FLUGZEUGBAU UND LUFTFAHRT

Im Auftrage des Deutschen Luftfahrt-Verbandes E. V.
Herausgeber: Dipl.-Ing. E. Pfister

Heft 11

Gleitflug und Gleitflugzeuge

von

F. Stamer

Leiter der Fliegerschule des Forschungsinstitutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e.V.

und

A. Lippisch

Leiter der flugtechnischen Abteilung des Forschungsinstitutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e. V.

Teil I

Konstruktion und praktische Flugversuche

Mit 75 Abbildungen einschl. einer Tafel

FLUGZEUGBAU UND LUFTFAHRT

Im Auftrage des Deutschen Luftfahrt-Verbandes E. V.

Herausgeber: Dipl.-Ing. E. Pfister

Heft 11

Gleitflug und Gleitflugzeuge

vor

F. Stamer

Leiter der Fliegerschule des Forschungsinstitutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e. V. und

A. Lippisch

Leiter der flugtechnischen Abteilung des Forschungsinstitutes der Rhön-Rossitten-Gesellschaft e. V.

Teil I

Konstruktion und praktische Flugversuche

Mit 75 Abbildungen einschl. einer Tafel





Flugzeugbau und Luftfahrt:

left 1 Der Bau des Flugzeuges von Dipl.-Ing. E. Pfister

	Teil I: Allgemeiner Aufbau und die Tragflügel
Heft 2	Der Bau des Flugzeuges von Dipllng. E. Pfister Teil II: Tragwerkverspannung und Leitwerk
left 3	Der Bau des Flugzeuges von DiplIng. E. Pfister Teil III: Rumpf und Fahrwerk
Heft 4	Grundlagen der Fluglehre von DiplIng. E. Pfister Teil I: Luftkräfte
Heft 5	Grundlagen der Fluglehre von DiplIng. E. Pfister Teil II: Tragflügeltheorie (in Vorbereitung)
left 6	Grundlagen der Fluglehre von DiplIng. E. Pfister Teil III: Gleichgewichtszustände und Stabilität im Fluge (in Vorbereitung)
Heft 7	Der Flugmotor von DiplIng. W. Möller Teil I: Grundlagen
Heft 8	Der Flugmotor von DiplIng. W. Möller Teil II: Konstruktion
Heft 9	Der Flugmotor von DiplIng. W. Möller Teil III: Moderne Flugmotoren (in Vorbereitung)
Heft 10	Praktische Fliegerausbildung von Leo Leonhardy

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungs-Rechtes, vorbehalten

Heft 11 Gleitflug und Gleitflugzeuge von F. Stamer und A. Lippisch Teil I: Konstruktion und praktische Flugversuche Heft 12 Gleitflug und Gleitflugzeuge von F. Stamer und A. Lippisch Teil II: Bauanweisungen und Bauzeichnungen

Copyrigth 1927/28 by C. J. E. Volckmann Nachf. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg

es Obersetzungs-rechtes, vorsenaren

Inhalts-Verzeichnis.

																Seite
Vorwort														٠.		4
Geschichte des	Gleitfl	uges .														5
Grundlagen de																
Au fbau und K																
Die aerodynan	nische I	Berech	nu	ng	de	es	Gl	eit	flu	gz	eu	ge	S			26
Die Festigkeit																
Anleitung zu 1																

Vorwort.

Dieses Buch soll der reiferen Jugend, die dem Modellflugport entwachsen ist*) und nach weiterer Betätigung in der liegerei strebt, den Gleitflugsport erschließen. Es soll Anegungen, namentlich in seinem zweiten, Bauanweisungen und auzeichnungen behandelnden Teile, für den Bau von guten leitflugzeugen und deren sachgemäße Behandlung geben und oll zeigen, wie gefahrlos das Gleitfliegen bei richtiger Ausührung ist.

Diejenigen jungen Leute, die sich beruflich dem Flugzeugau oder dem Fliegen zuwenden wollen, soll es in die techischen und fliegerischen Grundbegriffe einführen und ihnen ine sichere Grundlage für spätere Studien geben.

Längst ist das Flugwesen der Zeit des planlosen Experinentierens entwachsen und zu einem Wissensgebiet geworden.

Möge unser Buch dazu beitragen, die Jugend zu ernster Arbeit und männlichem Sport im Gleitflug zusammen zu ühren.

Wasserkuppe/Rhön 1928.

Fritz Stamer / Alexander Lippisch.

Geschichte des Gleitfluges.

Die Geschichte des Menschenfluges ist so alt wie die Menschheit überhaupt. Darstellungen geflügelter Menschen finden wir in der Kunst fast aller alten Kulturvölker. Sagen und Legenden alter Völker enthalten immer wieder den fliegenden Menschen.

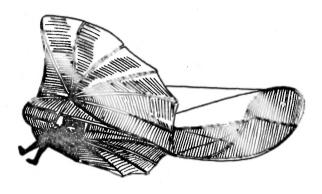




Abb. 1. Lilienthal-Gleiter

Außer unzähligen Phantasten beschäftigten sich später auch ernste Techniker: wie Leonardo da Vinci und andere mit dem Flugproblem.

Bis in die neuere Zeit hinein zeigen alle Berichte nur Mißerfolge, oder durchaus legendenhaften Charakter.

Wir beginnen deshalb unsere Geschichte mit den ersten verbürgten Leistungen.

Der Deutsche, Otto Lilienthal, war es, der die ersten Flüge ausführte, und den wir deshalb als den Vater des Flugwesens bezeichnen. (Abb. 1 u. 2.)

^{*)} Das Buch stellt eine Fortsetzung des im gleiehen Verlage erschienenen ^{Ver}kes "Der Bau von Flugmodellen" dar. —

Von Lilienthal, als dem ersten Gleitflieger ausgehend, verfolgen ir die Geschichte der Entwicklung.

Im Jahre 1893 begann Otto Lilienthal, zusammen mit seinem Bruder Gustav, nach vielen vergeblichen Versuchen und einehender Forscherarbeit, die ihm Aufschlüsse über das Wesen des uftwiderstandes gab, seine ersten Gleitflüge im Garten seines Jauses in Groß-Lichterfelde bei Berlin. Die Versuche wurden einem nahen Gelände fortgesetzt, dann nach Großkreuz an der lagdeburger Bahn verlegt, bis im Jahre 1894 bei Groß-Lichterfelde in 15 m hoher Hügel mit in der Spitze eingebautem Flugschuppen ngelegt wurde. Eine große Anzahl von gelungenen Gleitflügen

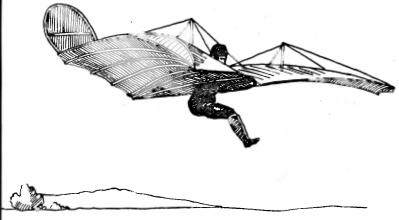


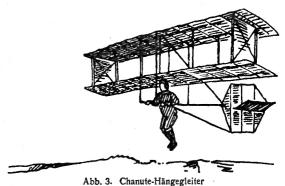
Abb. 2. Lilienthal-Gleiter

urde hier ausgeführt. Ein weiteres Gelände wurde zwischen eustadt a. d. Dosse und Rathenow gefunden. Bei Rhinow und töllen erheben sich ca. 50 m hohe Kiesberge, von denen Otto ilienthal Gleitflüge bis zn 350 m Länge gelangen, obgleich er teistens von halber Berghöhe abflog.

Am 9. August 1896 stürzte Otto Lilienthal bei Erprobung eines leitflugzeuges in den Bergen bei Stöllen ab, und erlag am J. August seinen Verletzungen.

Die von Lilienthal erbauten und erprobten Gleitflugzeuge betanden zumeist aus mit Schirting bespannten Weidengerüsten, nd hatten einen Flächeninhalt von 10-15 m², sowie Spannweiten on 7-8 m. Das Leergewicht dieser überaus leichten Maschinen etrug durchschnittlich 15-20 kg.

In Flügelanordnung und Startart, sowie in der Steuerung, ent-Drachen sie den noch heute gebräuchlichen Hängegleitern. Lilienhal erprobte sowohl Ein- wie Doppeldeckertypen. Im Jahre 1895 gelangen dem englischen Marineingenieur P. S. Pilcher 15—200 m lange Flüge mit einem 23 kg schweren Flugzeug. Pilcher führte im ganzen 5 Maschinen aus. Entgegen der bei Hängegleitern üblichen Startart, Anlaufen auf den Beinen, fand er eine Startart, ähnlich der heute bei Sitzgleitern üblichen Seilstartart, indem er sich von laufenden Jungen an einer Schnur



hochziehen ließ und nach Zerreißen der Schnur dann den Gleitflug antrat. Im Oktober 1899 stürzte Pilcher infolge Bruch eines Flugzeugteiles tödlich ab.

Angeregt durch Veröffentlichungen begannen in Amerika im Jahre 1896 O. Chanute und A. M. Herring mit Gleitflugversuchen. Die ersten Maschinen entsprachen den Lilienthalschen Typen.

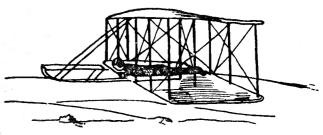


Abb. 4. Gleitflugzeug der Gebr. Wright

Ihre Hauptaufgabe sahen sie darin, die Steuerung dieser Maschinen zu vervollkommnen, indem sie statt der Gewichtsverlegung, durch den Führer bewegte Ruder einführten. Über 1000 Gleitflüge wurden von Chanute und Herring mit diesen Maschinen ausgeführt, ohne daß ein Unfall eingetreten wäre. (Abb. 3.)

Im Jahre 1900 begannen die Gebrüder Wilbur und Orville Wright in Amerika, wiederum durch Lilienthal angeregt, ihre Versuche, die zu ganz wesentlichen Fortschritten führten. (Abb. 4.)

Die Gebrüder Wright steuerten ihre Apparate lediglich durch Ruder, und erfanden das Querruder durch Verwinden der Tragflügel.

Der Fläeheninhalt ihrer Flugzeuge war recht beträchtlich, bis 28,44 m². Da der Führer nicht durch Gewichtsverlegen zu steuern brauchte, wurde er ruhend, und wahrscheinlich aus Luftwiderstandsgründen liegend, im Flugzeug untergebracht. Die Landung vollzog sich auf einem Kufengestell. Weit über 100 Flüge wurden mit versehiedenen Flugzeugen ausgeführt. Unfälle waren bei den Versuchen nicht zu verzeichnen. Die Gebrüder Wright gingen dann zum Einbau eines Motors in ihr Flugzeug über, und begannen damit den sich schnell entwiekelnden Motorflug.



Abb. 5. Etrich-Wels

Im Jahre 1911 führte Orville Wright nochmals Gleitflüge aus, offenbar zur Erprobuug eines Stabilisators. Diese Flüge führen jedoch bereits in das Gebiet des Segelfluges hinüber, da in aufsteigenden Luftströmungen Höhengewinne erzielt wurden.

In Frankreich nahm Ferber 1899 Gleitflugversuche mit Lilienthal- und später mit Chanute-Gleitflugzeugtypen auf, führte dann später eigene Typen aus, und entwickelte das Gleitfliegen in Frankreich zu einem Sport, aus dem dann viele der erfolgreichsten französischen Konstrukteure, wie Archdeacon, Voisin, Esnault-Pelterie, Blériot, Paulhan, Berger, Bazin usw. hervorgingen.

In Österreich erprobten Wels und Etrich ihre, dem Zanonia-Samen nachgebildeten Flügel im Gleitfluge. Es gelangen ihnen mit den außerordentlich großen und schweren Flügeln (38 m², 164 kg Leergewicht) Gleitflüge von über 200 m Länge. Aus diesem Zanonia-Flügel entwickelte sich die später so bekannt gewordene Taube. (Abb. 5.)

Im Jahre 1909 fand anläßlich der Ila (Internationale Luftschifffahrt-Ausstellung Frankfurt/Main) der erste deutsche Gleitflugwettbewerb statt, aus dem der bekaunte Flieger Reichelt, auf einem nach Chanute gebautem Euler-Doppeldecker, als Sieger hervorging.

In Vereinen und Fluggruppen nahm die junge Generation nun den Gleitflug als Flugsport in Deutschland auf, und übte teils auf nachgebauten, teils auf selber entwickelten Typen. Besonders zu erwähnen sind 1909 der Frankfurter Flugtechnische Verein und der Schlesische Flugsportelub Breslau. 1909—1913 die erfolgreiche Darmstädter Flugsport-Vereinigung. (Abb. 6.)

Im Jahre 1912 verlegten die Darmstädter ihre Flugversuche nach der Wasserkuppe in der Rhön, und wurden so zu Entdeckern

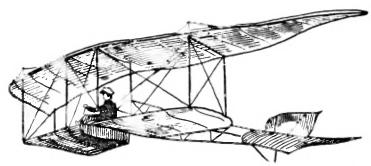


Abb. 6. Doppeldecker-Sitzgleiter des Flugsportvereins Darmstadt

des heute so bekannten Rhöngeländes. Zahlreiche Flüge bis zu 112 s-Dauer und 838 m Länge wurden hier ausgeführt.

1910 übte Weidler bei Kiel, Gruner und Günter bei Chemnitz auf Gleitflugzeugen. Von 1908 bis 1912 führte E. Offermann bei Aachen systematische Gleitflugversuche nut Ententypen aus.

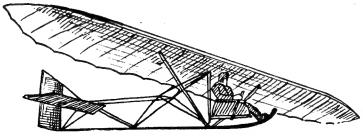


Abb. 7. Hardt-Messerschmidt-Segelflugzeug

Im Kriege wurden hin und wieder Gleitflugversuche bekannt, so von Schneider-Eupen, Frankfurter Modellflugverein, Kölner Klub für Flugsport, Flugtechn. Verein Dresden und Stuttgart, Flugverein Leipzig, Modellflugverein Zeitz, Mannheim, München. E. Meyer, Dresden, u. a.

1914—1920 übte Reg.-Baumeister Hardt mit flügelgesteuerten Hardt-Messerschmidt-Flugzeugen in der Rhön. Die Entwicklung dieser Flugzeuge gehört jedoch bereits in das Kapitel Segelflug (Abb. 7).

Im Jahre 1920 rief dann Zivil-Ing. Oskar Ursinus alle gleitflugtreibenden Vereine und Gruppen zu einem Segelflug-Wettbewerb nach der Wasserkuppe auf. Im allgemeinen handelte es sich bei den Flügen im Wettbewerb 1920 um Gleitflüge, wenn auch Versuche gemacht wurden, Böen oder Aufwinde zum Segeln auszunutzen. Zu erwähnen sind 1920 Pelzner, Brenner, Eugen v. Lössl und Klemperer, der eine Höchstleistung von 2 m 22,6 s-Dauer und 1830 m Strecke erzielte. Klemperer gelang dann auch 1920 der erste Segelflug in der Rhön (Abb. 8).



Abb. 8. Aachener Segelflugzeug mit Klemperer

In den Folgejahren tritt der Gleitflug gegenüber dem Segelflug stark in den Hintergrund, und findet erst eine langsame Neubelebung durch die seit 1921 durch Student eingeführte und durch Stamer entwickelte motorlose Schulung. Erst die letzten Jahre bringen durch Ausschreibung der Jungfliegerwettbewerbe den Gleitflug wieder mit in den Vordergrund, und es sind recht beachtliche Leistungen von Flugschülern erzielt.

Die Segelflug- und die Motorflugvorschulung, wie sie in den Fliegerschulen der Rhön-Rossitten-Gesellschaft in der Rhön und in Rossitten systematisch durchgeführt wird, besteht zuerst in reinem Gleitflug. Der Schüler legt zwei Gleitflugprüfungen, A-30 s, B-60 s, S-förmiger Flugweg, ab. Dann geht er zum Segelflug über, und legt mit einem Segelflug von 5 min-Dauer über Start seine Segelfliegerprüfung C ab.

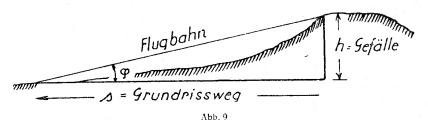
An vielen Orten Deutschlands wird heute Gleitflug getrieben und auf Gleitflugzeugen geschult. Viele akademische Fliegergruppen sind zusammen mit Vereinen aller Art tätig, und die Geschichte des Flugwesens zeigt, in welch hervorragendem Maße der Gleitflug und der Bau von Gleitflugzeugen zur Ausbildung von Fliegern und Konstrukteuren geeignet ist.

Grundlagen des Gleitfluges.

Gleitflug nennt man ganz allgemein diejenige Flugart, die, wie das Hinunterrollen eines Wagens auf geneigter Straße, ohne eigenen Leistungsbedarf nur durch die Wirkung der Schwerkraft zustande kommt.

Die Abb. 9 stellt die Form einer Flugbahn dar.

Wir bezeichnen den zurückgelegten Grundrißweg mit "s", das während dieses Weges eingebüßte Gefälle mit "h".



Man nennt nun den Winkel φ den Gleitwinkel dieser Flugbalm. Allgemein gilt als Maß des Gleitwinkels das Verhältnis von $\frac{s}{h}=E$. Grundrißweg Gefälle Gleitzahl.

Je größer diese Zahl wird, um so besser und flacher ist der Gleitwinkel. Man spricht also ganz allgemein von einem guten oder schlechten Gleitwinkel, wobei die Güte des Gleitwinkels ein Maß für die Güte des Gleitflugzeuges überhaupt ist.

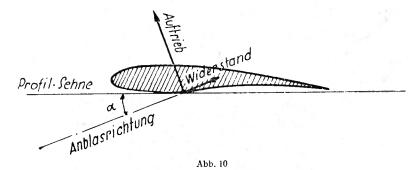
Das Zustandekommen eines Gleitfluges ist nun abhängig von dem Vorhandensein von tragenden Flächen, welche die sonst eintretende senkrechte Fallbewegung in eine mit gleichbleibender Geschwindigkeit stattfindende Gleitbewegung abbremsen. Um also die Gesetze des Gleitfluges näher kennen zu lernen, müssen wir die Gesetze des Luftwiderstandes an Tragflügeln und den damit verbundenen Teilen des Fluggerätes kennen lernen.

Durch die Bewegung eines Tragflügels durch die Luft entsteht ein Luftwiderstand in Form einer hebenden und zugleich hemmenden Kraft. Der hebende Kraftanteil heißt Auftrieb, der hemmende Widerstand des Tragflügels.

Die Richtung, unter der sich der Tragflügel durch die Luft bewegt, heißt Anblasrichtung, da der Flügel naturgemäß in dieser Richtung angeblasen wird. Auf diese Richtung werden die Auftriebs- und Widerstandskräfte bezogen, und zwar wirkt der Auftrieb senkrecht dazu nach oben, und der Widerstand entgegengesetzt der Bewegungsrichtung in derselben.

Diese Richtung wird gemessen in bezug auf die "Sehne" des Flügelquerschnittes. Die Sehne ist eine an die Unterseite des Flügelquerschnittes, an das sog. Profil, gelegte Gerade, die das Profil in zwei Punkten berührt. Der Winkel zwischen Profilsehne und Anblasrichtung heißt der Anstellwinkel (a). Abb. 10 erläutert diese Bezeichnungen.

Die Auftriebs- und Widerstandskräfte sind außer vom Anstellwinkel abhängig von der Fluggeschwindigkeit, der Luftdiehte und der Flügelgröße.



Auf Grund von Versuchen kann die Größe des Auftriebs bzw. Widerstandes berechnet werden nach den Gleichungen:

(1) Auftrieb =
$$A = c_a \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

(2) Widerstand =
$$W = cw \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

hierin bedeutet: F = Tragflächengröße in m2

v = Fluggeschwindigkeit in m/s. $\rho = Luftdichte in \frac{kg \cdot s^2}{m^4} \left(= \frac{kg}{m^3} / \frac{m}{s^2} \right)$

für normale Luftverhältnisse wird $\rho = \frac{1}{8} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}$

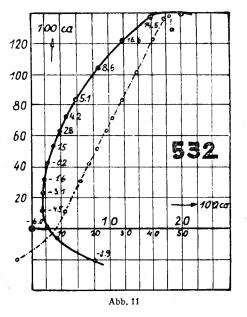
Die Beiwerte c_a und c_w nennt man die Auftriebs- bzw. Widerstandsbeiwerte, die vom Anstellwinkel abhängig sind. Die Abhängigkeit untereinander und vom Anstellwinkel ist für verschiedene Profile verschieden. Man bestimmt die Größe dieser Beiwerte durch Messung an Modellen, Flügeln mit ähnlichem Profil in einer Windstromanlage.

Das für diese Messungen bekannteste Institut ist die Aerodynamische Versuchsanstalt in Göttingen unter Leitung von Prof. Prandtl.

Durch Meßmethoden, die bis aufs Feinste durchgebildet sind, werden die Luftkräfte an Modellflügeln, und die dazugehörigen Anstellwinkel gemessen, und daraus die dann auch für die Ausführung des Modellflügels im großen gültigen Beiwerte \mathbf{c}_a und \mathbf{c}_w bestimmt.

Eine Anzahl solcher Messungen ist in den Versuchsergebnissen der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen zusammengestellt und veröffentlicht.

Zur Darstellung der Messungsergebnisse bedient man sich einer von O. Lilienthal zum ersten Male verwendeten graphischen



Methode. Man nennt diese Darstellungsweise das "Polardiagramm". (Abb. 11.)

Die Beiwerte c_a und c_w , die meistens kleiner als 1 sind, werden dabei 100mal vergrößert dargestellt. Man schreibt also beispielsweise statt

$$e_a = 0.246 \cdot \dots \cdot 100 e_a = C_a = 24.6$$

 $e_w = 0.0138 \cdot \dots \cdot 100 e_w = C_w = 1.38$

Bei der Berechnung von Auftrieb und Widerstand muß man dann die dargestellten Werte durch 100 dividieren. Aus dem Polardiagramm kann man nun ohne weiteres die jeweils zusammengehörigen Wertpaare von ca und cw bestimmen, indem man die eingetragenen Meßpunkte durch einen Kurvenzug miteinander verbindet und damit auch alle zwischen den gemessenen Werten liegenden Zwischenwerte bestimmt. Zu den gemessenen Punkten schreibt man die zugehörigen Anstellwinkel des Flügels an, so daß

damit auch der jeweilige Anstellwinkel aus dem Polardiagramm abgelesen werden kann. Aus einer solchen Darstellung lassen sich dann sowohl Auftrieb, wie Widerstand und Anstellwinkel jedes geometrisch ähnlichen Flügels bestimmen. Damit sind die Größen und Richtungen der Luftkräfte bestimmt. Sehr wesentlich ist es indessen noch zu wissen, an welcher Stelle des Flügelprofiles diese Kräfte angreifen. Man hat durch Messungen feststellen können, daß der Angriffspunkt der Luftkräfte sich bei Anderung des Anstellwinkels verschiebt. Der Angriffspunkt, den man Druckmittelpunkt nennt, wandert bei größer werdendem Anstellwinkel oder

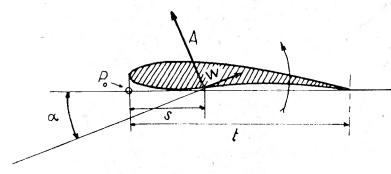


Abb. 12

Auftrieb nach vorn, bei kleiner werdendem Anstellwinkel und Auftrieb nach hinten. Würde man also beispielsweise den Flügel in dem in Abb. 12 eingezeichneten vordersten Punkte der Profilsehne (P_0) drehbar anbringen, so würden die Luftkräfte das Bestreben haben, den Flügel in der Pfeilrichtung, entgegen dem Uhrzeigersinne, zu drehen. Eine solche Einwirkung nennt man in der Technik ein Drehmoment.

Mißt man dieses Drehmoment bei einem bestimmten Anstellwinkel und Auftrieb, so kann man den Punkt, an dem die Luftkräfte angreifen, leicht daraus errechnen.

Es ist nämlich mit den Bezeichnungen der Abb. 12 das Drehmoment:

(3)
$$M = s \cdot (A \cdot \cos \alpha + W \cdot \sin \alpha)$$

(3a)....
$$M = s \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} v^{3} (e_{a} \cdot \cos \alpha + e_{w} \cdot \sin \alpha)$$

und da der Winkel α im allgemeinen sehr klein ist, schreibt man mit genügender Genauigkeit:

$$M \simeq s \cdot c_a \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

Führt man nun einen besonderen Beiwert \mathbf{c}_{m} für das Drehmoment ein, indem man setzt:

(4)....
$$\mathbf{M} = \mathbf{c}_{\mathbf{m}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{t} \cdot \frac{\mathbf{p}}{2} \cdot \mathbf{v}^2$$

so ist das Verhältnis von s zu t leicht zu bestimmen aus $\frac{s}{t} = \frac{c_m}{c_a}$

Die Werte von $c_{\rm m}$, die ebenfalls in 100facher Vergrößerung aufgetragen werden, stellt man im Polardiagramm in Abhängigkeit von $c_{\rm a}$ dar (Abb. 11), indem man in gleicher Richtung wie für $c_{\rm w}$ einen zweiten Maßstab aufträgt für $c_{\rm m}$.

Alle diese Beispiele gelten nun lediglich für Flügel, die dem Modellflügel geometrisch ähnlich sind, d. h. die Flügel müssen:

- 1. Gleiches Profil haben,
- 2. muß das Verhältnis von Spannweite zu Flächentiefe das gleiche sein.

Die in der A. V.-A. Göttingen gemessenen Flügel haben alle eine Spannweite b von 1,00 m und eine Flügeltiefe t von 0,20 m, d. h. $\frac{b}{t} = 5$.

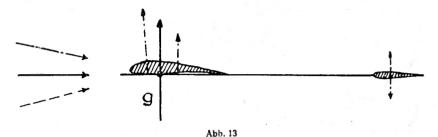
Man kann indessen auch für andere Seitenverhältnisse ($\frac{b}{t}$ = Seitenverhältnis) die entsprechenden Beiwerte errechnen, wie dies in der in gleicher Sammlung erschienenen Fluglehre näher erläutert ist (s. Heft 4, Grundlagen der Fluglehre).

Das Gleitflugzeug besteht nun nicht nur aus dem Flügel, sondern die Unterbringung des Führers und der Steuerflächen, sowie die notwendigen Landevorrichtungen, Kufen oder Räder, bedingen eine Reihe von Bauteilen, die wir ganz allgemein als mit zum Rumpf des Flugzeuges gehörig bezeichnen.

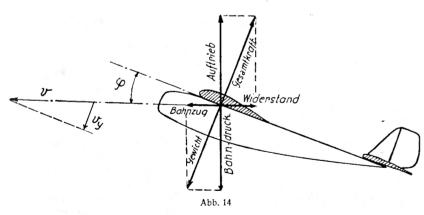
Der Luftwiderstand dieser Teile, soweit dieselben direkt dem Luftstrom ausgesetzt sind, bedingt im ganzen einen zu dem Flügelwiderstand hinzukommenden "schädlichen" Widerstand, der sich ebenfalls aus Widerstandsmessungen dieser einzelnen Teile errechnen läßt (s. Heft 4, Grundlagen der Fluglehre).

Die hinter den Tragflügeln in einer gewissen Entfernung anzubringenden Leitwerkflächen dienen 1. zur Einhaltung einer bestimmten Flugrichtung (Seitenleitwerk), und 2. zum Erlangen einer bestimmten Gleitlage (Höhenleitwerk). Das Höhenleitwerk ist hierbei das wichtigste Leitwerk, denn ohne dasselbe würde der Flügel infolge der Verschiebung des Druckmittelpunktes das Flugzeug zum Absturz bringen. Ändert sich beispielsweise der Anstellwinkel des Flügels durch einen von unten kommenden Windstoß gegenüber der Luftströmung, so wird der Angriffspunkt des Auftriebs sich nach vorn verschieben, und das Flugzeug würde bestrebt sein, den zu groß gewordenen Anstellwinkel noch weiterlin zu vergrößern. Da aber der Windstoß auch auf die Leitwerkfläche von unten trifft, wird diese eine, den Kräften am Flügel

entgegengesetzte, Drehkraft äußern, die bei richtiger Entfernung von dem Tragflügel und richtiger Größe der Leitwerkflächen das Flugzeug wieder in die richtige Lage zurückdreht. (Abb. 13.) Derselbe Vorgang tritt bei einem von oben kommenden Windstoß in umgekehrter Weise ein. Das Verstellen der Ruderfläche von Hand



des Führers im Fluge bringt nun die Wirkung mit sich, daß der Flügel dadurch gezwungen wird, sich mit einem der neuen Ruderstellung entsprechenden Anstellwinkel durch die Luft zu bewegen,



und es wird sich ein anderes Verhältnis von Auftrieb zu Widerstand und ein dementsprechend geänderter Gleitwinkel einstellen. Die richtige Stellung des Höhenruders ist die, daß beim Normalflug keine Kräfte vom Höhenleitwerk aufgenommen werden. Damit das Flugzeug die einmal eingenommene Lage beibehält, ist es dann notwendig, daß die hebenden und hemmenden Luftkräfte den nach unten ziehenden und vorwärtstreibenden Gewichtskräften gleich sind. Es muß also mit Abb. 14 sein:

Auftrieb = Bahndruck.

Widerstand = Bahnzug.

Den Bahndruck nennen wir die senkrecht zu der abwärts geneigten Flugbahn wirkende Teilkraft des gesamten Flugzeuggewichtes, und den Bahnzug die in der Flugbahn wirkende Teilkraft des Gesamtgewichtes,

Ist die Flugbahn unter dem Winkel ϕ gegen die Horizontale geneigt, so ist also:

Auftrieb == Gewicht · cos φ Widerstand == Gewicht · sin φ

Da indessen der Gleitwinkel im allgemeinen sehr flach ist, wird $\cos \varphi \sim 1$ und $\sin \varphi = 0.0175 \, \varphi^0$, ferner $\varphi^0 = 57.3 \, \varphi$ (im Bogenmaß).

Es ist also mit Verwendung der Formeln (1) und (2)

Auftrieb =
$$e_a \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} v^2 = G$$
 (Gewicht)

Widerstand = $c_W \cdot F \cdot \frac{\rho}{2} v^2 = G \cdot \varphi$ (φ ist im Bogenmaß gemessen) aus (5) und (6) folgt durch Division:

(7)
$$\frac{C_w}{C_a}$$
 = φ (im Bogenmaß)

Die Fluggeschwindigkeit "v" ist aus (3) zu bestimmen, als: $v = \sqrt{\frac{G}{e_a \cdot F \cdot \frac{\rho}{\Omega}}} \text{ was mit } \rho = \frac{1}{8} \text{ sich bestimmt zu:}$

$$(8) \dots v = 4 \sqrt{\frac{G}{c_n \cdot F}}$$

Das Verhältnis von G (Gewicht): F (Flächengrösse) nennt man Flächenbelastung des Flugzeuges. Ein Gleitflugzeug das also mit 15 m^2 Tragflächengrösse 135 kg Fluggewicht (Flugzeuggewicht und Führergewicht) besitzt, hat eine Flächenbelastung von $\frac{135}{15} = 9 \text{ kg}$ je m^2 , d. h. der Quadratmeter Tragflügel trägt je 9 kg des Gewichtes.

Mit einem $c_a = 0.85\,$ würde also beispielsweise die Fluggeschwindigkeit sein:

$$v = 4 \sqrt{\frac{9}{0.85}} = \frac{4 \cdot 3}{0.922} = 13 \text{ m/s}.$$

Neben der Fluggeschwindigkeit interessiert uns nun auch noch die Fallhöhe, die wir dabei je Sekunde zurücklegen, d. h. die Falloder Sinkgeschwindigkeit unseres Flugzeuges.

Die Sinkgeschwindigkeit, die wir mit v_y bezeichnen, ist nach Fig. 14 zu errechnen als: $v_y = v \cdot \sin \varphi$ und da bei kleinen Winkeln $\sin \varphi = \varphi$ (Bogenmaß), so ist

(9)....
$$v_y = v \cdot \frac{ew}{ea}$$

dann wird aber mit Anwendung der Formel (8)
 $v_y = 4 \sqrt{\frac{G}{ea \cdot F}} \cdot \frac{ew}{ea}$

2 Volckmann, Flugzeugbau

$$(10) \dots v_y = 4 \frac{\sqrt{\frac{G}{F}}}{\sqrt{\frac{\mathbf{ca}^2}{\mathbf{cw}^8}}}$$

Den Ausdruck $\sqrt{\frac{ca^3}{c\,w^3}}$ nennt man die Steigzahl, weil derselbe wie bei Gleitflugzeugen die Sinkgeschwindigkeit beim Motorflugzeug ein Maß der Steiggeschwindigkeit darstellt. Man bezeichnet

$$\sqrt{\frac{ca^3}{cw^2}} = x$$

die Größe von z errechnet man aus dem für das gesamte Flugzeug gültigen Polardiagramm (siehe Heft 4, Grundlagen der Fluglehre).

Bei normalen Übungsgleitflugzeugen liegt \varkappa zwischen 7÷12, mit dem Mittelwert $\varkappa=10$, würde unser Flugzeug also z. B. eine Sinkgeschwindigkeit von $v_y=\frac{4\sqrt{9}}{10}=1,20$ m/s haben. Wir würden also ein Gefälle von 60 m in 50 s durchfliegen. Je nach dem Anstellwinkel ändert sich die Steigzahl und erreicht ihren Größtwert bei größeren Anstellwinkeln als denjenigen, die zum besten Gleitwinkel gehören.

Aufbau und Konstruktion des Gleitflugzeuges.

Der Aufbau des Gleitflugzeuges zeigt im wesentlichen die gleichen Teile wie die der sonstigen Flugzeuge.

Der Unterschied ist in der Hauptsache der, daß infolge des besonderen Verwendungszwecks und der geringeren Gewichte eine weitgehende Vereinfachung aller Teile stattfindet.

1. Hängegleiter.

Die älteste Form des Gleitflugzeuges und der Flugzeuge überhaupt ist der Hängegleiter.

Diese Flugzeuggattung, deren sich Lilienthal bereits bei seinen Versuchen bediente, hat zwei besondere Merkmale:

- Steuerung erfolgt nicht durch bewegliche Ruderflächen, sondern durch Schwerpunktsverlegung des Führergewichtes.
- 2. Der Abflug und die Landung wird durch Anlaufen und Aufsprung des Führers bewerkstelligt, ohne Zuhilfenahme einer besonderen Landeeinrichtung (Kufe oder Räder).

An die Geschicklichkeit und turnerische Befähigung des Führers werden dabei immerhin einige Anforderungen gestellt. Damit ein solches Flugzeug überhaupt steuerfähig ist, müssen bestimmte konstruktive Bedingungen erfüllt sein. So soll die Spannweite der Flügel im allgemeinen 6 Meter als Grenzmaß nicht überschreiten.

Andererseits soll die Flächenbelastung nicht mehr als 7 kg je m² betragen.

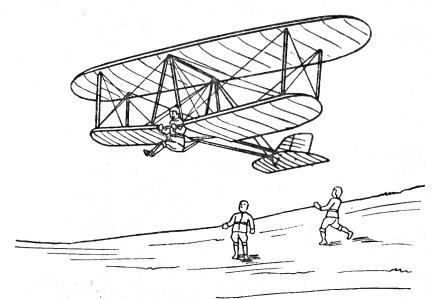


Abb. 15. Verspannte Doppeldeckerbauart

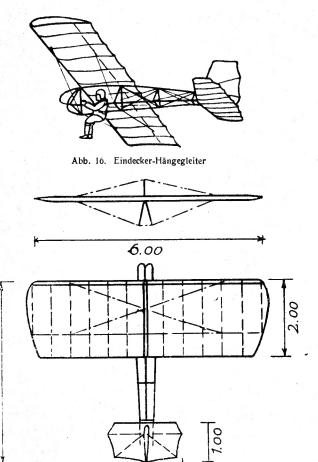
Um diese Forderungen zu verwirklichen, bedient man sich fast allgemein der verspannten Doppeldeckerbauart, die in Abb. 15 dargestellt ist. Man hat indessen auch den Versuch mit einfachen Eindeckertypen gemacht und es ist wohl möglich, auch hiermit gute Leistungen zu erzielen.

Der Aufbau eines Eindecker-Hängegleiters ist in Abb. 16a dargestellt.

Der Hängegleiter besitzt wie alle Flugzeuge Tragflügel, die den Auftrieb erzeugen, und die notwendigen Leitwerkflächen. Höhenleitwerk zur Längsstabilisierung, Seitenleitwerk zur Knrsstabilisierung.

Alle diese Flächen sind starr miteinander verbunden und können während des Fluges nicht verstellt werden.

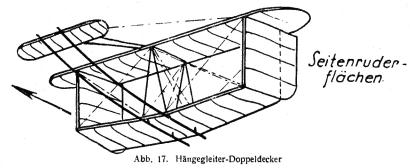
Der Führer hängt in einem barrenartigen Rumpfgestell. Je nach Bauart befindet er sich zwischen oder unter den Flächen. Da ein solches Flugzeug besonders leicht sein muß, verwendet man verspannte Bauarten und versucht soviel tragende Fläche wie irgend möglich unterzubringen. Der Flächeninhalt schwankt bei



2.00
Abb. 16a. Aufbau eines Eindecker-Hängegleiters

bewährten Hängegleitern zwischen 10 und 14 m². Vorteilhaft ist im Hinblick auf das vorher Gesagte die Entenbauart, die dem Modellbauer ja bekannt ist. Einen Hängegleiter-Doppeldecker dieser Art stellt Abb. 17 dar.

Die äußeren Stielebenen sind bespannt und nach hinten verlängert und dienen zur Erhaltung der Kursstabilität. Die Kopfsteuerfläche ist stark positiv angestellt und besitzt stark gewölbtes Profil. Der Flugzeugschwerpunkt liegt an der Tragflügelvorderkante, weshalb der Führer sich vor der Tragflügelvorderkante befinden muß.



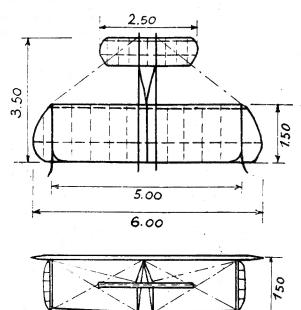


Abb. 17a. Aufbau eines Hängegleiter-Doppeldeckers

Die Flügelprofile dieser, sowie der anderen Bauarten, sollen eine mittlere Wölbung von ca. 1/15 besitzen und nicht sonderlich dick sein.

Brauchbare Profile sind die Göttinger Profile Nr. 484, 496, 499, 558, 580.

4.80

Man darf sich beim Hängegleiter nicht darüber hinwegtäuschen, daß die bedingte kleine Spannweite und einfache Bauart Hochwertigkeit in aerodynamischer Beziehung von vornherein ausschließt und Gleitzahlen von 1:6 bis 1:8 bereits Bestwerte darstellen.

Die Berechtigung des Hängegleiters als fliegendes Sport- und Übungsgerät soll deshalb keineswegs bestritten werden.

Abb. 18 zeigt den noch immer unbesiegten Meister im Hängegleiter, Flieger W. Pelzner aus Nürnberg im Fluge.



Abb, 18. W. Pelzner-Nürnberg im Fluge

2. Sitzgleiter.

Der Sitzgleiter hat sich aus dem Hängegleiter dadurch entwickelt, daß die Steuerung wie bei allen sonstigen Flugzeugen durch Ruderklappen betätigt wird (Abb. 19).

An den Tragflügeln befinden sich die Querruder, die miteinander gekuppelt so betätigt werden, daß beim Heraufschlagen der einen Klappe die andere die entgegengesetzte Bewegung ausführt.

Die am Rumpfende befindlichen Steuer-Organe sind das Höhenleitwerk, bestehend aus der feststehenden Höhenflosse und dem beweglichen Höhenruder und das vertikal angebrachte Seitenleitwerk, ebenfalls in feste Kielfläche und bewegliches Seitenruder unterteilt.

Der Führer sitzt auf einem einfachen Rumpfgestell, an welchem die zur Betätigung der Ruder dienende Steuerung angebracht ist. Die aus Stahlrohr hergestellte Steuerung ist so eingerichtet, daß die Bewegung eines senkrecht stehenden und nach allen Seiten schwenkbaren Hebels (Knüppel) die Bewegungen der Höhen- und Querruder bewirkt. Schwenken in Flugrichtung gibt Höhen- bzw. Tiefenruderausschläge, Schwenken quer zur Flugrichtung gibt Querruderausschläge. Alle dazwischen liegenden Bewegungen betätigen in entsprechender Weise beide Ruder.

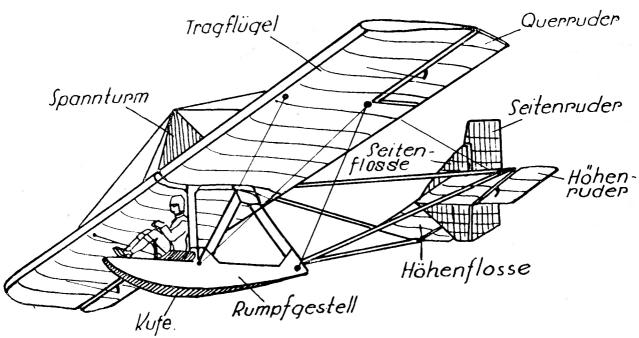


Abb. 19. Schema des Sitzgleiters

Das Seitenruder wird durch einen durch die Füße betätigten Hebel bewegt. Die Hebelbewegung ist direkt mit dem Seitenruder gekuppelt.

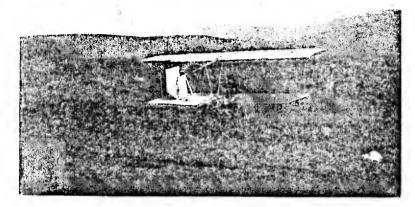


Abb. 20. Schuldoppeldecker "Frohe Welt"

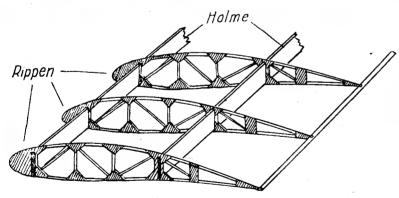


Abb. 21. Flügelinnenaufbau

Damit ein derartiges Gleitflugzeug sich in die Luft erheben kann, ist ein Gummiseil nötig, an welchem es von Startmannschaften angezogen wird, da der Führer allein den Abflug nicht bewerkstelligen kann.

Der Sitzgleiter ist deshalb mit einer (früher zwei) schneeschuhartigen Kufe ausgerüstet (unter dem Rumpfgestell befindlich), auf der das Flugzeug über den Boden gleitet und so startet und landet.

Die älteste aus dem Hängegleiter entwickelte Form ist der Doppeldecker. Ein solches Flugzeug ist beispielsweise die "Frohe Welt" (Abb. 20) aus dem Jahre 1922. Um den Aufbau einfacher zu gestalten, ging man in der Folge zum Eindecker über.

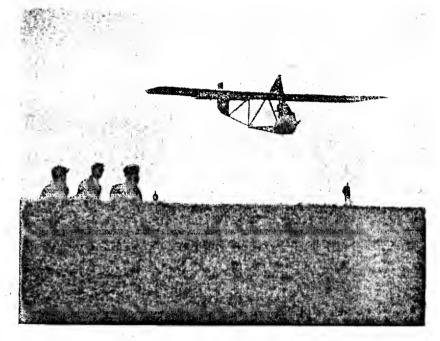


Abb. 22. Gleitflugzeug-Zögling der Rhön-Rossitten-Gesellschaft Wasserkuppe

Der heute gebräuchlichste Sitzgleiter ist ein verspannter Eindecker mit offenem Gitterrumpf. Die Flügel sind zweiholmig (Abb. 21). Die Holme sind hochkant stehende Bretter (8—12 cm hoch, 1—2 cm breit) aus gutem Fichten- oder Kiefernholz. Die Rippen sind in Sparbauweise ausgeführt und als Profile verwendet man mittelstarke Querschnitte. Es seien genannt die Göttinger Profile Nr. 358 (Djävlar-Profil) 389, 398, 426, 497, 532, 533, 549, 580.

Versteift wird der Flügel durch eine bis zum Vorderholm reichende Sperrholznase und eine Innenverspannung, die durchweg in dem freitragenden äußeren Flügelende durch steife Holzdiagonalen ersetzt ist, damit sich dieser Flügelteil nicht verdrehen kann und bei Querrudergeben kein Verwinden eintritt. Der Rumpf ist ein aus stärkeren Holzstäben gebildeter Fachwerkverband, der festigkeitshalber teilweise, besonders an den Knotenpunkten, mit Sperrholz beplankt ist. Vom Rumpfgestell aus werden die Flügelholme von oben und unten durch Stahldrähte verspannt, und zwar laufen normalerweise nach jeder Flügelhälfte von oben zwei Drähte (an Vorder- und Hinterholm), von unten drei Drähte (1 an Vorder- und 2 an Hinterholm).

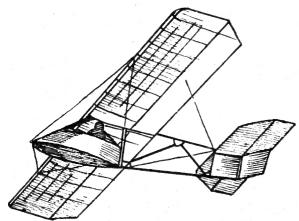


Abb. 23. Djävlar Anamma von Schleicher-Poppenhausen

Die Steuer sind an ein nach rückwärts herausragendes Gestell angeschlossen, welches verschiedene Ausführungen in Holz oder Stahlrohr zeigt.

Die Leitwerkflächen sind in Holzbauweise hergestellt.

Damit die Steuerwirkung exakt eintritt, müssen alle Ruderflächen so durch Diagonalstäbe ausgesteift sein, daß bei Festhalten der Hebel ein Verbiegen derselben nicht möglich ist.

Das Schwanzgestell wird vom Flügelhinterholm aus verspannt, mit je 1 bis 3 Drähten je Flügelseite.

Verschiedene Bauarten sind aus den Abb. 22 und 23 ersichtlich.

Die aerodynamische Berechnung des Gleitflugzeuges.

Zur aerodynamischen Berechnung des Gleitflugzeuges müssen wir die Polare des für dasselbe in Anwendung gekommenen Profils auf das betreffende Seitenverhältnis umrechnen.

Wir erläutern dies an unserem Beispiel. Wir verwandten das Profil Göttingen Nr. 532 (Ergebnisse d. A. V.-A., III. Lieferung) Das Seitenverhältnis unseres Flügels war 10,0 m: 1,50 m = 6,67.

Der Widerstandsbeiwert wird dann jeweils vermindert um

$$\triangle \text{ cwi} = \frac{\text{ca}^2}{\pi} \left(\frac{1}{5} - \frac{1}{6.67} \right) = 0.0159 \text{ ca}^2.$$

Die Tabelle zeigt den Rechnungsgang.

100	100	100	100	100	Ca	Ca ⁸
Са	Cw 5	△ Cwi	C w 6.67	Cwg	Cwg	Cwg ²
31.2	1.91	0.15	1.76	4.76		
42.0	2.38	0.28	2.10	5.10	8.2	Ì
52.8	3.03	0.44	2.59	5.59	9.5	
63.5	3.71	0.64	3.07	6.07	10.5	
73.1	4.60	0.85	3.75	6.75	10.8	96
84.1	5.78	1.12	4.66	7.66	11.0	102
104.5	8.65	1.73	6.92	9.92	10.5	116.0
122.8	11.8	2.4	9.4	12.4	9.9	120
137.2	15.6	3.0	12.6	15.6	8.8	106
140.0	20.4	3.1	17.3	20.3	6.9	67

Der schädliche Widerstand des Rumpfes, Leitwerks, der Drähte und des Führers wird mit 0,45 m² eingeschätzt. Dann ist der Beiwert des schädlichen Widerstandes gleich

$$100 \text{ cws} = 3.0, \text{ cws} = \frac{0.45}{15} = 0.03$$

Durch Addition dieses Wertes zu $c_{\rm w.6.67}$ erhalten wir die Beiwerte für das gesamte Flugzeug $c_{\rm wg}$. Daraus errechnen wir Gleitwinkel und Steigzahl, deren Bestwerte sich ergeben zu

$$\frac{\frac{c_a}{c_{wg}}}{\frac{c_a^3}{c_{wg}^2}} = 11.0$$

Die beste Sinkgeschwindigkeit ist dann bei ca. 9kg Flächenbelastung

$$v_{\gamma_{best}} = 4 \sqrt{\frac{9}{120}} = 1 \cdot m/s.$$

Diese Werte erheben keinen Anspruch auf große Genauigkeit. da der Beiwert des schädlichen Widerstandes nicht absolut genau auszurechnen ist und mehr oder weniger auf Annahmen beruht.

Für den Konstrukteur ist noch als besonders wichtig zu nennen, die richtige Entfernung und Größe des Höhenleitwerkes in bezug auf die Tragflügel. Eine für normale Verhältnisse gültige Beziehung zwischen den einzelnen in Abb. 24 schematisch dargestellten Größen ist durch Abb. 25 graphisch dargestellt.

 $\frac{1}{t} \text{ ist das Verhältnis von } \frac{\text{Leitwerkabstand}}{\text{Tragflügeltiefe}} \\ \frac{F}{f} \text{ ist das Verhältnis von } \frac{\text{Tragflügelgröße}}{\text{Leitwerksflächengröße}}$

Wählt man die angegebenen Maßverhältnisse, dann soll der Schwerpunktsabstand 35 bis 37% der Flügeltiefe von vorn betragen.

Es ist natürlich in jedem Falle unbedenklich, über die angegebenen Werte $\frac{1}{t}$ und $\frac{f}{F}$ hinauszugehen, nur kleiner dürfen sie nicht sein.

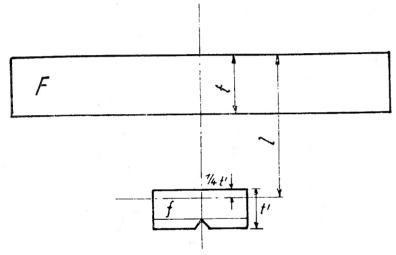


Abb. 24. Schematische Darstellung der Abmessungen zur Stabilitätsrechnung

Man bleibe also immer auf der nicht schraffierten Seite der Kurve.

Den Schwerpunkt des besetzten Flugzeuges stellt man fest, indem man unter die Kufe eine Rolle legt und das Flugzeug solange darauf verschiebt, bis es in der Waage ist. Über diesem Punkt liegt der Schwerpunkt.

Die Abb. 26 erläutert dieses einfache Verfahren, daß man bei einer neuerbauten Maschine vor den ersten Sprüngen immer anwenden muß.

Man wird nun die Auflagerung des Höhenleitwerkes immer so einrichten, daß man den Einstellwinkel der Höhenflosse in gewissen Grenzen verändern kann.

Vorderlastigkeit (Schwerpunkt zu weit vorn), behebt man dann durch Vermindern des Einstellwinkels, der Höhenflosse, Hinterlastigkeit durch die entgegengesetzte Verstellung.

Liegt der Schwerpunkt weiter zurück als 40 bis 45% der Flügeltiefe, dann muß durch Zusatzgewichte in der Rumpfspitze oder durch Vorrücken des Führers die Falschlastigkeit ausgeglichen werden.

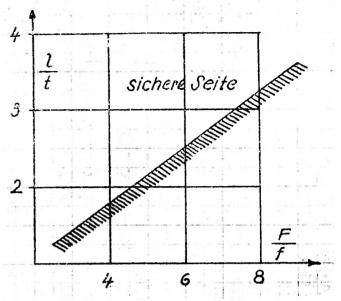
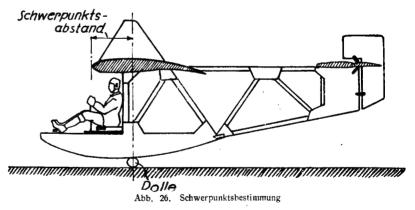


Abb. 25. Graphisches Rechenblatt zur Bestimmung der notwendigen Höhenleitwerksfläche



Das Verstellen der Höhenflosse bringt in solchen Fällen keinen stabilen Ausgleich mehr zustande.

Hinweisen möchten wir noch auf die von der Rhön-Rossitten-Gesellschaft herausgegebenen Rechenblätter zur Stabilitätsberechnung, an Hand deren eine genaue Berechnung möglich ist.

Die Festigkeitsberechnung des Gleitflugzeuges.

Die notwendigen Rechnungen zur Bestimmung der Holmquerschnitte, Kabel oder Streben-Durchmesser seien hier auf eine möglichst einfache Weise dargestellt.

Die in normalem Fluge von den Flügeln getragene Last verteilt sich bei günstiger Lage der Holme nahezu gleichmäßig auf Vorderund Hinterholm. Es entfällt also auf einen Holm das drei- oder vierfache der Fluglast, wenn man gemäß den "Festigkeitsforde-

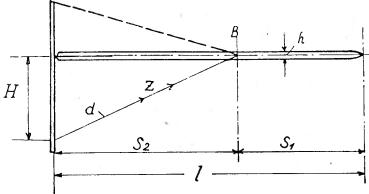


Abb. 27. Darstellung der zur Festigkeitsrechnung der Holme notwendigen Größen

rungen für Gleit- und Segelflugzeuge", ZFM. 1927, Heft .10, die sechsfache Normalflugfestigkeit erreichen will.

Beim verspannten oder verstrebten Eindecker erhalten wir dann, wenn wir einen Schnitt durch eine Holmebene legen, das Bild wie Abb. 27.

Die von unten nach oben drückenden Auftriebskräfte rufen dann eine Durchbiegung des Holms hervor, die übertrieben in Abb. 28 dargestellt ist. Stellen wir uns nun diese Belastung bis zum Bruch durchgeführt vor, so erkennen wir, daß die Bruchstellen (gefährlichen Querschnitte) etwa in der Mitte des abgestützten Holmteiles S2 und in dem Abstützpunkt liegen. Will man also möglichst so bauen, daß die am meisten beanspruchten Stellen gleiche Festigkeit haben, so muß man ein bestimmtes Verhältnis S2/S1 wählen.

Dazu dient das Diagramm in Abb. 29. Wir rechnen mit Hilfe der durch die Konstruktion gegebenen Maße H = Abstützhöhe (cm) h = Holmhöhe (cm), l = Holmhöhe (cm), l = Holmhöhe (cm) den Wert $A = \frac{200 \ H \cdot h}{l^2}$ aus, gehen von diesem Punkte des Diagramms nach rechts bis zu

der eingezeichneten Kurve und finden senkrecht unter derselben das betreffende Stützverhältnis $\frac{S_2}{S_1}$.

Ein Beispiel erläutere diese Rechnung:

Wir haben ein Flugzeug konstruiert mit $21 \pm 10\,\mathrm{m}$ Spannweite. Die Holme werden $h \pm 9\,\mathrm{cm}$ hoch, was wir durch eine Profilzeichnung ermittelt haben. Der Anschlußpunkt der Tragdrähte liegt $H \pm 110\,\mathrm{cm}$ unter der Holmmitte.

Dann wird A = $\frac{200 \cdot 110.9}{500 \cdot 500} \sim 0.8$ (gestrichelt eingezeichnet)

Damit ergibt sich $\frac{S_2}{S_1} = 1,76$.

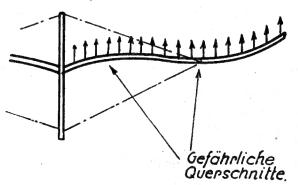


Abb. 28. Durchbiegung des Holms (übertrieben)

Der Abstand des Stützpunktes B von außen (die Länge S1) ist dann

$$S_1 = 1: (\frac{S_2}{S_1} + 1)$$
 also $S_1 = 1.81$ und danach $S_2 = 3.19$.

Die Holmbreite errechnet man nun nach der Formel

$$b = \frac{q}{1000 \cdot h} \left(\frac{6 \cdot s^2}{h} + \frac{l^2}{H} \right)$$

wobei ein rechteckiger Holmquerschnitt voransgesetzt ist.

Wer in die Grundlagen der Festigkeitslehre eingedrungen ist, mag wissen, daß diese Formel entsteht, wenn man die Summe der vorhandenen Spannungen in den gefährlichen Querschnitten bildet. Es ist die maximale Spannung

$$\tau_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W} + \frac{D}{F}$$

wobei $M_{max} = S_s^2 \cdot \frac{q}{2}$ die größte Biegespannung in kg/cm².

 $D = \frac{q}{2} \frac{l^2}{H} = Druckbelastung$ des inneren Holmfeldes in kg.

 $W = \frac{b h^2}{6} = Widerstandsmoment des Holms in cm³.$

 $F = b \cdot h = Querschnitt des Holmes in cm².$

Setzt man als zulässige Spannung bei Fichtenholz, wie dies normalerweise für Holmbau Verwendung findet

$$\tau_{\rm max} = 500 \ kg/cm^2$$

dann ergibt sich der obige Ausdruck.

Bei Kastenholmquerschnitten muß man bedenken, daß $W = \frac{b}{6 \cdot ha} (ha^3 - hi^3) \text{ und } F = b (ha - hi) \text{ ist. Abb. 30.}$

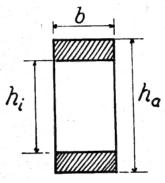


Abb. 30. Kastenholm

Diese Querschnittform ist aus Gründen der Einfachheit kaum am Platze. In unserem Beispiel wäre also bei vollem, rechteckigem Querschnitt und vierfacher Last auf einem Holm, die Holmbreite

b =
$$\frac{0.4}{1000 \cdot 9} \left(\frac{6 \cdot 181^2}{9} + \frac{500^2}{110} \right) = 1.07 \sim 1.1 \text{ cm.}$$

Der Buchstabe q bedeutet die auf 1 cm Holm entfallende Last in kg, also beispielsweise bei $10 \, \mathrm{m} = 1000 \, \mathrm{cm}$ Spannweite tragen die Flügel das Gewicht von Führer und Rumpf = $100 \, \mathrm{kg}$, dann ist q einfach $\frac{100}{1000} = 0.1 \, \mathrm{kg}$ je cm. Der vierfachen Last entspricht q 4 fach = $0.4 \, \mathrm{kg}$ je em Holmlänge.

Es wird nun oft aus konstruktiven Gründen nicht immer möglich sein, das errechnete Verhältnis von S2/S1 genau einzuhalten. In diesem Falle wähle man immer ein Stützverhältnis, welches kleiner (nie größer) ist, als durch die Rechentafel angegeben.

Die Rechenformel für die Holmbreite des Rechteckholmes bleibt bestehen. Nun interessiert noch die Zugkraft Z, die von den Tragdrähten d aufgenommen werden muß (Abb. 27).

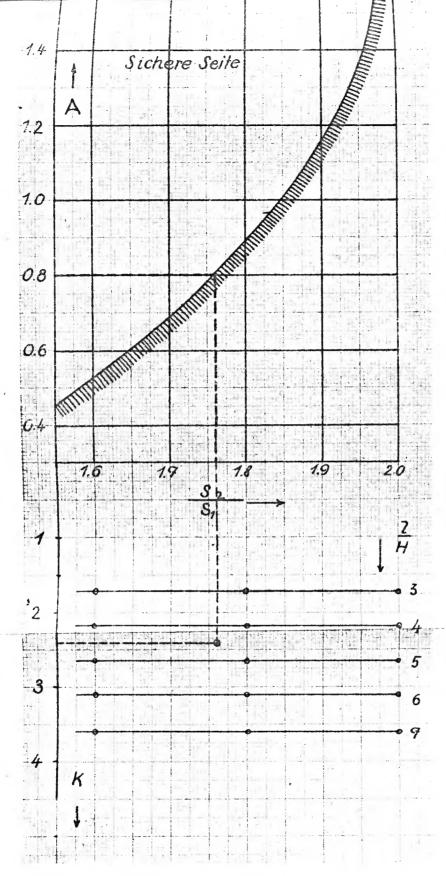
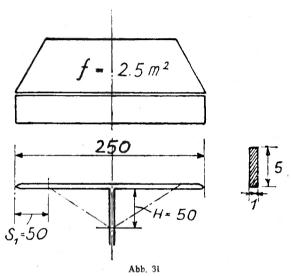


Abb. 29. Rechenblatt zur Festigkeitsrechnung der Flügelholme

Bezeichnet man das Stützverhältnis $\frac{S_2}{S_1} = \lambda$, dann ist je nach dem Verhältnis von H (Stützhöhe) : 1 (Halbspannweite)

$$z = \frac{q+1}{2} \sqrt{\left(\frac{1+\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{1}{H}\right)^2}$$

der Ausdruck $\frac{1}{2} \int \left(\frac{1+\lambda}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{1}{H}\right)^2 = K$ ist ebenfalls auf Abb. 29 graphisch dargestellt und kann daraus direkt entnommen werden. q·1 ist die Holmlast (in kg).



In unserm Beispiel wäre also $q \cdot 1 = 0.4 \cdot 500 = 200 \text{ kg mit } \left(\frac{1}{H}\right) = 4.55$ erhielten wir: $k = 2 \cdot 4$ und demnach $z = q \cdot 1 \cdot k = 200 \cdot 2.4 = 480 \text{ kg}$.

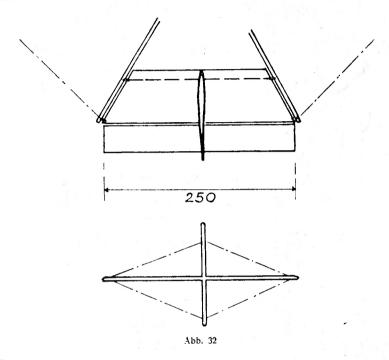
Der am Flügelbeschlag angreifende Draht soll also 480 kg Zug aufnehmen können.

Verwenden wir sogenannten Klaviersaitendraht (Tiegelgußstahldraht), so können wir bei sauberer Ausführung der Anschlußösen mit einer Festigkeit von 80 bis 100 kg/mm² rechnen. Das heißt für $480\,\mathrm{kg}$. Zug brauchen wir $\frac{480}{100}=4.8\,\mathrm{mm}^2$ Drahtquerschnitt. Der Drahtdurchmesser ist dann $\varnothing=2.5\,\mathrm{mm}$.

Für die weitere Errechnung der Anschlußpunkte dienen dann die in den Heften dieser Sammlung "Der Bau des Flugzeuges", Heft 1—3 wiedergegebenen Rechnungsarten.

Im allgemeinen möchten wir nur noch darauf hinweisen, daß man bei der Ausführung der Beschläge nicht zu sparsam mit der Dimensionierung des Materials umgehen soll. Gerade von einer Schulmaschine oder einem Übungsflugzeug werden kräftige und dabei einfache Beschläge verlangt.

Neben der Tragfläche ist das Höhenleitwerk der wichtigste Teil des Flugzeuges, weshalb man es mit in die Festigkeitsrechnung einbezieht.



Wir wollen zwei Fälle behandeln.

Eine vielfach verwendete Form ist in Abb. 31 dargestellt. Wir denken die Last gleichmäßig auf den Hauptholm verteilt. Als größte Last soll 150 kg/m² Steuerfläche gerechnet werden. Dann wird der Holm mit q=1.5 kg/cm belastet.

Wenn wir nun beispielsweise einen rechteckigen Holmquerschnitt mit b = 1 cm und h = 5 cm wählen, dann ist das Widerstandsmoment $\frac{1 \cdot 5^2}{6} = 4.2 \, \mathrm{cm}^3$ setzen wir nun wiederum $\tau_{max} = \frac{M}{W} + \frac{D}{F}$ dannist für

unser Beispiel $\frac{D}{F} = \frac{\frac{q}{2}}{\frac{1}{h}} \frac{1^3}{\frac{1}{h}} = \frac{234}{5} = 47 \text{ kg/cm}^2.$

Demnach darf also bei $\tau_{\rm max} = 500 \, {\rm kg/cm^2} \, \frac{M}{W} = 500 - 47 = 453 \, {\rm kg/cm^2}$

werden, und es ist $M = 453 \cdot 4.2 \sim 1900 \text{ kg/cm}$ da nun aber $M = \frac{q}{2} S_1^2$ so ist $S_1 = \sqrt{\frac{2M}{g}} S_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1900}{1.50}} = \sqrt{2540} S_1 \approx 50 \text{ cm}$.

Der Vorderholm wird durch den aus Rippen und Diagonalen gehildeten verdrehungssteifen Verband gehalten.

Verwendet man indessen eine Höhenleitwerkaufhängung wie in Abb. 32 angegeben, so hat man die größte Belastung in der Holmmitte jeder Leitwerkhälfte anzusetzen. Das Moment ist ^q· l².

Mit den Abmessungen und Belastungen des ersten Beispiels erhielten wir also $M_{\rm max} = \frac{1.5 \cdot 125^2}{g} \sim 2930 \, {\rm cm \ kg}$.

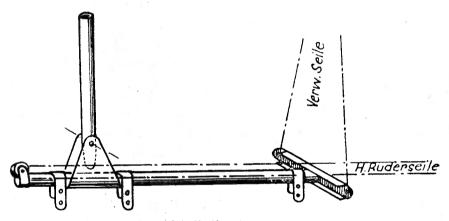


Abb. 33. Normalsteuerung

Der Holm müßte dementsprechend bei 5 cm Höhe eine Breite von b = 1.4 cm besitzen, oder bei 1 cm Breite eine Höhe von 5.9 cm.

Druckspannungen treten deshalb nicht auf, weil die nach den Flügeln laufenden Verspannungsdrähte die Druckkräfte ausgleichen.

Wenn auch mit diesen Rechnungen keinesfalls alle fraglichen Punkte berührt wurden, so wird sich der Leser an Hand der in gleicher Sammlung erschienenen Hefte die weiteren Rechnungen leicht ableiten können. Letzten Endes heißt konstruieren nicht nur rechnen, sondern die Rechnung ist nur Hilfsmittel um die Festlegung bestimmter Materialstärken zu unterstützen.

Der geschickte Konstrukteur wird andererseits bestrebt sein, seine besondere Sorgfalt den vielen und oft übersehenen Einzelheiten und "Kleinigkeiten" zu widmen.

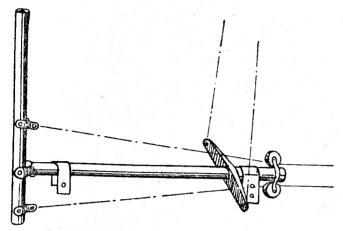


Abb. 34. Steuerung

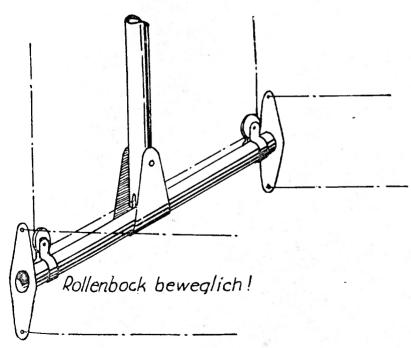


Abb. 35. Steuerung

Hier nur einige Beispiele:

Die Steuerung mit den Anschlüssen für Höhenruder und Querruder. Die Hauptsache ist gute Seilführung und Vermeidung des sog. toten Ganges, vor allem im Querruder. Abb. 33, 34, 35.

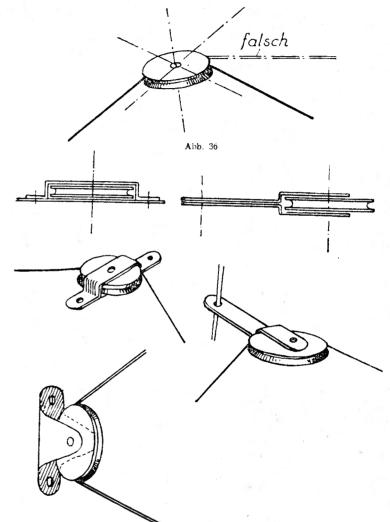
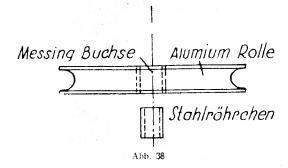


Abb. 37. Feste und bewegliche Rollenlagerung

Seilführungen: Beachte, je größer die Rollen, desto leichter läuft das Seil. Die Ebene, in der die Rolle liegen muß, ist bestimmt durch das hin- und fortführende Seil. Die Rolle soll eine tiefe runde Nute haben, damit das Herausspringen des Seiles vermieden wird.

Die Rolle soll stets gefettet und kontrolliert werden können (Handlöcher). Die Anbringung muß zugleich als Schutz vor dem Herausspringen des Kabels dienen. (Abb. 36, 37 und 38.)



Steuerhebel. Will man auf besondere Durchrechnung von Seiländerungen verzichten, dann mache man die Hebelarme an den Rudern gleich denen an der Steuerung usw. (Abb. 39 u. 40.)

Der Hebel muß so konstruiert sein, daß die Verbindungslinie der Seilangriffspunkte als Gerade durch die Ruderlagerachse hindurchgeht.



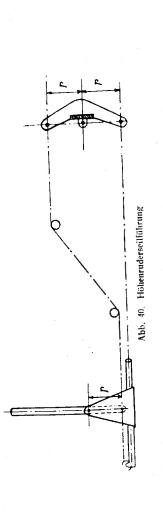
Abb. 39. Seitenruderseilführung

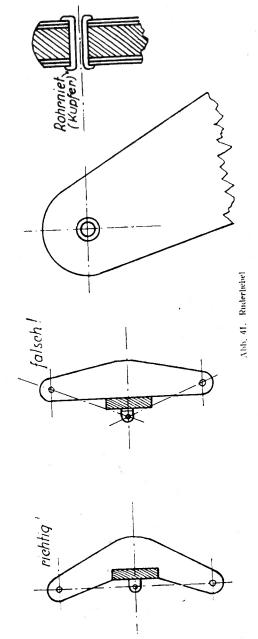
Der Holzhebel ist beiderseits mit Sperrholz beleimt. Die Seilanschlußlöcher sind mit Kupferrohrnieten ausgebuchst. Der Hebel soll in der Zugrichtung der Seile stehen. (Abb. 41.)

Ruderlagerung. (Abb. 42.) Jedes Ruder hat mindestens drei Lagerpunkte. Diese müssen in einer Achse liegen.

Als Lagerbolzen verwendet man Splintbolzen mit 4 bis 5 mm Durchmesser. Zu dem Bolzen gehört Sicherungsnadel und Unterlegscheibe.

Steuerseile. Als Steuerseile verwendet man geflochtene Stahllitzenkabel mit Hanfseele im Durchmesser von 1,8 bis 2,4 mm. Je dünner die Einzeldrähte, desto schmiegsamer ist das Seil.





Die Seilanschlüsse werden am besten verspleißt. (Spleißen muß gelernt sein!). Wer das Spleißen umgehen will, verwende sogen. "Seilklemmen", wobei das herausstehende Endstück des Seiles um-

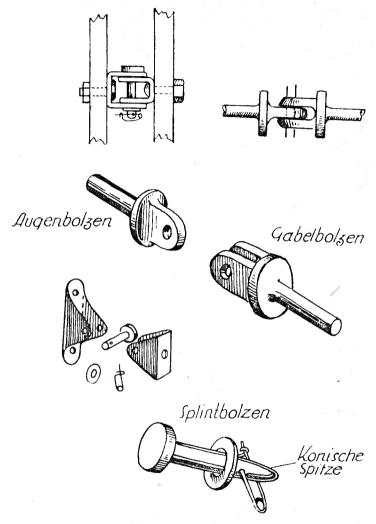
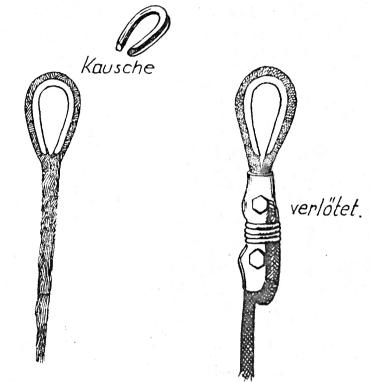


Abb. 42. Ruderlagerungen

gelegt und mit der Klemme verlötet wird. (Abb. 43.) In die Seilöse gehört eine passende Kausche.

Hauptbeschlägean Holmen. Wenn irgend möglich, vermeide man exzentrische und starre Anschlüsse. Die Gelenkbolzen

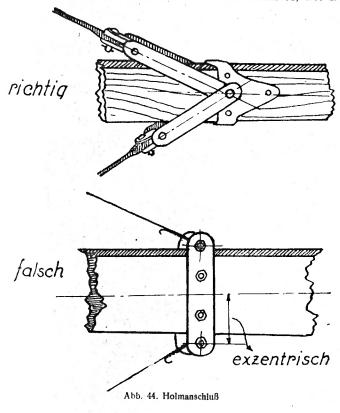


Abb, 43. Seilanschluß gespleißt und mit Seilklemme

Anleitung zu praktischen Flugversuchen.

Hier ist die erste Forderung die Auswahl eines geeigneten Geländes. Das Gleitfliegen wird im allgemeinen von kleinen Erhöhungen vorgenommen, wie Hügel, Deiche, Dämme. Dünen usw. Das idealste Gelände wäre ein frei in der Ebene stehender kahler Hügel, dessen Spitze ein Plateau trägt, groß genug, um nach allen Seiten starten zu können, d. h. jede Windrichtung ausnutzen zu können. Die Startrichtung ist in jedem Falle von der Windrichtung abhängig, d. h. man startet stets gegen den Wind.

Ein derartiges Gelände wird man nicht immer finden, und deshalb zufrieden sein, in der häufigsten Windrichtung der Gegend ein passendes Gelände zu finden, wobei man sich mit Flugübungen eben auf die Tage mit günstigem Wind bescheiden muß. Das Fluggelände muß frei von Hindernissen in der Flugbahn und in unmittelbarer Nähe seitlich derselben sein. Hindernisse, wie Dämme.



Bäume, große Büsche und dergl. geben Luftwirbel und gefährden außerdem beim Anstoßen das Flugzeug.

Telegraphenleitungen, oder gar Hochspannungsleitungen, dürfen selbstverständlich ebenfalls auf keinen Fall im Flugbereich liegen.

Ist das Vorgelände frei von Bäumen, Häusern und Hügeln, also tatsächlich eben, so wird man einen gleichmäßigen, relativ böenfreien Wind erwarten können. Geeignet sind Deiche, die sich über flaches Wiesengelände erheben, Randhöhen breiter Flußtäler (Rheinebene u. ä.), Randhügel zwischen Marsch und Geest, Küstendünen mit breitem, flachen Strand, Ausläufer der deutschen Mittel-

gebirge, höhere Erhebungen der Lüneburger Heide, Sanddünen und Kiesberge in der Mark, und viele mehr. Wenn man natürlich ein Brachland finden kann, hat man gegenüber denjenigen, die sich mit dem Besitzer von in Frage kommendem Kulturland, Wiesen, Ackern usw. über Flurschäden einigen müssen, einen gewaltigen

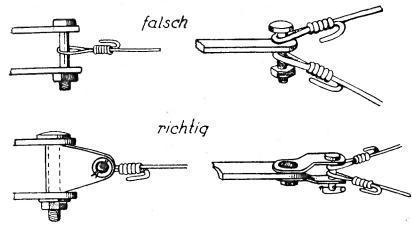


Abb. 45. Spanndrahtanschlüsse

Vorteil. In solchen Fällen müssen die Flugversuche oft auf die Zeit beschränkt bleiben, wo Felder und Wiesen unbestellt liegen.

Auf keinen Fall dürfen Gleitflugversuche von Gebäuden, Steilhängen, Steinbrüchen und dergl. unternommen werden. Derartige Versuche schlagen immer fehl und führen zu Unglücksfällen, und es kann nicht eindringlich genug davor gewarnt werden. (Abb. 47.)

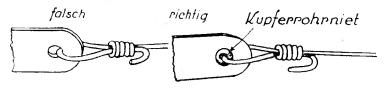
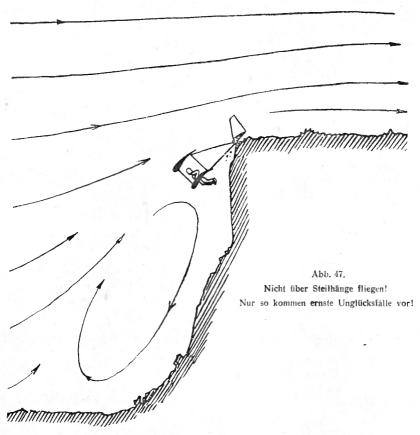


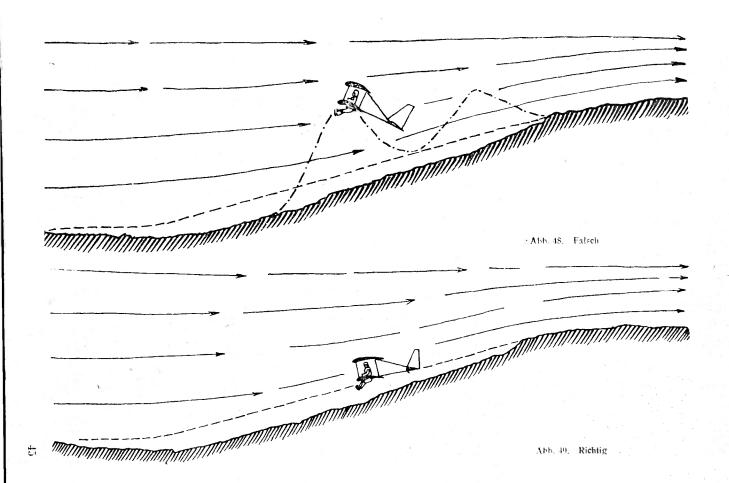
Abb. 46. Drahtverbindung mit Lasche

Der Hang muß möglichst flach abfallen, wenn möglich dem Gleitwinkel des verwendeten Flugzeuges annähernd entsprechen. In solchen Fällen wird man sich trotz längerer Flüge nie sonderlich hoch über den Boden erheben. (Abb. 49.) Es ist durchaus falsch, anzunehmen, der gute Flug zeichne sich durch besondere Höhe über dem Erdboden aus. Ein ruhiger, gestreckter Gleitflug abwärts, in beispielweise 1 m Höhe, ist weitaus besser, als ein Gleit-

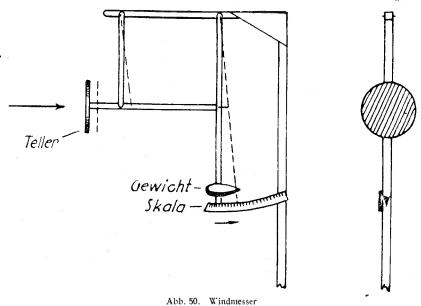
flug in Stufenform (Abb. 48), bei welchem die größte Höhe beispielsweise 10 m. beträgt. Es kommt immer auf die größte Strecke an, und diese wird man nur in gestrecktem, ruhigen Abwärtsgleiten erreichen. (Abb. 49.)



Vor diesen Versuchen prüft man gewissenhaft den Wind auf Richtung und Geschwindigkeit. Die Richtung ist leicht zu ermitteln. Man wirft etwas dürres Gras oder gefiederten Pflanzensamen hoch und läßt dies mit dem Winde treiben. Schwerer ist schon die Bestimmung der Windgeschwindigkeit, denn nicht jeder wird sich einen Windmesser kaufen können. Ein einfacher Windmesser ist leicht hergestellt. Unsere Zeichnung (Abb. 50) veranschaulicht einen solchen, aber auch er ist nutzlos, wenn wir ihn nicht eichen können, z. B. nach einem geliehenen Windmesser oder in einer Wetterwarte.



Diejenigen, die einen Windmesser besitzen, mögen merken: Bei 6 m/s wollen wir unsere Versuche abbrechen. Die übrigen müssen sich auf das Gehör verlassen. Wenn der Wind in einzelnstehenden Bäumen stärker zu rauschen beginnt, wenn sich stärkere Zweige bewegen, wenn Staub, dürres Laub oder Heu aufwirbelt und der Wind im Vorwärtsgehen gegen seine Richtung deutlich wahrnehmbar ist und in den Ohren rauscht, dann ist die Stärke derart, daß wir abbrechen und die Versuche auf besseres Wetter vertagen.

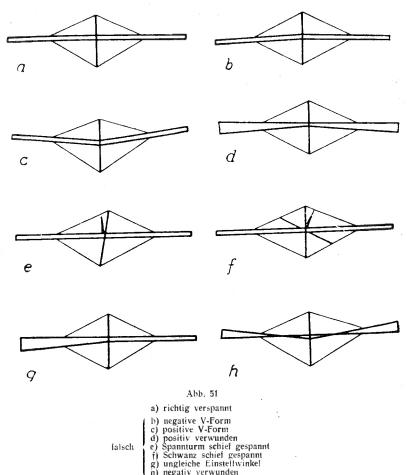


Trockenes Heu darf, wenn man es aus 1,50 m Höhe fallen läßt, höchstens 3-4 m weit fliegen (oben am Start). Fliegt es weiter, ist die Windgeschwindigkeit bestimmt zu hoch. Es wäre vollkommen sinnlos, gewaltsam dennoch Versuche anstellen zu wollen. Leichtsinn ist kein Zeichen von Mut, und man kann lediglich das Flugzeug, sicherlich die Frucht langer, mühevoller Arbeit, dabei zerschlagen. Also, Geduld, und auf passendes Wetter warten. Flüge um die heiße Mittagszeit im Sommer sind möglichst zu vermeiden, da um diese Zeit die Luft durchweg ganz außerordentlich böig ist.

Ist nun auf Grund dieser Darlegungen Gelände, Windrichtung und Windgeschwindigkeit den Versuchen günstig, dann werden die eigentlichen Startvorbereitungen getroffen.

Eine der wichtigsten Startvorbereitungen ist das Verspannen des Flugzeuges. Unter Verspannen versteht man das in die richtige Lage bringen der Tragflächen mit Hilfe von Spannschlössern in den Drähten oder nachstellbarer Anschlüsse an den Stielen.

Wenn man aus einiger Entfernung vor der Maschinenmitte mit einem Auge die Flügelunterseiten von vorn anvisiert, dann muß



die Flügelhinterkante genau parallel mit der Profilnase, also der Flügelvorderkante verlaufen. Andernfalls ist der Flügel verschränkt oder verwunden. Vorher visiert man an der Flügelnase entlang und prüft, ob die Flächen genau gerade ausgerichtet liegen. Wo V-Form vorgeschrieben ist, wird diese geprüft, sonst aber müssen die Flächen in gerader Flucht liegen. Diese Gerade muß zu dem senkrecht stehenden Spannturm oder zu den senkrecht

stehenden Stielen rechte Winkel bilden. Stimmt alles, dann visiert man, ob das Schwanzleitwerk genau in Flucht dahinter liegt, und ob dieses nicht etwa verkantet steht. Diese Verspannungen muß man nach härteren Landungen prüfen, da sich die Drähte längen können. (Abb. 51.)

Bei Aufmontage schließt man erst die oberen Drähte an, und prüft die an diesen sogen. Hängedrähten hängende Fläche auf ihren richtigen Einstellwinkel. Dann erst, wenn alles stimmt, spannt man mit mäßiger Spannung die unteren, sogen. Tragdrähte (weil sie in der Luft tragen), fest. Die Drähte dürfen nicht schlaff sein, aber sie dürfen nicht bis zum Klingen gespannt sein, da sonst in

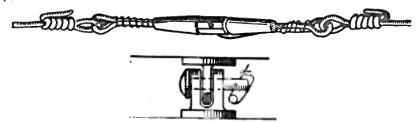
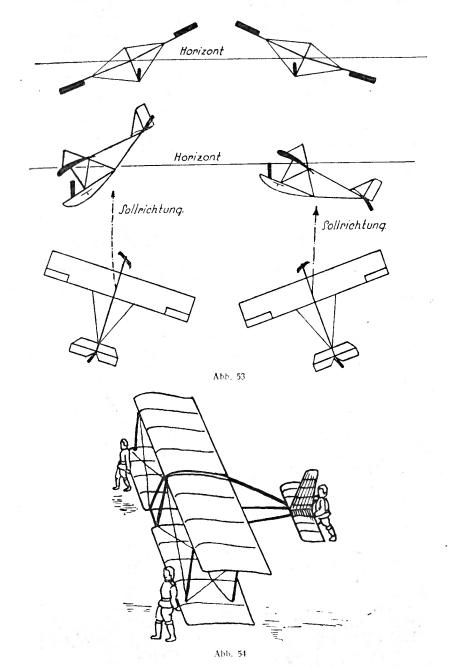


Abb. 52. Spannschloß mit Sicherungsdraht. Polzen mit Sicherheitsnadel

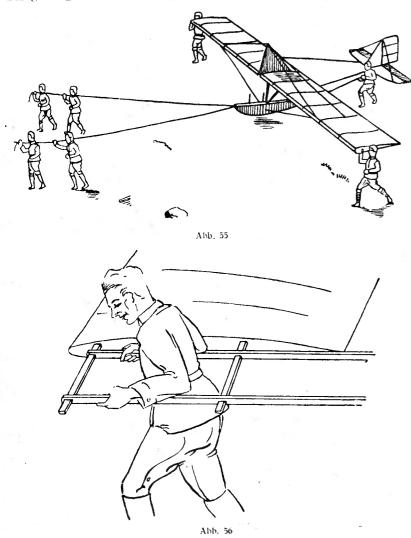
die Materialien zu große Vorspannungen kommen, so daß sie dann evtl. später auftretenden schweren Beanspruchungen nicht mehr standhalten können.

Ist alles in Ordnung, dann sichert man alle Spannschlösser. hauptsächlich auch in den Steuerzügen (Abb. 52). Vor iedem ersten Fluge des Tages prüft man alles durch, auch die Steuer, ob sie richtig angeschlossen sind, ob also bei Betätigung des Knüppels die in der Zeichnung (Abb. 53) dargestellten Bewegungen der Ruder erfolgen (in richtiger Richtung). Nun wird nachgesehen, ob alle wichtigen Anschlüsse richtig gesichert sind, ob keine Muttern abgelaufen sind, usw. Es macht stets einen ganz schlechten Eindruck, wenn in der Luft irgendetwas losgeht, und es ist ärgerlich, wenn durch eine solche Nachlässigkeit unter Umständen das Flugzeug zerschlagen wird. Nun wird das Flugzeug an den Start gebracht. und zwar gehören zum Transportieren eines Hängegleiters mindestens drei, zum Starten und Transportieren eines Sitzgleiters mindestens siehen Mann. Diese Mannschaften müssen genau eingeteilt sein, da bei nicht instruierter Mannschaft das unbemannte Flugzeug wahrscheinlich bald vom Wind umgeworfen wird, wobei immer allerlei zerstört wird. (Abb. 54 u. 55.)

Nun kommt der eigentliche Start. Er soll hier näher beschrieben werden, gesondert, für Hängegleiter und Sitzgleiter.

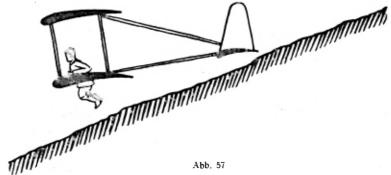


Nachdem der Hängegleiter am Startplatz steht, faßt ihn der Führer, zwischen den Tragholmen stehend, derart, daß der Körper bei gebeugten Armen an der vorher durch Ausmessen und Aus-



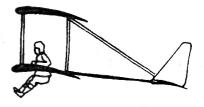
wiegen festgestellten Stelle hängt, daß also der Hängegleiter bemannt die richtige Schwerpunktslage bekommt. Den Apparat in Höhe der Rippen haltend, drückt man jetzt vorn soweit herunter, daß man einen möglichst kleinen Anstellwinkel, also einen mög-

lichst geringen Luftwiderstand bekommt, was das Anlaufen gegen den Wind wesentlich erleichtert. (Abb. 56.) Nun rennt man in vollem Lauf den Hang herab und schwingt, wenn man den Auftrieb soweit spürt, daß man vom Boden gehoben wird, die Beine rückwärts, wodurch der Schwerpunkt rückwärts verschoben wird und Höhensteuer gegeben wird. Dieses Rückwärtsschwingen der Beine erfolgt



fast von selber, da die Beine das Tempo des vorwärts eilenden Apparates nicht mehr halten können, man also gewissermaßen vornüber in die Luft fällt. (Abb. 57.)

Man hält nun den Hängegleiter in der Luft so, daß die Seline der Profile immer schräg abwärts geneigt ist, daß sie also immer nach vorn abwärts zeigt. Dadurch bleibt der Hängegleiter auf Fahrt.

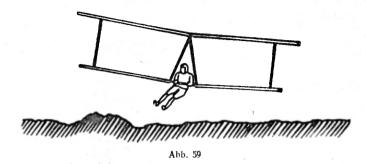




Erst mit zunehmender Sicherheit versucht man ihn flacher zu nehmen. Ihn hochzunehmen, daß also die Profilsehnen aufwärts zeigen, hat keinen Zweck, denn man steigt wohl anfangs etwas an, bis die Energie verzehrt ist, sackt dann aber um so gründlicher durch. Also, immer Fahrt voraus!

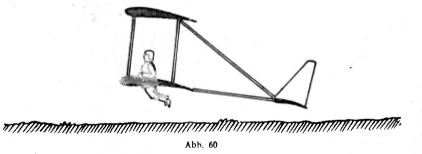
Tiefensteuer gibt man nun, indem man die Beine vorwärts schwingt (Abb. 58), Höhensteuer, durch Rückwärtsschwingen der Beine, also Schwerpunkt vor oder zurück verlegen. Das seitliche Gleichgewicht erhält man durch seitliches Schwingen der Beine, stets nach der Richtung des hochkommenden Flügels. (Abb. 59.)

Vor der Landung gibt man, dicht über dem Boden (Füße 20 bis 30 cm) Höhensteuer durch Rückwärtsschwingen. Die Fahrt voraus nimmt dann ab, und der Führer setzt im Durchsacken ohne wesent-



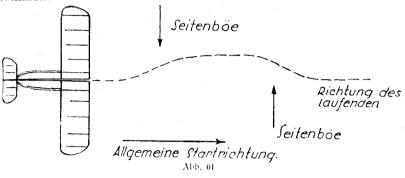
liche Fahrt die Füße auf den Boden. (Abb. 60.) Man wird nach einiger Übung bald die nötige Fertigkeit für die Sache bekommen.

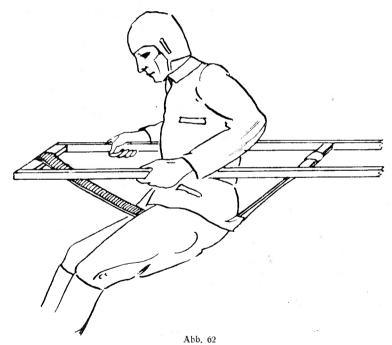
Bedingung ist für den Hängegleiter, daß er nicht zu schwer ist, also auch nicht zu schnell, damit man bei Landungen auf den Beinen bleiben kann. Man wird sonst stets fallen, wenn die Beine



das Tempo auf dem Boden nicht aufnehmen können. Beim Starten, also beim Anlaufen auf dem Boden, kann man in der beschriebenen Weise noch nicht steuern. Es kommen nur Korrekturen seitlicher Böenstöße und mithin seitlicher Schwankungen in Frage. Hierbei muß man die Richtung des Anlaufens stets wechseln. und zwar muß man stets nach der Seite einbiegen, wo ein Flügel hochkommt. (Abb. 61.) Zweckmäßig übt man dieses Anlaufen vor den ersten Flugversuchen. Ein Mann steht beim Start günstig vorn seitlich, und zeigt dem Startenden durch hochgeworfenes dürres Gras die Richtung des Windes an.

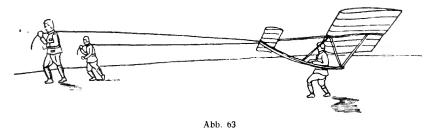
Immer Schritt um Schritt bei den Versuchen vorwärtsgehen, nie glauben, man könne es bereits, nur so wird man zu Resultaten kommen.





Das Anlaufen gegen den Wind kann man bereits in ebenem Gelände üben, dann kommen die ersten Luftsprünge von flachen niedrigen Hängen usw.

Eine Erfahrung zeigt, daß Leuten mit beträchtlicher Körpergröße das Hängegleiterfliegen durchweg außerordentlich schwer fällt, während kleinere, etwas untersetzte Staturen geeigneter sind. Das Fliegen eines Hängegleiters erfordert eine gewisse Kraft und große Geschicklichkeit des Körpers, sowie gesunde Lungen. Je mehr Geschwindigkeit man beim Anlaufen entwickeln kann, desto besser und gleichmäßiger wird der Flug ausfallen. Die (mindestens zwei) zurückgebliebenen Leute laufen nun zum Landeplatz und tragen den Apparat wieder an den Start zurück. Bis zum Anlaugen dieser Leute bleibt der Führer in seinem Flugzeug. Das ist eine Grundregel, auch für Sitzgleiter, wenn man nicht erleben will, daß der Wind das unbemannte Flugzeug entführt.



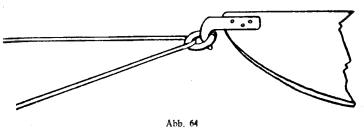
Für größere Strecken und längere Flugzeiten ist es unbedingt erforderlich, einen Gurt einzubauen, auf dem der Führer im Reitsitz ruhen kann, um die Arme zu entlasten. (Abb. 62.) Der Gurt muß so kurz sein, daß der Körper nicht tiefer hängt als bei aufgestützten Armen. Es mag zuerst widersinnig erscheinen, kurz vor der Landung die Beine rückwärts zu schwingen, aber bald wird man spüren, daß der Apparat durch das Aufrichten die Fahrt verliert, und man bei hochgezogenem Apparat mit rückwärtsgeschwungenen Beinen gerade in der richtigen Lage aufkommt. Die Bewegungen, die der Hängegleiterflieger zum Steuern ausführt, entsprechen den instinktiven Reflexbewegungen auf Lageänderungen des Flugzeuges in der Luft.

Bei den ersten vorsichtigen Versuchen kann man sich auch durch zwei Mann an Seilen gegen den Wind führen lassen, wie Fig. 63 bei einem Versuch mit dem Enten-Hängegleiter zeigt.

Nun zum Sitzgleiter. Unter Sitzgleiter versteht man, wie schon der Name sagt, ein Gleitflugzeug, in welchem der Führer sitzt, und welches infolgedessen nicht mehr durch Gewichtsverlegung nach Art des Hängegleiters gesteuert werden kann. Der Führer betätigt eine Steuerung, und zwar die übliche sogen. Knüppelsteuerung, wie sie in sämtlichen Flugzeugen, manchmal mit geringfügigen Änderungen, vorkommt. Hierin liegt der große Wert der Schulung, daß der Schüler auf Sitzgleitern tatsächlich in der allgemein üblichen Weise das Fliegen erlernt.

Das, was im Kapitel Hängegleiter über das Fluggelände gesagt ist, gilt auch für Sitzgleiter, desgleichen die zulässigen Windgeschwindigkeiten.

Nachdem Gelände und Windverhältnisse nach der im vorigen Kapitel gegebenen Vorschrift geprüft sind, sowie die Maschine gründlich nachgesehen, kann der Start vor sich gehen. Dabei ver-



hält es sich nun anders wie beim Hängegleiter, und es soll auf die Startart besonders eingegangen werden.

Nach mannigfachen Versuchen hat sieh in der Praxis der sogen. Seilstart mit zentralem Haken als das Einwandfreieste herausgestellt. Das Flugzeug trägt zu diesem Zweck den, in den Konstruktionszeichnungen dargestellten, Starthaken. (Abb. 64.) Ein Seil

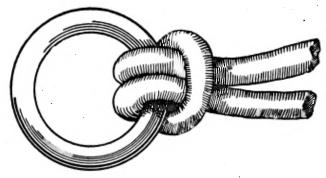
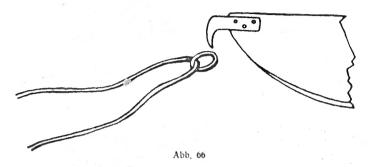


Abb. 65

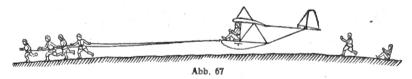
wird nun derart auf einen Ring geführt, daß zwei Stränge frei sind, von einer Länge von je 20 m. (Abb. 65.) Ein gewöhnliches Hanfseil erschwert den Start, denn im Augenblick des Abhebens des Flugzeuges fällt das entspannte Seil aus dem Haken. (Abb. 66.) Man verwendet aus diesem Grunde durchweg sogen. Gummiseile. Es sind das doppelt umsponnene Seile aus einer Unzahl Gummifäden von 1 mm Querschnitt, mit einem Gesamtdurchmesser von 15—20 mm. Im Augenblick des Abhebens des Flugzeuges verleiht das Gummiseil durch restloses Zusammenziehen dem Flugzeug

eine erhebliche Beschleunigung und macht es sofort einwandfrei flugfähig. Die Verwendung von Massivgummiseilen oder nicht umsponnenen Seilen ist zwecklos, da diese Seile sofort zerreißen. Bei guter Behandlung und Beachtung der Vorschriften, nicht über zu 2 ausziehen, hält sich ein derartiges Seil jahrelang.

Die ersten Flüge eines Anfängers beginnen nun bei schwachem Wind in beinahe ebenem Gelände. Das Flugzeug ist richtig aus-

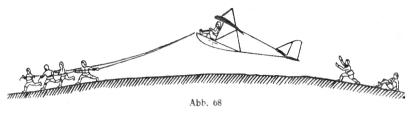


gewogen. Der Führer hält den Steuerknüppel so, daß alle Ruder normal stehen, das heißt, in Verlängerung der Kielflossen. Desgleichen stehen Seitensteuerfußhebel und Seitensteuer normal. Die Maschine steht genau gegen den Wind gerichtet. Anschnallen nicht vergessen! Weit vorn im Gelände, in Höhe des Horizontes, merkt sich der Führer einen Richtungspunkt, der genau in seiner Flugrichtung liegt. Auf diesen Punkt wird während des ganzen Flu-



ges unentwegt gesehen. Der Führer kommandiert jetzt: Ausziehen! Die Startleute gehen langsam vor und spannen das Seil. Wenn das Gummiseil sich zu dehnen beginnt, kommt das Kommando: Laufen! Die Startleute laufen jetzt schnellstes Tempo, bis das Seil ungefähr um die ganze Länge ausgezogen ist, die 20 m langen Teile also ca. 40 m lang sind. Jetzt kommt das Kommando: Los! Die Startleute laufen unbekümmert weiter, nur die Halteleute, welche vorher gemäß der in der Zeichnung 69 und 69a gegebenen Anordnung ihre Plätze eingenommen haben, lassen los. Das Flugzeug setzt sich in Bewegung und hebt ohne Zutun des Führers vom Boden ab. (Abb. 67.) Falls doch ein Hanfseil zur Verwendung gelangt, muß natürlich gleich das Kommando: Los! gegeben wer-

den, da sich dieses Seil ja nicht dehnt. Hebt nun das Flugzeug nicht von selber vom Boden ab, dann hilft Hochreißen mit dem Höhensteuer auch nichts, es ist dann eben durch die Startmannschaften nicht die nötige Fluggeschwindigkeit erreicht. Hochreißen führt dann zu Bruch, weil das Flugzeug ohne genügende Fluggeschwindigkeit durch den starken Höhensteuerausschlag noch vollends die Fahrt verliert. (Abb. 68.) Die Startleute laufen beim



Starten auf jeden Fall auf einen vorher ausgemachten Richtungspunkt im Gelände zu, damit das Flugzeug nicht etwa schräg gezogen wird. Auf diese Weise sind die Startleute auch immer seitlich vom Flugzeug, so daß sie weder von diesem noch von dem abfallenden Ring des Seiles getroffen werden können. (Abb. 69a,) Der Führer hält also in der Maschine sein Steuer immer still,

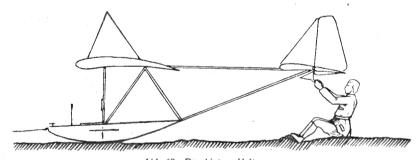
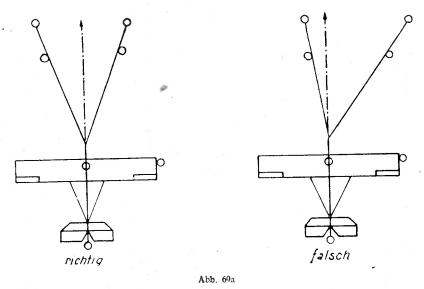


Abb. 69. Der hintere Haltemann

und hält es solange still, bis das Flugzeug irgendeine ungewünschte Lage einnimmt. Erst jetzt wird das Steuer zum ersten Male gebraucht, um das Flugzeug ruhig wieder in die richtige Lage zu legen. Der Steuerknüppel wird immer so langsam und ruhig bewegt, wie die Maschine die Bewegung ausführen soll. Auf ruckweise, hastige Bewegungen des Knüppels erfolgen gleichartige Bewegungen der Maschine, darum Ruhe! Sämtliche Bewegungen, die noch nicht rein instinktiv erfolgen, haben immer soviel Zeit, daß man die richtige Richtung überlegen kann. Lieber mit der Ausführung solange gezögert, als erst einmal verkehrt gegeben, was den Fehler natürlich nur unnötig verschlimmert.

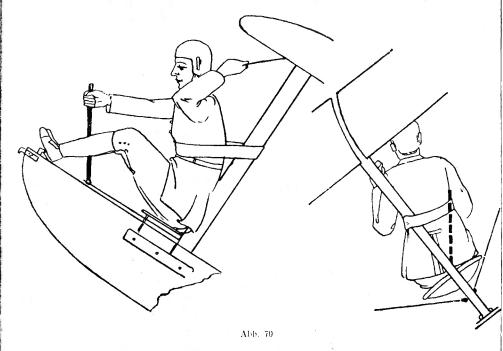
Man muß das Gefühl bekommen, als wäre der Knüppel fest (also nicht gelenkig) an der Maschine, und man drückte diese nun mit diesem festen Hebel jedesmal in die richtige Lage. (Abb. 70.) Nur nicht zuviel steuern, das macht nur die Maschine unruhig. Still halten, wenn alles nach Wunsch einwandfrei in der Luft liegt.

Wenn der Führer nun seinen Richtungspunkt fest im Auge behält, wird er sofort merken, wenn dieser im Blickfeld nach unten oder nach oben wandert. Im ersten Falle ist das Flugzeug zu stark gezogen, im anderen Falle zu stark gedrückt. Danach



kann man genau steuern, wenn man erstens den Kopf während des Fluges annähernd normal hält, also nicht vornüber beugt oder in den Nacken legt, und wenn man andererseits ein Gelände hat, in welchem der Horizont annähernd in Augenhöhe liegt, also kein Talkessel, was ja auch in Anbetracht des notwendigen freien Vorgeländes nicht in Frage kommt. Je gemütlicher und gelöster man in der Maschine sitzt, desto ruhiger und weicher kann man steuern. Also auf keinen Fall zusammengerissen wie ein Rennfahrer im Flugzeng sitzen. Das Seitensteuer wird leicht falsch gegeben, weil es entgegengesetzt der gewohnten Lenkstange beim Fahrrad wirkt. Man muß sich merken: Ich will nach rechts. Rechts, rechter Fuß wird ausgetreten. Ich will nach links. Links, linker Fuß wird ausgetreten. Zu beachten ist dabei, daß die Maschine, wenn sie Seitensteuerbewegungen ausführen soll, zum mindesten in der Querlage gerade in der Luft liegen muß, nie aber nach der ent-

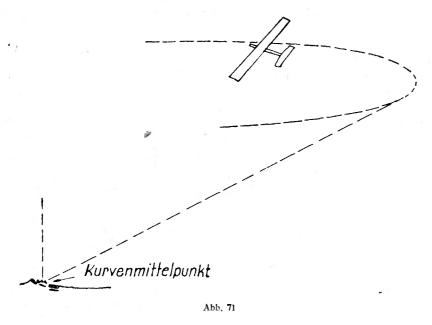
gegengesetzten Seite hängen darf, sonst geht sie nicht herum. Also, niemals mit links hängender Maschine rechts herumfliegen wollen, und umgekehrt. In solchen Fällen heben sich zwei Wirkungen auf, das Seitensteuer ist also unwirksam, und der Erfolg ist lediglich eine allgemeine Bremsung. Für kleinere Richtungsänderungen wird das Seitensteuer immer genügen. Für größere Richtungsänderungen, hauptsächlich in engerem Radius, sogen. Kurven, muß man das Querruder mit zu Hilfe nehmen, um die Maschine nach



der gewollten Richtung etwas in Schräglage zu briugen. Je enger die Kurve geflogen werden soll, destomehr muß die Maschine hineingelegt werden. (Abb. 71.) Man gibt also zum Beispiel links Seitensteuer und links Querruder, und umgekehrt, und gibt dann, wenn man aus der Kurve wieder heraus will, rechts Seitensteuer und rechts Querruder, bzw. umgekehrt. Wenn die Maschine in der neuen Richtung wieder normal liegt, legt man auch die Steuer, also Knüppel und Seitensteuerfußhebel wieder normal. Vor allzu steilen Kurven, also mit Schräglage von über 45 Grad, wollen wir uns hüten. Dabei treten andere Umstände auf, das sogen. Steuerauswechseln, indem man das Höhensteuer ganz anziehen muß und das Seitensteuer gerade legen muß, damit das Flugzeug nicht auf

den Kopf geht. Derartige Kurven kommen aber für uns im Gleitflug nicht in Frage. Darüber wird im Segelflugbuch berichtet werden.

Auch während der beschriebenen Richtungsänderungen und Kurven dient der Horizont als Anhaltspunkt für die richtige Höhenlage. Es führt stets zu falschen Lagen, besonders gleich nach dem Start, wenn man direkt nach unten sieht, weil man jegliches Gefühl für die richtige Lage des Flugzeuges verliert. Allmählich



geht nach längerem Üben der Begriff für die richtige Lage des Flugzeuges soweit ins Gefühl über, daß man sich nicht mehr so sklavisch nach dem Horizont zu richten braucht. Weitere Anhaltspunkte in der Luft sind: Der Tragflügel, den man von der Seite aus dem Führersitz gesehen, gezogen oder gedrückt in der Luft liegen sieht (er soll ganz schwach abwärts geneigt liegen). Das Gehör, denn der richtigen Lage, und mithin der richtigen Geschwindigkeit in der Luft, entspricht ein ganz bestimmter Ton, den die Luft in den Streben oder sonstigen Bauteilen erzeugt, und den man auch, ohne sonderlich musikalisch zu sein, bald herausgefunden haben wird. Beim Ziehen wird dieser Ton dumpfer und leiser, beim Drücken wird er zu einem immer helleren Pfeifen. Alles zusammen, das Visieren mit dem Auge zum Horizont und nach dem Flügel, das Gehör, der Fahrtwind, den man im Gesicht spürt, und

nicht zuletzt das natürliche Gleichgewichtsgefühl, welches im Organismus jedes gesunden Menschen liegt, verbinden sich mit der Zeit zu jenem fliegerischen Gefühl, welches Schwankungen der Maschine gleichsam im Voraus ahnen läßt, und die Korrekturen ausführen läßt, ehe eine Schwankung nach außen überhaupt wahrzunehmen ist. Der Führer fliegt dann, ohne daran zu denken, rein aus dem Unterbewußtsein, wie man z. B. auch richtig Rad fährt, ohne an die Erhaltung des Gleichgewichtes zu denken.

Vor der Landung schiebt sich der Erdboden von unten von selbst in das Blickfeld und zwingt zur Aufmerksamkeit. Es wird nun



Abb. 72. Nicht abfangen!

vor dem Boden nicht abgefangen, sondern der Gleitflug immer mehr verflacht (Abb. 72 u. 73), daß die Maschine zuletzt ganz dicht über dem Boden, mit der Kufe 15 bis 20 cm hoch, solange horizontal schwebt, bis sie sich hinsetzt. Der Führer bleibt in der Maschine sitzen, bis Leute kommen und festhalten. Das kann nicht oft genug betont werden. Auch wenn es bei der Landung gekracht hat, wird erst nachgesehen, wenn Leute zum Festhalten da sind. Kommt

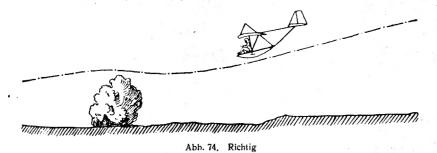


Abb. 73. Flach ausschweben lassen!

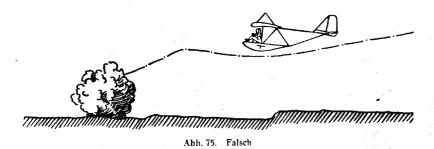
man im Fluge unversehens auf ein Hindernis, ohne daß man noch Zeit hat, ihm seitlich auszuweichen, dann drückt man mit hoher Fahrt darauf los, und zieht die Maschine erst im letzten Augenblick ganz flach darüber hinweg. Man ist immer versucht, zu früh zu ziehen, und wird dann fast stets gerade über dem Hindernis durchsacken und darauf sitzen. (Abb. 74 u. 75.)

Man soll möglichst mit bloßem Kopf fliegen, denn man spürt den Fahrtwind besser. Fliegerhauben und Brillen sehen wohl sehr kanonenhaft aus, sind aber sonst zum Gleitfliegen nicht zu gebranchen und werden deshalb besser nur auf der Promenade mitgenommen.

Wenn man sich einmal nach dem Fliegen über die nötigen Steuerbewegungen in irgendeiner Lage nicht klar ist, dann stelle man sich zu der betreffenden Lage den Steuerknüppel senkrecht zum ebenen Erdboden vor, und man hat die nötige Lage. (Das gilt für alle Bewegungen, die das Flugzeug wieder in die Normallage zurückbringen sollen.) Man beobachte von Anfang an nie



eine Steuerwirkung durch eine andere Steuerbetätigung aufzuheben. Z. B. man hat links Seitensteuer ausgetreten und die Maschine legt sich links herum. Man will das jetzt aufheben und gibt rechts Querruderausschlag. Der Erfolg ist nur eine Bremsung.



Also, soll die Linksbewegung aufhören, dann in erster Linie rechts Seitensteuer. Wenn das nicht genügt, dann auch rechts Querruder, aber nie ein Steuer links und das andere rechts. Und nun zum Schluß noch eine Grundregel, die ein alter erfahrener Fluglehrer seinen Schülern mitgab: Fliegen ist Geschwindigkeit!

Also: Fahrt auf der Kiste! Mit Fahrt ist man jeder Lage gewachsen.

Soeben erschien Heft 10:

Praktische Fliegerausbildung

von

LEO LEONHARDY, Direktor der Luftfahrt G. m. b. H. 3 Bogen Gr.-Oktav mit Abbildungen, RM. 2.—

Aus berufener Feder eines anerkannten Fachmannes wird hier eine Anleitung zum praktischen Fliegen gegeben, wie sie bisher in dieser Gründlichkeit und Sachkenntnis gänzlich fehlte. Ein unentbehrlicher Leitfaden für Flieger, Fluglehrer und zum Gebrauch an Fliegerschulen

Aus dem Inhalt: Das Fertigmachen der Flugzeuge — Das Einsteigen — Das Anwerfen der Luftschraube und Abbremsen des Motors — Das Rollen — Die Starthilfe — Der Abflug — Die Kurve — Das Landen — Der Ausbildungsgang am Doppelsteuer — Der Alleinflug — Die Prüfungsbestimmungen — Die Prüfungsflüge — Ziellandungen — Geschicklichkeitsflug — Höhenflug — Überlandflug — Notlandung.

In Kürze erscheint Heft 12:

Gleitflug und Gleitflugzeuge

von

F. STAMER und A. LIPPISCH

TEIL II:

Bauanweisungen und Bauzeichnungen

Mit Abbildungen im Text und 5 großen Tafeln ca. RM. 2.50

Verlag C. J. E. Volckmann Nachf., G. m. h. H. Berlin-Charlottenburg 2