Flügelenden anschließen. An diesen sind dann die Ruderklappen angelenkt. Derartige Bauformen haben sich beim Eindecker Berlin-„Charlotte“ bewährt. Hier lehnte sich die Flügelform im Grundriß noch an die der Weltensegler-Eindecker an, ohne aber Längsprofil zu besitzen. Anfängliche Torsionsschwierigkeiten ließen sich durch Verbesserung der Tragwerk- und Stielkonstruktion beheben. Höhen-, Quer- und Seitensteuerung erfolgten durch je zwei nebeneinanderliegende, wagrechte Klappen an jedem Außenflügel. Seitensteuerwirkungen entstanden durch Spreizen auf nur einem Flügelende mit einem seitlichen Hebelarm von 6,30 m. Die Längsstabilität wurde durch die Steuerklappen und teilweise durch leichte Schränkung erreicht.

Einfacher sind verschiedene Flügelformen, welche sich bei Versuchen von Lippisch bzw. der R.R.G. ergeben haben. Hier ist von eigentlichen, pfeilförmig zurückgezogenen Flügelenden abgegangen worden. Statt dessen ist leichte Pfeilstellung des ganzen Tragflügels vorhanden; diese ist bei den neueren Flugzeugen für die Flügelvorderkante besonders ausgesprochen. Diese Formgebung ermöglicht ziemlich einfachen Aufbau des Tragwerkes, welcher verhältnismäßig günstige Konstruktionsgewichte bei ausreichender Festigkeit zuläßt. Erst bei Verwirklichung derartiger Flügelformen beginnt der Wert des Nur-Flügelflugzeuges klar hervorzutreten. Noch stärker ist der Fortschritt beim Eindecker Friedberg „Uhu“ ausgeprägt, bei dem eigentlich nur noch Pfeilform der Flügelvorderkante besteht. Technisch sind solche Flügelformen natürlich leichter ausführbar.

Kennzeichnend für diese Flugzeuge ist vor allem auch ferner Wahl geeigneter Profile, so daß die Stabilität die aerodynamischen Eigenschaften nicht wesentlich verschlechtert, wie dies durch starke Schränkung unter Verwendung gewöhnlicher Flügelschnitte geschieht. Durch Auswahl geeigneter Profile lassen sich außerdem die im Flügel auftretenden Torsionsspannungen gering halten¹⁾.

Eine wesentliche Schwierigkeit liegt bei allen schwanzlosen Flugzeugen in der Steuerung. Es hat sich gezeigt, daß hier,

¹⁾ A. Lippisch, Modellversuche mit neuartigen Flugzeugtypen, Z. F. M. 1926, Versuche mit neuartigen Flugzeugtypen, Z. F. M. 1928, Neuartige Flugzeugtypen, Militärwissenschaftliche und technische Mitteilungen 1928, Versuche mit schwanzlosen Flugzeugen, Flugsport 1928, A. Scherschewsky, Das Parabellflugzeug, Flugsport 1929, J. Nehring, Flugerfahrungen mit dem „Storch“, Z. F. M. 1928, F. Stamer, Flugerfahrungen mit der „Ente“, Z. F. M. 1928.

wie auch bei allen anderen Flugzeugarten Erfolge nur erzielbar sind, wenn die Steuerung mit der sonst üblichen Knüppel- oder Radsteuerung übereinstimmt, damit der Flieger instinktiv steuern kann. Unangenehm ist es vor allem, daß Querruder und Höhenruder durch die gleichen Steuerorgane bewirkt werden. In übersichtlicher Weise ist diese Steuerung beim R.R.G. „Storch“ als Differentialsteuerung ausgebildet. Die Steuerseile laufen hierbei von einer am Handrad festen Rolle über die an den Kipphebeln befindlichen Rollen und werden von einer in der Achse des Handrades liegenden beweglichen Rolle umgelenkt. Durch Drehen des Handrades werden die Kipphebel gegenseitig verschwenkt, durch Vor- oder Zurückschwenken der Steuersäule gleichsinnig bewegt. Dabei betätigt jeder Kipphebel eine Querruderklappe, so daß damit gleichsinnige und gegensinnige Bewegungen in beliebiger Zusammenstellung ausführbar sind. Dabei hat sich gezeigt, daß ein bei den verschiedenen Stellungen des Knüppels entsprechendes veränderliches Übersetzungsverhältnis der Klappenbewegungen berücksichtigt werden muß. Dies kommt daher, daß die Wirkung eines Ruders hinter einem unsymmetrischen Profil bei gleichen Winkelausschlägen nach oben und unten nicht immer gleiche Auftriebsveränderungen hervorruft. Meistens ist die Wirkung bei größer werdender Wölbung geringer. Differentialsteuerung ist erforderlich, weil bei unsymmetrischer Profilierung des Flügels beim Querruderlegen leicht Höhen- oder Tiefenruderwirkungen auftreten.

Die Seitensteuerung wird bei den Bauarten R.R.G. „Storch“ und Friedberg „Uhu“ durch Endscheiben bewirkt, an welche senkrechte Ruderflächen angeschlossen sind, im Gegensatz zur Seitensteuerung bei Berlin „Charlotte“, die ebenfalls durch wagrechte Flächen erfolgt. Die Anordnung der Seitenrunder an den Flügelspitzen hat sich bewährt und bietet den Vorteil, daß bei einem Schwenken der Ruder gegeneinander eine wesentliche Gleitwinkelverschlechterung erzielbar ist.

Eine originelle Nurflügelflugzeug-Bauart hat B. Tschernowsky entwickelt, indem er ein parabelförmiges Flugzeug gebaut hat. Man kann sich dieses durch starke Abrundung der pteilförmig zurückgezogenen Vorderkante aus den vorhergenannten Bauarten entstanden denken, bei Verwendung einer geradlinigen Hinterkante. So ist eine Grundrißform entstanden, welche sich einer Parabel annähert. Die Flügelhinterkante ist bei diesem Eindecker als Querruder ausgebildet, welches mit Differentialsteuerung ausgestattet zur Höhen- und Quersteuerung dient. Die Seitensteuerung erfolgte durch eine Seiten-

ruderfläche in der Mitte, erwies sich aber als wenig wirksam, was nach den deutschen Erfahrungen verständlich ist. Es hat sich eben gezeigt, daß infolge Wegfalles des Rumpfes ein zentrales Seitenleitwerk nicht genügend weit vom Schwerpunkt entfernt nach hinten angebracht werden kann.

Der Wert des schwanzlosen Flugzeuges liegt darin, daß die Bauart sich erheblich einfacher gestalten läßt, daß Widerstände erspart werden können usw. Allerdings werden diese Vorteile bei kleinen Flugzeugen noch nicht so fühlbar. Bisher liegen auch noch nicht genug Erfahrungen vor, die beweisen würden, daß schwanzlose Flugzeuge eine schnellere Böenausnutzung usw. zulassen, als schwanzgesteuerte Flugzeuge. Im Hinblick auf Vorversuche für große Motorflugzeuge sind Versuche mit schwanzlosen Segelflugzeugen aber begrüßenswert. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß die Entwicklung schwanzloser Segelflugzeuge wesentlich erleichtert und verbilligt werden konnte durch eingehende Vorversuche mit freifliegenden Modellen. Ähnliche Versuche wurden u. a. auch bereits in der Vorkriegszeit durch den Verfasser mit schwanzlosen Flugzeugen durchgeführt, bei denen sich Resultate ergaben, die sich im wesentlichen mit denen der R.R.G. decken. Auch hier ließen sich verhältnismäßig leicht zu bauende Flügelformen verwirklichen, deren Flugstabilität gut war, sofern der Übergang des Profils vom Mittelstück in das der Endstücke richtig gewählt wurde. Die Benutzung eines und desselben Profils über den ganzen Flügel ist bei schwanzlosen Flugzeugen ja unmöglich, weil die statische Längsstabilität bei Verwendung gewöhnlicher Flügelschnitte abhängig von der Forderung ist, daß die vorausliegenden Flächen immer den größeren spezifischen Auftrieb haben müssen. Hieraus geht zugleich hervor, daß der Auftrieb der Gesamtheit aller Horizontalflächen vom schwanzgesteuerten Normalflugzeug zum Entenflugzeug hin ansteigt. Dies ist wesentlich, weil sich zeigt, daß bei der Entenbauart der Aufwand an Konstruktionsgewicht zur Erzeugung eines bestimmten Auftriebes am geringsten ist.

Flugzeuge mit Veränderungsmöglichkeit des Flügelprofils sind bisher wenig erfolgreich gewesen. Infolge der konstruktiven Schwierigkeiten sind derartige Flügel bisher nur in Versuchsflugzeugen verwendet worden. Sie sind erwünscht, um die verschiedenen Aufwindzonen usw. besser ausnutzen zu können. So braucht z. B. ein schnelleres Flugzeug mehr Aufwind als ein langsames, dagegen ist wieder die größere Geschwindigkeit zur schnellen Überwindung

von Flauten wünschenswert. Eine solche Veränderungsmöglichkeit des Tragflügels kann in einer Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Flächeninhaltes, oder in einer Veränderung der Profilform bestehen.

Die erste Art ist verschiedentlich in der Weise zu lösen versucht worden, daß man die Flügelenden im Fluge zusammenfaltbar machte oder teleskopartige Ansatzstücke seitlich herauschob. Keine solche Lösung hat aber bisher befriedigt.

Haarmann hat vorgeschlagen, eine Veränderung der Flächenbelastung durch Mitnahme von Ballast bei starkem Wind, der bei Abflauen desselben abgegeben wird, zu erzielen. Auf diese Weise würde vermieden, daß ein statisch günstiges, also leicht und fest gebautes Flugzeug gegenüber schwereren Flugzeugen bei starkem Wind im Nachteil ist¹⁾.

Auch Flügel mit veränderlichem Profil sind bisher nur versuchsweise verwendet worden. Sie werden hauptsächlich verwendet, wenn es sich darum handelt, größere Geschwindigkeitsspanne als bisher üblich zu erzielen. Gleichzeitig läßt sich bei geringer Geschwindigkeit kleine Sinkgeschwindigkeit erreichen, um auch schwache Aufwinde ausnutzen zu können, während für das Wechseln von Aufwindgebieten flacher Gleitwinkel bei höherer Geschwindigkeit angenehm ist.

Bei den bisher hier verwirklichten Konstruktionen ist darauf geachtet worden, daß der Druckpunkt des Flügels sich trotz der Profilverstellung nicht verschieben soll. Die einfachste Form eines solchen Verstellprofils besteht darin, daß der rückwärtige Teil des Tragflügels heruntergezogen werden kann. Eine derartige Bauart zeigte bereits der Schulz-Eindecker F.S. 5. Sie ist erfolgreich bei dem Hochleistungsflugzeug Wuppertal „Roemryke Berge“ verwendet worden. Da hier aber ein Knick im Profil eintritt, verschlechtern sich die Eigenschaften bei den einzelnen Stellungen nicht unerheblich. Daher sind verschiedentlich Verstellprofile versucht worden, bei denen bessere Wahrung verschiedener Profile erreicht wird.

In interessanter Weise ist beim Darmstadt-Eindecker „Hessen“ die Profiländerung durch Abwärtsbewegung des Nasenholmes bei Verwendung elastischer Rippen erreicht worden. Auch beim Eindecker v. Schertel SS 1 sind elastische Rippen vorgesehen. Bei der Darmstädter Ausführung ist berücksichtigt worden, daß jedes Profil einen anderen günstigsten Anstellwinkel besitzt. Die Konstruktion zeigt daher eine Verkupp-

¹⁾ F. Haarmann, Auswertung techn. Erfahrungen für die Weiterentwicklung der Segelflugzeuge, Vortrag Darmstadt 1930.

lung zwischen Profileinstellung und Anstellwinkel, indem beide durch Verwendung eines Hebels eingestellt werden.

Der praktische Wert solcher Verstellprofile ist bisher noch nicht überzeugend praktisch nachgewiesen, da es nur gelang eine Reihe von Profilen ineinandergehend zu verwirklichen, deren Unterschied nicht allzu groß war. Wenn es aber gelingt, Profile mit sehr verschiedenen Eigenschaften mittels eines Verstellprofils zu verwirklichen, kann, geringes Gewicht und ausreichende Festigkeit vorausgesetzt, Anwendung derartiger Flügelsteuerungen ratsam sein. Es wäre auch im Hinblick auf den Motorflugzeugbau wichtig, wenn diese Frage mit motorlosen Flugzeugen weiter untersucht werden würde.

Betrachten wir die motorlosen Flugzeuge hinsichtlich der Anordnung der Tragflügel, so erkennen wir ein starkes Hervortreten des Eindeckers. Nur selten sind Doppeldecker gebaut worden, fast nie Mehrdecker. Diese Bevorzugung des Eindeckers im Segelflugzeugbau hängt damit zusammen, daß sich beim freitragenden Eindecker das Verhältnis von Profildicke zu Spannweite günstiger gestalten läßt. Natürlich ist die oft vertretene Ansicht falsch, daß der Eindecker dem Doppeldecker unter allen Umständen überlegen sei. In Wirklichkeit ist der Wert abhängig vom erstrebten Zweck und den verfügbaren Mitteln. Geht man z. B. vom Standpunkt der Baukosten aus, so empfiehlt es sich, Ein- oder Doppeldecker mit außenliegenden Verspannungen zu bauen. Der Doppeldecker ist hier besonders günstig, weil er eine erheblich größere Bauhöhe des Tragwerkes gestattet. Er wird mit Rücksicht auf die leichten Beschädigungen des unteren Tragflügels aber auch für Schulflugzeuge ungern verwendet. Da er aber die Beschränkung der Spannweite bei gleichbleibendem Flügelinhalt ermöglicht, kommt er für Hängegleiter ausschließlich in Frage. Hier muß mit Rücksicht auf Start und Landung, sowie auf die Steuerfähigkeit mit kleinstmöglicher Spannweite gearbeitet werden. In diesem Falle ist es wesentlich, daß der freitragende Eindecker dem freitragenden Doppeldecker bei gegebener Fläche, gegebenem Auftrieb, gleicher Spannweite und gleichem Profil durch das günstigere Verhältnis von Profilhöhe zu Spannweite überlegen ist.

Freitragende Doppeldecker sind aber im Segelflugzeugbau noch seltener versucht worden, als im Motorflugzeugbau. Sie sind insofern dem verspannten Doppeldecker unterlegen, als sich bei letzteren erhebliche Gewichtsersparnisse erzielen lassen, welche unter Umständen aerodynamische Nachteile praktisch aufheben können.

Ausschlaggebend für die Vorherrschaft des freitragenden Eindeckers im Segelflugzeugbau ist die Erzielung sehr günstiger aerodynamischer Verhältnisse, wobei die Schwierigkeit der Herstellung vollkommen zurücktritt. Selbst das Konstruktionsgewicht spielt im Segelflugzeugbau nicht eine so große Rolle, wie sonst im Flugzeugbau. Wenn man an sich auch Doppeldecker ähnlicher aerodynamischer Güte herstellen könnte, so müßten diese auch freitragend sein. Dann entfällt aber der eigentliche Vorteil des Doppeldeckers oder Mehrdeckers, der in der Bauhöhe des tragenden Systems liegt. Man müßte also zum verstreuten oder verspannten Doppel- oder Mehrdecker übergehen und bleibt damit wieder hinter der aerodynamischen Güte des freitragenden Eindeckers zurück.

Gleichzeitig kann man sich weitere Vorzüge des freitragenden Eindeckers zunutze machen, und zwar die Vereinfachung der Form und Bauart, die Erhöhung der Betriebssicherheit durch Wegfall vieler unsicherer Bauglieder usw. Allerdings hat man beim freitragenden Eindecker unter Flügelschwingungen eher zu leiden. Diese haben ja leider im Segelflugzeugbau schon oft Schwierigkeiten gemacht und zu Abstürzen geführt. In manchen Fällen ließ sich hierbei falsche Lagerung und Gewichtsverteilung der Querruder nachweisen, die Flügelflattern hervorriefen, meist handelte es sich aber wohl um Resonanzschwingungen. So ist z. B. der Hochdecker Martens „Strolch“ in der Luft anscheinend durch Flügelschwingungen zerbrochen. Aus Flugbeobachtungen ist zu schließen, daß die durch die Steuerung bewirkten Schwingungen des Flugzeuges die gleiche Periode hatten, wie die Eigenschwingungen die zu 130 je Minute ermittelt waren, so daß Resonanzbedingung vorlag. Aus ähnlichen Gründen konnten auch sehr festgebaute Flugzeuge, deren Tragflügel nur geringe Durchbiegung zeigten, aber auch eine kleine Schwingungszahl besaßen, durch Flügelbrüche vernichtet werden. Ferner sei an den Absturz des Dessau-Eindeckers „Dessau“ erinnert, bei dem die Schwingungen der Flügel bei geringer Entfernung der Anschlußpunkte durch nicht ausreichende Starrheit der Abfangstiele eingeleitet wurden. Nach Ersatz der abgedeckten Stiele durch starre Stiele flog das Flugzeug einwandfrei.

Handelt es sich um Flügel bei starker Turbulenz der Atmosphäre, also etwa in Gewitter und Wolken, so geht man immer mehr dazu über, den Eindecker durch Schrägstiele abzustützen, da sich dann größere, tatsächliche Festigkeit erzielen läßt.

Die Anordnung der Flügel beim Eindecker ist im Segelflugzeugbau fast durchweg derart erfolgt, daß das Tragwerk auf

die Rumpfoberseite, oder über dieselbe gelegt wird. Wenn auch der Tiefdecker sicher vom fabrikatorischen Standpunkt, sowie vom konstruktiven Vorteile hat, weil er die einfachste Flächenanordnung darstellt, so hat sich für Hochleistungsflugzeuge doch bisher nur der Hochdecker durchsetzen können. Dies hängt in erster Linie damit zusammen, daß Segelflügel in unmittelbarer Hangnähe nur dann mit der nötigen Ruhe von den Fliegern durchgeführt werden können, wenn ihre Sicht nicht behindert ist. Die Erfahrung hat immer wieder gezeigt, daß auch an sich brauchbare Segelflugzeuge erfolglos blieben, wenn die Führer nicht ausreichende Sicht hatten. Bei Hochdeckern sind aber die Sichtverhältnisse zum Hang zweifellos am besten. Daß der Hochdecker hinsichtlich der Überschlagsgefahr und hinsichtlich der Trudeleigenschaften anderen Flugzeugen überlegen ist, ist eine erfreuliche Begleiterscheinung. Gerade im Hinblick auf die Zunahme der Wolken- und Gewitterflüge erscheint es wesentlich, auch bei Segelflugzeugen auf günstige Trudeleigenschaften zu achten. Vertritt man die Ansicht von Hopf, daß sich das Trudeln als stationärer Zustand nur dann ausbilden kann, wenn das bei der Drehbewegung auftretende schwanzlastige Kreiselmoment dem kopflastigen aerodynamischen Moment das Gleichgewicht zu halten vermag, so erkennt man, daß in dieser Hinsicht der Hochdecker dem Tiefdecker oder Mitteldecker überlegen ist. Das kopflastige Moment ist nämlich durch die großen Anstellwinkel bedingt, welche beim Trudeln erreicht werden¹⁾. Der Betrag des Kreiselmomentes hängt von der Differenz der beiden Trägheitsmomente des Flugzeuges um die Querachse ab und ist stark herabsetzbar, durch Anordnung bedeutender Massen oberhalb und unterhalb des Schwerpunktes. Gerade bei Hochdeckern ist eine derartige Gewichtsverteilung aber leicht durchführbar.

Zur Frage der den Berechnungen zugrunde zu legenden Lastannahmen sei bemerkt, daß für den Fall A heute meist das sechsfache Lastvielfache zugrunde gelegt wird. Die Technische Kommission der Deutschen Segelflug-Wettbewerbe hält es für erforderlich, das Tragwerk mit einer sechsfachen Last nachzurechnen, wobei der Lastangriff durch die vorderste Druckpunktlage gegeben ist. Diese Annahme entspricht etwa einem dreifachen Lastvielfachen im Bereich elastischer Formänderung. Das Bruchvielfache von 6 erscheint berechtigt, da die bei Böen auftretenden Kräfte Beschleunigungen von der Größe der drei-

¹⁾ Fuchs-Hopf, Aerodynamik, Berlin 1923. G. Lachmann, Leichtflugzeugbau, München 1925. R. v. Mises Fluglehre, Berlin 1927.

fachen Erdbeschleunigung mit sich bringen dürften. Weiter wird eine Nachprüfung bei größter Bahngeschwindigkeit empfohlen, also bei einem Flug mit größtem Staudruck, wobei der Flügel dem einfachen Lastvielfachen auf Bruch genügen soll. Dieser Flug entspricht derjenigen Fluglage, bei der die größten Drehungskräfte am Flügel auftreten können¹⁾.

Da bei Segelflugzeugen leicht die Landebeanspruchung die Flugbeanspruchung übersteigt, soll bei Berechnung der ersteren für Schulflugzeuge das achtfache, für Leistungsflugzeuge das sechsfache Flügelgewicht eingesetzt werden, um Flügelbrüche nach vorhergegangenen Überbeanspruchungen bei Landungen zu vermeiden. Für Berechnung der Leitwerke wird eine spezifische Last von 150 kg/m² vorgeschlagen. Der Rumpf muß auf Biegung durch Höhenleitwerkslast und auf Biegung und Verdrehung durch Seitenleitwerkslast berechnet werden. Der Lastangriff erfolgt im Flächenschwerpunkt des Leitwerkes. Der Rumpfhals sollte durch eine an einem Flügelende angreifende und in der Flügelebene wirkende Einzellast von 50 kg nachgerechnet werden, um leichte Zerstörungen des Rumpfes bei Seitenlandungen zu vermeiden.

C. Der konstruktive Aufbau.

1. Baustoffe.

Der augenblicklich im Segelflugzeugbau bevorzugte Baustoff ist das Holz. Je nach Art und Größe der Beanspruchung werden leichtere Hölzer, wie Pappel und Spruce, neben schwereren, aber zäheren, wie Nußbaum und Esche, verwendet. Von Metallen kommt vorwiegend Stahl und Duraluminium zur Verwendung, allein infolge der etwas schwierigeren Bearbeitung in geringerem Maße als Holz.

Die zunächst wichtigste Eigenschaft für die Beurteilung eines Baustoffes im Flugzeugbau ist das Verhältnis seiner Festigkeitseigenschaften zu seinem spezifischen Gewicht. Es verdient also der Baustoff den Vorzug, welcher bei gleichem Aufwand an Gewicht eine größere Festigkeit oder bei gleicher Festigkeit geringeres Gewicht besitzt. Die Festigkeit des Holzes ist selbst bei ein und derselben Sorte, ja oft bei verschiedenen Stücken ein und desselben Stammes sehr verschieden. Beispielsweise gibt es fehlerfreie Kiefernholzstücke, die kaum die Hälfte der allgemein gerechneten Festigkeitsziffern erreichen. Dazu trägt die Festigkeit quer zur Faser nur einen Bruchteil derselben in der Faserichtung. Noch weitere Verringerung der

Festigkeit von Hölzern wird durch Astbildung usw. hervorgerufen. Weiter hängen die Eigenschaften der Hölzer eng mit Ursprungsort, Zeitpunkt des Schlagens, Art und Dauer der Lagerung zusammen, so daß beim Holzbau stets die Möglichkeit besteht, daß Stücke unzureichender Festigkeit mitverarbeitet werden. Bei der Konstruktion im Holz darf daher nur mit verhältnismäßig geringen Festigkeitswerten gerechnet werden, so daß das Material nicht voll ausgenutzt wird. Außerdem kann man bei Holz die Festigkeit des Materials nur bei vollem Querschnitt ganz ausnutzen, welcher aber im Flugzeugbau nur verhältnismäßig selten verwendet wird. Hinzu kommt noch die geringe Schubfestigkeit des Holzes, welche die Beanspruchung bei schwierigeren Querschnitten nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt zu verteilen gestattet. Die Verbindung einzelner Bauglieder erfolgt meist durch Verleimungen. Auch hier ist die Festigkeit stark durch Alter und Temperatur des Leimes schwankend. Dazu gibt es keinen unbedingt wetterbeständigen Leim und Verleimungen über Hirn sind ausgeschlossen. Man hat ferner nie die Gewähr, daß über die ganze Leimstelle der Leim tatsächlich verteilt ist. Es dürfen verleimte Stellen also nicht zur Übertragung stärkerer Kräfte herangezogen werden. Hinzu kommt schließlich die verhältnismäßig geringe Dauerhaftigkeit und Witterungsbeständigkeit des Holzes, selbst bei besonderen Lackierungen. Alle diese Gründe lassen das Metall, vor allem ist hier an das im Motorflugzeugbau bewährte Duraluminium zu denken, als Baustoff für Segelflugzeuge für geeignet erscheinen.

Die Verbindung metallener Bauteile erfolgt meist durch Schrauben oder Nieten, deren Festigkeit der Konstrukteur einwandfrei rechnerisch vorausbestimmen kann. Die Festigkeit des Materials ist der Rechnung eher zugänglich, dünne Querschnitte sind besser herstellbar, die Materialausnutzung kann also weit besser erfolgen. Dazu kommt Erhöhung der Witterungsbeständigkeit. Ermüdungserscheinungen sind bei der im Flugzeugbau verhältnismäßig geringen Belastung des Materials erfahrungsgemäß nicht zu erwarten. Die Oxydationsgefahr, welche meist überschätzt wird, ist durch Schutzanstrich leicht vollkommen zu beseitigen.

Erfahrungsgemäß kann in Metall ebenso leicht konstruiert werden wie in Holz. Allerdings stellt Metall als Baustoff höhere Anforderungen an Konstruktion und Bau als Holz. Das kann als Hauptgrund dafür genannt werden, daß gerade im Segelflugzeugbau dem Holz heute noch der Vorzug gegeben wird.

Aus diesen Andeutungen geht schon hervor, daß im Holz-

¹⁾ Holtmann, Erfahrungen der Techn. Kommission, Darmstadt, Vortrag 1930.

flugzeugbau, wie im Flugzeugbau überhaupt, größte Sorgfalt Vorbedingung ist. Diese hat sich nicht allein auf Entwurf und Konstruktion zu beziehen, sondern auch auf den Bau. Hier ist vor allem auch verständnisvolle, sorgfältige Auswahl des Baumaterials Bedingung, denn wohl auf keinem Gebiet der Technik muß man aus Gründen der Gewichtsersparnis ähnlich an die Grenze der Materialausnutzung herangehen, wie im Flugzeugbau.

Bei der Auswahl des Holzes ist zu beachten, daß dasselbe gut ausgetrocknet, völlig astfrei und langfaserig sein soll. Beim Schneiden soll beachtet werden, daß die Faser in Richtung der Bauteile verläuft. Für Zug und Druck sollten nicht mehr als 700—900 kg bzw. 350—450 kg/cm² angenommen werden.

Für die meisten Bauteile, wie Flügel und Rumpfhölzer können Nadelhölzer verwendet werden. Viel benutzt wird süddeutsche Bergfichte oder auch polnische Kiefer. Stärker beanspruchte Bauteile werden aus Forlenholz gebaut, wenn nicht Esche herangezogen wird. Letztere dient vor allem meist zur Herstellung von Kufen. Füllklötze bei Beschlügen usw. werden aus Pappel oder Birke gemacht, die auch zur Herstellung der wenig beanspruchten Rippen Verwendung finden. Sehr viel verwendet wird Sperrholz, meist aus drei oder mehr dünnen Birkenholzhäuten mit schräg gegeneinanderlaufender Faser unter Druck aufeinander verleimt. In Frage kommen Stärken von 0,80 bis 2 mm Stärke. Billiges Holzblech sollte vermieden werden.

Die Verbindung der Holzteile untereinander erfolgt, wie schon gesagt, durch Kaltleim von hoher Wetterbeständigkeit, daneben wird mit Messingstiften genagelt.

Leim bindet aber nur gut auf völlig reinem, leicht rauhem Holz. Auf gute Sauberkeit der Leimgefäße ist zu achten. Man vergesse nicht, daß Verleimungen im Holzbau das Wichtigste sind. Hierzu sind zahlreiche Schraubzwingen nötig, auf keinen Fall sind diese durch große Nägel zu ersetzen.

Zur Verspannung werden Stahldrähte verwendet in Stärken von 1,5 bis 2 mm. Es handelt sich meist um Klaviersaitendraht von etwa 140 bis 160 kg je mm² Festigkeit. Für 1-mm-Drähte ergibt sich also eine Zugfestigkeit von etwa 120 kg, für 2-mm-Drähte eine solche bis 500 kg. Dieselbe darf natürlich, mit Rücksicht auf die Schwächungen an den Befestigungsstellen, nicht voll ausgenutzt werden. Kabel, bestehend aus zusammengeflochtenen dünnen Stahldrähten, werden im Segelflugzeugbau infolge Fehlens so großer Kräfte fast nie verwendet, Seile, als dünne Drahtseile mit Hanfeinlage, kommen dagegen für Steuerzüge zur Benutzung. Zur Vermeidung des zeitraubenden

Nachstellens bzw. Kürzens der Seile und Kabel empfiehlt sich Vorrecken mit etwa $\frac{2}{5}$ der Bruchlast.

Die Befestigung der Drähte erfolgt durch Spannschlösser, die fertig in verschiedensten Größen beziehbar sind. Ihre Stärke hängt hauptsächlich von der Kerndicke des Schraubenschaftes ab. Dieser sollte bei eisernen Spannschlössern mindestens viermal, bei stählernen mindestens 1,5mal so dick sein, wie der Draht. Auf Sicherung sämtlicher Spannschlösser ist zu achten. Beanspruchung der Spannschlösser auf Biegung sollte vermieden werden.

Über Entwurf und Herstellung von Beschlügen ist unten Näheres gesagt. Wichtig ist ausschließliche Verwendung von nur gut schweißbaren Eisenblechen, während reine Stahlbleche oft nicht schweißbar sind. Für Bolzen und Schrauben kommt nur Stahl in Frage. Holzschrauben und Nägel, außer Drahtstiften, kommen im Flugzeugbau nicht vor. Bei Schweißung ist größte Vorsicht nötig. Beachtenswert ist, daß die Schweißnähte nur auf Zug und Druck, nicht auf Biegung beansprucht werden sollten.

Der Bespannungsstoff stellt gewöhnlich leichten Nessel dar, der nach dem Aufspannen meist zelloniert wird. Hierdurch wird straffes, glattes Anliegen und Wetterfestigkeit erzielt. Der Stoff wird angenäht oder angenagelt. Wird er angeleimt, so darf keinesfalls der gewebezzerstörende Kaltleim verwendet werden. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer sollte sachgemäßer Innen- und Außenanstrich mehr beachtet werden. Zur Grundierung ist Leinölfirnis, sofern er wasserbeständig ist, verwendbar. Holz soll mindestens zweimal mit Außenlack gestrichen werden. Auf Verdrehung beanspruchte Holzteile sollen nicht vorgeölt werden.

2. Tragwerk.

Das Tragwerk dient zum Tragen des Fluggewichtes. Es setzt sich zusammen aus Tragflügeln, Verspannung und Verstrebung. Seine Abmessungen müssen derart gehalten sein, daß das Eigengewicht des Flugzeuges zuzüglich der geforderten Nutzlast aufgenommen werden kann. Die Größe der Tragfläche steht dabei in Abhängigkeit von der Fluggeschwindigkeit. Bekanntlich nimmt der Auftrieb mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu. Wird also eine Fläche mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen die Luft bewegt und dadurch ein bestimmter Auftrieb erhalten, so läßt sich durch Verdoppelung der Fluggeschwindigkeit bei gleichem Anstellwinkel der vierfache Auftrieb erzielen. Steigert man die Geschwindigkeit derselben

Fläche auf die dreifache der ersten, so erhält man den neunfachen Auftrieb. Bei gleichbleibendem Auftrieb verringert sich also die Tragflächengröße mit dem Quadrat der wachsenden Geschwindigkeit. Bei gleichbleibender Geschwindigkeit muß demnach die Fläche um so größer sein, je größer das Flugzeuggewicht ist.

Beabsichtigt der Konstrukteur ein Segelflugzeug für geringere Windgeschwindigkeiten zu bauen, so wird er die Flächenbelastung, das Verhältnis des Gesamtgewichtes zum Flächeninhalt, geringer halten müssen, als es für ein nur bei starkem Wind segelfähiges Flugzeug nötig ist. Wie weit hier gegangen werden kann, erkennt man z. B. bei dem Fokker-Doppeldecker 4, dessen spezifische Flächenbelastung von nur $4,5 \text{ kg/m}^2$ leichten Start bei wenig Wind ermöglichte. Bei starkem Wind war dagegen dieses Flugzeug nur bei wesentlicher Erhöhung der Flächenbelastung zu fliegen. Die Flugfähigkeit eines gering belasteten Flugzeuges hängt natürlich zudem mit dem Stirnwiderstand zusammen. Durchschnittlich kann heute für geringere Windgeschwindigkeiten mit einer Flächenbelastung von etwa 4 bis $7,5 \text{ kg/m}^2$, für größere Windgeschwindigkeiten mit 8 bis 13 kg/m^2 gerechnet werden. Eine Ausnahme bildet das Dresden-Baumuster 8 mit schwerer Fläche, bei dem die Flächenbelastung auf $15,6 \text{ kg/m}^2$ erhöht ist. Im Vergleich hierzu sei die durchschnittliche Flächenbelastung für Motorflugzeuge mit 40 kg/m^2 angegeben. Ausnahmsweise geht der Motorflugzeugkonstrukteur sogar bis über 80 kg/m^2 .

Die Spannweite schwankt in der Regel bei den heutigen Segelflugzeugen zwischen 6 und 18 m . Nur in seltenen Fällen werden diese Abmessungen wesentlich überschritten, da die physikalisch unvermeidliche Erhöhung der Querdrehzeit, Vergrößerung der Bruchgefahr und des Baupreises und die Wertlosigkeit großer Spannweite in starken Aufwindfeldern gegen größere Steigerung sprechen. Eine Steigerung der Spannweite auf 30 m ist beim Segelflugzeug Kupper Ku 4 vorgenommen um Zufüllung, Abfangfestigkeit und höchstzulässige Geschwindigkeit zu steigern bei Verbesserung von Sinkgeschwindigkeit, Gleitzahl und Geschwindigkeitsspanne. Ein Unterschreiten der unteren Grenze ist schlecht möglich, da sonst zur Erzielung ausreichenden Flächeninhaltes mehrere Flächen angeordnet werden müssen. Entsprechend dem Vogelflügel ist man heute bei Segelflugzeugen bestrebt, dem Tragflügel möglichst günstiges Seitenverhältnis zu geben. Läßt man das Seitenverhältnis von $1:1$ anfangend abnehmen, so verbessert sich die Wirkung des Flügels stark bis zum Seitenverhältnis

$1:10$. Darüber hinaus tritt nur noch langsamere Verbesserung ein. Bei Segelvögeln beträgt dieses Verhältnis von Flügeltiefe zu Spannweite der Flügel etwa $1:10$ bis $1:15$. Je geringer die Flügeltiefe, desto günstiger liegen die Verhältnisse für Luftwiderstand, Druckpunktswanderung und Beweglichkeit in der Querachse. Im Segelflugzeugbau sind praktisch Flügel mit einem Seitenverhältnis von $1:33$ ausgeführt worden. Schulflyzeuge haben gewöhnlich schlechteres Seitenverhältnis, da man die auch hier erwünschte geringe Sinkgeschwindigkeit durch Verringern der Flächenbelastung erzielen kann, wenn man auf guten Gleitwinkel nicht besonderen Wert legt. Man begnügt sich hier meist mit einem Seitenverhältnis von $1:5$ bis $1:6$. — Der Wert eines guten Seitenverhältnisses ist vielfach überschätzt worden. Tatsächlich hat eine Verbesserung des Seitenverhältnisses natürlich nur Zweck, wenn zugleich eine Steigerung der Auftriebsbeiwerte durch entsprechende Profilauswahl erfolgt. Ist dies nicht der Fall, so befriedigt eine Erhöhung des Seitenverhältnisses kaum, wie z. B. die Erfahrungen mit einer Steigerung des Seitenverhältnisses bei den Baumustern Darmstadt „Darmstadt I“ und „Darmstadt II“ gezeigt haben.

A. Kupper hat nachgewiesen, daß es für jedes Profil ein günstigstes Seitenverhältnis gibt. Man muß zur Erreichung möglichst geringer Sinkgeschwindigkeit Profile mit hoher, absoluter Gleitzahl verwenden. Auf Grund dieser Erwägungen ist beim Baumuster München „Kakadu“ das Profil Göttingen 652 mit einem Seitenverhältnis $1:21$ verwendet worden. Konstruktiv ist es natürlich nicht einfach, derart schmale Flügel ausreichend fest zu bauen. In origineller Weise ist bei dem Kupper Eindecker Ku 4 von vornherein vorgesehen worden, durch Beschneiden von Flügelspitzen und -Wurzeln bei konstantem Lastvielfachem für erträgliche Kosten die große Spannweite zu verringern, falls die Riesenspannweite fliegerisch nicht zu bewältigen sein sollte¹⁾.

Die Grundrißform der Tragflächen ist heute meist trapezförmig oder rechteckig, vielfach mit anschließendem Kreisbogen. Oft verjüngt sich der Flügel nach den Enden hin. Besonders günstig ist trapezförmige oder besser noch elliptische Ausbildung des Flügelgrundrisses, da bei derartigen Formen der kraftverzehrende Wirbelzopf, welcher von den Flügelenden nach seit- und rückwärts abfließt, am kleinsten ist. Auch ist die Querstabilität mit abgerundeten Flügelenden bei großen

¹⁾ Dieses hängt in erster Linie ab vom Kleinstwert der Profilleitzahl, dem zugehörigen Auftriebsbeiwert, der Größe der „Restwiderstandsfläche“ und der gewählten Spannweite.

Auftriebsbeiwerten besser als mit scharfen Ecken. Gleichzeitig ist dann bei gleichem Profil der Höchstauftrieb besser¹⁾. Schwanzlose Flugzeuge oder solche, bei denen besonderer Wert auf hohe Eigenstabilität gelegt wird, erhalten oft zurückgezogene Flächenenden (Weltensegler) oder starke Pfeilform (R. R. G. „Storch“, Friedberg „Uhu“).

Wesentlich für die Flugeigenschaften ist der verwendete Flügelquerschnitt. Es handelt sich im Segelflugzeugbau vor allem darum, Flügelschnitte herauszufinden, welche bei einem möglichst großen Bereich guter Gleitzahlen und einem möglichst hohen Auftriebsmaximum ein Minimum an Sinkgeschwindigkeit haben. Im Motorflugzeugbau wurden anfangs hauptsächlich dünne Profile mit scharfer Schneide verwendet, später solche mit großer Höhe und großer Rundung der Vorderkante. Letztere haben auch im Segelflugzeugbau, besonders in Deutschland, Eingang gefunden. Es kann gesagt werden, daß fast alle bisherigen hochwertigen Segelflugzeuge dickes Profil besaßen. Besonders oft treffen wir das Profil 441 der Göttinger Untersuchungen an. Dieses bietet z. B. den Vorteil hoher Auftriebswerte. Man kann die Fläche hoch belasten und kommt also mit einer kleinen Tragfläche aus. Die Kurve c_a^3/c_w^2 hat ein verhältnismäßig hohes und vor allem breites Maximum, weshalb die Sinkgeschwindigkeit innerhalb eines großen Anstellwinkelbereiches wenig veränderlich ist.

Vielfach verwendet wird auch, was nach den Flugerfolgen nicht wunder nimmt, das Profil Göttingen 489 des Hannover-„Vampyr“, das durch Vereinigung der Druckseite und der Saugseite zweier dicker Göttinger Profile entstand. Sehr beliebt ist ferner das Profil Göttingen 535, nach den Erfolgen der Darmstadt „Konsul“. Trotz der verhältnismäßig großen Flügeldicke ist sein Profilwiderstand klein und bleibt lange längs der Parabel des induzierten Widerstandes konstant, wodurch sich große Höchstwerte für den Ausdruck c_a^3/c_w^2 ergeben. Dieses Profil ist übrigens durch systematische Veränderung der Ordinaten des Profils Göttingen 430 entstanden. Ungünstig bei derartigen Profilen ist allerdings die verhältnismäßig geringe Bauhöhe

¹⁾ H. Herrmann, Techn. Gegenwartsfragen im deutschen Flugzeugbau, W.G.L.-Vortrag 1926. R. Eyb, Fliegerhandbuch, Berlin 1926. R. Katzmayer, Berichte der aeromechan. Versuchsanstalt, Wien, Berlin 1928. W. Georgii, Veröffentlichungen des Forschungsinstitutes der R. R. G., München 1928, 29, 30. H. Müller, Flügelschnitt u. Flugleistungen. Luftfahrtforschung, 1929. J. Essers-Kober, Untersuchungen im Windkanal, Luftfahrtforschung 1929. H. Bienk u. F. Liebers, Gekoppelte Biege-, Torsions- u. Querruderschwingungen von freitragenden Flügeln, Luftfahrtforschung 1929. M. Rauscher, Über die Schwingungen freitragender Flügel, Luftfahrtforschung 1929. A. Pröll, Flugtechnik, München 1919.

des Hinterholmes, mit ein Grund dafür, daß man im deutschen Segelflugzeugbau vielfach einholmig baut¹⁾.

Vielfach behält man nicht über den ganzen Flügel das gleiche Profil bei. So wurde eine Verbesserung von Steuerfähigkeit und Wendigkeit bei dem Zweisitzer Schleicher „Rhönadler“ dadurch versucht, daß das Profil R. R. G. 652 des Innenflügels gegen den Außenflügel geradlinig auf ein schwach gewölbtes inneres Profil verjüngt wird. — Ähnliche Profiländerungen finden wir auch bei schwanzlosen Flugzeugen (R. R. G. „Storch“).

Beim Eindecker München „Kakadu“ ist ebenfalls das extrem gewölbte Profil Göttingen 652 für den Flügel verwendet und zwar an der Flügelspitze identisch, an der Wurzel auf 1:58 verdickt bei auf 9 v. H. verminderter Pfeilhöhe des Kreisskeletts. Der Höchstauftrieb dieser Fläche erwies sich als noch größer als im Göttinger Windkanal und selbst bei böigem Wetter fliegerisch ausnützlich (hohe Trudelsicherheit). Dagegen treten im Schnellflug (wenn auch etwas später als im Windkanal) Abreißerscheinungen an der Unterseite der Flügelnase auf, welche die Gleitzahlen bei Geschwindigkeiten über 80 km/h stark verschlechtern. Bei seinem großen Eindecker Ku 4 hat Kupper, da der Verwendungszweck eine mindestens ebenso kleine Minimalgeschwindigkeit, jedoch um etwa die Hälfte größere Maximalgeschwindigkeit erforderte, diese Profile in starrer Ausführung nicht verwenden können. Trotz der Fehlschläge anderer Konstrukteure hat er das Baumuster Ku 4 mit Verstellprofilen ausgerüstet.

Ein symmetrisches Profil hat Nihm „Zaunkönig“. Dadurch wird erzielt, daß das Druckmittel²⁾ für alle Anstellwinkel des Normalflugbereiches in einer Entfernung von 25 v. H. der Flügeltiefe von der Eintrittskante liegt. Günstig ist, daß derartige Flügel mit festen Druckmitteln bei entsprechender Tiefenlage des Schwerpunktes auch ohne Leitwerk längsstabil sind. Im Normalflug treten ferner keine Verdrehbeanspruchungen am Tragwerk auf. Das Leergewicht kann klein werden, da Schwanzleitwerk und Torsionsverband wegfallen.

Ebenfalls lassen sich Druckpunktswanderungen durch Verwendung von doppelt gewölbten Profilen (Wels-Etrich) vermeiden, sowie durch Tragflügel mit Pfeilstellung und Schränkung. Die Verwendung druckpunktfreier Profile ist besonders günstig, da man in allen stetigen Fluglagen gleiche Bean-

¹⁾ G. Lachmann, Leichtflugzeugbau, München 1925. W. v. Langsdorff, Das Leichtflugzeug, 2. Aufl., Frankfurt/M. 1925.

²⁾ Unter Druckmittelpunkt versteht man den Angriffspunkt der Luftkräfte am Tragflügel.

sprünge erhält. Erst beim Abreißen wandert das Druckzentrum etwas zurück.

Es ist zweifellos übertrieben, dem Profil eine allein ausschlaggebende Rolle zuzuschreiben, wie dies verschiedentlich der Fall ist. Es sollte nicht vergessen werden, daß ein an und für sich günstiges Profil nicht für alle Bauarten das einzig Mögliche ist, vielmehr hängt die Wahl eng mit der übrigen Ausbildung des Flugzeuges zusammen. Es scheint verfehlt, das Profil als solches ohne Rücksicht auf die allgemeine Bauart des Flugzeuges auszuwählen, vielmehr sollte der Flügelquerschnitt nur als, allerdings sehr wesentlicher Bestandteil des ganzen Flugzeuges gewertet werden.

Die Beurteilung eines Profils auf aerodynamische Eignung richtet sich nach dem Verhältnis der Funktion c_a^2/c_w^2 , die mit den Beiwerten des betreffenden Profils aufgestellt wird.

Die Werte dieser Funktion werden um so größer, je höher die Auftriebsbeiwerte dieses Profils ansteigen und je kleiner der Widerstand des ganzen Flugzeuges bei hohem Auftriebsbeiwert ist. Von großer Bedeutung für die praktische Ausübung des Segelfluges ist die Ausdehnung des Anstellwinkelbereiches, innerhalb deren die Sinkgeschwindigkeit gering bleibt. Hier ist die Überlegenheit des dicken Profils dem dünnen gegenüber wesentlich, besonders bei hohem Seitenverhältnis. Bei dickem Profil ist also die Sicherheit gegen Überziehen größer als bei dünnem Flügelquerschnitt. Die Gefahr des Überziehens ist beim Segelflugzeug durch die ständigen Richtungsänderungen des Windes verhältnismäßig größer als beim Motorflugzeug. In dieser Beziehung kann das unterteilte Flügelprofil vielleicht von Bedeutung werden. Bekanntlich besitzt hier die Fläche mehrere Spaltöffnungen, durch welche erreicht werden soll, daß man den Flügel bis zu wesentlich höheren Anstellwinkeln benutzen kann und dabei größere Auftriebsziffern erzielt. Die Versuche mit Spaltflügeln sind aber in Segelflugzeugen nur vereinzelt durchgeführt worden.

Aus Widerstandsgründen ist verschiedentlich ein Teil des Flügelprofils zur Aufnahme des Kopfes des Führers herangezogen worden (Hannover „Greif“, Kirchner „Hessenland“). In allen Fällen hat sich diese Anordnung nicht bewährt. Eingehende Versuche haben gezeigt, daß Aussparungen im Flügel zwar nur den Profilwiderstand erhöhen, ohne den Auftrieb wesentlich herabzusetzen, sofern sie sich an der Hinterkante des Flügels befinden. Aussparungen an der Vorderkante des Flügels dagegen haben sich aber als noch bedeutend ungünstiger erwiesen. Es ist anzunehmen, daß die geringen Erfolge der beiden

genannten Flugzeuge in allererster Linie mit diesen Aussparungen in Zusammenhang zu bringen sind.

In baulicher Beziehung bietet das dicke Profil besonders den Vorteil, die für die erforderliche Festigkeit des Flügels nötigen Verspannungen und Versteifungen in die Fläche selbst legen zu können. Hierdurch wird an nicht tragenden, im freien Luftstrom liegenden, also nur schädlichen Widerstand bietenden Teilen gespart. Bei Verwendung dünner Flügelquerschnitte erfordert der Eindecker zur Versteifung von außen entweder eine Art übergelagerter Brückenkonstruktion, oder oben und unten liegende Spanntürme, von denen aus zugfeste Organe die Fläche in verschiedenen Punkten unterstützen. Solche übergelagerten Konstruktionen bzw. die langen Spannkabel bieten sehr großen zusätzlichen Widerstand, da viele lange und infolge des unter flachem Winkel erfolgenden Kräfteangriffs starke Organe verwendet werden müssen.

Aus diesen Gründen bevorzugt man für Hochleistungsflugzeuge völlig freitragende Flügel, während man für Übungsflugzeuge geringerer Leistungsfähigkeit das Tragwerk abstrebt. Für reine Schulflugzeuge dagegen verwendet man heute, auch wenn es sich um Eindecker handelt, meist verspannte, dünne Flügel.

Ein Tragflügel hat etwa folgenden Aufbau. Die Grundfestigkeit wird durch die Holme gebildet. Bei dünnem Profil werden in der Regel zwei Holme verwendet, die etwa senkrecht zur Flugrichtung laufen. Als Hauptmaterial für Holme dient Holz von hohem Elastizitätsmodul, großer Festigkeit und verhältnismäßig hohem Gewicht. Gerade hier ist eingehende Prüfung des zu verwendenden Holzes besonders wichtig, da die Eigenschaften ein und derselben Holzart, ja selbst von Stücken ein und desselben Stammes vielfach stark verschieden sind. Die Holmhöhe ist abhängig von der Wahl der Profilhöhe. Die Berechnung der Holmquerschnitte bei verspannten Flächen ist besonders deshalb schwierig, weil die Holme durch die Verspannungskabel auf Knickung und durch den am Flügel angreifenden Luftdruck auf Biegung beansprucht werden. Schwierig ist auch die Versteifung der Holme gegeneinander innerhalb des Flügels selbst zu berechnen.

Wichtig ist der richtige Rechnungsansatz besonders bei großen Holmhöhen. Hier ist oft nicht mehr reine Biegebeanspruchung anzunehmen, da der eine Gurt fast nur auf Druck beansprucht wird, so daß auch Knickung zu berücksichtigen ist.

Die Holme werden vielfach als T-Träger ausgebildet, die leicht herstellbar sind. In England wird oft massives Spruce-

holz oder verleimtes Holz verwendet, in Frankreich meist T-Querschnitt mit seitlichen Furnierwänden und Leinwandbekleidung. Bei kastenförmigem Querschnitt werden die massiven Seitenwände vielfach ausgefräst. Da der Querschnitt hier gewöhnlich aus zwei Hälften zusammengeleimt ist, ergibt sich der Vorzug verschieden gerichteter Faserstruktur, die ein Werfen des Holzes erschwert. Zudem können Schubkräfte besser aufgenommen werden. Zur Ersparnis an Holz und damit an Gewicht werden meistens die Seitenwände bei Kastenholmen aus Sperrholz gebildet (L. F. G. „Phönix“). Dann sind Ausfräsungen unnötig, aber die Festigkeit des Holmes ist mehr von der Güte der Ausführung abhängig.

Die den Abstand der Holme voneinander bestimmenden Distanzrohre bzw. Streben bestehen vielfach aus Stahlrohr und werden dann in Rohrbüchsen eingesetzt, an deren Unterseite Laschen angeschweißt sind. Diese dienen sowohl zur Verschraubung der Rohrbüchsen auf den die Tragflächenrippen haltenden Holmen, als auch zum Anschluß der Diagonal-Ver spannungen, mit denen die so gebildeten Flächenfelder ausgekreuzt sind. An Stelle von Distanzstreben treten vielfach starke Kastenrippen. Viel verwendet wird auch eine Innenkonstruktion in Form eines aus starren Raumdiagonalen bestehenden Fachwerkes (Weltensegler „Hols der Teufel“).

Der vordere Abschluß der Fläche wird durch eine Stirnleiste, der hintere durch eine Abschlußleiste, vielfach aber auch durch eine Abschlußschnur, gebildet. Von der Nasenleiste zum hinteren Abschluß führen die Flügelrippen. Ihre Formgebung richtet sich ganz nach der Wahl des Flügelquerschnittes. Die Rippen dienen zur Aufnahme des auf der Flächenbespannung liegenden Luftdruckes und zur Übertragung desselben auf die Holme. Sie stellen also Konstruktionsteile dar, bei denen die Beanspruchung des Holzes als Zug-, Druck-, Biegungs- und Schwerkraft auftreten kann. Ihre Konstruktionsstärke wird durch Belastungsproben gefunden, wenn es sich nicht um große Rippen mit Fachwerk handelt, die berechnet werden können.

Rippen unter 2 m Tiefe können nämlich bei einwandfreier Ausführung niemals so leicht gebaut werden, wie dies die Rechnung erlaubt.

Die Rippen bestehen meistens bei T-förmigem Querschnitt aus Ober- und Untergurt. Die Flanschen gehen über die Holme hinweg. Zur Erleichterung werden die Rippenstücke an weniger beanspruchten Stellen ausgeschnitten. Zwischen Ober- und Untergurt sitzt ein Steg aus Vollholz oder Sperrholz. Beson-

ders stark werden die Rippen ausgebildet, die größere Kräfte aufzunehmen haben. Es handelt sich hier hauptsächlich um die am Rumpf anliegende letzte Rippe oder um die an den Angriffsstellen der Flächenstiele sitzenden Spieren. Dieselben bestehen dann meist aus vier kastenförmig zusammengesetzten Brettchen, zu deren Versteifung Eckleisten dienen.

Als Baumaterial für Rippengurte kommt Kiefer und Esche, für die Rippenstege Ahorn, Erle und Linde in Betracht. Außerdem werden die verschiedensten Sperrhölzer verwendet.

An der Stelle, an welcher die Rippe am Holm angeschlossen wird, ist bei geringen Materialstärken eine Verstärkung notwendig. Meist werden deshalb senkrechte oder wagrechte, am Holm liegende Halteleisten, oft mit Leinwand überklebt, vorgesehen. Bei anderen Konstruktionen findet man statt dessen Verbreiterungen der Rippengurte unmittelbar unter oder über dem Holm. Diese Verstärkungen sollen hauptsächlich zur Aufnahme der hohen Querkräfte dienen, die in der Rippe am Holm auftreten. Außerdem sollen sie diese Kräfte auf den Holm übertragen.

Seitlich brauchen die Rippen infolge der vollständigen Führung nur geringe Festigkeit, müssen aber in vertikaler Richtung biegesteif sein. Dies wird entweder durch die Gurte und den Rippensteg erreicht, oder durch den druckträgerartigen statischen Aufbau der Rippe mit Gurten und Diagonalstäben.¹⁾

Zwischen die eigentlichen Rippen werden vielfach besonders von der Stirnleiste zum Vorderholm Hilfsrippen eingeschaltet, deren Hauptzweck darin besteht, für glatte Lage des Bespannungsstoffes zu sorgen. Immer mehr nimmt aber im Segelflugzeugbau die Verwendung einer besonders versteiften Flügel-nase aus Sperrholz, seltener Pappe, zu, welche eine viel gleichmäßigere, einheitlichere Formgebung des Flügelvorderteiles ermöglicht. Man kann bei genügend großer Holmhöhe dann das Flächenvorderteil mit Hilfe der Sperrholznase leicht zu einer torsionsfesten Röhre ausgestalten.

Die Rippenstege besitzen meist rechteckige Ausschnitte, mit denen sie beim Zusammenbau über die Holme gesteckt werden. Nachdem die richtige Verteilung vorgenommen ist, werden zu beiden Seiten jeder Rippe auf jede der vier Holmflächen dreieckige Leisten geleimt, die den Rippen den nötigen Halt geben. Vorn sind die Gurten in ausgefräste Nuten der Nasenleiste eingelassen und mit dieser verleimt. Am Hinterende der Rippe

¹⁾ E. Pfister, Der Bau des Flugzeuges, Berlin 1926. Moedebeck, Taschenbuch, Berlin 1923. A. Lippisch, Techn. Bericht des Rhön-Segelflug-Wettbewerbes 1929/30, Z. F. M. 1929/30.

stoßen Ober- und Untergurt zusammen. Eine interessante Flügelbauart wurde beim Karlsruhe-Eindecker „Karlsruhe“ verwirklicht. Es handelt sich um eine neue Dreischeidenbauart mit einem Hauptholm, zwei liegenden Fachwerkscheiben und einem gemeinsamen Hintergurt. Diese Bauart ist an Hand der Bilder näher beschrieben. Sie bietet den Vorteil, daß man es in der Hand hat, die Tiefe der liegenden Fachwerkscheiben so zu wählen, daß der Hauptholm im C-Fall genau so stark beansprucht wird, wie im A-Fall¹⁾. Bei gleichzeitiger Biegungs- und Torsionsbeanspruchung des Flügels (B-Fall) wird der Hauptholm entlastet, da das Torsionsmoment nach unten gerichtete Kräfte auf den Hauptholm überträgt und dem Auftrieb entgegenwirkt. Obwohl also der Hauptholm zur Aufnahme des Sturzflugmomentes voll herangezogen wird, braucht er nicht stärker bemessen zu werden als für den A-Fall und die Landung erforderlich ist. Der Vorteil einer solchen Bauweise ist darin zu erblicken, daß infolge Mittragens des Hauptholmes im Sturzflug, die übrigen für die Aufnahme des Torsionsmomentes erforderlichen Bauglieder entsprechend leicht gehalten werden können. Vorteilhaft ist ferner, daß der Hauptholm so gelegt werden kann, daß er die größte Profildicke als Bauhöhe ausnützt. Für den A-Fall bemessen wird er daher leichter, als 2 Holme, da abgesehen von der größeren Bauhöhe bei einem starken Holm die Knickgefahr geringer ist, als bei 2 schwächeren Holmen, welche zusammen zwei lotrechte Lasten zu tragen haben. Dieser Vorzug an sich ist ja auch von anderen einholmigen Bauarten her bekannt. Angenehm ist weiter, daß die Diagonalen im Flug nur auf Zug beansprucht werden. Da beim Segelflugzeug kein Rückenflug verlangt wird, genügt es die Diagonalen nur gegen die kleinen Torsionsbeanspruchungen bei der Landung druckfest zu machen. Endlich sei bemerkt, daß der Hilfsholm nur Differenzkräfte erhält, da sich Zug und Druck aus der oberen und unteren Scheibe voneinander abziehen. Hieraus ergibt sich geringes Gewicht²⁾.

Beim Eindecker Kupper Ku 4 werden die Biegungsbeanspruchungen des 30 m spannenden Tragflügels durch einen I-Holm aus mehrfach verleimten Kiefernurten und Sperrholzsteg übernommen. Die Verdrehung wird durch eine die ganze Fläche

¹⁾ Unter Belastungsfall A versteht man: Belastung beim Abfliegen aus dem Gleitflug, B: Belastung im Gleitflug, C: Belastung im senkrechten Sturzflug, D: Belastung im Rückenflug.

²⁾ C. Toepfer, Rumpf und Flügel, ein Beitrag zur Statik räumlich unbestimmter Systeme, W.G.L.-Vortrag 1929. Moedebecks Taschenbuch, 4. Aufl., Berlin 1923. H. G. Bader, Flugzeugbaukunde, Berlin 1924. F. Stamer, A. Lippisch, Gleitflug, Berlin 1929.

bis zum Klappenhilfsholm bedeckende Beplankung aus diagonal gefasertem Birkensterrholz aufgenommen. So wird die höchste Schubfestigkeit des Sperrholzes ausgenutzt (unter 45° zur Faser). Ferner werden die Zusatzspannungen im Sperrholz herabgesetzt, da der Elastizitätsmodul für Biegungsspannungen im diagonal gefaserten Sperrholz nur einen Bruchteil des Moduls der Kiefernurten, bei geringer Drehsteifigkeit des I-Holms ist. Endlich sind Formerhaltung und Glätte der Flügeloberseite, sowie örtliche Festigkeit ziemlich groß. Günstig ist ferner die einfache Verbindung der stumpf an Haupt- und Klappenhilfsholm stoßenden Spieren, sowie die Erreichung einer B-Fallfestigkeit, die fast so groß ist, wie die im A-Fall. Dies entspricht der fliegerischen Erfahrung, mit ziemlich konstanter Beschleunigung abzufangen und nicht etwa bei großem Staudruck mit kleinerer als bei geringem. Endlich ist die rechnerische Klarheit angenehm. Erwähnt sei noch, daß die ganze Flügelhaut durch je 2 zwischen den Rippen parallel zu diesen innen aufgeleimte Kiefernleisten ausgesteift ist.

Der innere Halt des Flügels wird meist durch Diagonalverspannung erreicht, so daß ein Gitterträger entsteht. Auf den beliebigen Ersatz derartiger Innenverspannungen durch starre Raumdiagonale wurde schon hingewiesen. Diese Bauweise zeichnet sich dadurch aus, daß die Verdrehungsfestigkeit größer ist. Das verbessert die Steuerfähigkeit wesentlich. (Weltensegler „Hols der Teufel“.) Oft kommt auch eine Vereinigung beider Bauarten in Frage, etwa so, daß nur das freitragende Ende eines dünnen Flügels mit außenliegender Verspannung durch Raumdiagonalen angestrebt wird, während das innere Feld durch Drahtverspannungen stirndruckreif gemacht wird (R. R. G. „Zögling“). Meist dienen zur Verspannung Drähte, seltener Kabel. Die Anschlußbeschläge werden an den Holmen durch Schrauben befestigt. Dieselben führen durch den Holm hindurch, um an der anderen Seite verschraubt und gesichert zu werden. Es ist konstruktiv nicht leicht, das in der Rechnung beabsichtigte Bild des Raumbauwerkes zu verwirklichen. Theoretisch sollten sich die Wirkungslinien der Holme, Stiele und Kabel in einem Punkte schneiden. Dieser Schnittpunkt ist aber wegen der räumlichen Ausdehnung des Holmes nicht unmittelbar zugänglich. Konstruktiv wäre es günstig, Beschläge zu verwenden, bei denen die Angriffspunkte der einzelnen Organe nahe beieinander liegen. Solche Beschläge erfordern aber eine senkrechte Durchbohrung der Holme, welche am Knotenpunkt vollen Querschnitt besitzen, bedeuten also eine Herabsetzung der Festigkeit. Außerdem werden größere Kno-

tenpunktsmomente auf die Holme übertragen. Das geometrische Bild des Fachwerkes wird erst durch umfassende Beschläge erfüllt. Auch hier ist eine Durchbohrung des Holmes, allerdings nur in waagrechter Richtung, nötig. Beschläge dieser Art sind sehr ausgedehnt und müssen mit großen Querschnitten ausgeführt werden. Der Kraftangriff an den beiderseits des Holmes hochkommenden Blechen zwingt meist dazu, beide Flanschen durch einen Bolzen zu verbinden, der stark auf Biegung beansprucht wird. Auch ist die Abdichtung der Flügelhaut an den Austrittsstellen der Bleche nicht so leicht, wie bei Verwendung der ersten Beschlagart.

Der Anschluß der Flügel an den Rumpf oder den Spannturm wird durch Holmschuh erreicht, welche Druck- und Zugkräfte auf den Holm übertragen. Die Befestigungsart kann durch Kugelgelenk oder Einhaken oder Verbolzung beweglich in einer Gabel erfolgen. Vielfach ist das Holmstück auch keilförmig ausgebildet und ruht beweglich in einem Bolzen oder trägt einen bügelförmigen Beschlag mit Gabel und Bolzen. Bei manchen Ausführungen wird der Holm in ein bügelförmiges Eisen eingeschoben, an welchem er durch Bolzen gehalten wird.

Interessant ist auch die Flügelverbindung beim Kupper-Eindecker Ku 4. Sie geschieht beim Außenflügelanschluß am Haupt- und Querruderhilfsholm und bei der Flügelwurzel an einem Nasenholm, der im inneren Drittel der Innenflügel verlaufend endet. Die 2 Nasenholm-Konusbolzen greifen beim Montieren von selbst in den nachstellbaren Sitz und übertragen praktisch keine Biegung. Die biegungssteife Verbindung der Klappenhilfsholme erfolgt durch senkrechte zylindrische Federbolzen, deren Kopf praktisch nicht aus dem Profil herausragt. Besonders sorgfältig sind die Hauptholmverbindungen bei diesem Flugzeug ausgeführt. Die Beschläge umfassen die Gurte auf deren Ober- und Unterseite. Hierzu ist an den Trennstellen der Mittelsteg durch 2 Außenstege ersetzt, so daß ein kurzes Stück Kastenholm entsteht. 2 Konusbolzen sitzen auf Links-Rechtsgewinde einer senkrechten Spindel. Diese Bolzen werden durch Drehen der Spindel von innen nach außen in die Gurtbeschlagaugen gepreßt und sichern selbst. Durch umgekehrtes Drehen der Spindel erfolgt Lösen, wobei der evtl. früher lösende Bolzen an einen gegen Drehung führenden Beschlag stößt. Die ganze Verbindung liegt unter der Flügelhaut und wird abschließend durch ein Kreisloch von 10 mm Durchmesser auf der Flügelunterseite mittels Vierkantschlüssels betätigt. Die Vorzüge dieser Bauart liegen u. a. im Wegfall von Schlitzverkleidungen und Handlöchern, von herausragenden Beschlag-

teilen oder Bolzen usw., so daß glatte Oberfläche erzielt wird. Die Montage ist schnell durchführbar, da Bolzen weder wechselt, noch verloren werden können.

Infolge Verwendung eines sehr dicken Flügeleischnittes bei verhältnismäßig geringer Rumpfhöhe ergibt sich bei dem Karlsruhe-Eindecker „Karlsruhe“ eine Verbindung zwischen Rumpf und Flügelmittelstück, welche an Hand der Bilder gesondert beschrieben ist. Es handelt sich dabei um eine einfach statisch unbestimmte Portalkonstruktion, wie man erkennt, wenn man den Obergurt des Hauptholmes im Mittelstück durchschneidet. Der in diesem Falle weit zurückliegende Schwerpunkt ist natürlich wenig günstig, da das nun benötigte tragende Leitwerk zum Abreißen der Strömung neigt. Trotzdem verdient der Versuch Beachtung, denn er soll den Nachweis bringen, daß man sehr wohl ein überdickes Flügelprofil in Rumpfnähe verwenden darf, wenn dadurch der Rumpfwiderstand und vor allem die Störung der Auftriebsströmung in der Mitte verkleinert wird. Die Klärung derartiger Probleme ist gerade auch im Hinblick auf den Motorflugzeugbau wesentlich, man denke nur etwa an das Großflugzeug Junkers G 38. Dort ist allerdings der gute Übergang vom Rumpf zum Flügel, d. h. ein sehr hohes Flügelwurzelprofil, mit ausnehmend schlechtem Seitenverhältnis erkauft. Wenn man einerseits die Größe des Flugzeuges begrenzt, andererseits aber nicht über ein gewöhnliches Dickenverhältnis (bei Junkers G 38 1:5,5) hinausgehen will, muß das Seitenverhältnis klein und der induzierte Widerstand groß ausfallen. Hier wird also versucht mit dem Segelflugzeug einen neuen konstruktiven Weg für das Großflugzeug offen zu legen. Bemerkt sei noch, daß ein solches Segelflugzeug verhältnismäßig leicht zum Motorflugzeug umzugestaltet ist, wobei die Stabilitätsverhältnisse günstiger werden, da der Schwerpunkt weiter nach vorn rückt.

Verspannte Doppeldecker erhalten zwischen den Tragflächen Flächenstiele zur Festlegung des Abstandes und der Lage. Die Fußpunkte dieser Stiele liegen auf den Holmen, ebenso wie die Knotenpunkte der Verstrebungen bei verspannungslosen Flugzeugen, deren dünnes Flügelprofil keine vollkommen freitragende Bauart der Fläche gestattet. Am Stielknotenpunkt trifft der Stiel mit dem Holm und den verschiedenen Kabelpunkten bzw. auch mit dem Innenstiel in der Fläche zusammen. Ohne den Holm unnötig zu schwächen, sollen diese Verbindungen gelenkartig wirken. Die Kabel müssen nach Möglichkeit zentrisch am Beschlagmittelpunkt angreifen. Ist das aus irgend einem Grunde nicht möglich, so ist dafür zu sorgen, daß die Horizontalkomponente der Durchbiegung entgegenwirkt. Ent-

weder läßt man allgemein die Kräfte an einem Eisenblech, welches schellenartig um den Holm gelegt ist, oder an einer durch Bolzen am Holm befestigten Platte angreifen. Es ist zweckmäßig, die Bolzen in die neutrale Faser des Holmes zu legen.

Die Frage der Zahl der zu verwendenden Tragflügel ist im Segelflugzeugbau bisher meist zugunsten des Eindeckers entschieden worden. Selten kamen Doppeldecker, fast nie Mehrdecker zur Verwendung. Es ist natürlich nicht richtig, hieraus, wie das verschiedentlich getan wurde, auf eine grundsätzliche Überlegenheit des Eindeckers dem Mehrdecker gegenüber zu schließen. Wie an anderer Stelle näher ausgeführt, kann die Wahl der einen oder der anderen Bauart nur von Fall zu Fall entschieden werden.

Bekanntlich unterscheidet man bei Mehrdeckern Bauarten der Zelle, nach der Anzahl der drucksteifen Gliederpaare, welche zusammen mit den Holmen und diagonalen Kabelverspannungen ein statisch zu berechnendes Raungefüge bilden. Zur Herabsetzung des Stirnwiderstandes wird man mit einer möglichst kleinen Anzahl von Stielen auskommen wollen. Die hintereinanderliegenden Stielpaare werden verschiedentlich durch I-, V- oder N-förmige Einzel- oder Doppelstiele ersetzt. Der Gewinn an Gewicht und Widerstand ist aber selbst bei gleichzeitigem Fortfall von Spannkabeln bzw. Drähten nicht sehr wesentlich. Bei größeren Flugzeugen werden die Stiele, wie im Motorflugzeugbau, mitunter aus Stahlrohr, meist jedoch aus Holz hergestellt. Auch hier, wie möglichst bei allen dem freien Luftstrom ausgesetzten Streben, soll nach Möglichkeit für den Querschnitt die Form des Stromlinienkörpers gewählt werden. Bei rundem Stahlrohrquerschnitt werden oft Verkleidungen aus Holz, gewöhnlich aber nicht tragend vorgesehen. Zur Gewichtserleichterung wird nach Möglichkeit der volle Querschnitt ausgefräst und event. mit schwachen Stahlrohreinlagen versehen, welche zum Anschluß an den Holmbeschlag dienen.

Die Verstrebung von Hochdeckern erfolgt meist durch je 2 parallele Schrägstiele jederseits (R. R. G. „Prüfling“). Beim Baumuster Marcho-Silesia „Oberschlesien“ sind A-Stiele vorgesehen. Günstiger sind V-Stiele, da sich von diesen dann außer den Biegekräften auch die Torsionskräfte aufnehmen lassen. Bei Parallelstielen findet man vielfach Drahtauskreuzung des Stiefeldes, vereinzelt aber auch Beschränkung auf nur einen von unten hinten nach oben geführten Draht zur Aufnahme des Schubes bei Landungen. (Ilmenau „Kickelhahn“.) Ein V-Stiel ist bei dem Baumuster R. R. G. „Wien“ gewählt, wobei der

Stielanschluß am Hauptholm exzentrisch ausgebildet wurde, um den Druckgurt des Innenfeldes zu entlasten.

Praktisch ist die Anordnung einer Spannschraube zum Spannen oder Entspannen der Seile beim Hochdecker Rostock „Mecklenburg M II“, welche das Auf- und Abrüsten vereinfacht, sowie das Nachspannen erleichtert.

Interessant ist auch der Anschluß des Stiels am Flügelholm beim Hochdecker Schleicher „Rhönadler“. Es handelt sich um einen V-Stiel, dessen unterer Fußpunkt am Rumpfunterholm angelenkt ist, während die vordere Stielstrebe am Vorderholm, die Hinterstrebe am Hinterholm des Flügels angreift. Hier ist durch die neutrale Faser des Holmkastens ein kräftiges Rohr gelegt, das drehbar in den aufgefütterten Holmstegen eingelagert ist. Über das Rohr ist ein Schuh gesteckt, der nach unten ebenfalls zu einem Rohr zusammengezogen ist. In dieses ist dann der Stiel eingesteckt und durch Bolzen damit starr verbunden. Die Konstruktion zeichnet sich durch einfache Montage des Stieles und gute Übertragung der Kräfte auf die Flügelhaut aus. Dieser Hauptstiel bildet mit einem leichten Hilfsstiel nach dem Hinterholm ein V, das nach vorn und hinten durch Kabel nach dem Rumpf zu abgestützt ist.

Einschaltung von elastischen Puffern in die Flügelstiele wurde beim Dessau-Hochdecker „Dessau“ versucht, um Federung des Tragflügels bei der Landung zu erzielen. Nachdem sich bei diesem Flugzeug aber Resonanz-Schwingungen zeigten, im Verlauf deren die Tragflügel nach unten wegbrachen, sind diese Versuche nicht wiederholt worden.

Der Konstrukteur war hier von der Erwägung ausgegangen, daß bei freitragenden Flügeln die größten Beanspruchungen beim Landen auftreten. Der Gummipuffer läßt, auf Druck beansprucht, einen Federweg von 5 mm zu, verhält sich aber gegenüber Zugbeanspruchungen im Fluge starr.

Zur Verspannung der Flügel können Stahldrähte, oder Stahlkabel bzw. Stahlseile dienen. Letztere, bestehend aus einer Anzahl aus mehreren Einzeldrähten zusammengesetzter Litzen, sind elastischer und dehnbarer als Stahlkabel, welche aus einem zusammengewundenen Drahtbündel gefertigt sind. Zu Zwecken der Verspannung sind demnach Kabel, für Steuerzüge auch Seile zweckmäßig. Jedenfalls sollten Seile nur für Teile des Flugzeuges zur Verwendung kommen, welche auf der Erde die Lasten aufnehmen, so daß die Eigenschaft des Federns der Seile mit für die Landung ausgenutzt werden kann. Für kleinere Flugzeuge, also etwa Hängegleiter und leichte Sitzgleiter, werden fast immer Stahldrähte benutzt.

Bei Herstellung der Drahtösen ohne Spezialösenzange mit einfacher Rundzange sollte vorsichtig vorgegangen werden. Es darf nicht vergessen werden, daß die zugehörigen Drahringe genau der Dicke des Drahtes entsprechen. Auch auf einwandfreie Spleissung ist zu achten. Die beliebten Seilklemmen, bei denen das doppelgelegte Seilende durch eine flache Hülse geschoben wird, um mit 2 Klemmschrauben gehalten zu werden, sollten nicht verwendet werden, da sie nicht zuverlässig sind. Bestenfalls für Schulflugzeuge sind sie statthaft, sofern das freie Ende des Seiles zurückgeschlagen und durch Umwickeln mit der Klemme verbunden wird.

Gewöhnlich handelt es sich um Stahldraht (Klaviersaitendraht) von 1,5 bis 2 mm Stärke.

Als wichtiges Organ der Verspannung sei das in jedem Kabel sitzende Spannschloß erwähnt, das aus einem Mittelstück besteht und zwei Bolzen, von denen der eine rechtsgängiges, der andere linksgängiges Gewinde trägt. Durch Drehung des Mittelstückes werden die Bolzen hinein- bzw. herausbewegt, das Spannschloß also verlängert oder verkürzt, und damit das Kabel bzw. der Draht nach Wunsch gespannt. Sicherung der Spannschlösser muß im praktischen Betrieb selbstverständlich sein, ebenso Ersatz verbogener Bolzen durch neue, also nicht Geradebiegen der alten, wie dies leider oft genug zu beobachten ist. Beanspruchung der Spannschlösser auf Biegung ist unbedingt zu vermeiden. Daher sollte man Spannschlösser auch nur dort gleich am Beslag angreifen lassen, wo ein Verbiegen ausgeschlossen ist.

Die Bekleidung der Tragfläche erfolgt in der Regel mit Stoff. Als Bespannungstoff wird besonders häufig Baumwollstoff benutzt. Auf möglichst große Festigkeit und geringe Dehnung ist zu achten, jedoch sind die erforderlichen Werte geringer, als im Motorflugzeugbau. Der Stoff hat so auf die Fläche gespannt zu werden, daß die Kette in Richtung der Längsachse des Flugzeuges liegt. Die Aufbringung des Stoffes kann durch Aufnageln oder Aufnähen erfolgen. Im letzten Falle werden oft besondere Bänder oder Schnüre auf den Rippen zwischengeschaltet, an denen der Stoff festgenäht werden kann. Die Cellonierung bzw. Imprägnierung des Bespannungstoffes ruft straffes Anliegen und glatte Oberfläche hervor. Bei Segelflugzeugen wird manchmal nicht die ganze Tragfläche imprägniert, etwa um Dehnbarkeit des Stoffes an zu verwindenden Stellen zu behalten.

Vollkommene Bekleidung des Tragflügels mit Sperrholz hat sich im Segelflugzeugbau nicht durchsetzen können. Nur in

wenigen Fällen hat man Beplankung bis zum Hinterholm gewählt, während Sperrholzbeplankung der Flügelnahe und der Randbögen beliebt ist. Anwendung tragender Außenhaut ist im Segelflugzeugbau selten. In interessanter Art ist sie bei dem Baumuster „Schleicher „Rhönadler“ verwirklicht. Zwei hohe I-Holme in 10 und 35 v. H. der Flügeltiefe bilden mit der Flügelbeplankung zusammen einen biege- und verdrehungssteifen Kasten. Zwischen den Holmen, deren Gurten nur zur Verbindung der tragenden Haut mit den Stegen dienen, sind zur Versteifung der Sperrholzhaut außer den Rippen leichte Längsleisten parallel zu den Holmen angeordnet und als T-Querschnitte gestaltet. Die vollen Querschnitte laufen durch die Rippen durch, deren Gurten an diesen Stellen unterlegt und durch Knotenpunkte verstärkt wurden. Die beiden Hauptholme werden durch die senkrechten Rippenstege versteift, was dadurch möglich ist, daß diese Stege direkt an die Sperrholzwand des Holmes angeleimt sind. Zur Versteifung der Rippenenden ist in 68 v.H. der Flügeltiefe noch ein dritter Holm vorgesehen. Beim Eindecker Kupper Ku 4 sind, wie schon erwähnt, die Flügel wegen des großen Sturzflugmomentes bis zum Ruderholm sperrholzbeplankt. Hierdurch ist auch die bei dicken, stark gewölbten Profilen besonders nötige gute Oberflächen glatte erzielt.

Da die Oberflächenreibung bei den verhältnismäßig geringen Fluggeschwindigkeiten motorloser Flugzeuge eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt, ist es wesentlich, die Oberflächen der Flügel, wie auch sämtlicher übriger Konstruktionsteile, die dem freien Luftstrom ausgesetzt sind, möglichst glatt auszugestalten. Bei Stoffbespannung kommt es oft vor, daß der Stoff zu lose auf den Flügel gelegt wird. Auch nach dem Imprägnieren behält er dann nur an den ebenen Stellen des Flügels die beabsichtigte Form bei. Dagegen wird die Stoffhaut aber an stärker gekrümmten Stellen durch die Spannungen eingezogen. Dadurch bleibt nur stellenweise die richtige Profilform, während der größte Teil des Flügels stark verzerrtes Profil aufweist. Durch ähnliche bauliche Mängel blieb z. B. die Flugleistung der Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“ und „Blaue Maus“ sicher wesentlich hinter den möglichen Leistungen zurück. Der Verfasser hat durch Vergleichsflüge mit Flugzeugen gleichen Baumusters festgestellt, daß durch schlechte Stoffbespannung Geschwindigkeits- und Steigleistungen, sowie Gleitwinkel stark verschlechtert wurden. Es ist daher nötig die Imprägnierung so vorzunehmen, daß sie nach dem Eintrocknen den Stoff unter starke Spannung setzt.

Besitz der Flügel verhältnismäßig hohes Profil, so ist es zweckmäßig und üblich, alle zur Versteifung der Tragfläche nötigen Elemente in das Innere der Fläche selbst zu verlegen. Bekanntlich ist diese Bauweise im Motorflugzeugbau durch Prof. Junkers, Dessau eingeführt worden und wird im deutschen Flugzeugbau, einschließlich des Segelflugzeugbaues, viel verwendet. Den mit Annäherung an den Rumpf zunehmenden Biegemomenten, welche auf die Tragflächenquerschnitte wirken, werden zweckmäßig auch nach der Mitte wachsende Widerstandsmomente entgegengesetzt. Man verstärkt aus diesem Grunde vielfach das Profil bei gleichzeitiger Zunahme der Flügeltiefe nach der Mitte. Derartige im Grundriß rautenförmige Tragflächen sind rechteckigen Flügeln von gleichem mittleren Seitenverhältnis aerodynamisch nicht wesentlich unterlegen. Der Vorteil besteht darin, daß bei geometrisch ähnlichen Querschnitten die Biegemomente sowohl durch Querschnittserhöhung nach der Mitte, als auch durch Anordnung von Hilfsholmen gut aufgenommen werden können.

Derartige abnehmende Flügeldicke nach den Flügelenen verkleinert den Profilwiderstand. Die Wanderung des weitervorrückenden Druckmittelpunktes wird geringer. Die Verjüngung der Flügeltiefe nach den Flügelenen zu den offen bleibenden Teilprofilen bewirkt eine Veränderung der Polare im Bereich größerer Auftriebsbeiwerte, hauptsächlich wohl in stärkerer Annäherung an die elliptische Verteilung. Die für Hochleistungsflugzeuge sehr beliebte Vereinigung von verjüngter Flügeltiefe und abnehmender Flügeldicke läßt den Profilwiderstand sinken allerdings zugleich mit einer Abnahme des Auftriebes. Wie gesagt, lassen sich bei dieser Flügelform leichte Holme verwirklichen. Das auf die Holme wirkende Biegemoment wird verkleinert¹⁾.

Die freitragende Bauart ist besonders geeignet für Eindecker, da hier die zusätzlichen, durch die Verspannung hervorgerufenen Widerstände verhältnismäßig größer sind, als bei Mehrdeckern. Hier kann die Versteifung durch von außen angreifende Organe mit geringerem Aufwand an Gewicht und Widerstand ausgeführt werden. Dadurch ist es zu erklären, daß die Mehrzahl der motorlosen Mehrdecker, in der Regel handelt es sich um Doppeldecker, verspannt ausgeführt ist.

Der freitragende Doppeldecker ist bei gegebener Fläche, gegebenem Auftrieb, gleicher Spannweite und gleichem Profil dem

¹⁾ G. Lachmann, Leichtflugzeugbau, München 1925. Van Nes, Leichtflugzeuge, Stuttgart 1925.

freitragenden Eindecker durch das ungünstigere Verhältnis von Profilhöhe zu Spannweite unterlegen. Dies ist ein Grund mit dafür, daß freitragende oder mit Torsionsstielen ausgestattete Doppeldecker im Segelflugzeugbau nur vereinzelt aufgetreten sind, zumal das Baugewicht des freitragenden Eindeckers geringer ist. — Erfahrungsgemäß läßt sich das Gewicht der Tragzelle bei verspannten und verstreuten Doppeldeckern geringer halten, als bei freitragenden Bauarten. Allerdings ist der Widerstand des verspannten Doppeldeckers meist größer, als der des freitragenden. In manchen Fällen macht sich aber eine Gewichtsersparnis günstiger bemerkbar, als eine Widerstandersparnis.

Vielfach werden freitragende Flügel einholmig ausgeführt, vor allem wenn Flügelprofile verwendet werden mit stumpfer, großflächiger Nase. Richtungweisend war hier der Tragflügel des Hochdeckers Hannover „Vampyr“. Dieser besitzt einen in der Druckmittellinie liegenden Holm in Verbindung mit einem drehfesten Vorderteil. Der Holm ist als I-Träger mit Kiefernholzgurten ausgebildet. Der Druckgurt ist besonders verstärkt. Der Sperrholzsteg ist als Brückenträger mit gitterartigen Ausparungen gebaut. Bei seiner Dimensionierung mußte auf die beim Umkippen auf den Flügel bei der Landung auftretenden Kräfte Rücksicht genommen werden. Der Vorderteil der Tragfläche bis zum Holm ist mit Sperrholz bekleidet, so daß eine torsionsfeste Röhre entsteht, welche die Beanspruchung im Sturzflug aufnimmt. In anderen Flugzuständen wird durch die Sperrholzhaut die Festigkeit des Holmes wesentlich erhöht. Man erzielt mit dieser Bauart neben der erforderlichen Festigkeit und Starrheit des Flügels bei verhältnismäßig geringem Gewicht glatte und feste Anlaufseite und gute Erhaltung der gewählten Profilform. Die Haupttragrippen sind in je 0,5 m Abstand über den Flügel verteilt. Sie erhalten entsprechend der Verteilung der Flächenbeanspruchung im Vorderteil eine oder mehrere Hilfsrippen zwischengeschaltet, die teilweise auch nach hinten weitergeführt sind.

Der einholmige Stiegerflügel, sowie die Flügelbauart des Karlsruhe-Eindeckers ist an Hand der Bilder eingehend besprochen.

Beim Eindecker „Kupper Ku 4“ ist, wie schon erwähnt, in Abweichung vom Aufbau seines Vorläufers, des München-Eindeckers „Kakadu“, der größte Teil der Biegung durch einen I-Holm aufgenommen, dessen Verdrehweichheit die diagonale gefaserte Beplankung wirkungsvoll gegen örtliche Überspannungen schützt. Aus Kostengründen wurde die Frage, ob die auf Biegung voll tragende Haut des „Kakadu“ auch dieser Bauart noch über-

legen sein wird, gar nicht untersucht, da die Vollbeplankung auch sonst Vorteile hat.

Zweiholmig ist beispielsweise die verspannungslose, aber durch seitliche Streben abgefangene Fläche des Darmstadt-Eindeckers „Edith“ gebaut, wieder unter Verwendung einer Sperrholznase.

Eine zweiholmige Bauart mit Sperrholzbeplankung bis zum Hinterholm zur Erhöhung der Verdrehungssteifigkeit ist beim Dresden-Eindecker „Baunummer 8“ verwirklicht.

Ebenfalls zweiholmig ist der freitragende Flügel des Hochdeckers Seiler D 1. Während hier aber der Vorderholm kräftig gehalten ist, wurde der Hinterholm im innersten Feld des Ansatzflügels verhältnismäßig schwach bemessen. Hierdurch wollte Seiler erreichen, daß bei einem Anschlagen der Flügelspitze an ein Hindernis der Hinterholm an dieser absichtlich schwach gehaltenen Sollbruchstelle bricht und dadurch den Vorderholm schont.

Interessant ist ferner die Bauart des Kirchner-Eindeckers „Hessenland“ bei der aus Gewichtsgründen an Stelle der gewöhnlichen Sperrholzstege bei den Holmen gekreuzte Zugbänder aus Sperrholz mit zwischengesetzten Druckstäben verwendet wurden.

Um auch bei verhältnismäßig dünnem Flügelerschnitt, also bei geringer Bauhöhe im Verhältnis zur Spannweite ausreichende Steifigkeit des Tragflügels zu erzielen, ist bei dem Baumuster Kegel K III der Hauptholm an der höchsten Stelle des Profils im Innenflügel fast quadratisch und durch drei Stege versteift. Eigentlich handelt es sich hier also um 2 nebeneinander liegende Kastenholme. Außer diesen liegt in etwa $\frac{2}{3}$ der Flügelhöhe ein weiterer, aber leichter Holm. Bis zu diesem ist Sperrholzbeplankung vorgesehen. Der Nachteil einer solchen Bauart liegt darin, daß das nicht geringe Konstruktionsgewicht, im vorliegenden Falle 130 kg, d. h. 6,9 kg/m², den Gewinn des freitragenden Flügels von gutem Seitenverhältnis wieder ausgleicht.

Eine Bauart mit drei Holmen weisen die Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“ und „Blaue Maus“ auf. Hier sind Vorder- und Hinterholm als Doppel-T-Träger ausgeführt, der mittlere Hauptholm als ausgesparter Sperrholzkastenträger. Die nur aus starren Teilen bestehende, völlig freitragende Fläche ist im Dreiecksverband ausgeführt. Die Flügelhöhe ist mit Pappe versteift, allerdings nicht so ausreichend, wie wir das bei den oben erwähnten Konstruktionen mit Sperrholznase finden.

Hier bemerken wir eine unverkennbare Anlehnung an die Bauweise von Junkers. Beim Hochdecker Meiningen „Meiningen“

dagegen sind die Holme völlig aufgelöst. Eigentlich handelt es sich hier um vier sich gegenseitig stützende, schrägliegende, aufgelöste Gitterholme. Auch diese Bauweise ist an Hand von Bildern eingehend dargestellt.

Selten finden wir bei freitragender Fläche nur einen Rundholm, z. B. Zeise-Eindecker 1921. Hier besitzt der Holm an der dicksten Stelle etwa 18 bis 20 cm Durchmesser bei 10 mm Wandstärke und ist aus Sperrholz gebildet. Bei derartigen Bauarten besteht aber leicht die Gefahr geringer Torsionsfestigkeit, die ein Hinteraufdrehen der Fläche zur Folge haben kann.

Die Befestigung der Tragflächen am Rumpf richtet sich danach, ob eine starre Verbindung zwischen Rumpf und Fläche beabsichtigt ist, oder ob der Flügel drehbar gelagert werden soll, mit anderen Worten danach, ob es sich um ein flügel- oder schwanzgesteuertes Flugzeug handelt. Eine Rolle spielt ferner die Lage des Flügels zum Rumpf. Soll die Fläche seitlich starr angeschlossen werden, so kommen Verbindungen in Betracht, wie sie weiter oben kurz erwähnt wurden. Es handelt sich dann meist um zweiteilig ausgeführte Flächen, welche nach oben und unten liegenden Spannräumen verspannt oder durch seitliche Streben abgestützt sind. Die Flügel sind in diesem Falle meist in Höhe der oberen oder der unteren Rumpfhölme angesetzt. Ein Beispiel mit einteiliger Fläche in ähnlicher Anordnung zeigt der L. F. G.-Eindecker „Phönix“, bei welchem die Rumpfoberseite eine Aussparung in Größe des Mittelholmes der Fläche besitzt. Der Flügel ist in der Mitte auf Rumpfbreite unterbrochen, derart, daß nach dem Einsetzen, das leicht und sicher durchführbar ist, die Oberseiten des Flügels in gleicher Höhe mit der Oberkante des Rumpfes liegen.

Eine sehr ähnliche Bauart finden wir schon früher beim Stuttgart-Eindecker II. Auch hier ist in der Mitte die Fläche bis auf den Holmquerschnitt ausgeschnitten. Der dadurch freigelegte Flügelholm ist in einen gleichgroßen Einschnitt der Rumpfoberseite eingelassen. Die Befestigung erfolgt durch vier Spannbänder, welche die beiden Hauptspanten des Rumpfes gegen die Seitenwände des Flächenholmes, und letzteren außerdem an die beiden oberen Rumpfhölme drücken. Die Verbindung der Spannbänder erfolgt durch umklappbare Magnet-Spannschlösser.

Beim Meiningen-Hochdecker „Meiningen“ wird der Tragflügel auf dem Rumpfhals mit Hilfe einiger Spannschlösser befestigt.

Bei freitragenden oder halbfreitragenden Flügeln ist die Gefahr von Schwingungen besonders groß, wenn bei Nachgiebig-

keit auf Verdrehung gleichzeitig eine solche auf Biegung vorhanden ist. Die Eigenschwingungen der Flügel der Segelflugszeuge liegen meist zwischen 120 bis 180/min, so daß die Gefahr von Resonanzschwingungen durch Böen wenig zu befürchten ist. Bei zu geringer Schwingungszahl wächst diese Gefahr aber erheblich. Aus diesem Grunde konnte z. B. der Espenlaub-Eindecker E 9 beim Rhönwettbewerb 1926 bei einer Schwingungszahl von 77/min nur für ruhiges Wetter zugelassen werden. — Auch bei verspannten Flügeln ist natürlich auf gute Drehfestigkeit zu achten, da die Steuerwirkung der Querruder sonst verhängnisvoll beeinträchtigt werden kann.

Aus Gründen der Festigkeit ist es angenehm, die Tragfläche aus einem Stück mit durchlaufendem Holm auszuführen. Die sich hierdurch bietenden Vorteile werden aber durch die außerordentlich erhöhten Transportschwierigkeiten wieder aufgehoben. Diese machen sich um so erschwerender bemerkbar, je größer die Spannweite der Flügel ist. Der Transport auf dem Fluggelände, auch der Transport aus dem Tal, läßt sich schließlich bei ruhigem Wetter bei Tag noch durchführen, wird aber schon wesentlich schwieriger bei starkem Wind. Die Schwierigkeiten des Eisenbahntransportes und die bedeutend erhöhten Transportkosten lassen es aber als ratsam erscheinen, bei dem ersten Entwurf eines Segelflugszeuges bereits leichte Zerlegbarkeit des Ganzen in genügend kleine Einzelteile anzustreben.

Günstig ist Zweiteilung, da sie es ermöglicht, die Bauhöhe nach innen stetig anwachsen zu lassen, ohne Knicke in Holmgurten. Ferner verringert sie die Zahl der Beschläge und den Trägheitsradius, was vor allem für die Landbeanspruchung des Flugwerkes bei zentralem Fahrwerk wesentlich ist (München „Kakadu“). Für Flugzeuge größerer Spannweite ist Dreiteilung gebräuchlicher. So weist der Hannover-Eindecker „Vampyr“ Dreiteilung des Flügels auf. Das Mittelstück hat 6,6 m Spannweite. Seitlich schließen sich Enden von je 3 m Länge an. Die Anschlüsse der Flügelenden sind derart gewölbt, daß seitliche Landungsstöße bei Berührung der Flügelspitze mit dem Erdboden und im Sturzflug auftretende Torsionskräfte durch besondere Endrippen aus dem Röhrenholm nach drei Punkten, und zwar dem Nasenholm und den beiden Gurten des I-Trägers, abgeleitet werden. Gurte und Steg des letzteren werden durch einen Beschlag zusammengefaßt, welcher die Biegungsbeanspruchungen und Querkräfte an je einen Bolzen abgibt, der in Höhe der Holmgurte liegt. Zur Übertragung des Stirndruckes und der Torsionskräfte ist ein zweiter Beschlag mit

einem Bolzen am Nasenholm vorgesehen zur Unterstützung des Hauptbeschlages. Zur Erleichterung des Auf- und Abbaus und zur Ermöglichung einer leichten Kontrolle sind Klappen vorhanden.

Beim Darmstadt-Hochdecker „Darmstadt I“ wird der Flügelanschluß durch 2 den Hauptholm verbindende vertikale, konische Bolzen und einen, den Stirndruck übernehmenden gleichartigen, horizontal liegenden Bolzen an der Nasenspitze hergestellt. In zweckmäßiger Weise wird dabei der Querruderanschluß beim Zusammenschließen der Flügelteile automatisch bewerkstelligt.

Um schnelles Zerlegen des Flugzeuges zu ermöglichen, sind bei dem Hochdecker Dresden M. 27 Flügel- und Strebenanschlüsse mit Flügelmuttern ausgerüstet, so daß keine Schraubenschlüssel benötigt werden.

Mehr als dreiteilig den Flügel auszuführen erscheint bei den verhältnismäßig geringen Abmessungen der meisten heutigen Segelflugszeuge nicht nötig. Der 30 m spannende Kupper-Eindecker „Ku 4“ hat vierteiligen Flügel. Die im Vergleich zu den Außenflügeln sehr großen Innenflügel sind rein trapezförmig ausgeführt. Die Außenflügel schließen mit negativer V-Form an die inneren an, um die Übertreibung der V-Form als Folge der großen Durchbiegung bei dem Riesenflügel im Fluge zu vermeiden. Um eine strömungstechnisch einwandfreie Durchdringung von Flügel und Rumpf zu erhalten, ist hier ferner ein Mittelstück von nur 0,40 m Breite mit dem Rumpfaufbau unlösbar verbunden.

Zur Befestigung der Flächenhälften über dem Rumpf werden bei Doppeldeckern oder Hochdeckern gewöhnlich pyramiden- oder keilförmige Strebenkonstruktionen vorgesehen, wenn von einem mittleren Baldachinstück, streng genommen also Dreiteilung des Flügels, abgesehen werden soll. Ein solches Strebengebilde wird zur Herabsetzung des Widerstandes bei dem Darmstadt-Eindecker „Edith“ z. B. mit Sperrholz bekleidet und in den Rumpf einbezogen. So entsteht ein dachförmiger Aufbau von hoher Festigkeit, den andere Konstrukteure, z. B. Peyean zur Gewichtersparnis unverkleidet lassen.

Da es sich darum handelte, den Führersitz weiter nach hinten zu verlegen, ohne die Sichtverhältnisse sehr zu verschlechtern, ist bei dem Baumuster R. R. G. „Prüfling“ der zweiteilige Tragflügel auf vier kurzen, senkrechten Streben über dem Rumpf gelagert und durch Stiele verstrebt, wobei beide Flügelhälften in der Mitte durch zwei freie Gelenke miteinander verbunden wurden.

Bei dem Hochdecker Darmstadt „Darmstadt I“ dagegen ist der Flügel auf einem aus dem Rumpf herausragenden, strömigen Hals aufgelagert. Diese beliebte Lagerungsart gestattet gute Formgebung des Rumpfes und Unterbringung des Führers.

Bei dem Zweisitzer Kegel K.F.K. 3 ruht der abgestrebte Tragflügel auf zwei hintereinander aus dem Rumpf herauswachsenden Stützen, von denen die vordere zwischen den Sitzräumen, die hintere hinter dem rückwärtigen Sitz mit den entsprechenden Rumpfspanten fest zusammengebaut ist. Eine derartige Lagerung ist hinsichtlich Luftwiderstand und Sicht günstig.

Beim Hochdecker Erfurt „Erfurt“ ist der freitragende Flügel verschiebbar auf dem Rumpf gelagert. Der Mittelflügel ist mit starken Schellen an zwei Längsrohren im Rumpf befestigt, die in 3 Spanten gelagert, Verschiebung gestatten. Die Anordnung ist bei dem Bild näher besprochen. Während diese Anordnung nicht nachgeahmt wurde, ist die Flügellagerung bei dem Baumuster Hannover „Vampyr I“ oft wiederholt worden. Auch hier ist Wert auf Verschiebbarkeit des Flügels zum Ausgleich etwaiger Lastigkeit gelegt. Der Flächen-I-Träger wird in Rumpf und Flügelmitte mit dem Hauptrumpfspant durch einen Beschlag verbunden mit Hilfe eines in der Flugrichtung liegenden Bolzens. Rückwärtig werden zwei verstärkte Rippen mit den oberen Rumpfhöhlen durch zwei weitere Beschläge verbunden. Die an einem Spant angebrachten Rumpfbeschläge besitzen je einen quer zur Flugrichtung liegenden Bolzen, welcher durch entsprechende Klappen zugänglich ist. Zur Sicherung der auf schmaler Basis liegenden Anschlüsse werden kurze seitliche Fangstiele eingezogen.

Beim Dessau-Hochdecker „Dessauer“ sind die Holmuntergürte des einholmigen Flügels unter sich durch ein Gelenk verbunden und mit dem Rumpf durch einen zum Austrimmen des Flugzeugs versetzbaren Beschlag.

Für eine derartige Lagerung der Fläche ist gerade Rumpfoberseite Bedingung. Eine ungeteilte Tragfläche in fester Verbindung mit dem Rumpfvorderteil und dem Fahrgestell besitzt der Aachen-Eindecker 1920. Zur Erleichterung des Transportes ist hier dafür der Rumpf geteilt ausgebildet.

Vorteilhaft ist es, die Anschlüsse zwischen Tragwerk und Rumpf nicht auf zu enge Basis aufzusetzen, da sonst der Rumpf schon durch leichte Seitenlandungen der Flügel zerstört wird.

Die Lagerung der Tragflächen flügelgesteuerter Segelflzeuge erfolgt in der Regel so, daß der Anstellwinkel des Flügels

innerhalb gewisser Grenzen veränderlich ist. Die Fläche kann auch dann in ähnlicher Weise, wie beim Hannover-„Vampyr“ auf der geradlinigen Rumpfoberseite gelagert werden. Dies ist z. B. beim Darmstadt-Eindecker „Geheimrat“ der Fall. Bei dem Dresden-Eindecker „Doris“ liegt die geteilte Tragfläche über dem Rumpf. Der bei gegenläufiger Verdrehung beider Flügelhälften entstehende Schlitz wird durch ein 0,2 m breites Mittelstück vermieden. Dieses ist als sperrholzbeplankter Rumpfaufbau mit rechteckigem Querschnitt ausgebildet. Jeder Flügelteil wird durch zwei Streben abgestützt, welche sich treffend, an der Unterseite der Fläche gelenkartig angeschlossen sind. Bei dem Eindecker S b 2 1922 von v. Löbl sind die beiden äußeren Flächenknotenpunkte nach den beiden Strebenfußpunkten verspannt. Bei dem Eindecker S b 3 von v. Löbl werden die Flügelaußenpunkte nur durch breite T-Stiele abgesteift. Außerdem ist der Flügel federnd aufgehängt. Beim Eindecker S b 1 ist ein Tragbolzen vorhanden, an welchem die Flügel hängen und sich drehen. Die Fläche wird mittels Kabel nach Spanntürmen über und unter dem Flügel verspannt. Ein schmales Flächenmittelstück als Teil des Dreiecks, welches das eigentliche Rückgrat des statischen Aufbaues bildet, ist zwischen beiden Flügelhälften stehen geblieben. Hartl-Messerschmitt verwenden elastische, einholmige Flügel. Jede Flügelhälfte ist an einem Punkt drehbar gelagert und außen ebenfalls mit Gelenk abgestützt. Der Drehpunkt liegt in dem einen Holm, so daß jede Flügelhälfte um diese Holmchse bewegt wird. Vom hinteren Fußpunkt der beiden die Flächen tragenden V-Strebenpaare ist zu beiden Seiten nach den Flügeln ein Fangstiel gezogen.

Ksoll hat bei seinem Doppeldecker „Breslau“ den Oberflügel starr gelagert, während der Unterflügel veränderliche Anstellwinkel besitzt. Dieser kleine Flügel wird mittels Steuerknüppels betätigt, während das Höhenruder durch Rastenhebel getrennt verstellbar ist.

Die spezifischen Flügeltgewichte der heutigen Hochleistungsflugzeuge liegen etwa zwischen 5 bis 6 kg/m². Eine überaus günstigere Zahl (2,1 kg/m²) wurde trotz 18 m spannenden, freitragenden Flügels beim Eindecker Kirchner „Messenland“ erzielt. Um hohe Festigkeit zu erzielen, ist beim Dresden-Baumuster 8 das spezifische Flügeltgewicht auf 7,3 kg/m² hinaufgedrückt worden. Bei abgestrehten Flügeln ergeben sich durchschnittlich spezifische Flügeltgewichte von 3,5–4,5 kg/m². Bei geschickter Formgebung der Stiele und ihrer Anschlüsse kann die kleine aerodynamische Verschlechterung infolge dieses

geringeren Flügelgewichtes und der größeren Starrheit der Flügel wieder wett gemacht werden.

3. Leitwerk.

Das Leitwerk besteht aus Rudern und Kielflossen bzw. Dämpfungsflächen, Steuerhebeln und Übertragungsorganen.

Der Aufbau der Steuerflächen gleicht grundsätzlich dem der Tragflächen. Die Gestaltung des Leitwerks hat im Hinblick auf ausreichende Wirksamkeit und möglichst geringen Widerstand zu erfolgen. Als Grundrißform der Ruderflächen setzt sich das schmale Rechteck, dessen Längsseite senkrecht zur Flugrichtung liegt, immer mehr durch. Die rechteckige Form ist baulich verhältnismäßig leicht ausführbar. Die Ecken werden meist etwas abgerundet. Zur Verminderung des Widerstandes ist es günstig, auf sanfte Übergänge vom Rumpf zum Leitwerk zu achten. Vielfach läßt man die Steuerflächen in ähnlicher Weise aus dem Rumpf hervorstechen, wie dies oft bei Tragflächen geschieht. In jedem Falle sollte aber freitragende Bauart der Steuerflächen durchgeführt werden.

Die zur Erhaltung des Längsgleichgewichtes und des seitlichen Gleichgewichtes, sowie zur Änderung der Flugrichtung benötigten Steuerorgane sind für motorlose Flugzeuge im allgemeinen nicht wesentlich von den im Motorflugzeugbau üblichen unterschieden. Grundsätzlich besteht eine Verschiedenheit aber in ihren Abmessungen, da entsprechend der viel geringeren Fluggeschwindigkeit das motorlose Flugzeug mit verhältnismäßig größeren Steuerflächen ausgestattet werden muß, als ein mit großer Geschwindigkeit fliegendes Motorflugzeug.

Durch zu kleine Steuerorgane wird geringe Steuerbarkeit hervorgerufen. An unzureichender Steuerbarkeit ist aber die Mehrzahl der motorlosen Flugzeuge gescheitert. Man muß sich unbedingt darüber klar sein, daß zum mindesten der statische Segelflug im aufsteigenden Luftstrom infolge der meist engen örtlichen Begrenzung nur mit einer gut steuerbaren Maschine möglich ist. Das Problem der Steuerbarkeit spielt jedenfalls im heutigen Segelflugzeugbau eine bedeutende Rolle. Man erkennt die Unterschätzung dieser Frage daran, daß die Mehrzahl aller zu den Veranstaltungen in der Rhön, in St. Andreasberg, in Rositten, in Clermont Ferrand, Itfort Hill usw. am Start erschienenen Segelflugzeuge aus Mangel an Steuerbarkeit entweder bei ihrem ersten Auftreten ausscheiden oder bald die ursprünglichen Leitflächen wesentlich vergrößern mußte.

Als Organ zur Erhaltung des Längsgleichgewichtes dient in der Regel das am Rumpfe oder bei Wasserflugzeugen über demselben (Peyean „Königsberg“⁴⁾) liegende Höhensteuer. Der Kopftyp besitzt eine solche Fläche vor der Haupttragfläche. Bei schwanzlosen Flugzeugen wird diese horizontale Steuerfläche meist an den Enden der pfeilförmig zurückgezogenen Flügel angelekt. Ist der Anstellwinkel der Haupttragflächen veränderlich, so können besondere Höhensteuerflächen fortfallen.

Das Höhenleitwerk wird hauptsächlich mit Rücksicht auf den Ausgleich der Längsmomente bemessen und geformt. Hierbei ist maßgebend, daß sich Leitwerkformen von hohem Seitenverhältnis den früher üblichen dreieckigen oder Vogelschwanzähnlichen überlegen gezeigt haben. Eine Betrachtung der verschiedenen Segelflugmuster zeigt, wie gerade bei den hochwertigen und erfolgreichen Segelflugzeugen auf Verwirklichung schlanker Bauformen Wert gelegt wurde.

Das Höhenruder wird vielfach durch eine beigeordnete Dämpfungsfläche unterstützt. Es ist wichtig nicht nur für das Gleichgewicht in der Längsrichtung, sondern auch für die Stabilität dieses Gleichgewichtes zu sorgen. Es muß dafür gesorgt sein, daß kleine Störungen, etwa durch Änderungen der Stärke und Richtung des Windes, nicht automatisch stark vergrößert werden, da sonst das Fliegen außerordentlich erschwert würde. Wird diese Stabilität allerdings zu stark, so wird das Flugzeug in Pendelbewegungen versetzt. Die Erreichung des Gleichgewichtes wird damit verzögert. Man bringt deshalb meist das Längsgleichgewicht der Indifferenz nahe. Das ist praktisch leicht möglich, da der Luftstrom eine verdrehende Kraft auf den Flügel ausübt, die im Sinne einer Verkleinerung des Anstellwinkels wirkend, bestrebt ist, den Flügel vorn zu senken, hinten zu heben. Um dieser Kraft entgegenzuwirken, werden die oben genannten kleinen Hilfsflächen vor oder hinter der Tragfläche mit entsprechendem positiven oder negativen Anstellwinkel angebracht.⁵⁾

Als Beispiel für eine Kopfbauart kann die Aachen-„Ente“ dienen. Bei dieser liegt etwa 4,3 m vor dem Hauptholm eine 3,9 m große Steuerfläche, welche in einem Punkte kugelig gelagert, gleichzeitig der Höhen- und Seitensteuerung dient. Erstere wird durch einen Knüppel, letztere durch einen Fußhebel bedient. Die seitliche Schwenkung der Steuerfläche wird

⁴⁾ H. G. Bader, Flugzeugbaukunde, Berlin 1924. E. Pfister, Grundlagen der Fluglehre, Berlin 1927. O. L. Skopik, Wie konstruiert man ein Flugzeug, Berlin 1927.
⁵⁾ Langsdorff, Segelflugzeug. 2. Aufl.

durch kleine Verwindungsklappen, die an der Fläche angebracht sind, unterstützt.

Besitzen die Steuerflächen besondere Dämpfungsf lächen, so werden die Ruder in der Regel hinter dem Hinterholm der feststehenden Fläche drehbar gelagert. Im Anschluß an eine horizontale Dämpfungsf läche kann das Höhenruder geteilt oder ungeteilt ausgeführt werden. Im ersten Falle erfolgt meist eine Teilung, um die Drehung des Seitensteuers zu ermöglichen, im zweiten Falle dagegen wird gewöhnlich das Seitensteuer über das Höhensteuer gelegt, entweder weit genug nach vorn verschoben oder derart geformt, daß der Ausschlag des Höhenruders nicht beeinträchtigt wird.

Bei Fortfall einer vorgelagerten Dämpfungsf läche wird das Höhenruder meistens ausgeglichen bzw. entlastet. Man legt dann die Drehachse nicht an den vorderen Rand des Ruders, sondern weiter zurück. Auf diese Weise erhält man Ausgleichsklappen, welche allerdings nur geringe Wirkung haben, da sie mit ihrem kleinen Hebelarm keine ausreichenden Momente liefern können. Allgemein sind bei einem motorlosen Flugzeug aber die Kräfte so gering, daß von besonderen Steuerflossen, wie im Motorflugzeugbau verwendet, abgesehen werden kann. Statt dieser Zurückverlegung der Achse für die Drehung, durch die also einfach eine Veränderung des Anstellwinkels der Steuerfläche erzielt wird, werden verschiedentlich übergreifende Ruderteile vorgesehen mit etwa der gleichen Wirkung.

Aerodynamisch günstiger als klappenförmige Ausbildung der Steuerflächen ist elastische Bauart, bei welcher z. B. die Rippen aus Bambus ohne steife Sperrholzwand bestehen können (z. B. Zeise-Nesemann „Senator“).

Bekanntlich ist, besonders zur Erzielung dynamischer Segel-effekte, große Beweglichkeit des Segelflugzeuges in der Flugrichtung erwünscht. Ist das Flugzeug mit normaler Schwanzsteuerung ausgestattet, so vergeht eine bestimmte Zeitspanne, bis eine vom Führer gewollte Anstellwinkelveränderung der Tragfläche tatsächlich eintritt. Der Flügel wird sich in vielen Fällen bereits wieder in anderer Luftströmung befinden, als die etwa 4 bis 5 m entfernte Steuerfläche. Bedenkt man außerdem, daß der Führer, der gewöhnlich dicht vor der Tragfläche sitzt, zunächst eine ankommende Böe fühlen muß und daß die zur Ausnutzung dieser Windverstärkung notwendige Veränderung des Anstellwinkels des Tragdecks erst durch entsprechende Betätigung des Steuerknüppels durch Ausschlag einer Steuerfläche, welche erst eine Drehung des ganzen Flug-

zeuges um seine Querachse hervorruft, erfolgt, so wird es verständlich, daß selbst bei sehr schnellen Steuermanövern des Führers von einer tatsächlichen Böenausnutzung mittels Schwanzsteuerung kaum die Rede sein kann. Der Kopftyp, bei welchem die Steuerfläche etwa 4 bis 5 m vor der Tragfläche liegt, erscheint in dieser Beziehung schon günstiger. Naheliegender ist es aber, den Umweg über mehr oder weniger entfernt liegende Steuerorgane zu sparen und statt dessen die Anstellwinkelveränderung der Tragfläche unmittelbar vorzunehmen durch drehbare Lagerung des Flügels. Auf diese Fragen wurde bereits früher hingewiesen.

Es gibt hier verschiedene Möglichkeiten, je nachdem, ob nur eine gemeinsame, gleichsinnige Verdrehung beider Flügelhälften oder außerdem noch eine Verdrehung in entgegengesetztem Sinne erfolgen soll. Im ersten Falle kann die Fläche starr ausgeführt werden, wie beim Darmstadt-Eindecker „Gieheimrat“, bei welchem gegenläufige Verdrehung des Flügels ausgeschlossen ist. Hier dient die Veränderung des Anstellwinkels also lediglich der Höhensteuerung und damit der Erhaltung des Längsgleichgewichtes, nicht zugleich der Quersteuerung. Ihre Wirkung wird durch die Verstellbarkeit der Schwanzflosse wesentlich erhöht.

Soll auch das seitliche Gleichgewicht mit beeinflußt werden, so kann die Tragfläche in der Mitte geteilt werden. Eine solche Teilung bei starren Flügelhälften finden wir bei dem v. Loeffl-Eindecker S b 1, bei welchem die um eine, auf etwa $\frac{1}{3}$ der Flügeltiefe gelegte Achse, schwenkbare Tragfläche, gleichsinnig und im entgegengesetzten Sinne verdreht werden kann. Die erzielte Wirkung ähnelt der des Harth-Messerschmitt-Flügels, der in sich stark verwindbar ist. Infolge der bei der Verdrehung sanfteren Übergänge ist diese letzte Bauart vom aerodynamischen Standpunkt aus günstiger. Technisch ist sie allerdings weniger leicht ausführbar. Bei Harth-Messerschmitt ist die Flügelneigung derart differenziert, daß der Außenteil der Fläche mehr geneigt wird, als der innere. Die Flügelneigung erfolgt bei S 13 zu $\frac{1}{3}$ der Fläche parallel, während die übrigen $\frac{2}{3}$ des Flügels verwindbar und differenziert neigbar sind. Diese Differentiation der Flügelneigung ist durch besondere Führung der Steuerseile erreicht¹⁾.

Derartige Flügelsteuerungen verlangen natürlich sorgfältige Profilauswahl. Über die sich ergebenden Schwierigkeiten

¹⁾ W. Messerschmitt, Die Entwicklung der flügelgesteuerten Messerschmitt-Segelflugzeuge, Flugsport 1924.

ist früher schon einiges gesagt worden. Auch durch Wahl zu großer Hebelübersetzung der Flügelsteuerung können Mißerfolge eintreten, da sich dann die Flügel kaum um kleine Winkel feinfühlig drehen lassen. (Hamburg „Störtebecker“, Schweinfurt „Schweinfurt“.)

Bei dem Ksoll-Doppeldecker „Breslau“ ist lediglich der schmalere Unterflügel drehbar gelagert, wobei Anstellwinkelveränderung durch den Steuerknüppel erfolgt. Das Höhenruder wird unabhängig davon durch besonderen Rastenhebel, wie beim Darmstadt „Geheimrat“ betätigt.

Derartige Steuerung des drehbar gelagerten Tragwerkes hat sich nicht durchsetzen können, vor allem auch wohl deshalb, weil sich solche Tragwerke nicht genügend fest bauen ließen. Man hat daher zunächst eine Erhöhung der Steuerfähigkeit dadurch versucht, daß man die Flugzeuge mit verhältnismäßig kurzen Rümpfen ausstattete, also den Abstand zwischen Höhenleitwerk und Tragwerk beschränkte. Entsprechend dem Durchdringen der Ansicht, daß der Vogel vorwiegend statisch segelt, ging man aber später wieder dazu über längere Rümpfe zu bauen. Man konnte so eine Erhöhung der Längsstabilität erzielen, denn erfahrungsgemäß lassen sich Flugzeuge geringer Längsstabilität nicht richtig ausfliegen, da sie den Führer nicht zur Ruhe kommen lassen.

Die Steuerung des Dresden-Eindeckers „Doris“, des v. Löbl S b 2 und S b 3 ist ähnlich der Steuerung des S b 1 ausgeführt, sieht also eine starre Teilung mit schroffem Übergang vor. Bei v. Löbl und Deshayes ist die Fläche federnd gelagert, bzw. es sind Gummizüge eingeschaltet.

Auch bei den Flugzeugen von Allen und Peyret dienen die Flügelruder dem doppelten Zweck der Quer- und Höhensteuerung. Bei Allen erstrecken sich die Klappen fast über die ganze Spannweite des Flügels, ähnlich bei dem Schulz-Eindecker FS 5, mit dem Unterschied, daß sie bei ersterem nach oben und unten, bei letzterem nur nach unten ausgeschlagen werden können. Schulz beabsichtigt also weniger eine der Veränderung des Anstellwinkels ähnliche Wirkung, wie Allen, als vielmehr verstellbares Profil. Allen kann die Klappen in entgegengesetztem, aber auch in gleichem Sinne betätigen. Bei Peyret, dessen Eindecker zwei hintereinander liegende gleichgroße Tragflächen besitzt, ist ähnliche Steuerung vorgesehen. Die Wirkung der Klappen der vorderen Fläche wird hier durch Klappen am hinteren Tragdeck ergänzt. Im Gegensatz zu der mittelbaren Steuerwirkung bei normalem Schwanzleitwerk wird hier eine ähnlich der Flügelsteuerung unmittelbare, also raschere Ruderwirkung

erzielt. Bei einem Höhensteuerausschlag werden die Klappen der hintereinander liegenden Flügel in entgegengesetztem Sinne ausgeschlagen. Bei gewöhnlicher Schwanzsteuerung wird beim Ziehen z. B. lediglich das Schwanzruder nach oben bewegt, der Schwanz damit nach unten gedrückt und dem Rumpf dadurch die schräg nach aufwärts gerichtete Stellung gegeben. Bei Peyret wird diese Wirkung der Schwanzruder noch durch die nach unten gezogenen Vorderklappen verstärkt, das Flugzeug also vorn zugleich gehoben. Die Quersteuerung erfolgt durch gleichsinnigen Ausschlag der Ruder jeder Flügelseite. Wir erhalten bei dieser Bauart gleichsam eine große, in sich schmiegsame Fläche.

Derartige Klappen zur gewollten Gleitwinkelverschlechterung sind gewöhnlich nur nach unten klappbar verwendet worden, da, obzwar die Bremsung durch Herausklappen nach oben wirksamer wäre, sonst eine unbedingt unliebsame Verminderung des Höchstauftriebes eintreten würde.

Aerodynamisch hochwertiger sind veränderliche Profile, welche aber konstruktiv nicht geringe Schwierigkeiten machen.

Beim Hochdecker Wuppertal „Roemryke Berge“ ist eine derartige Profilveränderung in ähnlicher Weise durch Anordnung einer Klappe herbeigeführt, wobei allerdings noch besondere Querruder an den Flügelenden vorgesehen sind. Vollkommener sind die Verstellprofile von v. Schertel, sowie des Darmstadt-Eindeckers „Hessen“, die gesondert dargestellt sind. Über diese Frage ist früher schon Einiges gesagt worden, ebenso über schwanzlose Bauarten. Der Eindecker Kupper Ku 4 hat ein Verstellprofil, das nur geringen zusätzlichen Gewichtsaufwand bedingt, da nur Klappen von prozentual kleinem Tiefenverhältnis bewegt werden, die sowieso über einen großen Teil der Spannweite vorhanden sein müssen. Ferner ist es in diesem Falle auch günstig aus Gründen der Stetigkeit des Festigkeitsaufbaues des Flügels, den die Klappen tragenden Hilfsholm bis zum Rumpf durchlaufen zu lassen. Für die langen Klappen wurde stumpf geschweißter Stahlrohrbau gewählt, da die Formerhaltung der nicht durch Klappen gebildeten Rippenenden in Holzbau schwierig gewesen wäre. Ein weiterer Vorzug besteht darin, daß die Klappen durch je nur einen Hebel an einem Ende angetrieben werden. An der Klappendrehachse sind in mittlerer Klappenstellung einspringende Ecken vorgesehen, um ausspringende möglichst zu umgehen. Im ganzen sollte durch Veränderlichkeit der Wölbung eine Verringerung des Risikos eines konstruktiven Fehlschlages erzielt werden, zumal die schon aus

betrieblichen Gründen und solchen der Flügeldurchbiegung gebotene Unterteilung in 6 Flügelklappen gestattet, auf Grund der Flugerfahrungen auch die Wölbungsverteilung über die Spannweite ziemlich frei zu variieren.

In gewisser Beziehung nicht unähnlich ist diese Steuerung der Steuerart, die bei dem schwanzlosen Typ von Wenk angewandt wird. Hier sind beide Flächen zu einem Flügel zusammengezogen worden, der allerdings technisch wesentlich schwieriger ausführbar ist. Der Weltensegler-Eindecker besitzt an einem mittleren tragenden Teil zwei äußere Teile, welche mit gleichzeitiger Verringerung des Anstellwinkels nach rückwärts gezogen sind. Außer Höhen- und Quersteuerung wird bei dieser Bauart durch die Tragfläche bzw. ihre Ausleger auch noch die Seitensteuerung besorgt. Zur Erzielung der Höhensteuerung werden die Flächenenden gleichsinnig, zur Erzielung der Quer- und Seitensteuerung in entgegengesetztem Sinne bewegt. Bei dem Weltensegler-Eindecker 1921 sollten die Steuerzüge nur zum Niedergehen des Flugzeuges in Tätigkeit kommen, während zum Aufstieg eine Gegenfeder wirken sollte. Bei der Bauart 1922 soll eine Torsion des Flügel-systems durch den Ausschlag kleiner ausgeglichener Ruder an den Flächenenden bewirkt werden.

Durch pfeilförmige Verdrehung der beiden Flügelhälften gegeneinander, wie dies bei der Wenkschen Bauart z. T. erfolgt, können die Tragflächen gezwungen werden, sich selbst in gewissen Grenzen im Gleichgewicht zu halten. Man gibt dann meist den vorliegenden inneren Teilen größere Anstellwinkel als den hinteren äußeren, so daß die Flügelspitze gleichsam an Stelle einer besonderen Kopfflosse tritt. Durch schräges Rückwärtsziehen der negativ angestellten äußeren Flächen-teile wird erreicht, daß von diesen Flügelteilen nur ein Teil im Bereich der Wirbel des Hauptflügels liegt, während der äußerste Teil außerhalb dieser Wirbel liegt und als Stabilisie-rungsfläche voll wirksam ist. Nach ähnlichen Grundsätzen waren bereits früher die Flugzeuge von Dunne und Wels-Etrich gebaut, später auch die Typen von der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg und in gewissem Sinne auch von Zeise-Nesemann, welche bekanntlich normale Taubenflügel verwenden.

Beim schwanzlosen Essen-Eindecker „Essen“ erfolgt der Ausgleich der Längsmomente durch Flächen, die dicht hinter der Flügelaustrittskante liegen und gleichzeitig als Querruder dienen. Um diese verhältnismäßig großen Flächen wenigstens teilweise aus dem Bereich der Wirbelschlepp des Tragflügels

zu bringen, sind sie unter einem spitzen Winkel zur Flügel-ebene geneigt.

Die Form des Zanoniasamens, ähnlich dem Taubenflügel, wird aber in erster Linie zur Erhöhung der seitlichen Stabilität angewendet. Die starke Seitenlabilität der Flugzeuge kann durch negative Anstellwinkel der Flügelspitzen herabgesetzt werden, allerdings unter Verlust an Auftrieb. Ähnliche Wirkung kann durch V-Stellung der Flügel erreicht werden. Sehr starke V-Form kann die Verwendung irgend welcher Hilfssteuer un-nötig machen, bringt aber den großen Nachteil starker Emp-findlichkeit gegen seitliche Böen mit sich.

Meist begnügt man sich mit geringerer seitlicher Stabilität und sieht dafür verstellbare Hilfsflächen an den Flügelenden als Querruder vor. Am günstigsten ist auch hier wieder zur Erzielung sanfter Übergänge elastische Bauart des Flügels, also reine Flächenverwindung, welche allerdings baulich nicht so einfach ausgeführt werden kann, wie Klappensteuerung. Zeise-Nesemann verwendet zum Bau der leichtverwindbaren Flächenenden Bambusrippen ohne steife Sperrholzwand, welche im letzten Drittel nur einseitig bespannt werden.

Anders ist die Biegsamkeit bei Hannover-„Vampyr“ erreicht. Hier ist der größte Teil der äußeren Flügelenden ver-windbar gehalten. Dies wird erreicht durch eine Rippen-konstruktion, bei welcher die Spierengurtenden aufeinander schleifen. Hier liegt ebenso, wie bei dem Eindecker Berlin „Teufelchen“ das die Verdrehung hervorriefende Organ innerhalb der Fläche. Bei dem letztgenannten Flugzeug wird das ganze Flügelende zum Zwecke der Quersteuerung um eine Querachse gedreht und von einem Stahlrohrholm getragen. Auf diesem ist nur die letzte Flügelrippe starr befestigt und wird bei einer Drehung des Rohres so geschwenkt, daß das Ende der Flügelvorderkante mitbewegt wird. Die übrigen Rippen schleifen lose auf dem Holm.

Beim Baumuster Messerschmitt S 14 ist die Verwindung so gelöst, daß um einen festen Holm die äußeren Rippen drehbar angeordnet sind und durch einen auf den Nasenholm wirken-den Hebel der Steuerung vorn gesenkt bzw. gehoben werden.

Werden zur Regelung der seitlichen Stabilität Klappen vor-gesehen, so lenkt man diese in der Regel an einen Flügel- bzw. Hilfsholm an. Beim Kupper-Eindecker „Ku 4“ sind die Querruder in 6 getreant angetriebene Klappen unterteilt unter Berücksichti-gung der Biegsamkeit und Zerlegbarkeit des Flügels. Auch für die Formgebung der Querruder gilt das oben für die Höhenrunder Gesagte. Wir finden daher bei Hochleistungs-

flugzeugen meist Ruder von gutem Seitenverhältnis. Beliebte ist eine Gestaltung des Querruders, die eine elliptische Abrundung der Flügelenden und eine parallel zur Holmrichtung verlaufende Klappenachse zeigt. Messungen derartiger Formen haben befriedigt¹⁾.

Klappenformen, mit verlängerter Hinterkante (Darmstadt „Konsul“), sind heute selten geworden, da durch Ablösung des Wirbelzopfes in Nähe der Vorderkante des Flügels Schwingungen der Klappe begünstigt werden. Das Gleiche gilt für Querruderformen mit verlängerter Hinterkante und schräglaufer Anlenkung (Darmstadt „Margarethe“). Um diesen Erscheinungen auszuweichen, werden auch Flügelformen verwirklicht, bei denen die Flügelvorderkante verlängert ist. Hier kann der abgelöste Wirbelzopf das Ruder nicht mehr beeinflussen.

Entlastung der Querruder ist im Segelflugzeugbau selten. In einzelnen Fällen wird diese dazu benutzt, auch gewichtlich auszugleichen. Kommen z. B. breite Querruder zur Verwendung, so ergibt sich leicht derartige Hinterlast, daß die Vorspannung in den Antriebsseilen zu groß wird, weshalb gewichtliche Ausgleiche zweckmäßig werden. Bei Gestaltung der Quersteuerung hat auch die Gefahr von Flügelschwingungen berücksichtigt zu werden.

Sehr stark ist die Wirksamkeit der Querruder von der Verdrehsteifigkeit des Flügels abhängig. Der Quersteuerung muß auch wegen der Gefahr des Flügelflatterns Beachtung geschenkt werden. Dadurch, daß die Vorderkante der Querruder fest mit dem Flügel verbunden ist, die Steuerleitungen aber meist bis zu einem gewissen Grad nachgiebig sind, tritt bei plötzlichen Bewegungen des Flügels ein Nachhinken des Querruders ein. Hierdurch entsteht eine Anstellwinkelvergrößerung oder Verkleinerung für diesen Flügelteil, welche die anfängliche Bewegung noch verstärkt. Diese wird vom Tragwerk auf das ganze Flugzeug übertragen, wobei die Beanspruchungen und damit die Formänderungen im Flügelfachwerk vergrößert werden. Durch die Stoßwirkung werden zu große Formänderungen hervorgerufen, die über den Gleichgewichtszustand hinaus und dann erst zurückgehen. Es handelt sich hier also um Schwingungen. Jedes Querruder oder ein ähnlicher Lappen ist gegenüber einem schwingenden Flügel allein aus Trägheitsgründen bestrebt, eine Lage einzunehmen, bei der die Luftkräfte die Schwingung vergrößern. Gewöhnlich sind die Steuerleitungen so starr und die Trägheitskräfte der Querruder so

¹⁾ W. S. Diehl, N. A. C. Rep.-Nr. 144, 1923.

gering, daß diese Schwingungen bei geringen Geschwindigkeiten nicht auftreten. Bei hohen Geschwindigkeiten aber, und falls zwischen der Eigenschwingung des ganzen Flügels und der durch die Querruder erregten Schwingung Resonanz eintritt, folgt Flügelflattern, dem nicht nur zahlreiche Motorflugzeuge, sondern wiederholt auch Segelflugzeuge zum Opfer gefallen sind.

Um derartigem Flattern vorzubeugen, kann man Querruder vollkommen ausgleichen. Dann kann der Schwerpunkt in der Drehachse liegen¹⁾.

Die sich zwischen Flügel und Klappe bildenden Spalten werden meist durch eine von vorn übergreifende Nase verschlossen, können aber auch als gekrümmte Schlitz von düsenartigem Querschnitt ausgebaut werden, deren engerer Ausgang auf der Saugseite liegt (Görlitz „Görlitz I“). Nach Lachmann beträgt die Auftriebshöhung gegenüber dem ungeschlitzten Profil etwa 50 v. H. bei durchlaufender Klappe²⁾. Ausgeglichenere Querruder finden wir bei motorlosen Flugzeugen verhältnismäßig selten.

Besonders groß sind die Querruder bei dem Espenlaub-Eindecker E 3 gehalten. An den Flügelenden bildet die vorliegende Fläche eigentlich nur noch einen Stützholzm zur Anlenkung. Noch etwas weiter ist bei den Eindeckern München 1922 und Schulz F.S. 3 gegangen worden. Ersterer besitzt zwei besondere seitliche Steuerdecks, ebenso wie letzterer, mit dem Unterschied, daß im ersten Falle die Bewegung zwangsläufig entgegengesetzt für jede Flächenhälfte erfolgt. Schulz dagegen verzichtet auf Kuppelung der Querruder, welche er zugleich zur Seitensteuerung heranzieht. Er vermeidet auf diese Weise bei Betätigung der Steuerung Momente, welche bremsend, das Flugzeug entgegen der beabsichtigten Richtung herumziehen. Die anfänglich von Schulz verwendeten Klappen haben die Form etwa dreieckiger, ausgeglichener Ruder und sind nur seitlich an den Flügel angesetzt, werden aber später in der für normale Querruder üblichen Weise an das Ende des Flügelholmes angelenkt. Ihre Form nähert sich einem 5-Eck.

Auch der Eindecker Kirchner „La Pruvo“ besitzt ähnliche Flügelspitzen-Steuerung, um die Gewichte des Querruderholmes und des dazugehörigen Hilfsholmes zu sparen. Ähnliche verdrehbare Flügelendklappen findet man bei dem Däumler-Eindecker L 15. Außerdem sind hier aber noch gewöhnliche Querruder am Hinterholm des Tragflügels angeordnet und mit die-

¹⁾ Sayers, Concerning Wing-Flutter, The Aeroplane 1927.

²⁾ G. Lachmann, Leichtflugzeugbau, München 1925.

sen Endklappen gekuppelt. Handelt es sich hier nur um Quersteuerung, im Gegensatz zur Quer- und Seitensteuerung beim Schulz F.S. 3, so ist bei den Baumustern Darmstadt „Konsul“ und Darmstadt „Starkenburg“ normale Quersteuerung durch Klappen an den Flügelenden und Seitensteuerung am Rumpfenende durch das übliche Seitenruder vorgesehen. Der Antrieb beider Steuerungen ist aber miteinander gekuppelt. Ohne daß direkte Betätigung durch den Steuerknüppel erfolgt, wird hier also ein Zusammenarbeiten beider Steuer erzielt. Die Erfahrungen mit derartiger differentialartiger Kupplung zur Erzielung ausreichender Steuerfähigkeit, auch bei großen Spannweiten, sind gut. Die Anordnung ist derart getroffen, daß bei nicht ausgetretenem Seitenruder die Querruder wie üblich arbeiten. Bei Rechts-Seitensteuer betätigt aber ein etwaiger Querruderausschlag am Steuerknüppel die rechte Klappe mehr, die linke weniger und umgekehrt.

Vielfach werden die Querruder als Differentialruder ausgebaut. Man erreicht dadurch, daß die auf der Seite des gesenkten Ruders durch Vergrößerung des induzierten Widerstands wirkende Luftkraftkomponente, die das Flugzeug nach außen drehen will, verkleinert wird. Dadurch ist gute Unterstützung des Seitenruders in der Kurve feststellbar (Dresden M 27, R.R.G. „Wien“, Dessau „Anhalt“, Dessau „Dessauer“).

Um diese Verhältnisse klar zu übersehen, sei bemerkt, daß bei gewöhnlichen Querrudern, die gleichzeitig die gleichen Ausschläge nach oben bzw. unten machen, der Widerstand auf der Seite des herabhängenden Ruders stark vergrößert wird. Dadurch wird der Flügel und die Luftgeschwindigkeit auf dieser Seite verlangsamt, also der Staudruck verringert. Die Querruder sind im Sackflug unwirksam, wenn das Flugzeug nicht ein so großes Seitenruder besitzt, daß dieses die Abbremsung des Flügels vermeiden kann. Deshalb kann auch unter gleichen Umständen die Wirkung von Querrudern durch das Verhältnis von Rollmoment zu Kursmoment gemessen werden. Wenn beide Querruder in entgegengesetztem Sinne betätigt werden, wachsen Roll- und Kursmoment der Winkeländerung jedes Querruders verhältig. Das Verhältnis zwischen den beiden Momenten hängt vom Gesamtanstellwinkel des Flügels ab. Beim Durchsacken nimmt für gegebene Querrudergröße das Kursmoment zu, das Rollmoment ab.

Beim Differentialruder dagegen werden die Querruder so gesteuert, daß die beiden Querruder immer derart zueinander stehen, daß sie nicht nur die gewollten Bewegungen ausführen, sondern daß sie dabei gegeneinander ausgeglichen sind. Das

Ruder auf der Seite, die gehoben werden soll, wird weniger stark nach unten geklappt, als das entgegengesetzte Ruder nach oben bewegt wird. Dadurch wird ein größerer Teil des Rollmomentes durch Verringern des Auftriebes am nach oben gezogenen Querruder erzeugt. Gleichzeitig ist der Widerstand des herabbewegten Flügels für ein gegebenes Rollmoment nicht so groß, da das Ruder nicht so stark wie gewöhnlich betätigt zu werden braucht. Andererseits vergrößert die stärkere Bewegung des aufwärts bewegten Ruders den Widerstand des betr. Flügels und ruft so eine Art Stützruderwirkung für den Kurs hervor. Bei einer starken Bewegung des Steuerknüppels schlägt das abwärts bewegte Querruder nicht weiter aus, vielmehr werden die Ausschläge verringert. In diesem Augenblick wird die ganze Rollmomentsteigerung durch Verringern des Auftriebes am anderen Flügel hervorgerufen. Der Widerstand des tiefen Flügels wird kleiner, aber der des hohen Flügels vergrößert sich. Dadurch verringert sich gleichzeitig das Kursmoment. Dies ist besonders beim Durchsacken erwünscht, da dann die Querruder auch in diesem Flugzustand wirksam bleiben¹⁾.

Seitliche Richtungsänderungen im Flug werden bei der überwiegenden Mehrheit motorloser Flugzeuge ebenso durch eine vertikale, bewegliche Fläche hervorgerufen wie bei den Motorflugzeugen. Der Eindecker v. Löbl Sb 1 besaß dagegen anfangs Bremsklappen an den Enden der Tragflächen, ebenso wie auch das Harth-Messerschmitt-Flugzeug und der Essen-Eindecker „Essen“. Die Wirkung solcher Bremsklappen kommt aber nicht an die Wirkung eines gewöhnlichen Seitensteuers heran, weshalb die Bremsklappen in den angeführten Fällen wieder verlassen wurden.

Das Seitenruder wird meist je nach der Form des Höhensteuers zwischen den beiden Teilen des Höhenruders gelagert oder über demselben. Ist eine Kielflosse vorhanden, so legt man meist diese unmittelbar vor das Seitenruder, lenkt dieses also in Klappenform an die Kielflosse an. Wesentlich für die Steuerwirkung ist die Form des Seitenruders. Wie bereits bemerkt, ist ein Rechteck mit günstigem Seitenverhältnis besonders geeignet. Wird ein Ausgleich gegenüber dem Moment der am Ruder angreifenden Luftkräfte angestrebt, so läßt man meist ein Teil des Ruders übergreifen.

Seltener ordnet man Seitenruder und Kielflosse getrennt voneinander an. Nur vereinzelt finden wir etwa auf der Haupt-

¹⁾ The de Havilland Differential Aileron, The Aeroplane 1927.

tragfläche liegende Vertikalfächen. Bei entsprechender Formgebung des geschlossenen Rumpfes braucht die Kursbeständigkeit des Flugzeuges nicht durch eine besondere Kielflosse erzielt zu werden. Läßt man z. B. den Rumpf in eine vertikale Schneide rückwärts auslaufen, so können gerade Rumpfwände Kielflossen ersetzen. Bei derartiger Bauart ergibt sich allerdings bei Seitenwind leicht stärkere Abtrift als bei offenen Rümpfen ohne senkrechte Kielflossen. Eine Reihe von Konstrukteuren ist deshalb bestrebt, möglichst ohne Kielflosse oder sonstige senkrechte Flächen auszukommen und rundet auch die Rumpfflächen nach Möglichkeit ab. Vollkommener Fortfall einer schwenkbaren Vertikalfäche ist z. B. bei der Schulzchen Klappensteuerung möglich, ebenso, wie Flügelsteuerung ein besonderes weiteres Höhensteuer unnötig macht.

Sehr günstig erscheint die Seitensteuerung des Hochdeckers Schenk „Rosslau“, bei dem das Seitenruder mit veränderlichem Profil gebaut wurde. Das Ruder ist hier zweiteilig, wobei die hintere Hälfte den doppelten Ausschlag der vorderen aufweist. Einschließlich der feststehenden Kielflosse besteht hier das Seitenruder also aus drei etwa gleich tiefen Streifen. Es handelt sich hier also eigentlich um ein sich gut wölbendes Profil.

Auf die bewegliche Anordnung horizontaler Klappen beim Eindecker Schulz FS3 wurde schon hingewiesen. Diese Klappen dienen als Querruder und Seitenruder. Ebenfalls Klappen an den Flügelenden, diesmal aber vertikal stehend, hat Espenlaub bei seinem Hochdecker E9 verwirklicht. Er erzielte so gute Steuerfähigkeit trotz großer Spannweite bei kurzem Rumpf. Auch bei den Baumustern R. R. G. „Ente“ und „Storch“ sind derartige Flügelendscheiben verwendet. Ebenso bei dem Eindecker Nilm „Zaunkönig“ und Friedberg „Uhu“. In allen Fällen sind diese Klappen nicht miteinander gekuppelt. Wenn sie gleichmäßig unter spitzem Winkel ausgeschlagen, so daß die Verlängerungen ihrer Mittellinien sich mit dem Flugzeug schneiden, so vergrößert sich die Stabilität um die Hochachse, während ein Ausschlagen beider Scheiben um 90° starke symmetrische Widerstandsvermehrung zur Folge hat und somit den Auslauf verkürzen kann. Man hat bei derartiger Ruderanordnung die Möglichkeit, mit geringer Höhe des Seitenruders auszukommen, da die hemmende Wirkung bei stärkerem Ausschlag infolge des größeren Hebelarmes stärker ist. Ferner ist die Nebenwirkung bemerkenswert, daß solche Seitenruder dem Abtrutschen entgegenarbeiten¹⁾.

¹⁾ W. Schlink, Der erste Rhön-Versuchswettbewerb, Z. F. M. 1926.

Doppelte Seitenruder werden selten verwendet, sofern es sich nicht um Flügelspitzensteuerung handelt (Weltensegler „Roland Festung“). Ihre Verwendung nebeneinander am Schwanz setzt natürlich ausreichenden Abstand voneinander voraus, da sonst die Wirkung ungenügend ist (Frankfurt „Framat“). Beim Kupper-Eindecker „Ku 4“ wurden aus fliegerischen Gründen feste Leitflossen gewählt, so daß sich die Möglichkeit ergab, das Seitenleitwerk zu unterteilen und als Endscheiben am Höhenleitwerk anzubringen, was dessen Längsdämpfung willkommen vergrößert. Hierdurch ergibt sich eine erträgliche Gesamthöhe und nahezu Wegfall von Verdrehungsbeanspruchungen des Leitwerkträgers. In oben erwähnter Weise können auch hier beide Seitenruder nach außen gespreizt werden, um als Luftbremse zu wirken. Die entsprechende Betätigung erfolgt dadurch, daß beide Seitensteuerpendelpedale, unabhängig von der jeweiligen Seitensteuerstellung mit großer Kraft entgegen einer Feder- vortension vorgetreten werden. Bei Nachlassen der Fußkräfte blockiert diese das die Ruder spreizende Differential durch Anschlag wieder für gewöhnliche Fußkräfte.

Die Leitwerksgewichte der heutigen Segelflugzeuge liegen zwischen 1 und 5 kg/m². Bei guter Durchbildung erscheint es möglich, ein Leitwerk vorgeschriebener Festigkeit mit einem spezifischen Gewicht von etwa 2,5 kg/m² zu bauen. Beim Dresden Baumuster 8 ergibt sich ein Leitwerksgewicht von 6,5 kg/m². Auch geringes Gewicht der Querruder ist im Hinblick auf Schwingungsgefahr, Entlastung des Flügels bei der Landung und Verringerung des Trägheitsmomentes um die Hoch- und Längsachse wesentlich.

Meist erfolgt Lagerung der Ruder im Anschluß an einen Holm des Tragflügels oder der Dämpfungsfläche. Bei einholmigen Flügeln wird hierfür vielfach ein besonderer Hilfsholm vorgesehen. Das Seitenruder läßt sich auch, wenn keine Kielflosse vorgesehen ist, gut am Ende des Rumpfes anschließen, da dieser gewöhnlich dann als senkrechte Schneide endet, um doch gewisse Kielwirkung zu bieten. Ist bei gleicher Anordnung aber das Höhenruder ungedämpft, so lagert man es meistens an einer kleinen, konsolartigen, mit dem Rumpf fest zusammengebauten Fläche, die kaum als Dämpfungsfläche angesehen werden kann. (Hofmann „Westpreußen“.) Will man das vermeiden, so kann man auch das Höhenruder zweiteilig bauen und jede Hälfte auf ein im Rumpf liegendes Stahlrohr aufstecken. (R. R. G. „Wien“). Umgekehrt läßt sich das Höhenruder am Rumpfe aufhängen, wenn letzteres als wagrechte Schneide gestaltet wurde. Dann legt man meist das Seitenruder,

statt hinter das Höhenleitwerk, vor dasselbe (Hannover „Vampyr“). Aerodynamisch ist die erstgenannte Ausführung günstiger, da sie bessere Formgebung des Rumpfes zuläßt.

Die Lagerung der Steuerflächen erfolgt meist ähnlich wie bei Motorflugzeugen etwa mit Lagerschellen und -bolzen, oft aber, entsprechend den geringeren Kräften mit Hilfe einfacherer Scharniere. Beim Baumuster Kupper Ku 4 ist jede Klappe dreifach kugelgelagert. Eine einfache Bauart zeigte der Doppeldecker Darmstadt F.V.D., bei welchem die Hinter- bzw. Vorderleisten dreikantig bearbeitet, eine kleine Nut an der Spitze tragen, in der ein etwa 4 mm starkes Seil die ganze Vorderkante der Fläche entlang läuft. Durch Umschnürung ist dieses Seil abwechselnd an den beiden Leisten befestigt.

Beim Eindecker Kirchner „Hessenland“ sind an Stelle von Metallagerungen Holzlagerungen der Ruder vorgesehen, um Gewichtersparnisse zu erzielen. Allerdings ist das wenig haltbar, also bestenfalls für kurze Wettbewerbszwecke zulässig.

Entsprechend den Steuerflächen sind im Führersitz die nötigen Betätigungsrichtungen angebracht. Am meisten verbreitet ist die gewöhnliche Steuerung, wie sie aus dem Motorflugzeugbau bekannt ist. Bei Knüppelsteuerung ist die Steuersäule in doppeltem Gelenk derart beweglich gelagert, daß Bewegung sowohl in Flugrichtung zur Betätigung des Höhensteuers, als auch in seitlicher Richtung zur Betätigung der Quersteuerung erfolgen kann. Bei der Handradsteuerung trägt die Steuersäule oben ein vertikal, quer zur Flugrichtung stehendes Handrad, das mit einer Seilführungsscheibe in Verbindung steht, über welche die von der Quersteuerung kommenden Steuerseile führen. Hier wird also lediglich die seitliche Schwenkbarkeit des Hebels durch Drehung des Handrades ersetzt.

Bei Knüppelsteuerung kann die Lagerung der Säule derart erfolgen, daß die Steuerwelle senkrecht zur Flugrichtung sitzt. Bei Betätigung des Höhensteuers wird dann die Welle gedreht. Liegt die Welle in Flugrichtung, so erfolgt Drehung der Steuerwelle nur bei Betätigung der Quersteuerung. Die Lagerung der Steuersäule kann derart erfolgen, daß die Steuersäule aufgeschlitzt über die Welle gestreift wird, oder derart, daß sie sich in einem entsprechenden Schlitz der Welle bewegt. Der Drehpunkt liegt dann meist in Höhe der Welle, verschiedentlich aber auch tiefer, wie z. B. bei dem Merriam-Eindecker. Der Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“ zeigt allseitig bewegliche Lagerung des Knüppels mit einer hohlen Stahlkugel in einem aus Aluminiumlegierung herausgearbeiteten Hohlkugel-

schalenring. Dieses Gelenk ist an einem pyramidenartigen Sperrholzträger am Vorderholm befestigt.

Beim Kupper-Eindecker „Ku 4“ ändert sich das Übersetzungsverhältnis des Höhenruders mit der Geschwindigkeit, wie wir das aus dem Rennflugzeugbau kennen, um ein Ausfliegen der großen Geschwindigkeitsspanne zu erleichtern. Vorgesehen ist Radsteuerung. Mit einem links neben der Steuersäule befindlichen Knüppel mit Rasten können die 6 Querruderklappen in bestimmten Übersetzungs- und Differential-Verhältnissen zur wahlweisen Wölbungsänderung gegenüber der Höhensteuerung hochgezogen werden, um das „untere Abreißen“ im Schnellflug zu beseitigen. Die Querruderklappen sind außerdem mit dem Höhenruder direkt gekuppelt.

Die zur Übertragung der Kräfte dienenden Organe können unmittelbar an der Steuersäule angreifen oder an besonderen Hebeln, welche auf die Steuerwelle aufgesetzt werden. Liegt die Welle senkrecht zur Flugrichtung, so läßt man meist an den Hilfshebeln die zur Bewegung des Höhenruders dienenden Organe angreifen, während die Kabel für die Querruder dann meist am unteren Ende der Steuersäule befestigt werden. Liegt dagegen die Steuerwelle parallel zur Flugrichtung, so werden die Betätigungsorgane umgekehrt angeschlossen. Verschiedentlich kann man auch die Organe oberhalb der Welle unmittelbar an der Steuersäule angreifen sehen. Es ist dann aber besonders, wie auch sonst immer darauf zu achten, daß die entsprechenden Übertragungsorgane nicht durch eine Bewegung des Führers im Fluge verletzt oder in der Bewegung behindert werden können.

Zur Betätigung der Ruder werden oft zug- und druckfeste Organe verwendet, welche natürlich mit wachsender Länge immer mehr der Knickgefahr ausgesetzt sind. So besitzt der Hannover-Eindecker „Vampyr“ z. B. eine Stoßstange zur Betätigung des Höhenruders. Auch für die Quersteuerung werden oft ähnliche Organe eingebaut. Am häufigsten findet man im Inneren des Flügels parallel zur Stirnleiste laufende Rohre, auf denen entweder unmittelbar die Querruder befestigt sind, oder welche Hebel tragen zur Betätigung dieser Ruder. Beim Eindecker Berlin-„Teufelchen“ ist dieses Rohr mit der letzten Flügelrippe starr verbunden. Die Verdrehung des Flügelendes erfolgt durch Schwenkung des Rohres im Flügel. Auch bei flügelgesteuerten Maschinen wird die Veränderung des Anstellwinkels der Tragfläche durch Stoßstangen vielfach erzielt. So führt beim Darmstadt-Eindecker „Geheimrat“ eine Stoßstange

vom Steuerknüppel unter dem Führersitz entlang, eine zweite hinter dem Führer zum Tragdeck.

Bei der Verwendung von Zugorganen (Drähten oder Seilen) werden auf die Ruderachse meist doppelarmige Hebel aufgesetzt, an welchen die Kabel angeschlossen werden. Solche Zugorgane müssen auf möglichst gerader Linie event. über Rollen mit hinreichend großem Durchmesser geführt werden zur Vermeidung von Klemmungen. Hinsichtlich der Steuerung und Seilführung empfiehlt es sich nicht, mit Rücksicht auf den Luftwiderstand die Hebel kurz zu wählen, statt lang mit größerem Seilweg und kleineren Seilkräften. Es ist wichtig, auch auf genügend große Austrittsöffnungen aus dem Rumpf oder den Flächen zu achten, da durch Verschleiß die Sicherheit bald gefährdet wird. Im Interesse der Herabsetzung aller schädlichen Widerstände wird man auch hier die Übertragungsorgane innerhalb des Rumpfes oder der Fläche führen. So werden sie auch vor fahrlässigen Beschädigungen geschützt, sind aber schwerer zu kontrollieren. Auf jeden Fall sollten Klappen zum mindesten die Steueranschlüsse leicht zugänglich machen. In übersichtlicher Weise sind beim Martens-Eindecker „Strolch“ Kupplungshebel in den Steuerzügen an den Trennstellen der Flügel und der Steuerruder eingebaut, welche ein Loslösen bzw. Nachspannen von Steuerzügen unnötig machen, so daß schnelle und sichere Montage möglich ist. Beim Eindecker Kupper Ku 4 erfolgt der Endantrieb der Klappen an den Trennstellen der Außen- und Innenflügel bzw. Innenflügel und Rumpf und zwar über je einen Winkelhebel und Stoßstange auf der Flügelunterseite. Dies sind die einzigen im Luftstrom liegenden Steuerungsteile. Im Flügelinnern führt die Stoßstange zu ein und demselben, bei jedem der 3 Klappenpaare jedoch anders eingestellten Differential. Jede Klappe hat ihre durch die ganzen Innenflügel getrennt laufenden Seilzüge. Die Kupplung der Seilhebel an allen 4 Flügeltrennstellen geschieht bei der Flügelmontage automatisch, ähnlich der Darmstadt-Bauart. Die Kupplungsstoßstängchen tragen aber Kugelköpfe, die in Pfannen der Gegenhebel laufen. Bei der Montage werden sie unter Federzug mittels der Pfannenpaare verbindender kreisbogenförmiger Gleitbahn selbsttätig in Betriebsstellung gebracht. In vorteilhafter Weise werden hier Kontrollöffnungen in der Flügelhaut, die Störung des Torsionsverbandes und der Oberflächenglätte mit sich bringen, vermieden. Bolzen können nicht verloren gehen; alle wartungsbedürftigen Teile sind an den Flügeltrennstellen leicht kontrollierbar. Bei dem Hochdecker Dessau „Dessauer“ sind bei den Steuerzügen Umlenkungen um Seilrollen fast immer ver-

mieden. Statt dessen wurden Winkelhebel und Stoßstangen verwendet. Hierdurch ergibt sich leichte Montage. Die Querruder beider Flügelhälften sind durch Herausnahme eines einzigen Bolzens voneinander und gleichzeitig vom Steuerknüppel zu trennen.

Radsteuerung wird im allgemeinen für motorlose Flugzeuge nicht verwendet, da die Steuerräder zu viel Platz einnehmen. Oft hilft man sich dadurch, daß man das ganze Rad durch kleine Radsegmente ersetzt. (Kegel „Kassel“, Kupper Ku 4). Beim schwanzlosen Eindecker R. R. G. „Storch“ ist ebenfalls Radsteuerung vorgesehen. Fast allgemein hat sich die Einteilung durchgesetzt, nach welcher der Handhebel für Höhen- und Quersteuerung, ein Fußhebel für die Seitensteuerung benutzt werden. Eine Ausnahme hierin bilden z. B. Harth-Messerschmitt, welche zwei Handhebel einbauen. Bei gleichsinniger Bewegung in Flugrichtung erfolgt Höhensteuerung, sonst Quersteuerung. Später baute Messerschmitt nur noch einen Normalknüppel ein, welcher drehbar auf der Mittelkufe vor dem Führersitz liegt. Durch Schwinghebel aus Stahlblech werden Steuerseile für die Verwindung und Stoßstangen für die Höhensteuerung betätigt. Die Seitensteuerung erfolgt durch den üblichen Fußhebel.

Schulz verwendet in seinem Eindecker FS 3 zwei in dem über dem Führersitz liegenden Tragdeck schwingende Handhebel, durch welche die Flügelklappen für Quer- und Seitensteuerung unabhängig voneinander bewegt werden. Durch gleichmäßigen Zug beider Hebel vor oder zurück wird der Höhensteuerausschlag bewirkt. Im Ostpreußen-Eindecker 1923 hat Schulz zwei gekreuzte Handhebel angeordnet, welche sich im Rumpf um eine quer zur Flugrichtung liegende Welle schwingen lassen. Auch hier fehlt ein Fußhebel für das Seitensteuer.

Der Marion-Doppeldecker besitzt als Ersatz eines solchen Fußhebels ein kleines Rad am Knüppel, welches mit Hilfe einer Seilscheibe die Seitensteuerfläche bewegt. Beim Zeiss-Nesemann-Eindecker „Senator“ sind Seitensteuer und Querruder in ähnlicher Weise miteinander gekuppelt, wie wir dies von den ältesten Wrightflugzeugen her kennen. Der Handasyde-Eindecker 1922 besitzt an der rechten Rumpfseite einen Hebel für das Höhenruder. Die Querruder sind durch ein vor dem Führer am Vorderholm der Tragfläche entlanglaufendes Seil miteinander gekuppelt. Die Steuerbetätigung erfolgt durch Hin- und Herziehen dieses Seiles. Diese Bauart hat sich ebensowenig bewährt, wie alle verschiedenen anderen, von der Normalsteuerung wesentlich Abweichenden. Praktisch ist tatsächlich kein

Grund vorhanden, eine andere, mehr sinnfällige Steuerungsart als die gewöhnliche Knüppelsteuerung einzuführen.

Der Peyret-Eindecker weist zur Erzielung der Ruderbetätigung ein am Knüppel angebrachtes Kegelraddifferential auf, in ähnlicher Weise, wie es im Kraftwagenbau verwendet wird. Die Steuersäule ist hier auf einer in Flugrichtung liegenden Welle befestigt, welche auf einer zweiten quer zur Flugrichtung liegenden Welle gedreht wird. Letztere ist geteilt und trägt zu beiden Seiten des Knüppels ein Kegelrad, in welches ein vorderes, etwa rechtwinkelig liegendes drittes Kegelrad eingreift. Bei gradliniger Vor- und Zurückbewegung des Knüppels wird die quer zur Flugrichtung liegende Welle gleichmäßig verdreht, bei seitlicher Bewegung des Knüppels hingegen ungleichmäßig bzw. in entgegengesetztem Sinne.

Die Weltensegler-Steuerung, bei der verschiedene Steuerbewegungen durch normale Betätigung des Knüppels ausgeführt werden können, ist gesondert dargestellt.

Für Hängegleiter, steuerbar durch Verschiebung des Gewichtes des Fliegers, fallen naturgemäß sämtliche Steuerrieder weg. Eine Ausnahme macht nur das Seitensteuer. Die zu seiner Betätigung nötigen Seile laufen meist bis zu der Stelle, an welcher beim Flug die Hände des Führers ruhen und werden dort mit einer Schlinge versehen, da der Bewegungsbereich der Hände im Fluge mit einem Hängegleiter stark begrenzt ist.

Es ist wichtig, beim Entwurf der Steuerung, besonders wenn es sich um ein flügelgesteuertes Flugzeug handelt, auf richtiges Hebelverhältnis zu achten, damit die mit Steuerknüppel auftretenden Kräfte in keinem Falle zu groß werden können. Bei falschem Hebelverhältnis besteht gerade bei Flugzeugen mit drehbar gelagerter Tragfläche die Gefahr, daß bei starken Böenwirkungen die Kraft des Führers nicht mehr ausreicht, die Flügel zu halten. Messerschmitt sieht deshalb bei seinem Eindecker S13 eine, beispielsweise beim Drücken, also dem Auftreten größerer Momente, wachsende Untersetzung der Steuerung vor, so daß auch beim Drücken keine wesentliche Zunahme des Druckes im Hebel zu bemerken ist.

Auf die Steueranordnung im Darmstadt-Eindecker „Geheimrat“ sei hier noch einmal hingewiesen. Die Veränderung des Anstellwinkels der Tragfläche wird hier durch einen Knüppel erzielt, während die rückwärtige horizontale Dämpfungsflosse durch einen kleinen, seitlichen Hebel betätigt wird, derart, daß die Flosse mechanisch feststellbar ist.

Um Leitwerkflattern und der damit auftretenden unerwünschten Rückwirkung auf Tragwerk und Rumpf vorzubeugen, ist gute

Festigkeit des Leitwerkes erforderlich. Infolge zu schwacher Rippen, die als Fachwerk mit niedriger Bauhöhe und gekrümmten Gurten ausgebildet sind, ist die Steifigkeit oft nicht ausreichend. Auch ist die dem Ruder Festigkeit gebende vordere Torsionsröhre an den Lagerstellen oft unterbrochen. Es ist, wie schon bemerkt, nötig, die Querruder durch möglichstes Heranziehen des Schwerpunktes an die Drehachse gewichtlich auszugleichen. Dies ist durch Zurücklegen der Lager in das Innere der Ruder und durch leichten Bau der Rippen unschwer erreichbar.

4. Rumpf.

Der Rumpf dient zur Verbindung von Tragwerk und Leitwerk. In den meisten Fällen werden in ihm die Sitze mit der Steuerung untergebracht. Bei schwanzlosen Maschinen dient der Rumpf nur zur Aufnahme der Sitzanlage. Für alle Rümpfe, gleichgültig welcher Bauart das Flugzeug angehört, sollte die geringen Luftwiderstand bietende Stromlinienform nach Möglichkeit für die Formgebung maßgebend sein.

Ein Rumpf mit rechteckigem Querschnitt stellt die einfachste Bauform dar. Zur Herabsetzung des Stirnwiderstandes ist man aber bestrebt, alle scharfen Kanten zu vermeiden. Für Hochleistungsflugzeuge kommen nur geschlossene Rümpfe in Betracht, deren Form mehr oder weniger stromlinig ist. Der größte Durchmesser beträgt etwa $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der Länge. Zweckmäßig beträgt die Länge des vorderen Teiles bis zum größten Durchmesser etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ der Gesamtlänge. Derartigen Rümpfen gibt man meist etwa eiförmigen Querschnitt, da sich dieser gut der Körperform des sitzenden Fliegers anpaßt. Um die Kielwirkung des Rumpfes zu verbessern, ist beim Eindecker Darmstadt „Konsul“ u. a. oben und unten eine scharfe Kante vorgesehen.

Allerdings kommt es darauf an, daß Bauhöhe und Flächengestaltung der Rumpfvorderteile der Seitenrudergröße angepaßt sind. So ergaben sich z. B. bei dem Doppeldecker Heidelberg „Kurpfalz Sauzahn“ Schwierigkeiten infolge zu großer Seitenprojektion des Rumpfvorderteils. Die Rumpfhöhe beträgt hier 1,65 m, beim Darmstadt „Konsul“ dagegen nur 1,30, beim Martens „Strolch“ 1,20 m. Kurze Rümpfe sind mit Rücksicht auf die Beweglichkeit der Flugzeuge um die Querachse viel verwendet worden, ergaben auch meist sehr empfindliche, oft zu empfindliche Höhensteuerung, befriedigten aber meist hinsichtlich der Seitensteuerung nicht, da der Hebelarm für das Schwanzsteuer nicht ausreichte. Aus diesem Grunde hat dann

Espenlaub E 9 Seitenruder auf den Flügelenden bei großer Spannweite und kleinem Rumpf.

Rumpfformen in Profilform sind wiederholt verwirklicht worden (v. Löbl, Braunschweig „Brockenhexe“, Langer „Spatz“, A. W. F. „Moskau“).

Die Rumpfuerschnitte sind bei Hochleistungsflugzeugen meist gering, werden aber durch das Körpermaß bestimmt. Daher läßt sich eine Rumpfbreite von 0,60 m (z. B. R. R. G. „Wien“) kaum unterschreiten. Beim Eindecker Kegel III erforderte die Rumpfbreite von nur 0,50 m bereits Ersatz der Knüppelsteuerung durch Radsegmentsteuerung. — Beliebt sind hals- und dachähnliche Aufbauten zur Flügellagerung hinter dem Führersitz.

Sperrholzrümpfe sind schwerer zu berechnen als Gitterrümpfe, so daß ihre Herstellung zum großen Teil auf Erfahrung beruht. Diese läßt allerdings die sparsamste Ausgestaltung kaum zu. Besonders schwierig ist die Herstellung von zweifach stark gekrümmten Flächen. Ein Vorteil der eckigen, rückwärtig in eine senkrechte Schneide auslaufenden Rümpfe besteht darin, daß durch die Flächenwirkung derselben eine besondere vertikale Kielflosse entbehrt werden kann.¹⁾

Offene Rümpfe bieten dem Seitenwind weniger Widerstand. Sie sind für Schulflugzeuge vor allen Dingen deshalb empfehlenswert, weil sie leichtes Auffinden etwaiger Bruchschäden und schnelle Ausbesserung ermöglichen. Bei geschlossenen Rümpfen ist es oft nicht leicht, die genaue Lage der Beschädigungen im Innern festzustellen.

Betrachten wir die Ausführungsformen der Rümpfe, so finden wir für Hochleistungsflugzeuge meist Sperrholzrümpfe.

Bei dieser Ausführungsform wird der gesamte Körper durchweg aus Holz aufgebaut. Auch zur äußeren Verkleidung wird Sperrholz verwendet. Vielfach dienen die Sperrholzplatten dann selbst als tragendes Konstruktionselement. Meist werden vier Hauptholme verwendet und außerdem noch zwei an den senkrechten Wänden sitzende Zwischenholme und Zwischenstützen. Da die sonst von Spanndrähten aufzunehmenden Kräfte von der Holzverkleidung aufgenommen werden, kommt man hier meist ohne besondere Diagonalverspannung aus.

Bekanntlich bildet der Rumpf das Fundament des Flugzeuges, auf welchem das ganze System ruht. Die Spanten stellen die eigentlichen Träger in diesem Grundbau dar, haben

¹⁾ O. L. Skopik, Wie berechnet man ein Flugzeug, Berlin 1927. H. G. Bader, Flugzeugbaukunde, Berlin 1924. Moedebecks Taschenbuch, Berlin 1923.

also im wesentlichen alle auftretenden Kräfte aufzunehmen. Infolge der ungleichmäßigen Beanspruchung der einzelnen Spanten kann ihr Querschnitt verschieden sein. Besonders schwere Belastungen haben die vorderen Spanten aufzunehmen, welche die Sitzanlage und die Flügel zu tragen haben. Sie sind deshalb besonders kräftig auszubilden. Dagegen wird der sich rückwärtig verjüngende Schwanzteil des Rumpfes weniger beansprucht. Er hat hauptsächlich sich selbst zu tragen und die Knickbeanspruchungen bei der Landung und der Steuerbetätigung aufzunehmen. Da diesen Beanspruchungen mehr von den Holmen als von den Spanten entgegengetreten wird, können letztere in diesem Rumpfteil schwächer bemessen werden.

An den besonderen Beanspruchungen ausgesetzten Rumpfteilen verwendet man massive Spanten, sonst „gebaute“ Spanten. Hilfsspanten können besonders leicht ausgeführt werden, da sie lediglich zur Wahrung der Rumpfform dienen, ohne zur Aufnahme größerer Kräfte bestimmt zu sein.

Massive Spanten werden aus mehreren Holzdikten zusammengeleimt, derart, daß bei je zwei aufeinanderfolgenden Dikten die Faserrichtungen des Holzes zueinander senkrecht stehen. So kann wesentliches Verziehen des Holzes vermieden werden. Gebaute Spanten werden nicht mehr in vollem Holz gehalten, sondern setzen sich aus einem Strebengerippe zusammen, das auf beiden Seiten mit mehrfach verleimtem Furnierholz abgedeckt ist. Diese Konstruktion ist leichter, gleicht aber äußerlich der massiven Bauart.

Die Spanten sollen den Kräften Widerstand leisten, welche den Rumpf zusammendrücken wollen. Die Holme dagegen haben alle Kräfte aufzunehmen, welche die Längsachse des Rumpfes zu verbiegen drohen. Als Material für Holme kommt hauptsächlich Kiefernholz in Betracht. Teile, die besonders widerstandsfähig sein müssen, können aus Esche hergestellt werden. Sorgfalt ist den Verbindungsstellen zwischen Esche und Kiefer zuzuwenden, damit eine verlässliche durchgehende Tragkonstruktion entsteht. Man stellt diese Verbindung, wie fast alle Holzverbindungen im Flugzeugbau, durch Schäften her. Jedes der beiden zu vereinigenden Holzenden wird keilförmig zugespitzt, die schrägen Keifflächen werden aufeinander gelegt, kräftig verleimt und mit Leinwand umwickelt. Die Leimstelle muß hier im Verhältnis von wenigstens 1 : 12 gehalten werden, sie muß also mindestens 12mal so lang sein, als das zu leimende Holz stark ist. Solche Schaftverbindungen sind außerordentlich dauerhaft. Erfahrungsgemäß brechen die Holme eher im Holz, als an solchen Leimstellen.

Es ist zweckmäßig, Holme und alle anderen Holzteile in der Nähe der Sitzanlage mit Leinenband zu umwickeln. Man gibt damit dem Holz größere Festigkeit und verhütet bei Bruchlandungen Zersplittern des Holzes (Verletzungen der Insassen!). Für Spanten und Streben kommt Lindenholz in Betracht. An allen Stöß- und Kreuzungsstellen der Spanten und Streben mit den Holmen können erstere mit Sperrholz versteift werden.

Am Rumpfmünde die Holme in ein Endstück, welches meist aus Lindenholz hergestellt wird. Je nachdem, ob man den Rumpf in eine horizontale oder vertikale Schneide enden läßt, kann das Abschlußholz gleichzeitig zur Aufnahme des Seiten- oder Höhenruders dienen. Bei senkrechter Schneide kann ein nach oben gehender Steg zur Befestigung einer Kielflosse aufgesetzt werden. Eine entsprechende Verlängerung nach unten kann als Stütze für den Schwanzsporn ausgebildet werden. Vielfach finden wir Sperrholzbeplankung der Kielflosse, statt Stoffbespannung derselben, besonders, wenn Wert auf gutes Herauswachsen der Flächen aus dem Rumpf gelegt wird.

Eine Kielplatte, die alle Kräfte bei Start und Landung aufnimmt, finden wir in dem Rumpf des Hochdeckers Meiningen „Meiningen“ eingebaut. An ihr greifen Fahrwerk, Starthaken, Startauslösung, Pilotengewicht usw. an, so daß Entlastung der Rumpfaußenhaut erzielt wird.

Zum Aufbau der Sperrholzzümpfe werden Hellinge verwendet, die hier einfach aus einem schmalen hölzernen Tisch bestehen können, der einen formenden Kiel trägt. Letzterer schreibt die Unterlinie des Rumpfes vor. Man unterscheidet Hellinge für runde bzw. eiförmige Rümpfe und solche für viereckige Rümpfe. Für letztere wird kein durchlaufender Steg verwendet, vielmehr werden auf den Tisch Einzelstege geleimt, deren jeder senkrecht zur künftigen Längsachse des Flugzeuges steht. Man stellt so viele Einzelstege hintereinander auf, wie Spanten eingesetzt werden sollen und kann in jedem der Einzelstege ebenfalls je einen Spant festklemmen. Die untere Rumpfform ergibt sich aus einer im wesentlichen wagrecht verlaufenden Ebene, die man sich durch die Oberkanten der Einzelstege gelegt denken kann.

Die Spanten werden in den richtigen Abständen auf der Helling festgeklemmt und dann an den vier Ecken rechtwinklig ausgeklippt, damit die Holme eingezogen werden können. Nachdem alles fest zusammengeleimt ist, wird der Rumpf mit der Holzbeplankung versehen. Sie besteht gewöhnlich aus Birken- oder Erlenholz, das dreifach mit versetzten Fasern verleimt ist. Bei geraden Außenflächen des Rumpfes können genügend lange

Sperrholzplatten zusammengesteckt und so aufgebracht werden. Zunächst wird jede Planke auf Holmen und Spanten verleimt und dann mit Drahtstiften aufgenagelt. Handelt es sich um gewölbte Flächen, so werden die ebenen Plankenholzstücke allmählich aufgeleimt und genagelt, indem man sie abschnittsweise um die Wölbung herumbiegt.

Für runde Rümpfe wird auf dem Hellingtisch ein senkrecht stehender Holzsteg errichtet, dessen obere Kante genau nach der Unterlinie des darauf zu bauenden Rumpfes geschnitten ist. Auf dem Steg sind Einkerbungen vorgesehen, in welche die Spanten eingeklemmt werden können.

Wickelrümpfe lassen sich bei günstiger Formgebung vielfach leichter halten, als gewöhnliche Sperrholzzümpfe. Über einem Formgerüst werden mehrere Lagen (bis vier) Birkenholz in verschiedenen Richtungen übereinander geleimt. Zwischen jede Lage Holz kommt eine Lage Leinwand, ebenso über das ganze Gebilde. So entsteht eine feste Schale, die nur verhältnismäßig wenig Versteifungen an besonders beanspruchten Stellen benötigt. Die Wickelung kann derart hergestellt werden, daß auf Formen die einem Stück des Rumpfes entsprechenden Schalen angefertigt werden. Nach dem Trocknen werden diese auf den Rumpf genagelt bzw. geschraubt. Bei dieser Bauart kann man gut mit drei Holmen auskommen. Auch können die hinteren Rumpfprofile auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Gitterrümpfe lassen sich verhältnismäßig einfach und leicht aufbauen. Nachteilig ist besonders ihr hoher Widerstand. Wir finden deshalb unverkleidete Gittergerüste hauptsächlich bei Gleitern, nicht bei hochwertigen Seglern. Ein Gittergerüst zur Verbindung von Schwanz und Zelle ist besonders für Sitzgleiter-Doppeldecker leicht verwendbar. Man läßt hier vier Längsträger von den Flügeln zum Schwanz laufen. Vertikale Abstützungen sind leicht ausführbar, können vielfach aber, besonders bei Verwendung von Stahlrohren, vermieden werden.

Wird das Gittergerüst aus vier Längsträgern aufgebaut, so können zwei Träger am Oberdeck, zwei am Unterdeck angreifen. Beim Nürnberg-Doppeldecker D 14 ist jeder Träger zu einem hinteren Stielknotenpunkt geführt. Das Gerüst verläuft rückwärtig in eine wagrechte Schneide, welche die Dämpfungsfläche trägt. Beim Doppelsitzer Fokker 4 greifen die Vorderenden der Stahlrohrstreben an den Knotenpunkten der beiden mittleren Vorderstiele an, beim Einsitzer Fokker 3 dagegen an den Knotenpunkten des hinteren Mittelstieles (es sind vorn vier, hinten drei Stiele vorhanden, so daß vorn eine senkrechte, hinten eine wagrechte Schneide entsteht. Komplizier-

ter ist das spinnenförmige Gitterrumpfgerüst des Darmstadt-Doppeldeckers F. V. D. 21.

In ähnlicher, sehr einfacher Weise ist der Rumpf beim Eindecker v. Löbl S b 1 mit vier Stahlrohrholmen ohne Querverstrebungen ausgeführt. Hier baut sich das Flugzeug selbst auf einer skitartigen Mittelkufe auf. Durch zwei Streben ist ein kräftiges Dreieck mit oberliegender Spitze gebildet unter Verwendung von Holz als Baumaterial.

Andere Konstrukteure, z. B. Schulz, ziehen die Mittelkufe mit zum Schwanzgittergerüst heran. Auch Harth-Messerschmitt verwenden eine von vorn bis hinten durchlaufende Mittelkufe. Das Gittergerüst ihrer älteren Eindecker ist von vorn gesehen dreieckig mit unten liegender Spitze. Zur Versteifung dienen schräge Querstreben. Das Gerüst verläuft vom Schwanz bis zur Fläche etwa parallel der Kufe. Die Streben sind dann hochgezogen zur Holmachse des Flügels geführt. Das ganze Gerüst besteht aus 15 dünnen Dural-Rohren.

Sehr viel bei Sitzgleitern verwendet wird die einfache, offene Rumpfbauart des Baumusters Weltensegler „Hols der Teufel“. Es handelt sich um einen nach den Flügeln verspannten Gitterträger, der in einer Vertikalebene verläuft. Auch der Rumpf des vielgebauten Hochdeckers R. R. G. „Zögling“ ist ähnlich gebaut, als ein aus Holzstäben, seltener Stahlrohren, gebildeter Fachwerkverband. Dieser ist festigkeitshalber an den Knotenpunkten mit Sperrholzüberlappung versehen. Im Gegensatz zu der vorher erwähnten Bauart ist der hintere Knotenpunkt des Rumpfstalles weit nach hinten gezogen, um die Knicklängen der Schwanzstreben zu kürzen und die bei harten Landungen eintretenden negativen Stirndruckbelastungen durch die in diesem Punkt angreifenden hinteren Flügelverspannungen besser aufnehmen zu können. Wesentlich ist besonders auch das Fehlen der vor dem Führersitz liegenden Schrägstrebe, die bei harten Landungen leicht Kopfverletzungen des Führers herbeiführt.

Um das zeitraubende Verspannen des Rumpfes zu vermeiden, ist beim Hochdecker Hoppe „Argus“ der Rumpf als dreikantiges, offenes Gittergerüst gebaut.

Der stoffbespannte Rumpf besteht in der Hauptsache aus vier in den Ecken liegenden Hauptholmen mit Vertikal- und Horizontalabsteifungen, welche die Entfernung der Holme zueinander festlegen. Das Ganze bekommt seine Form und Festigkeit durch eine Diagonalverspannung. Die Spanndrähte hängen in den als Strebenschuhe ausgebildeten Beschlägen. Es ist empfehlenswert, solche Schuhe zu verwenden, die keine

Durchbohrung und damit Schwächung der Längsholme benötigen.

Das hintere Abschlußstück des Rumpfes kann durch Sperrholzbeplankung versteift werden. Es dient als Stützpunkt für die Schwanzflächen. Für den Rumpfhalm verwendet man Fichte, Esche oder auch Spruce. Die Festigkeit kann durch Leinwandumwicklung erhöht werden.

Zur Herabsetzung des Luftwiderstandes wird der Rumpf möglichst allseitig mit Stoff bespannt. Um straffes Aufliegen des Stoffes zu erzielen, imprägniert man diesen mit Lösungen von Cellon, welche die Eigenschaft besitzen, die Gewebefasern durch Aufquellen zu verkürzen und dadurch den Stoff zu straffen.

Es ist verhältnismäßig schwierig, bei dieser an und für sich einfachen Rumpfbauart den Rumpfwandungen stärkere Wölbungen zur Erzielung einer Stromlinienform zu geben. Vielfach verwendet man deshalb zur Umschalung des Rumpfvorderteils Aluminiumblech oder Sperrholz. Leichte Wölbung der Seitenwände ist durch entsprechend geformte Hilfsleisten zu erreichen. Dieselbe erfolgt beim Dessau-Eindecker „Dessauer“ schon, um der Neigung des Sperrholzes zum Welligwerden von vornherein entgegenzuarbeiten.

Bei der verspannten Gitterbauart steht dem Vorteil großer Leichtigkeit der Nachteil entgegen, daß die Stoffbespannung des Rumpfes diesem keine ausreichende Versteifung geben kann, so daß der Rumpf schon in sich genügend steif gebaut werden muß. Da Holz z. B. gegen Feuchtigkeit sehr empfindlich ist und unter dem wechselnden Einfluß der Witterung dazu neigt, sich zu verziehen, müssen die in die Quersfelder des Rumpfes eingezogenen Drähte so verspannt sein, daß sie das Bootsgerippe dauernd gegen Torsion sichern können. Dies erfordert sorgfältige Aufbringung der Beschläge, in denen die Verspannungsdrähte verankert werden. Vor dem Bespannen mit Stoff muß das Rumpferippe genau ausgerichtet werden. Das Nachspannen erfolgt bei horizontalgestelltem Rumpf. Gegenüberliegende Felder werden immer gleichzeitig verspannt. Da hierbei den Drähten eine gewisse Vorspannung gegeben werden muß, das Drahtmaterial aber nach längerem Gebrauch durch Ermüdungserscheinungen an Spannung verliert, sind mit der Zeit Formveränderungen des Rumpfes und damit erneute Nachspannungen der Felder unvermeidbar. Auch besitzt die gleichzeitige Verwendung von Holz und Stahl zu voneinander abhängigen Bauteilen den Nachteil, daß man den Witterungseinflüssen und Kräftebeanspruchungen zwei Bau-

materialien entgegenstellt, die sich hierin ungleichartig verhalten.

Für leichtere Flugzeuge können Rumpfe in einfachster Weise als Kastenholme ausgeführt werden. So besitzt der v. Löbl-Eindecker S b 3 und der Schulz-Eindecker F S 5 einen als Sperrholzkastenträger ausgebildeten Rumpf, welcher allerdings lediglich als Verbindung von Schwanz und Tragfläche, nicht zur Aufnahme der Sitzanlage dient. v. Löbl legt vielmehr den Führersitz auf den Rumpfräger, während ihn Schulz unter die Tragfläche legt. Beide wenden zur Erleichterung des Luftabflusses Verkleidungen an. Schulz formt dieselbe boots-ähnlich, v. Löbl profilförmig. Letzterer bildet das Bootsgerippe aus 5 mm Eisendrähten, während Schulz das Bootsgerippe in Holz aufbaut. Die v. Löblsche Bauart ist leicht herstellbar, splittersicher und wird bei Bruchlandungen höchstens verbogen. Weltensegler „Roland Festung“ besitzt zwei Kastenholmrumpfe.

Ebenfalls röhrenförmig ist der Rumpf beim Kupper-Eindecker Ku 4. Die Größe der Spannweite, die negative V-Stellung der Außenflügel und die Biegungsweichheit des ganzen Tragwerkes verlangten hier eine beträchtliche Höhe der Flügelwurzel über dem Boden. Auch für das Schwanzleitwerk war möglichst großer Bodenabstand in Landelage erwünscht, andererseits ist der Raumbedarf für Führer und Ausrüstung nicht größer als bei kleinen Segelflugzeugen. Hieraus ergab sich folgender neuartiger Rumpfaufbau. Der Führer sitzt dicht über dem Boden in einem Boot von 0,55 m größter Breite. Dieses Boot geht in weichen Linien in einen Turm über von stromlinigem Querschnitt, der im unteren Teil die Heckschneide des Bootes darstellt, im mittleren den Kopfabfluß und oben in den Flügelstummel übergeht. Aus diesem wächst nach hinten etwa wagrecht ein röhrenförmiger Leitwerksträger heraus. Der Turm ist Sollbruchstelle zum Schutz des Tragflügels. Der Rumpf enthält keine Kontrollklappen, da nach Abnahme von Flügeln und Leitwerk die ganze Steuerung durch den Heckstummel einzusehen ist. Das Führerboot hat einen inneren Boden, der wie der Sitz mit Spanten, Holmen und Außenhaut kraftschlüssig verbunden ist.

Bei leichten Sitzgleitern sieht man meist von einer besonderen Verkleidung des Führersitzes ab. Das hat vor allem dann seine Berechtigung, wenn das Flugzeug zu Schulflügen verwendet werden soll. Dann haben aerodynamische Fragen hinter der Forderung leichten Aufbaues und schnellster Ausbesserungsmöglichkeit zurückzutreten. Deshalb legt Schulz bei seinem Eindecker F S 3 den Sitz frei über die Unterkufe, ähn-

lich wie bei den Gitterschwanz-Eindeckern von Harth-Messerschmitt und v. Löbl. Beim v. Löbl S b 1 ist ein kleiner Luftabfluß aus Sperrholz hinter dem Rücken des Führers vorgesehen. Der Sitz selbst liegt unmittelbar auf der Mittelkufe wenige Zentimeter über dem Erdboden, so daß der Führer bei der Landung leicht schon durch verhältnismäßig niedrige Hindernisse verletzt wird.

Für Schulflugzeuge hat sich die offene Bauart der Sitzanlage eingebürgert. Um die Flugleistungen zu verbessern, sind vielfach nachträglich besondere Sitzverschaltungen für offene Sitzgleiter gebaut worden. Einige Beispiele sind abgebildet und erklärt. In allen Fällen ergab sich Erhöhung der Segelfähigkeit und Verflachung des Gleitwinkels.

Für reine Segelflugzeuge wird man natürlich bestrebt sein, den Führersitz und event. auch den Gastsitz möglichst gut zu verkleiden und wenn möglich in Rumpf und Flächen mit einzubeziehen. Hier darf aber, wie die Erfahrung zeigt, wenigstens zunächst, nicht so weit gegangen werden wie im Motorflugbau, da es beim Segelflugzeug ganz besonders auf gute Sicht ankommt. Es hat sich z. B. im Betrieb mit dem Hannover-Eindecker „Greif“ gezeigt, daß es zweckmäßig ist, den Kopf des Führers im freien Luftstrom zu belassen. Hier befindet sich der Kopf in einer Aussparung des Nasenholmes der Tragfläche. Die Verkleidung der Rumpfsitze ist derart geformt, daß der Luftstrom über den Kopf des Führers hinweglenkt wird.

Die geringen Erfolge dieses Baumusters sind hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß durch diese Sitzraumanordnung der Führer in der Sicht beschränkt war (Kurven am Hang!) und daß die Aussparung des Tragflügels an der Vorderkante aerodynamisch sehr ungünstig ist. Aus derartigen Gründen ist man auch im Motorflugzeugbau von solchen Bauformen (Fokker F III) wieder abgegangen. Bei dem Eindecker von Peyret sitzt der Führer hinter der vorderen Tragfläche im Rumpf. Derselbe besitzt fünfeckigen Querschnitt. Der obere Rumpfhalm ist über dem Kopf des Führers durchgeführt. Vor und hinter dem Sitz liegen dreieckige Rumpfaufbauten, so daß der Ausblick unmittelbar nach vorn beschränkt ist. Das ist natürlich sehr wenig günstig, wird allerdings dadurch etwas gebessert, daß Peyret die Flächen dieses Aufsatzes nach innen eindrückt. Auch beim Hochdecker Schenk „Rosslau“ läuft der obere Rumpfhalm über dem Kopf des Führers durch. Die Sicht erfolgt durch eiförmige seitliche Bullaugen. Diese Anordnung ist aerodynamisch zwar günstig, ebenso wie die völlige Unterbringung des Führers im Rumpf beim Gotha-Eindecker 23, erlaubt aber nicht genügende

Sicht. Ein Segelflugzeug mit schlechten Sichtverhältnissen ist aber noch nie erfolgreich gewesen, auch wenn es sonst einwandfrei war.

Der durchgeführte obere Rumpfhalm erhöht natürlich die allgemeine Festigkeit und bildet außerdem einen Schutz für den Führer bei einem etwaigen Überschlag. Es muß dann aber für genügende Abpolsterungen aller Stellen gesorgt werden, mit denen der Kopf des Führers bei einem Bruch am leichtesten zusammentreffen kann. So sind besonders in Nähe des Kopfes hervorstehende Schrauben usw. zu verkleiden. Auch auf genügende Auspolsterung der Rückenlehne sollte geachtet werden. Ebenso dürfen Polsterwulste um den Karosserieausschnitt am Sitz nicht fehlen. Vor allem aber sollte auf genügende Geräumigkeit der Sitzanlage geachtet werden. Wiederholt konnte man Flugzeuge bemerken, in denen der Führer die Steuerung nur unter Gliederverrenkungen erreichen konnte. Vielfach ist die vom Führer einzunehmende Körperstellung derart unbequem, daß ein längerer Flug so gut wie ausgeschlossen ist. Es ist hier besonders an eine Bauart gedacht, bei welcher der Führer seine Beine zwischen zwei Schrägstreben hindurchstecken mußte. Die Bewegung seiner Arme war durch Streben ebenfalls gehemmt und der Kopf lag in einem zu weit vorn angebrachten Ausschnitt der Flügel Nase, der nicht einmal abgepolstert war, so daß der Führer kaum aufrecht sitzen konnte. Es ist einleuchtend, daß solche falscher Ausbau des Führersitzes schon bei leichter Bruchlandung schwere Verletzungen des Führers verursachen kann. Aus diesem Grunde sollten vor allem auch die in Nähe des Kopfes vorbeilaufenden Streben und Stiele, die vielfach profiliert sind, abgepolstert werden.

Überhaupt ist festzuhalten, daß die Sitzanlage besonders widerstandsfähig sein sollte. Günstig ist der von Kufe und Seitenwänden gebildete Kasten beim Darmstadt-Eindecker.

Die Sitze selbst sind bei motorlosen Flugzeugen meist nicht federnd gelagert, vielfach nicht einmal abgepolstert. Dies erscheint auch nicht unbedingt nötig. Eine Ausnahme bildet z. B. der Dresden-Eindecker „Falke“, bei dem der Sitz gefedert ist. Beim Einbau des Sitzes sollte aber auf genügende Befestigung Rücksicht genommen werden. Zur Verschiebung des Schwerpunktes werden vielfach Rollsitze verwendet, für deren leichte und unbedingt sichere Feststellbarkeit zu sorgen ist. Eine ungewollte Verschiebung des Sitzes im Fluge kann zu durch Steuerausschläge nicht ausgleichbaren Verschiebungen des Schwerpunktes führen. Auch die Möglichkeit, den An schnallgurt leicht befestigen zu können, darf nicht vergessen

werden. Um einen festen Sitz des Führers zu ermöglichen, sind besonders bei offenen Sitzgleitern, das gilt also auch für Sitz-Doppeldecker, bei denen meist der Sitz auf einem Schlitzen gelagert wird, Fußrasten anzubringen, wenn, wie bei dem Schulz-Eindecker, die Füße nicht auf einem Fußhebel ruhen.

Im allgemeinen baut man bei teilbaren Flügeln, vielfach aber auch bei durchlaufenden Tragflächen geringerer Spannweite, unteilbare Rumpfe. Eine sehr übersichtliche Konstruktion eines geteilten Rumpfes finden wir bei den Aachen-Eindeckern „Schwarzer Teufel“ und „Blaue Maus“, bei welchen Rumpfvorderteil und Flügel der größeren Festigkeit und des geringeren Gewichtes wegen ungeteilt durchgeführt wurden. Hier endigt der Rumpfvorderteil in einem Sperrholztrennsplatt. Die Verbindung der beiden Rumpfhälften erfolgt durch Schellen. — Auch bei Sitzgleitern wird verschiedentlich der Rumpf geteilt, um Bahntransporte usw. zu erleichtern (Hoppe „Argus“). Bei geteilten Rumpfen müssen naturgemäß auch die Steuerzüge trennbar sein. Die Steuerseile werden bei der letztgenannten Maschine trennbar an Karabinerhaken befestigt. An den Steuerseilen können sie durch sicherheitsadelartige stählerne Zapfen gelöst werden.

Wird der Rumpf gleichzeitig für Wasserflugzeuge als Schwimmkörper benutzt, so ist für gute Abdichtung zu sorgen. Aus diesem Grund eignen sich Sperrholzrumpfe zu diesem Zwecke besser als gewöhnliche Gitterrumpfe. Das L. F. G.-Flugboot besitzt an der Unterseite verstärkte Sperrholzwände, die zur Abdichtung mit Leinwand beklebt und gestrichen sind. Das Peyean-Flugboot dagegen weist nur stoffbespannte Wände auf und ist dementsprechend für stärkeren Wellengang nicht geeignet. Zur Abdichtung ist hier die Stoffbespannung imprägniert. Auf diese Fragen, sowie die Formgebung der Boote usw. ist an anderer Stelle näher eingegangen.

Zur Erhöhung der Seitenstabilität auf dem Wasser sind beim Peyean-Flugboot „Königsberg“ seitliche Flossenstummel nach Art von Dornier-Stummeln angebracht. Um auch Landungen auf festem Boden gut durchzuführen, ist unter den Bootsboden eine Mittelkufe gesetzt.

Wichtig für die Ausbildung des Führersitzes bei motorlosen Wasserflugzeugen ist ein genügend bemessener Rumpfausschnitt. Schon für Landflugzeuge ist es nicht günstig, die Rumpfförmung, wie man dies zuweilen findet, so eng zu bemessen, daß der Körper nur mit Mühe hindurchgezwängt werden kann. Bei Wasserflugzeugen muß es dem Führer im Falle des Kenterns leicht möglich sein, seinen Sitz zu verlassen.

Sind Verkleidungen vorhanden, so müssen diese leicht abnehmbar sein. Solche Verkleidungen aus Sperrholz finden wir z. B. bei dem Darmstadt-Eindecker „Edith“, R. R. G. „Wien“ usw. aus Stoff bei Hannover-„Vampyr“. Leicht herausstoßbare Verkleidungen sind schon deshalb für Wasserflugzeuge empfehlenswert, weil beim Schwimmen auf dem Wasser bei Seeegang leicht Wasser in das Innere des verhältnismäßig niedrigen Bootes schlägt.

5. Fahrwerk.

Bei Start und Landung reicht infolge der geringen Geschwindigkeit der Auftrieb, den die Tragflächen erleiden, zum Tragen des Flugzeuges nicht aus. Ein Teil des Flugzeuggewichtes muß deshalb durch die Erdoberfläche aufgenommen werden. Dieser Stützung des Flugzeuges dient das Fahrwerk. Allgemein ist zu sagen, daß infolge der verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit der heutigen motorlosen Flugzeuge die Fahrgestellausbildung nicht derart schwierig ist, wie im Motorflugzeugbau, bei welchem Landegeschwindigkeiten bis etwa 150 km/Std. praktisch vorkommen.

Bekanntlich kann eine ruhende Masse gegenüber der Erdanziehung durch drei druckfeste Organe statisch abgestützt werden. Diese drei Stützpunkte können auch zur dynamisch sicheren Abstützung gegen die Beschleunigungskräfte beim Start und gegen die Verzögerungskräfte bei der Landung genügen bei zweckmäßiger Lage zum Schwerpunkt und zueinander. Je nachdem, ob das Flugzeug auf festem Erdboden, der Schneedecke oder der Wasserfläche starten oder niedergehen soll, werden diese drei Stützpunkte in Form von Rädern, Kufen oder Schwimmkörpern ausgeführt. Im Motorflugzeugbau ist es üblich, den größten Teil der Last durch zwei zu beiden Seiten der Symmetrieebene liegende Punkte aufnehmen zu lassen. Der dritte Punkt wird meist nur als Hilfsstütze betrachtet und in der Symmetrieebene angeordnet. Die Bauart mit hintenliegendem Hilfsstützpunkt wird heute meist bevorzugt. Seine Formgebung erfolgt mit Rücksicht auf den Auslauf möglichst so, daß der Bodenwiderstand für die Bremsung nutzbar gemacht wird. Beim Start wird der hintere Stützpunkt durch das Höhenleitwerk entlastet. Bei vornliegendem Stützpunkt ist hohe Sicherheit gegen Kippgefahr erreichbar. Im Gegensatz zu der vorigen Bauart wird der Auflagedruck hier beim Auslauf in jedem Falle erhöht, also die Bremswirkung unterstützt. Die Sicherheit gegen Überschlag gibt auch neuerdings wieder Veranlassung im Segelflugzeugbau, die bis in die

ersten Anfänge der Fliegerei zurückgehenden Versuche mit „Enten“ weiter fortzusetzen.

Den geringeren Start- und Landegeschwindigkeiten entsprechend und im Hinblick auf das wesentlich geringere Gewicht des heutigen motorlosen Flugzeuges wird im allgemeinen das Fahrwerk von Segelflugzeugen leichter als im Motorflugzeugbau üblich ausgebildet. Als allgemeine Anforderung an das Fahrwerk können hinreichende Festigkeit bei geringem Gewicht, leichte Ausbesserungsmöglichkeit, also einfachste Konstruktion, und möglichst geringer Luftwiderstand genannt werden.

Für Start und Landung auf festem Erdboden werden im Motorflugzeugbau meist Räder verwendet. Im Segelflugzeugbau ist man fast durchweg zu der leicht ausführbaren und aerodynamisch günstigen Kufe zurückgekehrt, die in den ersten Jahren des Motorflugzeugbaues eine größere Rolle spielte. Diese Rückkehr wurde begünstigt durch die verhältnismäßig geringe Anlaufgeschwindigkeit, die zum Start eines motorlosen Flugzeuges benötigt wird.

Die Form der Kufe hängt eng mit der Wahl der Startart zusammen. Ihre Abmessung muß derart sein, daß ein bestimmter Auflagedruck nicht überschritten wird. Der spezifische Flächendruck kann für Holz ohne Metallbeschlag mit 0,1 bis 0,2 kg/m² angenommen werden. Es ist wesentlich, daß es nicht allein auf die Länge der Kufe ankommt, sondern auch auf die Breite. In der Praxis konnte oft die Erfahrung gemacht werden, daß Flugzeuge mit höherer Flächenbelastung aber breiterer Kufe etwa von sandigem Boden leichter freikamen, als solche mit relativ geringerer Flächenbelastung, aber zu schmaler Kufe¹⁾.

Gerade Kufen sind meist nur bei flügelgesteuerten Segelflugzeugen zu verwenden. Besitzen die Flügel keinen veränderlichen Anstellwinkel, so spielt die Beweglichkeit des ganzen Flugzeuges auf der Erde in der Flugrichtung eine große Rolle.

Bei starr mit dem Flugzeugkörper verbundenen Flügeln ist auch dann die Verwendung gerader Kufen wenig empfehlenswert, wenn die Anordnung derart getroffen ist, daß die Flügel zwangsläufig ihren maximalen Anstellwinkel erhalten. In diesem Falle kommt zwar das Flugzeug wohl frei, der Führer hat aber den Zeitpunkt, in dem dieses Freikommen zu erfolgen hat, nicht in der Hand. Da das Flugzeug in diesem Falle auf

¹⁾ E. Offermann, Elementare Praxis des Segelfluges, Reminiszenz aus dem Rhön-Segelflug-Wettbewerb 1921, Flugsport 1921. dgl. Start von Segelflugzeugen, Z. F. M. 1921. Moedebeck, Faschenbuen, Berlin 1923.

Tiefensteuer nicht folgt, kann der Führer erst im Fluge den Anstellwinkel verändern.

Günstig ist es, von einer starren Kufe ganz abzusehen und diese durch eine federnde Kufe zu ersetzen, die sich dem Boden besser anschmiegt. Das ist leicht möglich, wenn die Kufe selbst nicht zum statischen Aufbau des Fahrgestells mitherangezogen wird. Sieht man eine „blinde Kufe“ und verschiebbare Knotenpunkte vor, so kann die Kufe selbst sich innerhalb gewisser Grenzen strecken. Eine solche Anordnung ist leicht federnd auszuführen. Eine günstige konstruktive Lösung in dieser Hinsicht zeigte schon der Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“. Gut bewährt hat sich auch eine Kufenform (Fokker 4), bei der das hintere Ende der Kufe freitragend, federnd ausgeführt ist. Bei richtiger Lage der Kufe ist es hier möglich, durch geringe Verschiebung des Körpergewichtes ein Senken bzw. Heben des Schwanzes und damit eine Veränderung des Flügelanstellwinkels in den erforderlichen Grenzen zu erzielen.

Von einer beweglichen Lagerung der Kufe, drehbar um eine quer zur Flugrichtung liegende wagrechte Achse wird meist abgesehen.

Verbreiterte Kufen, etwa in der Art von Schneeschuhen, sind unter Umständen besonders bei sandigem Boden oder Schnee zu empfehlen. Je nach der Schneedecke, ob weich oder hart, können schmale, lange oder breite, kurze Kufen verwendet werden. Zur Vermeidung des Spurens der Kufe kann der Querschnitt nach unten etwas gewölbt werden, bei gleichzeitigem starken Brechen der Kanten. Als besonders zweckmäßig hat sich die Bügelform des Darmstadt-Eindeckers „Edith“ erwiesen. Hier ist eine breite Mittelkufe mit \perp -Querschnitt vorgesehen, die vorn am Rumpf fest angeschlossen, in ziemlich großer Krümmung über ein Stück Rumpf läuft und sowohl an ihrem hinteren Ende, wie auch dazwischen geführt ist. Beim Dresden-Doppeldecker Baunummer 1 bestehen die Kufen aus zwei Teilen, die vorn und hinten befestigt, dazwischen an der tiefsten Stelle durch eine gebogene Querrippe miteinander verbunden sind.

Wesentlich ist die Lage der Kufen. Die Lage nach vorn muß die Kippgefahr auch bei größerer Landegeschwindigkeit klein halten. Es ist empfehlenswert, die Knotenpunkte so zu legen, daß bei normaler Schwanzlandung das Segelflugzeug auf dem Kufenbogen aufsetzt, so daß kein Knotenpunkt einen unmittelbaren Stoß erhält. Genügende vordere Aufbiegung der Kufe kann leichtes Einbohren in kleinere Hindernisse verhindern. Kurze, schuhförmige Kufen verwendet Drude. Er bildet

dieselben als Sperrholzkasten aus und lagert sie, ähnlich Rädern um eine wagrechte, quer zur Flugrichtung liegende Achse schwingbar.

Das in den ersten Jahren des Motorflugzeugbaues übliche Kufenfahrgestell setzte sich in der Regel aus zwei parallel nebeneinander liegenden Kufen zusammen. Eine ähnliche Bauart finden wir heute seltener im Segelflugzeugbau. Für Sitzgleiter lassen sich Untergestell und Führersitz zu einem Schlitten vereinigen. Ein Vorzug der Doppelkufenbauart liegt darin, daß das Flugzeug in der Ruhelage nicht auf einem Flügel schräg aufliegt. Dafür ist das Fahrgestell aber bei Schiebelandungen mit Seitenwind wieder recht gefährdet. Besonders hiermit hängt es zusammen, daß die Mittelkufe recht viel verwendet wird. Diese bietet den Vorteil, daß beim Angleiten das Flugzeug in der Querlage sehr beweglich ist. In der Ruhelage liegt zwar, wie schon bemerkt, das Flugzeug auf einem Flügel auf, bei hinreichend fester Ausbildung der Flügelkonstruktion braucht aber eine zu starke Beanspruchung der Flächen bei einer normalen Landung nicht befürchtet zu werden, da die Geschwindigkeit eines Segelflugzeuges beim Ausschweben nur gering zu sein pflegt. Beim Start werden die Flügelenden durch je einen Startmann unterstützt. Läuft derselbe in loser Fühlung mit, bis genügende Anlaufgeschwindigkeit erreicht ist, so kann die Quersteuerung meist frei betätigt werden. Praktisch ist es bei Stillstand des Flugzeuges schon bei geringer Windgeschwindigkeit möglich mit Hilfe der Quersteuerung das Flugzeug im Gleichgewicht zu halten. Beim Start ist Schleifenlassen eines Flügelendes aber unbedingt zu vermeiden, da sonst ein Drehmoment entsteht und Beschädigungen der Flügelenden wahrscheinlich sind.

Ein Schutz der Flügelenden hat sich als unnötig erwiesen. Meist werden nur bei sehr tiefliegenden Tragflächen Schutzbügel verwendet. So sieht Fokker Stahlrohrbügel, Zeisenemann abgefederte Schleifkufen vor. Bei der letztgenannten Bauart dienen die Kufen besonders zum Schutz der Verwindungshebel. Der Hannover-Eindecker „Vampyr“ besaß anfangs luftgepolsterte Stoßsäcke in Form halber Fußbälle. Fast allgemein wird heute aber von seitlichen Hilfsstützen auch bei Einkufenfahrgestell oder schmalspuriger Doppelkufenbauart abgesehen. Daß auch bei geringer Spurweite und tiefliegendem Tragdeck Schutzbügel unter den Flügelenden unnötig sind, haben die Betriebserfahrungen mit den Dresden- und Nürnberg-Doppeldeckern gezeigt.

Rückwärtige Stützkufen, nach Art der im Motorflugzeug Langsdorff, Segelflugzeug. 2. Aufl.

zeugbau üblichen Schleifsporne, können bei genügend langen Kufen vermieden werden. Sie sollen vor allem die Schwanzflächen mit den Ruderhebeln schützen. Nach Möglichkeit wird man sie so ausbilden, daß bei vollkommen herabgeklapptem Höhensteuer die Fläche nicht mit dem Erdboden in Berührung kommt. Die Höhe der Hinterkufe muß aber genügende Beweglichkeit in der Längsrichtung gewährleisten. Eine Abfederung der Kufe erscheint nicht unbedingt nötig. Bei drehbarer Lagerung des Sporns unter Verwendung von Gummio- oder Spiralfederzügen ist eine Abfederung leicht ausführbar. Wird der Sporn zur Verringerung des Luftwiderstandes z. T. innerhalb des Rumpfes gelagert, so empfiehlt es sich auf leichte Zugänglichkeit durch Anbringung von Klappen zu achten bei Verwendung von Sperrholzrümpfen oder auf Aufschnürbarkeit bei stoffbespannten Rümpfen. Die Möglichkeit, in bestimmten Grenzen seitlich ausweichen zu können, ist von Wichtigkeit für die Haltbarkeit des Spornes.

Die Bauart der Radfahrgestelle lehnt sich dann meist wesentlich an die im Motorflugzeugbau übliche an, so daß auf sie nicht näher eingegangen zu werden braucht¹⁾. Entsprechend der Zweikufenbauart finden wir meist zwei nebeneinanderliegende Räder. Aber auch Einradfahrwerke haben sich bewährt. (A. W. F. „Transkaukasier“.) Zur Federung sind dieselben im Ausland meist gummibereift, in Deutschland verzichtet man auf Gummibereifung (Esenlaub). Die Abfederungen der Achsen unterscheiden sich nicht sehr von denen der Motorflugzeuge. Beim Esenlaub-Eindecker E 3 ist die Achse im Rumpf liegend durch Spiralfedern nachgiebig gelagert. Eine solche Lage der Radachse ist zur Herabsetzung des Luftwiderstandes sehr zweckmäßig. Jedenfalls ist es konstruktiv wenig geschickt, die Achse ohne besonderen Grund in geringem Abstand unter dem Rumpf zu lagern, wie dies z. B. Peyret bei seinem „Tandem“-Eindecker tut. Vielmehr ist es auch bei der Verwendung von Kufen zweckmäßig, das Fahrgestell möglichst niedrig zu halten. Das ist, infolge Fehlens der Luftschraube, bei Segelflugzeugen besonders leicht möglich. Zur Verringerung des Stirnwiderstandes werden deshalb regelrechte Fahrgestelle, wie wir sie z. B. bei den Stuttgart-Eindeckern I und II finden, immer seltener. Statt dessen legt man die Kufen höchstens unter Zwischenschaltung ganz kurzer Streben unmittelbar unter den Rumpf. Das ist besonders dann leicht möglich, wenn es

¹⁾ W. v. Langsdorff, Fortschritte der Luftfahrt 1926, 1927/28, 1929/30, Frankfurt/M.

sich um einen Hochdecker mit tiefliegendem Rumpf handelt, also etwa bei dem heute bevorzugten Standardtyp.

Bei den Hannover-Eindeckern wurden die Anlaufräder in hübscher Weise dadurch umgangen, daß Walzen, in Form großer Fußbälle mit Lederhaut und Gummibläse, drehbar unter den Rumpf gelegt wurden. Der Hannover-Eindecker „Vampyr“ trägt zwei solcher Bälle nebeneinander mit im Rumpf liegenden Achsen. Hier liegen also nur die Unterseiten der Bälle im freien Luftstrom und bieten auch dann, infolge ihrer runden Fläche, nur geringen Widerstand. Ein dritter Ball ersetzt eine Stoßkufe unter der Rumpfspitze. Hannover-„Greif“ besitzt nur zwei hintereinander liegende Drehbälle. Die Konstruktion ist als sehr glücklich zu bezeichnen. Die Bälle sichern gute Federung, ermöglichen leichtes Abkommen, bieten denkbar geringen Widerstand und sind ziemlich unempfindlich gegen Schiebelandungen. Sie haben sich sowohl im Betrieb auf der Grasnarbe, als auch auf weichem Schnee bewährt.

Ein glücklicher Ersatz ist bei dem Darmstadt-Eindecker „Gehemrat“ gefunden. Hier ist der Raum zwischen den beiden in Rumpfbreite nebeneinander liegenden Kufen und dem Rumpf durch ein Luftpolster ausgefüllt, das mit Duraluminiumblech verkleidet wurde. Beim Eindecker Kirchner „La pruvo“ ist eine neuartige Kufenabfederung vorgesehen, bei der der Landestoß von der Kufe auf die drei Haupttrumpfspanten durch 6 federnde Stahlbandringe übertragen wird. Diese Federung ist leicht und günstig verkleidbar. Federungskufe mit Stoßfederung zeigt der Hochdecker Meiningen „Meiningen“. Beim Danzig-Hochdecker „Danzig“ ist die Mittelkufe gummigefedert. Die Federung stellt hier die Verbindung zwischen 2 kleinen Sockeln dar, die dicht hintereinander liegen und sich vertikal aneinander vorbeischieben, wenn die Kufe belastet wird. Die Mittelkufe des Darmstadt „Konsul“ ist durch Gummwicklung gefedert und mit Stoff verkleidet. Die Gummifederung des Hochdeckers Meiningen „Meiningen“ ist abgebildet und beschrieben. Ähnlich ist auch das Fahrwerk des Dessau-Eindeckers „Dessauer“. Im Prinzip ähnlich ist die Kufenabfederung des Baumusters Halle „Hallenstadt“, bei der zwischen Rumpfunterseite und einem tellerförmigen Aufsatz auf die Kufe ein Fußball geklemmt ist. Auch Kufenabfederung mit Kraftwagen-Gummireifen sind erfolgreich versucht worden (Frankfurt „Frankfurt“). Beim Eindecker Dresden „Falke“ sind drei Blattfedern und eingeschaltete Gummipuffer als Federung der Kufe vorgesehen. Diese Konstruktion ergibt allerdings, ebenso wie die der Hannover-Flugzeuge, den Nachteil, dicht über dem

Erboden liegende Bauteile zu besitzen. Die überaus einfache Bauart rechtfertigt es aber, diesen Nachteil in Kauf zu nehmen. Ist allerdings aus irgendwelchen Gründen nicht von einem besonderen Fahrgestell abzusehen, so sollten nach Möglichkeit tiefliegende Querstreben oder Achsen vermieden werden, da sie leicht Beschädigungen durch kleinere Hindernisse ausgesetzt sind. Deshalb werden verschiedentlich in der Mitte hochgezogene Achsen verwendet.

Ebenfalls gegen den Rumpfboden, diesmal durch Luftschläuche ist die Mittelkufe beim Kupper Ku 4 abgefedert. Sie besteht aus dem üblichen Blatt (Esche, mehrfach verleimt, das seitlich ebenfalls unter der Segeltuchverkleidung durch Gummizüge gehalten wird. Nach hinten trägt sie jedoch eine starre Verlängerung, die mittels Druckgummifederbein gegen den die Flügelanschlüsse tragenden Hauptspant mit sehr großer Arbeitsaufnahme abgestützt wird. Am hinteren Ende dieses Kufenstummels, also in dessen Totwasser liegt völlig unverkleidet die Ausklinkvorrichtung, die mittels Bowdenzug vom Handrad aus zum Start ausgelöst werden kann. Bei dieser Fahrwerksbauart übernimmt der Leitwerksträger keine Spornkräfte.

Ein Fahrgestell unter Vermeidung einer Achse, ähnlich dem Fahrgestell des deutschen Motorflugzeuges Dornier „Falke“, besitzt der Deshayes-Eindecker. Hier sind lediglich kurze Achsstummel vorhanden. Ein kräftiges Kufenfahrgestell mit stromlinienförmiger Verkleidung der Streben besitzt der Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“ und „Blaue Maus“. Espenlaub hat bei seinem Eindecker E4 die Räder zum großen Teil im Rumpf versenkt, um an Widerstand zu sparen. Vollkommen ohne Fahrgestell glauben Peyean und Gray-Buchanan auskommen zu können. Start und Landung sollen hier einfach auf der Unterseite des tiefliegenden Rumpfes erfolgen. Peyean hält sogar eine besondere Beplankung des Rumpfbodens mit Sperrholz oder dgl. für unnötig und sieht lediglich einige Versteifungslatten vor, da der Rumpf nur mit zellonierter Leinwand bespannt wurde. Wiederholt sind ihm ohne Radgestell von sandigem Gelände (Dünen) Starts gelungen. Gray-Buchanan dagegen verwendet zum Start einen auf der Erde zurückbleibenden Startkarren.

Als Flugzeugräder werden meist die aus dem Motorflugwesen bekannten Bauarten, allerdings den geringeren Flugzeuggewichten entsprechend leichter gehalten, verwendet. In einigen Fällen sind aber, besonders in Deutschland, zur Vermeidung großer Unkosten, von den einzelnen Segelflugzeugbauern Räder selbst hergestellt worden. Hier ist z. B. eine Bauart von Schalk-

Drude-Schlack 1920 zu erwähnen, deren Spanten aus 4 mm Sperrholz hergestellt sind. Die Nabe ist aus Hartholz gedreht, der Laufkranz ist aus 20 Segmenten mit trapezförmigem Querschnitt gebildet. Das Ganze ist außen durch Sperrholz verkleidet. Ähnlich sind die Räder des Espenlaub-Eindeckers E3 unter Verwendung alter Sperrholz-Stuhlsitze entstanden. Beide Konstruktionen haben sich im Betrieb bestens bewährt.

Als Baumaterialien für Fahrgestelle von Segelflugzeugen kommen vorwiegend Eschenholz, außerdem Stahlrohr oder Duraluminium in Betracht. Hohle Metallstreben werden vielfach mit Holzeinlage gefüttert. Auch hier ist man wieder bestrebt, alle im freien Luftstrom liegenden Streben stromlinig zu verkleiden bzw. ihnen tropfenförmigen Querschnitt zu geben. Besonders schwierig ist dies bei Stahlrohr-Achsen. Die im Motorflugzeugbau oft verwendete flächenförmige Verkleidung der Radachsen sollte für motorlose Flugzeuge nur dann angewendet werden, wenn es ausgeschlossen ist, die Radachse mit in den Rumpf einzubeziehen.

Zur Unterstützung des Flugzeuges auf der Wasseroberfläche dient in der Regel der statische Auftrieb geschlossener Hohlkörper. Die Formgebung derselben ist möglichst derart, daß beim Gleiten der dynamische Auftrieb an möglichst gleicher Stelle wirkt, wie der statische. Die Aufgaben der Schwimmkörper bestehen darin, Abflug und Landung auf der Wasseroberfläche zu ermöglichen und das Flugzeug sicher zu tragen. Wie beim Motor-Wasserflugzeug unterscheiden wir auch beim motorlosen die beiden Arten der Schwimmerflugzeuge und Flugboote. Bei ersteren werden die drei Stützpunkte durch drei voneinander getrennte Hohlkörper geliefert, während bei letzteren die ganze Last durch ein einziges Boot getragen wird. Die weitgehende Bevorzugung des Schwimmertyps bei kleineren Motorflugzeugen hängt mit der größeren Seefähigkeit kleiner Schwimmerflugzeuge zusammen. Da eine ähnliche Seefähigkeit in gleichem Maße nicht für Segelflugzeuge erforderlich zu sein scheint, hat sich die Mehrzahl der Konstrukteure für motorlose Flugboote entschieden.

Wichtig für die Formgebung der Schwimmer bzw. des Bootes ist außer geringem Gleitwiderstand, geringer Luftwiderstand, Kursbeständigkeit bei fast ausgetauchtem Schwimmkörper und leichtes Ablösen beim Gleiten. Im Hinblick auf die letzte Forderung werden vielfach die Boote, z. B. L. F. G. „Phönix“, wie im Motorflugzeugbau mit Stufen an der Unterseite ausgestattet. Zur Erleichterung des AblöSENS des Was-

sers an der Seite sind vielfach ebenfalls Luftzuführungsrohre vorgesehen¹⁾.

Bei Flugbooten werden infolge der geringen natürlichen Seitenstabilität die Flügelenden meist durch kleine Hilfsschwimmer vor dem Eintauchen geschützt. Durch besondere Formgebung lassen sich eigenstabile Boote bauen, welche seitliche Stützwimmer unnötig machen (Peyean „Königsberg“). Durch Fortfall des bei Motorflugbooten meist hochliegenden Motors liegt der Druckmittelpunkt bei Segelflugbooten tiefer, so daß die Verhältnisse in dieser Beziehung beim motorlosen Flugzeug etwas günstiger sich gestalten.

Zur Erhöhung der Schwimmersicherheit ist es empfehlenswert und für seefähige Flugzeuge zu fordern, das Innere des Schwimmkörpers bzw. des Bootes in verschiedene wasserdichte Abteilungen zu unterteilen. Eine solche Schotten-Unterteilung finden wir z. B. bei den L.F.G.-„Phönix“-Eindeckern. Peyean verzichtet auf dieselbe, da er von vornherein nur ein behelfsmäßiges Wasserflugzeug für gutes Wetter anstrebte. Aus diesem Grunde glaubt er auch sich mit einfach stoffbespannten Bootswänden begnügen zu können, während L.F.G. überall 2,5 mm starke, unten doppelte Sperrholzwände mit Stoffbespannung und Zellonierung verwendet. Auch bei Peyean ist der Stoff durch Zellonieren wasserdicht gemacht.

Der Start von Segelflugzeugen ist je nach der Bauart des Fahrgestells bzw. des Flugzeuges verschieden. Bei Hängegleitern läuft der Führer selbst an und landet auf seinen Füßen. Hier ist Start ohne Hilfsmannschaft möglich, allein verschiedentlich werden seitliche Hilfsmannschaften verwendet. Handelt es sich um Flugzeuge mit besonderem Fahrgestell, so wird in der Regel heute der Zugstart angewandt. Nur selten, und dann nur bei Schnee, erhält das Flugzeug durch Herabgleiten auf dem Boden die nötige Fahrtgeschwindigkeit. Der Start ohne Hilfsmannschaft ist sonst in der Regel für größere Flugzeuge nur bei Beweglichkeit der Tragfläche um die Querachse möglich. Hier kommen vor allem flügelgesteuerte Flugzeuge in Betracht. So ist Harth wiederholt das Freikommen ohne fremde Hilfe geglückt.

In der Weise, wie schon Pilsber startete, wird heute zumeist verfahren. Mit Hilfe eines Zugseiles wird das Flugzeug gegen den Wind gezogen. Die Größe der Startmannschaft (nicht weniger als zwei Mann) hängt ab von der Windstärke, welche

¹⁾ W. v. Langsdorff, Fortschritte der Luftfahrt. E. Heinke, Hochseefähiger Schwimmer, Frankfurt/M. 1929.

auch die Laufweite beeinflusst. Es kommt darauf an, dem Flugzeug eine Sekundengeschwindigkeit gegen die Luft von etwa 6 m zu erteilen. Wichtig ist gleichmäßiges Anlaufen, da sonst schräges Freikommen und damit Fehlstart wahrscheinlich ist. Auch durch Sturz eines Startmannes kann leicht eine Beschädigung des Flugzeuges verursacht werden. Dies erfolgt besonders leicht bei verschneiter Anlauffläche. Die Startmannschaft läuft dann nur unsicher und erreicht schwerer die nötige Laufgeschwindigkeit. Oft ist ein Sturz der Startleute bei plötzlichem Einbrechen in verschneite Erdlöcher nicht zu vermeiden und zieht unliebsame Folgen nach sich.

Es ist deshalb wesentlich, die Anlaufstrecke, besonders im Hinblick auf den Start von der Schneedecke, zu verkürzen. Aus diesem Grunde werden verschiedentlich Zugseile aus Hanf verwendet, in welche Gummistücke eingeschaltet sind. Noch besser ist die Verwendung ganzer Gummiseile. Beim Start kann dann das Segelflugzeug noch festgehalten werden, während die Mannschaft bereits läuft. Erst wenn das Seil in seiner ganzen Länge ausgezogen ist, wird das Flugzeug freigegeben und schnell mit verhältnismäßig hoher Anfangsgeschwindigkeit vorwärts. Bei genügender Länge und Dehnungsfähigkeit des Seiles kann so der Ablaufweg selbst bei geringer Windstärke gleich Null werden. Die Startmannschaft zieht das Seil weit ausgestrahlt, vollkommen aus und braucht kaum anzulaufen.

Wichtig ist richtige Lage des Befestigungspunktes des Startseiles am Flugzeug. Selbstverständlich muß dieser in der Mittellinie liegen, aber auch nicht zu weit vom Schwerpunkt entfernt, zur Vermeidung eines Drehmomentes. Gleichzeitig ist dieser Punkt so zu legen, daß leichtes Abkommen des Startseiles möglich und Hängenbleiben desselben vollkommen ausgeschlossen ist. Gewöhnlich wird der Starthaken aus diesem Grunde an die Rumpfspitze gelegt. Es handelt sich hier zweckmäßig um einen schmiedeeisernen Haken, dessen Öffnung nach unten gerichtet ist. Die Krümmung muß einerseits so stark sein, daß auch bei einem Zug schräg von unten, welcher beim Start vom geneigten Hang oft vorkommt, das Startseil nicht ungewollt abrutschen kann. Andererseits muß Krümmung und Öffnung leichtes Abgleiten des Seiles gewährleisten in dem Augenblick, in welchem das Seil gelockert wird. So selbstverständlich diese Forderungen scheinen, so viele leichtere und schwerere Unfälle haben sich aus ihrer ungenügenden Erfüllung ergeben. Es ist wiederholt vorgekommen, daß Startleute von dem vorzeitig abgleitenden, gespannten Gummiseil getroffen wurden. Der Flugzeugführer ist im allgemeinen

hier nicht so sehr gefährdet, wenn von der Startmannschaft die Seilenden bis zuletzt festgehalten werden. Geschieht dies nicht, so sind auch Verletzungen des Führers leicht möglich.

Von großer Wichtigkeit ist auch die ebenfalls selbstverständliche Forderung, die Starthaken stark genug auszuführen und zu befestigen. Fälle, bei welchen ein Starthaken sich aufbiegt oder abgerissen wird, können zu schweren Betriebsstörungen führen und sind nur durch Fahrlässigkeit verschuldet. Bei schweren Flugzeugen sind die Haken mindestens mit 1000 kg zu berechnen. Sie müssen so scharf umgebogen sein, daß der Ring des Zugseiles möglichst dicht am oberen Steg bzw. am Schaft anliegt. Es ist auch auf genügende Verkleidung etwa vorstehender Flugzeugteile usw. zu achten, um ein Hängenbleiben des gelösten Seiles, z. B. an den Kufenspitzen, zu verhüten. Wie wichtig das ist, haben verschiedene Startunfälle gezeigt.

Verschiedentlich sind andere Befestigungsarten des Startseiles versucht worden. So startete Fokker derart, daß die Startmannschaft nur ein Seilende ergriff, während das zweite durch eine Öffnung der Karosserie hindurch geführt wurde. Der Führer behielt ein Seilende, welches zunächst mehrmals um eine Strebe geschlungen wurde, in der Hand und konnte beim Start so das Seil beliebig länger lassen. Es ergaben sich aber Schwierigkeiten beim Hinausrutschen des Seilendes aus der Karosserieöffnung. Das Seil blieb hängen, der Start wurde gefährdet.

Im Schlepp von Motorflugzeugen werden Segelflugzeuge mit Hilfe eines besonders langen Seiles vorwärts bewegt. Dasselbe ist sowohl vom Schlepper, wie vom Geschleppten ausklinkbar. Derartige Schleppflüge erfordern Umsicht und Erfahrung.

Soll auf gewöhnlicher Grasnarbe gestartet werden, so genügt ein Landungsgestell aus Kufen. Auch wenn nur eine Mittelkupe vorhanden ist, erübrigen sich meist seitliche Hilfsmannschaften, da der Führer schon geringem Wind mit Hilfe der Quersteuerung das Gleichgewicht halten kann. Soll auf weichem Sandboden oder Schnee usw. gestartet werden, so empfiehlt es sich vielfach besondere Startkarren zu verwenden. Man legt, sofern das Flugzeug nicht selbst Räder besitzt, unter den Rumpf einen kleinen Wagen, der beim Abflug auf dem Erdboden zurückbleibt. Es genügt nicht, das Startseil lediglich am Flugzeug oder nur am Karren zu befestigen, da sonst entweder in dem Augenblick des Abhebens der Wagen zurückbleibt oder unter dem Flugzeug weggezogen wird. Doppelte Startseile für Flugzeug und Karren erscheinen zu kompliziert, vielmehr ge-

nügt es einen Anschlag am Flugzeug anzubringen, welcher die feste Lage des Karrens gewährleistet.

In Verbindung mit solchen Startwagen werden vielfach besondere Startvorrichtungen verwendet.

Bekannt ist die Startvorrichtung, welche die Brüder Wright für ihre Motorflugzeuge anwendeten, bevor dieselben mit Rädern ausgestattet wurden. Hier war ein Turm für das Fallgewicht vorgesehen. In Anlehnung hieran hat Offermann eine Katapultstartanlage 1910 gebaut. An Stelle des Turmes ließ er aber einen Hügel bauen, in dem ein Schacht für das den Startkarren vorziehende Fallgewicht vorgesehen war. Heute sind leichtbewegliche Katapulte mit Gummiseilantrieb beliebter. Meist wird aber der obenbeschriebene Laufstart vorgesehen. Eine Startvorrichtung mittels Stahlfeder schlägt v. Parseval vor. Das Flugzeug soll an eine am Boden befestigte Feder angehängt und dann mittels einer Winde gegen einen Startpflock zurückgezogen werden, so daß die Feder gespannt wird. Die erzeugte Geschwindigkeit soll, bei Verwendung eines kleinen Karrens, auch bei geringen Windstärken für den Start genügen. Solche Startvorrichtungen sind zweckmäßig, wenn nicht genügend Startleute zur Verfügung stehen, oder Gleitflüge bei geringem Wind versucht werden. Es ist wichtig, die Schleuderkraft regulierbar zu gestalten. Im allgemeinen scheint für den Start im Gebirge eine künstliche Vorrichtung nicht erforderlich zu sein.

Für den Start von der Wasseroberfläche kommt hauptsächlich die Einschleppnahme durch ein Motorboot in Betracht. Infolge der meist größeren Bordhöhe des Schleppbootes kann es zweckmäßig sein, den Starthaken auf der Rumpfoberfläche anzubringen. Wird Öffnung nach oben gewählt, so muß für leichte Schwenkbarkeit des Hakens gesorgt werden, wie wir dies bei dem L.F.G.-Flugzeug finden. Mit diesem Flugzeug sind auch Startversuche ohne Motorkraft, sei es im Flugzeug selber oder im Schleppboot, gelungen. Bei 12 m/s Windstärke gelang es, das Flugzeug, nur gehalten durch eine kleine, als Treibanker wirkende Jolle abzuheben. Die Hauptschwierigkeit besteht darin, daß ein Wasserflugzeug nicht, wie ein Flugzeug, das vom Hügel herab startet, zunächst etwas sinken darf, sondern sofort die nötige Höhe gewinnen muß, um nicht von der nächsten Böe aufs Wasser zurückgedrückt zu werden. Infolge dieser Schwierigkeiten sind Wasserflugzeuge ohne Motor bisher kaum in Erscheinung getreten.

D. Bilderteil.

Im Bilderteil sind Baunuster und Konstruktionseinzelheiten getrennt dargestellt. Aus Raumgründen wurden **Abkürzungen** wie folgt gewählt:

A	= Ausführung	K	= Kopfsteuerung
b	= Spannweite, m	l	= Länge, m
b/t	= Seitenverhältnis	Lg	= Leitwerk- gewicht, kg
B.-L.	= Beste Leistung (bis I. 8. 1930)	P	= Flügelschnitt
Bst	= Baustoff	Rg	= Rumpfgewicht, kg
D	= Dauer, h	Qr	= Querruder- inhalt, m ²
E	= Entwurf	S	= Sitzzahl
F	= Flügelfläche, m ²	Schw	= Schwanzsteuerung
Fg	= Fahrwerk- gewicht, kg	Sfl	= Seitenflossen- inhalt, m ²
Fl	= Flügelsteuerung	Sr	= Seitenruder- inhalt, m ²
Gew	= Gewichtsver- legungs-Steuerung	St	= Steuerung
G F	= Flächenbelastung, kg/m ²	Str	= Strecke, km
Gr	= Rüstgewicht, kg	t	= Flügeltiefe, m
Gz	= Zuladung, kg	Tg	= Tragwerk- gewicht, kg
Gwkl	= Gleitwinkel	vg	= Gleitgrößtge- schwindigkeit, m/s.
H	= Holz	vs	= Sinkgeschwin- digkeit, m/s.
h	= Höhe, m		
Hfl	= Höhenflossen- inhalt, m ²		
Hr	= Höhenruder- inhalt, m ²		

Sofern Fg nicht angegeben, ist es in Rg enthalten.

Die angeführten Leistungsdaten sind als nur angenähert zu betrachten, da wissenschaftlich einwandfreie Flugmessungen an Segelflugzeugen bisher nur vereinzelt gemacht wurden. Da die verschiedentlich abgegebenen Leistungsdaten nicht nach einheitlichem Plan gewonnen wurden, lassen sie einwandfreie Vergleiche nicht zu. Eine Wertung der Trag- und Leitwerke durch Division ihres Gewichtes durch ihren Flächeninhalt kann ebenfalls nicht in einwandfreier Form erfolgen, da die von den einzelnen Erbauern angegebenen Gewichte nicht einheitlich Streben usw. mitberücksichtigen.

a. Baumuster.



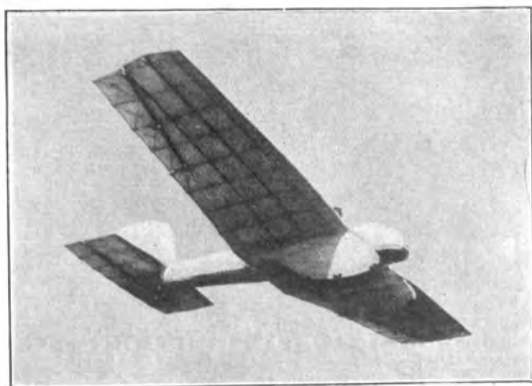
Aachen „Rheinland“ (1923) E: W. Klemperer, Friedrichshafen a./B.; A: Aachener Segelflugzeugbau G.m.b.H., Aachen. S: 1; St: Schw.; Bst: H. l 5,60 m; h 1,25 m; b 12,70 m; t 1,25 m; b/t 1:11,0; F 15,00 m²; Hr 3,00 m²; Sfl 0,60 m²; Sr 0,80 m²; G 102,00 kg; Gz 70,00 kg; Gr 172,00 kg; G/F = 12,00 kg/m².



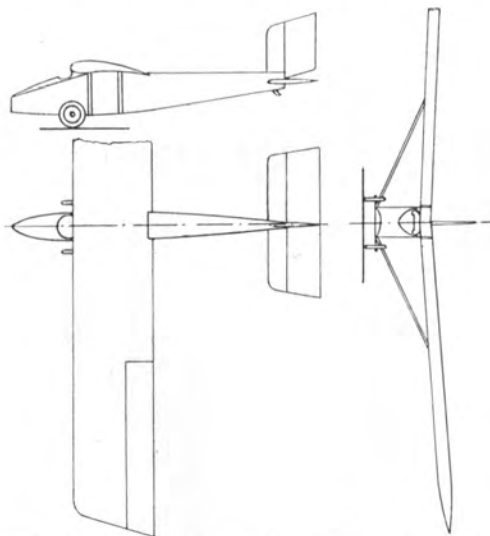
Aachen „Ente“ (1922) E: W. Klemperer, Aachen; A: Aachen. Segelflb. G.m.b.H., Aachen. S: 2; St: K.; Bst: H. l 6,00 m; b 12,00 m; t 1,80 m; b/t 1:6,6; F 22,00 m²; Hfl 3,90 m²; Hr 0,17 m²; Qr 2,40 m²; Tg 38,00 kg; Lg 6,50 kg; Rg 50,00 kg; Gr 94,00 kg; Gz 66,00 kg; G 160,00 kg; G/F 7,30 kg/m².



Aachen M 1 (1929) E: Mayer, Aachen; A: Luftfahrtverein, Aachen. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; Vs 0,72 m/s. B.-L.: D: 4:16:0'h; H: 690 m. l 6,00 m; h 2,00 m; b 14,52 m; t 1,21 m; b/t 1:12,4; F 17,00 m²; Tg 79,00 kg; Lg 8,00 kg; Rg 31,50 kg; Gr 118,00 kg; Gz 70,00 kg; G 188,00 kg; G/F = 11,00 kg/m².



Aachen „Blaue Maus“ (1921) E: W. Klemperer, Aachen; A: Flugwissenschaftliche Vereinigung T. H., Aachen. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — B.-L.: D: 0:13:0 h; Str: 5,0 km, — l = 5,00 m; h = 1,50 m; b = 9,50 m; t = 1,68 m; b/t = 1:5,6; F = 15,50 m²; Hfl = 1,80 m²; Hr = 1,50 m²; Sfl = 0,60 m²; Sr = 0,50 m²; Qr = 1,52 m²; Gr = 53,00 kg; Gz = 75,00 kg; G = 128,00 kg; G/F = 8,30 kg/m².



Aerial „Vautour“ (1925) E: Aerial, Paris; A: L. Peyret, St. Cyr. S: 1; St: Schw.; Bst: H; vg = 12,70 m/s; vs = 0,90 m/s. — B.-L.: H: 720 m. — l = 6,30 m; b = 12,70 m; t = 1,60 m; b/t = 1:8,0; F = 20,00 m²; Hfl und Hr = 3,00 m²; Sfl und Sr = 1,00 m²; Qr = 2,00 m²; Gr = 110,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 180,00 kg; G/F = 9,00 kg/m².



Aecherli „Pfau“ (1927) E: H. Aecherli, Fällanden; A: H. Aecherli, Fällanden.
S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 4,60$ m; $b = 8,00$ m; $F = 15,00$ m²; $Gr = 50,00$ kg;
 $Gz = 70,00$ kg; $G = 120,00$ kg; $G/F = 8,00$ kg/m².



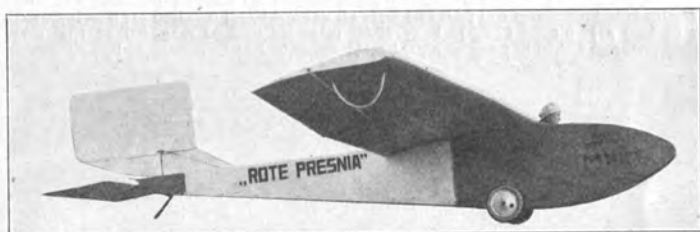
Allen A.E.S. I (1922) E: E. Allen, E. P. Warner, New-York; A: Aeronautical Engineering Society, New-York. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Martin. — $l = 4,50$ m; $b = 7,50$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:5,0$; $F = 11,20$ m²; $Gr = 34,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg;
 $G = 104,00$ kg; $G/F = 9,40$ kg/m².



Amstutz „Thun“ (1927) E: Blaser, Lergier, Bern; A: E. Amstutz, H. Belart, H. v. Travel, Bern. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,00$ m; $b = 17,00$ m; $F = 17,50$ m²;
 $Gr = 65,00$ kg; $Gz = 75,00$ kg; $G = 140,00$ kg; $G/F = 8,00$ kg/m².

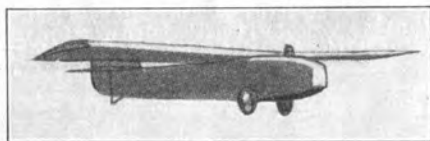


A. W. F. „Moskau“ (1926) A: Aviaturst, Moskau. S: 1; St: Schw.; Bst: H. —
 $l = 6,40 \text{ m}$; $b = 14,00 \text{ m}$; $t = 1,65 \text{ m}$; $b/t = 1:10,9$; $F = 18,00 \text{ m}^2$; $Hr = 2,00 \text{ m}^2$;
 $Sfl = 0,20 \text{ m}^2$; $Sr = 1,40 \text{ m}^2$; $Gr = 110,00 \text{ kg}$; $Gz = 70,00 \text{ kg}$; $G = 180,00 \text{ kg}$;
 $G/F = 10,00 \text{ kg/m}^2$.



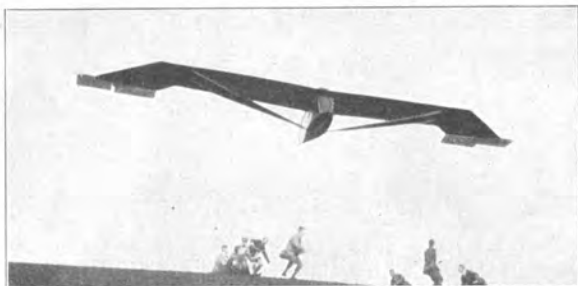
A. W. F. „Rote Presnia“ (1926) A: Aviaturst, Moskau. S: 1; St: Schw.; Bst: H. —
 $l = 6,50 \text{ m}$; $b = 13,00 \text{ m}$; $t = 1,60 \text{ m}$; $b/t = 1:9,3$; $F = 18,14 \text{ m}^2$; $Hr = 2,00 \text{ m}^2$;
 $Sr = 1,40 \text{ m}^2$; $L = 100,00 \text{ kg}$; $Z = 70,00 \text{ kg}$; $G = 170,00 \text{ kg}$; $G/F = 9,10 \text{ kg/m}^2$.

Bardin (1923) E: Bardin,
 Paris; A: Bardin, Paris.
 S: 1; St: Schw.; Bst: H. —
 $l = 7,50 \text{ m}$; $b = 11,65 \text{ m}$;
 $F = 21,00 \text{ m}^2$; $Gr = 140,00$
 kg ; $Gz = 80,00 \text{ kg}$; $G =$
 $220,00 \text{ kg}$; $G/F = 10,00 \text{ kg/m}^2$.

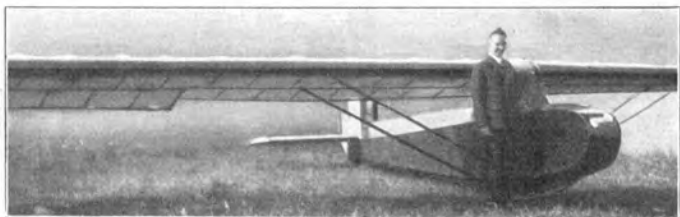


Berlin „Charlotte I“ (1922) E: H. Winter, Berlin;
 A: Akad. Fliegergruppe Berlin-Charlottenburg, L.F.G.,
 Stralsund. S: 1; St: Fl.; Bst: H. —
 $l = 4,50 \text{ m}$;
 $b = 15,20 \text{ m}$; $t = 1,50 \text{ m}$; $b/t = 1:10,1$; $F = 20,00 \text{ m}^2$;
 $Hr = 2,80 \text{ m}^2$; $Sr = 0,66 \text{ m}^2$; $Qr = 2,80 \text{ m}^2$; $Tg =$
 $44,00 \text{ kg}$; $Lg = 21,00 \text{ kg}$; $Rg = 39,00 \text{ kg}$; $Gr = 100,00$
 kg ; $Gz = 70,00 \text{ kg}$; $G = 170,00 \text{ kg}$; $G/F = 8,50 \text{ kg/m}^2$.

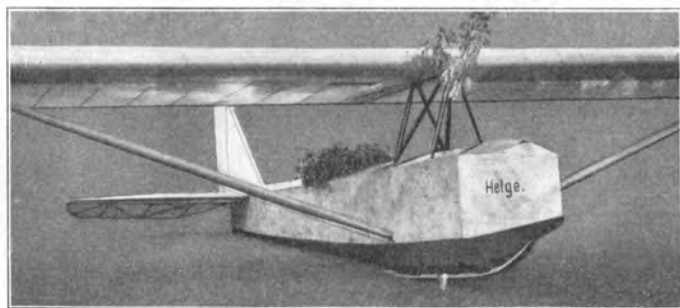




Berlin „Charlotte II“ (1923) E: H Winter, Berlin; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Berlin-Charlottenburg. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — $l = 4,10$ m; $h = 1,50$ m; $b = 14,20$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:9,4$; $F = 19,50$ m²; $Hr = 2,60$ m²; $Sfl = 1,00$ m²; $Gr = 133,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 203,00$ kg; $G/F = 10,00$ kg/m².



Bonn „Bonn I“, später „Vulkan“ (1929) E: H. Landmann, Bonn; A: Niederrheinischer Verein für Luftschiffahrt e.V., Sekt. Bonn. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,00$ m; $b = 11,40$ m; $F = 15,80$ m²; $Gr = 95,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 165,00$ kg; $G/F = 10,30$ kg m².



Bonn „Helge“ (1929) E: H. Landmann, Bonn; A: Niederrheinischer Verein für Luftschiffahrt e.V., Sektion Bonn. S: 2; St: Schw.; Bst: H. — $l = 7,90$ m; $h = 2,00$ m; $b = 14,00$ m; $F = 28,00$ m²; $Gz = 140,00$ kg.



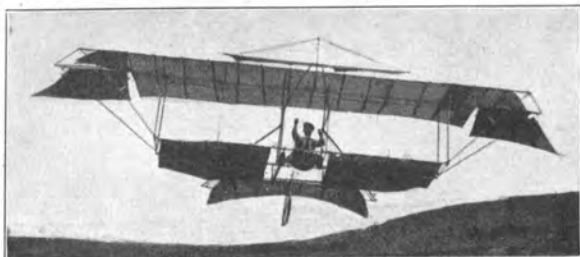
Braunschweig S B 2 „Brockenhexe“ (1923) E: F. Haarmann, Braunschweig; A: Flugwiss. Gruppe T. H. Braunschweig. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,70$ m; $h = 1,95$ m; $b = 8,40$ m; $F = 18,00$ m².



Danzig „Boot-Danzig“ (1926) E: H. Wiederhold, Danzig; A: Akademische Fliegergruppe T. H. Danzig. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 7,00$ m; $b = 13,00$ m; $t = 1,16$ m; $b/t = 1:11,9$; $F = 14,20$ m²; $H_r = 1,80$ m²; $S_r = 0,72$ m²; $G_r = 138,00$ kg; $G_z = 70,00$ kg; $G = 208,00$ kg; $G/F = 14,40$ kg/m².



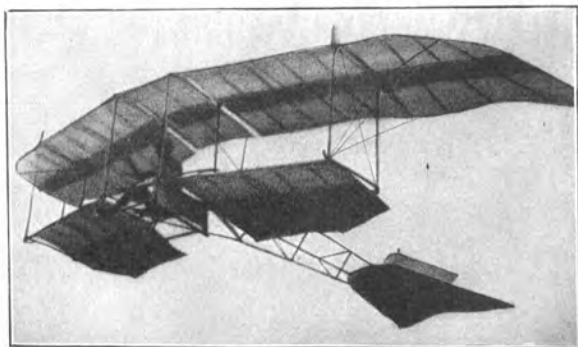
Danzig „Libelle“ (1924) E: H. Wiederhold, Danzig; A: Akademische Fliegergruppe T. H. Danzig. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 3,60$ m; $b = 9,60$ m; $F = 10,50$ m².



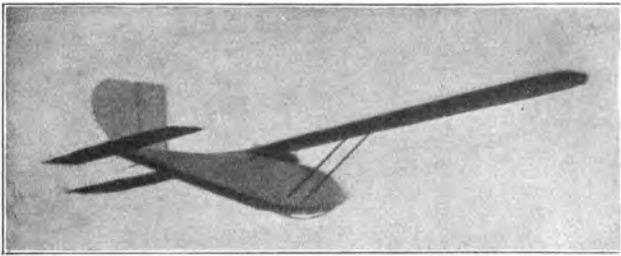
Darmstadt F. S. V. 2 (1909) E. H. Gutermuth, Darmstadt; A: Darmstädter Flugsport-Vereinigung, Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $l = 5,20$ m; $b = 7,00$ m; $t = 2,00$ m; $b/t = 1:3,5$; $F = 30,00$ m²; Gr. = 25,00 kg; $G_z = 60,00$ kg; $G = 85,00$ kg; $G/F = 2,8$ kg/m².



Darmstadt F. S. V. 2c (1910) E. H. Gutermuth, Darmstadt; A: Darmstädter Flugsportvereinigung, Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $l = 5,20$ m; $b = 7,00$ m; $t = 2,00$ m; $b/t = 1:3,5$; $F = 30,00$ m²; Gr = 25,00 kg; $G_z = 60,00$ kg; $G = 85,00$ kg; $G/F = 2,8$ kg/m².



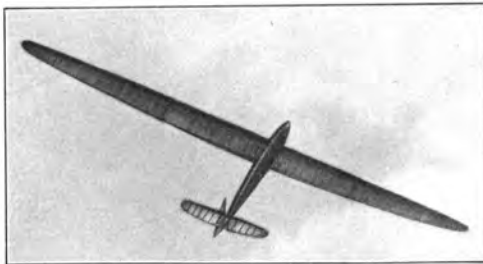
Darmstadt F. S. V. 8 (1912) E. H. Gutermuth, Darmstadt; A: Darmstädter Flugsportvereinigung, Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $l = 8,00$ m; $b = 10,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:6,6$; $F = 22,40$ m²; Gr = 44,00 kg; $G_z = 60,00$ kg; $G = 104,00$ kg; $G/F = 4,2$ kg/m².



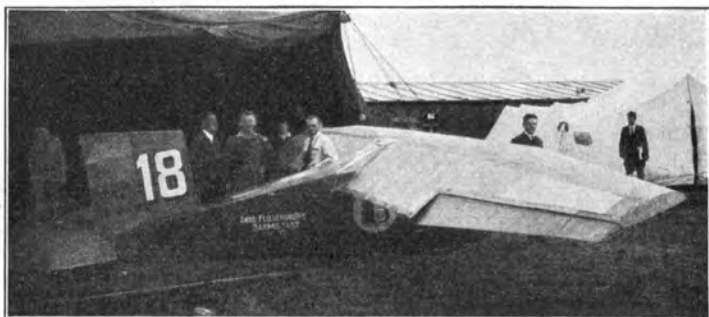
Darmstadt „Edith“ (1922) E: A. Botsch, Kercher, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T.H. Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 426. — B.-L.: D: 1: 17: 0 h. — l = 5,70 m; h = 1,90 m; b = 12,60 m; t = 1,40 m; b/t = 1: 9,0; F = 18,80 m²; Hfl = 3,20 m²; Hr = 2,80 m²; Sfl = 0,28 m²; Sr = 1,00 m²; Qr = 2,30 m²; Tg = 44,00 kg; Gr = 110,80 kg; Gz = 80,00 kg; G = 190,80 kg; G/F = 10,70 kg/m².



Darmstadt „Konsul“ (1923) E: A. Botsch, R. Spieß, Darmstadt; A: Bahnbedarf A.-G., Darmstadt, Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; vg = 14,80 m/s; Gwkl = 1: 21,4. — B.-L.: St: 24,4 km. — l = 6,20 m, h = 1,30 m; b = 18,20 m; t = 1,20 m; b/t = 1: 15,8; F = 21,00 m²; Hfl = 2,00 m²; Hr = 3,20 m²; Sfl = 0,78 m²; Sr = 1,50 m²; Gr = 180,00 kg; Gz = 80,00 kg; G = 280,00 kg; G/F = 13,30 kg/m².



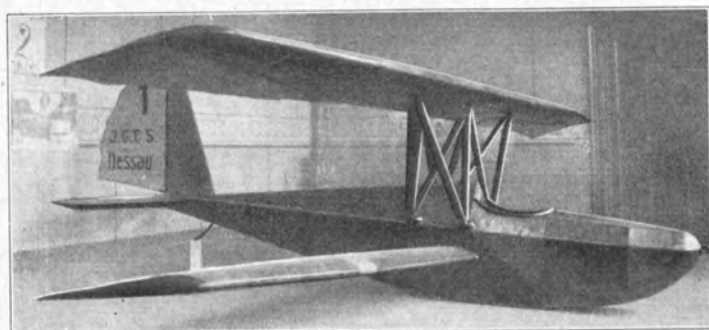
Darmstadt „Darmstadt I“ (1927) E: F. Groß, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; vg = 13,20 m/s; Gwkl = 1: 20; vs^c = 0,65 m/s. — B.-L.: D: 4: 5: 0 h; St: 51,8 km. — l = 6,50 m; h = 1,30 m; b = 16,00 m; t = 1,04 m; b/t = 1: 19,0; F = 16,60 m²; Hr = 2,30 m²; Sr = 1,20 m²; Gr = 154,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 224,00 kg; G/F = 13,50 kg/m².



Darmstadt „Geheimrat“ (1922) E: L. Hoffmann, Fr. Nicolaus, Darmstadt; A: Bahnbedarf A.-G., Darmstadt, Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt. S: 1; St: Fl.; Bst: H; P: Göttingen 387; $vg = 13,70$ m/s; $Gwkl = 1 : 15,8$; $vs = 0,90$ m/s. — B.-L.: D: 1:30:0 h; H: 320 m. — $l = 5,50$ m; $h = 1,60$ m; $b = 12,10$ m; $t = 1,40$ m; $b/t = 1 : 10,0$; $F = 14,80$ m²; $Hr = 1,40$ m²; $Sfl = 0,47$ m²; $Sr = 0,53$ m²; $Tg = 43,00$ kg; $Lg = 19,00$ kg; $Rg = 28,00$ kg; $Gr = 100,00$ kg; $Gz = 75,00$ kg; $G = 175,00$ kg; $G/F = 11,60$ kg/m².



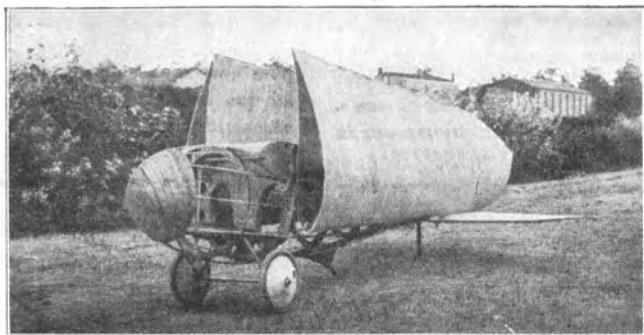
Darmstadt „Margarethe“ (1923) E: F. Hoppe, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T.H. Darmstadt. S: 2; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 533. — B.-L.: D: 5:40:0 h; — $l = 7,75$ m; $h = 1,70$ m; $b = 15,30$ m; $t = 1,65$ m; $b/t = 1 : 9,0$; $F = 22,50$ m²; $Hfl = 2,10$ m²; $Hr = 3,00$ m²; $Sfl = 0,72$ m²; $Sr = 0,80$ m²; $Gr = 200,00$ kg; $Gz = 150,00$ kg; $G = 350,00$ kg; $G/F = 12,40$ kg/m².



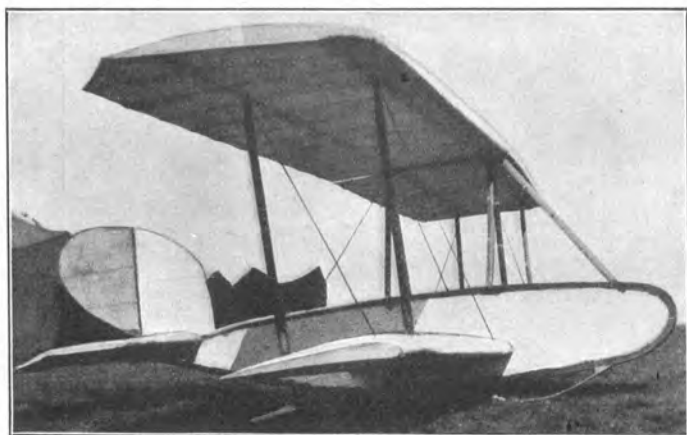
Dessau „Anhalt“ (1926) E: R. Polter; A: Interessengemeinschaft für Segelflug, Dessau.
 S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 289. — $l = 5,70$ m; $h = 2,30$ m; $b = 9,00$ m;
 $t = 1,15$ m; $b/t = 1 : 8,5$; $F = 19,00$ m²; $Hfl = 0,95$ m²; $Hr = 1,45$ m²; $Sfl = 0,44$ m²;
 $Sr = 1,30$ m²; $Gr = 130,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 200,00$ kg; $G/F = 10,50$ kg/m²



Dessau „Der Dessauer“ (1923) E: L. Hoffmann, Dessau; A: Flugtechnischer Verein, Dessau. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 289. — $l = 5,70$ m;
 $h = 1,35$ m; $b = 12,80$ m; $t = 1,28$ m; $b/t = 1 : 10,6$; $F = 15,50$ m²; $Hfl = 0,95$ m²;
 $Hr = 1,50$ m²; $Sfl = 0,44$ m²; $Sr = 1,30$ m²; $Qr = 2,32$ m²; $Gr = 115,00$ kg;
 $Gz = 70,00$ kg; $G = 185,00$ kg; $G/F = 11,30$ kg/m².



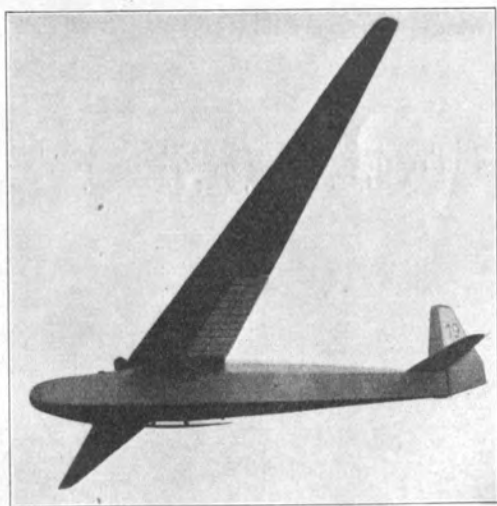
Dewoitine D 1 (1922) E: E. Dewoitine, Toulouse. A: E. Dewoitine, Toulouse; S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 430. — B.-L.: D: 8:36:56 h; H: 546 m. — l = 4,90 m; b = 11,30 m; t = 1,13 m; b/t = 1 : 10,0; F = 11,50 m²; Gr = 110,00 kg; Gz = 60,00 kg; G = 170,00 kg; G/F = 14,70 kg/m².



Dresden „Baunummer 1“ (1921) E: H. Muttray, R. Spies, R. Seifert, Dresden; A: Flug-techn. Verein, Dresden. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — B.-L.: D: 0:10: h; St: 3,0 km. — l = 4,80 m; h = 1,90 m; b = 7,80 m; t = 1,45 m; b/t = 1 : 5,2; F = 17,60 m²; Hfl = 1,82 m²; Hr = 1,12 m²; Sfl = 0,40 m²; Sr = 0,40 m²; Gr = 60,00 kg; Gz = 75,00 kg; G = 135,00 kg; G/F = 7,70 kg/m².



Dresden „Baunummer 7“ (1929) E: Fr. Schicht, Dresden; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Dresden. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,50$ m; $h = 2,00$ m; $b = 12,00$ m; $F = 18,00$ m².



Dresden „Baunummer 8“ (1929) E: Fr. Schicht, Dresden; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Dresden. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 527; $vg = 18,00$ m/s; $vs = 0,65$ m/s. — B.-L.: D: 3:15:0 h; H: 400 m; — $b = 20,00$ m; $t = 0,98$ m; $b/t = 1:21,0$; $F = 18,00$ m²; $T_g = 139,50$ kg; $Gr = 227,40$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 297,40$ kg; $G/F = 15,60$ kg/m².



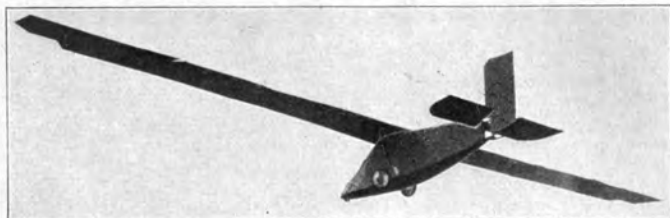
Dresden „Doris“ (1922) E: H. Muttray, R. Seifert, Dresden; A: Flugtechn. Verein, Dresden. S: 1; St: Fl.; Bst: H; P: Göttingen 441; Gwkl = 1 : 14,6. - l = 4,93 m; h = 1,28 m; b = 12,20 m; t = 1,35 m; b/t = 1 : 9,5; F = 15,50 m²; Hr = 1,90 m²; Sfl = 0,66 m²; Sr = 0,55 m²; Tg = 65,20 kg; Lg = 8,20 kg; Rg = 45,10 kg; Gr = 118,50 kg; Gz = 75,00 kg; G = 193,50 kg; G/F = 12,50 kg/m².



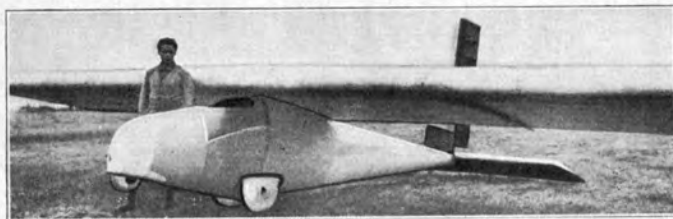
Erfurt „Erfurt“ (1923) E: E. Rommel, Erfurt; A: Erfurter Verein für Luftfahrt e. V., Erfurt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 430. - l = 6,10 m; h = 1,60 m; b = 12,00 m; F = 22,00 m².



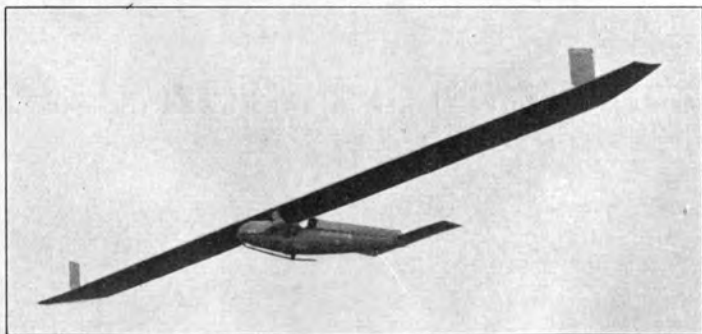
Espenlaub S (1924) E: G. Espenlaub, Grunau; A: G. Espenlaub, Grunau. S: 1; St: Schw.; Bst: H. - l = 6,10 m; h = 2,80 m; b = 12,00 m; F = 22,00 m²; Gr = 150,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 220,00 kg; G/F = 10,00 kg/m².



Espenlaub E 3 (1922) E: G. Espenlaub, Balzholz; A: G. Espenlaub, Balzholz. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,00$ m; $h = 1,28$ m; $b = 17,00$ m; $t = 0,95$ m; $b/t = 1:18,0$; $F = 17,00$ m²; $Sr = 0,60$ m²; $Tg = 75,00$ kg; $Rg = 35,00$ kg; $Gr = 110,00$ kg; $Gz = 60,00$ kg; $G = 170,00$ kg; $G/F = 10,00$ kg/m².



Espenlaub E 4 (1923) E: G. Espenlaub, Wasserkuppe; A: Espenlaub-Flugzeugbau, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H; Gwkl = 1:20. = B.-L.: D: 0:42:0 h; St: 9,0 km. — $l = 5,30$ m; $h = 1,65$ m; $b = 15,00$ m; $t = 1,40$ m; $b/t = 1:10,7$; $F = 21,00$ m²; $Gr = 120,00$ kg; * $Gz = 70,00$ kg; $G = 190,00$ kg; $G/F = 9,00$ kg/m².



Espenlaub E 9 (1926) E: G. Espenlaub, Kassel; A: G. Espenlaub, Kassel. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,00$ m; $b = 24,00$ m; $t = 1,20$ m; $b/t = 1:20,0$; $F = 30,00$ m².



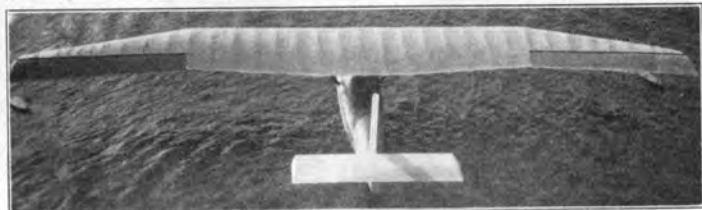
Espenlaub E 5 (1923) E: G. Espenlaub, Wasserkuppe; A: G. Espenlaub, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,00$ m; $h = 1,50$ m; $b = 12,00$ m; $t = 1,20$ m; $b/t = 1:15,0$; $F = 14,00$ m²; $Hr = 2,20$ m²; $Sfl = 0,45$ m²; $Sr = 0,70$ m²; $Gr = 86,00$ m; $Gz = 70,00$ kg; $G = 156,00$ kg; $G/F = 10,30$ kg/m².



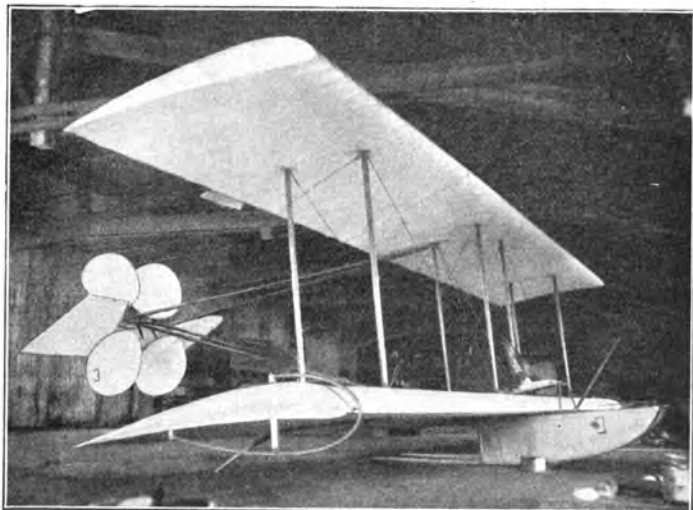
Espenlaub „Schleppflugzeug“ (1927) E: G. Espenlaub, Düsseldorf; A: G. Espenlaub-Flugzeugbau, Düsseldorf. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,00$ m; $b = 10,00$ m.



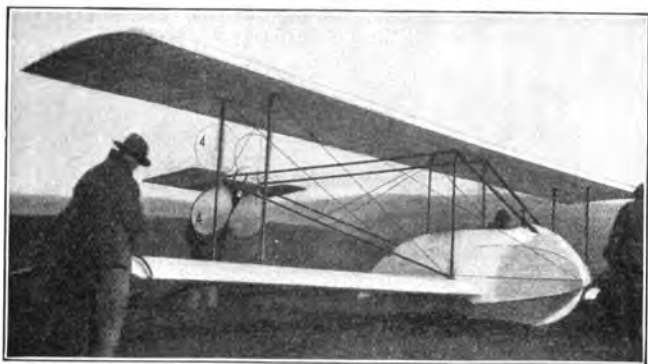
Farman „Sport“ (1922) E: H. Farman, Billancourt; A: Farman Frères, Billancourt. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 7,00$ m; $b = 9,00$ m; $F = 25,00$ m²; $Gr = 125,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 195,00$ kg; $G/F = 7,80$ kg/m².



Fick „Boot-Vogel Roch II“ (1928) E: R. Fick, Herrsching; A: Bootswerft Fick & Menzel, Herrsching. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 441. — $l = 5,50$ m; $h = 1,70$ m; $b = 13,00$ m; $F = 14,00$ m².



Fokker 3 (1922) E: A. H. G. Fokker, Amsterdam, A: N. V. Nederlandsche Vliegtuigenfabriek, Amsterdam. S: 1; St: Schw.; Bst: H, St. — l = 6,50 m; b = 9,00 m; F = 27,00 m².



Fokker 4 (1922) E: A. H. G. Fokker, Amsterdam, A: N. V. Nederlandsche Vliegtuigenfabriek, Amsterdam. S: 2; St: Schw.; Bst: H, St. — l = 6,50 m; b = 12,00 m; t = 1,50 m; b/t = 1:8,0; F = 36,00 m²; Hr = 2,00 m²; Sr = 1,20 m²; Tg = 67,00 kg; Lg = 15,00 kg; Rg = 11,00 kg; Gr = 93,00 kg; Gz = 170,00 kg; G = 263,00 kg; G/F = 4,50 kg/m².



Friedberg „Uhu“ (1929) E: A. Kupper, Dessau; A: Fliegergruppe, Friedberg. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — $b = 17,10$ m; $F = 24,00$ m²; Gr = 122,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 192,00 kg; G/F = 8,00 kg/m².



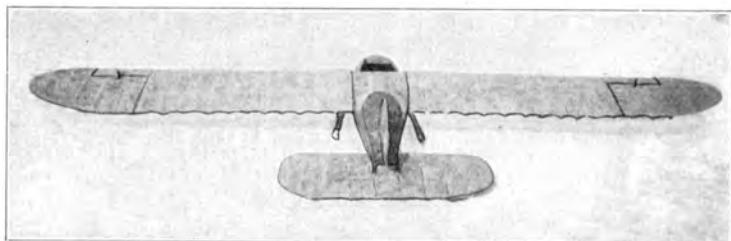
Fulda-Aachen „Eva“ (1925) E: W. Klemperer, Aachen; A: Flugwissenschaftliche Vereinigung T. H. Aachen und Modell- und Segelflugverein, Fulda. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,70$ m; $b = 11,50$ m; $F = 18,00$ m².



Fulda „Erlkönig“ (1925) E: Modell- und Segelflugverein Fulda; A: Modell- und Segelflugverein Fulda. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,50$ m; $h = 1,45$ m; $b = 14,00$ m; $t = 1,10$ m; $b/t = 1:13,0$; $F = 15,00$ m²; Gr = 159,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 229,00 kg; G/F = 15,50 kg/m².



Fulda „Fulda“ (1925) A: Modell- und Segelflugverein, Fulda. S: 1; St: Schw.;
Bst: H. — $l = 4,50$ m; $h = 1,60$ m; $b = 10,00$ m; $F = 21,00$ m².



Gluhareff S 22 (1923) E: H. Adaridy, Helsingfors; A: M. S. Gluhareff, Helsingfors,
H. Adaridy, Helsingfors. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 4,70$ m; $h = 1,43$ m;
 $b = 9,80$ m; $t = 1,25$ m; $F = 20,00$ m²; $Gr = 65,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg;
 $G = 135,00$ kg; $G/F = 7,00$ kg/m².



Görnitz „Görnitz 1“ (1926) E: W. Hübner, Adlershof; A: D. L. V.-Gruppe, Görnitz.
S: 2; St: Schw.; Bst: H. — $b = 15,00$ m; $F = 21,00$ m²; $Gr = 175,00$ kg;
 $Gz = 140,00$ kg; $G = 315,00$ kg; $G/F = 12,30$ kg/m².



Graz „Sturmvogel“ (1927) E: Spieß, Floedel, Graz; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Graz. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 482. — $l = 5,50$ m; $b = 15,00$ m; $t = 1,10$ m; $b/t = 1:13,6$; $F = 17,00$ m²; $Gr = 110,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 180,00$ kg; $G/F = 10,60$ kg/m².



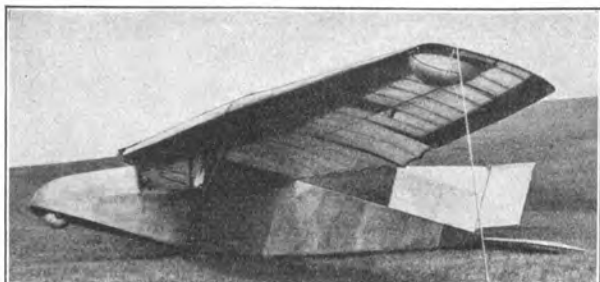
Graz „Vandale“ (1926) E: K. u. F. Pernthaler, Graz; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Graz. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 441. — B.-L.: St: 15,5 km. — $l = 5,60$ m; $b = 15,50$ m; $t = 1,10$ m; $b/t = 1:14,0$; $F = 17,00$ m²; $Gr = 120,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 190,00$ kg; $G/F = 11,20$ kg/m².



Hannover „Greif“ (1922) E: W. Blume, F. Hentzen, A. Martens, Hannover; A: Hannoversche Waggonfabrik, A.-G., Hannover. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen; $vg = 13,00$ m/s; $Gwkl = 1:18$; $vs = 0,72$ m/s. — B.-L.: D: 0:45:0 h. — $l = 5,52$ m; $h = 1,20$ m; $b = 11,60$ m; $t = 1,80$ m; $b/t = 1:6,3$; $F = 16,00$ m²; $Hr = 1,80$ m²; $Sr = 0,60$ m²; $Tg = 34,00$ kg; $Lg = 6,40$ kg; $Rg = 46,00$ kg; $Fg = 6,40$ kg; $Gr = 92,80$ kg; $Hg = 70,00$ kg; $G = 162,80$ kg; $G/F = 10,60$ kg/m².



Hannover „Spatz“ (1923) E: Langer, Hannover; A: Hannoversche Waggonfabrik, A.-G., Hannover. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 4,00$ m; $b = 8,00$ m; $F = 11,00$ m².



Hannover „Vampyr I“ (1922) E: G. Madelung, W. Blume, F. Hentzen, A. Martens, Hannover. A: Hannoversche Waggonfabrik, A.-G., Hannover. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 441; $vg = 13,00$ m/s; $Gwkl = 1:16$; $vs = 0,80$ m/s. — B.-L.: D: 3:6:0; H: 350 m; St = 90,0 km. — l = 4,92 m; h = 1,40 m; b = 12,60 m; t = 1,45 m; b/t = 1:10,0; F = 16,00 m²; Hr = 1,87 m²; Qr = 1,64 m²; Tg = 75,00 kg; Lg = 20,00 kg; Rg = 25,00 kg; Gr = 120,00 kg; Gz = 75,00 kg; G = 195,00 kg; G/F = 12,00 kg/m².



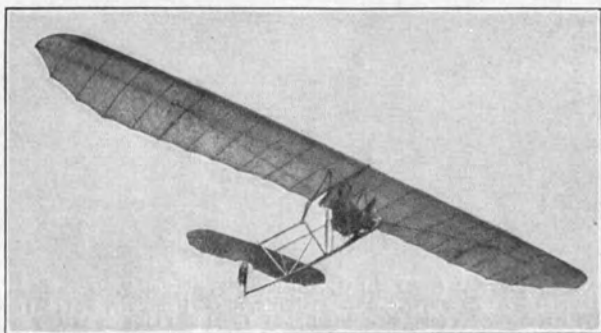
Hannover H 6 „Pelikan“ (1923) E: A. Pröll, W. Günther, W. Mertens, Meyer, Hannover; A: Hannoversche Waggonfabrik, A.-G., Hannover. S: 1; St: Schw; Bst: H; P: Göttingen 396; $vg = 12,90$ m/s; $Gwkl = 1:28$; $vs = 0,46$ m/s. — B.-L.: D: 0:30:0 h. — l = 5,26 m; h = 1,25 m; b = 15,00 m; t = 1,00 m; b/t = 1:15,0; F = 15,00 m²; Hr = 1,80 m²; Sr = 0,66 m²; Tg = 45,00 kg; Lg = 4,50 kg; Rg = 25,50 kg; Gr = 75,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 145,00 kg; G/F = 9,50 kg/m².



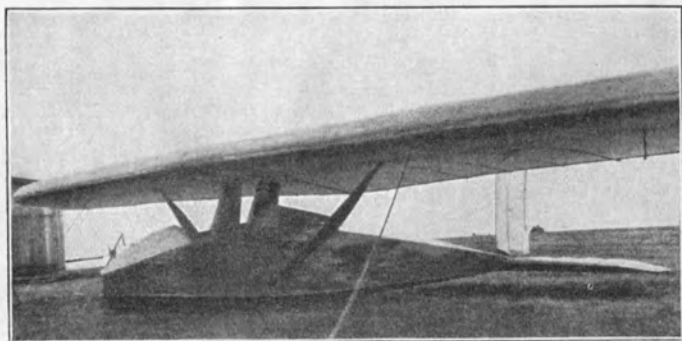
Harth-Messerschmitt S 3 (1914) E: Harth, W. Messerschmitt, Bamberg; A: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg; S: 1; St: Fl.; Bst: H, S.



Harth-Messerschmitt S 6 (1916) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg; A: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg. S: 1; St: Fl.; Bst: H, S.



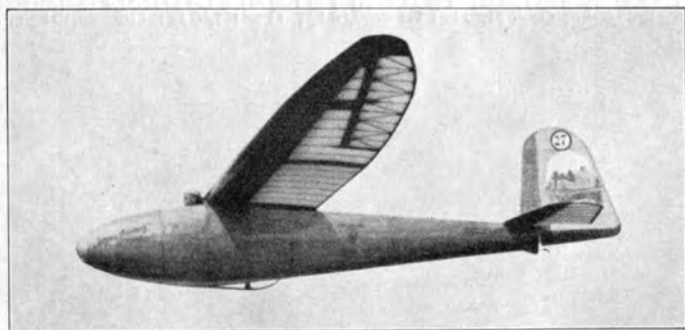
Harth-Messerschmitt S 10 (1922) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg; A: Segelflugzeugbau Harth-Messerschmitt, Bamberg. S: 1; St: Fl.; Bst: H, S. —
 $l = 4,50$ m; $b = 14,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 9,3$; $F = 19,00$ m²; $Gr = 80,00$ kg;
 $Gz = 70,00$ kg; $G = 150,00$ kg; $G/F = 7,90$ kg/m².



Harth-Messerschmitt S 12 (1922) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg; A: Segelflugzeugbau Harth-Messerschmitt, Bamberg. S: 1; St: Fl.; Bst: H, S. —
 $l = 4,50$ m; $b = 14,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 9,3$; $F = 19,00$ m²; $Gr = 100,00$ kg;
 $Gz = 70,00$ kg; $G = 170,00$ kg; $G/F = 8,90$ kg/m².



Heidelberg „Kurpfalz Sauzahn“ (1923) E: R. Eck, H. G. Bader, Heidelberg; A: Waggonfabrik Fuchs, Heidelberg. S: 1; St: Schw.; Bst: H; l = 4,90 m; h = 1,65 m; b = 14,00 m; t = 0,80 m; b/t = 1 : 33; F = 15,00 m²; Sfl = 0,60 m²; Sr = 0,63 m²; Gr = 120,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 190,00 kg; G/F = 12,00 kg/m².



Hofmann „Schloß Mainberg“ (1929) E: H. Hofmann, Darmstadt; A: Kegel-Flugzeugbau, Kassel. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; vs = 0,69 m/s. — l = 6,15 m; h = 1,20 m; b = 16,00 m; t = 1,37 m; b/t = 1 : 15,0; F = 17,00 m²; Tg = 92,20 kg; Gr = 142,80 kg; Gz = 70,00 kg; G = 212,80 kg; G/F = 12,50 kg/m².



Hofmann „Westpreußen“ (1928) E: H. Hofmann, Marienburg; A: H. Hofmann, Marienburg, Westpreußischer Verein für Luftfahrt, Marienburg. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; $vg = 14,00$ m/s; $Gwkl = 1 : 23,5$; $vs = 0,61$ m/s. — B.-L.: D: 14:7:0 h; St: 600 km. — $l = 6,15$ m; $h = 1,20$ m; $b = 15,00$ m; $t = 1,32$ m; $b/t = 1 : 11,5$; $F = 15,00$ m²; Gr = 100,00 kg; Gz = 75,00 kg; G = 175,00 kg; G/F = 12,00 kg/m².



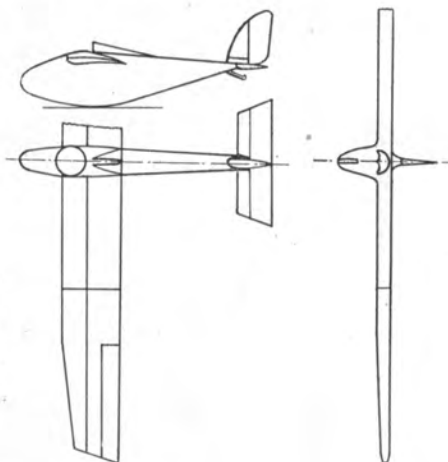
Kirchner „Hessenland“ (1929) E: W. Kirchner, Kassel; A: Niederhessischer Verein für Luftfahrt, Kassel. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,30$ m; $h = 1,00$ m; $b = 18,00$ m; $t = 1,20$ m; $b/t = 1 : 15,4$; $F = 21,00$ m²; Tg = 45,00 kg; Gr = 81,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 151,00 kg; G/F = 7,10 kg/m².



Königsberg „Lüwa III“ (1927) E: Ostpreußischer Verein für Luftfahrt, Königsberg; A: Ostpreußischer Verein für Luftfahrt, Königsberg. S: 1; St: Schw.; Bst: H



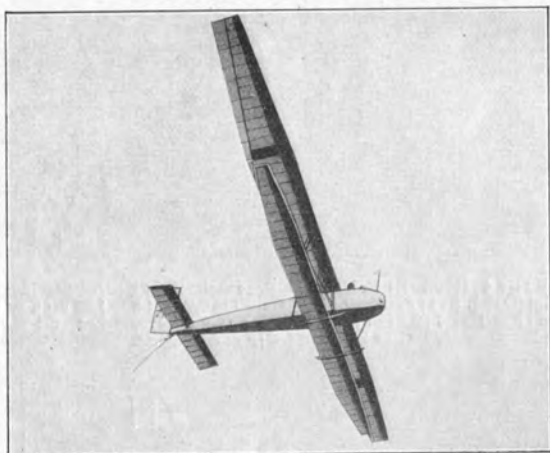
Konrad Ko Ro 4 (1930) E: F. Konrad, Rosenheim; A: Konrad-Segelfluggzeugbau, Rosenheim (Obb.). S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,70$ m; $h = 1,36$ m; $b = 15,30$ m; $t = 1,57$ m; $b/t = 1:9,9$; $F = 21,00$ m²; $Gr = 115,00$ kg; $Gz = 75,00$ kg; $G = 190,00$ kg; $G/F = 8,00$ kg/m².



Krüger „Schlägel und Eisen“ (1923) E: H. Landmann, Nowack, Bonn; A: H. Landmann, Nowack, Bonn. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 433. — $l = 5,50$ m; $h = 1,20$ m; $b = 13,00$ m; $F = 16,00$ m².



Ksoll „Galgenvogel I“ (1923) E: J. Ksoll, Schön-Ellguth; A: J. Ksoll, Schön-Ellguth. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,50$ m; $h = 1,50$ m; $b = 14,00$ m; $t = 1,20$ m; $b/t = 1:11,6$; $F = 17,00$ m²; $Hr = 2,00$ m²; $Sfl = 0,60$ m²; $Sr = 0,70$ m²; $Gr = 125,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 195,00$ kg; $G/F = 11,00$ kg/m².



Ksoll „Galgenvogel III“ (1926) E: J. Ksoll, Schön-Ellguth; A: J. Ksoll, Schön-Ellguth. S: 1; St: Schw., Fl.; Bst: H, S. — l = 6,50 m; b = 15,00 m; t = 1,40 m; b/t = 1:12,5; F = 18,00 m²; Hr = 2,80 m²; Sr = 0,90 m²; Gr = 135,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 205,00 kg; G/F = 11,40 kg/m².



Kupper Ku 4 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Segelflugzeugbau, Kassel S: 1; St: Schw., Fl.; Bst: H; l = 8,90; h = 2,70 m; b = 30,00 m; t = 1,90; F = 34,97 m²; Hr = 1,29 m²; Hf = 2,03 m²; Sr = 2×0,89 m²; Sf = 2×1,23 m²; Qr = 2×9,4 m²; Tg = 240,00 kg; Lg = 25,00 kg; Rg = 65,00 kg; Gr = 330,00 kg; Gz = 83,00 kg; G = 413,00 kg; G/F = 11,8 kg/m².



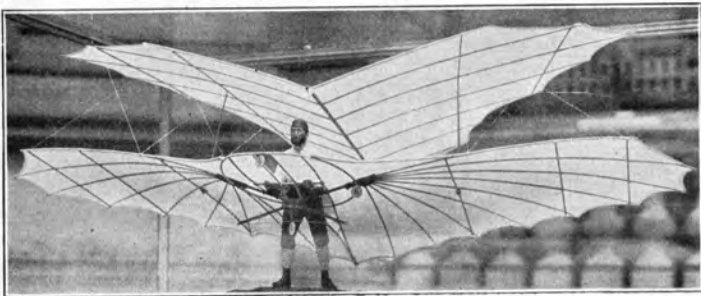
Laubenthal „Württemberg“ (1929) E: Laubenthal, Darmstadt; A: Württembergischer Luftfahrt-Verband, Stuttgart. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; $vg = 14,85 \text{ m/s}$; $Gwkl = 1:20,1$; $vs = 0,68 \text{ m/s}$. — B.-L.: D: 2:20:0 h; St: 41 km. — $l = 5,70 \text{ m}$; $h = 1,30 \text{ m}$; $b = 15,20 \text{ m}$; $t = 1,03$; $b/t = 1:16,0$; $F = 15,80 \text{ m}^2$; $Hr = 2,14 \text{ m}^2$; $Sr = 0,90 \text{ m}^2$; $Qr = 1,08 \text{ m}^2$; $Tg = 92,70 \text{ kg}$; $Lg = 11,50 \text{ kg}$; $Rg = 45,00 \text{ kg}$; $Gr = 149,20 \text{ kg}$; $Gz = 70,00 \text{ kg}$; $G = 219,20 \text{ kg}$; $G/F = 13,40 \text{ kg/m}^2$.



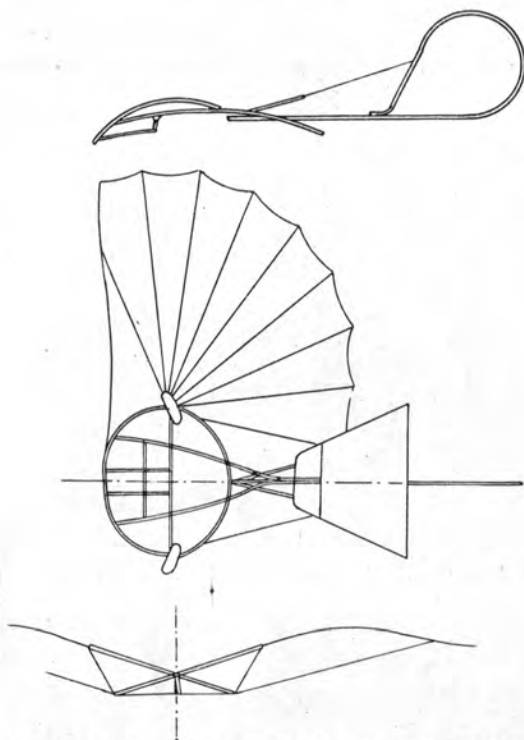
Leyat (1924) E: Leyat, Paris; A: Assoc. Française Aérienne. S: 1; St: Schw.; Bst: H.



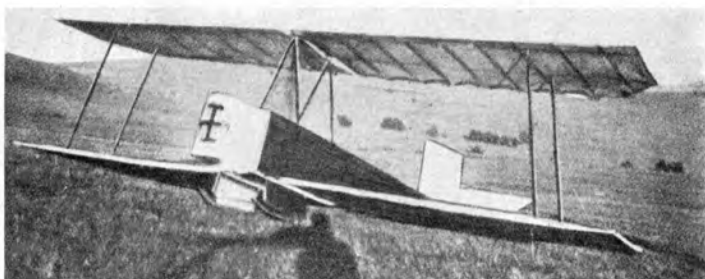
L. F. G. „Boot-Phönix“ (1922) E: G. Baatz, Stralsund; A: Luftfahrzeug-Ges., Stralsund. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 7,10 \text{ m}$; $h = 0,90 \text{ m}$; $b = 16,00 \text{ m}$; $t = 1,90 \text{ m}$; $b/t = 1:8,4$.



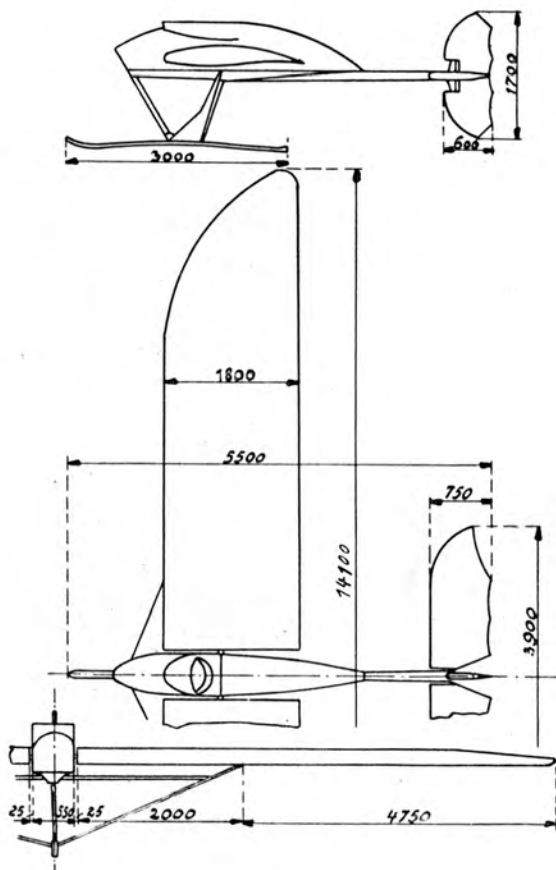
Lilienthal II (1895) E: O. Lilienthal, Berlin; A: O. Lilienthal, Berlin. S: 1; St: Gew.; Bst: H. — $l = 5,50 \text{ m}$; $b = 7,00 \text{ m}$; $t = 3,00 \text{ m}$; $b/t = 1:2,3$; $F = 18,00 \text{ m}^2$; $Gr = 25,00 \text{ kg}$; $Gz = 60,00 \text{ kg}$; $G = 85,00 \text{ kg}$; $G/F = 5,0 \text{ kg/m}^2$.



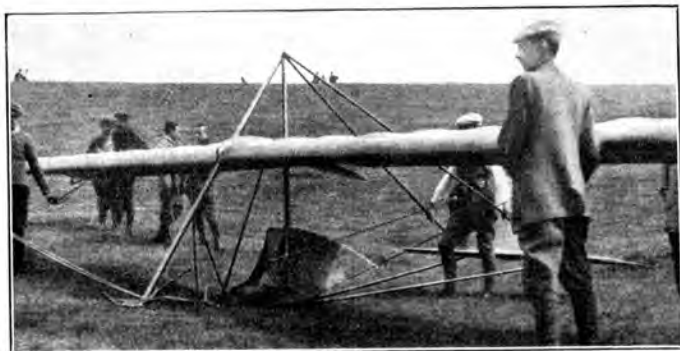
Lillenthal I (1895) E: O. Lillenthal, Berlin; A: O. Lillenthal, Berlin. S: 1; St: Gew.; Bst: H. — $l = 5,50$ m; $b = 7,00$ m; $t = 3,00$ m; $b/t = 1 : 2,3$; $F = 14,00$ m²; $Gr = 20,00$ kg; $Gz = 60,00$ kg; $G = 85,00$ kg; $G/F = 6,1$ kg/m².



v. Loebl E.v.L. 1 (1920) E: E. v. Loebl, Darmstadt; A: E. v. Loebl, Darmstadt. S: 1; St: Schw.; Bst: H; Gwkl = 1:15. — B.-L.: D: 0:0:80 h; St: 0,770 km. — $b = 7,20$ m; $F = 21,00$ m²; $Gr = 43,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 113,00$ kg; $G/F = 5,20$ kg/m².



v. Loebl Sb 3 (1923) E: E. v. Loebl, Travemünde; A: Caspar-Werke, A.-G., Travemünde. S: 1; St: Fl., Schw.; Bst: H, St. — $l = 5,00$ m; $h = 1,70$ m; $b = 13,00$ m; $t = 1,80$ m; $b/t = 1:7,2$; $F = 22,00$ m²; $Gr = 84,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 154,00$ kg; $G/F = 7,00$ kg/m².



v. Loebl Sb I (1921) E: E. v. Loebl, A. Finsterwalder, München; A: Bayer. Aeroclub, München. S: 1; S: Fl.; Bst: H, S. — B.-L.: St: 4,0 km. — $l = 4,66$ m; $b = 11,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 7,3$; $F = 15,00$ m²; $Hfl = 1,50$ m²; $Tg = 36,00$ kg; $Lg = 2,50$ kg; $Rg = 12,00$ kg; $Fg = 5,50$ kg; $Gr = 56,00$ kg; $Gz = 75,00$ kg; $G = 131,00$ kg; $G/F = 8,70$ kg/m².



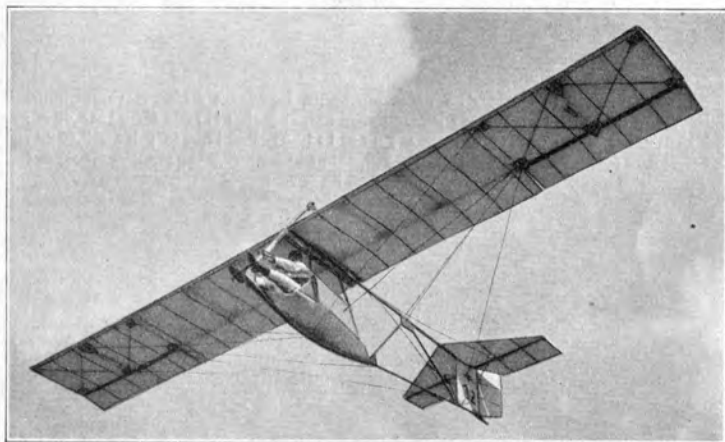
Mähr.-Schoenberg S. E. II (1924) E: H. Kromer, Frankenhausen; A: Deutscher Fliegerbund, Mähr.-Schoenberg. S: 1; St: Schw; Bst: H, St; P: Göttingen 441. — $l = 5,75$ m; $b = 12,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 8,0$; $F = 16,00$ m²; $Sr = 1,00$ m²; $Gr = 120,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 190,00$ kg; $G/F = 11,90$ kg/m².



Marcho-Silesia „Seppl“ (1927) E: Marcho-Silesia T. H. Breslau; A: Marcho-Silesia T. H. Breslau. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,00$ m; $h = 1,50$ m; $b = 16,00$ m; $F = 17,00$ m²; $Gr = 160,70$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 230,70$ kg; $G/F = 13,60$ kg/m².



Marcho-Silesia „Oberschlesien“ (1927) E: J. Ksoll, Breslau; A: Akad. Flieger-schaft Marcho-Silesia T.H. Breslau. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,00$ m; $h = 1,50$ m; $b = 18,00$ m; $t = 0,90$; $b/t = 1 : 20,0$; $F = 16,00$ m²; $Gr = 155,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 225,00$ kg; $G/F = 14,00$ kg/m².



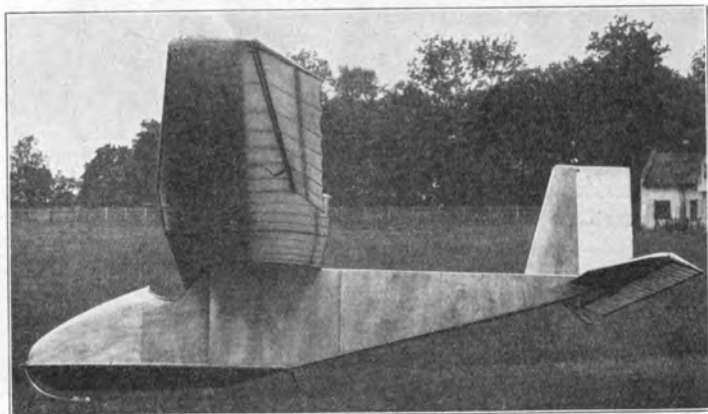
Martens „Pegasus“ (1924) E: A. Martens, Wasserkuppe; A: A. Martens, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — P: Göttingen 358. — $l = 5,75$ m; $b = 10,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 6,7$; $F = 15,00$ m²; $Hfl = 1,00$ m²; $Hr = 1,12$ m²; $Sfl = 0,42$ m²; $Sr = 0,70$ m²; $Gr = 60,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 130,00$ kg; $G/F = 8,70$ kg·m².



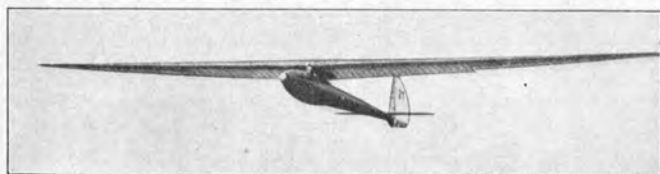
Martens S (1924) E: A. Martens, Wasserkuppe; A: A. Martens, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H.



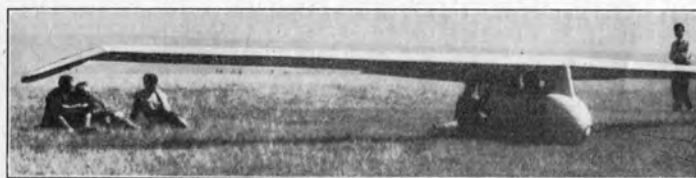
Messerschmitt S 14 (1923) E: W. Messerschmitt, Bamberg; A: W. Messerschmitt, Bamberg. S: 1; St: Fl.; Bst: H; P: Göttingen 535. — B.-L.: H: 303 m. — l = 5,40 m; h = 1,35 m; b = 14,00 m; t = 1,35 m; b/t = 1:10,3; F = 17,50 m²; Hr = 2,40 m²; Sfl = 0,70 m²; Sr = 0,80 m²; Gr = 105,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 175,00 kg; G/F = 9,60 kg/m².



München Mü 2 „Münchner Kindl II“ (1928) E: E. Ulbert, H. Ächter, München; A: Akad. Fliegergruppe T. H. München. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; Gwkl = 1:19,5. — B.-L.: D: 1:40:0 h; H: 205 m. — l = 5,40 m; h = 1,25 m; b = 15,00 m; t = 1,30 m; b/t = 1:13,2; F = 17,00 m²; Hr = 2,00 m²; Gr = 132,30 kg; Gz = 70,00 kg; G = 202,30 kg; G/F = 11,80 kg m².



München Mü 3a „Kakadu“ (1929) E: A. Kupper, A. Thoenes, Ganter, E. Scheibe, München; A: Akad. Fliegergruppe T. H. München. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 652; $vs = 0,61$ m/s. — $l = 7,40$ m; $h = 1,50$ m; $b = 19,20$ m; $t = 0,91$ m; $b/t = 1:21,0$; $F = 17,60$ m²; $Hr = 1,90$ m²; $Sr = 1,70$ m²; $Qr = 2,68$ m²; $Tg = 120,00$ kg; $Lg = 8,50$ kg; $Rg = 42,00$ kg; $Gr = 170,50$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 240,50$ kg; $G/F = 13,50$ kg/m².



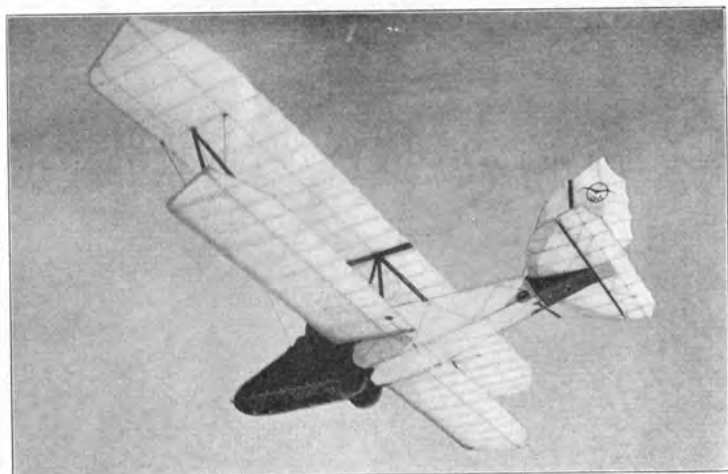
München Mü 5 (1930) E: A. Kupper, A. Thoenes, E. Scheibe, München. A: Akad. Fliegergruppe T. H. München. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — $l = 2,00$ m; $h = 1,16$ m; $b = 13,00$ m; $t = 1,30$ m; $b/t = 1:10,00$; $F = 10,60$ m²; $Tg + Lg = 33,00$ kg; $Rg = 12,00$ kg; $Gr = 58,40$ kg; $Gz = 77,00$ kg; $G = 135,40$ kg; $G/F = 13,00$ kg/m²



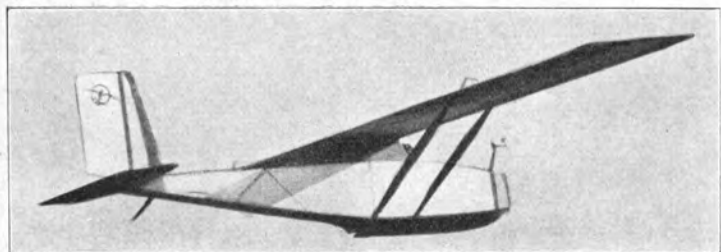
Nordman (1924) E: Nordman, Flush; A: Nordman, Flush. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: U. S. A. TS 10. — $l = 5,80$ m; $h = 1,80$ m; $b = 12,20$ m; $t = 1,40$ m; $b/t = 1:8,7$; $F = 17,50$ m²; $Gr = 90,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 160,00$ kg; $G/F = 8,80$ kg/m².



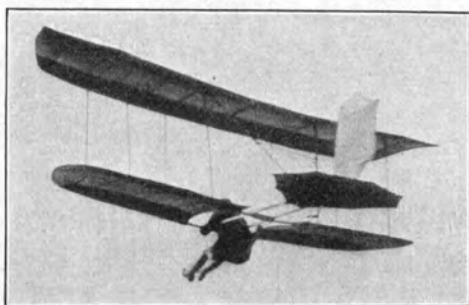
Nürnberg D 14 (1921) E: Ittner, Nürnberg; A: Nordbayr. Luftfahrtverband, Nürnberg.
 S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 3,90$ m; $b = 7,80$ m; $F = 16,50$ m²; $T_g = 20,00$ kg;
 $L_g = 3,00$ kg; $R_g = 12,00$ kg; $Gr = 40,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 110,00$ kg;
 $G/F = 6,20$ kg/m².



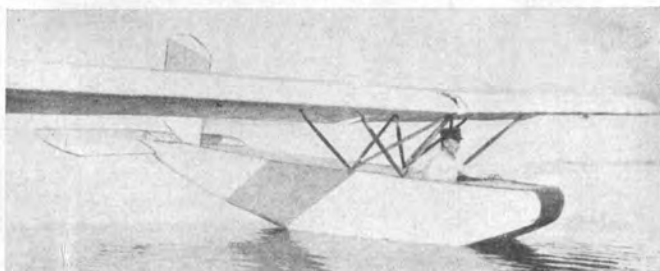
O.V.L. „Zürivogel“ (1927) E: F. Müller, Zürich; A: Ostschweizer Verein für Luftfahrt e. V., Zürich. S: 2; St: Schw.; Bst: H; $vg = 22,00$ m/s; $Gwkl = 1:18$; $vs' = 0,95$ m/s. — $l = 6,05$ m; $h = 2,35$ m; $b = 12,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:8,0$; $F = 29,00$ m²; $Gr = 160,00$ kg; $Gz = 140,00$ kg; $G = 300,00$ kg; $G/F = 10,30$ kg/m².



O. V. L. „Austria“ (1930) E: F. Müller; A: Ostschweizer Verein f. Luftfahrt e. V., Zürich. S: 1; St: Schw.; Bst: H.



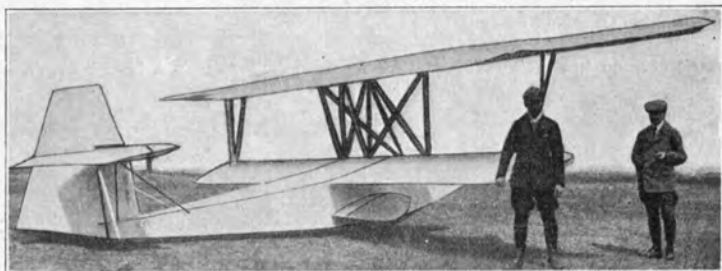
Pelzner C (1921) E: W. Pelzner, Nürnberg; A: W. Pelzner, Nürnberg. S: 1; St: Gew.; Bst: H; P: Göttingen 496; Gwkl = 1 : 5,0. — l = 3,10 m; h = 1,30 m; b₁ = 6,80 m; t = 1,55 m; b/t = 1 : 4,4; F = 17,00 m²; Gr = 19,50 kg; Gz = 75,00 kg; G = 94,50 kg; G/F = 5,60 kg/m².



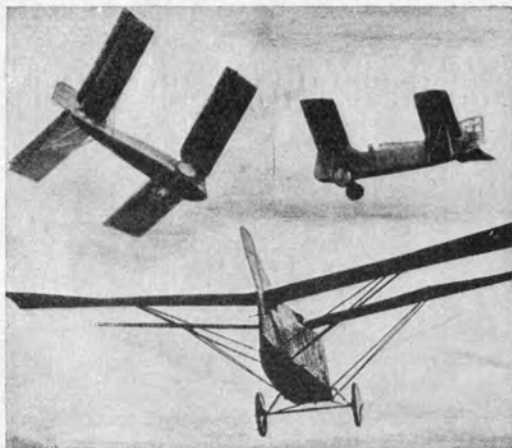
Peyean „Boot I“ (1923) E: K. Peyean, Königsberg; A: K. Peyean, Königsberg. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 441. — l = 5,50 m; h = 1,45 m; b = 12,00 m; t = 1,45 m; b/t = 1 : 8,3; F = 18,00 m²; T_g = 36,00 kg; L_g = 24,00 kg; R_g = 40,00 kg; Gr = 100,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 170,00 kg; G/F = 10,00 kg/m².



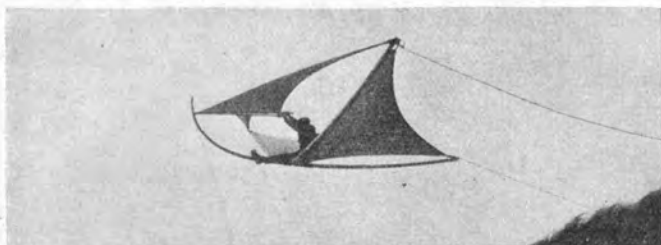
Peyean „Schwalbe“ (1925) E: C. Peyean, Königsberg; A: C. Peyean, Königsberg.
S: 1; St: Schw.; Bst: H.



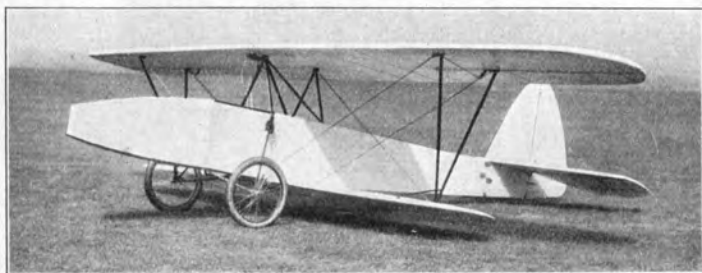
Peyean „Boot II“ (1924) E: K. Peyean, Königsberg; A: K. Peyean, Königsberg.
S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 409. — l = 6,00 m; h = 2,10 m; b = 10,00 m;
t = 1,00 m; b/t = 1:10,0; F = 13,40 m²; Gr = 130,00 kg; Gz = 70,00 kg;
G = 200,00 kg; G/F = 15,00 kg/m².



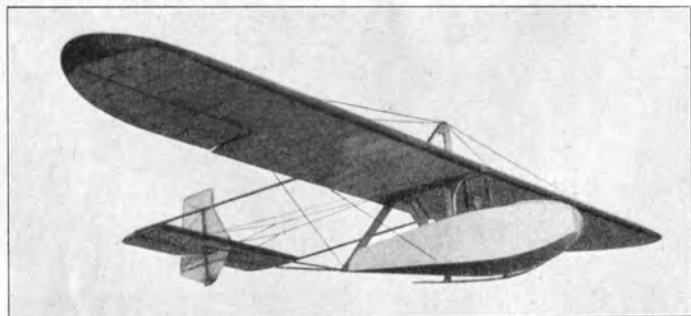
Peyret „Tandem“ (1922) E: L. Peyret, Puteaux; A: Morane-Saulnier, Aeroplanes,
Puteaux. S: 1; St: Fl., Schw.; Bst: H, D. — B.-L.: D: 8:2:30 h. — l = 5,30 m;
b = 6,60 m; t = 1,14 m; b/t = 1:5,8; F = 14,20 m²; Hr = 4,30 m²; Sfl = 0,28 m²;
Sr = 0,58 m²; Qr = 4,30 m²; Gr = 67,50 kg; Gz = 71,50 kg; G = 139,00 kg;
G/F = 9,70 kg/m².



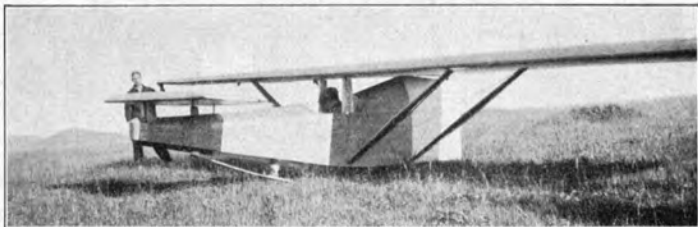
Platz (1924) E: Platz, Scheveningen; A: Platz, Scheveningen. S: 1; St: K.; Bst: H.



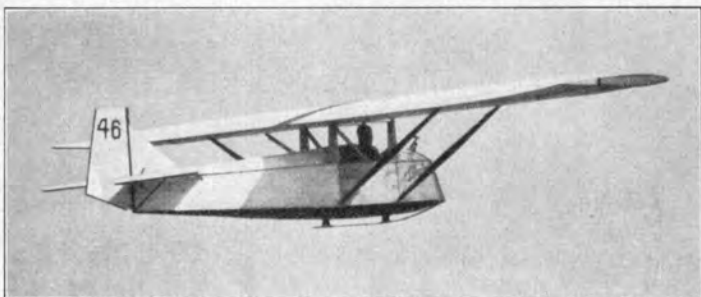
Raab-Katzenstein Anhänger RK 7 „Schmetterling“ (1928) E: P. J. Hall; A: Raab-Katzenstein Flugzeugwerk G. m. b. H., Kassel. S: 1; St: Schw.; Bst: H, S. —
 $l = 6,15$ m; $h = 1,83$ m; $b = 8,00$ m; $t = 1,45$ m; $b/t = 1:5,5$; $F = 15,32$ m²;
 $H_{fl} = 0,83$ m²; $H_r = 1,47$ m²; $S_{fl} = 0,33$ m²; $S_r = 0,51$ m²; $Q_r = 1,52$ m²;
 $G_r = 125,00$ kg; $G_z = 75,00$ kg; $G = 200,00$ kg; $G/F = 13,00$ kg/m².



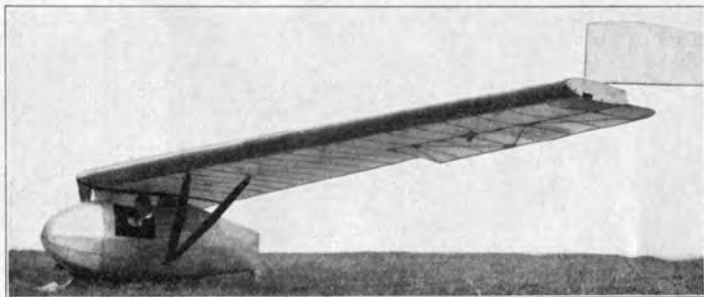
R. R. G. „Hangwind“ (1930) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H, S; $vg = 11,50$ m/s; $G_{wkl} = 1:13$. —
 $l = 6,51$ m; $b = 12,00$ m; $t = 1,61$ m; $b/t = 1:7,5$; $F = 18,10$ m²; $G_r = 85,00$ kg;
 $G_z = 70,00$ kg; $G = 155,00$ kg; $G/F = 8,60$ kg/m².



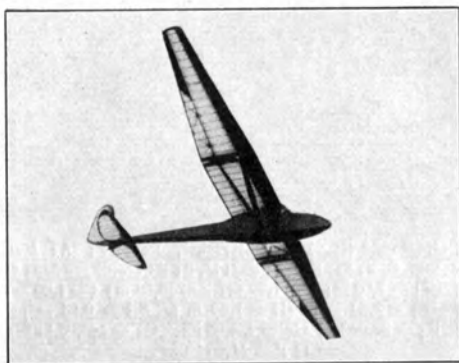
R. R. G. „Ente“ (1928) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: K., Bst: H. — $l = 4,31$ m; $h = 1,93$ m; $b = 11,93$ m; $t = 1,70$ m; $b/t = 1 : 7,0$.



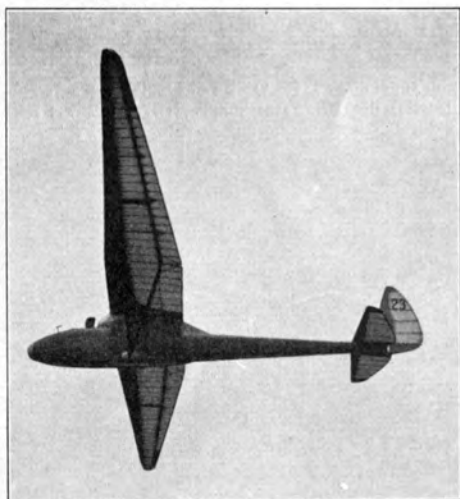
R. R. G. „Prüfling“ (1925) E: A. Lippisch, F. Stamer, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $vg = 13,00$ m/s; $Gwkl = 1 : 14,0$. — $l = 5,48$ m; $h = 1,55$ m; $b = 10,58$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1 : 7,0$; $F = 15,25$ m²; $Gr = 105,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 175,00$ kg; $G F = 11,30$ kg/m².



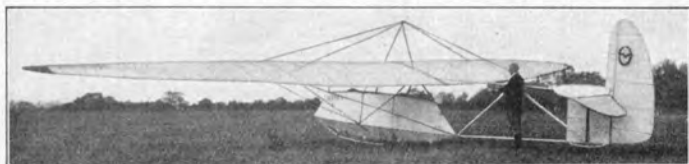
R. R. G. „Storch 1a“ (1928) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — $l = 2,80$ m; $h = 1,00$ m; $b = 12,16$ m; $t = 1,89$ m; $b/t = 1 : 6,4$.



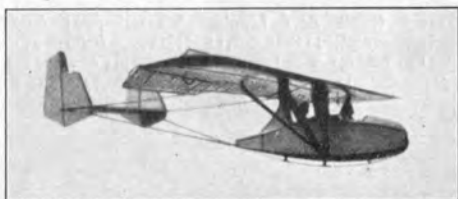
R. R. G. „Professor“ (1929) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $v_g = 14,00 \text{ m/s}$; $G_{wkl} = 1 : 21,5$; $v_s = 0,67 \text{ m s.}^{-1}$; $l = 7,06 \text{ m}$; $h = 1,30 \text{ m}$; $b = 16,09 \text{ m}$; $t = 1,50 \text{ m}$; $b/t = 1 : 14,0$; $F = 18,60 \text{ m}^2$; $Gr = 156,00 \text{ kg}$; $G_z = 70,00 \text{ kg}$; $G = 226,00 \text{ kg}$; $G/F = 12,00 \text{ kg/m}^2$.



R. R. G. „Wien“ (1929) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 549; $v_s = 0,60 \text{ m s.}^{-1}$; $l = 7,88 \text{ m}$; $h = 1,40 \text{ m}$; $b = 19,15 \text{ m}$; $t = 1,50 \text{ m}$; $b/t = 1 : 20,0$; $F = 18,00 \text{ m}^2$; $T_g = 81,60 \text{ kg}$; $Gr = 158,10 \text{ kg}$; $G_z = 70,00 \text{ kg}$; $G = 228,10 \text{ kg}$; $G/F = 12,60 \text{ kg/m}^2$.



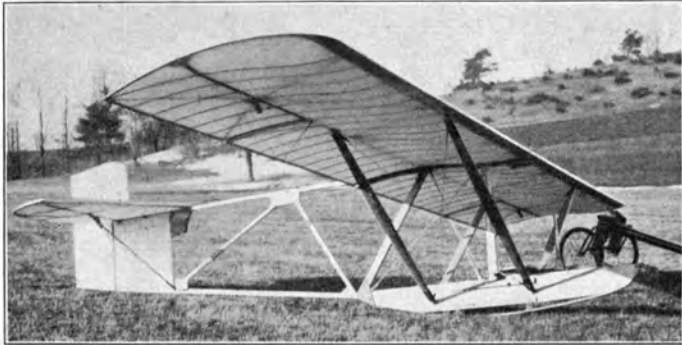
Rostock M III „Rostock“ (1929) E: P. Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgischer Aero-Klub, Rostock. S: 2; St: Schw.; Bst: H, S; P: Göttingen 532; Gwkl = 1:15,5; vs = 0,78 m/s. — l = 7,00 m; h = 1,70 m; b = 18,00 m; t = 1,80 m; b/t = 1:12,0; F = 26,60 m²; Hfl = 2,30 m²; Hr = 1,40 m²; Sfl = 0,55 m²; Sr = 1,20 m²; Tg = 89,00 kg; Rg = 36,00 kg; Gr = 154,00 kg; Gz = 140,00 kg; G = 294,00 kg; G, F = 11,00 kg/m².



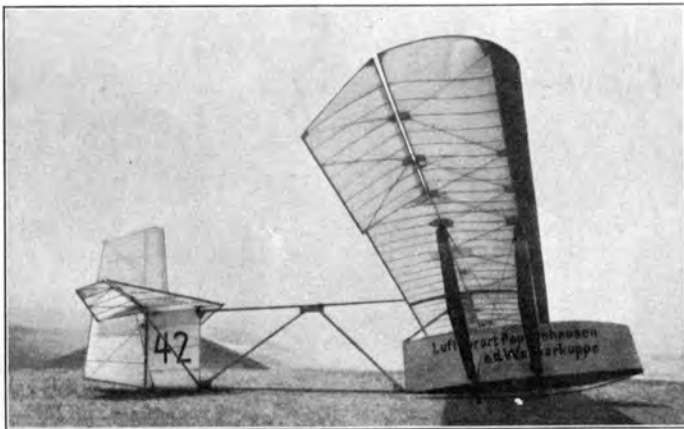
R. R. G. „Schuldoppelsitzer“ (1929) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 2; St: Schw.; Bst: H, D.



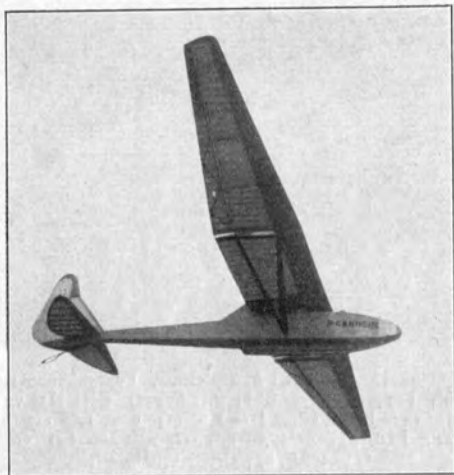
R. R. G. „Zögling“ (1926) E: A. Lippisch, Wasserkuppe F. Stamer; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 358; Vg = 12,50 m/s; Gwkl = 1:11. — l = 5,48 m; h = 2,20 m; b = 10,00 m; t = 1,60 m; b/t = 1:6,2; F = 15,85 m²; Gr = 85,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 155,00 kg; G/F = 9,80 kg/m².



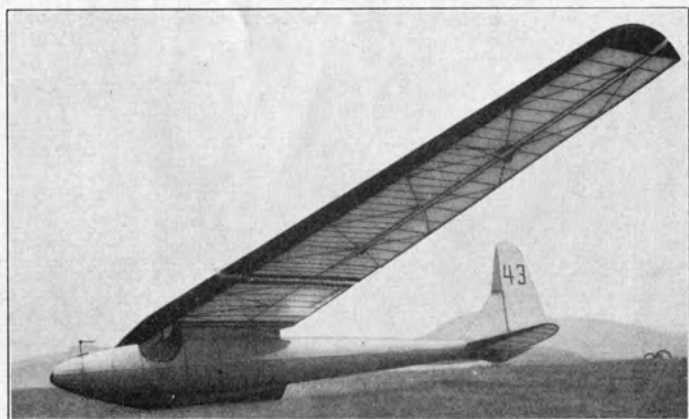
Schleicher „Anfänger“ (1919) E: A. Schleicher, Poppenhausen; A: Segelflugzeugbau „Rhön“, Poppenhausen. S: 1; St: Schw.; Bst: H; $vg = 14,00$ m/s; $Gwkl = 1:12,0$; $vs = 1,25$ m/s. — $l = 5,52$ m; $h = 1,60$ m; $b = 10,20$ m; $t = 1,78$ m; $b/t = 1:6,0$; $F = 18,00$ m²; $Gr = 95,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 165,00$ kg; $G/F = 9,10$ kg/m².



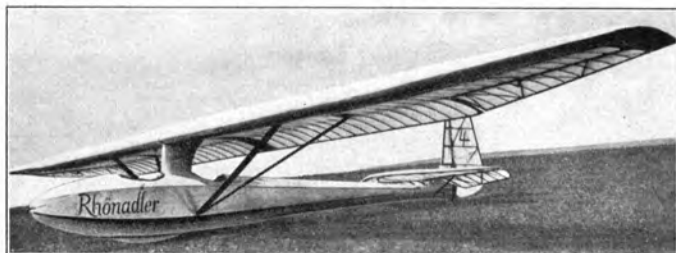
Schleicher „Luftkurort Poppenhausen“ (1929) E: A. Schleicher, Poppenhausen; A: Segelflugzeugbau „Rhön“, Poppenhausen. S: 2; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 358; $vg = 14,50$ m/s; $Gwkl = 1:16,4$; $vs = 0,88$ m/s. — $l = 7,20$ m; $h = 1,30$ m; $b = 14,60$ m; $t = 1,60$ m; $b/t = 1:9,1$; $F = 22,90$ m²; $Gr = 130,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 200,00$ kg; $G/F = 7,00$ kg/m².



Schleicher „Mannheim“ (1928) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Segelflugzeugbau „Rhön“, Poppenhausen. S: 2; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 533; $v_s = 0,81$ m/s. — $b = 17,60$ m; $t = 1,46$ m; $b/t = 1:12,0$; $F = 20,00$ m²; $T_g = 101,60$ kg; $Gr = 200,00$ kg; $G_z = 140,00$ kg; $G = 340,00$ kg; $G/F = 13,50$ kg/m².



Schleicher „Stadt Frankfurt“ (1929) E: A Schleicher, Poppenhausen; A: Segelflugzeugbau „Rhön“, Poppenhausen. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 549. — $b = 15,80$ m; $b/t = 1:12,5$; $F = 20,00$ m²; $Gr = 150,00$ kg; $G_z = 70,00$ kg; $G = 220,00$ kg; $G/F = 11,00$ kg/m².



Schleicher „Rhönadler“ (1929) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Segelflugzeugbau „Rhön“, Poppenhausen. S: 2; St: Schw.; Bst: H; P: R. R. G. 652; vs = 0,81 m/s. — B.-L.: H: 1275 m; St: 33 km. — l = 7,70 m; h = 1,65 m; b = 17,00 m; t = 1,80 m; b/t = 1:11,3; F = 27,00 m²; Tg = 123,20 kg; Gr = 207,00 kg; Gz = 140,00 kg; G = 347,00 kg; G.F = 12,80 kg/m².



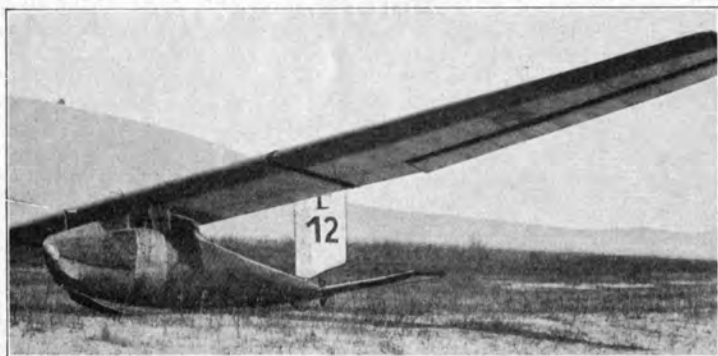
Schulz F. S. 3 (1922) E: F. Schulz, Waldensee; A: F. Schulz, Waldensee. S: 1; St: Schw., Fl.; Bst: H. — B.-L.: D: 8:42:0 h. — l = 4,50 m; b = 12,50 m; t = 1,60 m; b/t = 1:7,8; F = 16,00 m²; Hfl = 1,10 m²; Hr = 0,90 m²; Qr = 2,40 m²; Tg = 31,00 kg; Lg = 16,30 kg; Gr = 47,30 kg; Gz = 75,70 kg; G = 123,00 kg; G/F = 7,60 kg/m².



Schulz F. S. 5 (1923) E: F. Schulz, Waldensee; A: F. Schulz, Waldensee. S: 1; St: Fl.; Bst: H.



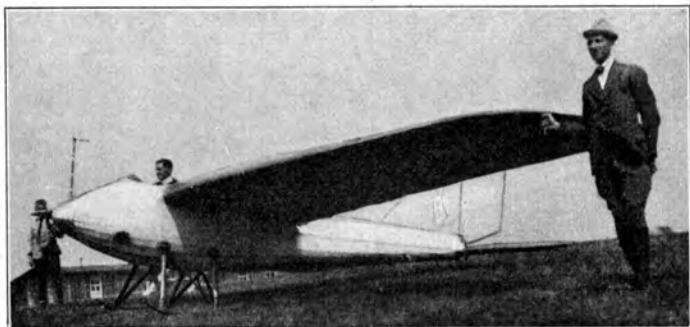
Schulz „Königin Luise“ (1924) E: F. Schulz, Waldensee; A: Möbelfabrik Marienburg. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 5,00$ m; $h = 1,40$ m; $b = 14,00$ m; $t = 1,10$ m; $b/t = 1:12,7$; $F = 15,50$ m²; $Gr = 104,50$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 174,50$ kg; $G/F = 12,00$ kg/m².



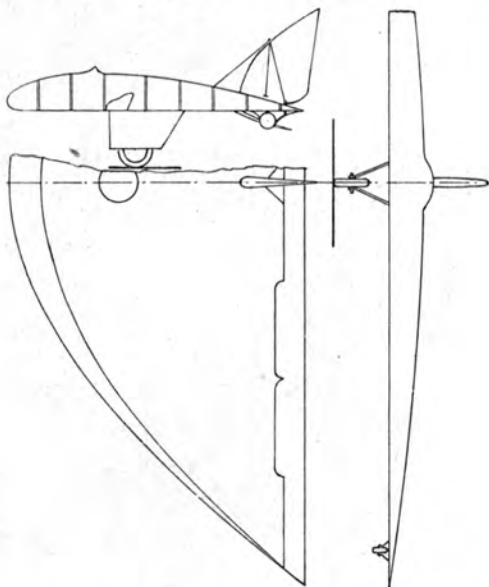
Seiler D 1 (1926) E: Seiler, Liegnitz; A: Seiler, Liegnitz. S: 2; St: Schw.; Bst: H. — B.-L.: D: 9:21:0 h. — $l = 6,15$ m; $b = 15,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:12,0$; $F = 21,30$ m²; $Hr = 1,85$ m²; $Sr = 0,75$ m²; $Gr = 135,00$ kg; $Gz = 140,00$ kg; $G = 275,00$ kg; $G/F = 12,80$ kg/m².



Spalinger S 9 (1927) E: J. Spalinger, Schwamendingen; A: J. Spalinger, Schwamendingen. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 358; $l = 5,20$ m; $b = 12,50$ m; $F = 13,40$ m²; $Gr = 95,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 165,00$ kg; $G/F = 12,30$ kg/m².



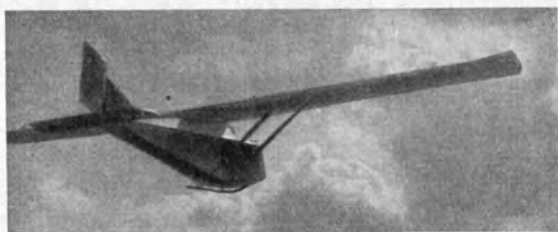
Stuttgart II (1922) E: P. Brenner, M. Schrenk, Stuttgart; A: Flugtechnischer Verein, Stuttgart. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 441. — $l = 5,80$ m; $h = 1,80$ m; $b = 11,60$ m; $t = 1,40$ m; $b/t = 1:8,2$; $F = 16,00$ m²; $H_r = 2,10$ m²; $S_{fl} = 0,65$ m²; $S_r = 0,55$ m²; $T_g = 36,50$ kg; $L_g = 8,70$ kg; $R_g + F_g = 25,00$ kg; $G_r = 70,20$ kg; $G_z = 50,80$ kg; $G = 131,00$ kg; $G/F = 8,10$ kg/m².



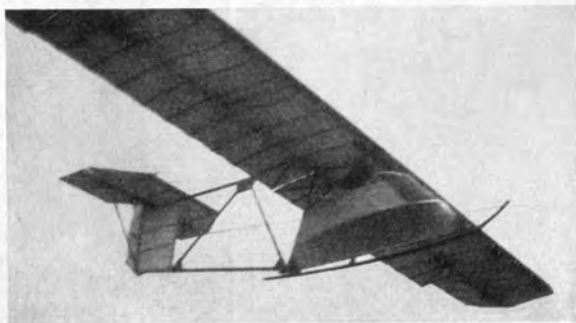
Tscheranowsky A. W. F. 15 „Parabola“ (1924) E: B. Tscheranowsky, Moskau; A: B. Tscheranowsky, Moskau. S: 1; St: Fl.; Bst: H; P: Göttingen 386 und 436; $v_g = 9,50$ m/s; $G_{wkl} = 1:19$; $v_s = 0,48$ m/s. — $l = 3,75$ m; $h = 2,25$ m; $b = 10,00$ m; $t = 3,75$ m; $b/t = 1:4,0$; $F = 20,00$ m²; $Q_r = 5,00$ m²; $G_r = 50,00$ kg; $G_z = 70,00$ kg; $G = 120,00$ kg; $G/F = 6,00$ kg/m².



Wagener H. F. V. 17 „Pirat“ (1929) E: H. Wagener, Hamburg; A: H. Wagener, Hamburg. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 535; Gwkl = 1:16; vs = 0,70 m/s. — l = 5,63 m; h = 1,40 m; b = 2,36 m; t = 1,50 m; b/t = 1:8,2; F = 18,20 m²; Gr = 100,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 170,00 kg; G/F = 9,20 kg/m².



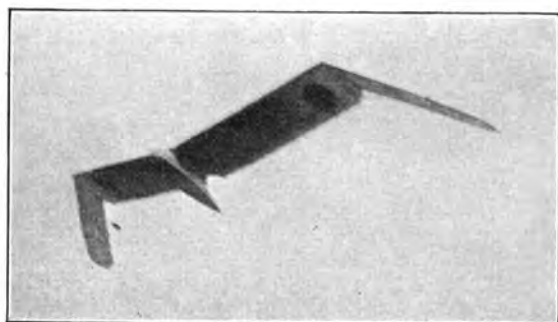
Weltensegler „Bremen“ (1923) E: A. Lippisch, F. Stamer, Wasserkuppe; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — l = 5,00 m; h = 1,60 m; b = 13,00 m; t = 1,30 m; b/t = 1:10,0; F = 17,00 m²; Hr = 1,80 m²; Sfl = 0,55 m²; Sr = 0,80 m²; Q = 3,30 m²; Gr = 130,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 200,00 kg; G/F = 11,10 kg/m².



Weltensegler „Hols der Teufel“ (1923) E: A. Lippisch, F. Stamer, Wasserkuppe; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden. S: 1; St: Schw.; Bst: H; P: Göttingen 358; Gwkl = 1:15; vs = 0,78 m/s. — l = 6,00 m; h = 2,00 m; b = 13,00 m; t = 1,80 m; b/t = 1:5,0; F = 18,00 m²; Gr = 95,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 165,00 kg; G/F = 9,10 kg/m².



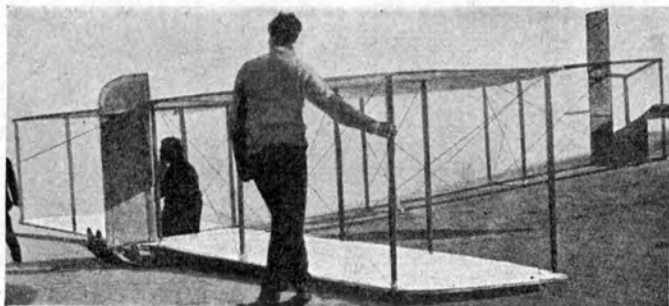
Weltensegler „Baden-Baden-Stolz“ (1922) E: F. Wenk, Tübingen; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — l = 3,00 m; h = 1,00 m; \bar{b} = 15,00 m; t = 1,25 m; b/t = 1: 12,0; F = 16,20 m²; Gr = 100,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 170,00 kg; G/F = 10,60 kg/m².



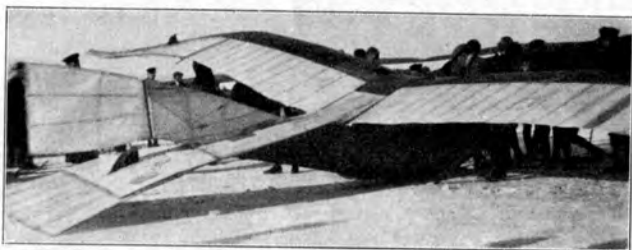
Weltensegler „Feldberg“ (1921) E: F. Wenk, Tübingen; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden. S: 1; St: Fl.; Bst: H. — B.-L. · D: 0: 2: 0 h; H: 50 m; St: 1,25 km. — l = 3,50 m; b = 16,00 m; t = 1,45 m; b t = 1: 11,0; F = 17,00 m²; Gr = 43,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 113,00 kg; G/F = 6,20 kg/m².



Weltensegler „Roland Festung“ (1922) E: R. Eisenlohr, Karlsruhe; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — l = 5,00 m; b = 11,00 m; F = 15,00 m²; Gr = 100,00 kg; Gz = 70,00 kg; G = 170,00 kg; G/F = 11,30 kg/m².



Wright IV (1911) E: O. u. W. Wright, Dayton; A: O. u. W. Wright, Dayton; S: 1;
St: Schw.; Bst: H.



Zeise-Nesemann „Senator“ (1923) E: A. Nesemann, Pinneberg; A: A. Nesemann, Pinneberg. S: 1; St: Schw.; Bst: H. — $l = 6,00$ m; $b = 12,00$ m; $t = 1,50$ m; $b/t = 1:1,80$; $F = 17,50$ m²; $Gr = 85,00$ kg; $Gz = 70,00$ kg; $G = 155,00$ kg; $G/F = 9,20$ kg/m².



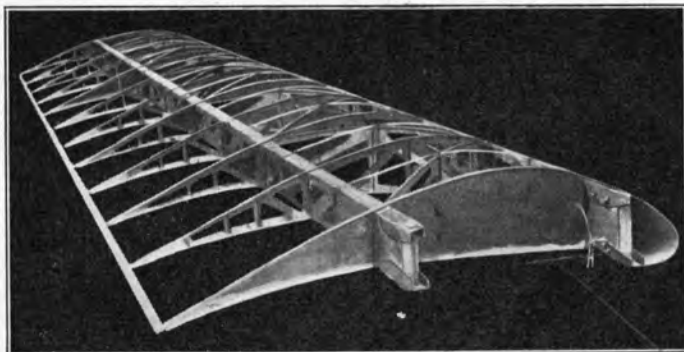
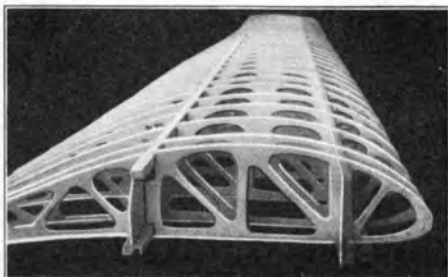
Zwickau „Sorgenkind“. A: Flugtechnischer Verein, Zwickau. S: 1; St: Schw.;
Bst: H. — $l = 5,40$ m; $b = 9,30$ m; $F = 12,30$ m².

b. Beispiele von Konstruktions-Einzelheiten

1. Tragwerk

Görlitz „Görlitz I“
(1924) E: W. Hübner,
Adlershof, A: Flugtechn.
Verein, Görlitz.

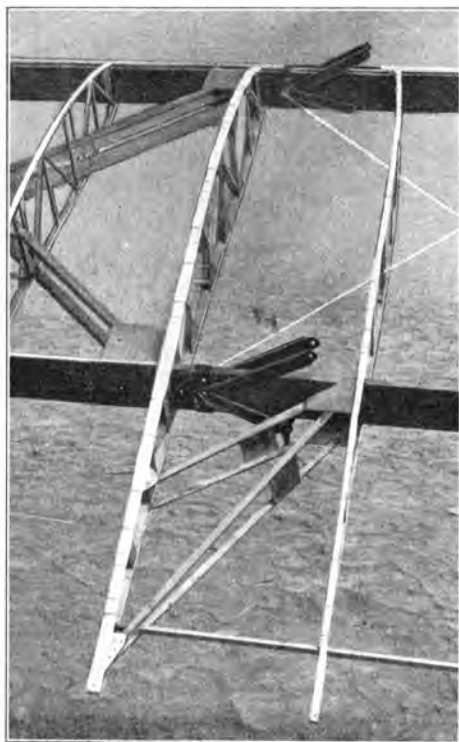
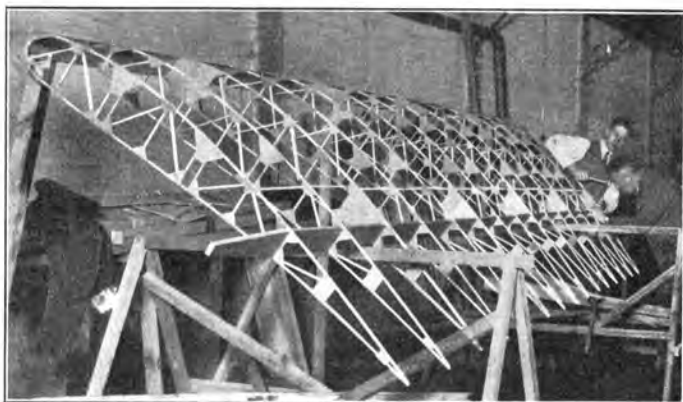
Flügelgerüst des Hochdeckers im Bau. Man erkennt eine zweiholmige Holzbauart, deren Besspannung mit Nesselstoff noch nicht aufgebracht wurde.



Mähr.-Schönberg S. E. II (1924) E: H. Kromer, Frankenhausen; A: Bund Deutscher Flieger, Mähr.-Schönberg.

Das Tragwerk des Hochdeckers ist zweiholmig und freitragend. Das Bild zeigt die linke Tragflügelhälfte im Bau. Man erkennt die beiden Kastenholme, von denen der vordere mit dem sperrholzbeplankten Flügelnahe zusammen einen verdrehfesten Balken bildet. Die Holme haben Erleichterungsaussparungen, die Rippen sind aus Sperrholz gebaut, mit aufgeleimten Holzleisten. Sie sind mit Hilfe entsprechender Aussparungen über die Holme geschoben. Wegen der großen Rippenabstände ist je eine nur bis zum Hinterholm reichende Hilfsrippe zwischen je zwei Hauptrippen eingesetzt worden. Diese sollen ein Verziehen der Außenwand verhindern, ohne eigentlich zur Übertragung von Kräften zu dienen. Man erkennt auch die Diagonalversteifungen, welche dem Flügelverband die ausreichende Torsionsfestigkeit verleihen sollen. Das Flügelende wird durch eine leichte Abschlußleiste gebildet.

Profil Göttingen 441, Flügeltiefe innen 1,50 m.



R. R. G. „Zögling“ (1927)
 E: A. Lippisch; A: Mecklenburgischer Aeroklub, Rostock. Der Tragflügel ist zweiholmig. Der Flügelschnitt ist Göttingen 358. Die Rippen in Sparbauweise sind sichtbar. Die Holme sind aus hochkantgestellten Nadelholzbrettern von 8 bis 12 cm Höhe und 1 bis 2 cm Breite gebaut. Zur Versteifung ist eine bis zum Vorderholm reichende Sperrholzbeplankung vorgesehen. Die Innenverspannung wird nach den Flügelenden zu durch Holzdiagonalen ersetzt.

Das untere Bild zeigt einen Blick in den zweiholmigen Tragflügel. Man erkennt die beiden Holme sowie die gebauten Rippen. Das rechts sichtbare Innenstück des Flügels ist mit Diagonaldrähten verspannt, während das links sichtbare Außenstück durch Diagonalstäbe versteift ist. Man beachte die Beschläge.



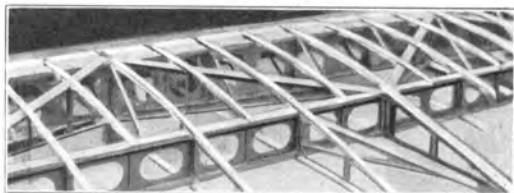
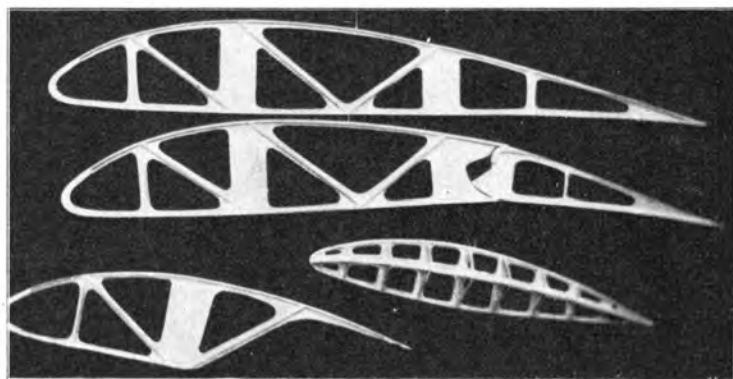
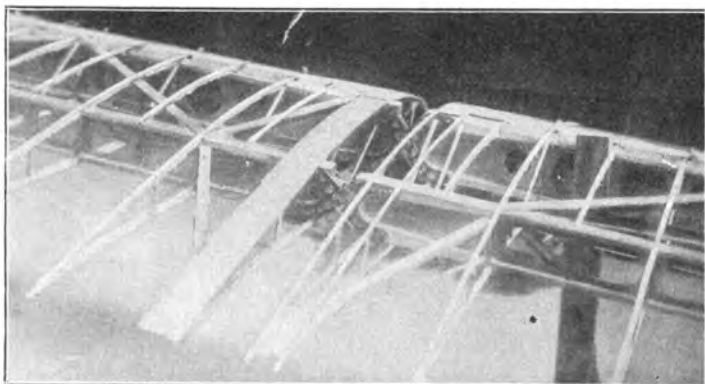
Rostock „Mecklenburg“ (1929) E: P. Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgischer Aero-klub, Rostock.

Der verspannte Tragflügel des Hochdeckers ist zweiteilig. Die Bilder zeigen die zwei-holmige Bauart aus Holz und Sperrholz. Die Holme bestehen aus hochkantgestellten Brettern mit Erleichterungsaussparungen in der neutralen Faser. Die Rippen sind in 40 cm Abstand mit Zwischenrippen angeordnet. Die Spannweite beträgt 12,10 m; die Flügeltiefe 1,83 m; das Seitenverhältnis 1:6,8; der Flügelinhalt 21,50 m²; Flügelschnitt: Göttingen 532. Größe des Vorderholmes 120×11 mm; des Hinterholmes 100×16 mm. Abstand zwischen Vorder- und Hinterholm 1150 mm. Länge des Querruders 2,10 m. Tiefe 600 mm. — Abstand des Vorderholmes von der Flügelvorderkante 80 mm.

Espenlaub S (1924) E: G. Espenlaub, Grunau; A: G. Espenlaub, Grunau.

Das Tragwerk des Sitzgleiters ist zweiteilig und zweiholmig. Das Bild läßt die Kastenholme und die gebauten Rippen erkennen. Die Holme bestehen aus hochkantstehenden Brettern (Höhe 11 cm, Breite 1,8 cm) aus Kiefernholz. Man erkennt den Aufbau der Rippen mit Gurten und Diagonalstäben in Sparbauweise mit aufgelegten Sperrholzdecken. Das verwendete Flügelprofil ähnelt Göttingen 532. Die beiden Tragflügelhälften werden zu dem dreieckigen Rumpfteilel verspannt, der im Bilde sichtbar ist. Von diesem Rumpferüst laufen nach jeder Flügelhälfte von oben zwei Stahldrähte zum Vorder- und Hinterholm, von unten drei Stahldrähte, hiervon einer zum Vorder-, zwei zum Hinterholm. Man erkennt auch den aus Holzstäben gebildeten Fachwerkverband des Rumpfes. Auch hier sind aus Festigkeitsgründen an den Knotenpunkten Sperrholzdecken aufgesetzt. Der Führersitz liegt frei über der Mittelkufe aus Esche. Die vor dem Sitz entlanglaufende Strebe gefährdet den Führer bei harten Landungen („Schädelspalter“).

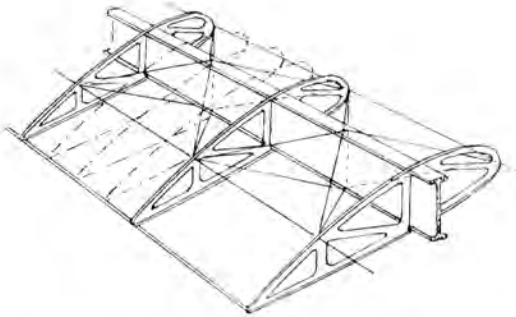




Darmstadt „Edith“
(1922) E: A. Botsch,
Darmstadt; A: Akad.
Fliegergruppe T. H.
Darmstadt.

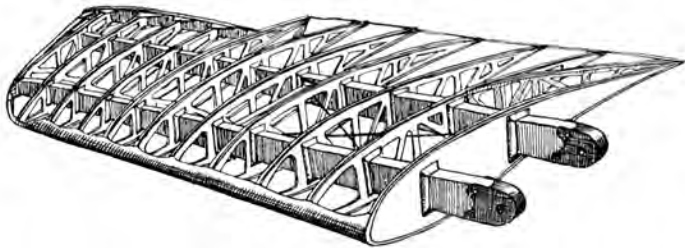
Der Tragflügel ist
zweiholmig und wird
mit Stoff bekleidet.
Bis zum Vorderholm
ist Sperrholzbeplankung vorgesehen. Man
erkennt die Anordnung der Hauptrippen

in Abstand von 0,30 m. Zwischen je zwei Hauptrippen ist eine Hilfsrippe eingeschaltet. Man beachte die Holmabsteifung, wobei die beiden Holme mit Diagonalstreben torsionsfest verbunden sind. Die Bilder lassen die Bauart der Haupt-, Querruder-, Hilfs- und Endrippen erkennen. Ferner auch den Flügelanschlußbeslag über der oberen Rumpfkante. Der Tragflügel ist zweiteilig mit je zwei seitlichen Schrägstielen. Flügeltiefe 1,40 m. Größte Profilhöhe 0,17 m. Gewicht des Tragflügels 44 kg.



Stieger „Monospar“ (1929) E: Stieger, London; A: Stieger, London

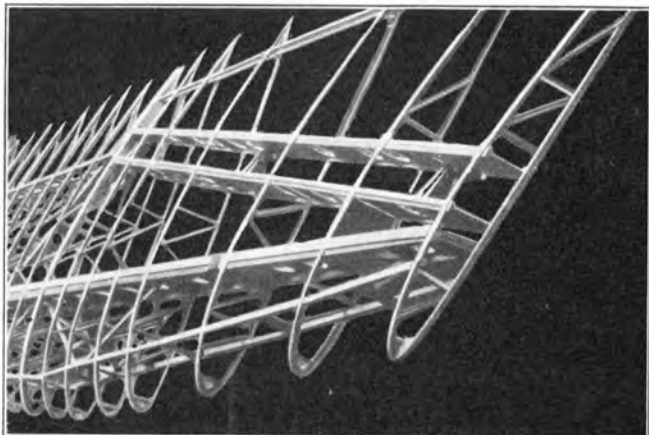
Um ausreichende Verdrehungsfestigkeit des einholmigen Tragflügels zu erreichen, sind Holm und Rippen in der auf dem Bild erkennbaren Weise verspannt. Man sieht einen Doppel-T-Holm, über welchen zu den besonders kräftig gebauten, über die Holmobergurte geschobenen Hauptrippen eine kreuzweise, pyramidenähnliche Verspannung geführt ist. Zwischen diesen Hauptrippen werden je drei leichte Hilfsrippen eingeschaltet, welche lediglich zur Wahrung der Flügelform dienen, ohne zugleich größere Kräfte aufzunehmen. An Stelle der pyramidenförmigen Verspannung läßt sich natürlich auch entsprechende Verstrebung vorsehen. Der mit Drahtverspannung gebaute Flügel hat über 50 v. H. Gewichtsersparnis ergeben.



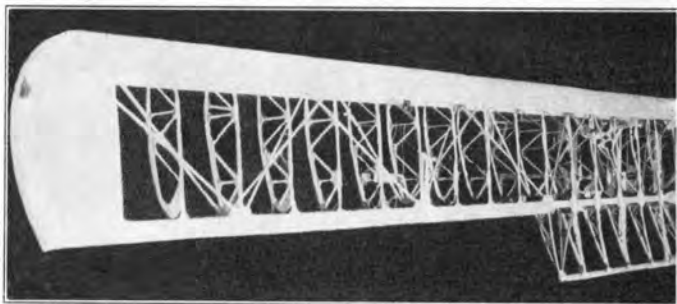
Stuttgart „Stuttgart I“ (1921) E: Brenner, Stuttgart; A: Flugtechn. Ver., Stuttgart.

Die Tragflügel des Eindeckers sind spannungslos, aber zum Fahrwerk abgestrebt. Die Flügelstiele sind an ihren Enden in Stahlblechschuhe eingepaßt und mit diesen verschraubt. Zur Sicherung gegen ein Herausziehen der Schuhe während des Fluges laufen entlang der Stiele Stahldrähte, welche die oberen und unteren Schuhe miteinander verbinden. Während die unteren Stielschuhe mit Bolzen an den Knotenpunkten des Fahrgestells anpassen, sind in die oberen Schuhe Spannschlösser eingeklinkert und geschweißt. Die Bolzen der Spannschlösser sind an Stahlmanschetten an den Flächenholmen befestigt. Durch Drehen der Flügelstiele um ihre Längsachse läßt sich der Anstellwinkel und V-Form der Flügel beliebig verstellen.

Man erkennt den Aufbau des Flügels mit 2 Kastenholmen aus Nußbaumperrholz. Bei gleichbleibender Holmbreite nach außen abnehmende Holmhöhe. Vorder- und Hinterholm haben gleiche Abmessungen. Profil Göttingen 426. Nach außen abnehmende Flügeliefe und -dicke. Die Flügel sind mit 2 Bolzen innerhalb des Rumpfes befestigt. Spannweite jeder Flügelhälfte 4,35 m. Größte Flügeliefe am Rumpf 1,60 m; kleinste Flügeliefe 1,40 m.



Dessau, „Anhalt“ (1925) E: R. Polter, Dessau, A: Anhalt, Verein f. Luftfahrt, Dessau. Der obere Tragflügel des Doppeldeckers im Bau. Einholmige Bauart, I-Holm. Die drehfeste 1,5 mm starke Sperrholznase ist noch nicht aufgebracht. Der Holm des Oberflügels ist im Gegensatz zu dem des Unterflügels aus Festigkeitsgründen durchlaufend gebaut. Das Bild läßt auch den leichten Hilfsholm, die gebauten Rippen, den Torsionsverband im vorderen Drittel und die schrägangesetzten Querruder erkennen. Um die schädliche Bremswirkung in den Kurven aufzuheben, ist die Quersteuerung als Differentialsteuerung ausgebildet. Die Übertragung erfolgt durch Stoßstangen und Winkelhebel. Profil: Göttingen 289: Spannweite 8,00 m, Flügeltiefe, größte 1,15 m, Seitenverhältnis 1:8,5.

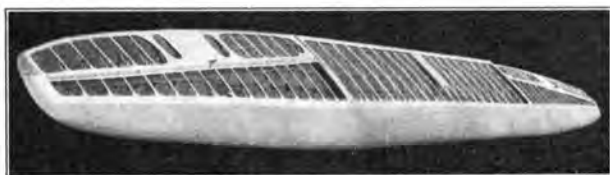


Aachen „M 1“ (1929) E: Mayer, Aachen, A: Luftfahrt-Verein Aachen. Das Tragwerk des verstrebtten Hoehdeckers ist dreiteilig. Der im Bilde sichtbare Außenflügel hat den Flügelschnitt Göttingen 535. Man erkennt die gebauten Rippen und die Diagonalstreben des zweiholmigen Flügels, sowie die Aussparung für die Querruder. Flügelnase und Randbogen sind mit Sperrholz beplankt, die Fläche wird im übrigen mit Stoff bekleidet.



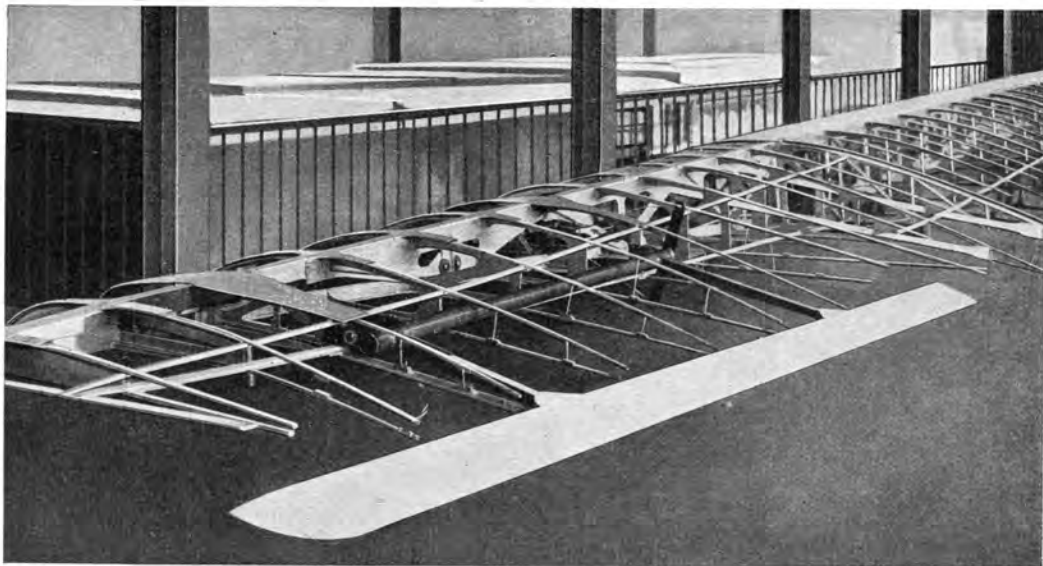
Darmstadt D 1 (1921) E: F. Nicolaus, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt.

Blick in den freitragenden Tragflügel, dessen untere Stoffbespannung entfernt ist. Man erkennt die zweiholmige Bauart. Der Vorderholm ist als Doppel-T-Träger mit gitterförmigen Aussparungen, der Hinterholm als Kastenholm mit länglichen Aussparungen der Stege gebaut. Zur Erzielung ausreichender Torsionsfestigkeit dient ein zickzackförmig in der Flügelsebene laufender Gitterverband, der an den äußeren Feldern durch Raumdiagonalen aus Sperrholz ersetzt wurde. Die Holmgurte bestehen aus Kiefer, die Holmstege aus Sperrholz, die Rippen aus gitterförmig ausgesparten Sperrholzplatten mit Kieflerflanschleisten. Rippenabstand: 0,50 m. Profil: Göttingen 441. Flügeltiefe 1,80 m. Im Bilde liegt der Tragflügel auf der Oberseite.

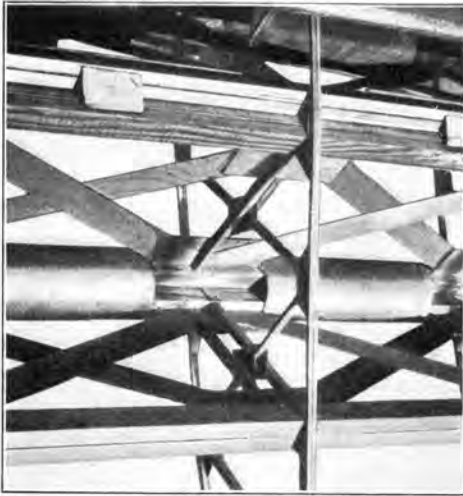


Darmstadt „Darmstadt I“ (1929) E: F. Gross, Darmstadt, A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt.

Der Tragflügel des Hochleistungsflugzeugs ist einholmig. Das Mittelstück hat durchlaufend gleiches Profil Göttingen 535. Man erkennt die von Flügelnase und Hauptholm gebildete drehsteife Sperrholznase. Bei den Außenflügeln sind Hilfsholme zur Lagerung der Querruder vorgesehen. Der freitragende Flügel hat 16 m Spannweite bei 16 m³ Inhalt. Bei 1,00 m Tiefe ergibt sich ein Seitenverhältnis von 1:19. Man beachte die Sperrholzbeplankung der Flügelnase und der Randbögen sowie einiger Teile der Querruder. Dieselbe erfolgt aus Gründen der Festigkeit, ist besonders an den außenliegenden Stellen allerdings im Hinblick auf geringes Trägheitsmoment um die Hochachse unerwünscht. Aus gleichem Grunde bemüht man sich, Beschläge, Randleisten usw. gerade bei den Außenteilen zu beschränken. Auch eine Begrenzung der Spannweite kommt der im Hinblick auf die Flugeigenschaften erwünschten Verminderung des Trägheitsmomentes um die Hochachse zugute.



Hannover „Vampyr I“ (1921) E: G. Madelung, W. Blume, F. Hentzen; A: Hannoversche Waggonfabrik A.G., Hannover. Der freitragende, einholmige Flügel im Bau. Der Tragholm ist so bemessen, daß seine Beanspruchungen und Durchbiegungen im Betriebe gering bleiben. Flügel Nase und Holm sind miteinander durch Sperrholz zu einer Art Röhre verbunden, die sich gut zur Aufnahme der Verdrehungsbeanspruchungen bei kleinen Verformungen eignet. Man erkennt die leichter gehaltenen Endrippen. Ferner beachte man den als I-Träger ausgebildeten in der Druckmittellinie liegenden Hauptholm mit besonders verstärktem Druckgurt und gewöhnlichem Gittersteg. Sichtbar ist auch die Querruderanlenkung.



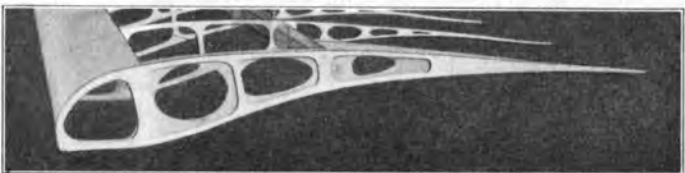
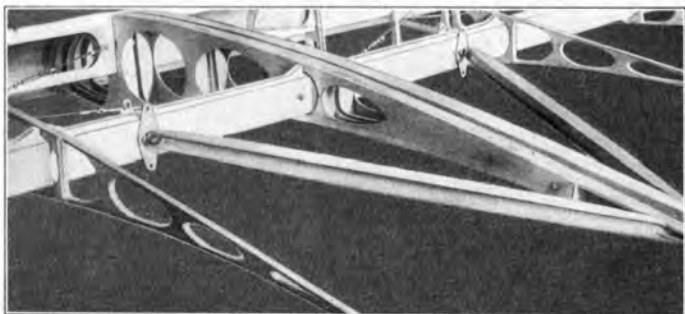
Meiningen „Meiningen“ (1930) E: H. Benz, Meiningen; A: H. Benz, Meiningen. Der freitragende Flügel hat vier sich gegenseitig stützende, schrägliegende, aufgelöste Gitterholme in Holzbauart. Infolge Aufnahme von Torsionskräften ergibt sich im Vergleich zu der gewöhnlichen zweiholmigen Bauart mit Innendiagonalverstrebung eine Gewichtsersparnis von etwa 30 v. H. Die einzelnen Holme bestehen aus je 2 parallelen Unter- und 2 Obergurtleisten, deren Abstand durch Druckstäbe gewährleistet ist. Die Holmdiagonalen aus Cawitsperrholz von nach außen abnehmender Breite sind mit den zwischen den aufgelösten Holmgurten eingeleimten Knotenplatten durch reichliche Leimfläche verbunden. Die Holmgurte sind auf ihrer halben Knicklänge zwischen den Spieren außen durch Eckklötze versteift, innen durch abwechselnd links- und rechtsgängige Diagonalfaserrichtung zeigende, halbrundgebogene Abscherflächen verbunden. Damit wird die auf dreiviertel der Flügeltiefe tragende Innenkonstruktion sehr torsionsstief. Die dünne Außenhaut an der Flügelnase unterstützt die Drehfestigkeit wesentlich. — Die Abmessungen der Holmgurte, Druckstäbe, Diagonalen und Knotenplatten sind zur Zugrundelegung der jeweils von den Spieren eingeleiteten Auftriebslasten ermittelt worden. Dafür war es notwendig, die Knotenpunkte der Diagonalen und Druckstäbe auf Mitte Spieren zu legen. Dies bietet noch den Vorteil, daß die Druckstäbe auf halber Länge mit den Spierendiagonalen unter Zwischenschaltung kleiner Sperrholzflächen verbunden werden konnten, wodurch die freie Knicklänge der Stäbe auf die Hälfte vermindert wird. In den Flügelendteilen fehlen die halbrund gebogenen Holmabscherflächen, während die Eckklötze auf halber Knicklänge der Holmgurte eingebaut sind. Hier bietet die Außenhaut genügend Widerstand gegen Verschieben der Holmgurte gegenseitig und damit gegen Torsion. Bei derartigem statischem Aufbau der Holme tritt in den Holmgurten Zug bzw. Druck auf, in den Diagonalen stets Zug und in den senkrechten Stäben stets Druck. Doppeldiagonalen wurden eingebaut, um die Flügelmassenkräfte bei der Landung zu beherrschen. Die diesen Kräften entsprechende Abstufung in der Dimensionierung der im Flug und bei der Landung jeweils belasteten Diagonalen wurde berücksichtigt. Die Abmessungen der Gurtleisten im Mittelstück: 30×10 mm, Druckstäbe 10×8 mm, Diagonale 38×1,2 mm. Im Außenflügel: Gurtleisten 8×5 mm, Druckstäbe 4×4 mm; Diagonalen 6×1,2 mm. — Größte Flügeltiefe 1,30 m; kleinste Flügeltiefe 0,50 m. Tragflügelprofil: Göttingen 386/390/420.



Harth-Messerschmitt S 6 (1917) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg;

A: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg.

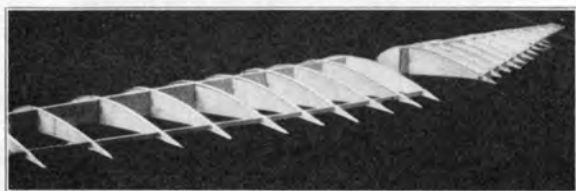
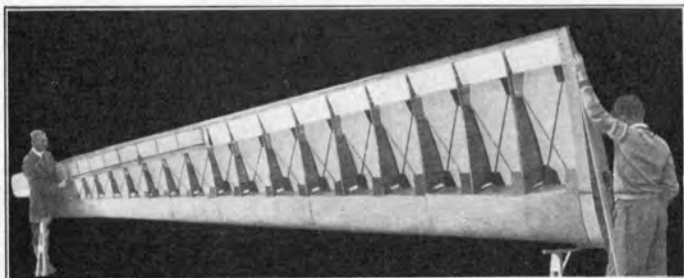
Der Flügelschnitt ist an der Vorderkante verdickt, um die anströmende Luft nach oben und unten zu verteilen. Der Flügelrücken soll der natürlichen Abströmkurve entsprechen, sich also der Luft gegenüber neutral verhalten. An der Unterseite des Profils ist ein Hohlraum vorgesehen, der eine fortwährende Ablenkung nach oben des unteren Astes der abströmenden Luft hervorrufen soll. Um diese Wirkung noch ausgeprägter zu gestalten, ist die Unterseite an der Vorderkante möglichst scharf ausgebildet. Dadurch soll eine fortwährende Ablenkung nach oben erfolgen. Die Entwicklung dieses Flügelprofils basiert auf der Anschauung, daß der Segelflug nichts weiter als ein Gleitflug ist, der deswegen nicht mit Gefälle verbunden ist, weil durch die Flügelvorderkante abgelenkt fortwährend neue Luftmassen von unten gegen die Tragflächen geschleudert werden, die diese höher und höher zu heben bestrebt sind. Ferner wurde durch Verdickung der Flügelvorderkante Erhöhung der Längsstabilität und Verringerung des Widerstandes erwartet.



Harth-Messerschmitt S 7 (1918) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg;

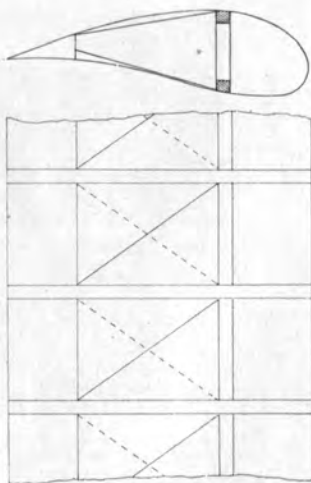
A: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg.

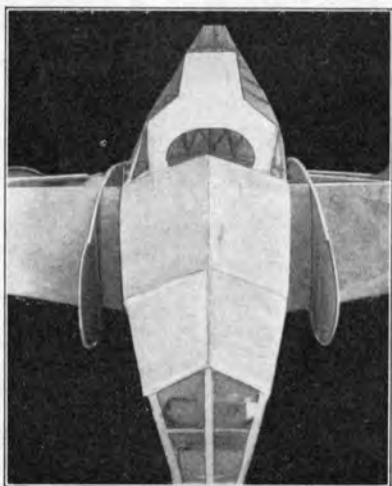
Der Tragflügel des Hochdeckers ist drehbar gelagert. Die Bilder zeigen die Flügelbauart des verspannten Eindeckers. Man erkennt die Innenkonstruktion mit zwei Holmen, die durch kräftige Kastenrippen gegeneinander abgesteift sind. Die entstehenden Felder sind durch Stahldrahtdiagonalen ausgekreuzt. Man beachte die betreffenden Beschläge, die Sperrholzbeplankung der Flügelnause, sowie das starkgewölbte Profil. Die Enden der Flügelrippen sind elastisch ausgebildet, um eine Verwindung des Flügelendes zum Zwecke der Quersteuerung zuzulassen.



Karlsruhe „Karlsruhe“ (1929) E: C. Toepfer, Karlsruhe; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Karlsruhe.

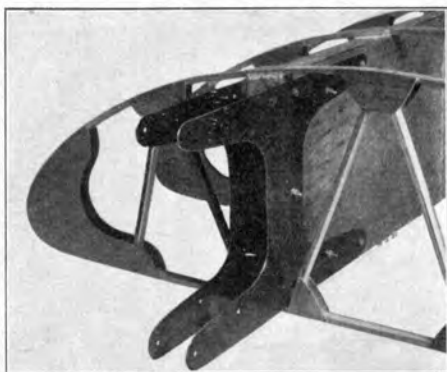
Das freitragende Tragwerk des Eindeckers ist einholmig in Fachwerkkonstruktion gebaut. Zur Aufnahme des Torsionsmomentes sind zwei liegende Fachwerkscheiben vorhanden, die sich nach hinten an den Hauptholm anschließen. Wie die Skizze zeigt, wird die obere Scheibe durch den Obergurt des Hauptholmes, den Hilfsholm, die als Druckpfosten ausgebildeten Rippen und die Diagonalen gebildet. Entsprechend ist die untere Scheibe gebaut, bei der die Diagonalen zu denjenigen der oberen Scheibe gekreuzt liegen. Der Hilfsholm ist die gemeinsame Gurtung der oberen und unteren Scheibe. Der Vorzug der Bauart liegt darin, daß die Tiefe der liegenden Fachwerkscheiben so gewählt werden kann, daß der Hauptholm im C-Fall genau so stark beansprucht wird, wie im A-Fall. Im B-Fall wird der Holm entlastet. Der Hauptholm wird so gelegt, daß er die größte Profildicke als Bauhöhe ausnützt. Er wird für den A-Fall bemessen leichter als 2 Holme. Die Diagonalen werden nur auf Zug beansprucht. Der Hilfsholm erhält nur Differenzkräfte und wird daher auch sehr leicht. Man erkennt, daß er als Anschlußholm für das Querruder benutzt werden kann.



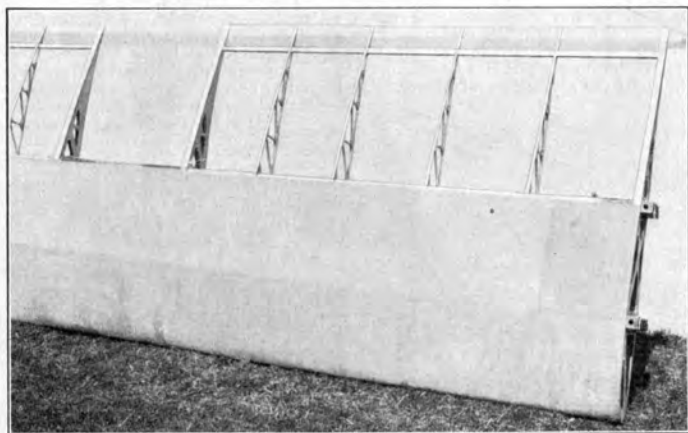


Karlsruhe „Karlsruhe“ (1929) E: C. Toepfer, Karlsruhe; A: Akad. Fliegergruppe
T. H. Karlsruhe.

Das Tragwerkmittelstück bildet mit dem Rumpfmittelstück ein Ganzes. Die Tragkonstruktion der Flügel wird durch den Führersitz unterbrochen, der nach drei Seiten hin, und zwar nach vorn, oben und unten offen sein muß für Knie, Kopf und Gesäß des Piloten. Die Konstruktion stellt, wie aus den Bildern hervorgeht, nun folgendes räumliche Fachwerk dar, bei der Ober- und Untergurt des Hauptholmes durchlaufen. Die fehlende Diagonale im Mittelfeld wird durch ein Portal ersetzt, so daß die Knie des Führers dem Steuerknüppel den erforderlichen Spielraum geben können. Der Hauptholm ist einfach statisch unbestimmt. Die untere wagerechte Scheibe des im Abschnitt „Tragwerk“ bereits eingehender beschriebenen Flügels geht durch das Rumpfmittelstück hindurch, jedoch ist auch in dieser Fachwerkscheibe ein Portal an Stelle der einfachen Diagonalkonstruktion getreten, um den Führersitz nach unten zu öffnen. Diese Scheibe wäre für sich ebenfalls einfach statisch unbestimmt. Die obere Scheibe konnte nicht eben durchgeführt werden, sondern ist nach hinten abgeknickt. Hierdurch wird Ellenbogenfreiheit für den Führer geschaffen und fast 20 cm an der Breite des Rumpfs gespart. Allerdings wird die Berechnung des Raumfachwerkes durch diesen Knick erschwert.

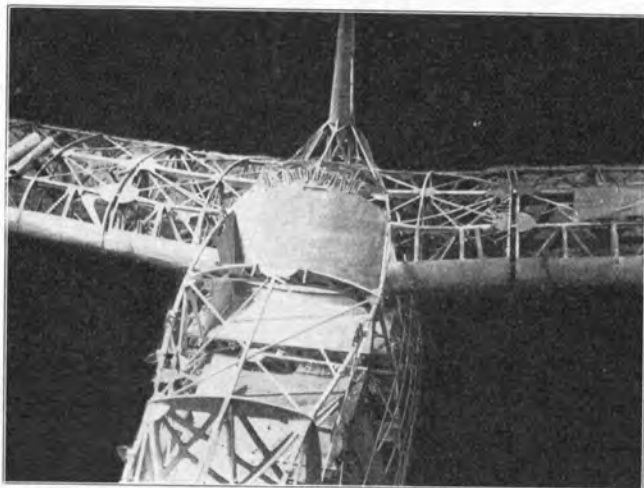


Dresden M 27 „Schoop“ (1923) E: Meyer, Dresden; A: Segelflugzeugbau, Dresden. Das Übungsflugzeug ist ein verspannungsloser Hochdecker mit zweiteiligen Tragflügeln, welche über dem Rumpf durch Stahlrohr-N-Stiele getragen werden. Das Bild zeigt den Flügelanschluß. Man erkennt den vorderen Kastenholm und die Bauart der Flügelrippen. Ober- und Untergurten derselben sind über- bzw. unter den Flügelholm geschoben. Die Diagonalstäbe haben an den Knotenpunkten Sperrholzüberlappungen. Ebenso sind die Stellen der Flügelnase entsprechend durch Sperrholzüberlappungen verstärkt.



München „Münchner Kindl I“ (1926) E: Ulbert, München; A: Akad. Fliegergruppe T. H. München.

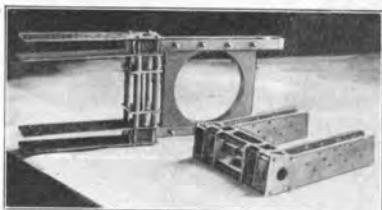
Das Tragwerk des Hochdeckers ist dreiteilig. Das Bild zeigt das rechteckige Mittelstück in zweiholmiger Bauart mit bis zum Hinterholm reichender Sperrholzbeplankung. Man beachte die kräftigen Hauptrippen, die leichteren Nebenrippen, die hintere Versteifungsleiste, sowie die Anschlußbeschläge für die Außenflügel. Profil: Göttingen 535. Die Flügelbeplankung wurde als tragend mitgerechnet. Der Rest des Flügels wird mit leichtem Baumwollstoff bekleidet.



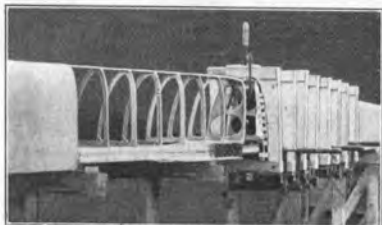
Aachen „Ente“ (1922) E: W. Klemperer, Friedrichshafen a. B.; A: Aachener Segel-
flugzeugbau G. m. b. H., Aachen.

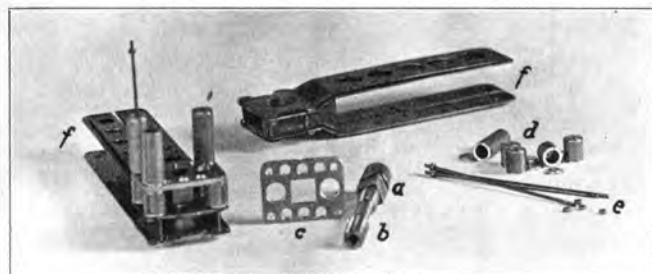
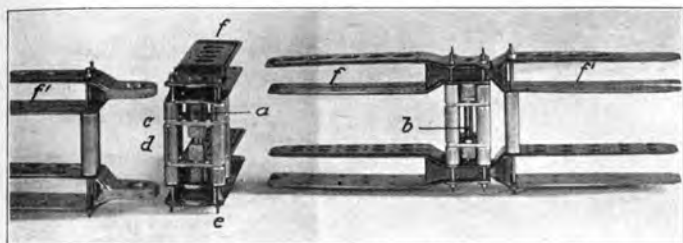
Flügel- und Rumpfgerippe des Zweisitzers. Der Tragflügel besteht aus einem Mittelstück von 2,20 m Spannweite und 1,80 m Tiefe. Die anschließenden Flügelenden von je 4,70 m Spannweite verjüngen sich auf 1,29 m Tiefe. Der Flügel ist dreiholmig. Vorhanden sind je ein als Doppel-T-Träger ausgebildeter Vorder- und Hinterholm sowie ein Hauptholm, der als ausgesparter Sperrholzkastenträger an der Stelle der größten Profilhöhe (0,38 m) liegt.

Der Flügel besteht aus nur starren Teilen und ist im Dreiecksverband hergestellt. Der Rumpf ist ebenfalls im Dreiecksverband gebaut und wird mit Stoff bekleidet. Die beiden Sitze liegen nebeneinander. Am Rumpfende ist die senkrechte Kieflosse sichtbar. An den Sitzen ist der Rumpf 1,00 m breit. Sein Gewicht beträgt 50 kg, das des Tragwerkes 38 kg. Befestigung der Tragflügel am Mittelstück erfolgt durch Überwurfmuttern.



München Mü 5 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Akad. Fliegergruppe T. H. München. Bau der Flügelnause senkrecht stehenden Nasenspielen. Beplankung ohne Nagelung mit Jochen und Keilen. Hierzu liegt Hauptholm auf Helling noch ohne Pfeilform. Erst im nächsten Arbeitsgang wird Flügel auf Helling „umgelegt“, Holme an senkrechte Anschlußbolzen in Pfeilstellung gebracht und Endspieren samt Klappenhilfsholme angebaut. — Das obere Bild zeigt Flügelwurzelbeschläge des schwanzlosen Hochdeckers.

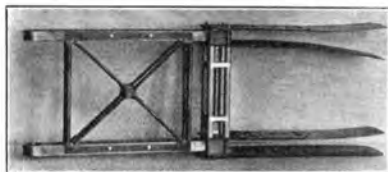


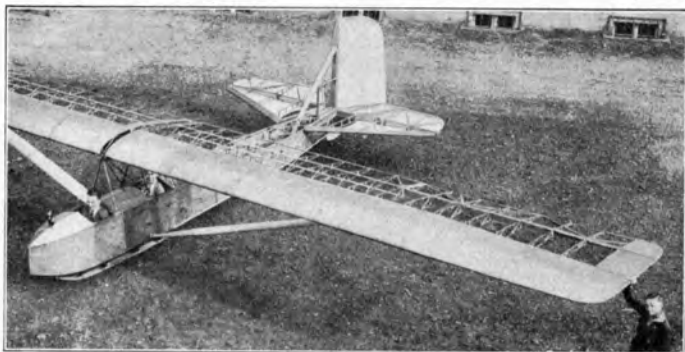


Kupper Ku 4 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Segelflugzeugbau, Kassel.

Außenflügel — Hauptholm — Beschlagsatz, als Beispiel für alle lösbaren Verbindungen von Flügel, Leitwerk und Rumpf. Konusbolzen a, die entgegen dem üblichen von innen nach außen in die Augen der kuppelnden Beschläge f u. f' mittels Links-Rechts-Gewindespindel b

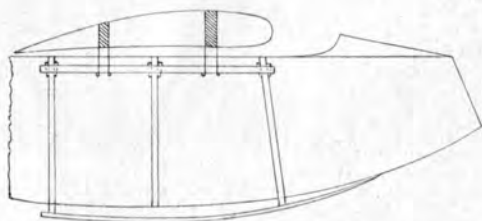
gepreßt werden, wobei die Konusbolzen a mittels Vierkant in c gegen Drehen geführt sind. — Beim Lösen der Verbindung schlägt der früher lockernde Konus a an seiner Hubbegrenzung c an, worauf der andere Konus sich durch Weiterdrehen von b löst. d und e sind Distanzröhrchen und Stiftschrauben. — Durch diese Konstruktion wird erreicht: Wegfall aller Löcher, Klappen und Spaltverkleidungen bis auf ein 9 mm \varnothing Loch auf der Flügelunterseite, um Vierkantschlüssel einzuführen. Unverlier-, Unverwechselbarkeit von Konusbolzen usw., also äußerste aerodynamische Reinigung der luftbestrichenen Oberflächen mit rascher, sicherer Montagemöglichkeit. Steuerung kuppelt selbsttätig. Unten ist ein Hauptholmbeschlag an der Flügelwurzel, samt Baldachinbeschlag und dessen Distanzrahmen vor dem Einbau.





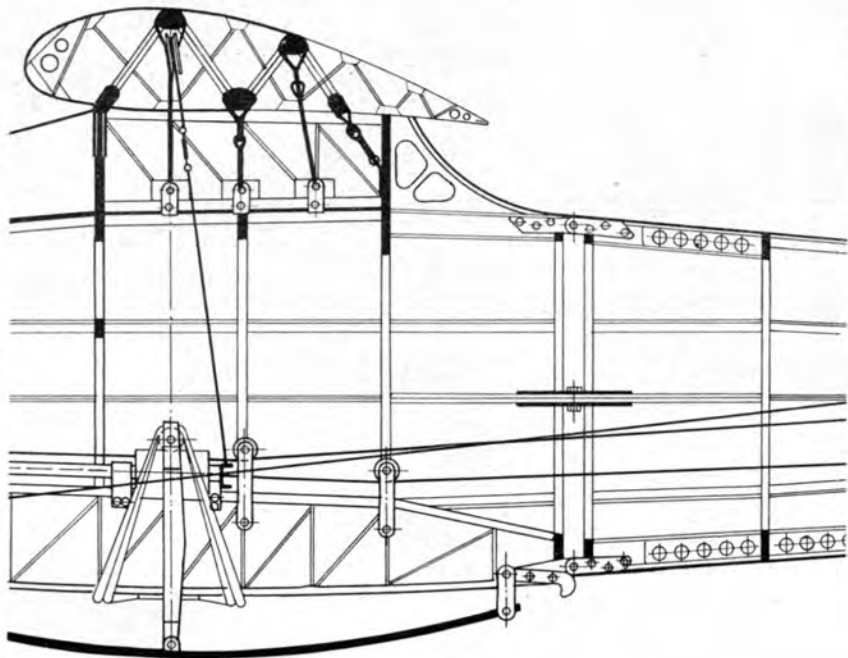
Bonn „Helge“ (1930) E: Landmann, Bonn; A: Niederrheinischer Verein für Luftschifffahrt e.V., Bonn.

Das Übungsflugzeug im Bau. Die Flächen sind noch nicht bekleidet. Man erkennt die zweiteilige, zweiholmige, abgestrebte Bauart des Tragflügels sowie die Konstruktion des Höhenleitwerkes. Die Oberfläche des Rumpfes wird stoffbespannt. Die Rumpffinnenkonstruktion ist sichtbar. Das Höhenleitwerk mit geteilten Ruderflächen ist an der Unterseite schon bespannt, ebenso wie das bereits bekleidete Seitenruder, dessen Kielflosse aber noch freiliegt. Man beachte auch die Anordnung der beiden Sitze im Rumpf vor und unter dem Tragwerk hintereinander. Das Fahrwerk besteht aus einer breiten Mittelkufe aus Eschenholz.



Erfurt „Erfurt“ (1923) E: W. Rommel, Erfurt; A: Erfurter Verein f. Luftfahrt e.V., Erfurt.

Zum Ausgleich der Lastigkeit ist der freitragende Flügel auf der Rumpfoberseite verschiebbar gelagert. Der Mittelflügel ist mit starken Schellen an zwei Längsrohren im Rumpf befestigt, die in 3 Spanten gelagert sind. Der Tragflügel ist bei Fertigmontage in der Längsrichtung des Rumpfes verschiebbar. Die Lager haben etwa 0,50 m Abstand voneinander. Der Tragflügel ist zweiholmig. Eine derartige Verschiebbarkeit ist in dieser Form nach dem erfolgten Flügelbruch dieses Baumusters nicht mehr versucht worden.

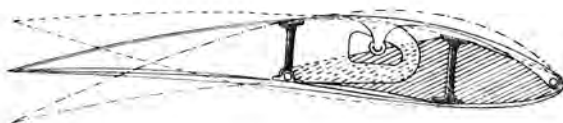


Meiningen „Meiningen“ (1930)

E: H. Benz, Meiningen, A: H. Benz, Meiningen.

Der freitragende Tragflügel ist mit dem Rumpfhals mittels einer Anzahl Spanschlösser verbunden. Als Flügelträger ist eine Trägerplatte zwischen den Hauptspanten des Rumpfes eingebaut. Man erkennt auch einen Teil der Mittelkufe. Die Federung zeigt Stoßstreben und Gummizüge. Man beachte den hinteren Teil der Kielplatte im Rumpf. Die Bauhöhe des Hochdeckers beträgt 1,80 m. Die Tiefe des verwendeten Flügel-schnittes Göttingen 386 beträgt 1,30 m. Der Einstellwinkel beträgt an der Flügelwurzel $+4,5^\circ$. Er nimmt bis -1° am Flügelende ab in einem solchen Verhältnis, daß unter Berücksichtigung der Flügelumrißform eine rein elliptische Auftriebsverteilung erfolgt. Gleichzeitig wurde durch diese Profilkombination die Druckmittlerwanderung stark beschränkt und an der Flügelwurzel eine genügende Profilstärke erreicht, ohne allzu großen Stirnwiderstand zu erzeugen.

2. Leitwerk

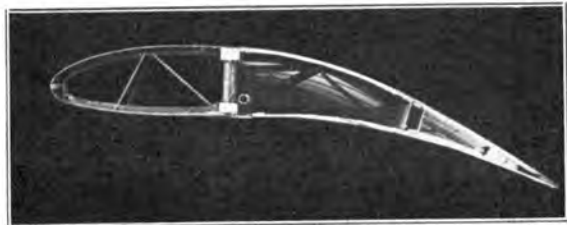
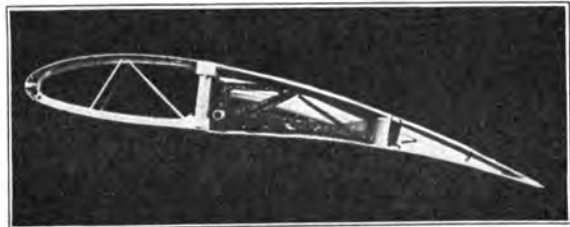
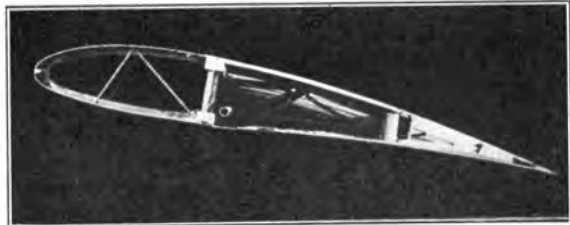
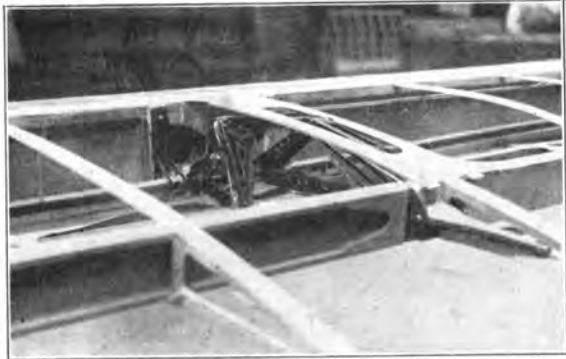


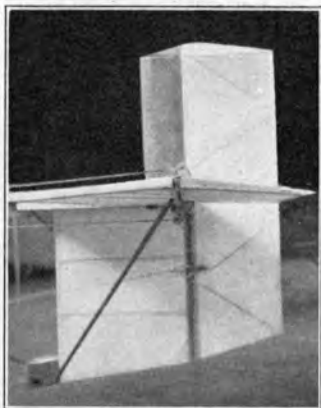
v. Schertel (1924) E; Frhr. v. Schertel, München; A: Albatros-Werke G. m. b. H., Berlin-Johannisthal.

Der freitragende Flügel des Eindeckers besitzt veränderliches Profil. In der zwei-holmigen Fläche wird der Hinterholm um seine Längsachse gedreht und zwar in jeder Flügelhälfte für sich. Beide Holmstücke haben je ein Drehlager in der Rumpfwand und greifen mit einer Verlängerung weit in die gegenüberliegende Fläche hinein. Dort ist am Ende ein zweites Drehlager am anderen Holm angeordnet. Mit dem Holm ist der dahinter liegende Teil des Profils fest verbunden, sodaß er sich mitdreht. Der feststehende Vorderholm ist an seiner Unterkante mit der Nasenleiste durch Sperrholz starr verbunden. Durch entsprechende Konstruktion der elastischen Rippen und eine am Nasenholm angelenkte bewegliche Sperrholzklappe wird erreicht, daß sich die Profilform der veränderten Stellung des Hinterholmes im weichen Übergang anpaßt. Lediglich an der Oberseite entsteht an einer verdeckten Spalte ein schwacher Knick. Das Profil wird bei schwacher Wölbung schlank, bei starker verdickt, wobei starke Wölbung den größten Anstellwinkel entspricht. — Die Zeichnung läßt die Konstruktion erkennen. Der feststehende Teil des Flügels ist schraffiert. Er umfaßt den Vorderholm, der die Unterseite und Vorderkante des stromlinigen Flügelkopfes und den nicht an den äußeren Formänderungen teilnehmenden Verbindungsteil zum Hinterholm. Dieser feste Vorderteil ist mit dem Rumpf starr verbunden. — Durch Verstellung des Profils wird Auftriebsänderung erzielt. Gleichzeitig erfolgt Einstellung in den dazu gehörigen Einfallswinkel. Eine Druckmittelpunktwanderung findet nicht statt. Die Höhensteuerung geht nämlich ohne Drehung um die Querruder vor sich. Das durch Profilveränderung beabsichtigte parallele Steigen ist allerdings praktisch nicht erwiesen. Die Betätigung erfolgt durch einen gewöhnlichen Steuerknüppel. Durch Drücken verflacht sich das Profil, bis es schließlich eine symmetrische Gestalt annimmt. Hierdurch tritt Auftriebsverminderung ein und Erhöhung der Geschwindigkeit. Durch ungleichmäßige Profilverstellung der beiden Flügelhälften tritt Quersteuerung ein, die allerdings nicht sehr wirksam sein dürfte. — Das Baugewicht des 13,60 m spannenden freitragenden Flügels von 18,00 m² Inhalt beträgt 78,00 kg.

Darmstadt „Hessen“

Zur Erzielung größerer Geschwindigkeitsspanne ist ein Verstellprofil vorgesehen. Der Tragflügel ist der Tiefe nach dreiteilig ausgeführt. Der vordere Teil bis zum Holm ist ein festes Stück für sich, ebenso der hintere Teil ist zwischen Hinterkante und Hilfsholm ein einheitliches festes Gebilde. Dagegen gestattet der mittlere Teil eine Veränderung des Profils. Die Konstruktion ist derart, daß auf der Saugseite während der Verstellung keine Verlängerung und Verkürzung entsteht u. daß die Begrenzung kontinuierlich verläuft. Lediglich an 4 Stellen auf die Flügellänge drückt sich etwa der Mechanismus durch. Infolge einer sich über den ganzen Flügel erstreckenden Verkleidung zeigt sich auf der Druckseite eine Stufe von 1 mm. Außer Profilverstellung ist noch eine besondere Betätigung der Quersteuerung möglich, indem eine zusätzliche Bewegung überlagert wird, welche die Flügelenden verwindet. Das Profil kann genau auf Göttingen 430 und 432 eingestellt werden, auf Göttingen 429 und 431 mit großer Annäherung. Die Bilder lassen die konstruktive Durchbildung erkennen. Automatisch wird bei Veränderung des Profils der Anstellwinkel durch Verstellung eines Hebels geändert. Die Profiländerung erfolgt durch Abwärtsbewegen des Nasenholmes, wobei durch d. Sperrholzverkleidung der Vorderholm gedreht wird. Die elastischen Rippen ergeben dadurch eine stärkere Wölbung ohne nennenswerte Änderung der Profildicke. Die Betätigung erfolgt durch Rastenhebel.

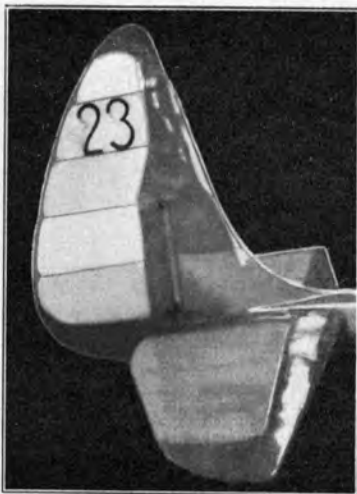




Schleicher „Anfänger“ (1929) E: A. Schleicher, Poppenhausen; A: Segelflugzeugbau Rhön, Poppenhausen.

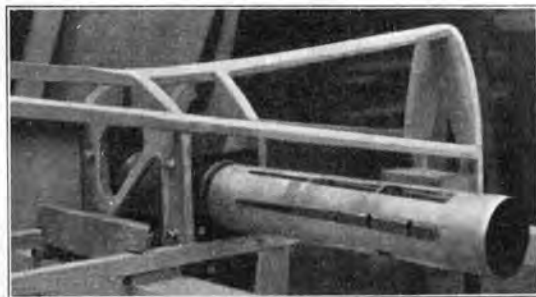
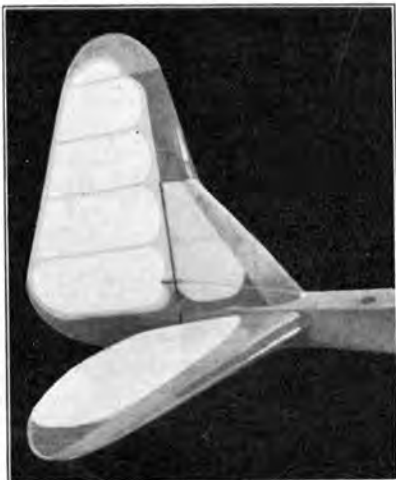
Das Schwanzleitwerk des Sitzgleiters hat entlastetes Seitenruder mit unten liegender Kielflosse und geteiltes, nicht entlastetes Höhenruder mit dreieckiger Dämpfungsfäche. Man erkennt die Aussteifung des Seitenruders durch Dreieckdiagonalen, sowie die Segmenthebel, in die der Holm eingelassen und mit seitlichen Eckklötzen befestigt ist. Die dreieckige Höhen-dämpfungsfäche ist zum unteren Rumpfhalm verstrebt. Eine Schwanzkufe wird infolge geeigneter Linienführung der vorderen Kufe und des unteren Holmes, des Schwanzträgers nicht benötigt.

R. R. G. „Wien“ (1928) E: A. Lipisch - Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten Gesellschaft, Wasserkuppe. Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges hat entlastete Höhen- und Seitenruder. Letzteres bildet den Abschluß des Sperrholzrumpfes, dessen Ende in eine senkrechte Schneide ausläuft. Da auf dieser eine sperrholzbeplante Kielflosse aufgebaut ist, war die Lagerung des Seitenruders leicht durchführbar. Das geteilte Höhenruder ist vor das Seitenleitwerk gelegt. Es besteht aus zwei Flächen, welche auf ein im Rumpf gelagertes Stahlrohr aufgesteckt sind. Die Ruder sind als einholmige Flächen mit Sperrholznasen gebaut. Man beachte die aerodynamisch günstige Formgebung, die guten Uebergänge und den verhältnismäßig geringen Rumpffuerschnitt am Ende. Es handelt sich um eine günstige Lösung hinsichtlich leichter und aerodynamisch günstiger Ausbildung. Spannweite des Höhenruders 3,76 m, größte Tiefe 0,88 m. Das spezifische Gewicht des Höhenruders beträgt $2,14 \text{ kg/m}^3$. Das Seitenruder hat 1,52 m Höhe bei einem spezifischen Gewicht von $2,60 \text{ kg/m}^2$.

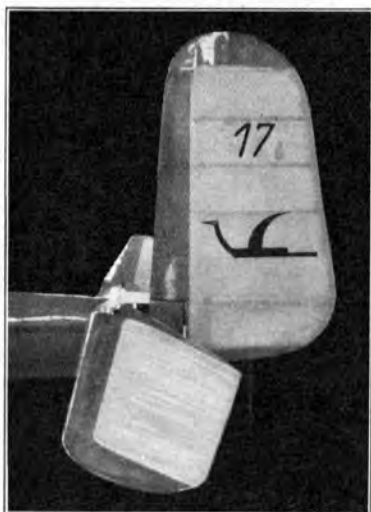


R. R. G. „Professor“ (1928) E: A. Lipisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe.

Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges hat entlastete Höhen- und Seitenruder. Der sechskantige Sperrholzrumpf verjüngt sich hinten stark und ist schließlich zu einer niedrigen senkrechten Schneide zusammengezogen. Da diese eine sichere Lagerung des Seitenruders schlecht zuläßt, wurde die Lagerfläche durch Aufsetzen einer kleinen Kielflosse über dem Rumpf und durch kielflossenähnliche Verkleidung des Spornträgers vergrößert. Das vorgeschobene Höhenleitwerk besteht aus zwei einzelnen Flächen, die auf einem im Rumpf liegenden Stahlrohr drehbar sind. Die Ruder sind einholmige Holzbauten mit Sperrholznasen und -Randbögen. Die Seitenflosse hat ebenfalls nur eine Sperrholznahe, ist im übrigen aber wie die Ruder mit Stoff bekleidet. Die Steuerzüge sind zur Vermeidung von Umleitungen usw. auf kurze Strecke im freien Luftstrom geführt. Da der Querschnitt des Rumpfes verhältnismäßig klein ist, mußte etwas stärkere Sperrholzbepunktung vorgesehen werden, was allerdings eine unerwünschte Erhöhung des Trägheitsmomentes um die Hochachse mit sich bringt. Aerodynamisch günstig ist die Lagerung des Höhenleitwerkes auf Stahlrohren. Nachteilig ist bei der vorliegenden Bauart allerdings die Unzugänglichkeit während des Betriebes, so daß Ausbesserungen sehr schwierig sind, da das Stahlrohr fest eingebaut ist.



die Umrißform des Seitenleitwerkes. Durch Abrunden derselben ist eine Herabsetzung der Steuerkräfte erzielbar. Dadurch, daß die Tiefe des Seitenruders nach unten zunimmt, wird bei großen Anstellwinkeln, besonders bei solchen, die größer sind als der des Höchstauftriebes, eine Abschirmung des Seitenleitwerkes durch das Höhenleitwerk vermieden. Daher ist eine ähnliche Umrißform heute auch im Motorflugzeugbau beliebt. Besonders vermeidet man auch Seitenleitwerke, die nur oberhalb des Höhenleitwerkes liegen, da solche, bei denen wenigstens ein Teil des Seitenruders bis unter das Höhenleitwerk reicht, wenigstens teilweise der abschirmenden Wirkung des Höhenleitwerkes entzogen werden. Ausreichende Ruderwirkung auch bei großen Anstellwinkeln ist auch im Segelflugzeugbau wichtig.



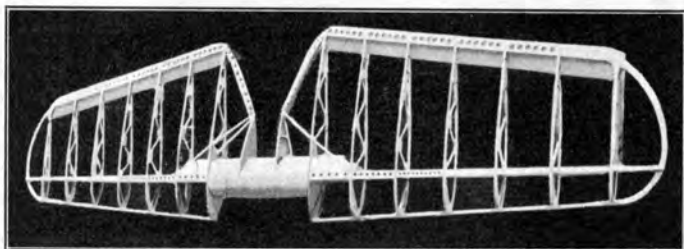
Darmstadt „Darmstadt II“ (1929)

E: F. Groß, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt.

Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges hat entlastete Ruderflächen, von denen das Höhenruder geteilt ausgeführt wurde, während das Seitenruder ungeteilt blieb. Das Seitenruder ist am Ende des in eine senkrechte Schneide auslaufenden Sperrholzrumpfes gelagert, wobei sich durch die entsprechende Gestaltung des Rumpfes gewisse Kielwirkung ergibt. Durch Erhöhung der Breite des Seitenruders am unteren Teil soll die bei großen Anstellwinkeln durch abschirmende Wirkung des Höhenleitwerkes verminderte Wirksamkeit des Seitenruders sichergestellt werden. Das entlastete Höhenruder ist vor dem Seitenruder mit Hilfe eines aus dem Rumpfe herauswachsenden kleinen Sperrholzkonsols ge-

lagert. Die Ruder sind einholmig mit verdrehfester Sperrholznase und Sperrholzrandbögen gebaut und haben Rippen in Sparbauweise.

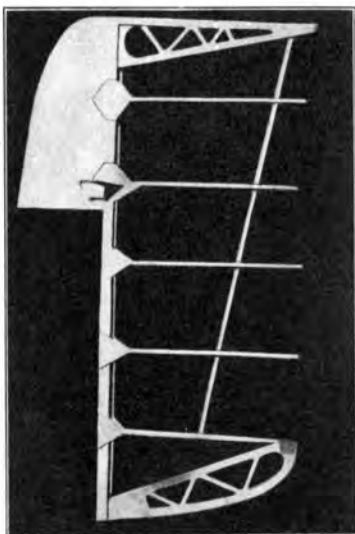
Um ausreichende RumpfstEIFigkeit bei Verwendung verhältnismäßig dünnen Sperrholzes zu erzielen, ist der Rumpfquerschnitt des Endstückes verhältnismäßig groß. Die erwähnte Lagerung des Höhenruders unterbricht hier aber den Torsionsquerschnitt. Dies sowie die Schwierigkeit der Verkleidung des entstandenen Ausschnittes ist ungünstig, mußte aber zur Verminderung des Trägheitsmomentes um die Hochachse in Kauf genommen werden. Man erkennt auch die Innenbauart des Höhenruders mit Holmverstärkung an der Anlenkungsstelle.



Ulm „Meister Berblinger“ (1926)

E: W. Kammermeyer, Ulm; A: W. Kammermeyer, Ulm.

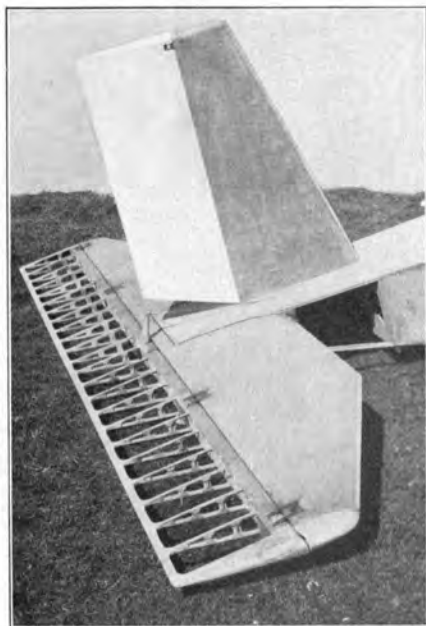
Das Seitenruder ist entlastet und noch nicht bespannt. Ober- und Unterkante sind als Gitterspieren ausgeführt. Die übrigen Rippen sind durch eine dünne Leiste gemeinsam gegeneinander versteift. Der obere Entlastungslappen des Ruders ist mit Sperrholz beplankt. Die im Bilde dargestellte Umrißform des Seitenruders wird für Hochleistungsflugzeuge heute meist in die des untenstehenden Bildes umgeändert, da durch Abrundung bei gleichbleibender Wirkung Herabsetzung der Steuerkräfte erzielbar ist. Außerdem ist die Zunahme der Rudertiefe nach unten im Hinblick auf die Wirksamkeit des Ruders bei großen Anstellwinkeln beliebt.

**Hofmann „Schloß Mainberg“ (1929)**

E: H. Hofmann, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt.

Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges hat entlastete, ungedämpfte Ruder. Von diesen ist das Seitenruder an die senkrechte Rumpfschneide angeschlossen. Das geteilte Höhenruder ist an das im Bilde sichtbare, konsolartige Aufsatzstück des oberen Rumpfes angeschlossen. Die Ruder sind als einholmige Holzflächen gebaut, wobei durch Sperrholzbeplankung der Nasen verdrehfeste Röhren gebildet wurden. Man erkennt auch die Konstruktion der Rippen mit Gurten und Diagonalstäben und aufgelegten Sperrholzdecken. Auch die Randbögen des Höhenruders sind mit Sperrholz beplankt. Die Ruder werden mit Stoff bekleidet. Der Rumpf stellt eine Sperrholzbauart mit eiförmigem Querschnitt dar. Das Seiten-

ruder ist 1,30 m hoch und hat ein spezifisches Gewicht von $3,72 \text{ kg/m}^2$, das Höhenruder ein solches von $3,80 \text{ kg/m}^2$ bei 3,50 m Spannweite und 0,90 m Tiefe.



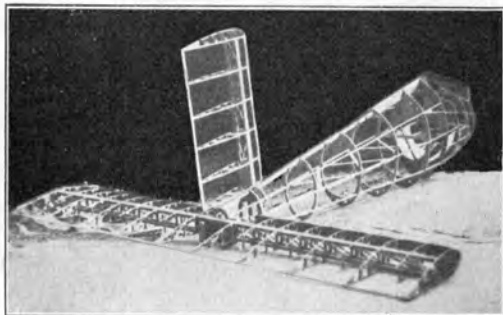
München „Münchener Kindl II“
(1928) E: A. Ulbert, München;
A: Akad. Fliegergruppe T. H.
München

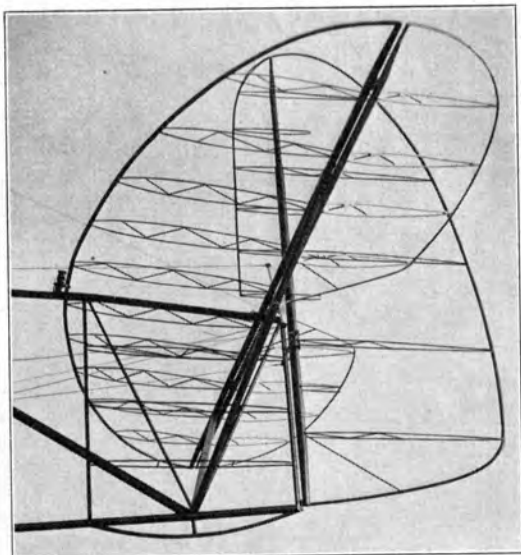
Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges hat nicht entlastete, gedämpfte, durchlaufende Ruder. Es handelt sich um eine Holzkonstruktion mit Stoffbespannung. Die Kielflossen sind sperrholzbeplankt. Die Spannweite des Höhenruders beträgt 3,20 m, der Inhalt 2,25 m². Das Höhenruder wurde beim Umbau zum Baumuster „Münchener Kindl II“ entlastet, bei Fortfall der Dämpfungsfäche. Die Spannweite wurde auf 3,50 m erhöht, der Inhalt betrug 2,00 m². Man beachte die Ruderlagerung. Der Rumpf ist ein vierkantiger Sperrholzbau. Die im Bilde sichtbare eckige Umrißform der Ruder wird heute gern vermieden. Durch Abrunden derselben läßt sich eine Verringerung der Steuerkräfte erzielen.

Graz „Sturmvogel“
(1926) E: E. Spieß,
R. Floedl, Graz;
A: Akad. Segelfliegergruppe T. H.
Graz.

Das Hochleistungsflugzeug hat entlastete, unge-dämpfte Höhen- u. Seitenruder. Beide haben etwa rechteckigen Grundriß und sind ähnlich wie Tragflügel mit Gitterholmen und Sparrippen gebaut.

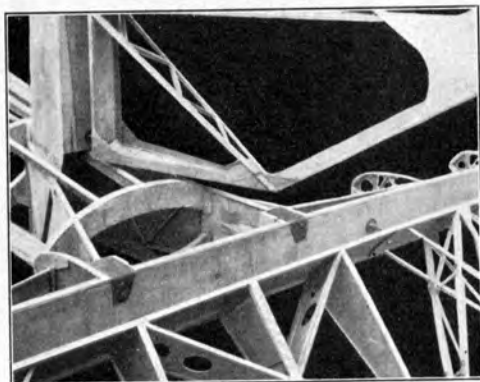
Um glattes Aufliegen der Stoffbespannung zu erzielen, sind zwischen die Hauptrippen kurze, leichte Hilfsrippen zwischengeschaltet. Das Höhenruder ist am Rumpfe aufgehängt, das Seitenruder davorliegend. Die Drehachsen des Ruders liegen in der Druckmittellinie. Der Rumpf hat eiförmigen Querschnitt. Man erkennt Spanten und Holme. Die Sperrholzbeplankung ist noch nicht aufgebracht.



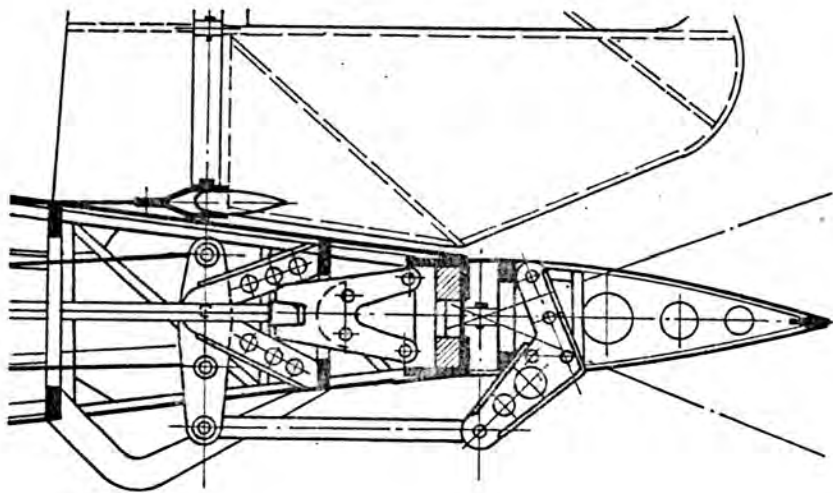


Rostock „Mecklenburg“ (1929) E: Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgischer Aero-klub, Rostock.

Das Seitenruder ist aus dünnwandigen Stahlrohren zusammenschweißt, ebenso wie der Rumpf, dessen ebenes Gerüstende ebenfalls sichtbar ist. Man beachte den Schleifhügel unter dem Rumpffende. Inhalt des Seitenruders $1,20 \text{ m}^2$, Höhe $1,70 \text{ m}$; Breite $0,70 \text{ m}$. Über dem Schleifhügel wird das Rumpffeld mit Stoff bespannt. Die so entstehende Kielflosse hat $0,55 \text{ m}^2$ Inhalt.



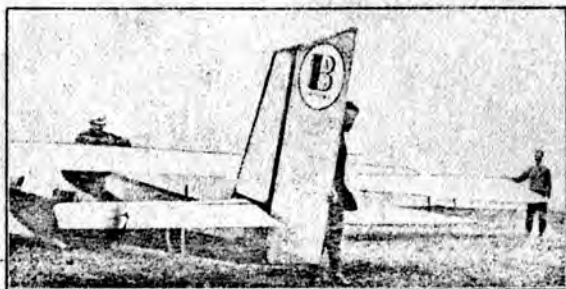
Meiningen „Meiningen“ (1930) E: H. Benz, Meiningen; A: H. Benz, Meiningen. Das Rumpffende des Hochleistungsflugzeuges ist verhältnismäßig flach, so daß das Höhenruder breitgefäßt wird. Es wird hauptsächlich aber durch einen Holzträger gehalten, der mit Kastenholm und drehfester Sperrholznase als schmale Dämpfungsfläche gebaut ist. Man erkennt die Trägerplatten zur Uebertragung der Höhenruderkräfte auf d. Rumpff. Dieselben erfassen gleichzeitig die durchgehende Seitenruderflosse.



Meinigen „Meinigen“ (1933)

E: H. Benz, Meinigen; A. 25.
Benz, Meinigen.

Das Höhenruder wird durch die flache Form des Rumpfes am hinteren Ende breit gefaßt (0,50 m). Eine Rudertlosse mit Kastenholm und drehfester Sperrholznase tritt als Hauptträger des teilweise ausgeglichenen Höhenruders auf. Die Steuerung erfolgt durch einen Stößel in der Mitte aus dem Innern des Rumpfes heraus. Die Bilder zeigen die Lagerung der Ruder. Man beachte die Uebertragung der Höhenrudderkräfte auf den Rumpf unter Vermittlung zweier Trägerplatten, die gleichzeitig die durchgehende Seitenrudertlosse aufnehmen. Man erkennt auch die Seitenrudder- und Rumpfbauart. Für das Höhenruder wurde das Profil Göttingen 410 verwendet; Spannweite des Höhenruders 4,00 m; größte Tiefe 0,90 m; kleinste Tiefe 0,30 m.



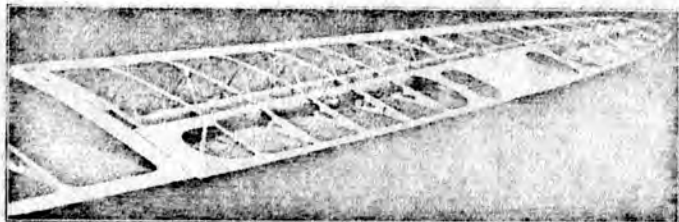
Darmstadt „Konsul“ (1923) E: A. Botsch, Darmstadt; A: Bahnbedarf A.G., Darmstadt.

Das Schwanzleitwerk des Hochleistungsflugzeuges stellt eine Holzbauart mit Sperrholznase und Stoffbespannung dar. Die Ruder sind nicht entlastet und gedämpft. Das Höhenruder ist geteilt, das Seitenruder durchlaufend. Seine Aufhängung erfolgt an der senkrechten Endschneide des im Querschnitt eiförmigen Sperrholzrumpfes. Die Spannweite des Höhenruders beträgt 4,50 m, die Höhe des Seitenruders 2,00 m, die Gesamttiefe des Seitenleitwerkes 1,45 m. Man beachte die schräge Anordnung der Querruder, durch welche der in der Längsrichtung des Flugzeuges verlaufende Schlitz zwischen Tragflügel und Querruder möglichst klein gehalten werden sollte, eine Anordnung, die sich nicht durchgesetzt hat. Ungünstig ist auch die verlängerte Hinterkante des Querruders, durch die bei Ablösung des Wirbelzopfes leicht Schwingungen der Klappen eintreten, wie spätere Untersuchungen zeigten. Seitensteuer und Querruder sind hier erstmalig derart miteinander gekuppelt, daß automatisch bei einer Betätigung des Seitensteuers das Querruder mit in Erscheinung tritt. Durch diese Kuppelung ist eine erhebliche Verbesserung der Flugeigenschaften erzielbar. Man beachte die kantige Umrißform des Seitenleitwerkes, die heute zu Gunsten einer abgerundeten Umrißform vermieden wird. Seitenruder, deren Hinterkante länger ist als die Vorderkante, so daß am hinteren oberen Ende ein spitzer Winkel entsteht, ergeben erfahrungsgemäß große Ruderkräfte, die durch Abrundung der oberen Ecke ohne Einbuße an Ruderwirkung herabsetzbar sind.



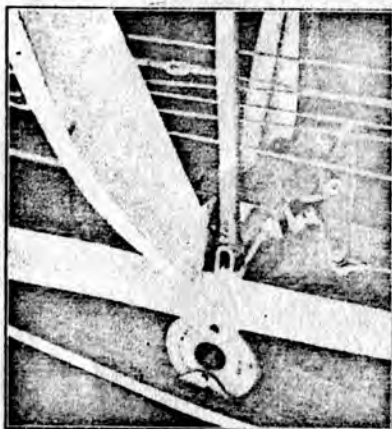
Dresden M 27 „Schoop“ (1922) E: Meyer, Dresden; A: Segelflugzeugbau, Dresden.

Das Schwanzleitwerk des Hochdeckers ist leicht abnehmbar. Während die Dämpfungsfäche des Höhenruders schubladenähnlich in eine entsprechende Aussparung des Rumpfes eingeschoben wird, kann die Kielflosse des Seitenruders von oben in den Rumpf gesteckt werden. Die Kielflosse ist mit Sperrholz beplankt, während Ruder und Dämpfungsfäche nur an Nase und Randhogen Sperrholzbeplankung aufweisen, im übrigen aber stoffbekleidet sind. Der vierkantige Rumpf ist eine Sperrholzkonstruktion. Bei dem gleichen Flugzeug sind Streben- und Flügelanschlüsse mit Flügelmuttern ausgerüstet, so daß der Hochdecker ohne Schraubenschlüssel demontierbar ist.



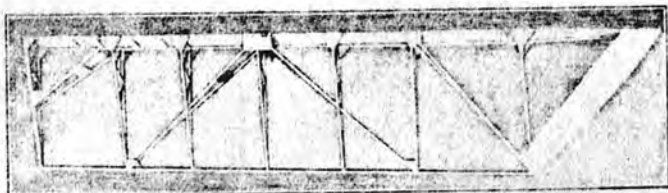
Darmstadt „Darmstadt I“ (1929) E: F. Groß, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T.H. Darmstadt.

An das im Grundriß rechteckige Mittelstück des Hochleistungsflugzeuges sind Außenflügel in stark abgerundeter Trapezform angesetzt. Das Bild zeigt das noch unbedeckte rechte Außenstück mit dem Hauptholm und der sperrholzbeplankten Flügel-nase. Im Gegensatz zum Mittelflügel ist beim Außenflügel ein leichter Hilfsbolm vorgesehen, an den das Querruder angeschlossen ist. Man erkennt auch die Führung der Querruderseite über Rollen sowie die Stoßstelle beider Flügelteile. Der Flügel-an-schluß wird gebildet durch zwei den Hauptholm verbindende vertikale konische Bolzen und einen den Stirndruck übernehmenden, gleichartigen, horizontal liegenden Bolzen an der Nasenspitze. Der Querruderanschluß wird in sehr zweckmäßiger Weise automatisch beim Zusammenschließen der Ruder bewirkt.



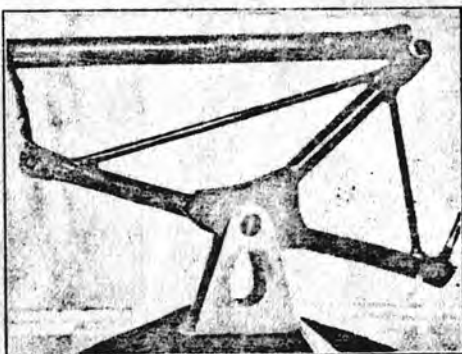
Darmstadt „Starkenburg“ (1923) E: F. Groß, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe T. H. Darmstadt.

Bei dem Hochleistungshochdecker ist zur Verbesserung der Wendigkeit eine differentialartige Kuppelung vorgesehen, bei der Quer- und Seitensteuerung miteinander gekuppelt sind. Die Anordnung bewirkt bei Betätigung der Seitensteuerung automatisches Mitgehen der Quersteuerung, ohne daß eine unmittelbare Betätigung durch den Steuerknüppel erfolgt. Die Bilder zeigen die Differentialsteuerung im Rumpffinnern. Man erkennt eine wagrecht liegende Welle mit senkrecht nach oben geführten Stoßstangen für die Quersteuerung und Drahtseilen für die Seitensteuerung. Man beachte auch die Rumpfkonstruktion sowie die starke Mittelkufe aus Esche, welche durch Gummiring gegen die Rumpfunterkante abgedefert ist. Bei Betätigung des Seitenruders drehen den Steuerzügen parallel laufende Seile ein Zahnsegment. Dieses verschiebt seinerseits eine Zahnstange, wodurch die Hebelarme, welche die beiden Querruder steuern, verschiedene Länge erhalten. Somit wird der Ausschlag des nach unten gesteuerten Querruders kleiner, als der des nach oben gesteuerten. Hier erfolgt Querruderbetätigung, also nur gemeinsam mit dem Seitenruder.



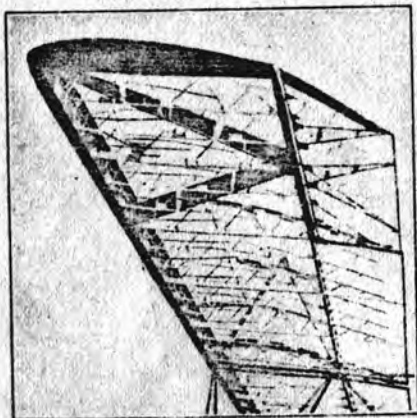
○ Rostock „Mecklenburg“ (1920) E: P. Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgisch. Aeroklub, Rostock.

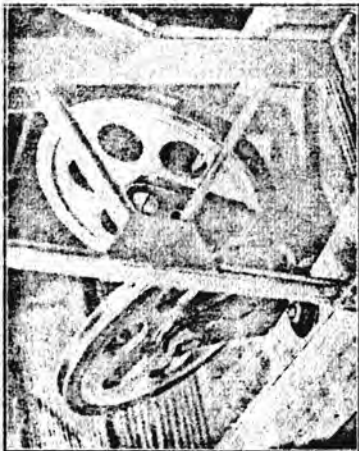
Die Quersteuerung erfolgt durch Differentialrudder, die an den hinteren Flügelholm angelenkt sind, so daß bei Querruderbetätigung das hochgezogene Ruder einen größeren Ausschlag besitzt, als das nach unten gesteuerte. Man beachte auch die Durchführung der Querruder bis zum Flügelende, die sich als günstig allenthalben durchsetzt. Die Bilder lassen die Bauart der Querruder, des



aus Stahlrohren zusammengeschweißten Querruderdifferentialbockes und einiger Beschlüge erkennen. Man beachte ferner die Bauart des verspannten zweiteiligen Tragflügels. Die Flügeltiefe beträgt 1,83 m, die Länge des

Querruders 2,10 m, die Tiefe 0,60 m. Um bei ungünstiger Ausbildung des Spaltes zwischen Ruder und Fläche die Wirbelbildung zu beschränken, werden manchmal die Ruderanlenkspalte durch Streifen aus Sperrholz oder Leichtmetall verkleidet. Diese einfache Verkleidung hat den Nachteil, daß nach längerem Betrieb diese Streifen nicht mehr gut anliegen und so den Strömungsverlauf und somit auch die Ruderwirkung beeinträchtigen. Besser ist beiderseitiges Überkleben mit zellonierten Leinwandstreifen.



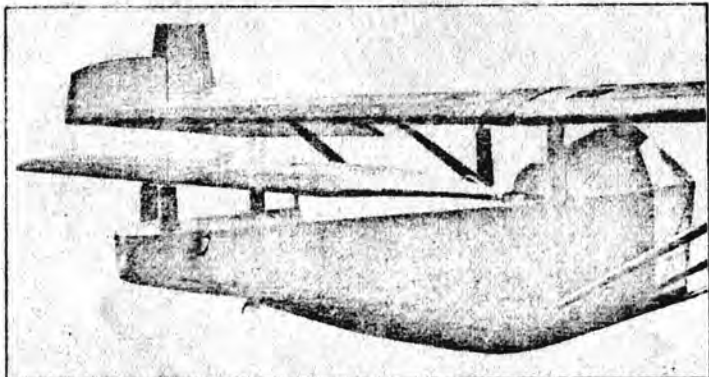


weil das verhängnisvolle falsche Anschließen
 Das obere Bild zeigt Querruderseilrollen im Bockes am Holm befestigt. Bei Befestigung der Rollenböcke ist genaues Arbeiten nötig, damit die Rollen gut laufen und trotzdem so passend sitzen, daß das Seil nicht herausfällt. Die Seilrollen sind aus Aluminium. Man erkennt auch den Holm, sowie die gebauten Rippen mit ihren Sperrholz-Eckversteifungen.

Stuttgart „Lore“ (1928) E: P. Laubenthal, Stuttgart; A: Kegelflugzeugbau, Kassel.

Das untere Bild zeigt den Anschlußbeschlag des Außenflügels des freitragenden Hochleistungs-Hochdeckers. Man erkennt auch die Kuppelung der Querruder-Betätigung. Als mustergültig ist die Konstruktion des Flügelanschlusses der Darmstädter Schule anzusprechen, bei welcher der Flügelanschluß durch zwei, den Hauptholm verbindende, senkrechte konische Bolzen gebildet wird und einen den Stirndruck übernehmenden, gleichartigen, wagrecht liegenden Bolzen an der Nasenspitze. Der Querruderanschluß wird dabei in sehr zweckmäßiger Weise beim Zusammen-schließen der Tragflügelteile selbsttätig bewerkstelligt. Dies ist besonders auch deshalb zu begrüßen, der Querruder ausgeschaltet wird.



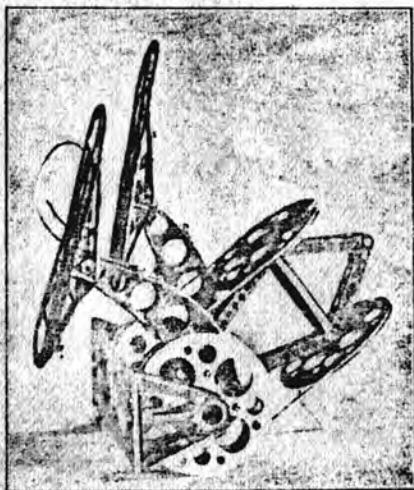


o R. R. G. „Ente“ (1928) E: A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rössliten-Gesellschaft, Wasserkuppe.

Das Höhenleitwerk ist nach dem Prinzip der Entenbauart vor dem Tragflügel gelagert. Letzterer entspricht dem eines R. R. G. „Prüflings“. Zur Vermeidung von Leegierigkeit durch den langen Rumpfhals wurde der Leitwerksabstand vom Tragwerk möglichst gering gehalten. Das Profil des Höhenleitwerkes ist stärker gewölbt. Seine Fläche ist in Flosse und Ruder unterteilt. Spannweite des Höhenleitwerkes: 3,20 m, Tiefe: 0,90 m. Gesamtspannweite des Hochdeckers 11,93 m. Tiefe des Tragflügels 1,70 m. Gesamthöhe des Flugzeuges 1,93 m. — Die auf den Flügelenden aufgesetzten Seitenruder haben Kielflossen, da ohne diese sich bei den verhältnismäßig kleinen Rudern vorhandene Leegierigkeit nicht ganz beseitigen ließ. Die Kielflossen sind als Endscheiben ausgebildet. — Der Rumpf ist eine Holzbauart. Man erkennt unter dem Vorderflügel den Starthaken, sowie die luftgefederte Mittelkufe.

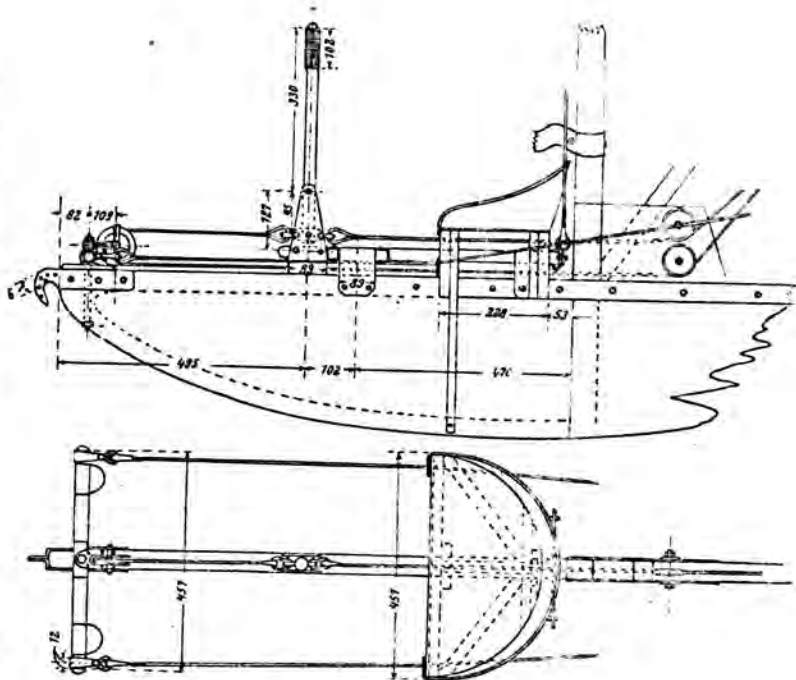
Kupper Ku 4 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Segelflugzeugbau, Kassel.

Pedalsteuersatz, bei dem als Seitensteuerung beide Pedale wie üblich gegeneinander laufen, über Seilräder gekuppelt. — Mit sehr großer Fußkraft jedoch können beide Pedale überlagert vorgetreten werden, entgegen einem Gummiseilzug. Hierdurch schlagen die beiden Seitenruder entgegengesetzt aus, sodaß sie als Luftbremsen dienen.



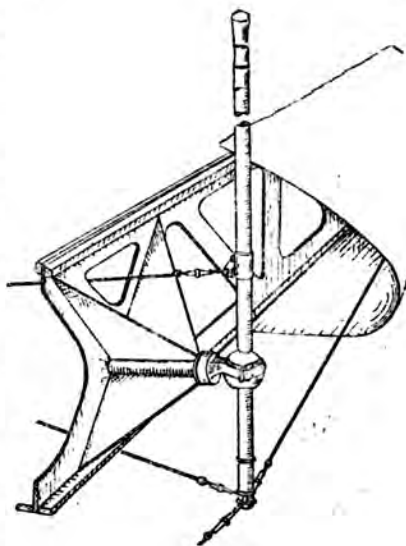
Dickson (1930) E: Dickson, London;
A: Dickson, London.

In enger Anlehnung an das Baumuster R. R. G. „Zögling“ baut sich der Rumpf des verspannten Hochdeckers auf einer Mittelkufe auf, über der der Sitz gelagert ist. Die Steuerhebel sind aus 30 mm Durchmesser mal 1 mm Stahlrohr gebaut. Die am Verdrehungsrohr angeschlossenen Laschen und Hebel sind hart gelötet. Die von diesen Kipphebeln zu der am Spanturm befindlichen Doppelrolle laufenden Querruderseile sind so geführt, daß das vom linken Arm des Hebels kommende Seil in den rechten Flügel zum unteren Arm des Ruderhebels führt und umgekehrt. Durch Fehlen einer Strebe vor dem Fahrersitz ist die Gefährdung des Führers bei harten Landungen verringert. Der Anfertigung des Starthakens wird vielfach zu geringe Bedeutung beigemessen, obwohl Fehler hier zu bedeutender Gefährdung der Zugmannschaft und des Flugzeugführers führen. Wesentlich ist es, daß der Haken so scharf umgebogen ist, daß der Ring des Zugseiles möglichst nahe am Schaft bzw. am oberen Steg anliegt.



Aachen „Blaue Maus“ (1921)
 E: W. Klemperer, Aachen;
 A: Flugwissenschaftl. Vereinigung T. H. Aachen.

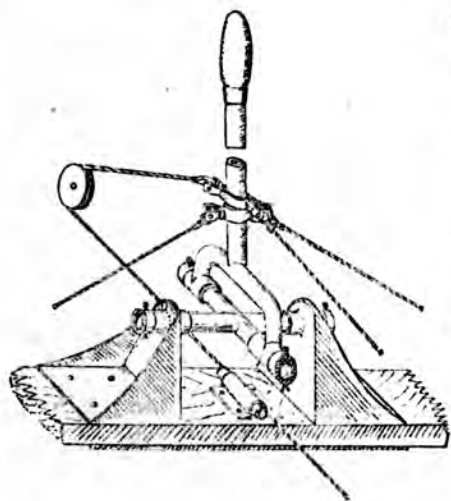
Der Steuerknüppel des Tiefdeckers ist aus Duraluminiumrohr von 130 g Gewicht. Er ist mit einer hohlen Stahlkugel von 46 g Gewicht in einem aus Aluminiumlegierung herausgearbeiteten Hohlkugelschalenring von 32 g allseitig beweglich gelagert. Das Gelenk ist an einem pyramidenartigen Sperrholzträger am Vorderholm des Tragflügels befestigt. Der Führersitz liegt ziemlich frei und hoch zwischen Vorder- und Hauptholm des dreiholmigen Tragflügels. Man erkennt die Lagerung des Knüppels am Vorderholm des Tragflügels. Die Steuerzüge zu den Querrudern laufen innerhalb der Flügelnahe, diejenigen zu den Höhenrudern innerhalb des auf der Skizze nicht sichtbaren Rumpfes.

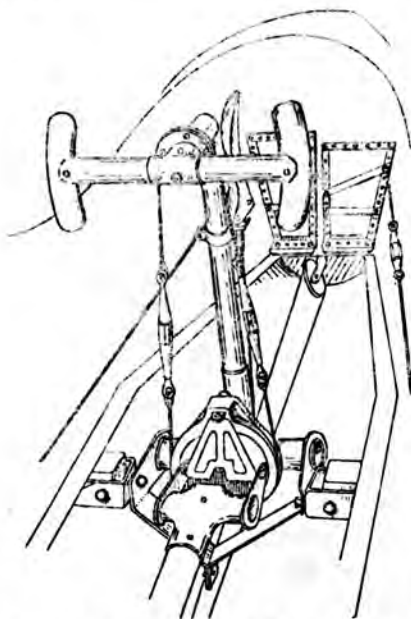


Stuttgart „Stuttgart I“
 (1921)

E: A. Brenner, Stuttgart;
 A: Flugtechn. Verein,
 Stuttgart.

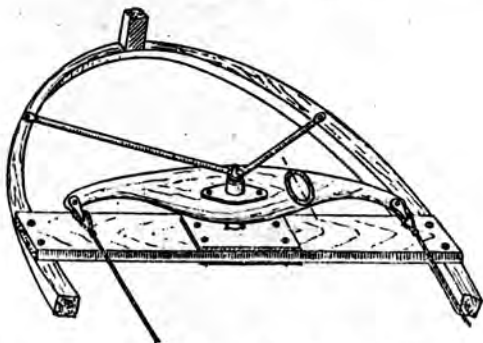
Die Knüppelsteuerung des Eindeckers ist aus Stahlrohr gebaut. Man erkennt die einfachen Lagerböcke mit Lagern und Splinten, das Stahlrohr-Kreuzstück und das U-Rohr mit stumpf aufgeschweißtem Knüppel und Lagern. Die Steuerzüge für Höhen- und Querruder sind mit einfachen Rohrschellen am Knüppel angeschlossen. Man beachte Umkehrrolle und Fiberröhrdurchführung.





hinter der Steuersäule sichtbare Bowdenzug dient zur Betätigung des Auslösehakens. Durch diese Vorrichtung ist der Pilot nicht auf die Aufmerksamkeit der Hilfsmannschaft angewiesen.

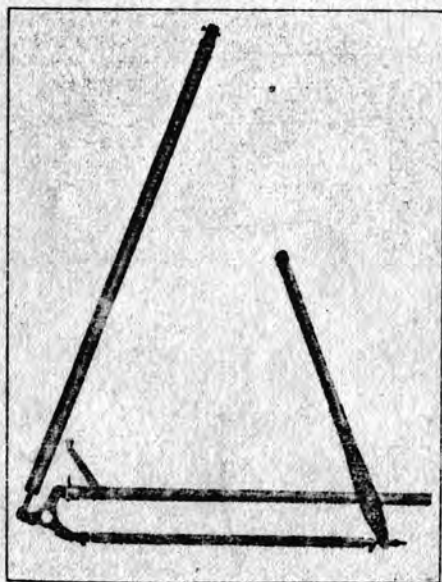
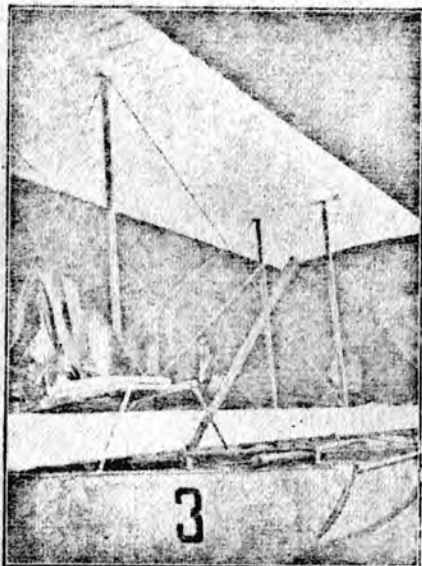
Kegel „Kegel II“ „Kassel“ (1927) E: Ackermann, Kassel; A: Kegel Flugzeugbau, Kassel. Da der Rumpf des Hochleistungsflugzeuges aus Widerstandsgründen geringstmöglichen Querschnitt erhielt, blieb nicht genügend Platz für einen allseitig schwenkbaren Steuerknüppel. Deshalb wurde Radsteuerung vorgesehen, wobei das Steuerrad aber durch ein kleines Radsegment ersetzt wurde. Die Skizze zeigt die Anordnung. Die senkrechte Steuersäule ist starr auf einer kurzen parallel zur Querachse des Flugzeuges liegenden Welle befestigt, die exzentrisch gelagert ist. Die Drehbewegung des Handrades wird durch Seilzug auf ein in Flugrichtung liegendes Torsionsrohr übertragen. Dieses greift im Drehpunkt der Steuersäule an. Die vordere Umlenkrolle für das Höhensteuersseil ist sichtbar. Man erkennt auch die Pedalsteuerung für das Seitenruder, die in ihrer primitiven Bauart allerdings bei längeren Flügen die Füße des Flugzeugführers ermüden läßt, da derselbe hauptsächlich mit den Fußballen arbeiten muß. Der



Stuttgart „Stuttgart I“ (1921) E: A. Brenner, Stuttgart; A: Flugtechn. Verein Stuttgart. Der Seitensteuerhebel ist auf einer Stahlblechplatte mit stumpf aufgeschweißter Stahlrohrachse montiert. Diese ist am oberen Ende durch Stahlrohrstützen gehalten. Die Steuersseile sind in einfachen Blechlaschen eingehängt. Die Rumpfhölme bestehen aus Esche.

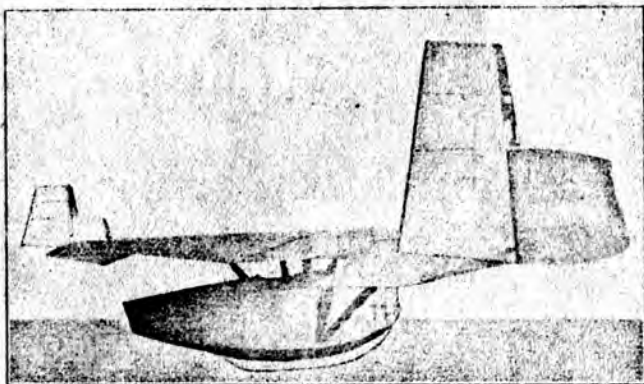
Fokker-3 (1922) E: A. H. G. Fokker, Amsterdam; A: N. V. Nederlandsche Vlieguitenfabrik, Amsterdam.

Der Führersitz liegt auf dem Unterflügel des Sitzgleiter-Doppeldeckers. Man erkennt die Knüppelsteuerung und den an der Schlittenspitze sichtbaren Seitensteuerhebel. Das Fahrwerk besteht aus einem zweiküfigen Schlitten, dessen Seitenwände mit Stoffbespannung versehen sind, um Kielwirkung zu erzielen. Das ist nötig, da der Rumpf ein offenes Gittergerüst darstellt. Das Flugzeug hat keine Querräder, sondern verwindbare Ober- und Unterflügel. Über der rückwärtigen Sessellehne sind die Anschlaggurte für den Führer sichtbar.



Darmstadt „Gehlmrat“ (1922) E: L. Hoffmann, Darmstadt; A: Bahnbedarf A.G., Darmstadt.

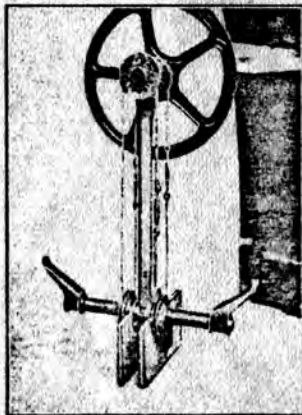
Der auf der Rumpfoberseite angeordnete Tragflügel ist um seinen Hauptholm drehbar gelagert. Die Schwenkung erfolgt durch den Steuerknüppel unter Zwischenschaltung der abgebildeten Stoßstangen. Zur Betätigung des Höhenruders am Rumpffende ist ein gewöhnlicher Gashebel seitlich angebracht. Der Führersitz wird zwischen dem Steuerknüppel und der links sichtbaren senkrechten Stoßstange angebracht, sodaß die untere wagrechte Stoßstange unter dem Sessel durchgeführt wird.



† R. R. G. „Storch II“ (1928) E. A. Lippisch, Wasserkuppe; A: Rhön-Rossitten-Gesellschaft, Wasserkuppe.

Das Leitwerk des schwanzlosen Flugzeuges befindet sich an den Flügelenden. Man erkennt das Seitenleitwerk, bestehend aus einer auf den Flügelenden senkrecht stehenden Endscheibe, an welche sich ein großes, entlastetes Ruder anschließt. Neben dem Seitenruder ist die eine Hälfte des Höhen- und Querruders sichtbar. Seitensteuerung erfolgt in der Art, daß eine Rechtswendung durch entsprechende Verstellung des rechten Ruders eingeleitet wird, während das linke stehen bleibt. Durch gleichzeitige Betätigung beider Ruder ist Gleitwinkelverschlechterung möglich. Höhensteuerung erfolgt durch gleichsinnige Betätigung der wagrechten Ruder, Quersteuerung durch ungleichmäßige Betätigung derselben. Man erkennt auch die abgestrebte Flügelbauart und den kurzen Sperrholzrumpf. Die Gesamthöhe des Hochdeckers beträgt 2,02 m, die Gesamtlänge 3,65 m, die Flügeltiefe innen 1,89 m,

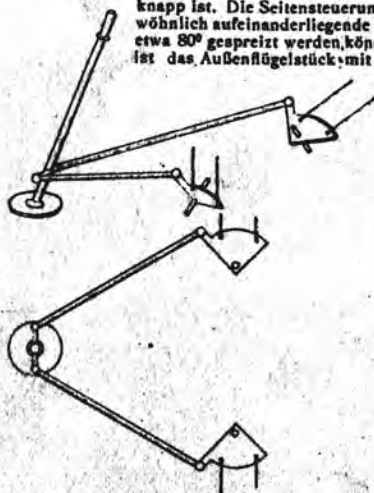
außen 1,17 m. Die gleichzeitige Verwendung der wagrechten Ruder zur Höhen- und Quersteuerung ist durch Differentialsteuerung erreicht. Gleichsinnige und gegensinnige Bewegung der Klappen erfolgt durch Vor- bzw. Rückwärtsschwenken und Drehen des Handrades. Die Seitenruder mit den Endscheiben waren anfangs unter den Flügelenden aufgehängt. Da sie dann leicht Beschädigungen ausgesetzt waren, wurde die oben abgebildete Art der Anordnung gewählt. Bei der ersten Ausführung war ein stromlinienförmiger Rumpf vorgesehen. Dieser wurde später durch den im Bilde sichtbaren sechskantigen Rumpf ersetzt, um die Kursstabilität verbessern zu können. Außerdem ließ sich der Führersitz hinter den Hinterholm zurückschieben, die Sichtverhältnisse wurden verbessert usw.



München Mü 5 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Akad. Fliegergruppe T. H. München.

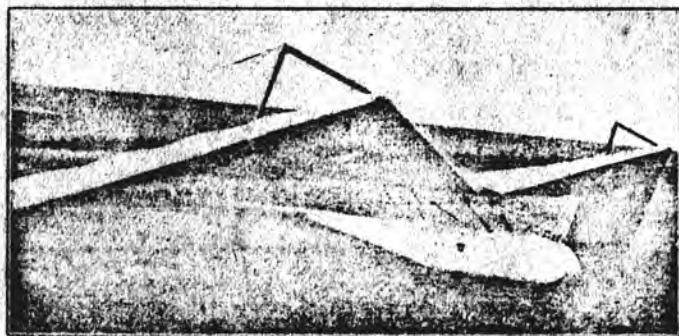
Bei dem schwanzlosen Eindecker erfolgt die Höhensteuerung neuartig mittels über die ganze Spannweite gehende Klappen, deren innere entgegen den äußeren Klappen laufen, also beim Höhenrudergehen (Ziehen) nach unten gehen. Hierdurch soll die Auftriebsverminderung beim Ziehen vermieden werden, also ein Analogon zum Ententyp vereinigt mit dem üblichen Aufbau der schwanzlosen Flugzeuge.

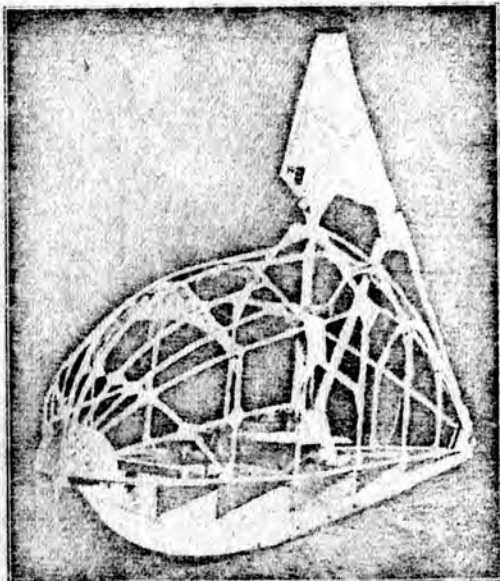
Quersteuerung mit allen je über die Halbspannweite reichenden Klappen, da diese nun schon einmal da sind und die Querruderwirkung aller Segelflugzeuge knapp ist. Die Seitensteuerung erfolgt durch an den Flügelenden gewöhnlich aufeinanderliegende Quer-(Höhen-)Ruderklappen, die bis auf etwa 80° gespreizt werden können. Zur Verminderung der Querstabilität ist das Außenflügelstück mit negativer V-Form angesetzt. Endscheiben sind nicht vorhanden.



Weltensegler „Baden-Baden-Stolz“ (1923) E: F. Wenk, Tübingen; A: Segelflugzeugwerke G. m. b. H., Baden-Baden.

Um das schwanzlose Flugzeug steuern zu können, ist ein Steuertrieb mit allseitig beweglichem Steuerknüppel vorgesehen, bei welchem der Steuerknüppel durch schräg auseinanderlaufende Stoßstangen mit zwei Schwinghebeln verbunden ist, an denen die Steuerzüge angreifen. Die Schwinghebel sind, wie die Skizze zeigt, sektorartig so ausgebildet, daß an ihnen eine größere Zahl von Steuerzügen Platz findet. Die dreiecksähnliche Stoßstangenordnung ergibt einfache Handhabung verschiedener Steuerungen durch den einen Steuerknüppel. Dieser bewegt beim Vorwärts- und Rückwärtsschwingen die beiden Schwinghebel der Steuerzüge gleichartig, während beim Querschwingen ungleichartige Bewegung eintritt.



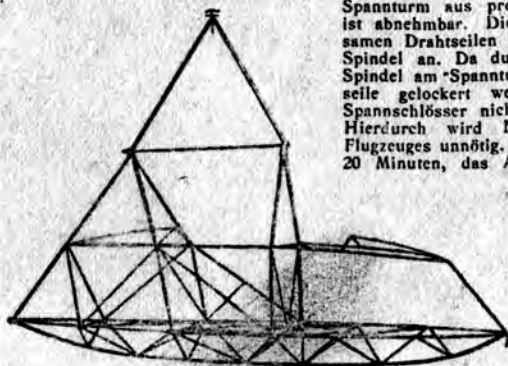


R. R. G. „Zögling“ (1929) E: A. Lip-pisch, Wasserkuppe; A: Württemb. Luftfahrt-Verband, Stuttgart.

Zur Erhöhung der Flugleistungen sind verschiedentlich bootsförmige Verkleidungen des Führerraumes des Baumusters R. R. G. „Zögling“ vorgenommen worden. Das Bild zeigt das Gerippe eines solchen Bootes. Man erkennt die leichten Formleisten mit aufgeleimten Sperrholzdecken unter Beibehaltung der Mittelkufe mit dem vorderen Rumpfgerüst. Durch Anordnung derartiger Verkleidungen ist Verflachung des Gleitwinkels erreichbar.

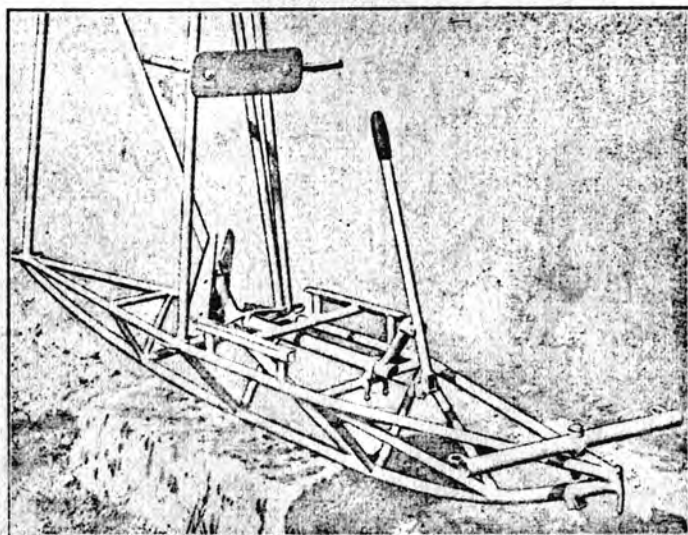
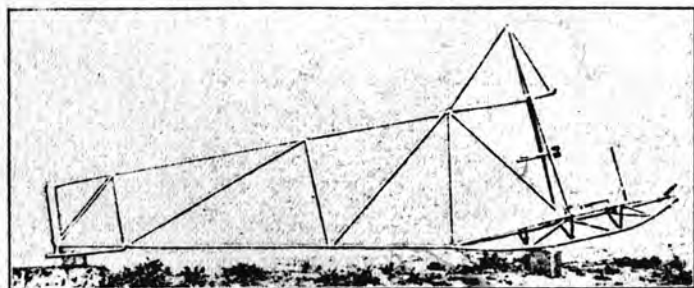
Rostock „Mecklenburg“ (1929) E: P. Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgischer Aeroklub, Rostock.

Der Rumpf des Zweisitzer-Hochdeckers ist aus Stahlrohren zusammengeschweißt. Es handelt sich um ein in räumlicher Stahlrohrkonstruktion ausgeführtes Boot, an welches sich ein ebenes Gitterrumpfenende aus Stahlrohr anschließt. Die Mittelkufe ist aus Esche. Sie ist mittels Stahlrohrstelzen und Gummikabel gefedert. Der Spannturm aus profilierten Stahlrohren ist abnehmbar. Die Tragseile aus biegsamen Drahtseilen greifen hier an einer Spindel an. Da durch Herablassen der Spindel am Spannturm sämtliche Tragseile gelockert werden, brauchen die Spannschlösser nicht gelöst zu werden. Hierdurch wird Neuverspannung des Flugzeuges unnötig. Das Aufbauen dauert 20 Minuten, das Abbauen 15 Minuten.



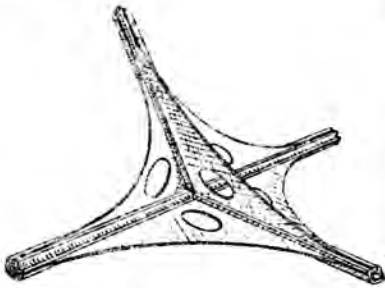
Die größte Höhe des Hochdeckers beträgt 2,45 m. Das Bruchlastvielfache beim Landen an jeder Stelle der Kufe zweisitzig ist 7,5. Größte Bootsbreite 0,66 m. Höhe des Spannturmes 0,90 m.

3. Rumpf



X Mecklenburg „Stahlrohrzögling“ (1928) E: P. Kreckel, Rostock; A: Mecklenburgischer Aeroklub, Rostock.

Der Rumpf des Sitzgleiters ist als offenes Stahlrohrgerüst zusammengeschweißt. Man beachte die sich auf der Mittelkufe aufbauende Sitzanlage und die Steuerung sowie die Schwanzkufe. Der Ersatz des an sich beim Baumuster R. R. G. „Zögling“ üblichen Holzrumpfes durch einen Stahlrohrumpf macht das Flugzeug weniger empfindlich und schließt vor allem auch bei etwaigen Brüchen jede Splitterwirkung aus, die den Insassen gefährdet.



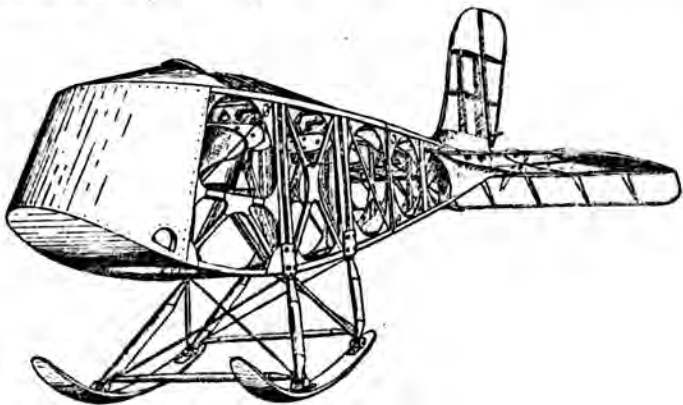
(Stuttgart „Stuttgart I“ (1921)

E: A. Brenner, Stuttgart;

A: Flugtechn. Verein, Stuttgart.

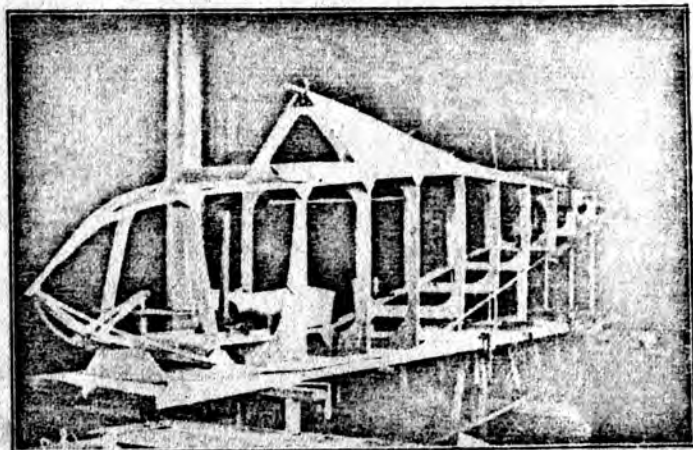
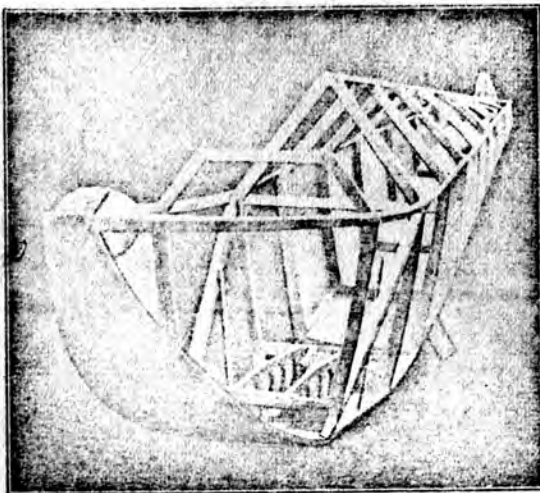
Der Rumpf des Eindeckers ist eine Rahmenkonstruktion von 5,20 m Länge. Er hat vier Längsholme mit gebauten Spanten. In die entstehenden Vierecke sind zur Erhöhung der Biege- und Drehfestigkeit Winkel aus Sperrholz eingeleimt. An der Stelle, an der das Kufengestell und die Tragflügel befestigt werden, ist die Rumpfkonstruktion durch kräftiges Strebenwerk verstärkt. Holme und Spanten sind aus Kiefer. Die bestehende Skizze läßt erkennen, daß Holme und Spanten in der

Längsrichtung Nuten haben, in die an den Knotenpunkten in allen drei Rahmenebenen Winkel aus 3 mm starkem Nußbaumsperrholz eingeleimt sind. Links erkennt man einen Holm, rechts einen Spant mit zwischenliegenden Sperrholzwinkeln. Der Rumpf ist nach vorn durch zwei kräftige, im Grundriß parabelförmige Eschenbögen abgeschlossen. Diese sind mit Sperrholz beplankt, während im übrigen der Rumpf mit Baumwollstoff bekleidet ist. Man erkennt auch die Anordnung des Führersitzes vor dem Hauptsant. Infolge hoher Lage des Führersitzes ragt der Oberkörper des Führers aus dem Rumpf heraus. Der Tragflügel wird unter den oberen Rumpfholmen derart angesetzt, daß der Körper des Führers in der Flügelnahe sitzt. Dadurch ist zwar die Sicht nach vorn und unten gut, läßt aber nach den Seiten zu wünschen übrig, sodaß ein Segeln in Hangnähe stark erschwert ist. Ferner sieht man das Zweikufenfahrwerk sowie das Schwanzleitwerk mit abgerundeten Übergängen. Höhen- und Seitenruder sind gedämpft und nicht entlastet. Sie stellen gewöhnliche, freitragende Holzbauarten dar und werden stoffbespannt. Größte Rumpfhöhe 0,80 m, größte Rumpfbreite 0,80 m, Höhe des Fahrwerkes 0,60 m, Spurweite 1,40 m, Spannweite des Höhenruders 2,50 m, Höhe des Seitenruders 1,00 m. Das in Anlehnung an Fahrwerke von Motorflugzeugen geschaffene Zweikufenfahrwerk hat den Nachteil erheblichen Widerstandes, hohen Gewichtes und starker Empfindlichkeit. Da kein Propeller vorhanden ist, ist die Anordnung eines solchen Fahrwerkes unnötig und daher in der Folge vermieden worden. Auch wurde die Zweikufenbauart durch das Einkufenfahrwerk abgelöst, das hinsichtlich geringem Gewicht, geringem Widerstand, hoher Widerstandsfähigkeit und einfacher Herstellung kaum zu übertreffen ist. Bei der vorliegenden Bauart sind die Kufen federnd gelagert.



Dessau, Anhalt*
(1924) E: R. Pol-
ter, Dessau;
A: Flugtechn.
Verein Dessau.

Der Rumpf des
Doppeldeckers
ist eine Kasten-
spantkonstruk-
tion mit zur Kräfte-
aufnahme heran-
gezogener Sperr-
holzbeplankung.
Letztere ist im
Bilde erst zum
Teil aufgebracht.
Vorn sind Träger
für die Lagerung
des Führersitzes
sichtbar. Diago-
nalverspannung
innerhalb des
Rumpfes fehlt.



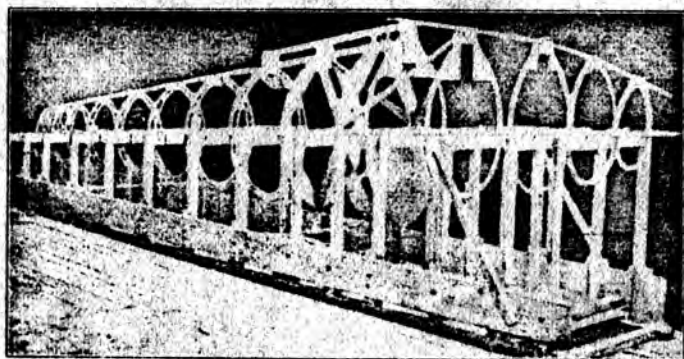
Darmstadt „Edith“ (1921) E: A. Boisch, Kercher, Darmstadt; A: Akad. Flieger-
gruppe T. H. Darmstadt.

Sperrholzkörper auf der Helling im Bau. Man erkennt den fünfeckigen Querschnitt,
der hinten in rechteckige Form mit wagrechter Endschnelle überläuft. Das Bild
zeigt Spanten- und Holmbauart. Die Sperrholz-Außenbeplankung ist erst bei dem
dachförmigen Aufbau aufgebracht, der zur Lagerung des Tragflügels dient. Man
beachte auch die Sitzanlage vor diesem Aufbau mit der gewöhnlichen Knüppelsteuerung.



Darmstadt „Starkenburg“ (1929) E: H. Hofmann, Darmstadt; A: Akad. Fliegergruppe, T. H. Darmstadt.

Das Hochleistungsflugzeug hat einen geschlossenen Sperrholzrumpf von eiförmigem Querschnitt und untenliegender Schneide. Das Bild zeigt den Rumpf teilweise beplankt im Bau. Beachtenswert sind die vorn sichtbaren zur Aufnahme der Tragwerkanschlüsse dienenden besonders kräftigen Rumpfspanten. Das Rumpfende ist hier im Gegensatz zu anderen Hochleistungsflugzeugen z. B. dem Baumuster R. R. G. „Professor“ mit verhältnismäßig großem Querschnitt gebaut, um dünnes Sperrholz verwenden zu können, ohne auf ausreichende Rumpfstärke verzichten zu müssen. Auf dem Rumpfende ist eine kleine Sperrholzfläche sichtbar, an welche das Höhenruder angeschlossen wird. Durch diese Lagerung des Höhenleitwerkes wird allerdings in nicht sehr günstiger Weise der Torsionsquerschnitt verringert. Ferner ist es nicht ganz einfach, den entstandenen Ausschnitt lückenlos zu verkleiden. Die größte Rumpfbreite beträgt 0,60 m, die größte Rumpfhöhe 1,00 m, die Rumpflänge 5,80 m. Spezifisches Gewicht des Rumpfes bezogen auf dessen Länge ist 6,8 kg/m.

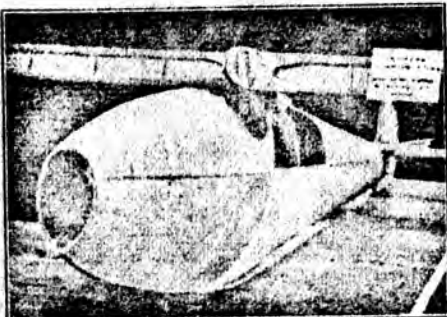


Darmstadt „Konsul“ (1923) E: A. Botsch, Darmstadt; A: Bahnbedarf A.G. Darmstadt.

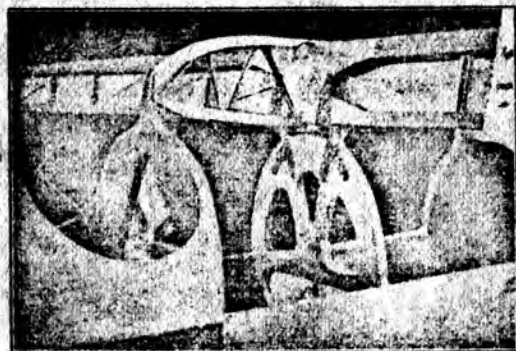
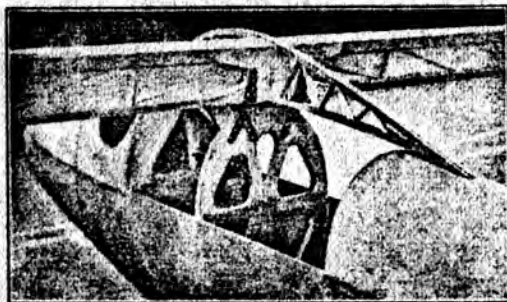
Der Rumpf des Hochleistungsflugzeuges ist ein Sperrholzbau mit eiförmigem Querschnitt und unten- und obenliegender Schneide. Das Bild zeigt den Rumpf auf dem Rücken liegend im Bau auf der Helling. Man erkennt die in der Mitte liegenden Hauptspanten, welche zur Aufnahme der Tragwerk- und Fahrwerkkräfte dienen und dementsprechend besonders kräftig gebaut sind. Unter dem Rumpf ist ein Verstärkungsgerüst zur Anlenkung der Mittelkufe sichtbar, bestehend aus einem Eschenbügel. Diese Rumpfform wurde gewählt, um aerodynamisch günstige Verhältnisse mit guter Spurwirkung zu vereinigen.

◊ Hofmann „Westpreußen“
(1929) E: H. Hofmann,
Darmstadt; A: Hessen-
flieger, Darmstadt.

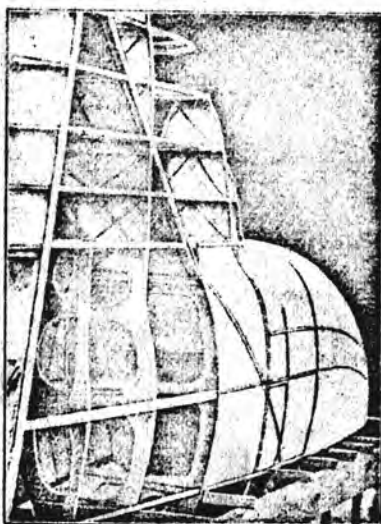
Der Rumpf des Hochleistungsflugzeuges ist eine Sperrholzkonstruktion mit etwa eiförmigem Querschnitt und unten liegender Schneide. Man erkennt die dreiholmige Bauart mit Rahmenspannen und tragender Außenhaut. Letztere ist im Bilde erst teilweise aufgebracht. Man beachte die Lagerung des Tragflügels unmittelbar auf der Rumpfoberseite.



Die entsprechenden Anschlußbeschläge sind sichtbar. Man erkennt auch die Bauart des freitragenden, dreiteiligen Tragflügels. Die Bauart ist einholmig mit sperrholzbeplankter, verdrehfester Flügelnahe. Das verwendete Profil ist Göttingen B35. Im Bilde sind erst Holm und Mittelrippe vorhanden. Der vor dem Tragwerksichtbare Ausschnitt der Rumpfoberseite bleibt zur Aufnahme des Führers offen. Die Öffnung an der Rumpfspitze wird durch eine abgerundete Deckkappe abgeschlossen. Man sieht auch das aus einem starken Eschenbügel bestehende Fahrwerk. Nachstehende Daten des freitragenden Hochdeckers sind in diesem Zusammenhang von Interesse:

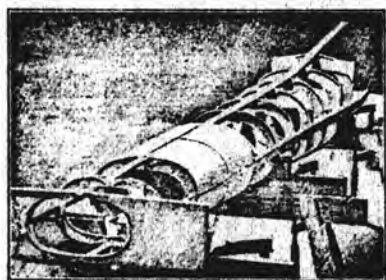


Rumpflänge 6,15 m,
größte Rumpfbreite
0,60 m, Gesamthöhe
des Hochdeckers
1,20 m, Flügeltiefe
1,32 m. Seitenver-
hältnis 1:15. Spezi-
fisches Gewicht des
Rumpfes bezogen
auf dessen Länge
7,3 kg/m.



© Kupper Ku 4 (1930) E: A. Kupper, Dessau; A: Segelflugzeugbau, Kassel.

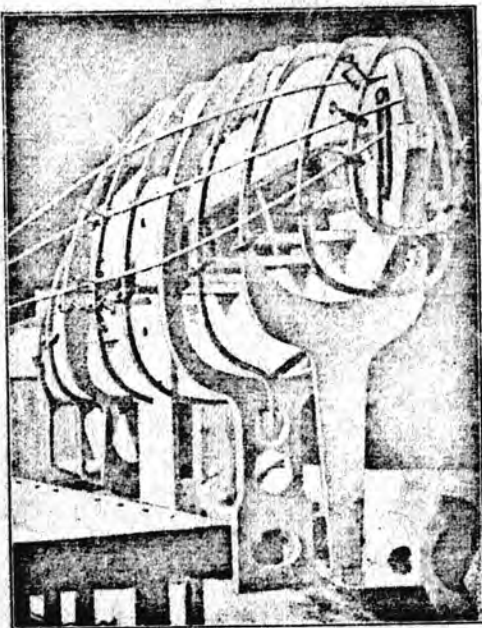
Da infolge der außergewöhnlichen Spannweite, der negativen V-Stellung der Außenflügel und der Biegungsweichheit des ganzen Tragwerks beträchtlicher Abstand der Flügelwurzel vom Boden erforderlich ist, während andererseits für Führer und Ausrüstung kein größerer Raumbedarf besteht als bei kleinen Flugzeugen, wurde der Rumpf in ein Führerboot und einen Leitwerkträger geteilt. Ersteres im Bau ist im oberen Bilde dargestellt. Das Boot, dessen größte Breite 0,55 m beträgt, geht in weichen Linien in einen Turm von stromlinienförmigem Querschnitt über, der im unteren Teil die Heckschneide des Bootes darstellt, im mittleren den Kopfabfluß und oben in den mittleren Flügelstummel des Hochdeckers von 0,40 m Breite. Aus diesem wächst nach hinten etwa wagrecht die unten im Bau dargestellte Röhre heraus. Der Turm ist Sollbruchstelle zum Schutz des kostbaren Tragflügels. Der Rumpf besitzt keinerlei Kontrollklappen. Nach Abnahme des Trag- und Leitwerkes kann die ganze Steuerung durch den Heckstummel eingesehen werden, die großen Öffnungen in den Flügelanschlußstummel — Kastenrippen, im Führerraum, nach Herausnahme des Fallschirmes hinter diesem und nach Abnahme der durch Federzug auf Stifte gepreßten Boots-Nase von vorn. Das Boot besitzt einen inneren



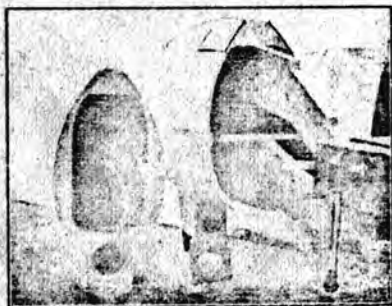
Boden, der wie der Sitz mit Spanten, Holmen und Außenhaut kraftschlüssig verbunden ist. — Rumpfgewicht einschließlich Kufe etwa 65 kg.

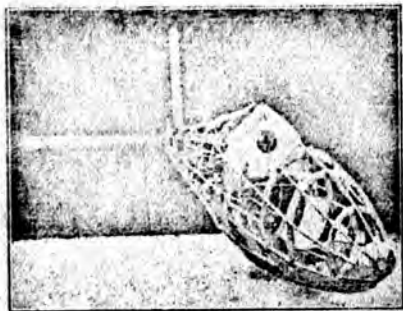
München Mü 5 (1930)
 E: A. Kupper, Des-
 sau; A: Ad. Flic-
 kergruppe T. H.
 München.

Das schwanzlose
 Flugzeug, ein frei-
 tragender Hochdek-
 ker besitzt ein kurzes
 Rumpfbot zur Auf-
 nahme des Führer-
 sitzes. In origineller
 Weise ist das Boots-
 hinterteil (Rücken-
 lehne, Kopfabfluß u.
 Fallschirmplatz ent-
 haltend) zum Ein-
 steigen, sowie für
 einen etwaigen Ab-
 sprung mit dem Fall-
 schirm, abwerfbar ge-
 stellt. Auf diese
 Weise wird vermie-
 den, daß das dicht
 unter dem Tragflügel
 liegende Boot durch
 Anordnung einer Ein-
 stiegöffnung im Auf-
 bau geschwächt wird.
 Die Bilder zeigen
 das Rumpfbot im
 Bau. Das obere Bild



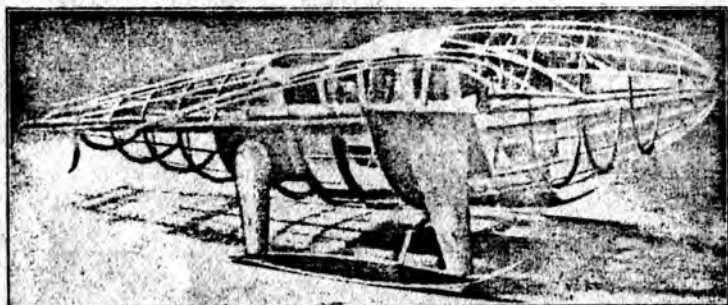
zeigt das Spantengerippe mit
 einigen der Holm-Leistchen.
 Auf dem unteren Bild sind die
 getrennten beiden Rumpfhälften
 sichtbar. Das Boot ist in einem
 Stück gebaut worden und wurde
 später auseinandergeschnitten.
 Auf den Bildern befindet sich
 das Boot auf dem Rücken
 liegend. Man erkennt die Trä-
 gersaufbauten, mit denen das
 Boot unter dem Flügel aufge-
 hängt ist. Das Gewicht des
 Rumpfes beträgt etwa 12 kg.





Graz, Stormvogel⁴ (1926)
 E: E. Spiel, Fiehl, Graz; A: Segelfliegergruppe T. H. Graz.
 Der Rumpf des Hochleistungsflugzeuges hat eiförmigen Querschnitt. Man erkennt die Spanten, die durch leichte Holme miteinander verbunden werden können, da die noch aufzubringende Sperrholzhaut die Aufgabe der Holme zum großen Teil übernimmt. Die oberen Rumpfholme sind an der Stelle des Führerraumes unterbrochen. Unmittelbar hinter diesem wird das Tragwerk gleich auf den Rumpfrücken aufgesetzt. Man erkennt ferner das Gerippe des Höhen- und Seitenleitwerkes

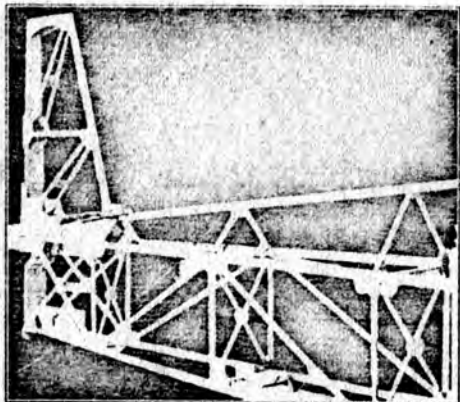
am Rumpfe. Das Fahrwerk besteht aus einer breiten Eschenholz-Mittelkufe. Diese heute fast allgemein übliche Anordnung besitzt der Fahrgestellbauart, welche auf dem unteren Bild mit dargestellt wurde, gegenüber den Vorteil größerer Einfachheit, geringeren Gewichtes und geringerer Empfindlichkeit bei schiefer Aufsätzen bzw. Landungen mit Seitenwind und geringeren Luftwiderstandes. Durch Anordnung des Führerraumes unter bzw. vor dem Tragflügel werden ferner günstigere Sichtverhältnisse geschaffen, welche erst das Segeln am Hang ermöglichen.



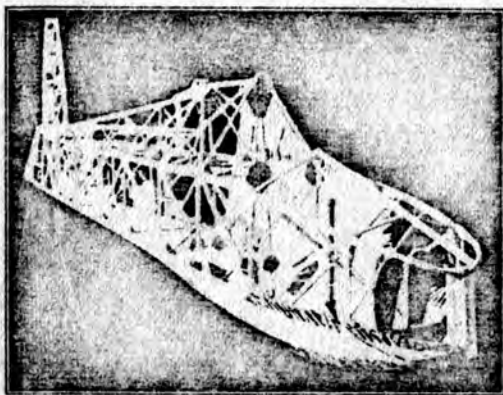
X Zelse-Nesemann (1921) E: A. Nesemann, Pinneberg; A: A. Nesemann, Pinneberg.
 Der Rumpf des Eindeckers setzt sich zusammen aus einem kräftigen Trägergerüst, bestehend aus einer Horizontalplatte, welche Sitzanlage und Flügelabhängung aufnimmt, und leichten runden Spanten und leichten Holmen, welche lediglich der Wahrung der Außenform dienen, ohne größere Kräfte aufzunehmen. Das Fahrwerk besteht aus zwei Sperrholzkufen. Das Bild zeigt die Rumpfbauart mit den kurzen Flügelstummeln und dem Fahrwerk. Das Rumpfe wird durch einen kurzen Sporn getragen. Diese Rumpfbauart ist, ebenso wie die Bauart des Fahrwerkes, heute nur noch selten zu finden. Wenig günstig ist u. a. auch die Lage des Führersitzes, dessen Sicht infolge des vorliegenden Tragflügels so beschränkt ist, daß ein Segeln in Hangnähe schon aus diesen Gründen kaum in Frage kommt.

Aachen „M 1“ (1929)
 E: Mayer, Aachen; A:
 Flugwiss. Vereinigung,
 Aachen.

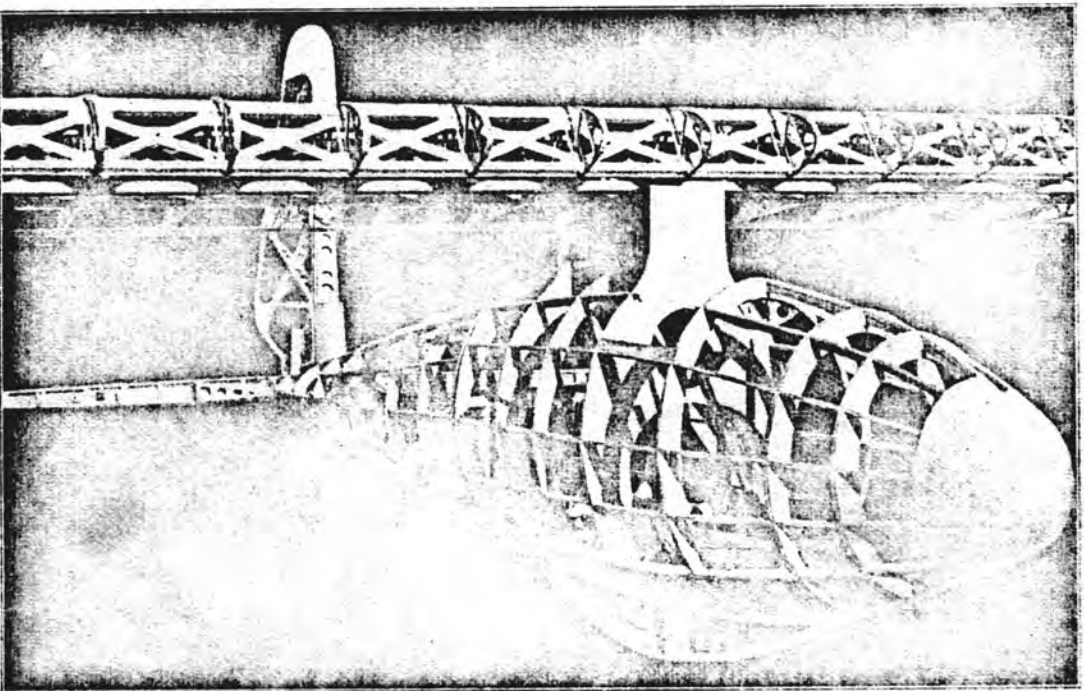
Der Rumpf des voll-
 segelfähigen Übungs-
 Hochdeckers ist sechs-
 kantig und wird vorn
 mit Sperrholz, hinten
 mit Stoff bekleidet. Die
 Bilder lassen die Bauart
 erkennen. Man beachte
 Steueranlage mit Knü-
 pel und Pedalen, An-
 schlußpunkte des Trag-
 werkes auf dem Rumpfdach,
 sowie die Kiel-
 flosse des Seitenleit-
 werkes. Diese kann in-
 folge Auslaufs des



Rumpfes als senk-
 rechte Schneide verhältnismäßig klein gehalten werden, da die Seitenflächen des
 Rumpfes als Leitflächen mitwirken. Auf dem unteren Bild sieht man das Verleimen
 der Sperrholzbeplankung. Da Verleimungen im Holzflugzeugbau besonders wichtig
 sind, sollte man nicht mit großem Aufgebot an Schraubzwingen in jeder Größe
 und Form sparen. Denn von der Güte der Leimungen hängt zum großen Teil die



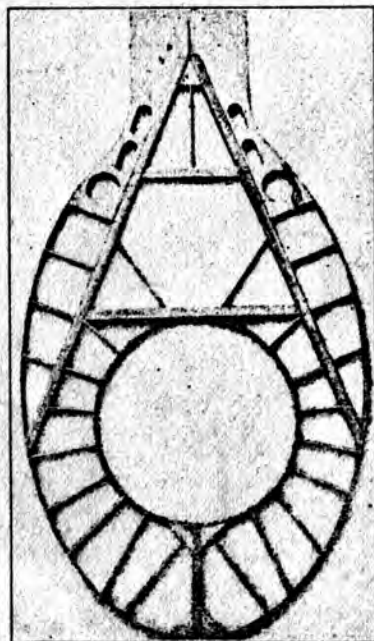
Sicherheit des Flugzeuges ab. Der leider immer wieder bei Anfängern anzutreffende
 behelfsmäßige Ersatz der Schraubzwingen durch große Nägel ist strengstens zu
 verurteilen. — Der Führersitz liegt dicht über dem Rumpfboden. Der Kopf des
 Führers allein schaut aus der Karosserie heraus und kommt unmittelbar vor den
 dachförmigen Rumpfaufbau unter die Flügelnase zu liegen. Der Rumpfaufbau
 konnte dachförmig gestaltet werden, da die zweiteilige Tragfläche durch schräge
 Seitenstiele abgestrebt ist, welche von den unteren Rumpfhöhlen zum Tragwerk führen.



Meltingen „Meltingen“ (siehe nebenstehenden Text).

Meinigen „Meinigen“ (1930)
 E: H. Benz, Meinigen; A: H. Benz,
 Meinigen.

Der Rumpf hat Hohlringspanten in Kastenbauart. Während die Horizontalschnitte des Rumpfes Stromlinienkurven sind, zeigen die Vertikalschnitte, von vorn nach hinten betrachtet, schmale Hochkantellipsen, die allmählich breiter werdend in Kreisform übergehen und nach hinten wieder schmale Flachkantellipsen werden. Der Rumpf ist hinter dem Tragwerk gestiftet. Die Bilder zeigen diese Trennstelle, einen Blick in den Hinterrumpf sowie den inneren Aufbau des Hauptspantes mit Flügelanschlußkopf. Wie das Bild auf nebenstehender Seite erkennen läßt, sind zwölf Längsholme in T-Form vorhanden. Durch diese und durch die erwähnten Hohlringspanten entstehen viele kleine Felder, welche die Außenhaut in kleine Spannungsfelder zerlegen. Durch die damit erreichte örtliche Unterstützung



der Außenhaut gegen Ein- bzw. Ausbeulungen läßt sich deren Stärke, je nach Lage, am Rumpf auf 2 mm bis 1,2 mm vermindern, ohne die Festigkeit zu verringern. Die Rumpfspitze bildet eine aus einem Stück getriebene Aluminiumhaube. Im Bilde ist der Rumpf noch nicht beplankt. — Man erkennt auch die Flügelkonstruktion, welche vier sich gegenseitig stützende, schrägliegende, aufgelöste Gitterholme aufweist. Die Bauart ist vollkommen freitragend. Ferner ist das Gerippe des Schwanzleitwerkes beachtenswert. Endlich sei auf das aus einer Mittelkufe bestehende Fahrwerk hingewiesen, welches in seiner Bauart, ebenso wie der Rumpfvorderteil, noch eingehender dargestellt ist. Vor der Mittelkufe ist der Starthaken sichtbar. Die Gesamtlänge des Hochdeckers beträgt 1,60 m.



Dresden M 27 „Schoop“ (1923)

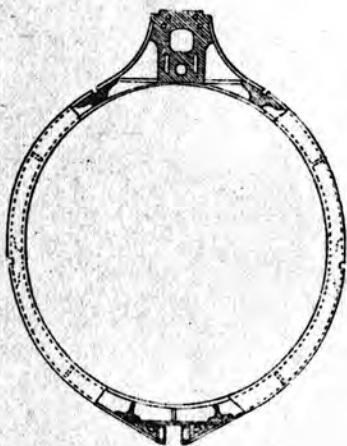
E: Meyer, Dresden; A: Seefeldingebau
Dresden.

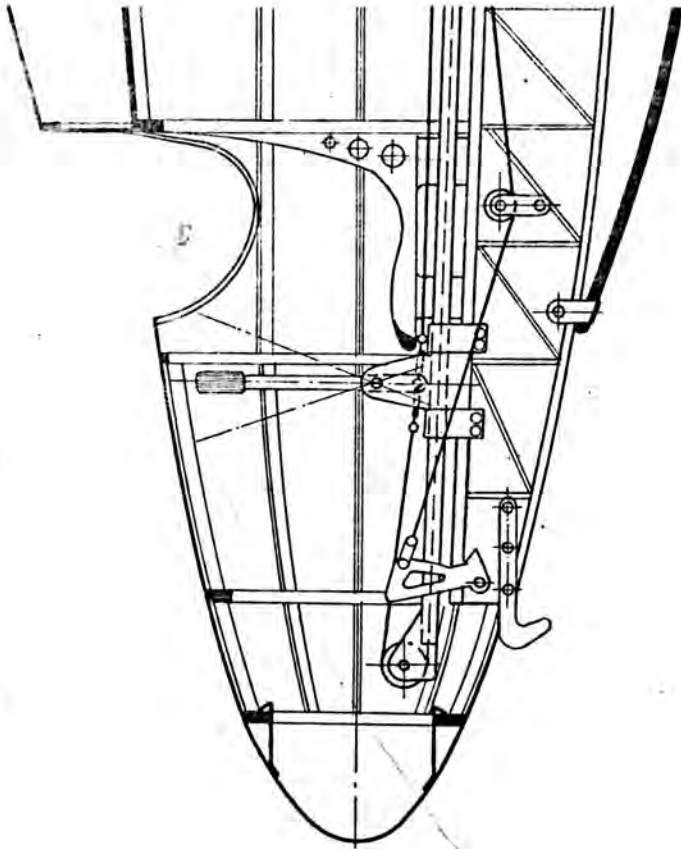
Rumpfspant aus schwachem Sperrholz mit aufgeleimten Verstärkungen für einen fünfkantigen Sperrholzzwimpf. Die Formgebung ist durch die Mittelkufe bedingt. Man erkennt die Aussparungen bzw. Öffnungen für die Rumpflängerholzte an den Ecken. Die Sperrholzfelder haben zur Erleichterung Aussparungen. Ein derartiger kantiger Rumpf ist in der Herstellung einfacher und billiger als ein stark abgerundeter Rumpf, wie er zu den auf der untenstehenden Skizze gezeigten Spanten gehört. Aerodynamisch günstiger ist aber die unten gezeigte Querschnittsform, die allerdings der oberen gegenüber den Nachteil hat, größere Kielflossen zu erfordern. Bei geradlinigen Rumpfwänden ersetzen diese z. T. besondere Führungs-

flossen. Die Spantgröße des Baumusters Wuppertal „Roemryke Berge“ ist so reichlich gewählt, daß der ganze Körper des Fliegers bis auf die obere Kopfhälfte dem freien Luftraum entzogen wird, während bei dem nur Übungszwecken dienenden Baumuster Dresden M 27 „Schoop“ der ganze Oberkörper des Führers aus dem Sperrholzzwimpf herauschaut.

x Wuppertal „Roemryke Berge“ (1924)
E: Schatzky, Darmstadt; A: Lippische
Werke, Detmold.

Der Rumpfspant des Hochleistungsflugzeuges läßt den etwa eiförmigen Querschnitt erkennen, der mit Rücksicht auf die Anlenkung der Mittelkufe gewählt wurde. Der Rumpfspant hat beiderseitige Sperrholzbeplankung. Es handelt sich also um einen Sperrholzrahmen mit Aussparungen und eingeleimten Stegen. Man beachte oben und seitlich Holmöffnungen, Füllklötze, Distanzstäbe zwischen den Stegen und Flügel- sowie Kufenanlenkung.

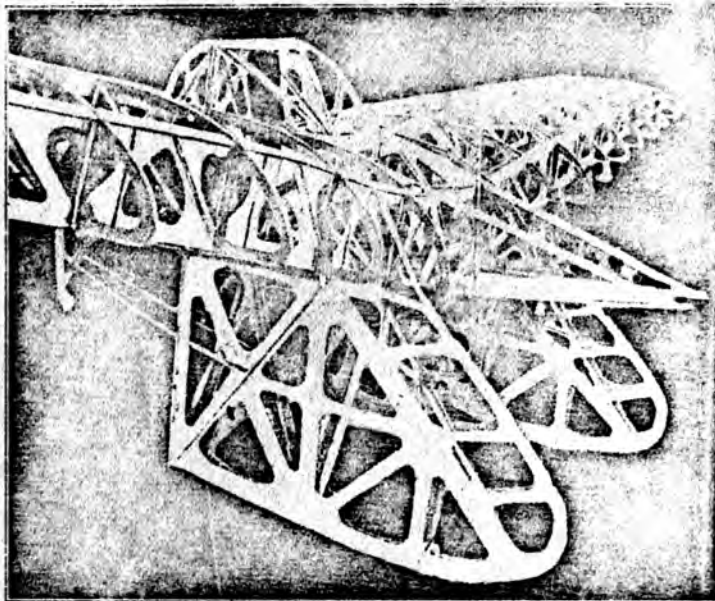




Meiningen „Meiningen“ (1930) E: H. Benz, Meiningen; A: H. Benz, Meiningen.

Im vorderen, unteren Teil des Rumpfes ist eine Kielplatte von 3 m Länge und Doppel-T-Querschnitt eingebaut, welche alle Kräfte bei Start und Landung aufnimmt. An ihr greift die Federungskufe mittels neuartiger Stoßführung an. Im vorderen Teil befindet sich der Starthaken. Die Platte nimmt auch das Pilotengewicht und die Kräfte des Tragflügels auf durch Übertragung besonders ausgebildeter Hauptspanten. Man erkennt auch die Aufnahme der Steuersäule mit Steuerknüppel und Pedalen durch diese Platte. Diese trägt also zur weitgehenden Entlastung der Außenhaut bei.

4. Fahrwerk



✶ Aachen „Schwarzer Teufel“ (1920) E: W. Klemperer, Aachen; A: Flugwiss. Vereinigung T. H. Aachen.

Das Fahrwerk besteht aus zwei allseitig gummigefederten Eschenkufen. Der Unterbau besteht aus zwei Stromlinienkörpern, die beiderseits des Rumpfes aus den Flügelansätzen nach unten herauswachsen. Dieselben sind 0,65 m hoch und um 0,70 m vor die Flügelnahe gezogen. Die Kufe ist nicht zum statischen Aufbau herangezogen. Ihre Knotenpunkte liegen nicht unverschiebbar fest. Die eigentliche Gleitkufe ist an einer Blindkufe derart befestigt, daß sie sich in gewissen Grenzen strecken kann und sich dem Erdboden anschmiegt. Seitliche Abstützungen sind nicht vorhanden. Man beachte den konstruktiven Aufbau des Fahrwerkes sowie des Tragwerkes. Letzteres ist völlig freitragend, ungeteilt und dreiholmig. Man erkennt den Vorderholm, der als Doppel-T-Träger ausgebildet ist. Dahinter ist der Hauptholm, als ausgesparteter Sperrholzkastenträger an der Stelle der größten Profildicke sichtbar. Die Rippen werden durch Aussparungen der Holme hindurchgesteckt. Ihre Stege sind mit den Holmstegen mit besonderen Leisten verleimt. Die Flügelnahe wurde mit Pappé bekleidet, ohne daß es gelang, gute Wahrung der Profilform zu erreichen. Gewicht des ganzen Flügels 25 kg. Das Bild läßt auch ein vorderes Konsol erkennen, auf dem die aus Bambusstangen gebildete Rumpfspitze angeordnet wird. Der Führersitz liegt zwischen Vorder- und Hauptholm. Das hinter dem Hauptholm sichtbare Rumpfstück ist fest mit dem Tragwerk verbunden. Der Rumpf ist hinter dem Tragwerk getrennt. Unmittelbar vor dem vorderen Flügelholm des freitragenden Tiefdeckers erkennt man einen pyramidenförmigen Bock, auf welchem der Steuerknüppel gelagert ist. Der Fußhebel für das Seitensteuer fehlt noch. Hinter der Sitzanlage ist ein Rumpfaufbau sichtbar, der als Luftabfluß des ziemlich freisitzenden Führers gedacht ist.

Stuttgart „Stuttgart I“ (1921)

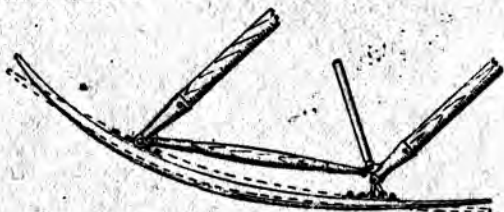
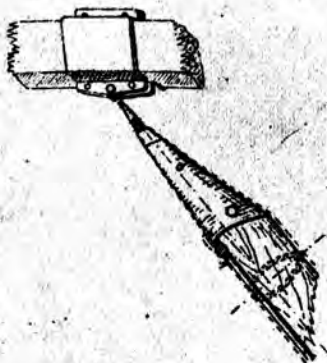
E: A. Brenner, Stuttgart; A: Flugtechn. Verein, Stuttgart.

Das Fahrwerk besteht aus zwei Eschenkufen, die derart am Fahrgestell befestigt sind, daß sie beim Federn ungehindert Längenänderungen ausführen können. Die vier Fahrgestellstreben übertragen die Landungsstöße auf die Hauptspanten des Rumpfes. Zur Verspannung dient 3 mm Stahldrahtseil. Die Streben sind hohl und mit ihren Enden in Stahlblechschuhe gesteckt, so daß bei Bruch schnelles Auswechseln möglich ist. Die Unterseite der Kufen ist abgerundet, um „Spuren“ zu vermeiden. Die seitliche Skizze zeigt einen der vom Fahrwerk zum Tragwerk des Mitteldeckers geführten seitlichen Schrägstiele. Die Stiele können um ihre Längsachse gedreht werden, um Anstellwinkel und V-Form des Tragwerkes zu verändern.

Man sieht den Anschluß dieses Stieles am Flügelholm.

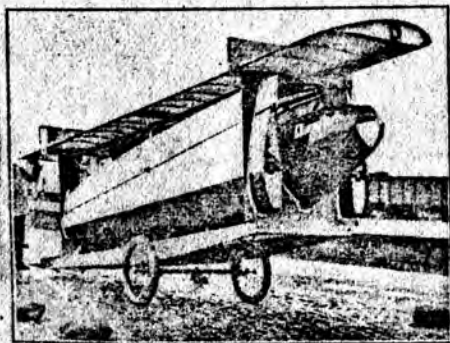
Zur Sicherung gegen Herausziehen der Schuhe während des Fluges laufen entlang den Stielen Stahldrähte, welche die oberen und unteren Schuhe miteinander verbinden. Während die unteren Stiel-

schuhe mit Bolzen an den Knotenpunkten des Fahrgestells anpassen, sind in die oberen Schuhe Spannschlösser eingenielt und geschweißt. Die Bolzen der Spannschlösser sind an Stahlmanschetten an den Flügelholmen befestigt, wie die Skizze zeigt.

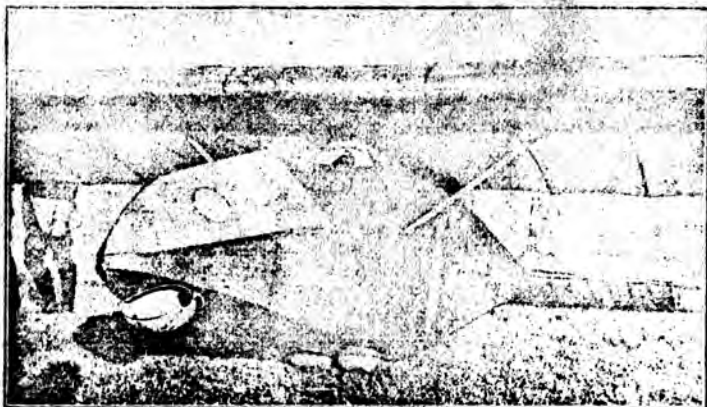


Darmstadt „Darmstadt I“
(1929) E: F. Groß,
Darmstadt; A: Akadem.
Fliegergruppe T. H.
Darmstadt.

Zum Erdtransport dient ein Sonderwagen, der Rumpf-, Flügel- und Leitwerkteile aufnimmt und an Kraftwagen angehängt werden kann. Der Rumpf wird nach Abnahme des Leit- und Tragwerkes mitten auf dem Transportwagen in entsprechende, Holzgefüllte Schablonen eingeschoben. Beiderseits vom Rumpf finden die beiden äußeren Teile des Tragflügels Platz, ebenfalls in entsprechenden Halbausschnitten, während über dem Rumpf das Flügelmittelfstück gelagert wird, dessen Flügelschnitt und Anschlußstück gut sichtbar ist. Man erkennt auch die über die ganze Spannweite der Außenflügel reichenden Querruder.

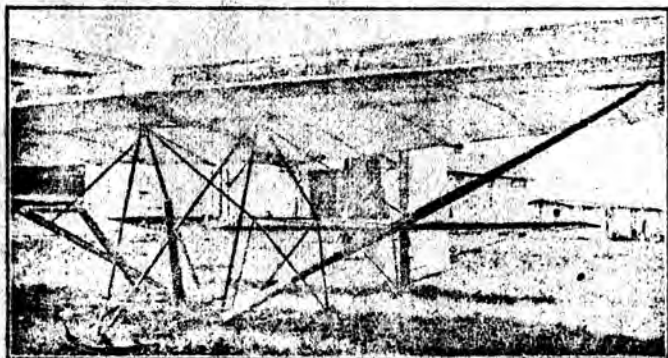


sprechenden Halbausschnitten, während über dem Rumpf das Flügelmittelfstück gelagert wird, dessen Flügelschnitt und Anschlußstück gut sichtbar ist. Man erkennt auch die über die ganze Spannweite der Außenflügel reichenden Querruder.



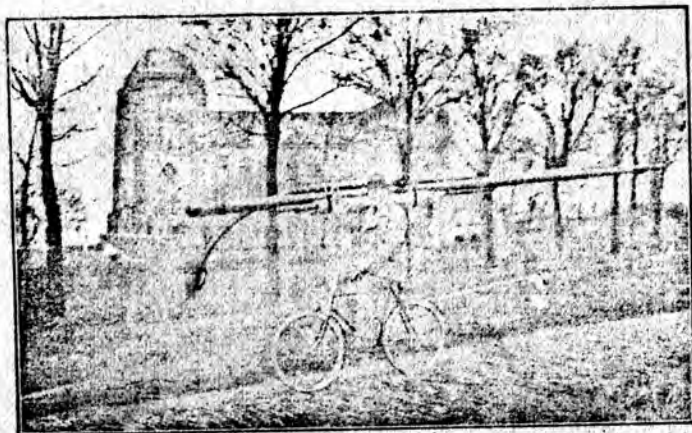
⊕ Hannover „Vampyr I“ (1921) E: G. Madelung, W. Blume, F. Hentzen;
A: Hann. Waggonfabrik, A.-G., Hannover.

Das Fahrwerk des Hochdeckers besteht aus drei drehbar gelagerten Bällen, deren Achsen leicht zugänglich im Rumpf liegen. Der Sperrholzrumpf hat eine besonders fest ausgebildete Spitze aus starken Eschenbügeln, die von der Spitze zum Rumpfhauptspant reichen, so daß der Führerraum vollkommen eingeschlossen wird. In Verbindung mit zwei Querspanten bilden die Bügel das Gerippe des Vorderteiles. Zum Schutz der Bodenhaut gegen Steingeröll ist die Bekleidung besonders stark ausgeführt. Während Ober- und Unterseite des Rumpfes vorn mit Sperrholz bekleidet sind, besitzt das Rumpfhintere nur Sperrholzbeplankung an den Seiten, während Ober- und Unterfläche mit Stoff bespannt sind. Man beachte die Stoffbekleidung des Sitzauschnittes, die Lagerung des einholmigen Tragflügels usw. Größte Rumpfbreite 0,30 m, Gesamthöhe 1,40 m. Rumpfgewicht einschl. Fahrwerk 25 kg.

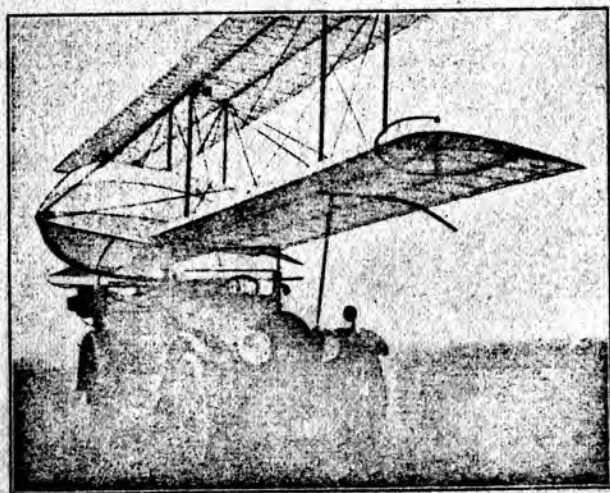


Harth-Messerschmitt S 10 (1922) E: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg;
A: F. Harth, W. Messerschmitt, Bamberg.

Das Fahrwerk des flügelgesteuerten Hochdeckers besteht aus einer Mittelkufe, die in den rückwärtigen Stahlrohr-Leitwerksträger übergeht. Man beachte Flügellagerung und Doppelhebelsteuerung. Das wagrechte Schwanzleitwerk ist unbeweglich.



Platz „Platz 1“ (1922) E: Platz, Scheveningen; A: Platz, Scheveningen.
Das Segelflugzeug ist vollkommen zerlegbar u. kann auf einem Fahrrad befördert werden.



Fokker 4 (1922) E: A. H. G. Fokker, Amsterdam; A: N. V. Nederlandsche Vliegtuigenfabriek, Amsterdam.

Das Tragwerk des Doppeldeckers mit dem Rumpf ist zerlegbar. Zum Erdtransport wird der Leitwerkträger mit dem Schwanzleitwerk abgebaut. Man beachte die Mittelkufe unter dem Boot mit federndem Ende, die seitlichen Bremsporne unter den unteren Fußpunkten der seitlichen Zellenstiele und die Schutzbügel, welche die Flügelenden schützen sollen, da sie infolge tiefer Lage des Unterflügels über dem Erdboden besonders gefährdet erscheinen.

Namen-Verzeichnis.

Die Namen der Flugzeugtypen sind kursiv gesetzt.

A.
Aachen 1920 78
 — „*Blaue Maus*“ 23 71 74
 109 116 125 203
 — „*Ente*“ 23 40 81 124 184
 — *M I* 124 176 217
 — „*Rheinland*“ 124
 — „*Schwarzer Teufel*“ 23
 71 74 94 109 112 116 222
Aachener Segelflugzeugbau G. m. b. H., Aachen
 124 184
Abrial, Paris 125
Abrial „Vautour“ 125
Aecherli, H., 20 126
Aecherli „Pflau“ 126
Ächter, H., München 154
Ackermann, Kassel 204
Adaridy, H., Helsingfors 141
Ahlborn, Fr. 10 19
Akad. Fliegergruppe Berlin-Charlottenburg 127 128
 — *T. H. Danzig* 129
 — *T. H. Darmstadt* 24
 25 130 131 132 174 177
 192 193 198 211 212 223
 — *T. H. Dresden* 135
 — *T. H. Graz* 142 194 216
 — *T. H. Karlsruhe* 181.
 182
 — *T. H. München* 154
 155 183 184 194 207 215
Albatros-Werke G. m. b. H., Berlin-Johannisthal 188
Allen, E. 84 126
Allen, A. E. S. I 126
Amsflur „Thun“ 126
Anhalt. Verein für Luftfahrt, Dessau 176
Aeronautical Engineering Society, New-York 126
Aviatrust, Moskau 127
A. W. F. „Moskau“ 100 127
 — „*Rote Pressia*“ 127
 — „*Transkaukasier*“ 114
B.
Bantz, G., Stralsund 149
Bader, H. G., Heidelberg 64
 81 100 145
Bahnbedarf, A.-G., Darmstadt 131 132 197 205 212
Bardin 127

Bayerischer Aeroklub, München 152
Belart, H., 126
Bendemann, Berlin 20
Benz, H., Meiningen 179
 187 195 196 219 221
Berlin „Charlotte“ I u. II
 23 24 45 46 127 128
 — „*Teufelchen*“ 87 95
Betz 10, 38
Bismarck, v., Taunus 20
Blaser, E., Bern 126
Blenk, H. 58
Blume, W., Hannover 23
 32 142 143 178 224
Bonn „Bonn I“, später „Vulkan“ 128
 — „*Heige*“ 128 186
Botsch, A., Darmstadt 24
 131 174 197 211 212
Braunschweig „Brockenheze“ 100 129
Biennner, P., Stuttgart 167
 175 203 204 210 223
Le Bris 11 12
Bund Deutscher Flieger, Mähr.-Schönberg 152 171

C.

Caspar-Werke A.-G., Travemünde 151
Chanute, O., 16 17 20

D.

Daedalos 11
Daimler-Eindecker L 15
 89
Danzig „Boot Danzig“
 129
 — „*Danzig*“ 115
 — „*Libelle*“ 129
Darmstadt 96 108
 — *D I* 177
 — „*Darmstadt I*“ 57 77
 78 131 177 198 223
 — „*Darmstadt II*“ 57 115
 192
 — „*Edith*“ 31 74 77 110
 112 131 174 211
 — *F. S. V. 2* 130
 — *F. S. V. 2 c* 130
 — *F. S. V. 8* 130

Darmstadt-Doppeldocker F. V. D. 94 104
 — „*Gehelmlra*“ 23 32 79
 83 84 98 115 132 205
 — „*Hes*“ 48 85 189
 — „*Konsul*“ 24 39 58 88 90
 99 131 197 212
 — „*Margarethe*“ 88 132
 — „*Starkenburg*“ 90 198
 212
Darmstädter Flugsportvereinigung, Darmstadt 20
 130 131
Deshayes-Eindecker 84 116
Dessau „Anhalt“ 90 133
 176 211
 — „*Dessau*“ 50 69
 — „*Dessauer*“ 78 90 96 105
 115 133
Deutscher Fliegerbund, Mähr. Schönberg 152 171
Dewoitine D 1 134
Dickson 202
Diehl, W. S. 88
D. L. V.-Gruppe, Görllitz 141
Dornier 109
 — „*Falke*“ 116
Dresden „Baunummer 1“
 112 134
 — „*7*“ 135
 — „*8*“ 56 74 79 93 135
 — „*Doris*“ 79 84 136
 — „*Falke*“ 108 115
 — *M 27 „Schoop“* 77 90 133
 197 220
Drude 112
Dunne 86

E.

Eck, R., Heidelberg 145
Eisenlobr, R., Karlsruhe 31
 169
Erfurt „Erfurt“ 78 136 186
Erfurter Verein für Luftfahrt e. V., Erfurt 136 186
Espenlaub, G., 114 136 137
 138 173
 — *Flugzeugbau, Wasserkuppe* 137
Espenlaub E 3 89 114 117
 137
 — *E 4* 116 137
 — *E 5* 136

Espenlaub E 9 76 92 100
137
— S 136 173
— „*Schleppflugzeug*“ 138
Essen-Eindecker „*Essen*“
86 91
Essers-Kober, J. 58
Etrich 19
Eyb, R. 58

F.

Farman „*Sport*“ 138
Ferber 19
Fick „*Boot-Vogel Roch II*“
138
Finsterwalder, A., München
152
Fischer, B. 21
Fliegergruppe Friedberg 140
Floedl, Graz 142 194 216
Flugtechnischer Verein,
Dessau 133 211
— Dresden 22 135 136
— Görlitz 171
— Stuttgart 167 175 203
204 210 223
— Zwickau 170
Flugwissenschaftl. Gruppe
T. H. Braunschweig 129
— Vereinigung T. H. Aachen
125 140 203 217 222
Focke-Wulf „*Ente*“ 40
Fokker, A. H. G., Amster-
dam 113 120 134 205 225
Fokker F III 107
— 3 103 139 205
— 4 28 103 112 139 205
Franke, Schmarsleben 20
Frankfurt „*Framat*“ 93
— „*Frankfurt*“ 115
Friedberg „*Uhu*“ 45 46 58
92 140
Fuchs 51
Fulda-Aachen „*Eva*“ 140
Fulda „*Erikönig*“ 140
— „*Fulda*“ 141

G.

Ganter, München 155
Georgii, W. 10 58
Glauert, H. 34
Gluhareff S. 22 141
Görlitz „*Görlitz*“ 89 141
171
Gotha-Eindecker 23 107
Güttingen, Profile 57 59
171 - 173 175 - 177 179 183
187 189 196 199
Gray-Buchanan 116
Grax „*Sturmvogel*“ 142
191 216
— „*Vandale*“ 142
Groß, F., Darmstadt 130
177 192 198 223

Grüner, Chemnitz 20
Günther, Chemnitz 20
— W., Hannover 32 143
Gutermuth, H., Darmstadt
21 130 131

H.

Haarmann, F., Braun-
schweig 48 129
Hackmack, H. 23
Hall, P. J. 159
Halle „*Hallorenstadt*“
115
Hamburg „*Störbecker*“
84
Handasyde-Eindecker 1922
97
Hannover „*Greif*“ 60 107
115 142
— H. 6 „*Pelikan*“ 143
— „*Spatz*“ 142
— „*Vampyr*“ 23 58 73 76
78 79 87 94 95 110 113
115 143 178 224
Hannoversche Waggonfabrik
A.-G., Hannover 142
143 178 224
Harth, Bamberg 20 21 23
41 79 83 97 104 118 143
144 180 224
Harth, Messerschmitt 23
91 107
— S. 3 21 143
— S. 6 21 143 180
— S. 7 180
— S. 8 21
— S. 10 22 42 114 224
— S. 12 22 42 144
— S. 13 83 98
De Havilland 91
Heidelberg „*Kurpfalz*
Sauzahn“ 99 145
Heidenreich, Breslau 20
Heinkel, E. 118
Hentzen, F., Hannover 23
142 143 178 224
Herring, A. M. 16 17
Herrmann, H. 58
Hessenflieger, Darmstadt
213
Hoffmann, L. 132 133 205
Holmann, H. 145 146 193
212 213
Hofmann „*Schloß Mainz*
berg“ 145 193
— „*Westpreußen*“ 93 146
213
Holl, H. 34
Holtmann 52
Hopf 51
Hoppe, F., Darmstadt 39
132
Hoppe „*Argus*“ 104 109
Hübner, W., Adlersdorf
141 171

I.

Immenau „*Kleithahn*“ 68
Interessengemeinschaft für
Segelflug, Dessau 133
Ittner, E., Nürnberg 156
Junkers, Prof., Dessau 72 71
Junkers G 38 67

K.

Kammernayer, W., Ulm 193
Karlsruhe-Eindecker
„*Karlsruhe*“ 64 67 73 181
182
Katzmayr, R. 10 58
Kegel 24
— „*Flugzeugbau*, Kassel 145
200 204
Kegel K II 204
— *K III* 74 100
— „*Kassel*“ 97 204
— *KFK* 3 73
Kercher, Darmstadt 131 211
Kirchner, W., Kassel 146
Kirchner „*Hessenland*“ 60
74 79 94 146
— „*La Pravo*“ 89 115
Klempner, W., 23 32 41 43
124 125 140 184 203 222
Knoller 10 38
— „*Betz-Effekt* 38
Kolb 21
Königsberg „*Lüwa III*“ 116
Konrad, F., Rosenheim 147
Konrad Ko Ro 4 147
Kreckel, P., Rostock 162 173
195 199 208 209
Kromer, H., Frankenhausen
152 171
Kronfeld, Robert 24
Krüger „*Schlägel und*
Eisen“ 147
Ksoll, J. 147 148 153
Ksoll „*Breslau*“ 79 84
— „*Galgenvogel*“ 147
— „*Galgenvogel III*“ 148
Kupper, A. 57 140 148 155
184 185 201 207 214 215
Kupper „*Ku 4*“ 33 56 57 59
64 66 71 73 77 85 87 93-97
106 116 148 183 201 214

L.

Lachmann, G. 51 59 72 59
Landmann, H., Bonn 128
147 186
Langer, Hannover 142
Langer „*Spatz*“ 100
Langsdorff, Werner v. 10 21
26 59 114 118
Laubenthal 32 149 200
Laubenthal „*Württem-
berg*“ 149
Lerszier, Bern 126
Leusch 23

Leyat 149
 L. F. G., Stralsund 127 149
 L. F. G. „*Boot-Phönix*“ 62
 75 109 117 118 121 149
 Liebers, F. 58
 Lilienthal, A. 12
 — Gustav 12 13 22
 — Otto 10 12 13 15-17 19
 25 149 150
Littenthal 14 15 149 150
 Lippisch, A. 31 35 41 45 63
 64 159 160 161 162 164 165
 168 172 190 191 201 206 208
 Lippische Werke, Detmold
 220
 Locher, Dübendorf 20
 Loebl, Eugen v. 23 41 43
 107 150 151 152
Loeffl, v. 100
 — E. v. L. J 150
 — S b 1 79 83 84 91 104
 107 152
 — S b 2 79 84
 — S b 3 43 79 84 106 107
 151
 Luftfahrtverein, Aachen 124
 176

M.

Madelung, G., Hannover 143
 178 224
Mähr.-Schaenberg S. E. II
 152 171
 Marcho-Silesia T.H. Breslau
 152 153
*Marcho-Silesia „Ober-
 schlesien“* 68 153
 — — — „*Seppl*“ 152
Murion-Doppeldecker 97
 Martens, A. 23 142 143 153
Martens „Pegasus“ 153
 — S 153
 — „*Storch*“ 24 96 99 50
 Mayer, Aachen 124 176 217
*Mecklenburg „Stahlrohr-
 zögling“* 209
 Mecklenburgischer Aero-
 klub, Rostock 25 162 172
 173 195 199 208 209
Meiningen „Meiningen“ 74
 75 102 115 179 187 195 196
 218 219 221
Merrians-Eindecker 94
 Mertens, W., Hannover 143
 Messerschmitt, W., Bamberg
 20 21 41 79 83 97 104 143
 144 154 180 224
Messerschmitt S 14 87 154
 Meyer 20 143 183 197 220
 Mises, R. v. 51
 Möbellfabrik Marienburg 166
 Moedebeck 64 100 111
 Modell- und Segelflugver-
 ein, Fulda 140 141
 Morane Saulnier, Aero-
 planes, Puteaux 158

Mouillard 11 12
 Müller, F., Zürich 156 157
 — H. 58
München-Eindecker 1922
 89
 — *Mil 3a „Kakadu“* 57 59
 73 76 155
 — *Mil 5* 155 184 207 215
 — „*Münchner Kindl I*“ 183
 194
 — — — *II*“ 154 194
 Muttray, H., Dresden 134 136

N.

Nehring, Johannes 24 45
 van Nes 72
 Nesemann, A., Pinneberg
 20 86 87 113 170 216
 Niederhessischer Verein für
 Luftfahrt, Kassel 146
 Niederrheinischer Verein
 für Luftschiffahrt e. V.,
 Sektion Bonn 25 128 186
Nihm „Zaunkönig“ 44 59
 92
 Nikolaus, Fr., Darmstadt
 132 177
 Nordbayerischer Luftfahrt-
 verband, Nürnberg 156
Nordman 155
 Nowack, Bonn 147
Nürnberg-Doppeldecker
D 14 27 103 156
 N. V. Nederlandsche Vlieg-
 tuigenfabrik, Amsterdam
 139 205 225

O.

Offermann, E., 20 111 121
 Ostpreußischer Verein für
 Luftfahrt 146
 Ostschweizer Verein für
 Luftfahrt e. V., Zürich
 156 157
O. V. L. „Austria“ 157
 — „*Zürivogel*“ 156

P.

v. Parseval 121
Pelzner C 157
 Perenthaler, Graz 142
 Peschkes 23
 Peyean, K., Königsberg 77
 116 118 157 155
Peyean-Flugboot 109
 — „*Boot I*“ 157
 — „*Boot II*“ 158
 — „*Königsberg*“ 81 109
 118
 — „*Schwulbe*“ 158
 Peyret, L., 125 138
Peyret-Tandem 43 84 85
 98 107 114 158
 Pfannmüller, K. 21

Pflister, E. 63 81
 Pilcher, Perci S. 16 118
Platz 159 225
 Poelke, Bruno, Frankfurt
 a. M. 20
 Polter, R., Dessau 133 176
 211
 Prandtl, L. 32 34
 Pröll, A., Hannover 58 143

R.

*Raub-Katzenstein An-
 hänger RK7 „Schmetter-
 ling“* 159
 Rauscher, M. 58
 Rayleigh, Lord 9
 Reichelt 20
 Rhön-Rositten-Gesell-
 schaft 28 40 45 47 159
 162 190 191 201 206
 R. R. G. Profil 59
R. R. G. „Ente“ 45 92 160
 201
 — „*Hangwind*“ 159
 — „*Professor*“ 31 35 161
 191 212
 — „*Prüfling*“ 29 31 68 77
 160 201
 — „*Schuldoppelsitzer*“ 162
 — „*Storch*“ 45 46 58 59 92
 97 160 206
 — „*Wien*“ 35 68 90 93 100
 110 161 190
 — „*Zögling*“ 28 65 104 162
 172 202 208 209
 Richter, Berlin 20
 Rommel, E., Erfurt 136 186
Rostock „M III Rostock“
 162
 — „*Mecklenburg M II*“ 69
 173 195 199 208

S.

Sayers 89
Schalk-Drude-Schlack
 1920 116 117
 Schatzky, E., Darmstadt 220
 Scheibe, E., München 155
Schenk „Roßtau“ 92 107
 Scherschewsky 45
 Schertel, Frhr. v., München
 24 188
Schertel, v. „SS I“ 48 85
 189
 Scherz Chemnitz 20
 Schicht, Fr., Dresden 135
 Schleicher, A., Poppen-
 hausen 163 164 190
Schleicher „Anfänger“ 163
 190
 — „*Luftkurort Poppen-
 hausen*“ 163
 — „*Mannheim*“ 164
 — „*Rhönadler*“ 59 69 71
 165

Speyerer „Stadt Frankfurt“ 164
 Schölk, W. 92
 Schmidt, H. 34
 Schreier, Eugen 20
 Schrenk, M., Stuttgart 36
 167
 Schutz, Ferdinand 23 24 92
 184 155 166
Schulz 109
 — „*FS 3*“ 28 89 90 92 97
 106 165
 — „*FS 3*“ 48 84 106 165
 — „*Königin Luise*“ 166
 — „*Ostpreussen*“ 1923 97
 Schürren, Kiel 20
Schweinfurt „*Schweinfurt*“ 84
 Segellingszeugbau, Dresden
 183 197 220
 — Kassel 148 185 201 214
 — „*Rhön*“, Poppenhausen
 163-166 190
 Segellingszeugwerke G.m.
 b.H., Baden-Baden 168
 169 207
 Seifert, R., Dresden 134 136
 Selter, E., Liegnitz 166
 Sellar „*D 1*“ 74 166
 Skopik, L. 81 100
 Spalinger, J., Schwamendingen 166
Spalinger S 9 166
 Spieß, E., Graz 142 194 216
 — R. 131 134
 Stamer, F. 31 45 64 160 162
 168
Stäger „Monospar“ 73 175

Stuttgart 114 175 203 204
 210 223
 — „*II 45*“ 114 167
 — „*Lore*“ 200

T.
 Thoenes, A., München 155
 Toepler, C., Karlsruhe 61
 181 182
 Travel, H. v. Bern 126
 Trützel von Falkenstein,
 Fhr., Frankfurt a. M. 20
 Tschernowsky, B., Moskau
 46 167
Tschernowsky A. W. F. T.
 „*Parabola*“ 167

U.
 Ulbert, München 154 183
 194
Ulm „Meister Berblinger“
 193

V.
 Verband deutscher Modell-
 und Gleitflugvereine 22

W.
 Wagener, H., Hamburg 168
Wagener H. F. V. 17 „Pirat“
 168
 Waggonfabrik Fuchs, Heidelberg
 145
 Warner, E. P., New-York
 126
 Wegener, K. 10

W. ...
 W. ...
 W. ...
 — „*Baden Under-Stolz*“
 187 197
 — „*Bremen*“ 27 168
 — „*Eindacker*“ 168 169
 — „*Dampfschiff*“ „*Frohe*
Weg“ 71
 — „*Stolz der Teufel*“ 28 62
 15 161 168
 — „*Land Fesling*“ 93
 169 20
 Wenken 11 12
 West, F., Tübingen 86 169
 207
 Westpreussischer Verein für
 Luftfahrt, Marienburg 146
 Wiederholt, H., Danzig 129
 Wirtter, H., Berlin 24 127 128
 Wright, Orville 17 19 20 121
 170
 — Wilbur 17-20 121 170
Wright 17-19 170
Wappertal „Roemryke
Berge“ 48 85 220
 Württembergischer Luft-
 fahrtverband, Stuttgart
 25 149 208

Z.
 Zeise 20 86 87 113
Zeise-Eindacker 75 216
Zeise-Nesemann „Sena-
tor“ 82 97 170
Zwickau „Sorgenkind“ 170



Ein gutes Seil – ein schöner Start

Rhön-Rossitten- Startseile

Lange bekannt

Immer geschätzt

*Flugzeugabfederung, endlose Ringe
Sturzgürtel*

DR. W. KAMPSCHULTE, A.G., Solingen

Birken-Flugzeug- Sperrholzplatten

3- bzw. mehrfach wasserfest verleimt, in den Stärken
ca: 0,7, 0,8, 1, 1,2, 1,5, 2, 2 $\frac{1}{4}$, 2,5, 2,75, 3, 3,5, 4, 5—20 mm

Georg Herté, Berlin-Charlottenburg,
Wilmsdorferstr. 143/144. Fernruf: C 4 Wilhelm 5841/5842,
Telegrammadr.: Fliegerbölzer Berlin.

J. F. LEHMANN'S VERLAG / MÜNCHEN 2 SW

Die deutsche Kriegsflotte 1914—1918 und ihr Verbleib

3. stark überarb. Aufl. 31 Seiten mit Tab. Mit 15 Bildern Mk. 1.80.

Das Heft enthält das Verzeichnis aller bei Kriegsbeginn vorhandenen und während des Krieges neugebauten Schiffe (einschließlich U-Boote und Luftschiffe) und verzeichnet bei jedem sein Schicksal.