7 50
1885

LEHRMEISTER-BÜCHEREI

Heftsammlung „Luftfahrt“ *Allgemeinverständl. Einführung in die Teilgebiete des Flugwesens u. der Luftfahrt*

Ing. E. Osterland V. D. I.

Heft 1:
Das Flugzeug
Eine Einführung in die Flugzeugkunde. Mit 56 Abb. [Nr. 1101] 35 Pfg.

Heft 2: **Die Lehre vom Fliegen**
Einführung in die Fluglehre. Mit 80 Abb. [Nr. 1102/3] 70 Pfg.

Heft 3: **Bauteile der Motorflugzeuge**
Mit 87 Abb. [Nr. 1104/5] 70 Pfg.

Heft 4: **Die Bauarten der Motorflugzeuge**
Mit 123 Abb. [Nr. 1106/8] M. 1.05

Heft 5: **Gleit- und Segelflugzeuge**
Mit 51 Abb. [Nr. 1109] 35 Pfg.

Heft 6: **Ballone und Luftschiffe**
Mit 36 Abb. [Nr. 1110] 35 Pfg.

Heft 7: **Geschichte der Luftfahrt**
Von Paul Kettel. Mit 19 Abb. [Nr. 1111] 35 Pfg.

In Vorbereitung:
Heft 8: **Technische Grundlagen**
Heft 9: **Werkstoffe d. Flugzeugb.**
Heft 10: **Prüfung der Werkstoffe**
Heft 11: **Flugmotoren**
Heft 12: **Bau eines Gleitflugz.**

Klarer leichtfaßlicher Text und reicher Bildschmuck zeichnen diese billigen Hefte aus. Sie sind für Schüler und Lehrer aller Schulen, für Jungflieger und den Fliegernachwuchs bestimmt.

OSTERLAND, GLEIT- UND SEGELFLUGZEUGE 1109

LEHRMEISTER-BÜCHEREI
GRUPPE LUFTFAHRT
HEFT 5

PREIS 35 PFG.

Heftsammlung „Luftfahrt"
Allgemeinverständliche Einführung in die Teilgebiete des Flugwesens und der Luftschiffahrt

Heft 5

Gleit- und Segelflugzeuge

Von

Ingenieur Erich Osterland VDI
Lehrer an der Ingenieurschule Zwickau

Mit 53 Abbildungen

2. Auflage

1938

Verlag Hachmeister & Thal
Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung 3
A) Allgemeines über den Gleit- und Segelflug 5
1. Luftkräfte 6
a) Luftwiderstand 6
b) Luftkräfte am Flügel 9
2. Entstehung der Aufwinde für den Segelflng . . . 12
a) Hangaufwind 13
b) Wärmeaufwind 13
3. Vorgänge beim Gleit- und Segelflug 15
B) Der Aufbau der Gleit- und Segelflugzeuge 20
1. Aufbau und Bezeichnungen 20
2. Zweck und Anordnung ddr Bauteile 21
C) Gleitflugzeuge 24
1. Grundformen 24
a) Sitzgleiter 24
b) Hängegleiter 24
c) Liegegleiter 26
2. Bauteile der Gleitflugzeuge 26
a) Rumpf 26
b) Tragwerk 28
c) Leitwerk 30
d) Steuerwerk 30
e) Fahrwerk 31
D) Segelflugzeuge 31
1. Bauarten der Segelflugzeuge 31
a) Normale Bauart 31
b) Schwanzlose Flugzeuge 32
c) Segelflugzeuge mit zusätzlichem Antrieb 32
2. Bauteile der Segelflugzeuge 33
a) Rumpf 33
b) Tragwerk 35
c) Leitwerk 36
d) Steuerwerk 37
e) Fahrwerk 38
3. Beschreibung von Segelflugzeugen 38

II 388

Einleitung

Allgemeines über Entwicklung und Bedeutung des motorlosen Fluges

Als Vorbild für den motorlosen Flug (Gleit- und Segelflugzeug) gilt der Segelflug der Vögel, die weite Strecken ohne Flügelschlag zurücklegen können. Die Ausführung

Bild 1 Übungs-Segelflugzeug „Göppingen 1"

dieser Flugart mit Hilfe von Maschinen war nach vielen Versuchen erst in der neueren Zeit möglich.

Der **Begründer** des Gleitfliegens ist der Deutsche Otto Lilienthal. Auf Grund genauer Erforschung der Flugvorgänge gelangen ihm mit selbstgebauten Hängegleitern vom Jahre 1891 ab Gleitflüge bis zu 350 m Länge bei 50 m Höhenunterschied. Lilienthals Forschungsarbeiten bildeten die Grundlage für die Entwicklung der gesamten Fliegerei. Nach seinem tödlichen Absturz am 9. August 1896 wurden die Gleitversuche mit verbessertem Fluggerät vor allem in

Amerika fortgesetzt. Sie führten zum Bau der ersten flugfähigen Motorflugzeuge im Jahre 1903. Der motorlose Flug erfuhr in der folgenden Zeit eine starke Einschränkung, da man zunächst den Hauptwert auf die Entwicklung des Motorflugzeugs legte. Im August 1920, in der Zeit größter Not, wurde von Oskar Ursinus der erste **Rhönwettbewerb** ins Leben gerufen. Dieser und die folgenden Segelflugwettbewerbe, sowie die Flüge der sich bildenden Fliegergruppen in bergigen Gegenden und an der Meeresküste (Rossitten) brachten einen gewaltigen Aufschwung des Gleitfliegens und des etwas später einsetzenden Segelfliegens. Die bis heute, zum Teil auch im Auslande, von deutschen Segelfliegern und mit deutschen Maschinen erzielten Flugleistungen geben am besten Aufschluß über die Vervollkommnung des motorlosen Fluges (Höchstleistungen 1938: 41 Stunden Flugdauer, 504 km Länge, 6500 m Höhe). Seine Weiterentwicklung und allgemeine Verbreitung ist durch Erfassung aller Flugbegeisterten und durch den festen Zusammenschluß der gesamten Sportfliegerei im Nationalsozialistischen Fliegerkorps (NSFK) gewährleistet.

Bild 2 Otto Lilienthal

Der **Gleitflugsport** ist von größtem Wert für die Ertüchtigung der Jugend, denn er erzieht zur Pflege der Kameradschaft und erfordert Unerschrockenheit, schnelles und sicheres Handeln und Beherrschung des Körpers. Die **Gleitflugschulung** vermittelt die Anfangsgründe des Fliegens, der Wetterkunde usw. und bildet damit in der Regel eine Vorstufe für die spätere Motorflieger- und Segelfliegerausbildung und für den Dienst bei der Luftwaffe. Ebenso wichtig wie das Fliegen ist die **Werkstattausbildung,** die nach dem Grundsatz: „Erst bauen, dann fliegen" planmäßig vor sich geht. Diese

Ausbildung ist dadurch möglich, daß die für den Schulbetrieb benötigten Flugzeuge zum größten Teil von den Luftsportgruppen in eigenen Werkstätten nach Zeichnungen von bewährten Flugzeugen (Zögling, Grüne Post, Grunau Baby) selbst hergestellt und nach Brüchen ausgebessert werden. Der Jungflieger lernt dabei die Werkstoffe des Flugzeugbaus, ihre Eigenschaften und ihre richtige Verarbeitung, sowie die zweckmäßige Gestaltung von Flugzeugteilen kennen. Mit der Vermittlung handwerklicher Fertigkeit wird auch der Forderung der Flugzeugindustrie nach Heranbildung eines erfahrenen Facharbeiterstammes Rechnung getragen.

Dem **Segelflug,** einer aus dem Gleitflug entwickelten höheren Flugart, ist nicht nur in sportlicher, sondern auch in **wissenschaftlicher** Beziehung große Bedeutung beizumessen.

Das vorliegende 5. Heft der Sammlung „Luftfahrt" behandelt die Grundlagen des Gleit- und Segelfliegens und den Aufbau der Gleit- und Segelflugzeuge. Auch bei Abfassung dieser Abhandlung wurde Wert auf eine allgemeinverständliche Einführung in ein Teilgebiet des Flugzeugbaus gelegt. Eingehende theoretische Betrachtungen und Berechnungen wurden aus diesem Grunde vermieden. In diesem Zusammenhang sei auf die Hefte 1, 2, 8, 9 und 12 der Sammlung verwiesen.

A. Allgemeines über den Gleit- und Segelflug

Das motorlose Flugzeug (Bild 1) erinnert in seinem Gesamtaufbau an einen Vogelkörper. Als Träger in der Luft dienen die Flügel, zu denen weitere Flugzeugteile zur Aufnahme des Führers (Rumpf), zur Steuerung während des Flugs (Leitwerk, Steuerwerk) und zur Bewegung auf dem Erdboden (Fahrwerk, Kufe) kommen. Ausschlaggebend für die Gestaltung des Flugzeugs und seiner Teile sind die zunächst so geheimnisvoll erscheinenden Vorgänge beim Gleit- und Segelflug und die am Flugzeug auftretenden Kräfte.

1. Luftkräfte

a) Luftwiderstand

Zu den Hauptkräften während des Fluges gehört der **Luftwiderstand W**, der bekanntlich bei jeder Bewegung eines

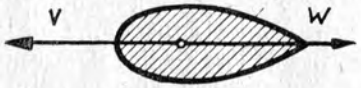


Bild 3 Kräfte am bewegten Körper

Körpers durch die Luft als hemmende Kraft auftritt. Die Bewegung des Körpers wird durch eine in Bewegungsrichtung wirkende Kraft hervorgerufen, die man als **Vortrieb V** bezeichnet (Bild 3).

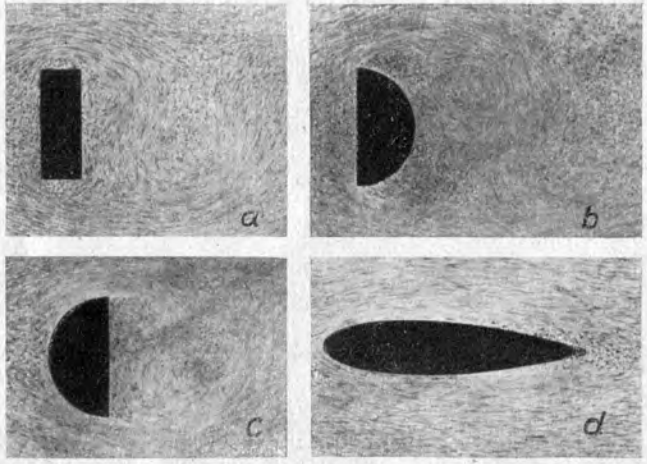


Bild 4 Verlauf der Strömung um verschieden gestaltete Körper
a) Ebene Platte
b) Halbzylinder mit Rundung hinten
c) Halbzylinder mit Rundung vorn
d) Stromlinienkörper

Maßgebend für die **Größe des Luftwiderstandes** sind Körperform (Querschnitt in Flugrichtung), Fluggeschwindigkeit, Stirnfläche (größter Querschnitt senkrecht zur Flugrichtung), Luftdichte und Oberflächenbeschaffenheit. **Die Körperform** beeinflußt den Verlauf der Luftströmung um den Körper,

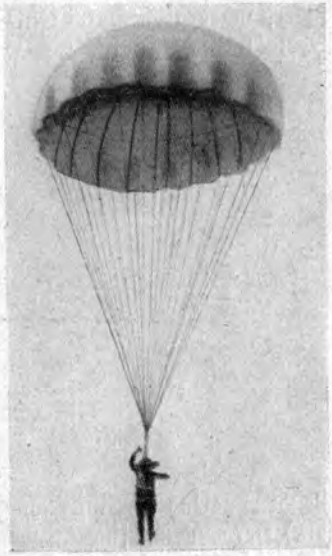


Bild 5 Fallschirm

wie aus den **Strömungsbildern** (Bild 4) hervorgeht, die mit Rücksicht auf die Durchsichtigkeit der Luft im Flüssigkeitskanal erzeugt wurden. Beim Umfließen des Versuchskörpers werden die Stromfäden zunächst gezwungen, seitlich auszuweichen. Auf der Rückseite der ebenen Platte und der Halbzylinder nach Bild 4 a—c bildet sich ein großes Wirbelfeld, während beim Stromlinienkörper nach Bild 4 d die Strö-

mung sich der Körperform anpaßt und fast wirbelfrei verläuft. Durch die Wirbelbildung wird der Luftwiderstand infolge der Geschwindigkeitserhöhung der Luftteilchen ungünstig beeinflußt.

Hieraus folgt, daß sich beim **Stromlinienkörper** bzw. beim Körper mit Stromlinienquerschnitt (Stromlinienprofil) der geringste Luftwiderstand ergibt. Der größte Luftwiderstand tritt bei der Halbkugelschale auf, die wegen der hier-

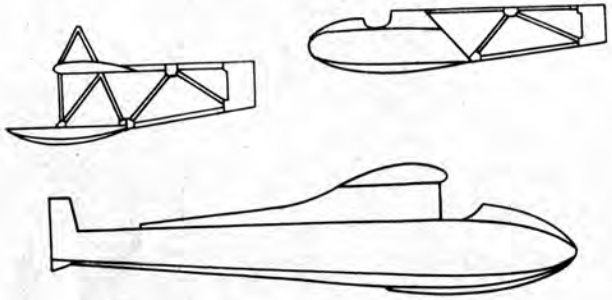


Bild 6—8 Rumpfformen
Gitterrumpf Gitterrumpf mit Verkleidung Rumpf eines Segelflugzeugs

durch zu erzielenden geringen Sinkgeschwindigkeit beim **Fallschirm** (Bild 5) Verwendung findet. Der Luftwiderstand der Flugzeugteile läßt sich nach Heft 2 („Die Lehre vom Fliegen"), Seite 18, berechnen.

Beim fliegenden Motorflugzeug wird der Gesamtvortrieb durch die Luftschraube erzeugt (Schraubenzug), bei den **Gleit- und Segelflugzeugen** dagegen kommt der Vortrieb unter Einwirkung des **Flugzeuggewichts** zustande. **Der Gesamtluftwiderstand** eines Flugzeugs setzt sich aus den Einzelwiderständen seiner Teile und dem sogenannten Beeinflussungswiderstand, der durch gegenseitige Störung benachbarter Teile an Anschlüssen usw. hervorgerufen wird, zusammen.

Gute Flugleistungen lassen sich mit Gleit- und Segelflugzeugen nur dann erzielen, wenn der Luftwiderstand aller Flugzeugteile so klein wie möglich ausfällt. Dies ist zunächst dadurch zu erreichen, daß alle dem Luftstrom ausgesetzten Teile, wie Rumpf (Bild 8), Leitwerk, Spannturmstreben (Bild 6) usw. eine Stromlinienform oder eine stromlinienförmige Verkleidung (Kopfverkleidung, Ei nach Bild 7) bei kleinsten Abmessungen erhalten und ihre Oberfläche einwandfrei geglättet wird. Bei Segelflugzeugen ist, abgesehen

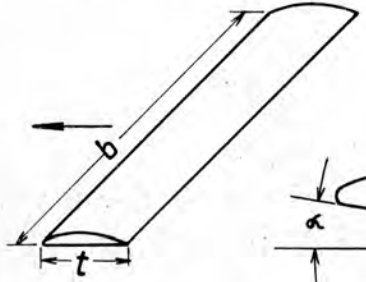


Bild 9 Flügelabmessungen

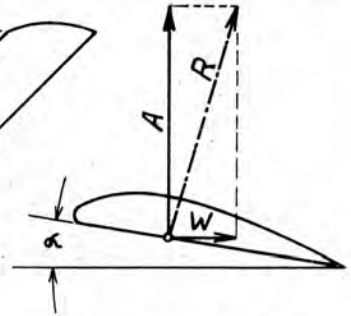


Bild 10 Luftkräfte am Flügel

von der günstigen Gestaltung der Flügel, eine weitere Herabsetzung des Luftwiderstandes durch Einschränkung oder Fortfall der Verspannungsorgane und Streben und durch die Schaffung allmählicher Übergänge an Flügeln, Flossen usw. möglich.

b) Luftkräfte am Flügel

Die plattenartigen Flügel (Tragflächen) tragen das Gleit- oder Segelflugzeug während des Fluges. Sie besitzen die Form eines Rechtecks oder eines Trapezes. Ihre Abmessungen sind **Flügelspannweite b** und (mittlere) **Flügeltiefe t** (Bild 9). Damit die Flügel einen großen Auftrieb bei mög-

lichst geringem Widerstand erzeugen können, erhalten sie einen Querschnitt in Flugrichtung (Flügelprofil) nach Bild 10. Der von der Profilsehne und der Flugrichtung gebildete **Anstellwinkel** α gibt die Schrägstellung des Flügels an.

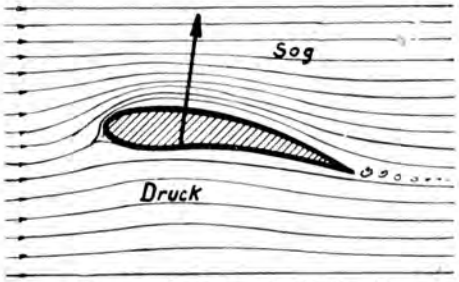


Bild 11 Strömung um ein Flügelprofil

Das Zustandekommen der Kräfte am Flügel läßt sich, ebenso wie die Entstehung des Luftwiderstandes, am besten mit Hilfe eines **Strömungsbildes** erklären. Nach Bild 11

Bild 12 Saugkraft beim Anblasen eines gebogenen Bleches

wird ein Flügelprofil von links angeströmt. Hierbei umfließen die Luft- oder Flüssigkeitsteilchen das Profil mit verschiedener Geschwindigkeit. Infolge der starkgewölbten und somit auch längeren Profiloberseite erfahren die Teilchen eine Geschwindigkeitserhöhung. Diese Geschwindigkeitserhöhung ruft eine **Saugwirkung** hervor, was sich durch einfachen Versuch (Anblasen eines drehbar gelagerten gebogenen Bleches nach Bild 12) leicht nachweisen läßt. Auf

der Profilunterseite tritt eine **Druckerhöhung** ein. Die Saug- und Druckkräfte bilden zusammen die **Gesamtluftkraft R,** die wegen der auftretenden Widerstände schräg nach oben gerichtet ist. Durch Zerlegung der Kraft R erhält man nach dem Kräfteparallelogramm in Bild 10 den **Auftrieb A** und den **Flügelwiderstand W.** Die Angriffsstelle der Luftkräfte wird als **Druckmittel** bezeichnet.

Die Größe der Luftkräfte ist von folgenden Werten abhängig: Flügelform, Flügelinhalt (Tragfläche) Fluggeschwindigkeit u. Luftdichte. Günstig geformte Flügel erzeugen großen Auftrieb bei kleinem Widerstand.

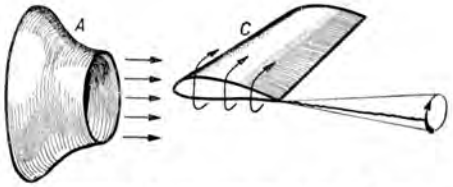


Bild 13 Entstehung des Randwiderstands durch Umströmen der Flügelenden

Der **Flügelwiderstand W** setzt sich aus dem **Profilwiderstand,** der bei der Umströmung des Flügelprofils entsteht (Bild 11), und dem **Randwiderstand** (induzierter Widerstand) zusammen.

Der Randwiderstand bildet sich durch Druckausgleich an den Flügelenden. Bekanntlich herrscht auf der Profiloberseite Unterdruck, auf der Unterseite Überdruck. Das hat zur Folge, daß die Luft während des Fluges die Flügelenden von unten nach oben umströmt (Bild 13), wodurch sich Wirbelzöpfe bilden. **Der Anteil des Randwiderstands** am Gesamtwiderstand ist bei einem schmalen Flügel kleiner, als bei einem flächengleichen Flügel mit großer Flügeltiefe. Der Randwiderstand ist somit vom Seitenverhältnis t/b abhängig.

Bei **Gleitflugzeugen** wählt man das **Seitenverhältnis** zu t/b = 1/10 bis 1/7 (bei der Grunau 9: t/b = 1/7,2). Die Flügel von **Segelflugzeugen** werden zwecks Erzielung von Flugbestleistungen, mit einem Seitenverhältnis von t/b = 1/20 bis 1/12 ausgeführt (vgl. Gegenüberstellung der Flügel-

formen in Bild 14). Bei dem in Bild 15 dargestellten Hochleistungs-Segelflugzeug beträgt das Seitenverhältnis t/b = 1/16.

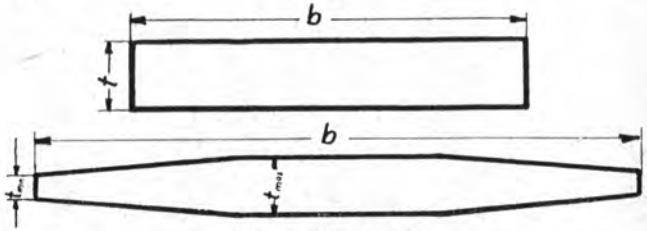


Bild 14 Flügelformen
a) Flügel eines Gleitflugzeugs b) Flügel eines Segelflugzeugs

Die Berechnung der Luftkräfte ist in Heft 2 der Sammlung, S. 35—47 angegeben. Bei der Neukonstruktion von

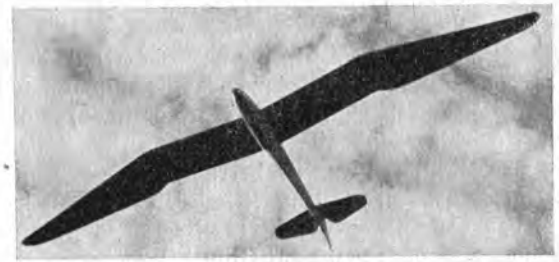


Bild 15 Form der Flügel eines Segelflugzeugs (Minimoa)
Seitenverhältnis 1/16

Gleit- und Segelflugzeugen erfolgt die Wahl des günstigsten Flügelprofils auf Grund von Versuchsergebnissen (Polardiagramm).

2. Entstehung der Aufwinde für den Segelflug

Beim Fliegen in ruhender Luft verliert das motorlose Flugzeug ständig an Höhe. Ein Segeln ist dabei nicht möglich.

Dasselbe gilt für waagerecht verlaufende Luftströmungen, die als Gegen-, Seiten- und Rückenwind nur die Flugweite gegenüber dem Erdboden, aber nicht den Höhenverlust des Flugzeugs beeinflussen. Der Segelflug erfordert **aufsteigende** Luftströmungen, die nach der Art ihrer Entstehung als Hangaufwind und als Wärmeaufwind bezeichnet werden.

a) Hangaufwind

Das Fliegen am Hang ist die ältere Art des Segelflugs. Bei Bodenerhöhungen wird die waagerechte Luftströmung zum Ausweichen gezwungen. Für den Segelflug brauchbare

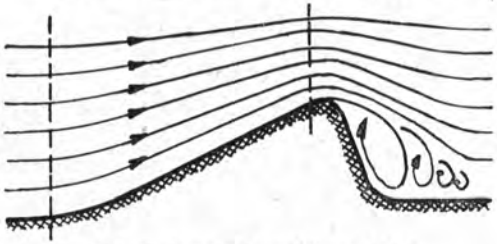


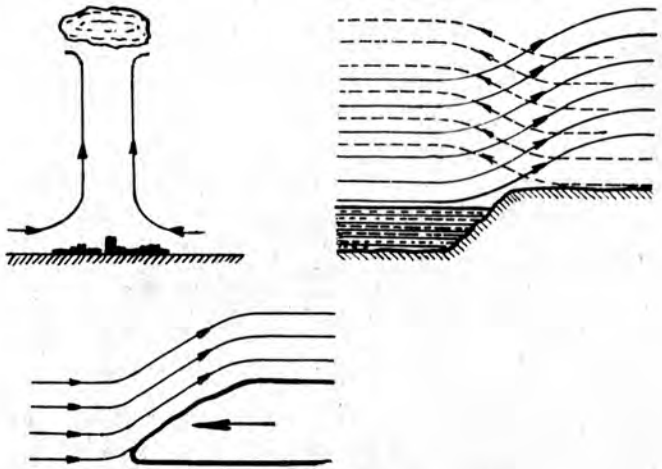
Bild 16 Entstehung des Hangaufwindes

Aufwinde entstehen durch die Ablenkung des Luftstroms an langgezogenen, möglichst kahlen Berghängen (Bild 16), wie sie in der Rhön und in anderen bergigen Gegenden Deutschlands anzutreffen sind (bevorzugt werden wegen der Häufigkeit der Westwinde die Westhänge). Mit der Höhe des Hangs nimmt der Aufwind zu. Das Segelflugzeug wird gegen den Wind gestartet und muß beim Fliegen im Bereich des Aufwinds bleiben, was durch Hin- und Herfliegen auf der Windseite des Hanges erreicht wird.

b) Wärmeaufwind

Der Wärmeaufwind (thermischer Aufwind) kommt durch **Wärmestrahlung** zustande. Bei starker Sonnenbestrahlung

wird an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche die darüber befindliche Luft erwärmt, wird leichter und bewegt sich aufwärts. Die mit der Erwärmung verbundene senkrechte Luftbewegung hängt von der **Beschaffenheit der Erdoberfläche** ab. Sand- und Kiesflächen, Städte usw. bewirken eine schnelle Erwärmung und damit ein schnelles Ansteigen,



Wärmeaufwinde
Bild 17 Wärmeaufwindschlauch
Bild 18 Luftströmung an Meeresküsten (——— am Tage, — — — nachts)
Bild 19 Kaltlufteinbruch beim Gewitter

Wälder und Wasserflächen dagegen durch die eintretende Abkühlung eine Abwärtsbewegung der über ihnen befindlichen Luft. Die nach oben bewegte Warmluft wird durch seitlich zufließende kühle Luft ersetzt. Enthält die innerhalb eines bestimmten Gebietes aufsteigende Luft (Wärmeaufwindschlauch, Thermikblase) Feuchtigkeit, so bildet sich eine Wolke (Wolkenaufwind), vgl. Bild 17.

Abends, nach Sonnenuntergang, tritt in der Luftbewegung eine **Umkehr** ein (Abendthermik), da Wälder, Flüsse usw. am Tage Wärmespeicher sind. Diese Erscheinung ist besonders an Meeresküsten wahrzunehmen (Bild 18).

Eine weitere Möglichkeit für das Segelfliegen bildet der Aufwind vor einer **Gewitterfront,** der durch das Ausweichen der Warmluft vor der sich keilförmig einschiebenden kalten Luft entsteht (Bild 19).

3. Vorgänge beim Gleit- und Segelflug

Beim Gleitflug bewegt sich das Flugzeug auf schräger Bahn zur Erde. Zur Erklärung des Flugvorgangs sei angenommen,

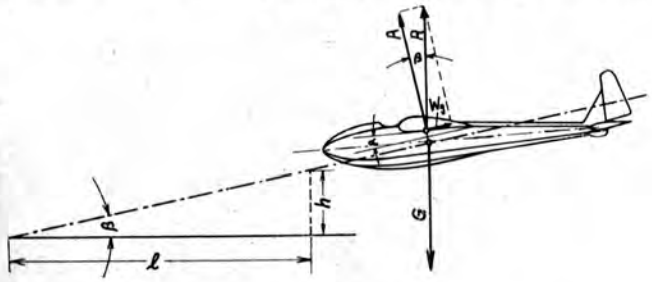


Bild 20 Kräfte beim Gleitflug

daß die Bahn geradlinig verläuft und Windstille herrscht. Für die Beurteilung der Gleitfähigkeit eines Flugzeugs ist der kleinste einhaltbare **Gleitwinkel** β von Bedeutung. Während des Gleitfliegens treten am Flugzeug die in Bild 20 angegebenen **Kräfte** auf. Dem **Flugzeuggewicht G** wirkt die Gesamtluftkraft R entgegen. Durch Zerlegung der Kraft R erhält man den senkrecht zur Bahn gerichteten **Auftrieb A** und den in Bahnrichtung fallenden, jedoch entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung verlaufenden **Widerstand Wg.** Der **Flugzeugwiderstand Wg** setzt sich aus dem Flügelwiderstand

(Profilwiderstand + Randwiderstand) und dem Luftwiderstand der übrigen Flugzeugteile zusammen. Aus der Kräftezerlegung im Bild 20 geht hervor, daß der von den Kräften A und R gebildete Winkel gleich dem Gleitwinkel β ist.

Das Flugzeug legt beim Gleitflug aus der Höhe h bis zur Landung die Flugstrecke l, bezogen auf den Erdboden, zurück. Das Verhältnis der Höhe h zur Flugstrecke l wird als Gleitzahl ε bezeichnet (tg β). Die Gleitzahl ε gibt also an, welche Strecke (bezogen auf den Erdboden) bei 1 m Höhenunterschied durchflogen wird. Da der Winkel β auch

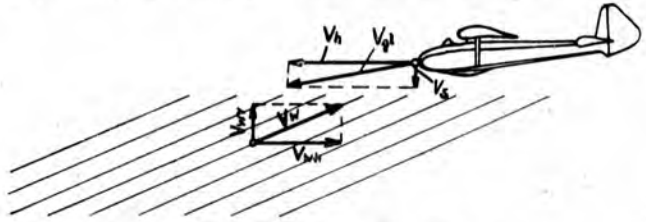


Bild 21 Geschwindigkeiten beim Gleitflug

im Kräfteparallelogramm von den Kräften A und W_g gebildet wird, verhalten sich die Längen h und l zueinander, wie die Kräfte W_g und A.

Die **Gleitzahl** ε ergibt sich nach Bild 20 zu

$$\varepsilon = h/l = W_g/A.$$

Aus der Gleichung geht hervor, daß sich kleine Gleitzahlen und somit auch kleine Gleitwinkel nur dann erzielen lassen, wenn der Luftwiderstand des Flugzeugs W_g gering ist. Bei Segelflugzeugen wird mit Rücksicht auf die hier zu fordernden kleinen Gleitwinkel β auf die Verminderung des Luftwiderstands durch günstige Formgebung besonders Wert gelegt.

Gleitzahlen für Gleitflugzeuge: $\varepsilon = 1/12$ bis $1/10$
Gleitzahlen für Segelflugzeuge: $\varepsilon = 1/26$ bis $1/15$

Aus diesen Gleitzahlen errechnen sich die **Gleitwinkel** β beim flachsten Gleitflug zu

$\beta = 4{,}7^\circ$ bis 6° bei Gleitflugzeugen,
$\beta = 2{,}2^\circ$ bis $3{,}8^\circ$ bei Segelflugzeugen.

Ein natürliches Beispiel für eine Gleitvorrichtung mit sehr kleinem Gleitwinkel bildet der Zanonia-Samen (Bild 22), dessen Blattform mehrfach als Vorbild für Flugzeugflügel gedient hat.

Unter der **Gleitgeschwindigkeit** v_{gl} eines Flugzeuges versteht man die Geschwindigkeit in Bahnrichtung. Ihre Größe, deren rechnerische Ermittlung nach Heft 2 („Die Lehre vom

Bild 22 Zanonia-Samen

Fliegen"), S. 73, vorgenommen werden kann, ist im wesentlichen von der **Flächenbelastung** (Fluggewicht/Tragfläche = Belastung in kg je m² Fläche) und von den Flugeigenschaften des **Flügelprofils** abhängig. Aus der Gleitgeschwindigkeit ergeben sich nach Bild 21 die Horizontalgeschwindigkeit v_h (Fluggeschwindigkeit bezogen auf die Erdoberfläche) und die Sinkgeschwindigkeit v_s. Die **Sinkgeschwindigkeit** v_s gibt den **Höhenverlust** des Flugzeugs in Metern je Sekunde (m/s) an.

Die Sinkgeschwindigkeit v_s beträgt

bei Gleitflugzeugen: $v_s = 1$ bis $1{,}2$ m/s,
bei Segelflugzeugen: $v_s = 0{,}55$ bis $0{,}9$ m/s.

Der **Segelflug** ist ein motorloser Flug, bei dem das Flugzeug an Höhe gewinnt (Überhöhung der Startstelle). **Das Segelflugzeug führt in der umgebenden Luft einen Gleitflug aus.** Der beim Segeln auftretende **Höhengewinn** ist nur darauf zurückzuführen, daß die Luft mit dem in ihm gleitenden Flugzeug eine Aufwärtsbewegung erfährt. Befindet sich

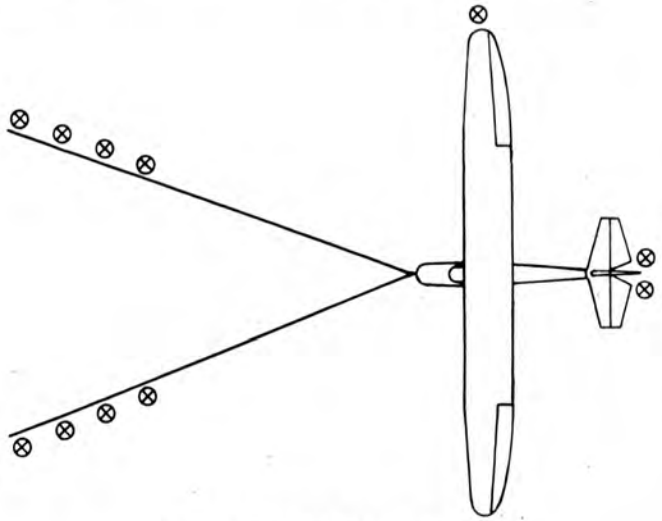


Bild 23 Hangstart mit Gummiseil

das Flugzeug nach Bild 21 in einer mit der Geschwindigkeit v_w schräg ansteigenden Luftströmung (Aufwind), so führt es eine Steigbewegung aus, wenn die aus v_w sich ergebende senkrechte Geschwindigkeit v_{wv} größer ist als die Sinkgeschwindigkeit v_s des Flugzeugs. Segelflugzeuge mit kleiner Sinkgeschwindigkeit sind schon bei geringem Aufwind segelfähig. Bei starken Aufwinden, wie sie z. B. an Meeresküsten auf-

treten, lassen sich auch mit Gleitflugzeugen Segelflüge von längerer Dauer ausführen.

Bild 24 Hangstart eines Segelflugzeugs „Göppingen 1"

Der **Start** der Gleit- und Segelflugzeuge erfolgt gegen den Wind. Das Flugzeug wird entweder in die Luft geschleudert oder allmählich auf die erforderliche Höhe gezogen.

Bild 25 Flugzeugschleppstart

Danach unterscheidet man
den Hangstart mit Gummiseil und
den Schleppstart.

Der **Hangstart mit Gummiseil** (Bild 23 und 24) wird am häufigsten angewendet. Zum Einhängen des Gummiseiles in den nach unten offenen Starthaken dient ein Ring. Das Seil wird von der Startmannschaft bei festgehaltener Maschine gespannt (Kommandos: „Fertig", „Ausziehen", „Laufen"). Auf das Kommando „Los" wird das Flugzeug in die Luft geschnellt, und das entspannte Seil löst sich vom Starthaken.

Für den **Schleppstart** ergeben sich folgende **Startarten:**

Autoschleppstart,
Windenstart und
Flugzeugschleppstart (Bild 25).

Beim Schleppstart tritt an die Stelle des einfachen Starthakens eine Ausklinkvorrichtung (Esser-Kupplung, DFS-Kupplung).

Erwähnt sei, daß bei Segelflugzeugen auch ein Selbststart, also ein Start ohne fremde Hilfe, möglich ist.

B. Der Aufbau der Gleit- und Segelflugzeuge

1. Aufbau und Bezeichnungen

Die Einzelteile der Gleit- und Segelflugzeuge lassen sich ihrer Aufgabe entsprechend zu folgenden **Bauteilgruppen** zusammenfassen:

a) Rumpf,
b) Tragwerk,
c) Leitwerk,
d) Steuerwerk und
e) Fahrwerk.

2. Zweck und Anordnung der Bauteile

Der **Rumpf** (vgl. Bild 6 bis 8) dient zur Aufnahme des Führers, bzw. des Lehrers und des Schülers bei zweisitzigen

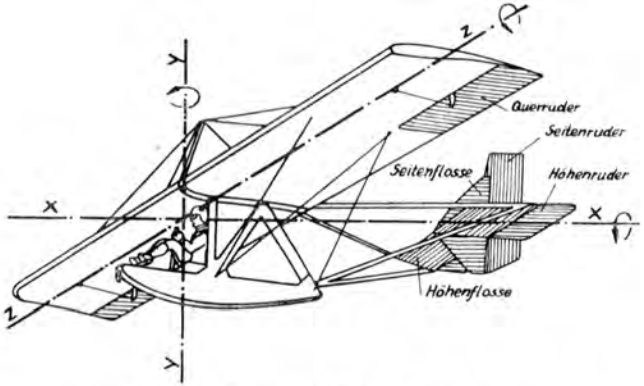


Bild 26 Bewegungsachsen eines Flugzeugs

Flugzeugen, und des Steuerwerks. Außerdem sind die übrigen Bauteile (Tragwerk, Leitwerk und Fahrwerk) an ihm befestigt.

Die Hauptteile des **Tragwerks** bilden die **Flügel,** die seitlich am Rumpf angeschlossen werden. Hierzu kommen bei verspannten und verstrebten Flugzeugen noch Verspannungsorgane, wie **Spannturm, Drähte, Seile** und **Streben,** die zur Abstützung des Flügels dienen und die am Flügel angreifenden Kräfte aufnehmen. Die Flügel von Hochleistungs-Segelflugzeugen führt man freitragend und somit verspannungslos, also ohne außenliegende Streben, Drähte und Seile aus (Bild 48 bis 52). Gleit- und Segelflugzeuge werden

z. Zt. nur als **Eindecker**, und zwar als **Hochdecker** und als **Schulterdecker** gebaut.

Das **Leitwerk** setzt sich aus plattenförmigen Teilen zusammen, welche die Flugrichtung beeinflussen (Steuerflächen). Die festen Flächen, **Flossen** oder Dämpfungsflächen genannt, sollen das Flugzeug in einer bestimmten Fluglage erhalten (stabilisieren), während die klappenartig bewegten **Ruder** (Steuer) eine Richtungsänderung hervorrufen. Nach Bild 26 unterscheidet man das **Höhenleitwerk** mit **Höhenflosse** und **Höhenruder** (Bewegung um die Flugzeug-Querachse z—z), das **Seitenleitwerk** mit **Seitenflosse** und **Seitenruder** (Bewegung um die Hochachse y—y) und die **Querruder.** Die an den Flügelenden gelagerten Querruder (Verwindungsklappen) werden gegenläufig ausgeschlagen und bewirken eine Drehung des Gleit- oder Segelflugzeuges um die Längsachse (x-Achse).

Die Ruderbewegungen werden durch das **Steuerwerk** (vgl. Bild 28) hervorgerufen, das aus einem in zwei Richtungen schwenkbaren **Steuerknüppel** für Höhen- und Quersteuerung, einem **Fußhebel** oder zwei Fußklappen (Pedale) für die Seitensteuerung und den **Übertragungsmitteln,** wie Steuerseilen, Führungsrollen, Hebeln usw., besteht.

Beim Start und bei der Landung wird die Bewegung des Flugzeugs auf dem Erdboden durch das **Fahrwerk** ermöglicht. Es besteht bei den Gleitflugzeugen aus einer **Kufe** aus Eschenholz. Diese einzige Unterstützung in Rumpfmitte ist bei der geringen Start- und Landegeschwindigkeit und der geringen Schräglage der motorlosen Flugzeuge nach der Landung ausreichend. Zur Erleichterung des Schleppstarts kann außer der Kufe ein fest eingebautes oder ein lösbares (abwerfbares) Fahrgestell mit einem bzw. zwei **Rädern** Verwendung finden. Als Stütze für den Flugzeugschwanz dient häufig ein **Schwanzsporn.** An den Flügelenden angebrachte **Bügel** sollen Beschädigungen des Flügels bei der Landung verhindern.

Für die **Anordnung der Flugzeugteile** ist ihre Wirkungsweise und die allgemeine Gewichtsverteilung maßgebend.

Rüstgewicht = Summe der Einzelgewichte aller Bauteile.

Fluggewicht = Gewicht des voll belasteten Flugzeugs.

Fluggewicht = Rüstgewicht + Zuladung.

Der Angriffspunkt des **Fluggewichts G** (Summe aller Einzelgewichte) wird als **Schwerpunkt S** bezeichnet (vgl. Bild 27). Dem **Fluggewicht G** wirkt während des Fluges der senkrecht nach oben gerichtete **Auftrieb A** entgegen, der bekanntlich im **Druckmittel D** angreift. Wenn Schwerpunkt S und Druckmittel D in der normalen Fluglage nicht zusammenfallen, so bezeichnet man das Flugzeug entweder als **kopflastig** (S liegt vor D), oder als **schwanzlastig** (S liegt hinter D). Schwanzlastigkeit und übermäßige Kopflastigkeit lassen sich durch Anbringung eines Ausgleichgewichts (Trimmgewichts) und durch Verstellung der Höhenflosse (Änderung des Schränkungswinkels, d. h. desjenigen Winkels, der von Flügelsehne und Höhenflosse gebildet wird) ausgleichen.

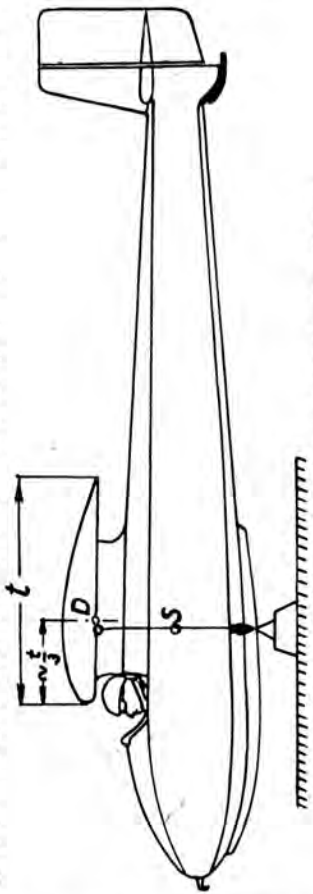


Bild 27 Bestimmung des Schwerpunktes am fertigen Flugzeug

Die Flügel von Gleit- und Segelflugzeugen werden in der Längsrichtung so angebracht, daß die Maschine in Normallage etwas kopflastig ist. Eine Nachprüfung der Schwerpunktslage am fertigen Flugzeug läßt sich nach Bild 27 vornehmen. Das richtig belastete Gleit- oder Segelflugzeug wird auf eine Stütze (Bock, Rolle) gesetzt, die so lange in der Längsrichtung verschoben wird, bis sich die Maschine ausgeglichen in der Normallage befindet. Ein durch die Auflage gefälltes Lot ergibt die Schwerachse (senkrechte Achse, auf welcher der Schwerpunkt S liegt). Das Druckmittel D kann mit genügender Genauigkeit auf $^1/_3$ der Flügeltiefe (von vorn) liegend angenommen werden.

C. Gleitflugzeuge

Die Gleitflugzeuge dienen ausschließlich der Ausbildung von Gleit- und Segelfliegern.

1. Grundformen

Nach der Körperlage des im Flugzeug meist frei sitzenden, abgestützt hängenden oder liegenden Gleitfliegers lassen sich die Gleitflugzeuge in Sitz-, Hänge- und Liegegleiter unterteilen.

a) Sitzgleiter

Der in Bild 28 gezeigte Sitzgleiter bildet die heute allein gebräuchliche **Normalausführung** eines Gleitflugzeugs. Zu den bekanntesten und bewährten Maschinen dieser Bauart gehört das Gleitflugzeug „Zögling 35". Der Flugzeugführer sitzt frei vorn unter dem Flügel.

b) Hängegleiter

Der Hängegleiter stellt die **älteste Flugzeugbauart** dar, wie sie bereits von Otto Lilienthal für die grundlegenden

Gleitflugversuche benutzt wurde. Bei den verschiedenen bekannt gewordenen Konstruktionen handelte es sich fast ausschließlich um Doppeldecker mit einer Spannweite bis zu etwa 6 m. Ihr Eigengewicht betrug bis zu 25 kg. Die Gleitzahlen ergaben sich zu 1/8 bis 1/6.

Beim Hängegleiter sind die **Leitwerksflächen unbeweglich**

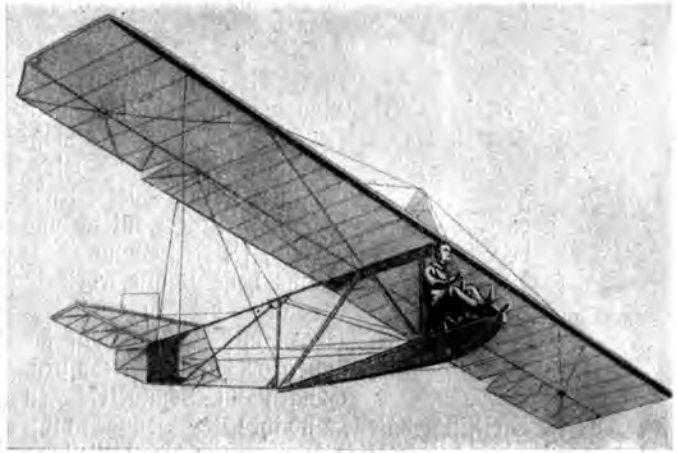


Bild 28 Gleitflugzeug

angebracht. Der Flugzeugführer hängt frei oder durch einen Sitzgurt unterstützt in zwei Längsträgern, bzw. in einem Rahmen. Die **Steuerung** des Hängegleiters erfolgt nur durch **Verlegung des Körpergewichts** und erfordert in hohem Maße turnerische Gewandtheit. Der Start geschieht durch kurzen Anlauf, während der Landungsstoß durch Sprung aufgefangen wird. Das Fliegen mit Hängegleitern ist zur Zeit verboten.

c) Liegegleiter

Liegegleiter sind nur in seltenen Fällen zur Ausführung gelangt, obwohl die liegende Anordnung des Gleitfliegers der natürlichen Fluglage entspricht. Große Schwierigkeiten bietet hier die zweckmäßige Lagerung des menschlichen Körpers. Die nach Bild 29 angenommene Unterbringung des Führers im geschlossenen Rumpf würde die Form des Flugzeugs günstig beeinflussen.

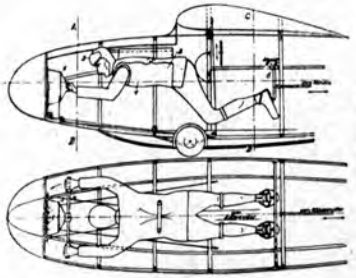


Bild 29 Anordnung des Führers und des Steuerwerks beim Liegegleiter

2. Bauteile der Gleitflugzeuge

Für die Konstruktion eines Flugzeugs sind im allgemeinen folgende Gesichtspunkte maßgebend: geringes Fluggewicht, günstige Form, ausreichende Sicherheit aller Bauteile und vorteilhafte Herstellung.

Eine hohe Bausicherheit ist vor allem bei den **Gleitflugzeugen** mit Rücksicht auf die außergewöhnlichen Beanspruchungen im Schulbetrieb zu fordern. Die **Gleitflugzeugteile** und ihre **Verbindungen** müssen möglichst **einfach** beschaffen sein, da für die Herstellung dieser Bauteile und für ihre Reparatur oft nur wenig geübte Kräfte zur Verfügung stehen.

Nähere Ausführungen über Baustoffe und Verbindungen enthält Heft 9 der Sammlung.

a) Rumpf

Die Gleitflugzeuge für Anfängerschulung besitzen einen **Gitterrumpf** nach Bild 6, der sich in der Regel aus zwei Teilen, und zwar einem vorn liegenden Spannturm und einem Gitterschwanz zusammensetzt. Der Spannturm bildet

das eigentliche Rumpfgestell. Der Gitterschwanz, der auch durch einen Stahlrohr-Ausleger ersetzt werden kann, ist als Träger des Höhen- und Seitenleitwerks ausgebildet.

Der **Spannturm** (vgl. Bild 30, links) dient zur Befestigung des Flügels und der Flügelverspannung. Ferner sind Führersitz, Steuerwerk, Kufe und Starthaken an ihm befestigt. Er besteht aus mehreren kräftigen Stäben, die oben und

Bild 30 Spannturm und Gitterschwanz mit unbezogenem Höhen- und Seitenleitwerk

unten mit Sperrholz kastenförmig verkleidet sind. An den unverkleideten Stellen haben die Spannturmstreben Stromlinienquerschnitt. Entsprechend seiner Aufgabe ist der obere Teil des Gestells, der eigentliche Spannturm, dreieckig ausgebildet, während sich der untere Kasten der Kufenform anpaßt. An der Oberseite des Kufenkastens sind Sitz, waagerechte Steuerwelle mit Knüppel und Seitenruder-Fußhebel gelagert.

Die Flugeigenschaften des Gleitflugzeugs lassen sich durch Anbringung einer stromlinienförmigen **Führersitzverkleidung**

(Bild 7) wesentlich verbessern (Herabsetzung des Luftwiderstandes). Die Verkleidung besteht aus mehreren Längs- und Querleisten (Spantleisten), die mit Sperrholz oder Stoff überzogen sind.

Der **Gitterschwanz** (Bild 30, rechts), dessen Befestigung am Spannturm durch Beschläge erfolgt, wird von einem Obergurt, einem Untergurt und mehreren Streben ge-

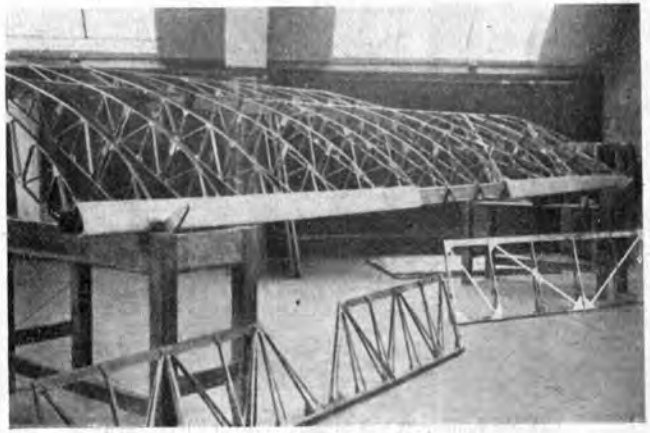


Bild 31 Flügelgerüst. Im Vordergrund Höhenruder

bildet. Zwecks Aufnahme der seitlichen Ruderdrücke wird er zu beiden Seiten gegen den Flügel verspannt.

b) Tragwerk

Beim Gleitflugzeug werden die Flügelkräfte durch **Stahlkabel** aufgenommen (verspannter Eindecker). Die Kabel sind am Spannturm angeschlossen und lassen sich mit Hilfe von Spannschlössern spannen. Da sie nur Zugkräfte übertragen können, werden sie auf der Flügeloberseite und Flügelunterseite angeordnet.

Die **Flügel** von Gleitflugzeugen haben meist rechteckige Grundform bei gleichbleibendem Querschnitt (Profil). Das **Flügelgerüst** (vgl. Bild 31) besteht aus zwei Holmen (Längsträger), mehreren Rippen und Spieren, der Innenverspannung, einer Nasen- und einer Endleiste und einer Leiste zur Befestigung des Querruders.

Flügel-Spannweite: 8,5 bis 12 m.

Die **Flügelholme** können rechteckigen Querschnitt (Brettholme), I-förmigen und Kasten-Querschnitt erhalten. Die Flügelrippen sind in der Regel als Fachwerkrippen ausgebildet (vgl. Bild 32). Eine Ausnahme bilden Kastenrippen an besonders beanspruchten Stellen. Die Rippen werden in Abständen von 160 bis 300 mm auf den Holmen befestigt. Durch den Einbau einer **Innenverspannung,** die aus mehreren Diagonalstäben besteht, soll der Flügel starr und drehfest gemacht werden. Der **Bespannungsstoff** wird auf die Rippen geklebt und genäht (Kette in Richtung der Spann-

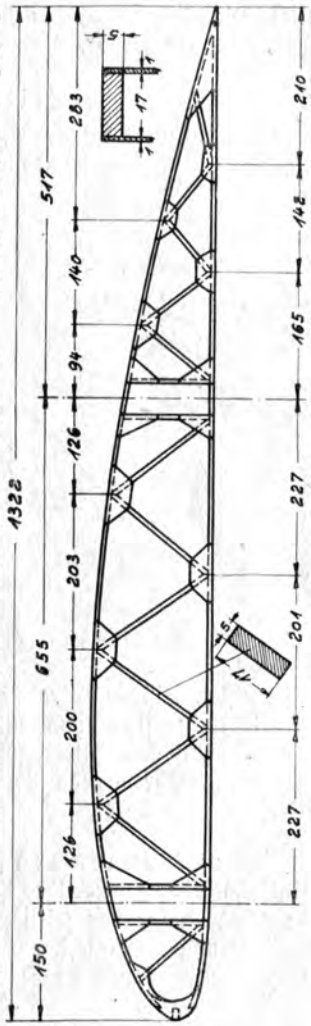


Bild 32 Rippe für zweiholmigen Flügel

weite). Die Anordnung der **Flügel-Verspannung** geht aus Bild 33 und 34 hervor.

c) Leitwerk

Der Aufbau aller Leitwerksflächen entspricht dem Aufbau des Flügels. Auch hier kann man Längsträger (Ruder-, bzw.

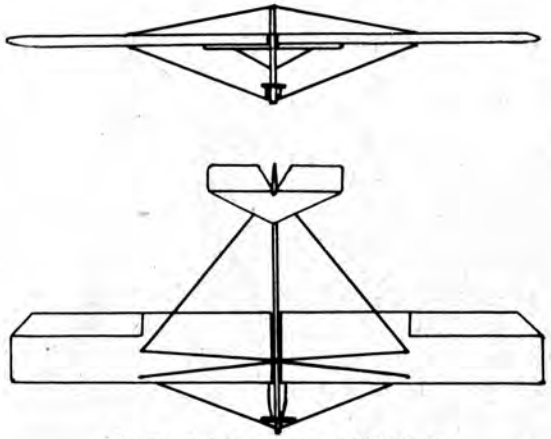


Bild 33 Verspannung eines Gleitflugzeugs

Flossenleiste), Rippen, Streben und Bespannung unterscheiden. Die Ruder sind in Gelenken gelagert. Das **Höhenleitwerk** wird auf dem Gitterschwanz verspannt oder verstrebt angebracht, während das **Seitenruder** die Fortsetzung des Gitterschwanzes bildet.

d) Steuerwerk (vgl. auch Seite 22)

Unterhalb des Führersitzes ist eine Längswelle aus Stahlrohr gelagert, die den seitlichen Knüppelausschlag bei der Quersteuerung ermöglicht. Da der Knüppel zur Betätigung des Höhenruders auch in der Längsrichtung ausgeschlagen

werden muß, befindet sich auf der Welle ein Bock, der zur Lagerung des Steuerknüppels selbst dient. Der aus Holz angefertigte Fußhebel für die Seitensteuerung ist vor dem Knüppel drehbar gelagert.

e) Fahrwerk

Gleitflugzeuge sind nur mit einer Kufe aus Eschenholz ausgestattet (vgl. Seite 22).

D. Segelflugzeuge

1. Bauarten der Segelflugzeuge

a) Normale Bauart

In seiner Normalbauart unterscheidet sich das Segelflugzeug vom Gleitflugzeug vor allem durch die strömungstechnisch günstigere Form. Seine äußeren Merkmale sind: kleines Flügelseitenverhältnis t/b (große Spannweite), vollkommen geschlossen ausgeführter, langgestreckter und stromlinienförmiger Rumpf,

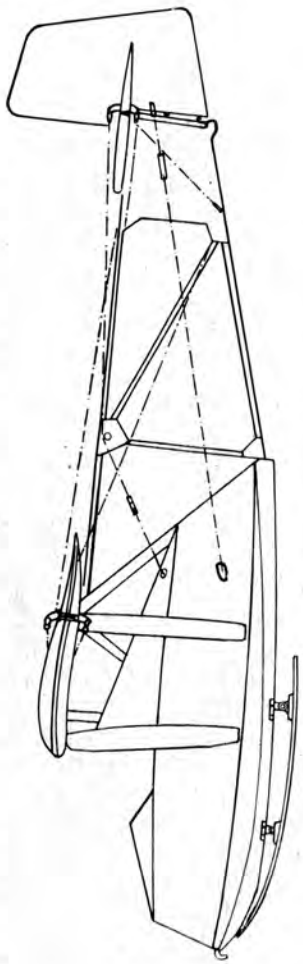


Bild 34 Gleitflugzeug mit Führersitzverkleidung (Seitenansicht)

freitragende oder verstrebte Flügel und Verkleidungen an hervorstehenden Teilen und an Übergängen. Die beim Bau von Segelflugzeugen zu fordernde äußerste Gewichtsersparnis wird durch Verwendung hochwertiger Baustoffe und durch Verfeinerung des gesamten Innenaufbaues erreicht.

Nach der Art ihrer Aufgabe und nach ihrer Segelfähigkeit kann man die Segelflugzeuge in **Übungs- Leistungs- und Hochleistungs-Segelflugzeuge** unterteilen. Segelflugzeuge können auch als Segelflugboote für den Start von Wasserflächen gebaut werden (vgl. Bild 52).

b) Schwanzlose Flugzeuge

Das schwanzlose Flugzeug entsteht, wenn die Höhen- und Seiten-Leitwerksflächen nicht am Rumpfende, sondern am Flügel gelagert werden, wobei der Flugzeugrumpf eine wesentliche Verkürzung erfährt. Bei den bisher ausgeführten schwanzlosen Flugzeugen waren die Flächen des unterteilten Seitenleitwerkes an den Flügelenden, und die beiden Höhenruder neben den Querrudern an der Flügelhinterkante angeordnet. Im Hinblick auf die angestrebte Entwicklung des Nurflügel-Flugzeugs sind die Versuche mit schwanzlosen Flugzeugen von wissenschaftlichem Wert.

c) Segelflugzeuge mit zusätzlichem Antrieb

Langstreckenflüge mit Segelflugzeugen lassen sich über ungleichmäßig gestaltetem oder ebenem Gelände nur unter günstigen Aufwindverhältnissen durchführen. Derartige längere Flüge sind immer möglich, wenn das Segelflugzeug mit einem **Hilfsmotor** (in Verbindung mit einer Luftschraube) ausgerüstet ist, der zur Überbrückung der zwischen den Aufwindgebieten liegenden Stellen dient. Für den Einbau in Segelflugzeuge kommen Motoren mit geringer Leistung (bis zu etwa 20 PS) in Betracht. Der Motor wird entweder erhöht hinter dem Führerraum oder im Rumpfkopf angebracht. Zu den Flugzeugen dieser Gruppe gehören **Motorsegler** und **Muskelkraftflugzeuge** (vgl. S. 48).

2. Bauteile der Segelflugzeuge

a) Rumpf

Der stromlinienförmige und am Führerraum durch eine Haube verkleidete Rumpf (vgl. Bild 35) ist **schlank gebaut,** damit sich, mit Rücksicht auf gute Steuerfähigkeit und Wendigkeit des Segelflugzeuges, ein langer Ruderhebelarm bei kleiner Rumpfseitenfläche ergibt. Die meisten Rümpfe von Hochdeckern besitzen (an Stelle des aus Streben gebildeten Spannturms von Motorflugzeugen) dicht hinter dem Führerraum einen **halsartigen Aufsatz,** der sorgfältig verkleidet ist und gleichzeitig als Kopfabfluß dienen kann, zur Befestigung des Flügels. Von den **Rumpfquerschnitten** hat sich vor allem die Sechseckform (vgl. Bild 36) wegen des guten Übergangs zur Kufe und zum oberen Rumpfansatz und wegen der einfachen Herstellung des Rumpfes bewährt. Außerdem sind rechteckige und ovale Querschnitte gebräuchlich.

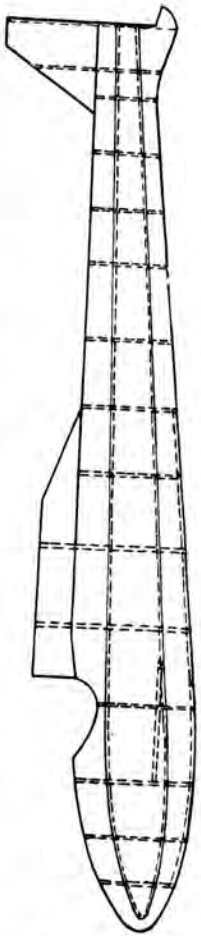


Bild 35 Rumpf eines Segelflugzeugs

Der Rumpf kann als Sperrholzrumpf und als stoffbespannter Rumpf ausgeführt werden. Der **Sperrholzrumpf** nach Bild 35 besteht aus dem Rumpfgerüst (Rumpfgerippe) und der darauf angebrachten Beplankung aus dünnem Sperrholz. Das Rumpfgerüst

freitragende oder verstrebte Flügel und Verkleidungen an hervorstehenden Teilen und an Übergängen. Die beim Bau von Segelflugzeugen zu fordernde äußerste Gewichtsersparnis wird durch Verwendung hochwertiger Baustoffe und durch Verfeinerung des gesamten Innenaufbaues erreicht.

Nach der Art ihrer Aufgabe und nach ihrer Segelfähigkeit kann man die Segelflugzeuge in **Übungs- Leistungs- und Hochleistungs-Segelflugzeuge** unterteilen. Segelflugzeuge können auch als Segelflugboote für den Start von Wasserflächen gebaut werden (vgl. Bild 52).

b) Schwanzlose Flugzeuge

Das schwanzlose Flugzeug entsteht, wenn die Höhen- und Seiten-Leitwerksflächen nicht am Rumpfende, sondern am Flügel gelagert werden, wobei der Flugzeugrumpf eine wesentliche Verkürzung erfährt. Bei den bisher ausgeführten schwanzlosen Flugzeugen waren die Flächen des unterteilten Seitenleitwerkes an den Flügelenden, und die beiden Höhenruder neben den Querrudern an der Flügelhinterkante angeordnet. Im Hinblick auf die angestrebte Entwicklung des Nurflügel-Flugzeugs sind die Versuche mit schwanzlosen Flugzeugen von wissenschaftlichem Wert.

c) Segelflugzeuge mit zusätzlichem Antrieb

Langstreckenflüge mit Segelflugzeugen lassen sich über ungleichmäßig gestaltetem oder ebenem Gelände nur unter günstigen Aufwindverhältnissen durchführen. Derartige längere Flüge sind immer möglich, wenn das Segelflugzeug mit einem **Hilfsmotor** (in Verbindung mit einer Luftschraube) ausgerüstet ist, der zur Überbrückung der zwischen den Aufwindgebieten liegenden Stellen dient. Für den Einbau in Segelflugzeuge kommen Motoren mit geringer Leistung (bis zu etwa 20 PS) in Betracht. Der Motor wird entweder erhöht hinter dem Führerraum oder im Rumpfkopf angebracht. Zu den Flugzeugen dieser Gruppe gehören **Motorsegler** und **Muskelkraftflugzeuge** (vgl. S. 48).

2. Bauteile der Segelflugzeuge

a) Rumpf

Der stromlinienförmige und am Führerraum durch eine Haube verkleidete Rumpf (vgl. Bild 35) ist **schlank gebaut,** damit sich, mit Rücksicht auf gute Steuerfähigkeit und Wendigkeit des Segelflugzeuges, ein langer Ruderhebelarm bei kleiner Rumpfseitenfläche ergibt. Die meisten Rümpfe von Hochdeckern besitzen (an Stelle des aus Streben gebildeten Spannturms von Motorflugzeugen) dicht hinter dem Führerraum einen **halsartigen Aufsatz,** der sorgfältig verkleidet ist und gleichzeitig als Kopfabfluß dienen kann, zur Befestigung des Flügels. Von den **Rumpfquerschnitten** hat sich vor allem die Sechseckform (vgl. Bild 36) wegen des guten Übergangs zur Kufe und zum oberen Rumpfansatz und wegen der einfachen Herstellung des Rumpfes bewährt. Außerdem sind rechteckige und ovale Querschnitte gebräuchlich.

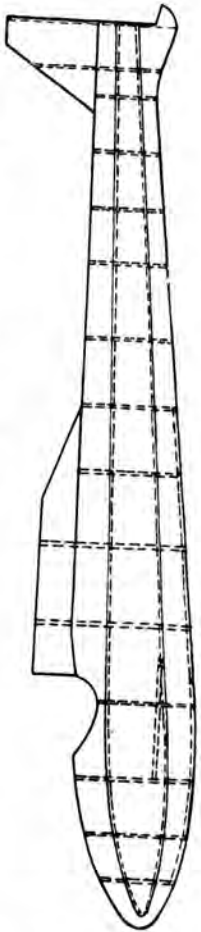


Bild 35 Rumpf eines Segelflugzeugs

Der Rumpf kann als Sperrholzrumpf und als stoffbespannter Rumpf ausgeführt werden. Der **Sperrholzrumpf** nach Bild 35 besteht aus dem Rumpfgerüst (Rumpfgerippe) und der darauf angebrachten Beplankung aus dünnem Sperrholz. Das Rumpfgerüst

setzt sich, je nach der Querschnittsform, aus 3 bis 6 Längsleisten (Rumpfholmen, Gurten), mehreren Spanten nach Bild 36 und 37, die als Querverbinder dienen und dem

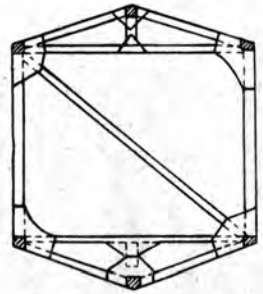


Bild 36 Normaler Rumpfspant

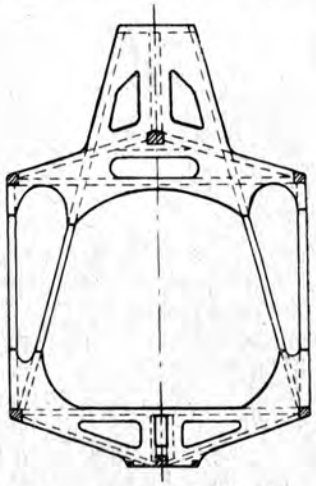


Bild 37 Hauptspant eines Segelflugzeugrumpfs

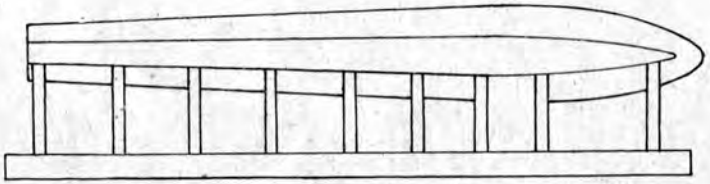


Bild 38 Rumpftisch (Helling)

Rumpf die Form geben, und weiteren Streben zusammen. Der Zusammenbau des Rumpfes erfolgt auf einem Rumpftisch (Helling) nach Bild 38.

b) Tragwerk

Segelflugzeuge werden in der Regel als Hochdecker und als Schulterdecker mit freitragenden und mit verstrebten Flügeln gebaut. Die schmalen **Flügel** haben rechteckigen oder trapezförmigen Umriß. Sie sind meist leicht verwunden und werden V-förmig angeordnet. Sie können auch als Knickflügel ausgeführt werden (vgl. Bild 47 und 49).

Nach dem Aufbau unterscheidet man zweiholmige und einholmige Flügel. Da sich für den Flügel eines Segelflugzeugs infolge des kleinen Seitenverhältnisses eine große Spannweite ergibt (größte Spannweite bisher 22 m), wird hier die **einholmige Bauart** bevorzugt. Bei der einholmigen Ausführung erhält der vordere Teil bis zum Holm eine Sperrholzbeplankung, wodurch der Flügel verdrehungsfest wird (Torsionsnase). Der hintere Teil des Flügels wird in der üblichen Weise mit Stoff überzogen.

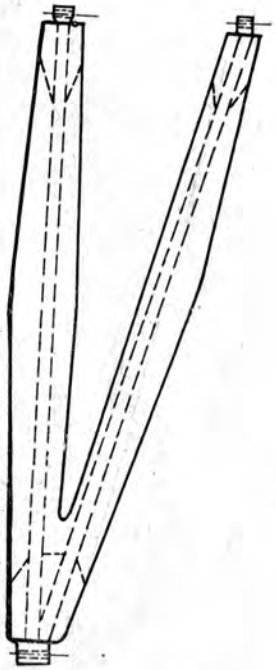


Bild 39 V-förmige Flügelstrebe

Der Transport des Segelflugzeugs auf der Bahn oder im Transportwagen macht eine zwei- bis vierfache Unterteilung des Flügels in Richtung der Spannweite erforderlich.

Zur Abstützung der nicht freitragenden Flügel von Hochdeckern gegen den Flugzeugrumpf verwendet man **Streben,**

die einzeln, nach Bild 43, oder paarweise (gleichlaufend nach Bild 45, V-förmig nach Bild 39) auf jeder Flügelseite angebracht werden.

Die Berechnung des Tragwerks von Segelflugzeugen erfolgt bei Neukonstruktionen unter Zugrundelegung vorgeschriebener Belastungsannahmen.

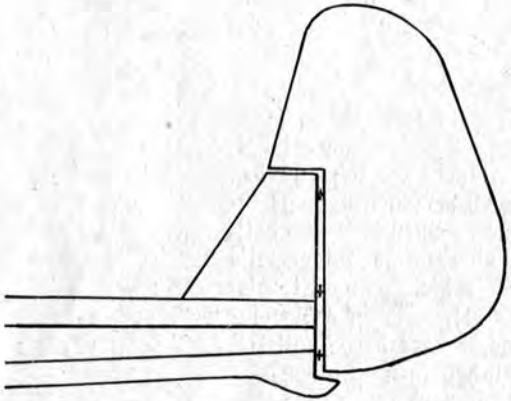


Bild 40 Rumpfende mit Seitenflosse und Seitenruder

c) Leitwerk

Die Leitwerkflächen der Segelflugzeuge sind so bemessen und geformt, daß sie eine günstige Steuerwirkung ergeben. Ihre konstruktive Durchbildung (vgl. Seitenruder, Bild 41) paßt sich bei den einzelnen Typen im allgemeinen der Flügelausführung an. Dies gilt vor allem für die **Querruder,** die als Teile des Flügels zu betrachten sind. Das **Seitenleitwerk** wird im Flugzeugschwanz nach Bild 40 fast immer so angebracht, daß das Seitenruder die Fortsetzung des schneidenförmig auslaufenden Rumpfs bildet, während die Seiten-

flosse mit dem Sperrholzrumpf aus einem Stück besteht. Das **Höhenleitwerk** setzt sich in der Regel aus einer meist während des Fluges verstellbaren Höhenflosse und einem Höhenruder zusammen. Beim sogenannten ungedämpften Leitwerk (vgl. Bild 42) ist keine Dämpfungsflosse vorhanden.

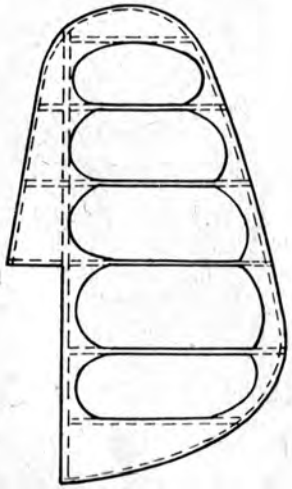


Bild 41 Seitenruder (unbezogen)

d) Steuerwerk

Die im Führerraum des Segelflugzeugs untergebrachten Teile des Steuerwerks (Steuerungseinbau), bestehend aus Steuerknüppel, Fußhebel oder Fußklappen, Steuerwelle mit Steuerhebeln, werden in der gleichen Art ausgeführt und angeordnet wie bei Gleitflugzeugen (vgl. Seite 22 und 25). Zweisitzige Übungsflugzeuge (vgl. Seite 41) erhalten eine **Doppelsteuerung,** die dem Schüler das Mitfühlen der Steuerbewegungen

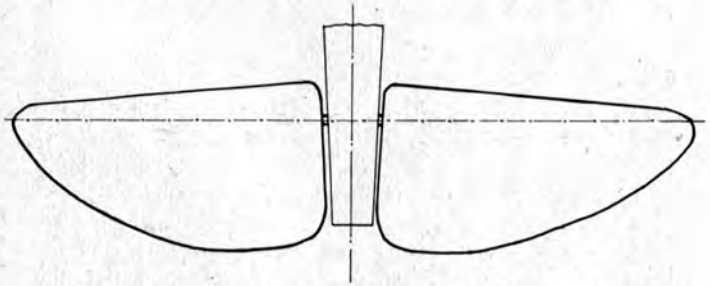


Bild 42 Höhenruder (ungedämpft)

des Fluglehrers gestattet. Die beiden Steuerknüppel und Fußhebel (Fußklappen) sind zu diesem Zweck miteinander gekuppelt.

e) Fahrwerk

In seiner einfachen Ausführung wird das Fahrwerk der Segelflugzeuge von einer an der Rumpfunterseite gelagerten Kufe und einem Schwanzsporn gebildet. Die Kufe ist mit Hilfe von Gummiringen abzufedern und nach Möglichkeit zu verkleiden. Das einfache Fahrwerk läßt sich zwecks Herabsetzung des Reibungswiderstandes auf dem Erdboden durch Anbringung von Rädern (früher Bälle) erweitern. Bevorzugt wird das **Einradfahrgestell,** dessen mit Niederdruckreifen versehenes Rad dicht hinter der Kufe angeordnet ist. Das Rad kann mit einer Bremse ausgerüstet sein, die eine Abkürzung des Auslaufs bei der Flugzeuglandung bewirkt.

3. Beschreibung von Segelflugzeugen

Von den verschiedenen bewährten Segelflugzeugen seien nachstehend einige Baumuster kurz beschrieben.

Segelflugzeug „Göppingen 1", Muster „Wolf"

Konstruktion: Wolf Hirth
Ausführung: Sport-Flugzeugbau Göppingen, Martin Schempp

Das in Bild 43 und 44 gezeigte Segelflugzeug ist ein **Übungsflugzeug,** das dem Segelflieger den Übergang zum Hochleistungs-Segelflugzeug vermitteln soll. Es ist als **abgestrebter Hochdecker** gebaut. Als Streben dienen an die Flügel klappbare Profil-Stahlrohre mit Kardangelenken. Zur Erleichterung des Starts und des Transports auf dem Fluggelände dient ein fest eingebautes **Einradfahrgestell.** Das Rad besitzt einen Niederdruckreifen von 320 mm Durchmesser und ist mit **Radbremse** ausgestattet. Durch das Rad werden harte

Bild 43 Übungs-Segelflugzeug „Göppingen 1"

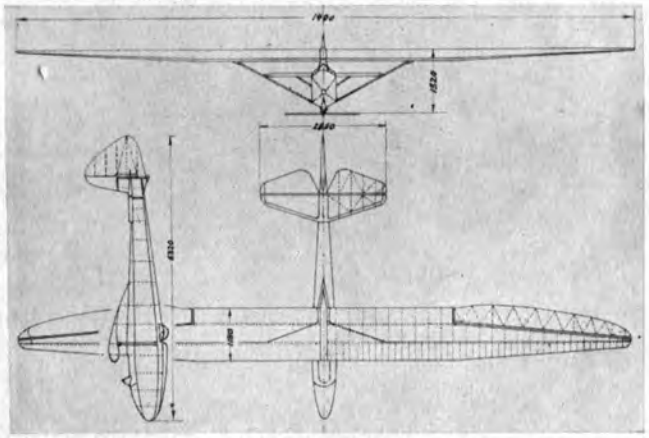


Bild 44 Übungs-Segelflugzeug „Göppingen 1". Konstruktion Wolf Hirth

Landestöße und Beanspruchungen bei Schiebelandungen gut aufgenommen und Ziellandungen vereinfacht. Der Schwanzsporn ist als Stahlfedersporn ausgebildet, dessen weiche Abfederung durch einen Tennisball erhöht wird. Die Quersteuerung ist als **Differentialsteuerung** ausgeführt. Die Sitzverkleidung läßt den Kopf des Führers frei. Sie ist mit einer Windschutzscheibe versehen.

Angaben über das Übungs-Segelflugzeug „Göppingen 1"

Abmessungen:

Spannweite	14	m
Länge	6,2	m
Höhe	1,3	m
Flügeltiefe	1,18	m
Flügelinhalt	14,5	m²
Seitenverhältnis	l/b =	1/13,5

Gewichte:

Rüstgewicht	150	kg
Zuladung	100	kg
Fluggewicht	250	kg
Flächenbelastung	17,24	kg/m²

Flugleistungen:

Gleitzahl	1/17	
Sinkgeschwindigkeit	0,95	m/s

Flugeigenschaften:

Das Flugzeug eignet sich wegen seiner geringen Sinkgeschwindigkeit und seiner Wendigkeit besonders für den thermischen Segelflug. Bei der Flugeigenschaftsprüfung wurde die „Göppingen 1" auf eine Sturzfluggeschwindigkeit von 250 km/h gebracht. Sie zeigte sich dabei fest und ruhig. Sie trudelt bei vollem Höhen- und Seitenruderausschlag und beendet das Trudeln sofort beim Loslassen eines dieser Steuer.

Schul-Segelflugzeug „Göppingen 2"

Konstruktion: Wolf Hirth

Bild 45 Schul-Segelflugzeug „Göppingen 2" (Doppelsitzer)

Ausführung: Sport-Flugzeugbau Göppingen, Martin Schempp

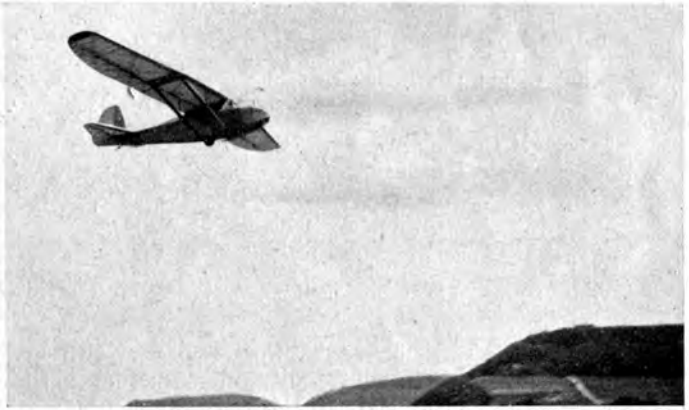


Bild 46 Zweisitziges Segelflugzeug „Göppingen 2"

Die „Göppingen 2" (vgl. Bild 45 und 46) ist als ein **zweisitziges Flugzeug** ausgeführt und hauptsächlich für die **Schu-**

lung am Doppelsteuer im Schleppflug, im Hangsegelflug und im Blindflug bestimmt. Nach Ausbau der Doppelsteuerung ist die Maschine auch für Passagierflüge verwendbar. Das Flugzeug hat Einradfahrgestell mit Radbremse, die von beiden Sitzen aus bedient werden kann. Beide Sitze befinden sich in einer geschlossenen Kabine, so daß die Unterhaltung zwischen Lehrer und Schüler in normaler Lautstärke geführt werden kann.

Angaben über das Schul-Segelflugzeug „Göppingen 2"

Abmessungen:

Spannweite	14,5	m
Länge	6,6	m
Flügelinhalt	21,5	m²
Seitenverhältnis	t/b =	1/10

Gewichte:

Rüstgewicht	198	kg
Flächenbelastung	17	kg/m²

Flugleistungen:

Gleitzahl	1/15	
Sinkgeschwindigkeit	1	m/s

Hochleistungs-Segelflugzeug „Göppingen 3" Muster „Minimoa" (Bild 47 bis 49)

Konstruktion: Wolf Hirth
Ausführung: Sport-Flugzeugbau Göppingen, Martin Schempp

Die „Minimoa" ist ein **vollkunstflugtaugliches** Segelflugzeug in **Schulterdecker-Bauart** mit freitragendem Flügel. Der Flügel hat einen starken Knick und verläuft vom Knick aus pfeilförmig nach außen. Die Flügeloberseite ist bis zum Hinterholm mit Sperrholz beplankt. Der Flügelanschluß erfolgt mit Hilfe von konischen Bolzen. Der Rumpf hat ovalen Querschnitt und ist geräumig. Der Führerraum wird von einer geschlossenen großen Haube aus Cellon oder Plexiglas abgedeckt, die eine

Bild 47 Hochleistungs-Segelflugzeug „Göppingen 3", Muster „Minimoa". Konstruktion Wolf Hirth

sehr gute Sicht nach vorn, unten, oben und nach beiden Seiten ermöglicht. Die Haube ist seitlich aufklappbar und kann im Notfall nach vorn abgeworfen werden. Zur Er-

Bild 48 Rumpfkopf mit Führersitzhaube „Göppingen 3"

höhung der Geschwindigkeitsspanne, wie sie vor allem beim thermischen Streckenflug erwünscht ist, lassen sich die Querruder während des Fluges gleichsinnig verstellen. Dem gleichen Zweck dienen auch Wassertanks, die im Rumpf und

in der Flügelwurzel untergebracht sind. Für die Steuerung gelangt ein Hängeknüppel zur Verwendung. Die Maschine wird entweder mit Einrad-Fahrgestell mit Bremse oder mit abwerfbarem Fahrgestell ausgeführt.

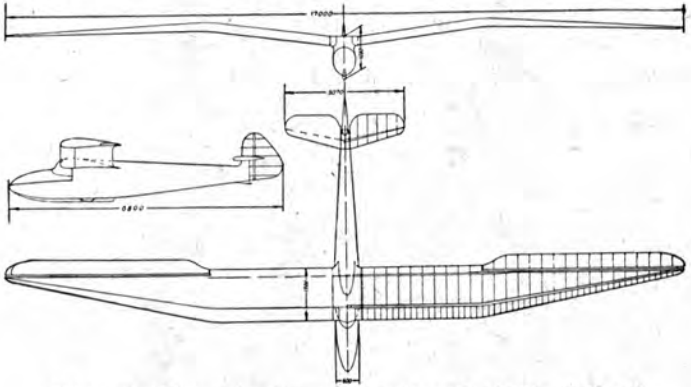


Bild 49 Hochleistungs-Segelflugzeug „Göppingen 3", Muster „Minimoa". (Übersichtszeichnung)

Angaben über das Hochleistungs-Segelflugzeug „Göppingen 3"

Abmessungen:

Spannweite	17	m
Länge	6,9	m
Flügeltiefe	1,3	m
Flügelinhalt	19,9	m²
Seitenverhältnis	t/b = 1/16	

Gewichte:

Rüstgewicht	200	kg
Fluggewicht normal	275	kg
Fluggewicht mit Wasserballast	350	kg
Flächenbelastung normal	14,5	kg/m²
Flächenbelastung mit Wasserballast	18,5	kg/m²

Flugleistungen:

Gleitzahl	1/26	
Sinkgeschwindigkeit	0,65	m/s

Hochleistungs-Segelflugzeug „Rhönbussard"

Flugzeug mit freitragenden Flügeln nach Bild 50
Ausführung: Flugzeugbau Alexander Schleicher, Poppenhausen

Abmessungen:

Spannweite	14,3	m
Länge	5,8	m
Höhe	1,3	m
Flügelinhalt	14	m²
Seitenverhältnis	t/b = 1/14	

Gewichte:

Rüstgewicht	135	kg
Zuladung	80	kg
Fluggewicht	215	kg
Flächenbelastung	15,4	kg/m²

Flugleistungen:

Gleitzahl	1/18	
Sinkgeschwindigkeit	0,70	m/s

Hochleistungs-Segelflugzeug „Rhönadler"

Flugzeug mit freitragenden Flügeln und mit geschlossener Führersitzverkleidung
Ausführung: Flugzeugbau Alexander Schleicher, Poppenhausen

Abmessungen:

Spannweite	17,4	m
Länge	7,2	m
Höhe	1,3	m
Flügelinhalt	18	m²
Seitenverhältnis	t/b = 1/18	

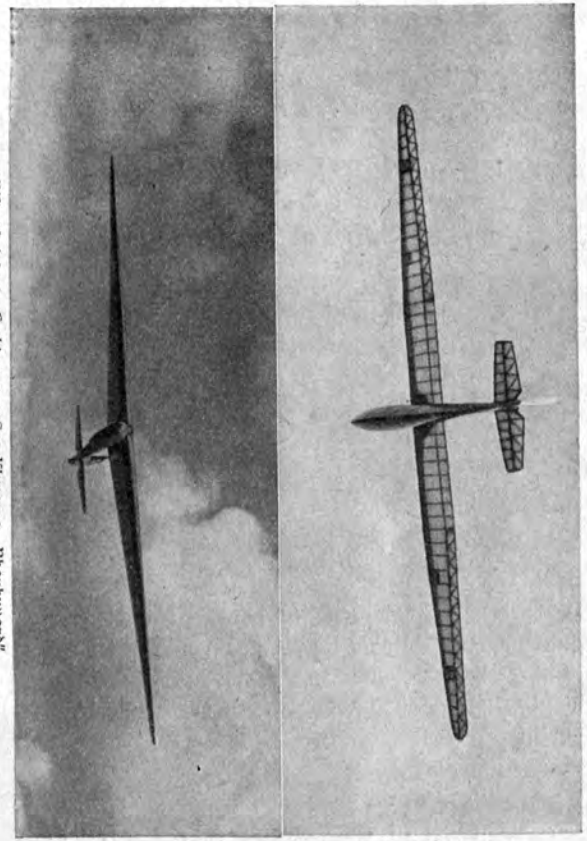


Bild 50 (oben) Hochleistungs-Segelflugzeug „Rhönbussard"
Bild 51 (unten) Hochleistungs-Segelflugzeug „Rhönadler"

Gewichte:

Rüstgewicht	170	kg
Zuladung	80	kg
Fluggewicht	250	kg
Flächenbelastung	13,9	kg/m²

Flugleistungen:

Gleitzahl	1/20	
Sinkgeschwindigkeit	0,75	m/s

Leistungs-Segelflugboot D-Seeadler DFS (Bild 52)

Der allgemeine Aufbau dieses Segelflugbootes entspricht dem eines normalen Segelflugzeuges mit hochgezogenen

Bild 52 Leistungs-Segelflugboot D-Seeadler (Vorderansicht)

Flügeln. Das Segelflugzeug besitzt einen einstufigen Bootskörper mit starker Kielung und zwei seitlich angebrachte Stützschwimmer. Zur Erhöhung der Manövrierfähigkeit im Wasser ist ein kleines Wasserruder vorgesehen. Das Segelflugboot kann auch für Hang- und Platzflüge verwendet werden.

Rüstgewicht	240	kg
Spannweite	17,36	m
Flächeninhalt	18	m²
Flächenbelastung	18	kg/m²

Muskelkraftflugzeug von Haeßler und Villinger (Bild 53)

Der Vortrieb der Muskelkraftflugzeuge kann durch die Arm- und Beinmuskeln des Menschen hervorgerufen werden. Am günstigsten ist die Verwendung der stärkeren Bein-

muskeln, wie beim Fahrrad, wobei sich Dauerleistungen von etwa 0,5 PS erzielen lassen.

Das Muskelflugzeug von Haeßler und Villinger ist ein Segelflugzeug von 13,5 m Spannweite, 5,5 m Länge, mit einer Tragfläche von 9,8 m, das bei dem geringen Rüstgewicht von etwa 50 kg sehr gute aerodynamische Eigenschaften besitzt. Seine Sinkgeschwindigkeit beträgt nur 0,52 m/s, seine Gleitzahl 1:24. Die guten Flugeigenschaften werden durch günstige Formgebung (Seitenverhältnis der

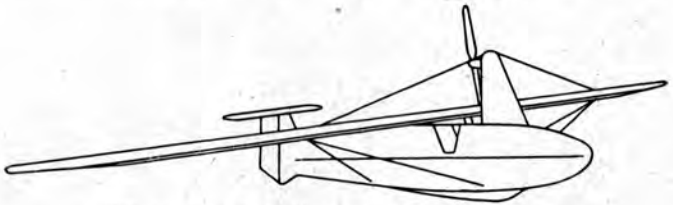


Bild 53 Muskelkraftflugzeug von Haeßler und Villinger

Flügel 1:15) und durch die geringe Flächenbelastung von 10 kg/m² erreicht.

Zur Erzeugung des Vortriebes dient eine erhöht gelagerte Luftschraube von 1,5 m Durchmesser, die mit etwa 500 U/min umläuft. Im Innern des Rumpfes befinden sich Tretpedale, die vom Flugzeugführer wie die Pedale eines Fahrrades bewegt werden. Bei der Kraftübertragung von den Tretpedalen auf die Luftschraube wird ein Übersetzungsverhältnis 1:5 eingehalten, so daß 500 Umdrehungen der Luftschraube 100 Umdrehungen der Pedale entsprechen. Der Start des Flugzeuges erfolgt mit Hilfe eines gespannten Gummiseiles.

Der erste Muskelkraftflug gelang am 29. 8. 1935. Die längste bisher zurückgelegte Flugstrecke beträgt 427 m.