



Gymnich
Der Gleit-
und
Segelflugzeugbau

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik
— Band 24 —

DER GLEIT- UND SEGELFLUGZEUGBAU

von

ALFRIED GYMNICH
Fluglehrer

Mit 182 Abbildungen und 12 Tafeln



BERLIN W 62
RICHARD CARL SCHMIDT & CO.
1925



Vorwort.

Das Gleit- und Segelflugwesen ist durch die beispiellosen Leistungen unserer Konstrukteure und Flieger zum Allgemeingut des deutschen Volkes geworden. In allen größeren Orten Deutschlands werden heute Gleit- und Segelflugzeuge gebaut und geflogen. In der Fachliteratur fehlte es jedoch bisher an einer Zusammenstellung der Erfahrungen und bewährten Konstruktionseinzelheiten, die speziell den angehenden Konstrukteur und Flugzeugbauer davor bewahrt, nochmals dieselben Erfahrungen unter Zeit- und Geldverlust sammeln zu müssen. Diesem Mangel soll vorliegendes Werk abhelfen. Es ist verständlich, daß das umfangreiche Gebiet mich zwang, nur das unbedingt Wichtigste in knapper Form zusammenzufassen. Es konnten aus diesem Grunde auch nicht alle erfolgreichen Flugzeuge eingehend besprochen und abgebildet werden. Ich mußte mich darauf beschränken, einige der erfolgreichsten Gleit- und Segelflugzeuge wiederzugeben und kurz zu erläutern; ich hoffe jedoch, das Wesentliche erfaßt zu haben. Auch an dieser Stelle danke ich allen meinen Mitarbeitern, insbesondere den Vorständen der Vereine, die mich mit ihren in der Praxis gesammelten Erfahrungen in der Herausgabe dieses Buches unterstützten, und bitte alle Konstrukteure und Fachleute, mir auch weiterhin mit Anregungen, Verbesserungen und Material zur Seite zu stehen, damit bei einer eventuell erforderlich werdenden Neubearbeitung das Werk zu einem Handbuch für die Praxis ausgebaut werden kann.

Hamburg 24, im Juli 1924.

Alfried Gymnich.



Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Segelvögel und Segelflug	1
1. Einleitung	1
2. Vorweltliche Segler	2
3. Land- und Meeressegler	6
4. Der statische Segelflug	15
a) Die Aufkomponente des Windes	15
b) Die thermischen Luftströmungen.	18
5. Der dynamische Segelflug	27
a) Die ungleichmäßigen Luftströmungen.	29
b) Horizontale Strömungsschichten	34
II. Die Entwicklung des Segelflugwesens	36
1. Otto Lilienthal	36
2. Percy S. Pilcher	41
3. Octave Chanute	42
4. Die Brüder Wright	44
5. Ferber, Voisin, Archdeacon, Offermann, Wels	48
6. Flugsportvereinigung Darmstadt	51
7. Harth und Messerschmitt	51
8. Segelflüge 1920	52
9. Segelflüge 1921	55
10. Segelflüge 1922	60
11. Segelflüge 1923	65
12. Segelflüge 1924	73
III. Gleit- und Segelflugzeuge	74
1. Segelfluggerät von Platz	74
2. Der Pelzner-Hängegleiter	75
3. Dresden Schuldoppeldecker 1921	77
4. Darmstadt Segelflugzeug „Edith“ 1922	81
5. Darmstadt Segelflugzeug „Konsul“ 1923	83
6. Hannover Segelflugzeug „Vampyr“ 1921/22	86

— VIII —

	Seite
7. Hannover Segelflugzeug „Greif“ 1922	90
8. Hannover Segelflugzeug H 6 1923	94
9. Segelflugzeug „Der Dessauer“ 1923	95
10. Darmstadt Segelflugzeug „Geheimrat“ 1922	98
11. Dresden Segelflugzeug 1922	101
12. Messerschmitt Segelflugzeug S 13 1923	103
 IV. Konstruktion und Bau	 106
1. Allgemeines	106
2. Die Zeichnung	117
3. Die Baumaterialien und Bauteile	121
4. Die Werkzeuge	130
5. Praktische Arbeiten	132
a) Tischlerarbeiten	132
b) Klempner- und Schlosserarbeiten	133
c) Tragflächenbespannung und Imprägnierung	144
d) Das Spleißen	146
6. Die Tragflächen	152
7. Der Rumpf	171
8. Das Start- und Landegestell	183
9. Die Steuerungsorgane	196
 V. Start, Flug und Landung	 207
 VI. Überblick und Ausblick	 223





I. Segelvögel und Segelflug.

1. Einleitung.

Von altersher hat der Segelflug der Vögel, diese Flugart, die allen Naturgesetzen zu widersprechen scheint, die Bewunderung der Flug- und Naturforscher erregt. Das anscheinend mühelose, stundenlange Kreisen und Segeln ohne den geringsten Flügelschlag zog die Forscher immer und immer wieder in den Bann, und es war daher kein Wunder, daß sich uns das Segelflugproblem selbst dann noch aufdrängte, als das Zeitalter des Motorfluges angebrochen war.

Wir flogen schneller als der Vogel, höher als er, ja, wir übertrafen ihn auch durch Kunst- und Schleifenflüge etc., aber immer wieder war der Mensch unbefriedigt und sann nach der Lösung des Segelflugproblems, denn die enorme Kraft, die ein Motorflugzeug verlangte, stand in keinem Verhältnis zu seinen Leistungen, und der ernsthafte Forscher war sich darüber klar, daß unser Können trotz allem noch immer hilfloser Anfang war. Es ist deshalb auch kein Wunder, daß alle erdenklichen Segelflugtheorien auftauchten, verfochten wurden und verschwanden und daß sich auf diesem Gebiete, das der Phantasie so wenig Schranken setzte, unendlich viel Laien betätigten. Erst die neuerliche meteorologische Forschung hat Klarheit geschaffen und durch die einwandfreie Erklärung des Zustandekommens der verschiedenenartigen Luftströmungen die meisten Segelflugtheorien widerlegt. Heute können wir schon den verschiedenen Segelflug der Vögel auf seine Ursachen zurückführen, fliegen

selber stundenlang ohne motorische Kraft, aber restlos erforscht ist der Segelflug noch immer nicht. Wenngleich bis heute eine wirtschaftliche Ausnutzung des Segelfluges nicht möglich ist, so haben die Erfolge im Segelflugwesen doch bereits fruchtbringend auf den Motorflugzeugbau gewirkt, und die Flugleistungen der Leichtmotorflugzeuge, die auf Grund der Segelflugerfolge entwickelt wurden, berechtigen zu den besten Hoffnungen auf eine gedeihliche, erfolgreiche Weiterentwicklung.

Zunächst wollen wir uns, soweit es erforderlich ist, mit den Seglern unter den Vögeln und den verschiedenen Segelflugarten befassen.

2. Vorweltliche Segler.

Jm Jahre 1861 fand man im Solenhofener Schiefer (Langenaltheimer Haardt) die fossilen Reste und Abdrücke eines vorweltlichen Tieres, das anscheinend zur Gattung der Vögel gehörte, aber reptilienartige Glieder aufwies. So waren die Kiefer bezahnt, und die Flügelhand wies drei aus der Flügelhaut hervorragende, bekallte Finger auf; ebenfalls scheint die Körperhaut nackt gewesen zu sein. Die Flughaut blieb an einzelnen Skeletten im lithographischen Schiefer erhalten und wird von Zittel wie folgt beschrieben:

„Sie hat nur geringe Breite und bildet einen zugespitzten, schmalen schwalben- oder mövenähnlichen Flügel, welcher lediglich vom verlängerten kleinen Finger getragen wird und sich am Rumpf anheftet ohne eine Hautverbreiterung zu bilden. Die Flugmembrane hat in ihrer Beschaffenheit am meisten Ähnlichkeit mit der Flughaut der Fledermäuse. Sie erstreckte sich wahrscheinlich als ein schmaler Saum bis zu den Hinterbeinen, die übrigens zum Teil frei aus der Haut hervorragten.“

Von diesen prähistorischen Vögeln, halb Reptil, halb Fledermaus, bevölkerte eine ganze Anzahl, mehr oder weniger

einander ähnlich, die Erde, Tausende von Jahren vor den ersten Menschen. Sie werden allgemein mit dem Sammelnamen Pterosaurier belegt. Nach Zittel werden die Pterosaurier in vier Familien eingeteilt und zwar in:

Pterodactylus
Rhamphorhynchus
Ornithocheirus
Pteranodon.

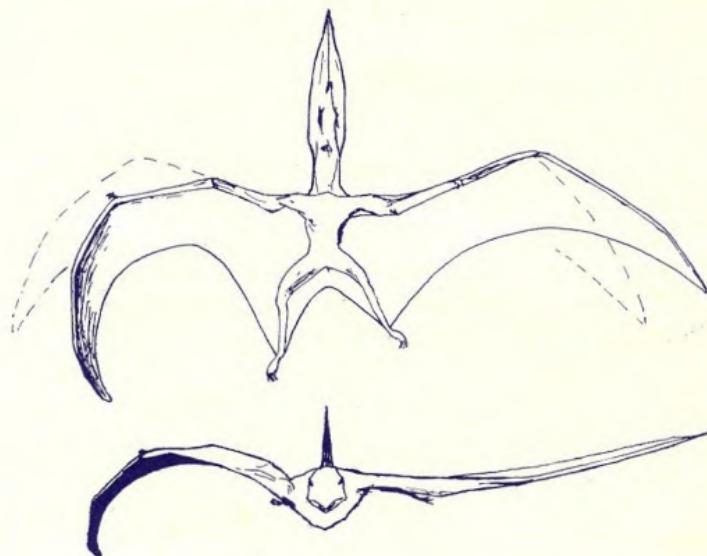


Fig. 1
Der Pterodactylus. (Nach einer engl. Darstellung.)

Hoernes schreibt in seinem „Buch des Fluges“ S. 67:
„Über das Leben und Treiben, den Flug dieser Tiere etc.
können wir nur mehr oder minder vage Vermutungen aufstellen. Es ist interessant zu beobachten, wie die geologisch jüngeren Arten an Größe und Vogelähnlichkeit zunehmen und dann aussterben ohne Nachkommen zu hinterlassen.

Offenbar waren die damaligen Verhältnisse, die feuchtwarme, wassergeschwängerte Luft und die leichte Nahrungserwerbung der Entwicklungsfähigkeit dieser Tiere günstig, so daß sie an Größe und Formen stetig zunahmen. Aber im Laufe der Zeiten, zu Ende des mesozoischen Zeitalters erfuhrn diese Verhältnisse eine gründliche Änderung. Einerseits mögen äußere Umstände — beginnender Nahrungsmangel, Feinde, Temperaturänderungen etc. — die Weiterentwicklung nicht

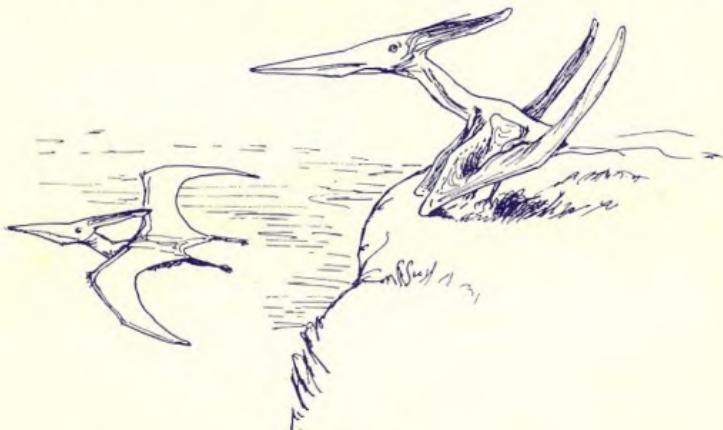


Fig. 2

Wie der Pterodactylus segelte. (Nach einer engl. Darstellung.)

mehr begünstigt haben, andererseits zeigte sich die ganze Konfiguration des Skelettes und der Muskel offenbar als nicht weiter fortbildungsfähig, und zwar derart, daß die zu einem Flugorgane umgestalteten Finger eine so hohe Entwicklung (Differenzierung) erlangten, daß die weitere Ausbildung des Körpers in der eingeschlagenen Richtung nicht mehr möglich war.

In Pterosauriern dürften wir vielleicht einen teilweise gelungenen Vorstoß der Natur erblicken, dergestalt, daß sich kriechende Tiere vom Erdboden frei zu machen bestreben,

um die atmosphärische Luft als Kommunikationsmittel zu benützen. Der eingeschlagene Weg führte in einer für die damaligen Verhältnisse relativ vollkommenen Weise zum Ziele.

Schon das Vorhandensein der mit Krallen versehenen Phalangen deutet darauf hin, daß diese Tiere an Felsen, Schachtelhalmen etc. emporgeklettert sind und dann einen Schwebeflug nach abwärts ausgeführt haben. Die entschieden vogelähnlich gebauten Füße gestatteten ein leichtes Landen. Ob diese Tiere bei der geringen Entwicklung der Kreuzbeinregion, in die nur 3 oder 4 (beim Pteranodon 5) Wirbel einzogen waren, imstande gewesen sind, sich vom Boden direkt in die Luft zu erheben, ist sehr fraglich, dagegen spricht auch die Schwäche der hinteren Gliedmaßen. Daß aber der Flug der Pterosaurier mehr als ein Schweben war, darauf deuten die ganze Konfiguration des Oberarmes, das offensichtliche Vorhandensein von Brustmuskeln und die schwalbenförmigen, jedenfalls auch durch Sehnen, vielleicht auch durch elastische Balken verstieften Flügel hin. Die Existenz eines Steuerapparates ist wenigstens bei der Familie der Rhamphorhynchen nachgewiesen. Je mehr ich mich in das Studium des Fluges der Pterosaurier vertiefe, desto klarer festigt sich meine Ansicht, daß sie den Segelflug in ausgezeichneter Weise geübt haben müssen.“

Soweit Hoernes. Auch die schon erwähnte Art, der Pteranodon, hatte einen langen Schweif, eine Art Balancierstange, die an der Wurzel beweglich war und wahrscheinlich zu Steuerzwecken benutzt wurde. Es ist dieses um so mehr anzunehmen, als die verhältnismäßig schwachen, noch wenig vollkommenen Flügel, die auch ein regelrechtes Profil vermissen ließen, allein nicht ausgereicht hätten, irgend welche Richtungsänderungen vorzunehmen. Da nun einerseits festgestellt ist, daß der anatomische Aufbau zu schwach war, um Flügelschläge zuzulassen, andererseits aber, wie schon erwähnt, die schmalen, mövenartigen Flächen nicht nur zum Gleitflug bestimmt waren, denn hierfür hätte eine einfachere

Bauart dieselben Dienste getan, ist anzunehmen, daß die Pterosaurier den Segelflug tatsächlich in formvollendeter Weise geübt haben.

Hankin, der ausgezeichnete Beobachter des Segelfluges der Landvögel, hat zusammen mit Watson und Howard Short ein 1915 von der Aeronautical Society, London, herausgegebenes Buch geschrieben: „Der Flug des Pterodactyl“, welches Studien über den Segelflug des Pterodactylus wiedergibt.

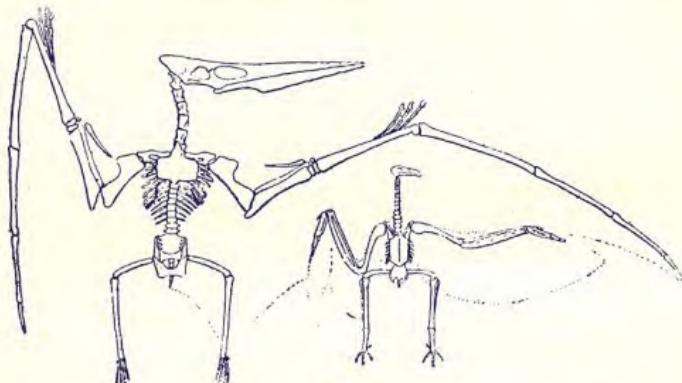


Fig. 3

Skelette eines Kondors und eines rekonstruierten Flugsauriers aus der oberen Kreide von Kansas in Nordamerika.

3. Land- und Meeresssegler.

Alle Segler unter den Vögeln aufzählen zu wollen, würde zu weit führen, auch nicht dem Zwecke dieses Buches entsprechen. In der nachstehenden Tabelle sind einige bekannte Segelvögel aufgeführt, und die einzelnen Flugbilder zeigen uns die Formen zur Genüge.

Wir können die Segler unter den Vögeln in zwei allgemeine Gruppen teilen, und zwar in: Landsegler und Meeressegler. Ein kurzer Blick auf die Umrißformen genügt, um einen ganz charakteristischen, grundlegenden Unterschied

festzustellen. Die Landsegler haben im Verhältnis zur Spannweite breite Flächen, die in einzelne, voneinander abstehende Schwungfedern auslaufen, während die Meeressegler sehr schmale, sichelartige, geschlossene Flächen besitzen. Der Albatros, der beste und formvollendete Meeressegler, klappt bis zu 4 m, die größten Landsegler, wie der Geier, erreichen jedoch höchstens eine Spannweite bis zu 2,8 m. Die Flügeltiefe beträgt beim Albatros nicht selten $\frac{1}{20}$ der Spannweite, beim Geier häufig mehr als $\frac{1}{6}$. Allerdings kann der Landsegler keine größere Spannweite gebrauchen, weil die Gefahr

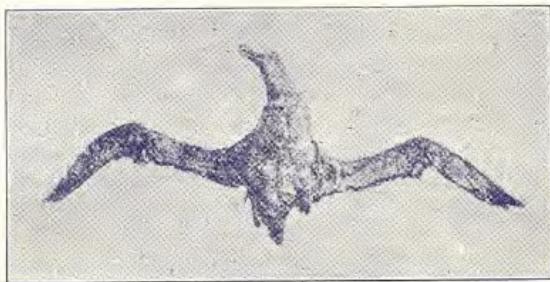


Fig. 4
Flugbild eines segelnden Albatros nach Gustav Lilienthal.

besteht, daß die Flügel beim Auffliegen den Boden berühren. Der Meeressegler hingegen kann mit den Flügel spitzen unbeschadet die Wasserfläche streifen. Schon aus diesem Grunde müssen die Flügel der Landsegler größere Tiefe besitzen, um das nötige Flächenareal zu bekommen. Trotzdem können die großen Landsegler nicht direkt vom Boden auffliegen ohne diesen zu berühren; sie müssen durch Anlaufen und Abstoßen erst eine gewisse Geschwindigkeit erzielen und sitzen deshalb mit Vorliebe auf Bäumen, Felsvorsprüngen etc., von wo sie durch einen Sturzflug die nötige Geschwindigkeit erlangen können, ohne mit den Flügeln schlagen zu müssen.

Ein weiterer Unterschied zwischen Land- und Meeressegeln besteht in der Flügelhaltung von vorn gesehen. Der Meeressegler hat durchgebogene Flügel, während der Landsegler mit ausgesprochen V-förmig gestellten Flügeln segelt. Ferner ist die Flächenbelastung der großen Land-

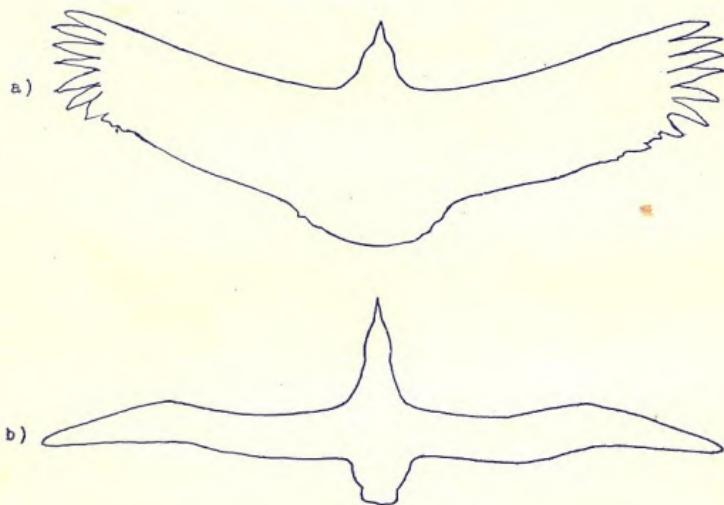


Fig. 5

- a) Flügelumriß eines kreisenden Geiers,
- b) Flügelumriß eines segelnden Albatros.

und Meeressegler stark voneinander abweichend. Beispielsweise beträgt nach Hankin die höchste Flächenbelastung eines Landseglers, des Kropfstorches (*Leptoptilus dubius*), 7,5 kg, während der Albatros eine solche von 13/16 kg aufweist, trotzdem aber schon bei verhältnismäßig geringen Windstärken segelt.

Landsegler	Gewicht g	Flügel- fläche qcm	Flächen- belastung kg/qm
Rauchschwalbe	18	120	1,5
Mauersegler	33	144	2,32
Turmfalke	188	749	2,5
Sperber	210	764	2,8
Mäusebussard	844	2 146	3,0
Rabenkrähe	498	1 003	4,57
Habicht	706	133	4,8
Storch	2 265	4 506	5,03
Flußadler	2 492	4 497	5,7
Seeadler	1 800	7 057	6,8
Meeressegler			
Flußseeschwalbe	116	427	2,7
Zwergmöve	53	185	2,8
Lachmöve	270	866	3,0
Brandseeschwalbe	174	660	3,7
Sturmmöve	625	1 632	3,8
Silbermöve	842	2 236	5,4
Albatros	12 000	8 000	15,0

Einfaches Nachdenken muß uns deshalb zu der Schlußfolgerung drängen, daß der Segelflug von beiden Vogelarten verschieden geübt wird, und tatsächlich ist es so.

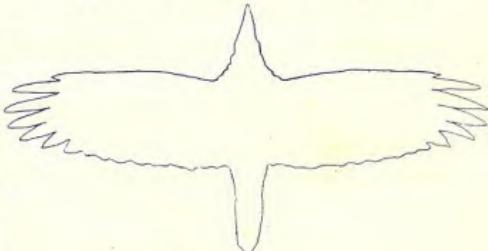


Fig. 6.

Flügelumriß einer Rabenkrähe. Spannweite: 0,9 m.
französische Kunstmaler und Naturforscher Mouillard schildert in seinem Werke: L'empire de l'air, Paris 1881, folgendes:

„An der Küste Algiers am Strand, wurde ein großer Adler durch einen schrecklichen Schirokko (heißer Sturmwind) erfaßt und auf die hohe See hinausgetrieben. Das arme Tier wurde kläglich hin und her geschleudert. Seine Flügel waren buchstäblich eingezogen. Bei der geringsten Entfaltung von Fläche sah man die kühnsten Sprünge im Raum. Hundert Meter Höhe wurden in fünf Sekunden durchmessen. Während einer Viertelstunde fand ein höchst aufregender Kampf statt. Was für Bewegungen und welche Rührigkeit entwickelte das mächtige Tier in diesem Kampf

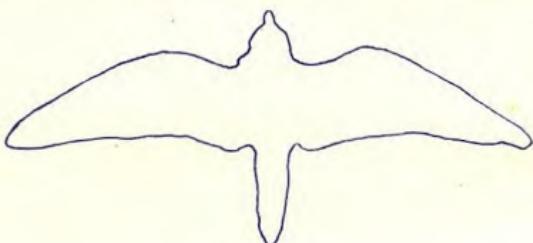


Fig. 7
Flügelumriß eines Wanderfalken. Spannweite: 1 m.

gegen den Sturm. Und zu gleicher Zeit jagten die Sturm vögel und Möven ganz gemächlich und vollständig in ihrem Element mit unbeschreiblicher Leichtigkeit über die wütenden Wogen.“

Diese Beobachtung Mouillards, der sich sein ganzes Leben mit dem Studium des Vogelfluges befaßte, zeigt uns, daß der Adler, also der Landsegler, nicht imstande war, dem Sturmwind über dem Meere zu trotzen, geschweige denn, ihn gleich den Meeresseglern auszunützen. Aus den folgenden Kapiteln werden wir noch sehen, daß die Landsegler in der Tat nur in ganz gewissen Luftströmungen zu segeln vermögen.

Sind schon Formen-, Größen- und Gewichtsverhältnisse voneinander abweichend, so gehen die Schilderungen der

einzelnen Beobachter über den Segelflug der Vögel noch weiter auseinander. Die bekannteste Beschreibung des Kreisens der Landsegler stammt von Darwin, der schreibt:

„Wenn die Kondore in einer Herde immer rings um einen Fleck herumkreisen, ist ihr Flug wundervoll. Ausgenommen, wenn sie sich vom Boden erheben, kann ich mich nicht erinnern, einen dieser Vögel jemals mit den Flügeln schlagen gesehen zu haben. In der Nähe von Lima beobachtete ich mehrere dieser Vögel beinahe eine halbe Stunde lang, ohne auch nur einmal mein Auge wegzuwenden; sie bewegten sich in

großen Bogen,
schwenkten im
Kreise herum,
senkten und er-
hoben sich, ohne
einen einzigen
Flügelschlag zu
tun.“

Über den Segelflug der Vögel schreibt G. Lilienthal in der Z. F. M. Heft 2, 1911:

In einer taghellen Mondnacht begleiteten uns mehrere dieser schönen Vögel in einem wahrhaft zauberischen Segelflug. Den Kopf stets gegen den Wind gerichtet, zogen sie dicht über unserem Schiff hinweg, bald vor demselben, bald nachfolgend. Oft standen sie kaum fünf Meter über dem Sonnendeck unseres Schiffes auf einem Punkt, dennoch mit dem Schiffe vorwärts gehend, stundenlang ohne den geringsten Flügelschlag.“

Der Verfasser konnte auf einer Seereise eine Anzahl Möven beobachten, die dem Schiffe folgten, und konnte

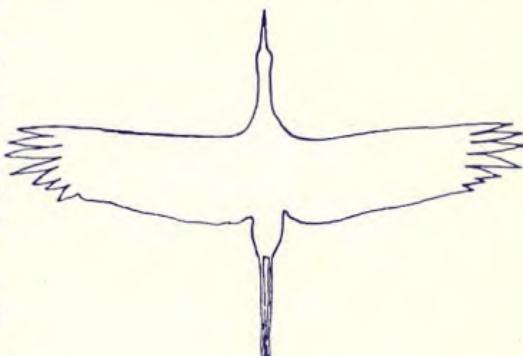


Fig. 8

Flügelumriß eines segelnden Storches. Spannweite: 2 m.

folgendes feststellen: Der Wind kam von der Seite und seine Geschwindigkeit übertraf die des Schiffes beträchtlich. Die Möven standen unbeweglich über dem Schiff mit dem Kopf gegen den Wind, aber sie machten dabei die Vorwärtsbewegung des Schiffes mit, sie schoben also, ohne eine wahrnehmbare Steuerbewegung mit den Flügeln oder dem Schwanz auszuführen.

Über die Steuerbewegungen bei den Landseglern gibt Hankin an, daß die Höhensteuerung durch Vorstrecken oder Zurücklegen der Flügel erfolge oder durch V-förmige Stellung

der Flügel nach oben oder unten. Die erste Steuerungsart wendet der Segler speziell beim Kreisen an. Durch das Vorstrecken oder Zurücklegen

wird der Auftriebsmittelpunkt vor oder

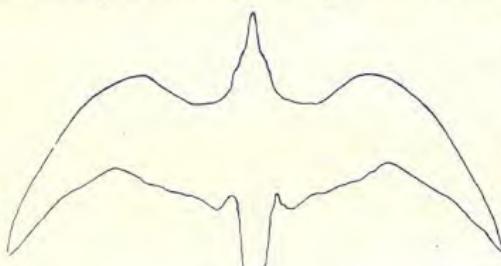


Fig. 9

Flügelumriß einer Lachmöve beim Segelflug
gegen starken Wind. Spannweite: 0,9 m.

hinter den Schwerpunkt gelegt, was Höhen- oder Tiefensteuerung bewirkt. Am ausgeprägtesten übt der Ohrengeier diese Steuerungsart, bei dem die Flügelvorderkante oft einen Winkel von 20° mit der Querlage bildet. Durch die zweite Art wird der Angriffspunkt des Luftwiderstandes über oder unter den Schwerpunkt verlegt, was ebenfalls Höhen- oder Tiefensteuerung verursacht. Die Seitensteuerung erfolgt nach Hankin dadurch, daß der Vogel dem äußersten Ende des Flügels einen negativen Anstellwinkel gibt, wodurch das Flügelende heruntergedrückt wird. Im nächsten Moment erhält das Ende jedoch einen positiven Anstellwinkel, und das Flügelende hebt sich wieder. Durch diesen Vorgang wird der Widerstand ein-

seitig vergrößert, und der Vogel fliegt nach der Seite des gesenkten Flügels.

Viel verbreitet ist auch die Meinung, daß der Vogel eine Vermehrung des Auftriebes bei Windgeschwindigkeitszunahmen durch Vergrößerung des Anstellwinkels erreicht. In vereinzelten Sonderfällen mag dieses zutreffen, im allgemeinen aber paßt der Vogel seine Flächengröße durch Einziehen und Ausbreiten der Flügel an, denn eine Vergrößerung des Anstellwinkels würde wohl vermehrten Auf-

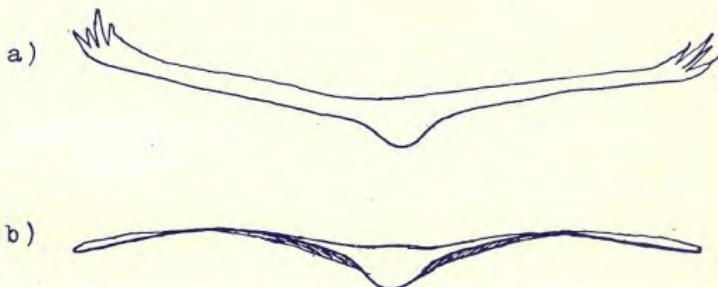


Fig. 10

- a) Flügelhaltung eines kreisenden Geiers (nach Hankin)
- b) Flügelhaltung einer segelnden Möve.

trieb mit sich bringen, gleichzeitig aber auch größeren Luftwiderstand und deshalb Geschwindigkeitsabnahme verursachen. Der reine Segelvogel aber kann sich keine Steuerungsart leisten, die kraftverbrauchend oder bremsend wirkt, und er muß, will er selber keine Vortrieb erzeugende Arbeit leisten, jede vermehrten Widerstand hervorrufende Bewegung nach Möglichkeit vermeiden.

Mouillard macht über die Veränderlichkeit des Flächeninhaltes bei verschiedenen Windstärken die folgenden Angaben:

	Gewicht:	Flächeninhalt bei einem Winde von		
		0 m/s:	10 m/s:	20 m/s:
Pelikan	6625 g	0,9986 qm	0,9260 qm	0,7789 qm
Flußadler ...	1270 g	0,3292 qm	0,2792 qm	—
Möve	890 g	0,3343 qm	—	0,2067 qm

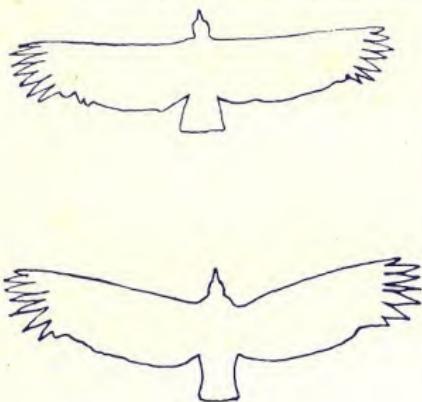


Fig. 11
Flugbilder eines kreisenden Geiers.

Oben: ohne Höhengewinn,
unten: mit Höhengewinn.

Beim Segelflug spielt der Schwanz für die Steuerung nur eine untergeordnete Rolle, was man leicht feststellen kann. Beispielsweise ist der Schwanz bei den Möven im Ruderflug am ausgebreitetsten; im reinen Segelflug ist er vollkommen eingezogen, kaum noch als solcher erkennbar. Vom Verfasser häufig beobachtete Möven, denen jegliche Schwanzfeder

völlig fehlte, segelten genau so ruhig und elegant wie die anderen Möven. Die Flügel waren jedoch etwas mehr durchgebogen und der negative Anstellwinkel der Handschwingen etwas ausgeprägter. Es ist deshalb anzunehmen, daß der kurze Schwanzstummel beim Segelflug trotzdem die Längsstabilität begünstigt.

Der Engländer Rayleigh hat schon 1883 folgende drei Sätze über die Möglichkeit des flügelschlaglosen Fluges der Vögel aufgestellt:

Der bewegungslose Flug ist dem Vogel nur möglich, wenn

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

1. Ist die Flugbahn nicht horizontal, sondern nach unten geneigt, so spricht man vom Gleitflug. Ermöglicht wird der Gleitflug durch die Schwerkraft des Vogels oder Flugzeuges, die durch einen bestimmten Winkel der Flügel zur Windstromrichtung ein allmähliches Abwärtsgleiten verursacht. Bestimmt wird der Gleitwinkel aus dem Verhältnis von Tragfläche zum Gewicht des Vogels oder Flugzeug und dem schädlichen Widerstand.

2. und 3. Ist die Flugbahn des Vogels horizontal oder ansteigend, ohne daß ein Schlagen mit den Flügeln erfolgt, so ist auch die Windströmung nicht horizontal, sondern aufsteigend, oder aber der Wind ist nicht gleichmäßig. In beiden Fällen spricht man vom Segelflug. Unter Segelflug versteht man also den Flug der Vögel mit ausgebreiteten, bewegungslosen Schwingen ohne Höhenverlust oder aber mit Höhengewinn. Sinngemäß ergibt sich, daß ein Flugzeug segelt, wenn es sich ohne Höhenverlust in der Luft hält bzw. vorwärts bewegt und die hierfür erforderliche Kraft lediglich den Energiequellen des Windes entnimmt.

4. Der statische Segelflug.

a) Die Aufkomponente des Windes.

Bereits Lilienthal stellte fest, daß jeder Wind ohne Rücksicht auf Richtung und Stärke eine aufsteigende Komponente von im Mittel $3/4^\circ$ besitzt und führte diese Aufkomponente auf die Reibung der Luftströmung an der Erdoberfläche, auf den Temperaturunterschied und den Druckausgleich zurück, welche den Wind immer zwingen, dorthin zu wehen, wo Anhäufungen in der Atmosphäre nötig sind. Diese Angabe hat in Fachkreisen jedoch häufig Widerspruch hervorgerufen, denn es ist unmöglich, daß der Wind unaus-

gesetzt aufsteigt, ohne daß an anderen Stellen absteigende Strömungen vorhanden sind, die den durch das Aufsteigen bedingten Verlust an Luft wieder eisetzen. Außerdem ist es auch unwahrscheinlich, daß eine derartig geringe Aufkomponente ausreicht, um dem Vogel den Segelflug zu ermöglichen. Erfährt eine Luftströmung jedoch eine größere Aufwärtsbewegung durch örtliche Hindernisse, seien es Bergketten, Gebäude usw., so ist es dem Vogel möglich, diese aufwärtsgerichtete Luftströmung zum Kompensieren seiner Sinkgeschwindigkeit auszunützen, wenn Aufkomponente und Sinkgeschwindigkeit proportional sind oder die Aufkomponente die Sinkgeschwindigkeit des Vogels übertrifft. Stößt der parallel zum Boden wehende Wind gegen ein Hindernis, so wird er durch das Beharrungsvermögen und die nachfließende Luft gezwungen, entweder nach den Seiten oder nach oben auszuweichen. Naturgemäß sucht sich der Wind den bequemsten Weg aus. Besteht das Hindernis in einem Bergkegel, so fließt die Luft ohne Aufkomponente um diesen herum. Bei einem langgestreckten Bergkamm findet der Wind den geringsten Widerstand, wenn er nach oben ausweicht. Abbildung 12 zeigt uns die Insel Helgoland und den Verlauf der Luftströmungen. Aus der Zeichnung geht deutlich hervor, wie die Segelvögel, in diesem Falle die Möven, lediglich im aufsteigenden Luftstrom segeln, und wer schon einmal auf Helgoland gewesen ist, wird aus eigener Erfahrung wissen, daß die Möven stets eine Seite der Insel, nämlich die gegen den Wind gerichtete, bevorzugen. Die Möven segeln oft stundenlang, ohne die Flügel anders als zu Steuerzwecken zu gebrauchen, gegen den Wind, mit ihm und quer zu demselben. Oft stoßen sie, um Nahrung zu erhaschen, pfeilschnell bis auf den Meeresspiegel herab und lassen sich wieder mühelos vom Winde emportragen. Kommt jedoch einmal eine Möve aus dem Bereich des Hangwindes heraus, so beginnt sie sofort mit den Flügeln zu schlagen. Sehen wir uns die Zeichnung genauer an, so wird uns die ein-

fache Überlegung sagen, daß der Flug quer zum Winde, also parallel zum Hang, in diesem Falle zur Küste, mühseliger ist, gestattet er doch ein leichteres Innehalten der auf-

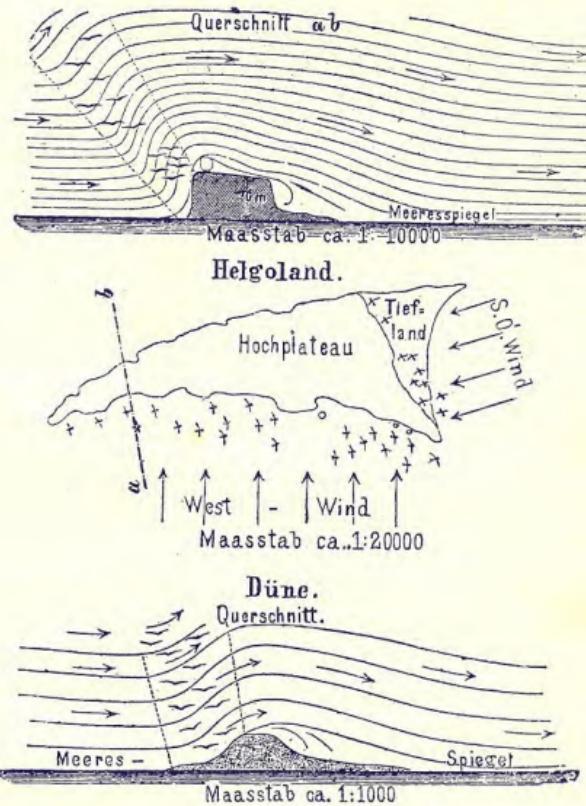


Fig. 12
Segelflug der Möven im Hangwind von Helgoland.

steigenden Luftströmung. Das Segeln im Hangwind bezeichnet man allgemein mit „statischem Segelflug“, da er an ein bestimmtes Gelände gebunden ist. Alle Land- und Meeressegler unter den Vögeln sind in der Lage, den statischen

Segelflug mehr oder weniger geschickt auszuführen. Die weitaus größte Mehrzahl der Landsegler finden wir natürlich im Gebirge, denn hier bietet sich den Seglern naturgemäß die günstigste Möglichkeit für die Ausübung des statischen Segelfluges. Die Meeressegler hingegen führen den statischen Segelflug im Aufwinde hinter Schiffen, an den Küsten usw. aus. Der vom Meer nach dem Lande streichende Wind findet an der Landoberfläche ja eine bedeutend stärkere Reibung als an der Wasseroberfläche, und die nachdrängende Luft erzwingt auch hier die Aufkomponente. Bei gleichen Vorbedingungen (gleiche Hügelhöhe und Windstärke) wird der Aufwind an der Küste erheblich stärker sein als im Inland. Beispielsweise erreichte Martens im Segelflug-Wettbewerb Rositten 1924 eine Höhe von 195 m über der etwa 60 m hohen Dünenkette. Die größte erreichte Höhe in den Rhön-Wettbewerben betrug 350 m. Hier liegt der Startpunkt teilweise jedoch ca. 400 m über dem umgebenden Gelände.

b) Die thermischen Luftströmungen.

Thermische Aufwinde entstehen durch die ungleichmäßige Erwärmung der Luft. Ist der Himmel teilweise mit Wolken bedeckt, so wird die den Sonnenstrahlen ausgesetzte Luft mehr erwärmt als die im Wolkenschatten befindliche. Erwärmte Luft aber ist spezifisch leichter und steigt daher, während die kältere Luft sinkt. Wegen ihrer geringen Dichte ist die Erwärmung der Luft durch die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen jedoch minimal, und die aufsteigenden Schichten würden wohl kaum eine für den Segelflug erforderliche Energiequelle bilden. Aber die Erde wirkt als Reflektor der Sonnenstrahlen. Sie fängt die Wärme auf und gibt sie wieder an die Luft ab. Da die Beschaffenheit der Erdoberfläche überall verschieden ist, wird diese auch ungleichmäßig erwärmt. Beispielsweise erwärmen sich Wasser, Wälder usw. schwerer als Sand- oder Steinboden. Die Rückstrahlung der

Sonnenwärme wird also auch eine ungleichmäßige Erwärmung der Luft zur Folge haben, und hierdurch bilden sich die aufsteigenden thermischen Luftströmungen, die der Landsegler in so meisterhafter Weise auszunützen versteht.

Das Segeln in thermischen Aufwinden, deren Umfang vom Gelände abhängig ist, gehört also ebenfalls in das Gebiet des statischen Segelfluges. Die kaminartig aufsteigende Luft hat ihre höchste Energie, d. h. Aufgeschwindigkeit, naturgemäß bei Windstille und wolkenlosem Himmel. Stärkerer Horizontalwind würde die aufsteigende wärmere Luft mit der kälteren vermischen und die Vorbedingung für den thermischen Aufwind, die Unterschiede des spezifischen Gewichtes der Luft, aufheben. Da die Sonnenwärme die eigentliche Ursache der thermischen Luftströmung ist, ist diese auch an die Tages- und Jahreszeit gebunden. Die größte Aufgeschwindigkeit ist deshalb in den Mittagstunden im Sommer zu erwarten. An heißen Tagen sind thermische Luftströmungen über trockenem Boden häufig an dem sogenannten Flimmern der Luft erkennbar.

Wie schon angeführt, ist der Segelflug im Hangwind am mühelohesten und wird von den Vögeln auch am häufigsten quer zum Winde, also parallel zum Hang geübt. Bei den thermischen Aufwinden kommt diese Segelart

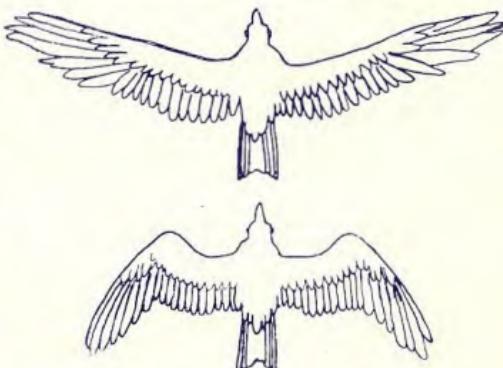


Fig. 13

Oben: Flügelhaltung beim Kreisen in thermischen Aufwinden,
unten: Flügelhaltung beim Gleitflug.

nicht in Frage, denn die kaminartigen Luftströmungen sind häufig seitlich eng begrenzt und würden deshalb ein ständiges Wenden des Vogels erfordern.

Das Segeln der Vögel in thermischen Luftströmungen erfolgt aus diesem Grunde stets in kreisen- oder ellipsenförmigen Bahnen unter mehr oder weniger starker Abdrift in Richtung des Windes.

Es ist jetzt ohne weiteres verständlich, daß das Kreisen die am häufigsten beobachtete Flugart der Landsegler ist, denn aus vorstehenden Ausführungen geht hervor, daß die Vorbedingungen für die Entstehung von thermischen Aufwinden über dem Festlande günstiger sind als über dem Meere.

Wohl der beste Beobachter des Segelfluges der Landsegler in thermischen Luftströmungen ist Hankin, der als Regierungsbakteriologe in Agra (Indien) tätig war und dort in etwa 200 m Seehöhe und im Naini-Tal im Himalaya in 1800—2500 m den Segelflug der Landsegler studierte. Hankins Beobachtungen sind um so wertvoller, weil er sich rein sachlich mit dem Segelflug der Vögel befaßte ohne die Absicht, wie die meisten anderen Forscher, eine von ihnen aufgestellte Theorie bestätigt zu finden. Agra ist ein idealer Ort für das Studium des Segelfluges der Landsegler. In Iharna Nulla, das wenige Meilen von Agra entfernt ist, finden sich die indischen Geier zu Tausenden und Abertausenden. In Agra sieht man gewöhnlich immer einige von ihnen segeln. Hankin zeichnete die Flugbahnen der Segler auf einen wagerecht gehaltenen Spiegel. Nach den Schlägen eines Metronoms in Zwischenräumen von einer halben Sekunde trug er kleine Querstriche als Zeitmarken ein und bekam hierdurch ziemlich genaue Wiedergaben der Flugbahnen. Hankin selbst bezeichnet die von ihm am häufigsten beobachtete Segelflugart der Landsegler mit Sonnensegelfähigkeit (sun-soarability) wahrscheinlich,

weil er die Annahme, daß thermische Luftströmungen die Ursache des Kreisens sind, ablehnt. Aus den folgenden Beobachtungen Hankins werden wir jedoch sehen, daß diese Annahme alle Wahrscheinlichkeit für sich hat. Wie wir schon zu Beginn dieses Abschnittes erfahren haben, ist die eigentliche Ursache der thermischen Aufwinde die Sonne. Wir wollen deshalb an dem von Hankin gebrauchten Ausdruck „Sonnensegelfähigkeit“ festhalten.

Nach Hankin wird die Sonnensegelfähigkeit nur bei Sonnenschein beobachtet oder wenn der Himmel nur mit einer dünnen Wolkenschicht ganz oder teilweise bedeckt ist. Sie beginnt einige Stunden nach Sonnenaufgang und endigt ein oder zwei Stunden vor Sonnenuntergang. Die Sonnensegelfähigkeit ist vom Winde unabhängig, zeigt sich in ihrer ausgeprägtesten Form jedoch bei Windstille. Sie beginnt gewöhnlich über der Stadt, und erst einige Minuten später fangen die Milane in der näheren Umgebung zu segeln an. Die Sonnensegelfähigkeit beginnt zu einer bestimmten Zeit des Morgens, die sich im Laufe der Monate ändert. Beispielsweise fängt der Milan im Juni bereits morgens um 7 Uhr zu segeln an, während er im Dezember erst um $9\frac{1}{2}$ Uhr beginnt. Weiter richtet sich die Sonnensegelfähigkeit der Landsegler auch nach ihrer Flächenbelastung, denn wiederholt hat Hankin die Reihenfolge festgestellt.

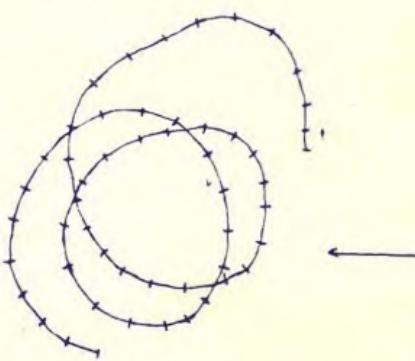


Fig. 14

Flugbahn eines kreisenden Milans. (Nach Hankin.) Wind sehr schwach, bewegt kaum die Blätter.

	Spannweite m	Flächenbelastung kg/qm
Milan (<i>Milvus govinda</i>)	1,2	2,7
Indischer Geier (<i>Neophron gingianus</i>)	1,5	4,2
Bengalischer Geier (<i>Pseudogyps bengalensis</i>)	2,1	5,5
Kahlkopfgeier (<i>Otrogypus calvus</i>) . .	2,0	6,0
Kropfstorch (<i>Leptoptilus dubius</i>) .	2,7	7,5

Zuerst beginnt der Milan, der die geringste Flächenbelastung besitzt, mit dem Segeln. Zwanzig bis vierzig Minuten später der indische Geier, und abermals zwanzig bis vierzig Minuten später tritt der bengalische Geier den Segelflug an. Der Kahlkopfgeier steigt gewöhnlich sechzig bis achtzig Minuten nach dem Milan auf, während für den höchst belasteten Kropfstorch die Luft erst etwa zwei Stunden nach dem Milan segelfähig wird. In zahlreichen kälteren Monaten bemerkte Hankin, daß die Luft für den Kropfstorch überhaupt nicht segelfähig war.

Wie bereits erwähnt und aus den Flugbahnen des Geiers und des Milans ersichtlich, erfolgt das Segeln in thermischen Luftströmungen bzw. in sonnensegelfähiger Luft mehr oder weniger in Kreisen oder Ellipsen, unter Abdrift in Richtung des Windes. Unter Umständen — speziell bei starkem Winde — kann der Abstand von einer Schleife zur anderen mehr als hundert Meter betragen. Der Höhengewinn findet — wenn die Sonnensegelfähigkeit hierzu genügt — fast stets in dem gegen den Wind gerichteten Teile der Schleife statt, wobei die Geschwindigkeit am geringsten ist. Bei geringer Sonnensegelfähigkeit hilft der Vogel in diesem Teile mit einigen Flügelschlägen nach. Bei langgezogenen Schleifen tritt bei der Wendung gegen den Wind mitunter ein plötzlicher Höhengewinn von ein

bis zwei Metern ein. Ein Höhengewinn in der ganzen Schleife wurde selten beobachtet.

Bei der Schilderung der Unterschiede zwischen den Land- und Meersegglern haben wir schon gesehen, daß die Haltung der Flügel von vorn gesehen ausgesprochen V-förmig ist. Bedingt ist diese Haltung durch den senkrecht von unten kommenden, auftrieberzeugenden Luftstrom und die bei dem verhältnismäßig langsam Kreisen erforder-

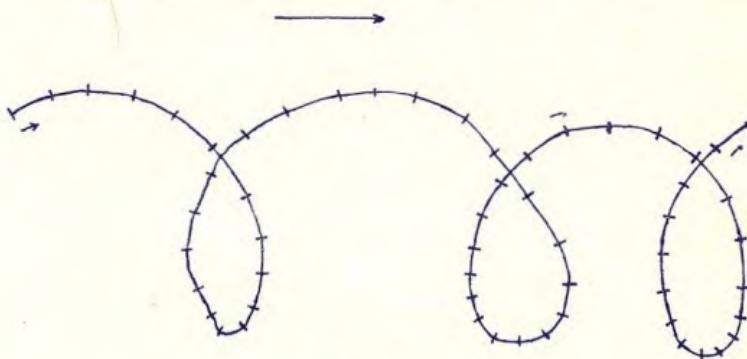


Fig. 15

Flugbahn eines kreisenden Milans bei stärkerem Winde. (Nach Hankin.)

liche größere Eigenstabilität. Bewiesen wurde diese Ansicht durch Modellversuche des Verfassers. Zwei Modelle ohne Seitensteuer, von denen das eine durchgebogene, das andere V-förmige Flächen hatte, wurden über ebenem Gelände gestartet. Das Modell mit den durchgebogenen Flächen legte regelmäßig die größeren Strecken zurück und segelte oft längere Zeit ohne Höhenverlust mit ziemlicher Geschwindigkeit gegen den Wind. Das Modell mit den V-förmigen Flächen war langsamer und der Gleitwinkel bedeutend schlechter. Einmal wurden beide Modelle kurz hintereinander gestartet, und das Modell mit den V-förmigen Flächen begann nach wenigen Metern plötzlich langsam

zu kreisen und dabei zu steigen. Es gewann etwa 10 m Höhe, hielt sich einige Sekunden in derselben Höhe und ging dann wieder in den Gleitflug über. Ohne Zweifel war es in eine thermische Luftströmung geraten, die es mit hochgerissen hatte. Das Modell mit den durchgebogenen Flächen flog unter dem kreisenden Modell hinweg, schnitt also die aufsteigende Luftströmung, aber es setzte seinen Flug unabirrt fort, ohne zu kreisen und ohne Höhe zu gewinnen. Bemerkt sei noch, daß die Modelle — abgesehen von dem

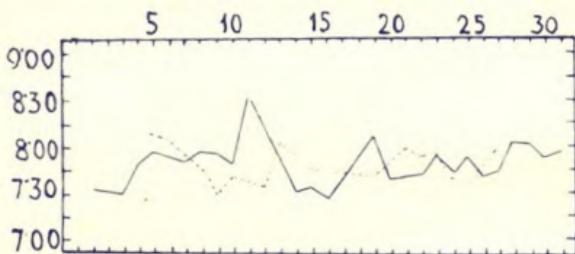


Fig. 16

Beginn der Segelfähigkeit der Luft in Agra im Mai 1911 ausgezogene Linie und im Mai 1912 gestrichelte Linie (Nach Hankin)
Auf der Lotrechten die Zeiten, auf der Wagerechten die Monatstage.

Unterschied in der Flächenhaltung von vorn gesehen — absolut gleichartig waren.

Hankin lehnt die Annahme, daß aufsteigende Luftströmungen die Ursache des Kreisens sein können, ab. Eines seiner Hauptargumente ist die Homogenität der segelfähigen Luft. Die infolge der Sonnensegelfähigkeit segelnden Vögel und sogar Wasserjungfern segelten nämlich in jeder Richtung und mit großer Gleichmäßigkeit. Hieraus schloß Hankin, daß der Durchmesser etwa vorhandener aufsteigender Luftströmungen im Verhältnis zur Spannweite einer Wasserjungfer klein sein müsse. Es ließe sich aber denken, daß die ganze Luft sich in aufsteigender Bewegung befand oder aber einzelne, örtlich nicht weit von-

einander liegende thermische Strömungen vorhanden waren, denn die Trägheit des Seglers ist immerhin so groß, daß ein Sinken nach dem Verlassen der aufsteigenden Luftströmung nicht sofort eintritt, der Vogel also das nächste Gebiet ohne merklichen Höhenverlust erreicht.

Aus allen Beobachtungen Hankins geht auch klar und einwandfrei hervor, daß nur aufsteigende Luftströmungen die Ursache des Kreisens sein können. Die ganze Art des Kreisens, die Flügelhaltung, die Beobachtung, daß sich die Reihenfolge des Segelbeginns nach der Flächenbelastung richtet, sowie die weitere Feststellung, daß die Sonnensegelfähigkeit bei Windstille am ausgeprägtesten in Erscheinung tritt, lassen gar keine andere Schlußfolgerung zu. Weiter spricht hierfür, daß die Sonnensegelfähigkeit über der Stadt früher beginnt; erwärmen sich doch Häuser mit ihren Hohlräumen leichter als fester, bewachsener Boden. Noch zwingender wird die Annahme durch die Tatsache, daß vor Beginn der Sonnensegelfähigkeit aufgeschreckte schwere Landsegler, wie der Geier, sich schwerfällig im Ruderflug

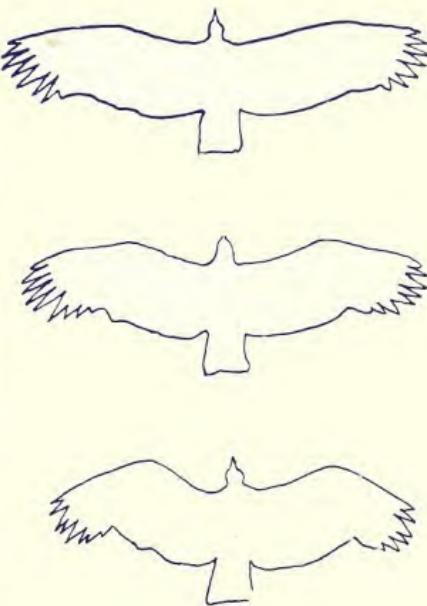


Fig. 17
Flügelumrisse eines segelnden Geiers. Oben beim Segeln mit gekürzten Flügeln mit geringer Geschwindigkeit (8 m/s), in der Mitte mäßiger Geschwindigkeit (12 m/s), unten bei großer Geschwindigkeit (22 m/s).

erheben und schnell wieder auf ihren Ruheplatz zurückkehren; ist die Luft jedoch segelfähig, so fangen sie bald an zu kreisen. Anzuführen wäre ferner noch, daß die Sonnensegelfähigkeit erst in einer bestimmten Höhe, die sich ebenfalls nach Jahreszeit und Temperatur richtet, beginnt. Im Durchschnitt beträgt diese Höhe 20—30 m. Während der heißen Jahreszeit beginnen die Segler jedoch schon 4—5 m über dem Boden mit dem Kreisen.

Durch die Untersuchungen von Pierre Idrac, der im Jahre 1919 in Afrika mit Hilfe von Drachen und Pilotballonen die Windschwankungen und Windneigungen registrierte, wurde dann wohl einwandfrei festgestellt, daß der von Hankin beobachtete Segelflug tatsächlich auf thermische Luftströmungen zurückzuführen ist.

Idrac, über dessen Untersuchungen Dreisch in seiner lehrreichen Zusammenstellung: Der Segelflug der Vögel und die Theorien zu seiner Erklärung, Sonderheft 9 der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, ausführlich berichtet, kam zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Wind hat in den untersuchten Gebieten fast immer eine Vertikalkomponente, und zwar wechseln aufsteigende und absteigende Gebiete miteinander ab.

2. Die Gebiete, in denen sich die Vögel ohne Flügelschlag und ohne Höhenverlust bewegen, fallen stets in die Bereiche der aufsteigenden Vertikalkomponenten. In diesen Gebieten beschreiben die Vögel Kreise oder Zickzacklinien. Sie wechseln gleichzeitig mit diesen Gebieten ihren Standort und fliegen nur in annähernd geraden Linien und ohne Aufenthalt aus einem Gebiet in das andere. Sie können dabei ohne Schaden etwas an Höhe verlieren, die sie in dem nächsten aufsteigenden Gebiet wieder gewinnen. Dieses erweckt auf den ersten Blick den Anschein, als ob die Vögel wahllos im ganzen Luftraum segelten.

3. Es war nicht möglich, einen Zusammenhang zwischen den Windschwankungen und dem Segelflug zu finden. Häufig findet dieser auch bei schwachem, regelmäßigem Winde statt.

Idrac beobachtete wiederholt, daß Geier in unmittelbarer Nähe seiner Drachen segelten. So oft dieses der Fall war, zeigten seine Registrerinstrumente eine Aufkomponente des Windes an.

5. Der dynamische Segelflug.

Ist man sich über die vorerwähnten Arten des Segelflugs völlig im klaren, so daß man das Problem des statischen Segelflugs als gelöst bezeichnen kann, so tappt man bei der Erklärung des dynamischen Segelflugs mehr oder weniger im Dunkeln, denn dem Menschen ist noch kein rein dynamischer Segelflug gelungen, ja, es ist nicht einmal erwiesen, ob der Meeressegler dynamisch segelt, d. h. turbulente Luftströmungen ausnutzen kann, und eine wissenschaftliche Erklärung des dynamischen Segelflugs ist bis heute noch nicht erbracht.

Der dynamische Segelflug ist nicht vom Gelände, sondern lediglich von bestimmten Luftströmungen abhängig. Gleichmäßiger horizontaler Wind ist sowohl für den statischen als auch für den dynamischen Segelflug unbrauchbar, doch ist die Ansicht vorherrschend, daß es dem Vogel möglich ist, aus Windneigungs- und Stärkeschwankungen die zum Segeln erforderliche Energie zu entnehmen. Auf welche Weise dieses geschieht, ist noch unklar. Einerseits besteht die Annahme, daß der Vogel diese Unregelmäßigkeiten durch einen besonderen Sinn auszunützen bzw. vorzufühlen versteht, und andererseits wird behauptet, daß die sehr elastischen Flügel der Segler ein automatisches Anpassen an die jeweilige Luftströmung gestatten und hierdurch dem Winde selbsttätig die erforder-

liche Energie entnehmen. Die letzte Erklärung erscheint plausibler, zumal wenn man bedenkt, daß die Sinne des Vogels mehr oder weniger auf den Nahrungserwerb eingestellt sein müssen.

Verschiedentlich sind Theorien zur Erklärung des dynamischen Segelflages auf Grund eines besonderen Profiles aufgestellt worden. Hierauf näher einzugehen erübrigt sich, da alle diese Theorien wissenschaftlich widerlegt werden können. Hingewiesen sei jedoch auf die besonders bekannt gewordene Theorie von Gustav Lilienthal, die sogenannte Theorie vom Widderhornwirbel. Lilienthal verwendet bei seinen Untersuchungen ein an der Vorderkante stark ge-



Fig. 18

Profil zur Erklärung des Widderhornwirbels nach Gustav Lilienthal.

krümmtes Profil und fand, daß die Luftströmung an der Oberseite glatt abstrich, an der Unterseite jedoch kurz vor der Hinterkante umkehrte und wieder nach vorn floß. Lilienthal nimmt an, daß die zurückfließende Luft beim Vorbeistreichen an der Flügelunterseite der Fläche einen Vortrieb erteile. Ohne näher auf diese Theorie einzugehen, sei kurz gesagt, daß Wirbelbildung immer gleichbedeutend mit Kraftverlust ist, und nicht umsonst ist man in der Flugtechnik bemüht, Wirbelbildung durch günstige Formgebung zu vermeiden. Bei dem Lilienthalschen Profil würde durch die herabgezogene Vorderkante ein vermehrter Luftwiderstand hervorgerufen, wodurch wiederum der Wirbel entsteht. Wenn behauptet wird, daß dieser Wirbel Vortrieb erzeugen könne, so ist das eine Verkenntnung von Ursache und Wirkung, denn selbst wenn der Wirbel Vortrieb erzeugen sollte, so kann dieser niemals

größer sein als der Luftwiderstand, durch welchen er hervorgerufen wird, da Energieverluste durch Reibung an der Fläche usw. unvermeidlich sind. Um einen tatsächlichen Vortrieb zu erzielen, müßte die Energie des Wirbels also größer sein als die des induzierten Widerstandes; wodurch dem Wirbel jedoch die erforderliche Beschleunigung erteilt werden soll, ist unverständlich.

Grundsätzlich ist zu bedenken, daß die Energiequelle für den dynamischen Segelflug in den Unregelmäßigkeiten des Windes liegt und daß die Tragflächen nur die Ausnutzung bewirken sollen. Verschiedene Profile zeitigen deshalb bessere oder schlechtere Nutzeffekte, aber an ein bestimmtes Profil gebunden ist der dynamische Segelflug ebensowenig wie der statische, denn bei Windstille ist auch der dynamische Segelflug trotz des günstigsten Profiles unmöglich.

a) Die ungleichmäßigen Luftströmungen.

Durch Zusammenwirken der verschiedenen bisher geschilderten Ursachen der Entstehung der Luftströmungen ergeben sich die sogenannten Böen, die Schwankungen des Windes, und zwar entsprechend den drei Richtungen im Raume als Schwankungen in der Windrichtung, der Windneigung und der Windgeschwindigkeit. Lilienthal stellte als erster die Richtungs- und Geschwindigkeitsschwankungen mit Hilfe von Versuchsflächen fest. Langley, ein amerikanischer Gelehrter, kam durch Zufall ebenfalls zu der Entdeckung, daß die Geschwindigkeit scheinbar gleichmäßiger Winde stets starkem und plötzlichem Wechsel unterworfen ist. Die bis dahin gebräuchlichen Anemometer reagierten infolge ihrer Trägheit nicht auf die Windschwankungen, sondern zeigten nur eine mittlere Windgeschwindigkeit an. Langley setzte ein Anemometer von verhältnismäßig geringer Trägheit dem Winde aus und gewahrte, daß dieses sich bald schnell, bald langsam drehte und häufig

sogar stehen blieb. Seine weiteren Versuche mit Anemometern geringerer Trägheit unter gleichzeitiger Verwendung eines Registrierapparates zeigten, daß fast jeder Wind aus einzelnen, plötzlich aufeinander folgenden heftigen Windstößen bestand, und mit zunehmender Durchschnittsgeschwindigkeit nahm auch die Heftigkeit der Windstöße

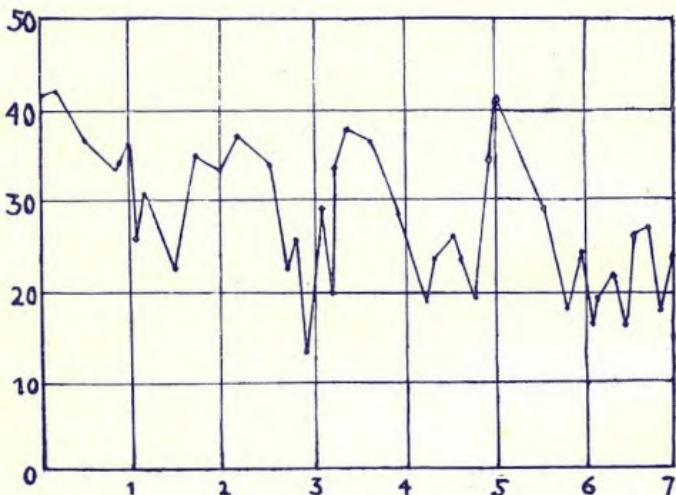


Fig. 19

Schwankungen der Windgeschwindigkeit nach Langley. Zeitskala (Abszisse) in Minuten, Geschwindigkeit (Ordinate) in engl. Meilen. (1 engl. Meile = 1,6 km.)

zu. Aber auch diese Anemometer besaßen immer noch eine gewisse Trägheit, so daß Langley's Diagramme auch nur ein annäherndes Bild der Windgeschwindigkeitschwankungen geben. Erst die neueren Stauanemometer ermöglichen genauere Feststellungen dieser Schwankungen.

Diese Windschwankungen werden vielfach zur Erklärung des dynamischen Segelfluges herangezogen, und Langley selbst nimmt an, daß der Segelvogel, wenn er mit ausgebreiteten Schwingen plötzlich einem Windstoß aus-

gesetzt wird, relativ zum Winde eine namhafte Geschwindigkeit besitzt, wodurch ein Auftrieb hervorgerufen wird. Gleichzeitig aber vergrößert sich der Luftwiderstand des Vogels, wodurch seine Geschwindigkeit relativ zur Luft geringer wird und dementsprechend auch der Auftrieb, bis dieser nicht mehr ausreicht, um dem Vogel den Segelflug zu ermöglichen. Durch einen Gleitflug muß sich der Vogel dann wieder die nötige Vorwärtsgeschwindigkeit beschaffen, und das Spiel wiederholt sich mit dem nächsten Windstoß. Ein Abflauen des Windes würde ebenfalls auftriebsvermindernd wirken und den Vogel zum Gleitflug zwingen. Nimmt der Wind dann wieder zu, so wird der Segler unter Geschwindigkeitsverlust wieder gehoben. Voraussetzung für diese Theorie ist natürlich, daß der Höhenverlust während des Gleitfluges nicht so groß ist wie der Höhengewinn während der Zunahme der Windgeschwindigkeit. Aus diesem Grunde ist auch das Eigengewicht des Vogels bei dieser Theorie von großer Bedeutung. Je größer nämlich das Eigengewicht des Vogels ist, desto größer ist auch die ihm innenwohnende Trägheit bzw. kinetische Energie, und es dauert länger, bis der Luftwiderstand die Vorwärtsgeschwindigkeit des Seglers aufgezehrt hat. Langley hebt deshalb auch hervor, daß die Windstöße häufiger erfolgen müßten, wenn die Trägheit geringer sei. Hieraus ergibt sich also, daß der Segler mit größerer Flächenbelastung besser und stetiger segelt als der Segler mit geringer Flächenbelastung. Bis zu einem gewissen Grade ist dieses auch tatsächlich der Fall, denn Segelflugzeuge mit einer bestimmten Flächenbelastung übertrafen an Leistungen solche mit geringerer Belastung unter sonst gleichen Bedingungen bedeutend. Bei den Meeresseglern, wenn wir diese als dynamische Segler ansprechen wollen, ergibt sich dasselbe Bild. Der Segler mit der größten Flächenbelastung, der Albatros, ist der beste und ausdauerndste Segler. Natürlich ist es selbstverständlich, daß die Flächenbelastung

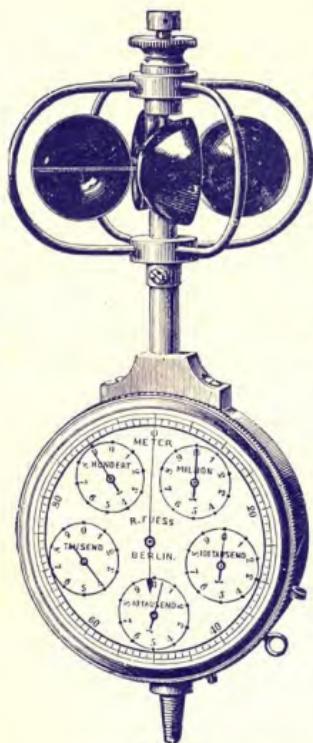


Fig. 20
Schalenkreuzanemometer.

Wellenlinien erfolgen. In der ganzen Flugliteratur finden sich freilich sehr wenige Schilderungen über einen wellenförmigen Verlauf des Segelfluges. Dies ist aber leicht erklärliech, denn da der Beobachter meistenteils an seinem Standort verharrete, während der Vogel vorübersegelte, konnten Höhenunterschiede nicht wahrgenommen werden. Eine der wenigen Beobachtungen stammt von Professor Lanchester, dem englischen Aerodynamiker, der bei der Beschreibung des Fluges der Silbermöven angibt: „Die Flugbahn bestand, wie es schien, aus sanften Wellen-

nicht so groß werden darf, daß ein Segeln überhaupt unmöglich wird.

Mit Segelflugzeugmodellen hat der Verfasser wiederholt feststellen können, daß ein und dasselbe Modell bei größerer Belastung auch bedeutend größere Strecken zurücklegte, ganz davon abgesehen, daß der Flug des schwerer belasteten Modelles bedeutend stabiler war und größere Fluggeschwindigkeit bedingte. Die Verschlechterung des Gleitwinkels war also nicht proportional der Geschwindigkeitszunahme. An dieser Stelle sei jedoch schon erwähnt, daß es sich selbstverständlich um Modelle handelte, die sorgfältig auf den geringsten Luftwiderstand hin gebaut waren.

Nach der Langley'schen Theorie müßte der Segelflug in unregelmäßiger Luft also in

linien. Die Vögel beschrieben relativ zum Schiff elliptische Bahnen, deren Längsachse nach hinten geneigt und wahrscheinlich 2—3 m lang war.“

Der Verfasser verfolgte verschiedentlich über der Elbe segelnde Möven mit einem Motorrad auf einer parallel zum Flusse laufenden Chaussee und konnte häufig einen in Wellenlinien verlaufenden Segelflug beobachten. Die Möven segelten gegen den Wind an, stiegen kurz und steil um $\frac{1}{2}$ bis 2 m und verloren dann nur langsam an Höhe. Derselbe Vorgang wiederholte sich während der ganzen Beobachtungsdauer. Es ließ sich leider nicht feststellen, ob die Windgeschwindigkeitszunahme die Ursache der Hebewirkung war, doch ist dies anzunehmen, zumal das Steigen und Fallen der Möven in ganz unregelmäßigen Zwischenräumen erfolgte. Besonders hervorgehoben zu werden verdient, daß das Steigen nicht durch eine Vergrößerung des Anstellwinkels, sondern völlig in sich automatisch erfolgte.

Hierher gehört auch der Knoller-Betz-Effekt, sogenannt nach Dipl.-Ing. Dr. A. Betz und Professor Knoller. Letzterer hat theoretisch, ersterer experimentell gefunden, daß der Auftrieb einer Tragfläche größer ist, wenn sie einem Wind ausgesetzt wird, dessen vertikale Komponente wechselt, der also unter verschiedenen Winkeln gegen die Fläche weht. Es würde dieses der Langley'schen Theorie, daß der Höhengewinn im zunehmenden Winde größer ist als der Höhenverlust im abnehmenden Winde, entsprechen. Ob diese Windneigungsschwankungen allein ausreichen, um die Sinkgeschwindigkeit des Vogels zu kompensieren, ist bisher nicht festgestellt, doch dürften sie zusammen mit den Stärkeschwankungen des Windes den dynamischen Segelflug der Vögel erklären.

Eine Geschwindigkeitsschwankung des Windes tritt ferner ein bei starkem Seegang. Über den Wellenbergen wird der Strömungsquerschnitt der Luft verengt, im Wellental verbreitert. Die Windgeschwindigkeit über dem Wellen-

berg ist deshalb erhöht, während sie sich im Wellental ver- ringert. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß die Meeres- segler diese Schwankungen und die durch die Wellenberge hervorgerufene turbulente Luftströmung ausnützen, aber da die Messungen ergeben haben, daß die ausnutzbare Strömung höchstens das Zweifache der Wellenhöhe beträgt, wird hier- durch keine befriedigende Erklärung für den Segelflug der Meeressegler, die doch auch in großer Höhe segeln, gegeben.

b) Horizontale Strömungsschichten.

Es ist erwiesen, daß der Wind mit der Höhe langsam zunimmt, und daß horizontale Windschichten verhältnismäßig selten sind. Dipl. Klemperer fand jedoch bei Flügen im Karst starke Horizontalschichten, wenn Schirokko (heißer Seewind) und darunter in entgegengesetzter Richtung Bora (kalter Bergwind) herrschte. Nach der folgenden Erklärung bilden solche Windschichten eine gute Energiequelle für den Segelflug. Wir nehmen an, daß in 1000 m Höhe Westwind von 5 m/s weht und darunter ein ebenso starker Ostwind. Der Segler gleitet nun mit etwa 15 m/s Geschwindigkeit im gleichmäßigen Gleitfluge in der Richtung nach Osten (für den Erdbeobachter mit dem oberen Winde mit 20 m/s Reisegeschwindigkeit) aus der oberen Schicht in die untere hinein. Vermöge seiner Trägheit verharrt er zunächst bei dieser Absolutgeschwindigkeit und gerät in starken Gegenwind, d. h. er hat jetzt gegen die Luft 25 m/s Fahrt, also 10 m/s zu viel bzw. in Reserve, wenn er den Anstellwinkel einstweilen verkleinert. Benützte er jetzt diese Reserve, um zu steigen, so würde er sofort beim Ein- treten in die obere Schicht eine Bö von hinten spüren, d. h. durchfallen. Statt dessen macht der Segler mit seinen 10 m/s in Reserve kehrt und zieht erst dann in der Rich- tung nach Westen wieder hinauf, bis er seine Fahrtgeschwin- digkeit wieder auf 15 m/s, die er zum Gleiten braucht, ermäßigt haben würde. Sowie er dann aber (für den Erd-

beobachter mit dem unteren Winde im Rücken) die obere Schicht erreicht hätte, würde er gegen diese, die ja mit relativ 10 m/s der unteren entgegenkommt, wieder ebensoviel Geschwindigkeitsreserve gratis geliefert erhalten. Jetzt kehrt er oben, mit verringertem Anstellwinkel seine Fahrtreserve behaltend oder sie im weiteren Steigen verbrauchend, um, und das Manöver kann von neuem beginnen.

5 m/s →



Fig. 21. Segelflug in horizontalen Strömungsschichten.

Dasselbe Verhältnis tritt ein bei örtlichen Windgeschwindigkeitsunterschieden.

Der Verfasser konnte gelegentlich einer Englandreise verschiedene dem Schiffe folgende Möven beobachten, wie sie diese Geschwindigkeitsunterschiede ausnützten. Der Wind kam von der Seite und wurde durch die Schiffswand nach oben abgelenkt. Der Aufwind genügte jedoch nicht, um den Möven das statische Segeln zu ermöglichen, denn sie halfen alle Augenblicke durch einige Flügelschläge nach. Plötzlich machten sie kehrt und glitten mit ihrer Eigen geschwindigkeit zuzüglich Windgeschwindigkeit in den Tot luftbereich, d. h. Windstille der Leeseite des Schiffes. Hier drehten sie gewandt um, segelten mit dem durch den Rücken wind gewonnenen Überschuß an kinetischer Energie wieder bis zur alten Höhe über dem Schiffe, und dasselbe Spiel begann. Daß ein solcher Segelflug auch dem Menschen möglich ist, hat Botsch bereits 1922 bewiesen, als er mit dem Wind in den Totluftbereich der Kuppe segelte und hier soviel Höhe gewann, daß er auf der Kuppe landen konnte.

Windrichtungsschwankungen dürften wohl kaum aus nutzbar sein, wenngleich auch hierfür bereits verschiedene Theorien aufgestellt wurden.



II. Die Entwicklung des Segelflugwesens.

1. Otto Lilienthal.

Jenen großen Augenblick, wo der erste frei fliegende Mensch sich mit Hilfe von Flügeln von der Erde erhebt, müssen wir als den Anfang einer neuen Kulturepoche bezeichnen.

Otto Lilienthal.

Sehen wir von unbeglaublichen Überlieferungen und den Projekten der Phantasten, deren Apparate nie gebaut wurden oder nie geflogen haben, ab, so müssen wir den deutschen Ingenieur Otto Lilienthal als den eigentlichen Vater des Gleit- und Segelflugwesens, ja des Flugwesens überhaupt, ansprechen.

Lilienthal wurde am 3. Mai 1848 in Anklam geboren und beschäftigte sich schon seit seiner frühesten Jugend, zusammen mit seinem Bruder Gustav, mit dem Flugproblem. Im Jahre 1864 baute er seinen ersten Apparat, der nur aus einem Paar Flügel bestand, die an den Armen befestigt werden sollten. Wie alle damaligen Konstrukteure, die nur auf sich und das natürliche Vorbild, den Vogel, angewiesen waren, wollte Lilienthal diesen nachahmen. Nach Art der Störche lief er gegen den Wind und schlug mit den Flügeln. Der Erfolg blieb natürlich aus; aber schon zwei Jahre später baute er sein erstes Gleitflugzeug, bestehend aus einem Tragflächenpaar. Lilienthal war der geborene Forscher; er sah bald ein, daß er auf diesem Wege nicht vorwärts kommen würde und begann deshalb 1871 mit

systematischen Versuchen über den Luftwiderstand. Das wichtigste Ergebnis seiner Forschungen war die Feststellung, daß gewölbte Flächen den geraden außerordentlich überlegen sind, und daß wiederum die parabelförmigen Querschnitte die günstigsten sind. Jahrzehntlang führte Lilienthal Messungen über den Luftwiderstand ebener und gewölbter Flächen aus. Die Ergebnisse seiner Forschungen veröffentlichte er in seinem Werke: „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“. Dieses Werk bildet das eigentliche Fundament der Flugwissenschaft, und die Mehrzahl der darin aufgestellten Grundsätze besitzt noch heute volle Gültigkeit. Besonders die heute allgemein gebräuchliche graphische Darstellung von Auftrieb und Widerstand eines bestimmten Profiles in den Flügelpolen sei noch erwähnt. Weitere Veröffentlichungen Lilienthals erschienen in der Zeitschrift „Prometheus“, doch fanden diese damals zu wenig Beachtung, hatte man doch noch selbst 1900 für Forscher, die sich mit dem Problem des freien Menschenfluges befaßten, nur ein mitleidiges Lächeln.



Fig. 22
O. Lilienthal.

1889 begann Lilienthal wieder mit seinen praktischen Versuchen, und zwar zunächst in den Südender Sandgruben bei Steglitz. Der Hügel wurde mit einem Turm versehen, von welchem Lilienthal absprang. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Neigung zu steil war, weshalb er 1890 bei Lichterfelde einen Hügel aufschüttten ließ, der allein 7000 M.

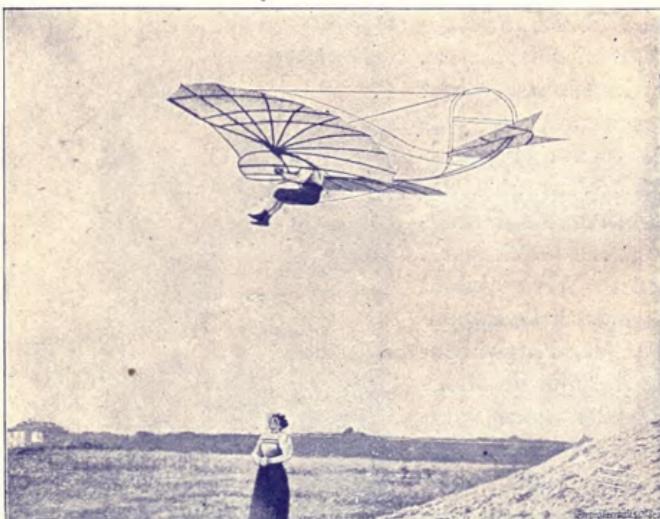


Fig. 23
Lilienthal im Jahre 1893.

erforderte. Zu gleicher Zeit unternahm er Gleitflugversuche in Stölln bei Rhinow.

Nach und nach brachte Lilienthal es zu einer bewundernswürdigen Geschicklichkeit, so daß er selbst bei einer Windstärke von mehr als 10 m/s Gleitflüge ausführen konnte, was mit seinen für heutige Verhältnisse primitiven Apparaten, die nur durch Verlegung des Körpergewichtes gesteuert wurden, als hervorragend bezeichnet werden muß. Auch heute wird diese Steuerungsart noch bei Hängegleitern

verwendet, obwohl sie außerordentliche Geschicklichkeit erfordert. Interessant ist es für uns, daß es bereits unserem Altmeister gelang, sich zeitweise über den Abflugspunkt zu erheben.

Im ganzen hat Lilienthal über 1000 Gleitflüge ausgeführt und Strecken bis zu 350 m bei einem Gleitwinkel

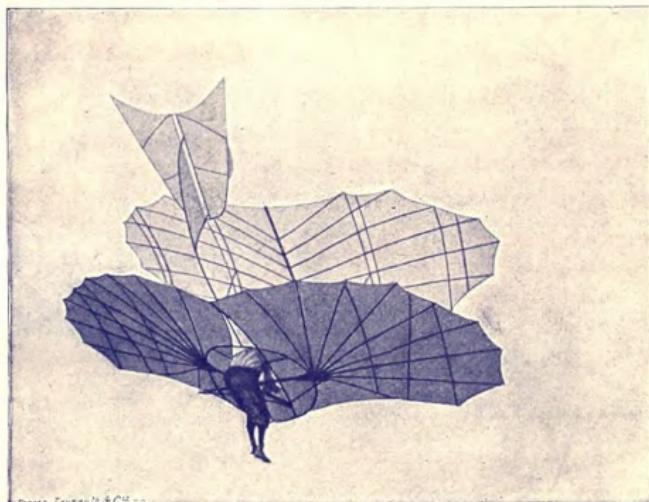


Fig. 24
Lilienthal im Jahre 1895.

von 4° erreicht. Nun glaubte er es an der Zeit, einen kleinen Motor einzubauen, um den Gleitflug in den wagerechten Flug überzuführen oder den Gleitflug zum mindesten zu strecken. Er konstruierte selbst einen Motor, der mit komprimierter Kohlensäure angetrieben werden sollte. Der Motor entwickelte bei 42 kg Gewicht $2\frac{1}{2}$ P. S. Das Flugzeug, in welches dieser Motor eingebaut wurde, glich im allgemeinen seinem Eindecker. Der mittlere Teil war unbeweglich, hingegen waren die Flügelenden zum Auf- und

Niederschlagen eingerichtet und hatten Schwungfedergliederung. Um das vermehrte Gewicht zu tragen, wurde das Flugzeug auf 16 qm vergrößert. Lilienthal wollte zunächst nur ganz geringe Flügelschläge ausführen, um, wie er sich ausdrückte, das Fliegen zu entwickeln. Ohne Zweifel war dies der einzige richtige Weg, und der Erfolg wäre sicher nicht ausgeblieben. Aber wie auch später immer wieder, mußte jeder größere Fortschritt mit einem Todes-



Fig. 25

Lilienthal mit seinem letzten Apparat mit Schwungfedergliederung.

opfer bezahlt werden. Bevor Lilienthal zum Ausprobieren dieses Flugzeuges kam, erreichte ihn das Ikaridenschicksal. Am 9. August 1896 wollte er einen letzten Flug mit einem Gleitflugzeug machen und gleichzeitig ein neues Höhensteuer erproben. Das Steuer war mit einer Schnur am Kopfe befestigt, durch dessen Bewegung er das Steuer betätigen wollte. Lilienthal stürzte bei diesem Fluge aus einer Höhe von 15 m und brach die Wirbelsäule; am anderen Tage erlag er den schweren Verletzungen. Die Ursache

des Absturzes war mangels Gegenwart einwandfreier Zeugen nicht festzustellen. Nach Ansicht seines Bruders Gustav war die neue Steuerung die Ursache. Der Sturz wurde noch dadurch verschärft, daß zum ersten Male die Prellbügel, die den Landungsstoß milderten, fehlten. Bezeichnend für das Zielbewußtsein Lilienthals waren seine letzten Worte: Opfer müssen gebracht werden. Dieser Ausspruch ist längst zum geflügelten Wort geworden und hat sich in der Folgezeit noch oft bewahrheitet; doch seit der Grundsteinlegung durch Lilienthal schritt die junge Flugtechnik mit Riesenschritten vorwärts.

2. Percy S. Pilcher.

In Deutschland wirkte der Tod Lilienthals zunächst lähmend, aber um so eifriger griff das Ausland Lilienthals Vermächtnis auf, ohne daß jedoch zunächst jemand an die Erfolge unseres Altmeisters heranreichte. Besonders

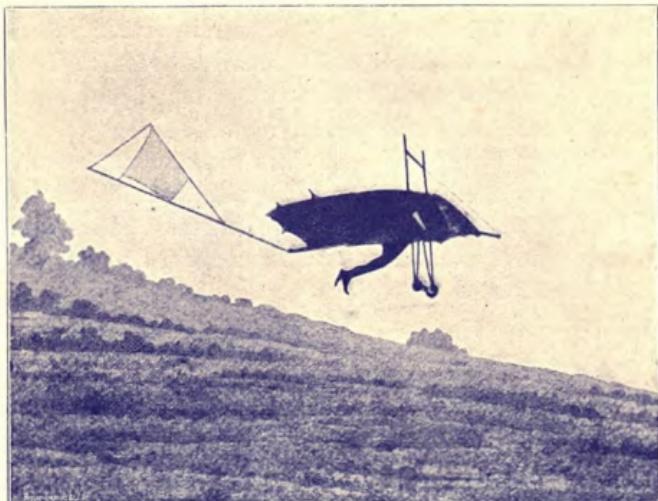


Fig. 26. Pilcher.

erwähnenswert ist hier der Engländer Percy S. Pilcher, der im Jahre 1895 mit einem Hängegleiter von 14 qm Fläche experimentierte. Pilcher erreichte damit Fluglängen bis zu 120 m. Infolge häufigen Flächenbruches ging er zum Bau eines schwereren Apparates über. Nr. 2 hatte eine Fläche von 16 qm und ein Gewicht von 36 kg, doch fand Pilcher, daß dieser Apparat zu schwer zu regieren war und baute das dritte Flugzeug wieder leichter. Mit diesem Hängegleiter gelangen ihm zahlreiche gute Gleitflüge. Pilcher baute nun ein Flugzeug, in welches er einen ebenfalls von ihm konstruierten 4 P. S.-Benzinmotor einbaute. Bevor er jedoch dazu kam, diesen Apparat zu erproben, erreichte ihn das Schicksal seines Lehrmeisters. Im Jahre 1899 stürzte er bei einer Vorführung vor der englischen aeronautischen Gesellschaft aus etwa 10 m Höhe tödlich ab.

3. Octave Chanute.

In Amerika baute um dieselbe Zeit Octave Chanute zu Chicago nach Lilienthals Vorbildern. Selber schon zu alt, ließ er seine Gleiter durch seinen Assistenten Herring erproben. Chanute glaubte jedoch, daß der Eindecker zu unstabil sei und wandte sich bald, angeregt durch die Versuche von Hargrave, mit dem nach ihm benannten Kastendrachen, dem Bau von Doppel- und Mehrdeckern zu. Abb. 27 zeigt den Vierdecker Chanutes. Dieses Flugzeug hatte eine Schwanzfläche von gleicher Breite und Form wie die Tragflächen. Über dem vierten Deck war ein fünftes parallel zur Flugrichtung angebracht. Der Gleitwinkel dieses Apparates soll 12° betragen haben, war also ziemlich ungünstig. Chanute kam deshalb bald auf den Doppeldecker zurück, mit welchem er bessere Resultate erzielte. Die Ursache hierfür lag wahrscheinlich darin, daß die Tragflächen nach Lilienthal eine Wölbung der Unterseite von 1 : 12 aufwiesen. Das Flugzeug hatte ein Leergewicht

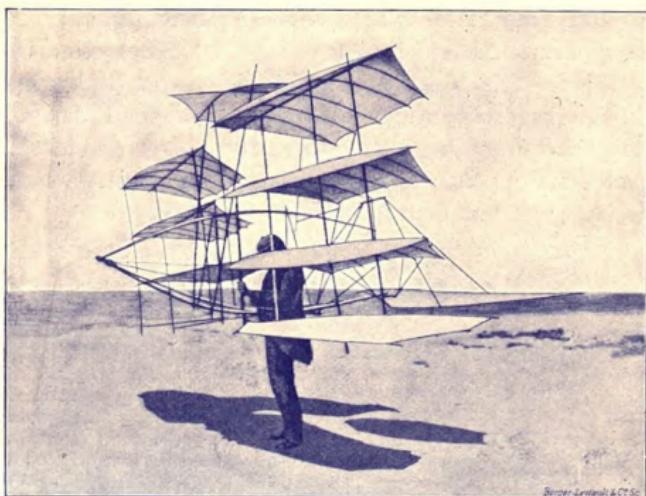


Fig. 27. Chanute in seinem Vierdecker.

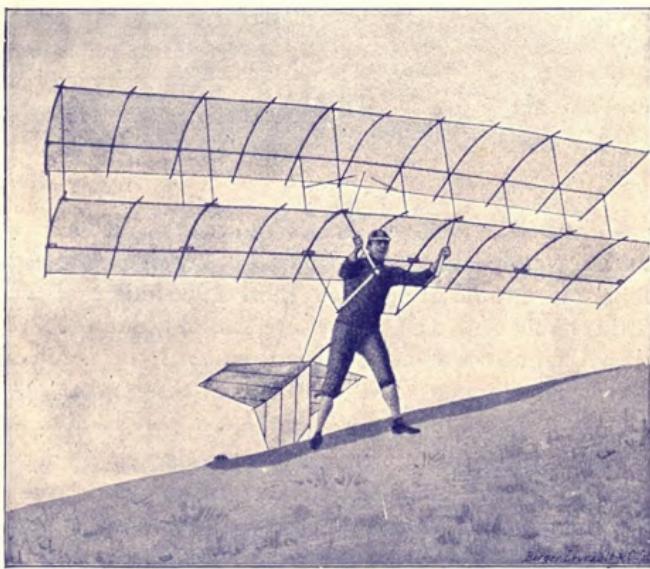


Fig. 28. Herring im Doppeldecker Chanutes.

von nicht ganz 11 kg, war also äußerst leicht gebaut. Von Herring wurden mit demselben etwa 700 Flüge ohne Unfall ausgeführt. Bei einem Gesamtgewicht von 81 kg betrug die Schwebegeschwindigkeit etwa 10 m/s, und der Gleitwinkel schwankte zwischen 7 und 10°. Der einfache Aufbau dieses Doppeldeckers, der schon ganz moderne Formen aufweist, geht aus den Abbildungen hervor.

4. Die Brüder Wright.

Es gibt zwei Arten, wie man ein widerstrebziges Pferd reiten lernt; die eine besteht darin, daß man sich darauf setzt und durch Übung lernt. Bei der anderen setzt man sich hinter einen Zaun und beobachtet das Tier eine Zeitlang. Dann geht man nach Hause, um dort in Ruhe auszudenken, wie man den Sprüngen und Stößen des Pferdes am besten beikommt. Das letzte System ist das sichere. Das erstere bringt aber doch wohl im allgemeinen den größeren Teil guter Reiter hervor. Ganz dasselbe ist es, wenn man mit einer Maschine fliegen will. Wenn es Ihnen auf Ihre völlige Sicherheit ankommt, so tun Sie gut, wenn Sie sich an ein Fenster setzen und die Vögel beobachten. Aber wenn Sie wirklich etwas lernen wollen, so müssen Sie die Maschine besteigen und sich mit deren Schlichen durch praktische Versuche vertraut machen.

Wilbur Wright.

Gleichfalls angeregt durch Lilienthal, jedoch ohne Kenntnis von den Versuchen Chanutes, begannen die Brüder Wilbur und Orville Wright im Jahre 1900 mit praktischen Gleitflugversuchen. Die verbreitete Ansicht, daß die Brüder Schüler Chanutes waren, beruht auf einem Irrtum. Chanute traf erst im Sommer 1901 mit ihnen zusammen, als sie bereits ihre ersten praktischen Erfolge erzielt hatten.

Ihr erster Apparat war ein Doppeldecker in der Art Chanutes, unterschied sich jedoch von diesem durch ein bedeutend größeres Flächenareal und die Art der Steuerung. Wurden alle bisher geschilderten Apparate durch Ver-

legung des Körpergewichtes gesteuert, so verwandten die Brüder Wright für die Stabilisierung in der Längsrichtung ein vor den Flächen liegendes Horizontalsteuer und für die Querstabilität die von ihnen eingeführte Flächenverwindung, durch welche mit einem Schlage die bisher so schwierige Frage der seitlichen Stabilität gelöst war. Die Wölbung

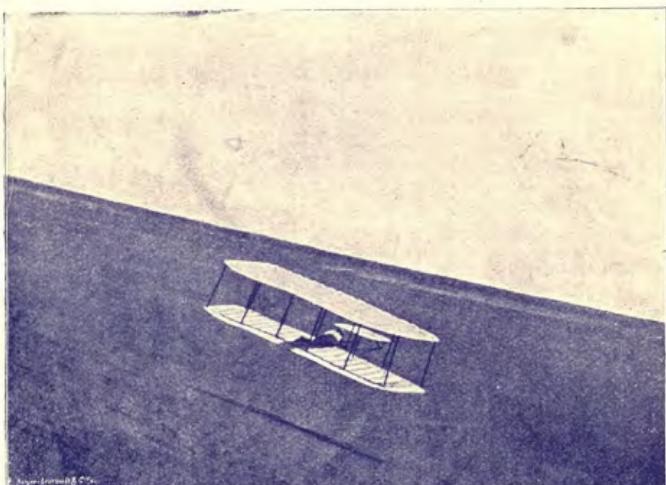


Fig. 29
Wright im Jahre 1901.

der Flächen betrug nach Lilienthal 1 : 12. Von ausschlaggebender Bedeutung für ihre Erfolge war es auch, daß sie ihre Gleitflugzeuge in liegender Stellung flogen. Der zweite, 1901 gebaute Gleiter, hatte noch größere Ausmaße. Das Flächenareal betrug 21 qm. Die Flächen von rechteckiger Form hatten eine Spannweite von 6,07 qm und waren 2,13 m tief. Die Entfernung der Tragdecks voneinander war 1,70 m. Die Wölbung der Unterseite der Flächen betrug nur noch 1 : 19. Auf etwa 1000 Gleitflüge kam kein einziger nennenswerter Unfall, ein Zeichen, welche Übung die Brüder

Wright erlangt hatten. Gestartet wurde der Gleiter, indem zwei Männer ihn an jeder Flügelseite anhoben und gegen den Wind führten. Diese Startart ist später nur noch beim „Weltensegler“ angewendet worden. Es gelangen den Brüdern schon damals Flüge bis zu 2 min Dauer, doch durch die Konstruktion des Automobilmotors kamen sie

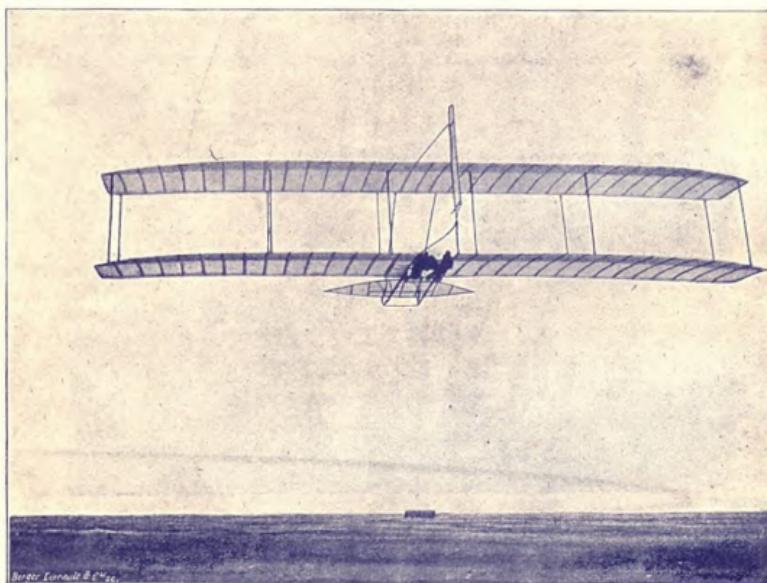


Fig. 30
Wright im Jahre 1902.

bald auf den Gedanken, einen solchen in ihr Flugzeug einzubauen, und durch ihren ersten dynamischen Flug am 17. Dezember 1903 war der Weg vorgezeichnet, und alle Welt wandte sich dem Motorflugzeug zu. Wie schnell die Brüder in der Entwicklung ihrer Flugzeuge vorschritten, beweisen die Abweichungen der einzelnen Apparate von einander. Von 1900 bis 1903 stellten sie vier Gleitflugzeuge her, nämlich:

Nr.	Spannweite	Flächentiefe	Flächeninhalt	Leergewicht
1.	5,64 m	1,52 m	15,6 qm	21,8 kg
2.	6,07 m	2,13 m	21,0 qm	45,4 kg
3.	9,75 m	1,52 m	28,4 qm	53 kg
4.	12,25 m	1,52 m	48 qm	53 kg

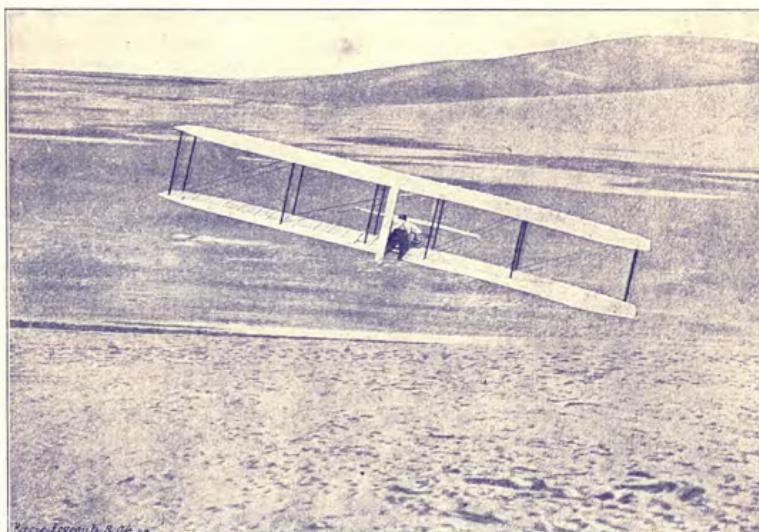


Fig. 31
Ein Viertelkreis nach rechts im Jahre 1902.

Wir ersehen aus dieser Aufstellung, daß die Brüder überraschend schnell erkannten, daß eine schmale Fläche von großer Spannweite einer tiefen überlegen ist. Trotz ihrer großen Erfolge im Motorflugzeugbau, wandten sich die Brüder Wright später wieder dem Bau und praktischen Versuchen mit Gleitflugzeugen zu. Zweifellos hatten sie erkannt, daß das Motorflugzeug in der derzeitigen Form zu unwirtschaftlich arbeitete. Im Jahre 1911 gelangen

Orville Wright bei Kitty Hawk im Dünengelände zahlreiche Segelflüge bis zu 11 min Dauer; u. a. stand er mit seinem Flugzeug einmal 10 min in der Luft still. Ausgeführt wurden diese Flüge mit einem Doppeldecker der alten Bauart; lediglich die Flächen konnten stärker verwunden werden, und der ganze Aufbau des Flugzeuges war dem neueren Stande der Flugtechnik angepaßt. Die Mehrzahl der Flüge fand bei Wind von 20—22 m/s statt, forderten also eine ausgezeichnete Steuerungsfähigkeit und Übung des Führers. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß es sich um rein statische Segelflüge, also um solche, die im aufsteigenden Luftstrom der Dünen stattfanden, handelte.

5. Ferber, Voisin, Archdeacon, Offermann, Wels.

Teilweise angeregt durch die Versuche Lilienthals, teilweise durch die Brüder Wright aufmerksam gemacht, begannen obige Forscher mehr oder weniger erfolgreich mit dem Bau und praktischen Flugversuchen. Ferber hat

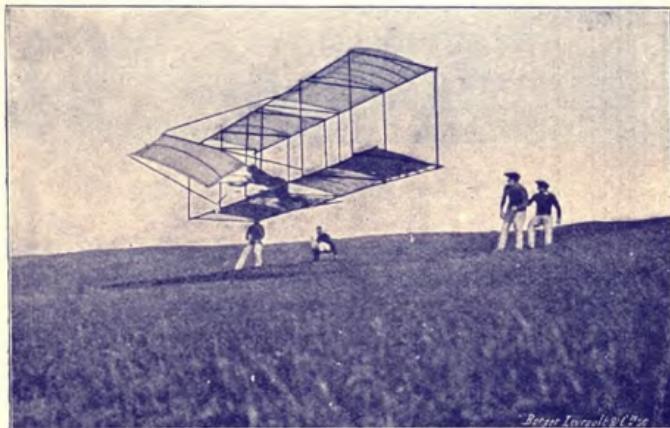


Fig. 32

Ferber startet mit seinem Gleiter Nr. 5.

seine umfangreichen Erfahrungen in seinem lesenswerten Buche: „Die Kunst zu fliegen“, niedergelegt*). Das Werk ist in deutscher Übersetzung in vorliegender Bibliothek erschienen. Voisin unternahm Flugversuche auf den Gleitflugzeugen von Archdeacon, der in uneigennützigster Weise die Flugtechnik unterstützte, wandte sich jedoch auch bald dem Motorflugzeugbau zu. Offermann experimentierte 1908—1912 mit Ein- und Doppeldeckern in der Nähe von Aachen und später in der Eifel, wo er einen künstlichen

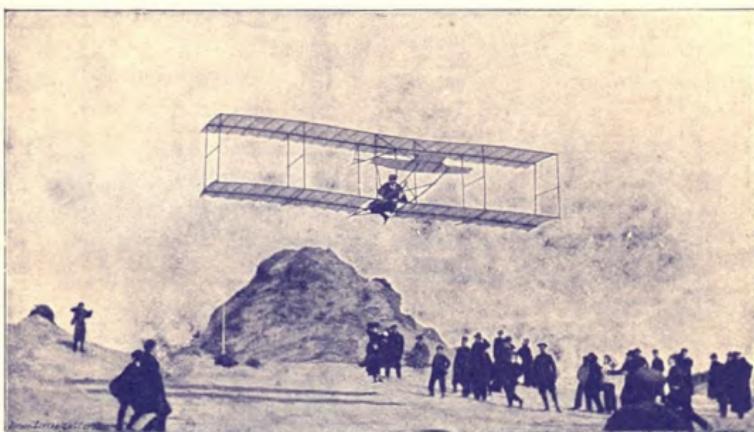


Fig. 33. Gleiter von Archdeacon mit Voisin als Führer.

Hügel aufwerfen ließ. Besonders interessant ist die Startart Offermanns, der wie Wright ein Katapult benutzte. Wir werden an anderer Stelle hierauf noch näher eingehen. Besonders der Eindecker Offermanns wies schon damals Einzelheiten auf, die teilweise heute erst wieder praktisch verwertet werden. Es sei auf seine lehrreichen Ausführungen im „Flugsport“, Jahrgang 1920, Heft 22, hingewiesen. In Österreich war es Wels, der Gleitflugversuche mit einem originellen, eigenstabilen, schwanzlosen Eindecker machte.

*) z. Z. vergriffen. Der Verlag.

Der Gleit- und Segelflugzeugbau.

Angeregt durch den Hinweis des Hamburger Professor Ahlbom auf den Zanonia-Samen, konstruierte Wels ein Gleitflugzeug ohne Schwanzfläche, das aber trotzdem im hohen Maße eigenstabil war. Aus diesem Gleiter ist später die erst wegen ihrer Eigenstabilität beliebte und später deswegen verpönte „Taube“ hervorgegangen.

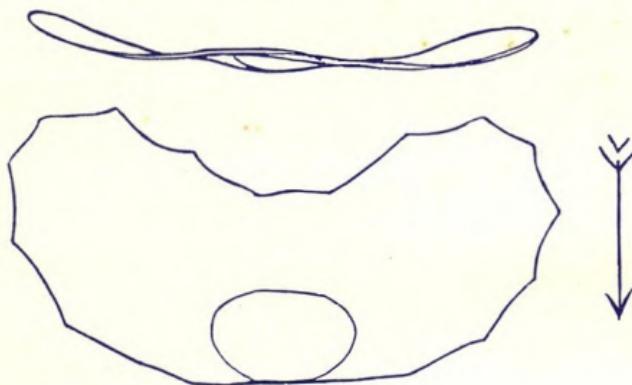


Fig. 34
Flugsamen der Zanonia. Ansicht von vorn und von oben.

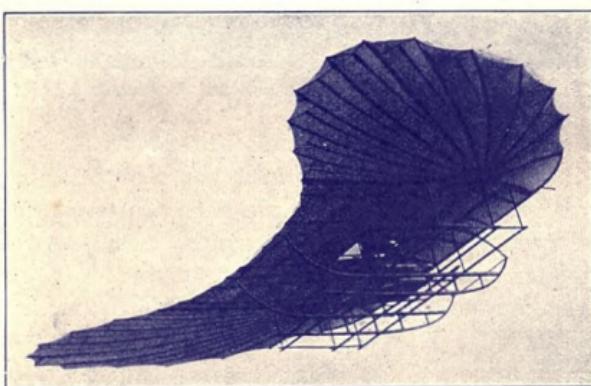


Fig. 35
Gleiter von Wels (Zanoniaform) im Fluge.

6. Flugsportvereinigung Darmstadt.

Trotz aller Erfolge des Motorflugzeuges begann im Jahre 1909 eine Vereinigung von Darmstädter Akademikern Gleitflugübungen in der Nähe Darmstadts und später auf der Wasserkuppe in der Rhön. Anfangs benutzten sie hierzu einen sehr einfachen, zerlegbaren Hängegleiter und schritten dann in der Entwicklung ihrer weiteren, immer selbst gebauten Flugzeuge, auf ihre Erfahrungen fußend, zielbewußt vorwärts. Das erfolgreichste Darmstädter Vorkriegsflugzeug war der Doppeldecker F. S. V. 8, 1912, mit welchem in der Rhön 1912 eine Anzahl längerer Gleitflüge ausgeführt wurden. Die Durchschnittsleistung betrug 4—500 m. Die Höchstleistung vollbrachte der später als Kampfflieger gefallene Gutermuth mit 838 m und 112 s Dauer. Das Flugzeug, ein Doppeldecker mit offenem Gitterrumpf, war fast ausschließlich aus Bambus hergestellt. Die obere Fläche war größer gehalten, und die überstehenden Teile wurden für die Querstabilität verwunden. Außerdem waren die Flächen stark pfeilförmig und die untere Fläche V-förmig gestellt. Die Flächen, wie auch die Steuerungsorgane waren äußerst elastisch. Bei flach abfallenden Hängen wurden Gleitwinkel bis zu 4° erreicht. Nach diesem Gleiter wurde noch ein Rumpfdoppeldecker fertiggestellt, doch infolge des bald ausbrechenden Krieges kam es zu keinen größeren Flügen.

7. Harth und Messerschmitt.

Harth und Messerschmitt bauten ihr erstes Flugzeug 1910 und brachten uns wieder einen Schritt vorwärts. Auf Grund eingehender Vorversuche und Studien gelangten sie zur Verwendung des Profiles mit verdickter Vorderkante und Steuerung des Flugzeuges durch Verwindung der ganzen Tragfläche, und zwar gegenläufig für die Querstabilität und im gleichen Sinne, um hierdurch auftretenden Windschwankungen Energie zu entnehmen. Harth und Messer-

schmitt unternahmen ihre Versuche stets auf fast ebenem Gelände, und da ihre Steuerungsart ja viel feinfühliger ist als die langsam wirkende Schwanzsteuerung, mußten sie naturgemäß langsam vorgehen. Bereits im Januar 1914 waren sie imstande, ihr Flugzeug bei einer Windstärke von 15 m/s sicher im Gleichgewicht zu halten. Der Krieg unterbrach auch hier die Versuche, doch im August 1916 gelang



Fig. 36
Harth-Messerschmitt, Versuche im Januar 1914.

Harth ein Flug von $3\frac{1}{2}$ Minuten ohne Höhenverlust bei Wind von 8—10 m/s. Wir werden auf die Harth-Messerschmitt-Flugzeuge später noch ausführlich eingehen.

8. Segelflüge 1920.

Der Krieg mit seinen ständig wachsenden Anforderungen züchtete nach und nach die „fliegenden Motoren“, und immer mehr entfernten wir uns von dem wirtschaftlichen und idealen Flugzeug. Der Friedensvertrag, der uns die Bau-

beschränkungen brachte, hatte wenigstens die eine gute Seite, daß er den Gedanken an den motorlosen Flug wieder aufleben ließ. Wohl wurden Gleitflugversuche bereits kurz nach dem Kriege von einzelnen Vereinen und Personen unternommen, doch fehlte die systematische Forschung, das Streben nach einem bestimmten Ziel.

Unter der unermüdlichen Werbearbeit und den Anregungen des Herausgebers des „Flugsport“, Ing. Oskar Ursinus, wurde im August 1920 durch den Deutschen Modell- und Segelflugverband e. V. erstmalig ein Gleit- und Segelflug-Wettbewerb veranstaltet, und neue, begeisterte Anhänger entstanden dem Segelflugwesen.

Es würde dem Zweck dieses Buches nicht entsprechen, wenn wir hier alle an den einzelnen Rhön-Wettbewerben teilgenommenen Flugzeuge erwähnen würden. Es soll deshalb nur kurz eine Übersicht des bisher Geleisteten gegeben werden, und an anderer Stelle sollen die bewährtesten Flugzeuge und ihr Aufbau geschildert werden. Wer sich näher über die einzelnen Wettbewerbe und Flugzeuge orientieren will, sei auf die Fachzeitschriften aufmerksam gemacht, welche ausführliche Berichte veröffentlicht haben.

Im Wettbewerb 1920 gab es zunächst nur Tasten und Lernen. Es ist daher auch erklärlich, daß die Mehrzahl der erschienenen Flugzeuge sich entweder eng an das Motorflugzeug anlehnten oder aber Hängegleiter mit Steuerung durch Körpergewichtsverlegung darstellten. Die beste Leistung gelang Klemperer auf Eindecker „Schwarzer Teufel“ der Flugwissenschaftlichen Vereinigung, Aachen, mit 1830 m und 2 min 22,6 s. Dieses Flugzeug war ein Tiefdecker nach Junkerscher Bauart. Die zweitbeste Leistung vollbrachte Eugen von Lössl auf einem Rumpfdoppeldecker eigener Bauart. Die Tragflächen hatten ein Spadprofil, das einen außerordentlich flachen Gleitflug gestattete. Er erreichte eine Flugweite von 400 m und 40 s. Bei einem zweiten Fluge

am nächsten Tage stürzte er aus einer Höhe von 150 m über dem Tale tödlich ab, nachdem er bereits eine Strecke von 770 m bei einer Dauer von 80 s durchflogen hatte. Der Absturz erfolgte nach vorangegangenem Bruch der linken Höhensteuerfläche.

In der Klasse der Hängegleiter wurde der gewandte und unermüdliche Pelzner, Nürnberg, Sieger; er erreichte Flugzeiten bis zu 52 Sekunden und 452 m Strecke.

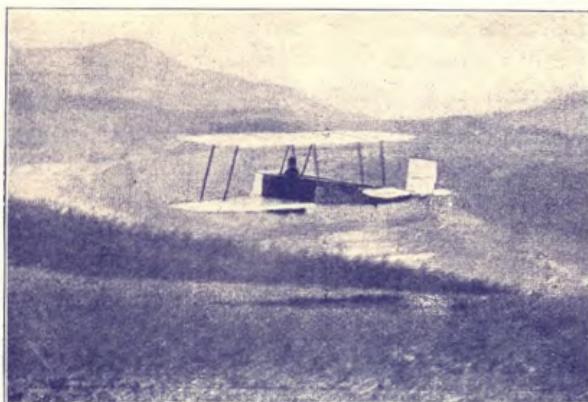


Fig. 37

Eugen von Lössl auf seinem letzten Fluge am 9. August 1920.

Unabhängig vom Rhön-Wettbewerb unternahm Ing. Peschkes vom Feldberg im Schwarzwald Flugversuche mit einem ganz neuartigen, schwanzlosen Eindecker. Am 19. August gelang es ihm, einen Flug in Form einer geschlossenen 8 auszuführen. Peschkes überflog hierbei zweimal den Startpunkt in einer Höhe von 6—8 m. Die ausgezogene Flugbahn betrug ca. 2 km, die Dauer 2 min. Aus dem verwendeten, von Wenk konstruierten Flugzeug ist später der „Weltensegler“ hervorgegangen, auf welchen wir noch zurückkommen.

Ungefähr zur gleichen Zeit führten Harth-Messerschmitt ihre Versuche bei Bischofsheim in der Rhön, jedoch ebenfalls unabhängig vom Rhön-Wettbewerb, fort. Es gelang Harth gelegentlich die Startstelle um 50 m zu überhöhen, wobei besonders zu erwähnen ist, daß das Flugzeug trotz schnellen Steigens nicht an Geschwindigkeit verlor. Das Gelände, auf welchem die Harthschen Flüge stattfanden, hatte im allgemeinen ein Gefälle von 2 bis 5°. Die im weiteren Verlauf

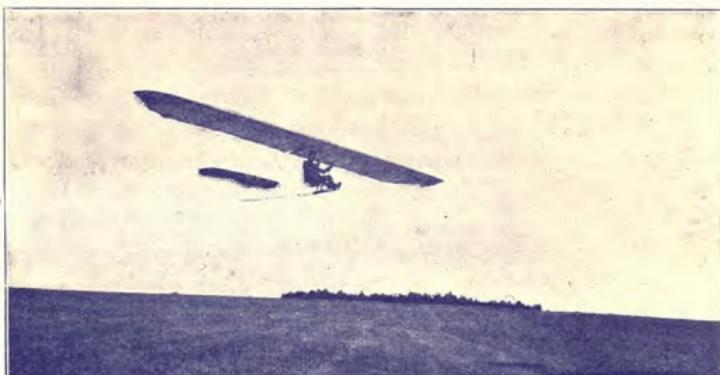


Fig. 38

Harth segelnd über fast ebenem Gelände Oktober 1920.

der Versuche vorgenommenen Flüge mit Richtungsänderungen führten zur Entfernung des Seitenruders und Seitensteuerung durch kleine Zusatzflächen an den Tragflächen, doch wurde später wieder ein normales Seitensteuer eingebaut.

9. Segelflüge 1921.

Im zweiten Rhön-Wettbewerb wurde aus dem zagen Tasten und Probieren bereits ein systematisches Vorgehen. Die einzelnen Flugzeuge waren nach neuen Gesichtspunkten konstruiert. Nicht die Überwindung, sondern die Ausnutzung

des Windes wurde angestrebt, und die hieraus resultierenden Ergebnisse brachten auch den erwarteten Fortschritt. Sieger wurde Martens auf dem Eindecker der Akademischen Fliegergruppe Hannover (später „Vampyr“ genannt), der 5 min und 33 s flog und hierbei zwei geschlossene Kreise beschrieb. Die zurückgelegte gerade Strecke betrug 3580 m, der Gleitwinkel bei diesem Flug 1 : 10,4. Am 4. September, also kurz nach Beendigung des Wettbewerbes, gelang Martens ein Flug 15 min und 45 s, wobei er $7\frac{1}{2}$ km zurücklegte, aber nur 400 m Höhe verlor. Der Gleitwinkel betrug in diesem Falle schon 1 : 20. Sehr gute Flugeigenschaften zeigte auch der flügelgesteuerte Eindecker des Bayrischen Aero-Club unter der Führung von Koller und der Aachen-Eindecker „Blaue Maus“ (entspricht mit geringen Abänderungen dem „Schwarzen Teufel“), den Klemperer, Bienen und Fromm flogen.

Von den sonstigen Wettbewerbsflügen ist zu sagen, daß die Durchschnittsleistungen bedeutend besser waren, doch konnte von einem eigentlichen Segelfliegen noch keine Rede sein, was weniger auf technische Mängel als auf ungenügende Kenntnis der Windströmungen zurückzuführen ist. Ein Flug jedoch, der leider mit dem Tode des Fliegers endete, zeigte den ausgesprochenen Charakter des Segelfluges der Vögel, im besonderen ähnelte er dem Flug der Meeressegler. Es war der Flug des ehemaligen Kampffliegers Leusch auf „Weltensegler“, einem Eindecker nach dem System des von Peschkes bei seinem Feldbergflug benutzten schwanzlosen Eindeckers. Der Segler wurde bei einem Wind von 8—10 m/s durch drei Leute auf die Schultern gehoben. Die Mannschaft lief mit dem Flugzeug gegen den Wind an, und nach wenigen Schritten hob sich der Segler von ihren Schultern und segelte langsam, aber ständig steigend, gegen den Wind an. Trotz des aufsteigenden Gewitters und der hierdurch hervorgerufenen Böen lag das Flugzeug ruhig in der Luft. Nach einem Flug von etwa $1\frac{1}{2}$ min wollte Leusch scheinbar der



Fig. 39. Rhön-Wettbewerb 1921. Dipl. Ing. Klemperer auf „Blaue Maus“.



Fig. 40. Rhön-Wettbewerb 1921. Segelflugzeug „Weltensegler“ der Segelflugzeugwerke Baden-Baden.

Wolkendecke ausweichen. Er legte den Segler in die Kurve, aus welche er ihn, anscheinend infolge Versagens der Federzüge, welche automatisch das Aufrichten besorgen sollten, nicht herausbrachte. In wenigen Augenblicken schoß der Eindecker nach unten. Den nun auftretenden enormen Drücken waren die Flächen nicht gewachsen, sie brachen weg, und Leusch stürzte aus etwa 400 m Höhe.

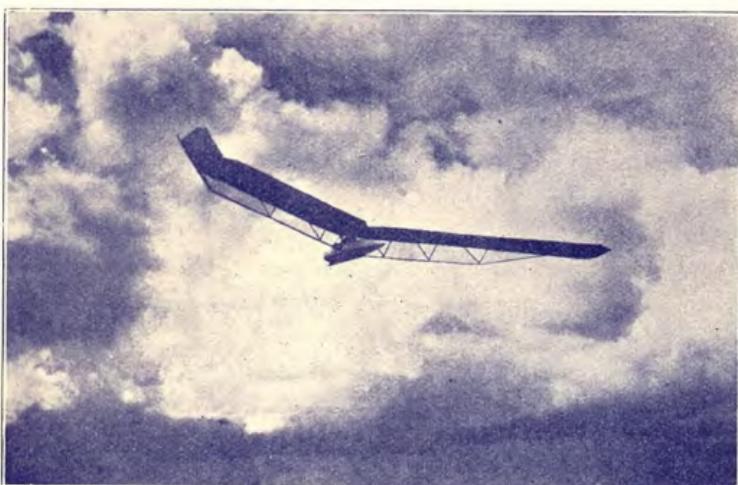


Fig. 41

Rhön-Wettbewerb 1921.
„Weltensegler“ unter der Führung von Leusch dicht unter der Wolkendecke
segelnd.

Zur gleichen Zeit — wiederum unabhängig vom Rhön-Wettbewerb — führte Harth, an dessen Flugzeug inzwischen technische Verbesserungen vorgenommen waren, seine Versuche fort. Am 20. August wurden bei Wind von 10 m/s eine Anzahl Flüge von 3—4 min Dauer ausgeführt. Am 13. September gelangen bei Wind von 10—12 m/s zunächst einige Flüge von 5—7 min Dauer. Als der Wind dann

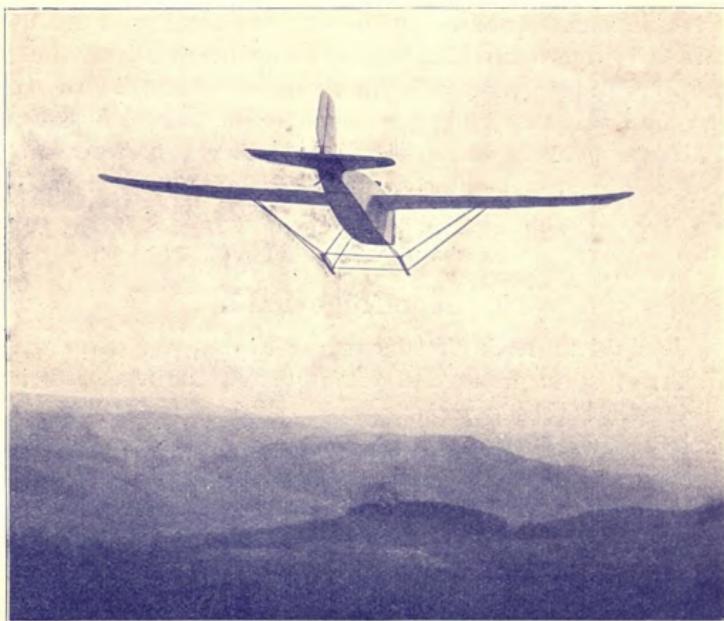


Fig. 42. Rhön-Wettbewerb 1921. Stuttgart-Eindecker im Fluge,
geführt von Brenner.



Fig. 43. Rhön-Wettbewerb 1921. Koller auf dem flügelgesteuerten
Eindecker des Bayrischen Aero-Clubs, kurz nach dem Start.

weiterhin zunahm und mit Böen von teilweise 20 m/s durchsetzt war, unternahm Harth einen weiteren Flug, der 21 min und 37 s währte. Besonders hervorzuheben ist, daß dieser Flug über dem nur wenig geneigtem Gelände am Heidelstein (Rhön) ausgeführt wurde, in vielen Schleifen und Kreisen über den Startpunkt führte und schließlich nur 12 m tiefer und etwa 150 m von diesem endigte.

10. Segelflüge 1922.

Der dritte Rhön-Wettbewerb 1922 brachte dann die gewaltige, sprunghafte Steigerung der Dauerflüge, durch welche der Segelflug populär wurde und auch den ärgsten Skeptiker von dem tatsächlichen Segeln der motorlosen Flugzeuge überzeugte. Das erfolgreichste Flugzeug war wiederum der „Vampyr“ unter Führung von Martens und Hentzen. Die Tragflächen waren jedoch geändert. Statt der Verwindungsklappen waren elastische, etwas nach hinten gezogene Enden angesetzt, welche sich durch ein sinnreiches, von Martens konstruiertes Gestänge verwinden ließen. Martens vollführte den ersten Stundenflug, der jedoch schon tags darauf von Hentzen durch einen Flug von 2 Stunden überboten wurde. Den längsten Flug, d. h. die größte Entfernung, legte ebenfalls Hentzen mit 10 km zurück. Später schraubte Hentzen seine eigene Dauerleistung auf 3 h 10 min, während Hackmack auf dem Darmstädter Eindecker „Geheimrat“ $1\frac{1}{2}$ Stunden in der Luft blieb. Der letzte Flug ist bemerkenswert, weil Hackmack über eine Viertelstunde unbeweglich über dem Pferdkopf (ein steiler Rücken) stand, gleich einem riesigen, nach Beute spähenden Raubvogel. Hierdurch überbot er den Rekord von Orville Wright, dem es 1910 gelang, 10 Minuten in der Luft stillzustehen. Eine weitere besondere Leistung vollbrachte Fokker, der zum ersten Male motorlos mit Fluggast flog, und Botsch, der einen ausgezeichneten Sturmflug ausführte und höher als der Start-



Fig. 44. Rhön-Wettbewerb 1922. Schulz auf seinem Segelflugzeug F. S. 3, auf welchem er am 11. Mai 1924 den Dauer-Weltrekord von 8 h 42 min 9 s aufstellte.



Fig. 45. Rhön-Wettbewerb 1922. Dasselbe Flugzeug von hinten. Gut zu erkennen ist die unabhängige Klappensteuerung.

punkt landete. Erstmalig nahm auch Harth mit mehreren Apparaten seines Typs unter eigener Führung und Führung von Hirth und Baron von Freiberg am Wettbewerb teil. Auch die Durchschnittsleistungen stiegen wieder bedeutend.

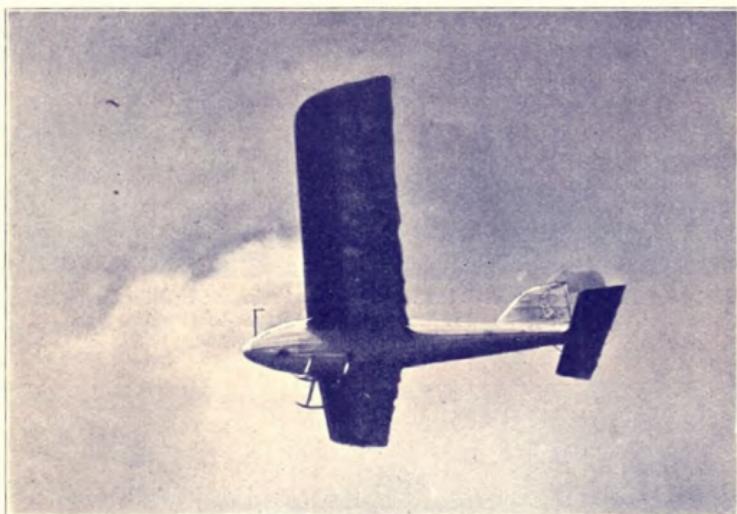


Fig. 46
Rhön-Wettbewerb 1922.
Brenner auf Stuttgart-Eindecker im Fluge.

Die Wettbewerbe in der Rhön regten nun auch das Ausland zur Nacheiferung an. Zunächst fand ein Gleitflugkurs in der Schweiz statt, der keine besonderen Leistungen zeigte. Sieger wurde der Deutsche Pelzner mit seinem Hängegleiter. Zur gleichen Zeit mit dem Rhön-Wettbewerb veranstaltete man in Frankreich bei Clermont Ferrand eine Segelflug-Konkurrenz, doch standen die Ergebnisse in keinem Vergleich zu den Rhön-Flügen. Beispielsweise betrug die längste Flugdauer 5 min 18 s.



Fig. 47
Fokker-Zweisitzer-Doppeldecker.

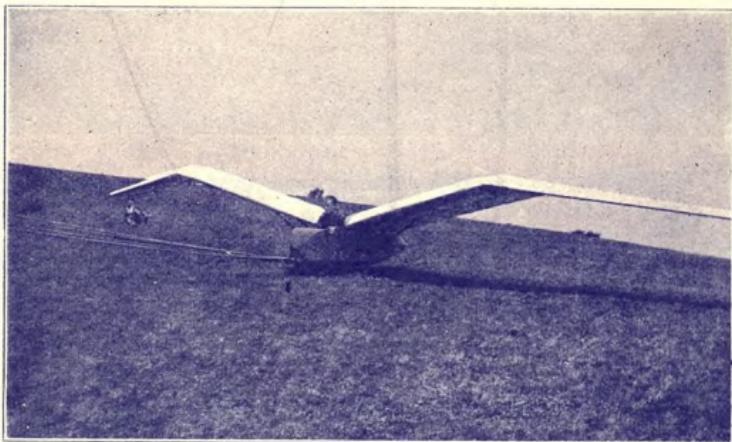


Fig. 48
Rhön-Wettbewerb 1922.
Stahmer auf freitragendem „Weltensegler“.

Der im Oktober bei Itford Hill in England stattgefundene Wettbewerb brachte dann bessere Leistungen. Nachdem Fokker mit seinem Doppeldecker durch einen schneidigen Flug von 37 min 6 s gezeigt hatte, wie der Aufwind ausgenützt wird, wurden mehrere Stundenflüge ausgeführt; u. a. flog der Franzose Maneyrol auf Peyret-Tandem-Eindecker 3 h 21 min 7 s und brachte dadurch den von Hentzen gehaltenen



Fig. 49
Rhön-Wettbewerb 1922. Schrenk auf Espenlaub-Eindecker.

Segelflug-Dauerrekord an Frankreich. Wie sehr sich das Gelände für den statischen Segelflug eignet, geht daraus hervor, daß es dem Piloten Gray gelang, mit einem provisorischem Flugzeug, bestehend aus den Flächen eines ehemaligen deutschen Fokker D VII Kampfeinsitzers und dem Rumpf eines englischen Bristol-Fighter Erkundigungsflugzeuges, im Gesamtgewicht von 225 kg eine Stunde und vier Sekunden in der Luft zu bleiben.

11. Segelflüge 1923.

Das Jahr 1923 begann schon im Januar mit einer Segelflugveranstaltung, der Segelflugwoche in St. Andreasberg im Harz. Schlechtes Landegelände verbunden mit ungünstiger Witterung verhinderten den Erfolg. Lediglich kleinere Schauflüge von Martens und Schwarz auf „Vampyr“ und Förster auf „Senator“, einem taubenähnlichen Eindecker mit durchgebogenen Flächen, gelangen.

Am 23. Januar flog Maneyrol auf seinem Peyret-Eindecker und überbot seinen eigenen Dauerweltrekord mit einem Flug von 8 h 5 min 50 s. Am 24. Januar flog Bossoutrot auf Farman Eindecker 3 h 31 min 45 s, allerdings in Abwesenheit offizieller Sportzeugen. Gleichfalls im Januar/Februar fanden bei Biskra in Algerien Segelflüge statt. Die lange, etwa 400 m hohe Hügelkette mit nach der Wüste steil abfallenden Hängen eignet sich außerordentlich für statische Segelflüge. Thoret, ein französischer Fliegeroffizier, hatte den Auftrag, die Windverhältnisse für den Segelflug zu untersuchen. Er flog mit einem normalen Hanriot Schulflugzeug mit 80 PS Le Rhône Motor — jedoch ohne diesen zu benutzen — und blieb 7 h in der Luft. Aus der Tatsache, daß Thoret bereits um 7 Uhr morgens einen vergeblichen Startversuch gemacht hat, dürfte anzunehmen sein, daß durch die Sonnenbestrahlung der Wüste die Aufkomponente des Windes wesentlich gesteigert wurde bzw. sich thermische Luftströmungen entwickelten, so daß der Flug also unter ganz besonders günstigen Verhältnissen erfolgte. Derselbe Führer flog später noch mit einem Fluggast 1 h 9 min, während Barbot auf Devoitine-Eindecker den Dauerrekord von Maneyrol auf 8 h 36 min 56 s schraubte. Da sämtliche Flüge im Hangwind stattfanden — die letzteren sogar unter wesentlich erleichterten Bedingungen — sind sie für die wissenschaftliche Segelflugforschung ohne Bedeutung. Seit dem ersten Stundenflug von Martens wissen wir, daß die

Dauer des statischen Segelflugs nur begrenzt wird durch die Windverhältnisse und die physische Ausdauer des Führers. Immerhin stellen die Flüge von Thoret, Maneyrol und Barbot ausgezeichnete sportliche Leistungen dar.

Im Mai wurde durch den ostpreußischen Verein für Luftfahrt e. V. der erste deutsche Küstensegelflug veranstaltet. Die beste Leistung erzielte Schulz, der bereits am Rhön-Wettbewerb 1922 teilgenommen hatte, dessen selbst konstruiertes und selbst gebautes Flugzeug jedoch von



Fig. 50

„Teufelchen“ der Akademischen Fliegergruppe Charlottenburg beim Segelflug-Wettbewerb in Rositten 1923.

der technischen Kommission nicht zugelassen werden konnte, weil es mangels ausreichender Mittel zu primitiv hergestellt war. Schulz flog parallel zur Küste von einer Düne zur anderen etwa 6 km. Im übrigen litt auch diese Veranstaltung sehr unter ungünstigen Winden und Flauten.

Im August fand der vierte Rhön-Wettbewerb statt. Dauerflüge wie im letzten Jahre wurden nicht ausgeführt, und deshalb hörte man vielfach von Laien die Meinung, die Franzosen hätten die Führung auf dem Gebiete des Segelflugwesens. Es muß deshalb auch an dieser Stelle

gesagt werden, daß eine Überbietung des Dauer-Weltrekordes leicht möglich gewesen wäre, aber die Rhönflieger dachten nicht daran, den Franzosen den Eitelkeitserfolg streitig zu machen. Die deutschen Wettbewerbe sind in erster Linie auf die restlose Erforschung des Segelfluges eingestellt und deshalb unterblieben rein sportliche Flüge mehr oder weniger. War im vorigen Jahr der erste Preis für den längsten Dauerflug ausgesetzt, so galt es in diesem Jahr, die größte geradlinige Strecke zurückzulegen, um so allmählich vom Gelände unabhängig zu werden und zum dynamischen Segelflug



Fig. 51

Rhön-Wettbewerb 1923.

Doppelsitzer „Margarethe“ der Akademischen Fliegergruppe Darmstadt.

überzugehen. Der Wettbewerb war in einen Vor- und einen Hauptwettbewerb geteilt. Diese Einteilung erwies sich bei der enormen Anzahl der gemeldeten Flugzeuge als sehr vorteilhaft. Meldeten 1920 25 Bewerber, 1921 45 und 1922 53, so wies die Meldeliste 1923 rund 100 Flugzeuge auf. Im Vorwettbewerb, der hauptsächlich für neue Flugzeuge und Anfänger gedacht war, stellten sich keine besonderen Leistungen heraus. Von den gemeldeten Maschinen waren 70 erschienen. 7 Flugzeuge konnten von der technischen Kommission wegen ungenügender Baufestigkeit nicht zugelassen werden. Ein außerordentliches Mißgeschick und fast

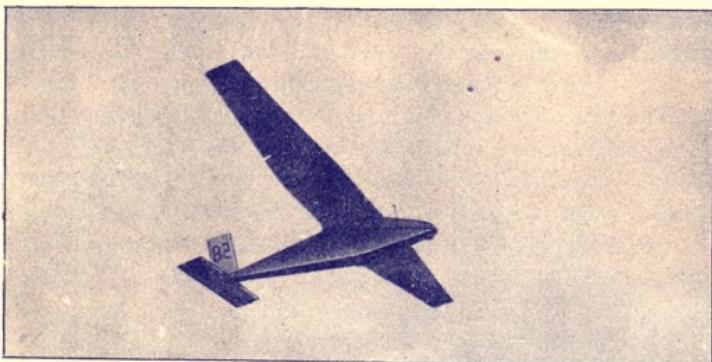


Fig. 52.
Rhön-Wettbewerb 1923. Martens auf „Strolch“ segelnd.

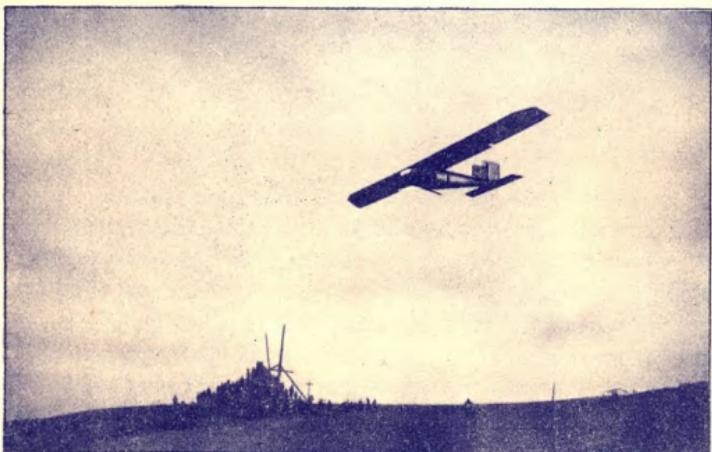


Fig. 53
Rhön-Wettbewerb 1923. Kegel auf „Espenlaub V“ über der Wasserkuppe.

gänzliche Windstille beeinträchtigten den Flugbetrieb des Vorwettbewerbes erheblich. So schieden infolge Bruches nicht weniger als 21 Maschinen vorzeitig aus, darunter leider auch der bewährte „Vampyr“, der durch einen neuen Führer leichtsinnig aufs Spiel gesetzt worden war. Sieger wurde Thomas, Darmstadt, auf dem bewährten „Geheimrat“, mit einer Gesamtflugzeit von 84 min 40 s und größter Einzelflugdauer von 54 min 4 s. Der Hauptwettbewerb zeigte ganz hervorragende fliegerische Leistungen, obwohl die ge-



Fig. 54

Rhön-Wettbewerb 1923. Stahmer auf „Bremen“ der Weltensegler-Werke.

steckten Ziele, Entfernungsflug von mindestens 20 km und Höhenflug von mindestens 350 m über dem Startpunkt, nicht erreicht wurden. Kurz seien nur die besten Leistungen hervorgehoben.

Hackmack flog auf Messerschmitt Rumpfeindecker bei äußerst böigem Sturm von 20 m/s und erreichte in zwei Minuten eine Höhe von 303 m über dem Startpunkt. Nach einigen Schleifen flog er mit Rückenwind über Land und landete schließlich außer Sicht mit geringstem Höhenverlust wiederum auf einem Berge. Martens auf „Strolch“ — eine

ähnliche Konstruktion wie der „Vampyr“, jedoch mit Verwindungsklappen und einem günstigeren Seitenverhältnis — durchflog eine Strecke von 14 km und verbesserte damit den von Hentzen gehaltenen Strecken-Weltrekord um 4 km. Weiter zeigte Martens anläßlich des Kampfes um einen Ziellandungspreis eine ausgezeichnete Korkzieherspirale und bewies hierdurch, daß Wendigkeit nicht nur ein Privileg des Motorflugzeuges ist. Nicht minder wertvoll war die Leistung Hackmacks, der auf dem Gothaer Eindecker startete, etwa 10 m Höhe gewann, dann, als er merkte, daß der Wind zum Segeln zu schwach war, eine Flügelkurve drehte und nach dem nur 100 m entfernten Fliegerlager flog. Kurz vor den Antennen der drahtlosen Telegraphie drehte er abermals eine Flügelkurve und stand unmittelbar darauf glatt am Boden. Der ganze Vorgang spielte sich in so wenigen Augenblicken ab, daß wir Zuschauer kaum wußten, was geschah. Diese rein fliegerische Leistung gehörte mit zu den besten des Wettbewerbes. Ebenfalls fliegerisch erstklassig war Thomsen, Dessau, der das Flugzeug „Der Dessauer“ flog und blendende Kurven beschrieb. Besonders zu erwähnen ist noch Spieß, der ehemalige Dresdner, der in diesem Jahre das Flugzeug „Edith“ der Darmstädter führte. Seine Spezialität waren Erkundungsflüge, d. h. er untersuchte im Fluge einzelne Hänge auf ihre Brauchbarkeit für den statischen Segelflug (daher der Name „Spießbecke“); außerdem erzielte er die größte Flugdauer mit 1 h 17 min. Leider brachte der Wettbewerb am vorletzten Tage noch einen Todessturz. Der Erfurter Eindecker unter der Führung von Standfuß war, veranlaßt durch den Flug von Hackmack, trotz des Sturmes von 20 m/s aufgestiegen. Nach längerem Fluge brachen in etwa 30 m Höhe die Flächen und Standfuß stürzte in einen Sumpf. Noch am selben Tage erlag er seinen schweren Verletzungen.

Der Wettbewerb um die beiden Hauptpreise, mindestens 20 km Strecke und 350 m Höhe, war bis Ende September verlängert worden, und wenn diese Bedingungen auch nicht

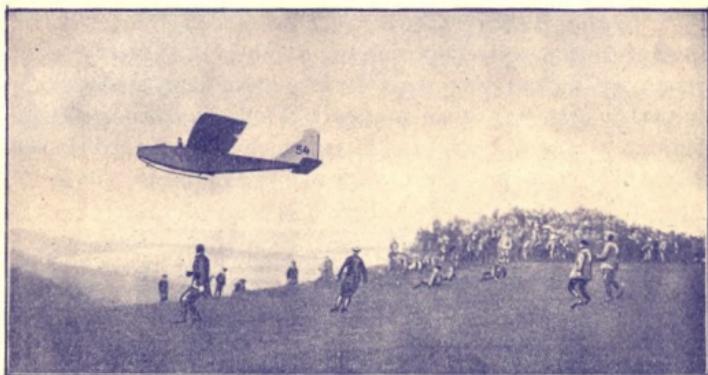


Fig. 55

Rhön-Wettbewerb 1923.

Standfuß auf dem Eindecker des Erfurter Vereins für Luftfahrt, kurz nach dem Start zu seinem letzten Flug.



Fig. 56

Rhön-Wettbewerb 1923.

Gymnich auf dem flügelgesteuerten Eindecker „Störtebecker“ des Flugt.
Vereins, Hamburg.

erfüllt wurden, so bescherte uns Botsch auf „Konsul“ der Darmstädter Akademischen Fliegergruppe doch noch einen neuen Streckenweltrekord mit 18,9 km bei Wind von 6/8 m/s. Schon bei diesem Flug wird es schwer zu sagen, ob er rein statischer Art war oder ob auch Windschwankungen ausgenützt wurden, doch dürfte anzunehmen sein, daß der „Konsul“ vermöge seiner enormen Spannweite (18,7 m)



Fig. 57

Rhön-Wettbewerb 1923.

Botsch auf „Konsul“ der Akademischen Fliegergruppe, Darmstadt, über dem Pferdkopf während seines Rekordfluges.

und seines geringen Luftwiderstandes größere Unregelmäßigkeiten in der Luftströmung ausnutzte.

Zugleich mit dem Rhön-Wettbewerb fand der zweite französische Segelflug-Wettbewerb an der Küste bei Cherbourg statt. Außer dem Dauerflug blieben alle Leistungen weit hinter den deutschen zurück. Die erzielten Höchstleistungen waren: Barbot auf Devoitine 6 h 4 min. Höhe: Simonet auf Poncelet 295,5 m, Entfernung: Thoret auf Bardin 8,250 km.

In technischer Hinisch waren die deutschen Flugzeuge wie auch im Vorjahrre bedeutend überlegen. Die Franzosen hatten teilweise schon Leichtmotoren eingebaut und verhinderten so selbst eine ernste Segelflugforschung. Maneyrol auf Peyret-Eindecker mit eingebautem 675 ccm Sergant-Motor stürzte später infolge Flügelbruches tödlich ab.

In Österreich fand vom 14.—21. Oktober bei Stockerau die erste Segelflugwoche statt. Trotz der geringen Bodenerhebungen waren die Leistungen zufriedenstellend. Martens auf „Strolch“ flog 20 min. und 5,3 km. Spieß auf „Edith“ kehrte nach einem Fluge zur Startstelle zurück. Gute Flüge vollführten auch Stamer auf „Hol's der Teufel“ der Weltensegler Werke und von Bismarck auf „Espenlaub V“. Sämtliche ersten Preise fielen an deutsche Segelflieger.

12. Segelflüge 1924.

Der See-Segelflug-Wettbewerb in Rositten fand 1924 zum zweiten Male statt und zeigte dieses Mal überraschende Ergebnisse. Der Lehrer Schulz mit seinem primitiven Flugzeug F. S. 3 aus dem Jahre 1922 vollführte einen Dauerflug von 8 h 42 min 9 s und brachte damit den Dauerweltrekord wieder an Deutschland. Koch auf Hannover H 6 flog 30 min über einem verhältnismäßig schmalen Dünenstück. Der wertvollste Flug gelang Martens auf „Strolch“. Martens startete bei Wind von 10 m/s und ließ sich unter ständigem Höhengewinn an den Dünen entlang schieben. Schließlich erreichte er eine Höhe von 195 m über den etwa 60 m hohen Dünen. Er überquerte dann die Senke bei Pillkoppchen ohne Höhenverlust, erreichte einen weiteren Höhenzug und landete endlich nach einem Flug von 10,3 km Luftlinie auf einem Platze der 10 m höher lag als der Startpunkt.

Einen weiteren bemerkenswerten Flug außerhalb des Rahmens einer Veranstaltung erzielte Espenlaub auf „Espenlaub V“ am 2. März, wo er 50 min über dem Boberkatztalberg bei Grunau flog und eine Strecke von 18 km zurücklegte.

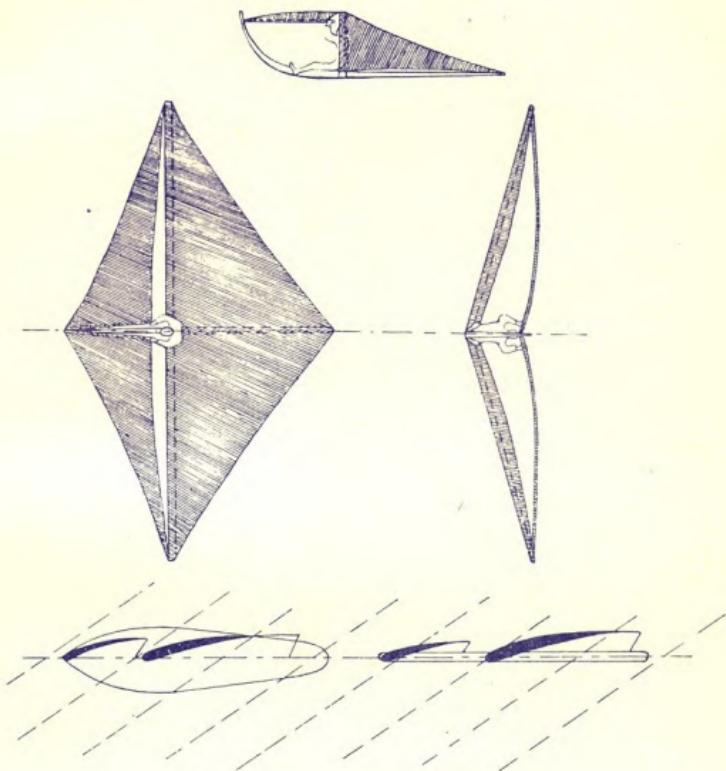


III. Gleit- und Segelflugzeuge.

1. Segelfluggerät von Platz.

Dieses einfachste Segelfluggerät, von einem Flugzeug kann man beim besten Willen nicht mehr sprechen, geht aus nebenstehenden Zeichnungen hervor. Wie auch aus der Vergleichszeichnung mit der Segelstellung eines Segelbootes ersichtlich, lehnt sich das Fluggerät eng an die Takelung eines Segelbootes an. Nach der vorn liegenden Steuerfläche könnte man es zum Ententyp rechnen. Die Flächen haben dreieckigen Grundriß und bestehen nur aus einer massiven Holzstange, die den Vorderholm bildet, und aus einer von dieser frei nach hinten ausgespannten dreieckigen Segeltuchfläche, deren hinterer Winkel am Kufenende befestigt ist. Der Führer sitzt frei auf der vorn stark nach oben gezogenen Kufe. Vorn an der Oberkante der Kufe sind die Steuerflächen befestigt; mit ihrem spitzen Winkel laufen sie nach dem Holmende der Flächen, und die innenliegenden Winkel kann der Führer mittels durchgeschobener Rippen gleichläufig als Höhenruder und gegenläufig als Quer- und Kursruder bedienen. Der äußerst einfache Aufbau ermöglicht natürlich ein bequemes Zusammenlegen und Transportieren. Der Apparat, zunächst mit einem Sandsack auf seine Stabilität geprüft, hat seine Flugfähigkeit im Dünengelände an der holländischen Küste bereits bewiesen.

Die Konstruktion sei nur erwähnt, um zu zeigen, bis zu welcher Einfachheit herab man gehen kann, wenn flugtechnische Erfahrung mit der richtigen Dosis Begeisterung gemischt wird. Rekordflüge wird man allerdings mit diesem Segelfluggerät kaum ausführen können.



Tafel 1

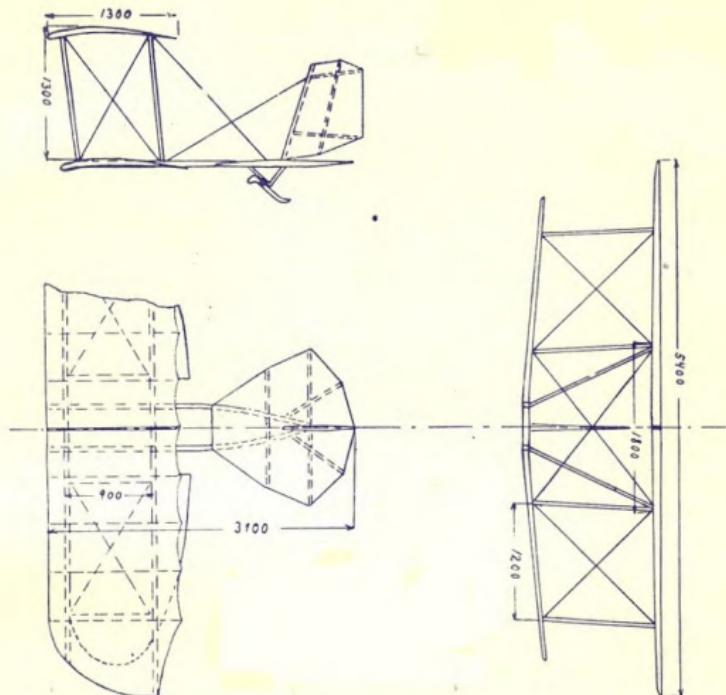
Segelfluggerät von Platz. (Unten: Vergleich der Segelstellung.
beim Segelboot von oben und beim Gleiter von der Seite gesehen. Nach
„Flugsport“).

2. Der Pelzner-Hängegleiter.

Dieser von Pelzner, Nürnberg, konstruierte und gebaute Hängegleiter hat sich in den Rhön-Wettbewerben 1920 und 1921 gut bewährt. Die verhältnismäßig einfache und billige

Herstellung, sowie der durch das geringe Gewicht und die bequeme Zerlegbarkeit nur mit wenigen Unkosten verknüpfte Transport, stempeln diesen Hängegleiter zu einem idealen Sportgerät.

Das obere Tragdeck überragt das untere um eine Kleinigkeit, doch ist die Flächentiefe dieselbe. Jede Tragfläche besitzt zwei Holme aus massivem Kiefernholz mit oben und unten aufgesetzten Eschengurten in folgenden Abmessungen: Vorderholm oben und unten $4 \times 0,5$ cm, Hinterholm oben $3,6 \times 1,1$ cm, Hinterholm unten $3,5 \times 0,8$ cm. An den weit auseinander liegenden Holmen greifen die Tragflächenstiele an, deren Felder mit Stahldrähten ausgekreuzt sind. Die Zelle ist zweistielig und leicht nach vorn gestaffelt; die untere Fläche weist schwache V-Form auf. In der Mitte sind die Flächen für den Transport teilbar; sie werden durch vier Schrauben zusammengehalten. Die Längsträger, welche die Schwanzfläche mit den Tragflächen verbinden, liegen etwa 40 cm auseinander, um den Führer aufnehmen zu können. Auch diese Längsträger sind nach der Zeichnung durch Diagonaldrähte versteift und werden vorn durch zwei nach den oberen Enden der hinteren Innenstile führende Streben abgestützt. Das Steuerseil des Seitenruders führt vorn über eine Rolle und wird durch die rechte Hand betätigt. Die Stabilisationsflächen sind doppelt bespannt; die Tragflächen waren anfangs nur einseitig bezogen, wurden später aber ebenfalls an beiden Seiten bespannt. Die Abmessungen der einzelnen von Pelzner gebauten Hängegleiter schwanken zwischen 5,4 und 7 m, bei 14 bis 16,5 qm Flächeninhalt und etwa 9 bis 19 kg Gesamtgewicht. Im zerlegten Zustande ist der Gleiter 2,70 m lang, 1,40 m hoch und ca. 50 cm breit, weshalb unter Umständen eine Beförderung mit der Bahn als Passagiergut erfolgen kann. Der Gleitwinkel beträgt bei Windstille im günstigsten Falle 1 : 6.



Tafel 2
Pelzner-Hängegleiter.

3. Dresden Schuldoppeldecker 1921.

Der Doppeldecker wurde von H. Muttray, R. Seiferth und R. Spieß entworfen und von dem Flugtechnischen Verein, Dresden, in kaum zwei Monaten gebaut. Die Spannweite des oberen Tragdecks beträgt 8 m, die des unteren 6 m. Die Tragflächen weisen geringe Pfeilform auf. Die obere Fläche ist an einem Baldachin teilbar befestigt und gerade durchgeführt, während die untere Fläche an den Seiten des Rumpfes angelenkt ist und V-Form besitzt. Sie liegt am Rumpf nur 25 cm über dem Boden, an den Flächenenden etwa 40 cm.

Der Anstellwinkel des unteren Tragdecks ist etwas größer als der des oberen. Jede Fläche hat zwei Kastenholme von 4 cm Breite und 6 bis 9 cm Höhe; die Seitenwände sind ausgespart. Das mittelhohe Profil wurde an der Stirnkante mit zwei aufeinander geleimten Schichten Furnierholz überzogen, um eine gute Eintrittskante zu erzielen. Das untere Tragdeck ist etwas nach hinten gestaffelt. Die Baldachinstreben sind zweifach verleimt, tropfenförmig, hohl und mit Leinenwicklung versehen. Die Befestigung untereinander und am Rumpf erfolgt ohne Anwendung von Beschlägen. Beschläge wurden überhaupt bei dem ganzen Flugzeug lediglich für die Stielbefestigung und die Aufhängung der Tragdecks vorgesehen. Der Rumpf ist quadratisch gehalten und hat einen größten Durchmesser von 70 mal 70 cm. In der Längsrichtung ist er tropfenförmig, lediglich das letzte Ende ist etwas nach oben gezogen um Beschädigungen des Höhenleitwerkes zu vermeiden. Der Rumpf ist mit Stoff bespannt und läuft in eine wagerechte Schneide aus. Höhen- und Seitenleitwerk sind zur Vermeidung von Stützstreben in einem Stück gearbeitet und abnehmbar auf dem Rumpf befestigt. Die Betätigung der Ruder erfolgt durch Seilzüge. Für die Quersteuerung werden die Flächen verwunden, obwohl sie celloniert sind. Geschickt ausgebildet ist das robuste Start- und Landegestell, welches aus zwei in Rumpfbreite nebeneinander liegenden Kufen aus mehrfach verleimten Schichten Eschenholz besteht. Die Kufen sind durch zwei Eschenbügel quer zum Rumpf verbunden und außer der Eigenelastizität durch Gummiklötze gefedert. Bei geringem Gewicht und hoher Elastizität ergab sich dennoch große Festigkeit, was Landungen im Sturzacker und Schiebelandungen bewiesen haben. Die Befestigung am Rumpf erfolgte nur durch Bindung und Leimung. Das Leergewicht des Flugzeuges betrug 70 kg, so daß sich bei 70 kg Führergewicht eine Flächenbelastung von 8 kg ergab.

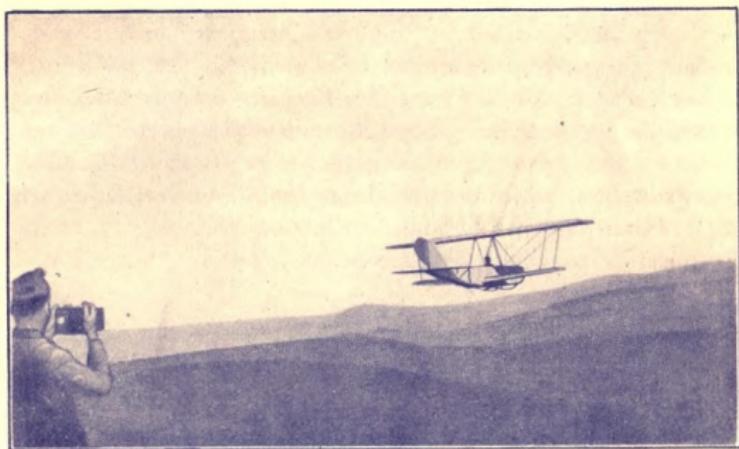


Fig. 58
Dresden Schuldoppeldecker im Fluge.

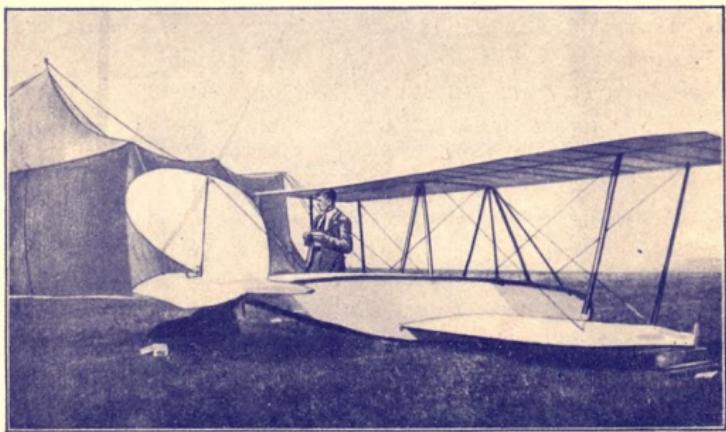
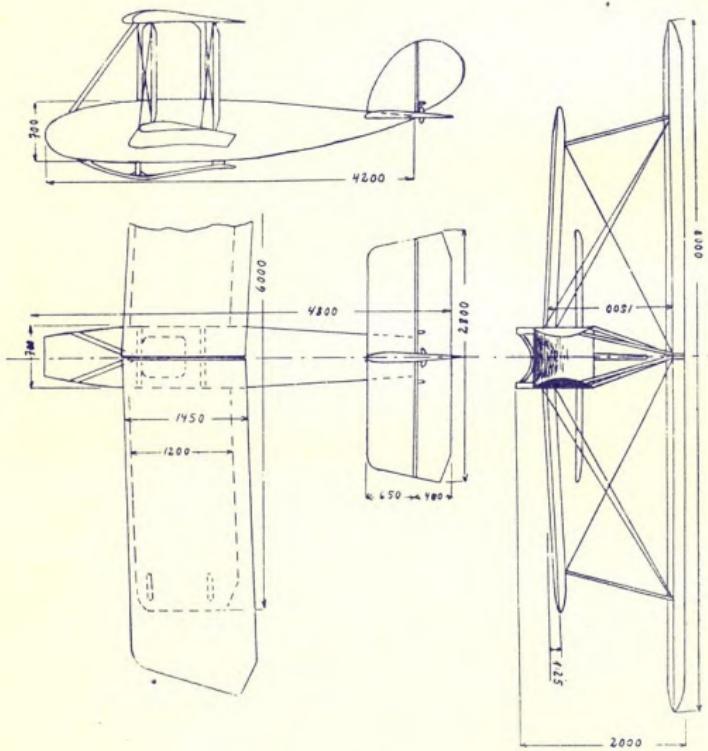


Fig. 59
Dresden Schuldoppeldecker.

Der Doppeldecker hat sich für Schulzwecke als außerordentlich geeignet erwiesen. Es wurden mehrere Führer darauf ausgebildet und Flüge bis zu 10 min Dauer und über 3 km Länge erzielt. Insgesamt wurden mehrere hundert Flüge ohne besonderen Bruchschaden ausgeführt. Der Doppeldecker nahm erfolgreich an den Rhön-Wettbewerben 1921/23 teil und wurde leider im letzten Wettbewerb infolge Durchsackens schwer beschädigt.



Tafel 3
Dresden Schuldoppeldecker.

4. Darmstadt Segelflugzeug „Edith“ 1922.

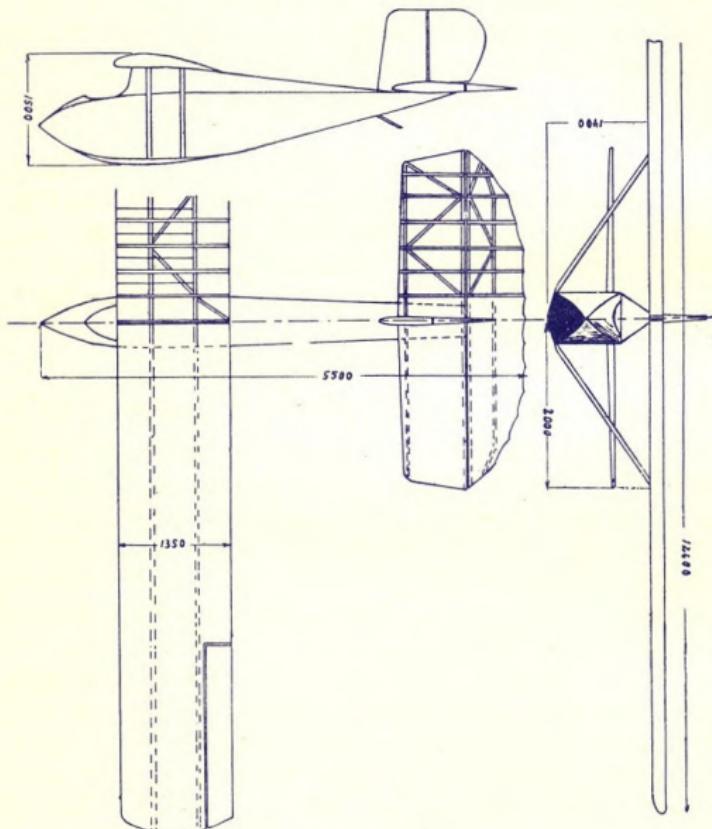
Das Flugzeug wurde von Mitgliedern der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule, Darmstadt, konstruiert und bis auf den Rumpf selbst gebaut. Es war ursprünglich nur als Schulflugzeug gedacht, hat aber in den Rhön-Wettbewerben ausgezeichnete Segelflüge absolviert.



Fig. 60
Segelflugzeug „Edith“ der Akademischen Fliegergruppe Darmstadt.

Das Flugzeug ist ein verstrebter Hochdecker von 12,6 m Spannweite, 5,5 m Gesamtlänge und 1,5 m Höhe. Die Tragflächentiefe beträgt 1,35 m, der Tragflächeninhalt 15 qm. Die Profilhöhe ist 17 cm und über die ganze Fläche gleichbleibend. Die Fläche ist in der Mitte geteilt und zweiholmig ausgeführt. In zwei Meter von der Mitte wird sie durch je zwei parallel laufende Streben abgefängen. Um eine gute Profileintrittskante zu gewährleisten, ist die Nase mit Sperrholz bezogen.

Der Rippenabstand beträgt 30 cm und zwischen je 2 Rippen ist eine Hilfsrippe eingeschaltet. Die beiden Holme sind durch Diagonalstreben torsionsfest verbunden. Die Quersteuerung erfolgt durch schmale, rechteckige Klappen, die am Hinterholm angelenkt sind. Der Rumpf hat eine Länge von 5,15 m, ist mittels massiver Spanten ohne Verwendung von Diago-



Tafel 4
Darmstadt Segelflugzeug „Edith“.

nalen auf der Helling gebaut und mit Sperrholz beplankt. Am Führersitz weist er fünfeckigen Querschnitt auf, weiter hinten besitzt er rechteckige Form, und er endigt in einer horizontalen Schneide. Das Start- und Landegestell bestand anfangs aus zwei federnden Eschenkufen, welche sich 20 cm unter dem Rumpf befanden, wurde später aber durch eine Mittelkufe ersetzt. Das 1,6 qm große Höhenruder besitzt eine Dämpfungsfläche von 2,2 qm Inhalt. Das Seitenruder hat 0,40 qm und die Seitenflosse 0,45 qm. Das Gesamtgewicht des Flugzeuges beträgt 90 kg, die Flächenbelastung ca. 11 kg/qm.

In den Rhön-Wettbewerben 1922/23 wurden ausgezeichnete Resultate erzielt. Es stellte sich heraus, daß das Flugzeug für das statische Segeln außerordentlich geeignet war. Im Wettbewerb 1923 erzielte Spieß die größte Flugdauer mit 1 h 17 min und stand mitunter viertelstundenlang unbeweglich über dem Hang.

5. Darmstadt Segelflugzeug „Konsul“ 1923.

Konstruiert wurde der „Konsul“ von Botsch und Spieß, gebaut von der Bahnbedarf A.-G., Darmstadt. Der Konstruktion liegen zwei verschiedene Gedankengänge zugrunde. Einmal sollte die Ausnutzung der Windneigungsschwankungen (Knoller-Betz-Effekt) angestrebt werden und zum zweiten sollte der statische Segelflug, unter besonderer Berücksichtigung des Streckenfluges weiter verfolgt werden. Der Segler ist freitragender Hochdecker von 18,7 m Spannweite bei 1,20 m Tiefe. Es entspricht dieses einem Seitenverhältnis von rund 1 : 15. Trotz der großen Spannweite ist die Fläche ohne Strebenabstützung durchgeführt und besitzt nur einen Holm. In dem 8 m langen Mittelstück ist der Holm kastenförmig, in den Außenstücken I-förmig. Die Flächennase ist von der Holmoberseite bis zur Holmunterseite vorn mit Sperrholz überzogen und dadurch verdrehungsfest. Die Holm-

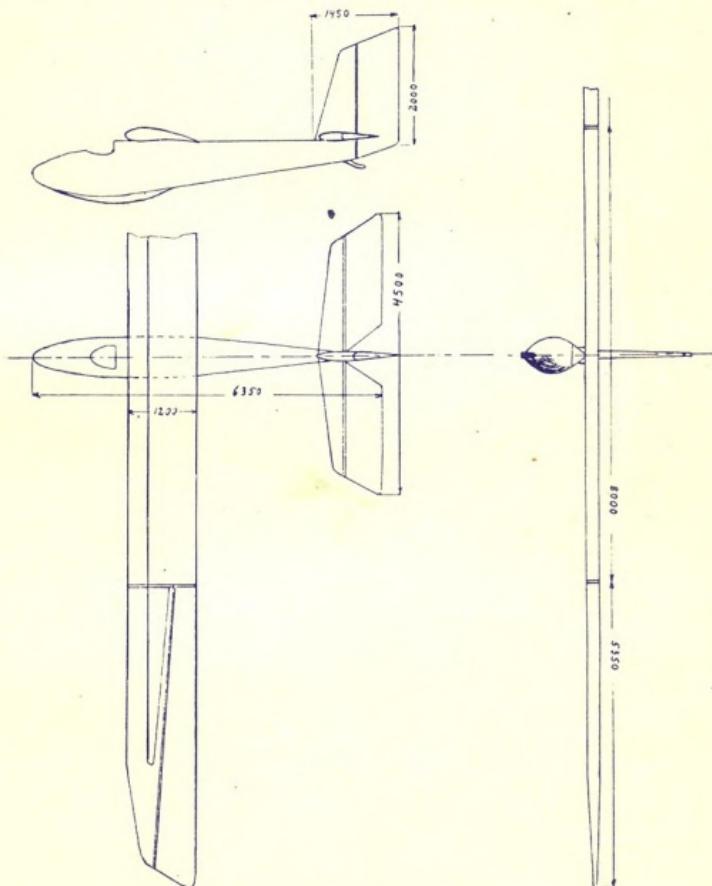
anschlüsse sind mittels Überwurfmuttern nach dem Junkers-System durchgeführt und die Stirnholme sind durch Konusbolzen miteinander verbunden. Das verwendete Profil ist das Messerschmitt S 13 Profil (Göttingen 535); es nimmt nach außen stark ab und wird unter Verkleinerung des Anstellwinkels symmetrisch, um eine einwandfreie Verwindungswirkung und gleichzeitig günstigere Auftriebsverteilung zu erreichen. Die Verwindungsklappen sind mit der Seiten-



Fig. 61
Segelflugzeug „Konsul“.

steuerung so verbunden, daß bei nicht ausgetretenem Seitensteuer die Verwindung wie üblich arbeitet. Bei Rechtsseitensteuer betätigt ein etwaiger Verwindungsausschlag am Steuerknüppel die rechte Klappe mehr, die linke weniger; bei Linksseitensteuer ist das Verhältnis umgekehrt. Bei der enormen Spannweite erschien eine solche Unterstützung des Seitensteuers durch die Verwindung angebracht. Der fischförmige Sperrholzrumpf hat oben und unten scharfe Kanten, die für die nötige Kielwirkung sorgen. Die Zentral-

Kufe ist mit Stoff verkleidet, durch Gummiwicklung sorgfältig gefedert und ermöglicht auch auf dem Boden Höhensteuerwirkung. Der Flächeninhalt beträgt 22 qm. Das mit 130 kg veranschlagte Gewicht ist anscheinend etwas zu hoch ausgefallen, wodurch sich teilweise auch die unbeabsichtigt hohe



Tafel 5
Darmstadt Segelflugzeug „Konsul“

Geschwindigkeit des Seglers erklärt. Die beste Gleitzahl beträgt 1 : 21,4 bei 14,8 m/s Fluggeschwindigkeit. Die Steuerungsfähigkeit des Konsuls ist trotz der großen Spannweite ausgezeichnet. Am 29. September 1923 stellte Botsch auf dem „Konsul“ einen neuen Streckenweltrekord mit 18,9 km auf.

6. Hannover Segelflugzeug „Vampyr“ 1921/22.

Auf Anregung von Prof. Dr.-Ing. A. Pröll und Dipl.-Ing. H. Dorner wurde dieses Flugzeug nach einem Entwurf von Dr.-Ing. G. Madelung von den Studierenden Martens, Hentzen und Blume konstruiert und von der Hannoverschen Waggonfabrik gebaut. Das Flugzeug war ein freitragender Hochdecker von 12,60 m Spannweite bei 1,45 m Flächentiefe und rund 16 qm Flächeninhalt. Das mittlere Seitenverhältnis betrug 1 : 10. Die Tragfläche bestand aus einem Mittelteil von 6,60 m und den beiden Flächenenden von je 3 m Spannweite. Zur Verwendung gelangte das Göttinger Profil 441, das im Mittelstück der Tragfläche eine größte Höhe von 25 cm aufwies; in den Endflächen verjüngte sich das Profil. Der Anstellwinkel zur Rumpfoberkante betrug 0°. Beim Vampyr wurde erstmalig die später bei allen hochwertigen Segelflugzeugen angewandte Tragflächenbauweise durch Verwendung eines Holmes und einer Flügelnasenbekleidung durch Sperrholz ausgeführt. Der Holm war ein in der Druckmittellinie liegender I-Träger mit Kieferholzgurten und Sperrholzsteg in der üblichen Ausführung. Die Rippen in Gitterträgerbauart waren durch günstige Materialausnutzung außerordentlich leicht hergestellt; trotzdem konnte jede Rippe 40 kg Belastung ohne Bruch tragen. Die Haupttragrippen waren in 50 cm Abstand angeordnet, und dazwischen lag im Vorderteil und an der Saugseite des Hinterteils, entsprechend der Größe der Luftkräfte, eine oder mehrere Hilfsspieren. Vom Holm ab war die Fläche mit leichtem Stoff bespannt, gut

imprägniert und lackiert. Die Verbindung der Fläche mit dem Rumpf erfolgte in drei Punkten. Der vordere Hauptbeschlag verband durch einen in der Flugrichtung liegenden Bolzen Flächenholm und Hauptrumpfspant. Die hinteren beiden Beschläge saßen am Ende zweier verstärkter Spieren, die den verdrehungsfesten Vorderflügel faßten und auf den oberen Rumpflängsholmen auflagen. Je ein Bolzen verband sie mit dem wieder an einem Spant angreifenden Rumpfbeschlag. Die sehr stark ausgeführten Beschläge waren durch Klappen zwecks schneller Montage leicht zugänglich und so gehalten, daß nach Lösung der Bolzen ein Verschieben der Fläche zum Ausgleich etwaiger Kopf- oder Schwanzlastigkeit erfolgen konnte. An jeder Seite des Rumpfes verband eine kurze, starke Strebe Flächenholm und Rumpfhauptspant, um eine eventuelle übermäßige Beeanspruchung der immerhin auf schmaler Basis liegenden Flächenanschlüsse zu vermeiden. Der Anschluß der Flächenenden mit dem Mittelstück erfolgte ebenfalls in drei Punkten. Gurte und Steg des Flächenholms wurden durch je einen Beschlag gefaßt, der die Biegsbeanspruchungen und Querkräfte an je einen in Höhe der Gurte liegenden Bolzen abgab. Ein zweiter Beschlag mit einem Bolzen am Nasenholm übertrug den Stirndruck und gemeinschaftlich mit dem Holmbeschlag die Torsionskräfte. Auch diese Anschlußstellen waren leicht zugänglich gehalten. Bei der ersten Ausführung des Vampyrs 1921 enthielten die trapezförmigen Ansatzstücke der Fläche eine Querruderanlage nach dem üblichen Klappensystem. Bei der Bauart 1922 wurden die Ansatzflächen rechteckig ausgeführt und etwas nach hinten gezogen. Die Klappenverwindung fiel fort und durch Einsetzen elastischer Spieren mit offenen, aufeinander schleifenden Hinterenden wurde unter Verwendung eines Duraluminrohres mit Hebelgestänge eine reine Verwindung der Flächenenden erzielt. Ebenfalls kamen die bei der Ausführung 1921 angebrachten Stützbälle zum Schutz der Flächenenden in Fortfall. Die hierdurch vermiedenen

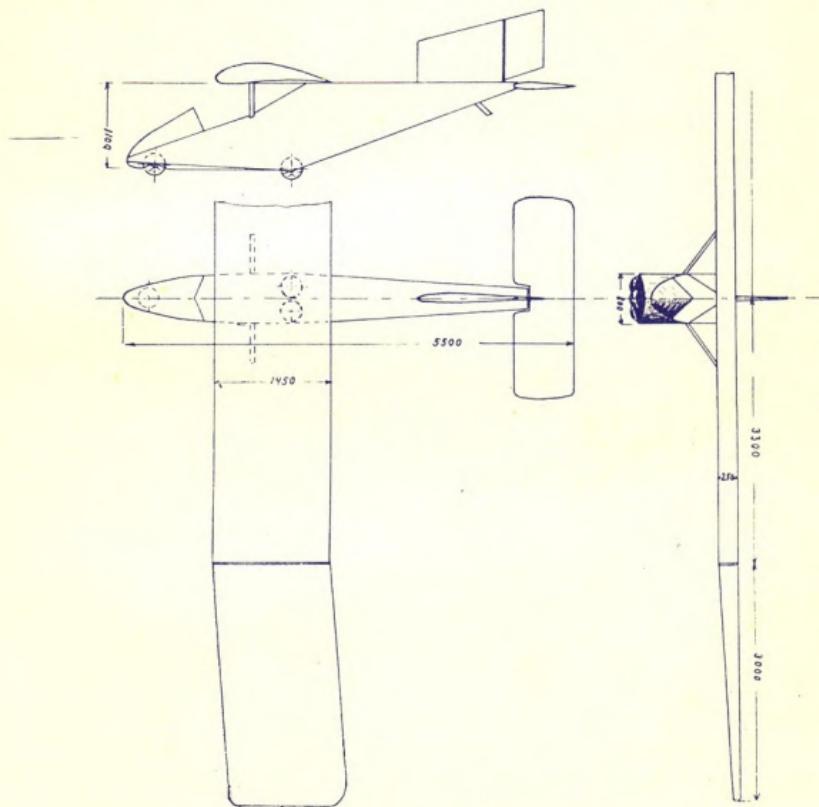
Trägheitsmomente erleichterten das Kurvenfliegen. Der Rumpf wies eine eigenartige, später häufig nachgeahmte Bauweise auf, die sich sehr bewährt hat. In den Hauptabmessungen viereckig, war das Rumpfende hinter dem Führersitz stark nach oben gezogen zur Erreichung großer Anstellwinkel bei Start und Landung und lief in eine hori-



Fig. 62
„Vampyr“, Ausführung 1921.

zontale Schneide aus. Das Rumpfvorderteil war herabgezogen und bestand aus einem von längslaufenden starken Eschenbügeln und querlaufenden, oben dreieckigen Spanten gebildeten stromlinienförmigen Gerippe, das mit Sperrholz bekleidet war und allmählich in den vierkantigen Schwanz überging, der normale Fachwerkkonstruktion aufwies, an den Seiten mit Sperrholz, oben und unten mit Stoff bekleidet

war. Trotz der festen und widerstandsfähigen Bauart betrug das Rumpfgewicht nur ca. 25 kg. An der horizontalen Schneide angesetzt befand sich das ungedämpfte Höhenruder, dessen Drehachse in der Druckmittellinie lag. Zur Betätigung diente eine mit der normalen Knüppelsteuerung verbundene Stoßstange. Der Flächeninhalt des Höhenruders betrug 1,875 qm. Das Seitenruder mit 0,48 qm



Tafel 6
Hannover Segelflugzeug „Vampyr“

Flächeninhalt war mit einer 0,8 qm großen Stabilisationsfläche versehen und wurde durch Pedalsteuer mittels Seilzüge bedient. Das Start- und Landegestell war ebenfalls abweichend von dem Herkömmlichen konstruiert. Es bestand aus drei Rollbällen, ähnlich Fußbällen, deren Achsen im Rumpf lagen. Ein Ball lag als Stoßrad unter der Rumpfspitze, die beiden anderen waren nebeneinander dicht hinter dem Schwerpunkt angeordnet.

Bekannt geworden ist der Vampyr besonders durch die Stundenflüge von Martens und Hentzen im Rhön-Wettbewerb 1922. Im Wettbewerb 1923 wurde das ausgezeichnete Flugzeug leider durch den Leichtsinn eines neuen Führers restlos zerschlagen.

7. Hannover Segelflugzeug „Greif“ 1922.

Zur Fortsetzung der mit dem Vampyr begonnenen Segelflugforschung der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule Hannover wurde der Greif, wiederum im Einvernehmen mit Prof. Dr.-Ing. A. Pröll und Dipl.-Ing. H. Dorner von Dipl.-Ing. Hentzen und Martens konstruiert. Die Bauausführung wurde ebenfalls wieder von der Hannoverschen Waggonfabrik übernommen. Angestrebt wurde eine erhebliche Gewichtsverminderung bei geringerer Spannweite, um eine wendige Maschine zu erhalten. Besonderer Wert wurde auf geringen Luftwiderstand gelegt. Der freitragende Eindecker weist deshalb besonders schnittige Formen auf. Die Tragfläche wurde wieder dreiteilig durchgeführt; allerdings ist das nur 1,30 m breite Mittelstück als Baldachin fest mit dem Rumpf verbunden. Die 5,15 langen, trapezförmigen Flächen schließen sich an, so daß die Spannweite 11,60 m beträgt. Die größte Tiefe der Flächen beträgt 1,80 m, die Tiefe an den Flächenenden 1 m. Die tragende Fläche beträgt demnach 15 qm. Am Baldachin ist das Profil 28 cm hoch; es verjüngt sich dann gleichmäßig. Die Konstruktion des

Flügels erfolgte wieder einholmig in Verbindung mit einer torsionsfesten Sperrholznase. Der Holm ist als normaler Gitterträger mit Sperrholzsteg durchgeführt. Die Druckgurte und die Stäbe, die bei der Landung besonders beansprucht werden, sind verstärkt. Der Spierenabstand beträgt 40 cm, doch sind an der Vorderseite des Profils erleichterte Hilfsrippen angeordnet, die eine einwandfreie Erhaltung des

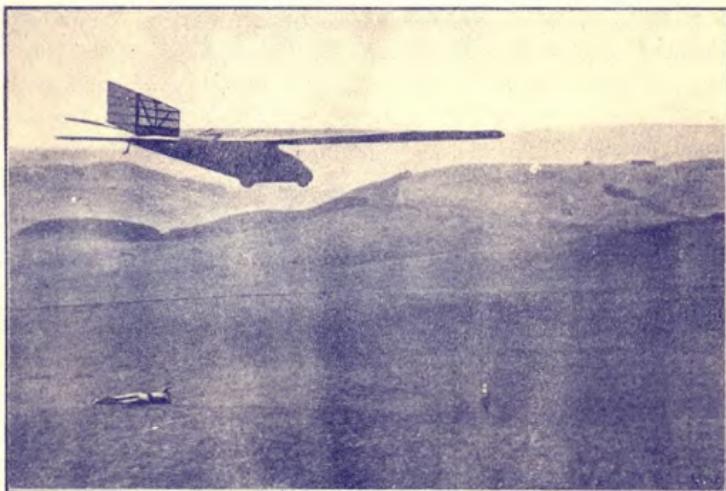


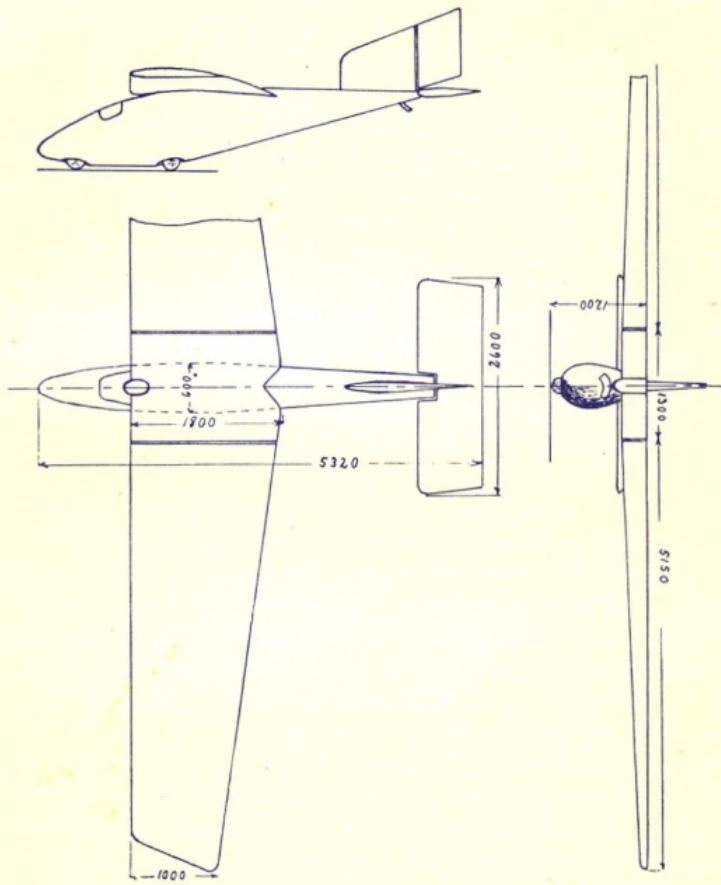
Fig. 63
Hannover Segelflugzeug „Greif“.

Profils gewährleisten. Bei der Quersteuerung sind neue Wege eingeschlagen worden. Die Sperrholzröhre, die zusammen mit dem Holm die Torsionskräfte aufnimmt, endigt etwa auf halben Wege der Ansatzflächen. Das Flächenende ist also nicht mehr verdrehungsfest. Durch ein parallel dem Holm laufendes Duraluminrohr, das am Ende des Holmes fest mit diesem verbunden ist, werden die Torsionskräfte in diesem Flächenstück aufgenommen. Gleichzeitig ist

es möglich, das Rohr zu verdrehen und dadurch die Flächenenden zu verwinden. Diese Quersteuerung erwies sich als außerordentlich wirksam. Die letzten Winkel der Flächenenden sind an der Unterseite mit Duraluminblech versehen, um eine Beschädigung des Bespannstoffes beim Überlegen des Flugzeuges nach der Landung zu vermeiden. Die Verbindung der Flächen mit dem Baldachin geschieht wie beim Vampyr. Die Verbindung der Quersteuerrohre erfolgt durch eine Klauenkupplung, die sich selbst sichert und eine einwandfreie Übertragung der Kräfte ermöglicht. Der Rumpf ist spindelförmig ausgeführt und soweit in den Flügel hineingezogen, als es die Unterbringung des Führers gestattet. Der Kopf des Führers liegt in einem Ausschnitt des Baldachins, sonst ist der Führer vollständig im Rumpf eingeschlossen. Die Rumpfspanten sitzen fest in vier schwach bemessenen Holmen, da die Aufnahme und Weiterleitung der Kräfte ausschließlich durch die Sperrholzhaut erfolgt. Der Flächenholm ist mit dem Hauptspant organisch verbunden. Ein Hilfsholm des Baldachins überträgt die Kräfte ebenfalls auf einen kräftigen Rumpfspant. Von den Holmen strahlenförmig verlaufende Stahlbänder sorgen für eine jedem Belastungsfall entsprechende Kraftübertragung. Das Start- und Landegestell besteht nur aus zwei hintereinander liegenden Rollbällen. Das ungedämpfte Höhenruder von 1,8 qm Inhalt wird durch eine Stoßstange, das an eine Kielflosse angeschlossene Seitenruder durch Seilzüge in der üblichen Weise betätigt. Die Kielfläche hat 0,6 qm, das Seitenruder 0,5 qm Flächeninhalt.

Im Rhön-Wettbewerb 1922 und 1923 wurden zahlreiche Flüge, u. a. einer von 45 min von Martens, Hentzen und Koch ausgeführt, doch hat sich das Flugzeug dem Vampyr nicht als ebenbürtig erwiesen. Trotz der günstigeren aerodynamischen Durchbildung ist dieses auf die ungünstige Form der Fläche und das schlechtere Seitenverhältnis einerseits, sowie auf die völlige Einkapselung des Führers andererseits zurückzu-

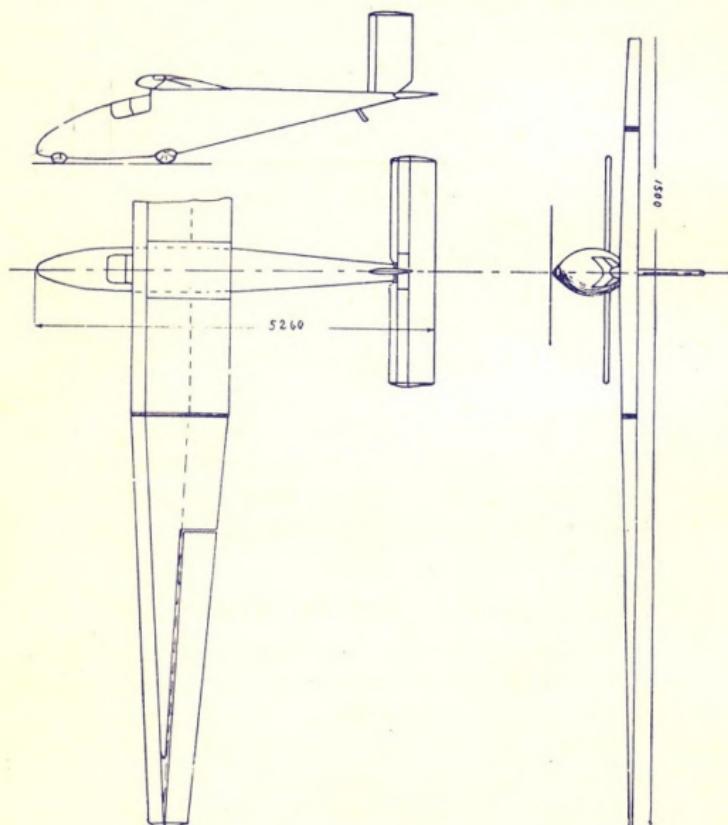
führen, wodurch diesem das Fühlen der Luftströmung erschwert wird.



Tafel 7
Hannover Segelflugzeug „Greif“.

8. Hannover Segelflugzeug H 6 1923.

Der Entwurf dieses neuesten Hannover-Seglers stammt von den Studierenden Günther, Mertens und Meyer, auf Veranlassung von Prof. Dr.-Ing. A. Pröll vom Flugtechnischen Forschungsinstitut der Technischen Hochschule Hannover. Der Bau wurde von der Hannoverschen Waggon-



Tafel 8
Hannover Segelflugzeug H 6 „Pelikan“

fabrik ausgeführt. Das Flugzeug stellt eine hervorragende Weiterentwicklung der Segler Vampyr und Greif dar, besitzt aber im Gegensatz zu diesen für die Querlagensteuerung Klappen. Die Tragflächen sind unter Benutzung eines Holmes dreiteilig ausgeführt. Die Flügelnase ist in der bekannten Weise durch Sperrholzbeplankung zu einer torsionsfesten Röhre ausgebildet. Der Sperrholzrumpf hat ovalen Querschnitt und läuft in eine wagerechte Schneide aus. Wie beim Greif sind zwei hintereinander liegende Rollbälle als Start- und Landungsgestell verwendet. Die Querruder sind auffallend schmal und lang ausgebildet. Höhen- und Seitenruder sind rechteckig ohne Leitflächen ausgeführt. Folgende Daten sind bekannt: Spannweite 15 m, Länge insgesamt 5,26 m, Flächeninhalt 15 qm, Flächenbelastung 9,7 kg/qm. Die Gewichte werden wie folgt angegeben: Rumpf 25,5 kg, Mittelflügel 20 kg, Endflügel je 12,5 kg, Höhenruder 3,4 kg, Seitenruder 1,1 kg, Gesamtgewicht 75 kg. Besonders bemerkenswert ist die ermittelte Sinkgeschwindigkeit von nur 0,447 m/s und der Gleitwinkel mit 28,8.

Zum Rhön-Wettbewerb 1923 war das Flugzeug noch nicht fertiggestellt. Im Segelflug-Wettbewerb Rositten 1924 gelang unter Führung von Koch ein Flug von 30 min über einem verhältnismäßig schmalen Dünentück.

9. Segelflugzeug „Der Dessauer“ 1923.

Die Konstruktion und der Bau wurden von Mitgliedern des Flugtechnischen Vereins Dessau mit Unterstützung der Junkerswerke, Dessau, durchgeführt. Das Tragdeck ist in bekannter Weise einholmig mit torsionsfester Sperrholznase ausgeführt und in der Mitte geteilt. Die Holmuntergurte sind hier durch ein Gelenk und mit dem Rumpf durch einen zum Austrimmen der Maschine versetzbaren Beschlag verbunden. Die Obergurte stoßen stumpf aufeinander und

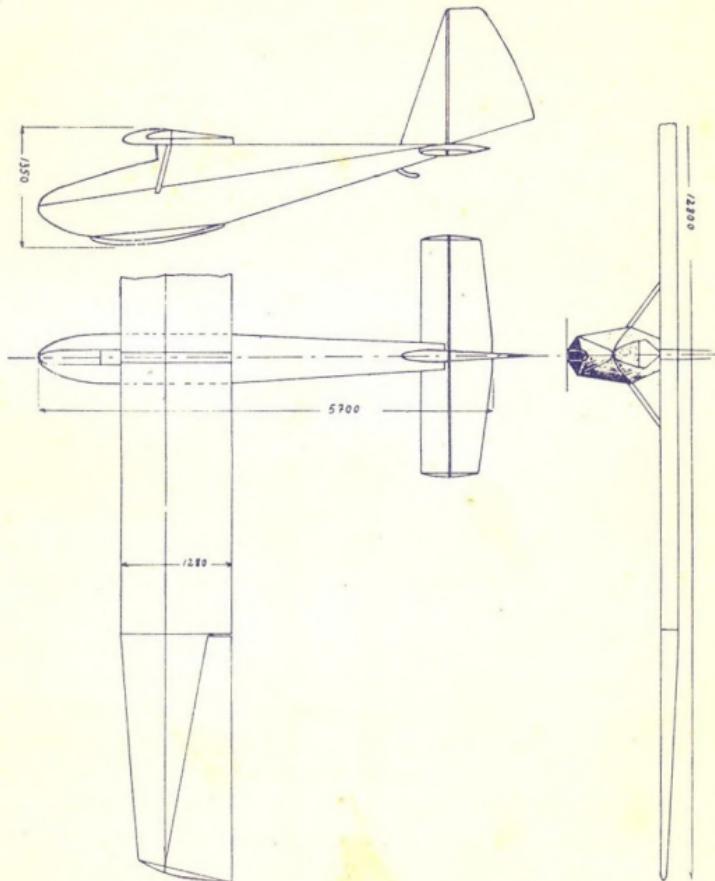
stehen somit im Fluge gleichfalls unter Kraftschluß. Aus werkstattechnischen Gründen erhielten die inneren Flächenhälften gleichbleibendes Profil (Göttingen 289), in den Außenheiten nahm das Dickenverhältnis gleichmäßig ab. Der Rumpf lief unmittelbar in das Höhenleitwerk aus und wies im Hauptspant fünfeckigen Querschnitt auf. Der Rumpf wurde auf der Helling mit Konstruktionsspanten ohne Diagonalverbindungen gebaut, da die Sperrholzhaut zur Kräfteübertragung herangezogen wurde. Als Start- und



Fig. 64
„Der Dessauer“ geführt von Thomsen.

Landegestell dient eine Zentralkufe mit Luftpufferabfederung, wie diese erstmalig beim „Geheimrat“ angewendet wurde. Eine kurze, kräftige Strebe fing auf jeder Seite den Flügel gegen den Hauptspant ab. Um den Landungsstoß zu mildern, waren in die Streben Gummipuffer eingebaut, die auf Druck beansprucht, einen Federweg von ca. 5 mm zuließen, auf Zug jedoch vollkommen starr blieben. Das Höhenleitwerk hatte eine einstellbare Dämpfungsfläche, die, wie die Kielflosse, ganz mit Sperrholz beplankt war. Verwindungs-klappen und Seitensteuer waren ziemlich groß dimensioniert, die Kielflosse hingegen ziemlich klein gehalten. Die Quer-

steuerung war nach dem Prinzip der Differentialsteuerung ausgebildet, d. h. einem bestimmten Ausschlag der Klappe z. B. nach unten, entsprach ein größerer Ausschlag der anderen nach oben und umgekehrt. Die Steuerzüge wurden



Tafel 9
Segelflugzeug „Der Dessauer“.

Der Gleit- und Segelflugzeugbau.

durch Winkelhebel und Stoßstangen betätigt. Die Hauptdaten werden wie folgt angegeben: Spannweite 12,8 m, Flügeltiefe 1,28 m, Seitenverhältnis 1 : 10,6, Gesamtlänge 5,7 m, Höhe 1,35 m, Flächeninhalt 15,5 qm, Höhenflosse 0,95 qm, Höhenruder 1,50 qm, Seitenflosse 0,44 qm, Seitenruder 1,30 qm, Querruder je 1,66 qm, Leergewicht 115 kg, Flächenbelastung 11,3 kg/qm.

Im Rhön-Wettbewerb wurden mit diesem Flugzeug ausgezeichnete Leistungen durch den Führer Thomsen vollbracht. Durch gute Massenverteilung waren bei diesem Segler Trägheitsmomente soweit wie möglich vermieden, weshalb ausgezeichnete Kurven gelangen. Am vorletzten Flugtag brachen, anscheinend infolge Resonanzschwingungen, die durch die in die seitlichen Streben eingebauten Gummipuffer begünstigt wurden, die Tragflächen kurz über dem Boden, und die Maschine zerschellte.

10. Darmstadt Segelflugzeug „Geheimrat“ 1922.

Die Konstruktion dieses flügelgesteuerten, freitragenden Hochdeckers stammt von Nicolaus und Hoffmann, Darmstadt. Die Bahnbedarf-A.-G., Darmstadt, übernahm die Herstellung des Flugzeuges. Eigentümerin ist die Akademische Fliegergruppe der Technischen Hochschule, Darmstadt. Die Spannweite beträgt 12,1 m, bei einer Gesamtlänge von 5,45 m. Die Flächentiefe ist 1,41 m, der Flächeninhalt 14,3 qm. Das Tragdeck ist dreiteilig ausgeführt. Das Mittelstück ist 6 m lang und hat gleichbleibendes Profil von 24 cm Höhe. Die trapezförmigen Ansatzflächen sind 2,75 m lang und zeigen ein gleichmäßig abnehmendes Profil. Die Fläche besitzt einen Haupt- und einen Hilfsholm und ist um den ersten mittels Knüppelsteuerung und Stoßstangen drehbar. Trotz der zweiholmigen Ausführung ist die Flügelnase mit Sperrholz beplankt. Die Quersteuerung erfolgt in der üblichen Weise durch Verwindungsklappen. Der Rumpf hat eine

Länge von 4,92 m, ist im Querschnitt rechteckig, im Längsprofil tropfenförmig und läuft in eine horizontale Schneide aus. Das Start- und Landegestell besteht aus zwei in Rumpfbreite nebeneinander liegenden Kufen von geringer Höhe. Der Raum zwischen Rumpf und Kufen ist durch ein Luftpolster ausgefüllt und zum Schutz gegen Beschädigungen mit Duraluminblech verkleidet. Das ausgeglichene, unge-

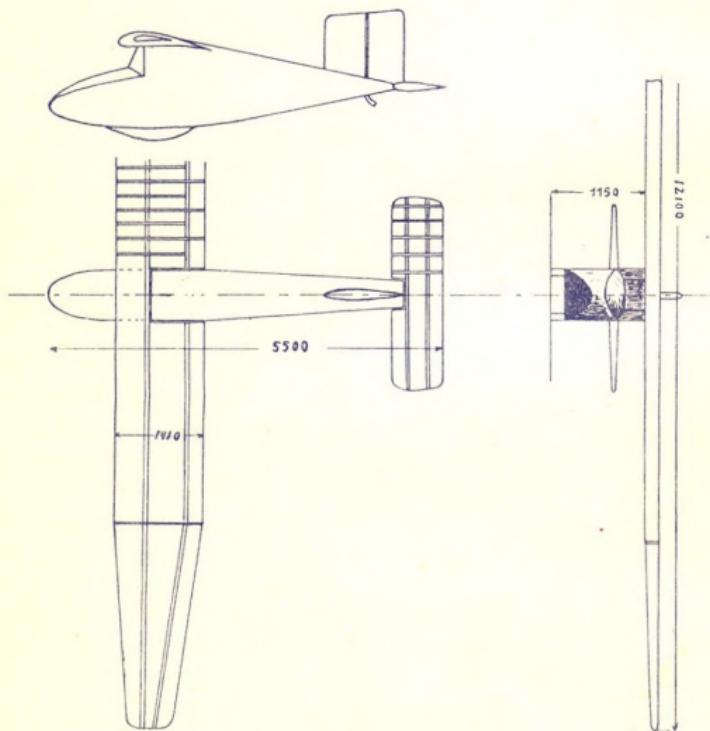


Fig. 65

Der Segler „Geheimrat“ überfliegt den Startpunkt.

dämpfte Höhenruder hat 1,4 qm Inhalt und ist durch einen kleinen Feststellhebel seitlich im Führersitz zu bedienen. Das Höhenruder erhält seinen für die jeweiligen Windverhältnisse besten Anstellwinkel und wird während des Fluges nicht betätigt. Vor dem 0,35 qm großen Seitenruder ist eine Dämpfungsfläche von 0,47 qm Inhalt angeordnet. Das Gewicht der Tragfläche beträgt 43 kg, der Rumpf wiegt 28 kg. Die Flächenbelastung wird mit 11,5 kg/qm angegeben.

Das Flugzeug hat sich in den Rhön-Wettbewerben 1922 und 1923 ausgezeichnet bewährt. 1922 flog Hackmack $1\frac{1}{2}$ Stunde und überhöhte die Startstelle um 320 m. 1923 gewann Thomas im Vorwettbewerb die ersten Preise für die größte Einzel- und Gesamt-Flugdauer.



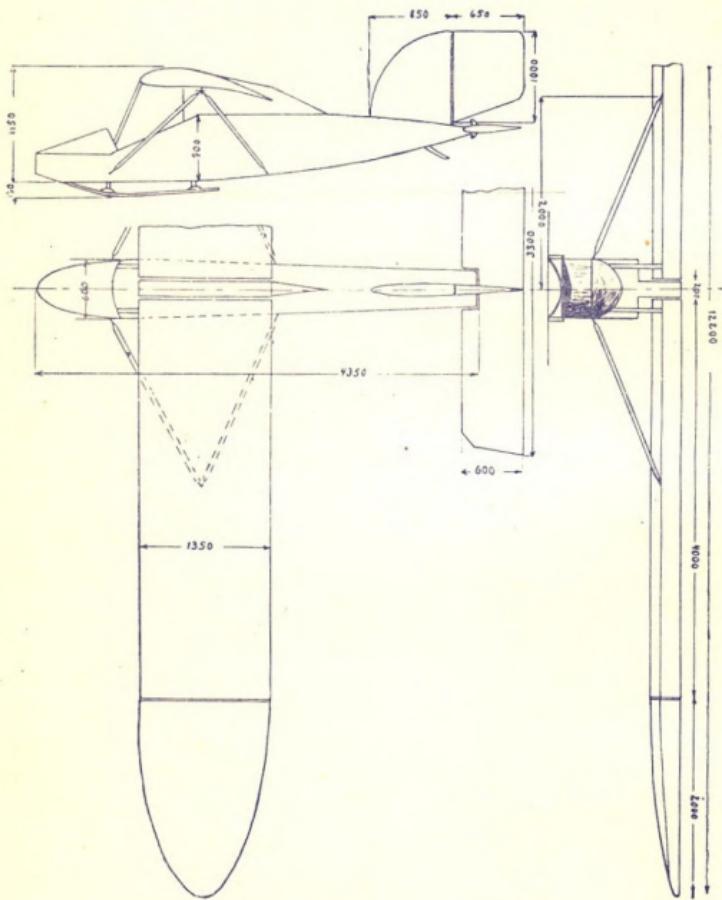
Tafel 10

Darmstadt Segelflugzeug „Geheimrat“.

11. Dresden Segelflugzeug 1922.

Dieser flügelgesteuerte, verstrebte Hochdecker wurde von H. Muttray und R. Seifert, Dresden, konstruiert und von Mitgliedern des Flugtechnischen Vereins, Dresden, gebaut. Die Spannweite beträgt 12,20 m, die Flügeltiefe 1,35 m, der Flächeninhalt 15,5 qm und das Seitenverhältnis etwa 1 : 9,5. Die Fläche ist vierteilig ausgeführt, doch die 2 m langen Außenteile werden nur für den Eisenbahntransport abgenommen, um eine Verladung im gewöhnlichen geschlossenen Waggon zu ermöglichen. Die Tragfläche weist einen Kastenholm mit innerer Diagonalversteifung und ausgesparten Seitenwänden auf, doch ist die Flügelnase mit Sperrholz bezogen. Der Holm ist auf siebenfache Sicherheit berechnet. Die Lage der Flügeldrehachse ist unter Berücksichtigung des Flügelschwerpunktes und des Druckmittelpunktes so gewählt, daß bei normalem Fluge keine Kräfte im Steuerknüppel auftreten. Der Anschluß am Rumpf erfolgt an einem besonderen Aufbau gelenkig. Das Profil (Göttingen 441) nimmt nur im letzten Ende der Fläche ab und geht in ein Tropfenprofil mit 0° Anstellwinkel über. Die Flächenenden sind zur Vermeidung von Randwirbeln zugespitzt. Jeder Flächenteil wird durch zwei nach dem Flügel zusammenlaufende Stahlrohrstrebengelenkig abgestützt. Die Flächen sind also drehbar und zwar gleichsinnig zur Höhen- oder Tiefensteuerung und gegenläufig für die Quersteuerung. Der Rumpf weist viereckigen Querschnitt von 60×70 cm größtem Durchmesser auf und endigt in einer horizontalen Schneide zwecks Lagerung des ausgeglichenen, ungedämpften Höhenruders von 1,90 qm Inhalt. Das Seitenruder von 0,55 qm hat eine Kielfläche von 0,66 qm Inhalt. Die Steuerung des Höhenruders erfolgt durch einen besonderen im Führersitz angeordneten Hebel. Normalerweise wird das Höhenruder im Fluge jedoch nicht betätigt. Im Wettbewerb 1923 waren Fläche und Höhenruder derart gekuppelt, daß eine bestimmte Anstellwinkelvergrößerung

der Flächen einen entsprechenden gleichsinnigen Ausschlag des Höhenruders hervorrief. Durch diese gleichzeitige Be-tätigung von Flächen und Höhenruder sollte der Rumpf seine Richtung behalten, um Trägheitsmomente in der Längsrichtung



Tafel 11
Dresden Segelflugzeug.

zu vermeiden. Das Rumpfvorderteil, das mit Sperrholz bezogen ist, besteht aus mehrfach verleimten Eschenholzleisten. Die Start- und Landegestell-Anordnung ist dieselbe wie beim Dresden-Doppeldecker. Die Gewichte des Eindeckers sind folgende: Tragfläche 55,2 kg, Rumpf 45,1 kg, Seitenleitwerk 3,6 kg, Höhenruder 4,6 kg, vier Stahlrohrstreben 10 kg. Es ergibt sich also ein Leergewicht von 118,5 kg und bei 75 kg Führergewicht eine Flächenbelastung von 12,5 kg/qm.

Auf dem Fluggelände des F.V.D. im Erzgebirge wurden zahlreiche gutgelungene Flüge ausgeführt. Der Gleitwinkel wurde bei Windstille mit 1 : 14,6 festgestellt. Im Rhön-Wettbewerb 1923 brach in etwa 200 m über dem Tal die eine Flächenhälfte, und das Flugzeug trudelte in die Tiefe, dabei noch das Höhenruder verlierend. Durch einen seltenen Glücksumstand kam der Führer Muttray mit einem Oberschenkelbruch und einigen Abschürfungen davon. Der Flächenbruch erklärt sich trotz der siebenfachen Sicherheit durch eine innere, unbemerkt gebliebene Beschädigung bei einer vorangegangenen Bruchlandung.

12. Messerschmitt Segelflugzeug S 13 1923.

Bis S 12 hatten Harth und Messerschmitt ihre Flugzeuge gemeinschaftlich entwickelt. S 13 wurde von Messerschmitt, Bamberg, konstruiert und gebaut. Erstmals wurde von dem bisher verwendeten Zweiküppel-System abgegangen und nur ein Steuerknüppel eingebaut. Die Dämpfungsfläche ist im Gegensatz zu früher durch einen feststellbaren Hebel verstellbar. Die Verwindung der Fläche erfolgt nicht mehr durch Seilzüge, sondern durch ein parallel dem Holm laufendes, stark bemessenes Stahltorsionsrohr. Die Spannweite beträgt 14 m, die Gesamtlänge 4,90 m. Die Fläche ist dreiteilig und einholmig ausgeführt, und zwischen je zwei Hauptspieren liegt eine Hilfspiere. Der Rumpf ist in seinen Hauptabmessungen viereckig und im Längsprofil

tropfenförmig; er trägt eine langgestreckte, gefederte Zentralkufe. Zwei kurze Streben fangen die Fläche an jeder Seite von hinten gegen den Flächenholm ab. Die Flügelsteuerung erfolgt zu $\frac{1}{3}$ der Fläche parallel, während $\frac{2}{3}$ verwindbar und differentiert steuerbar sind. Das ausgeglichene, ungedämpfte Höhenruder ist ebenfalls durch eine Stoßstange

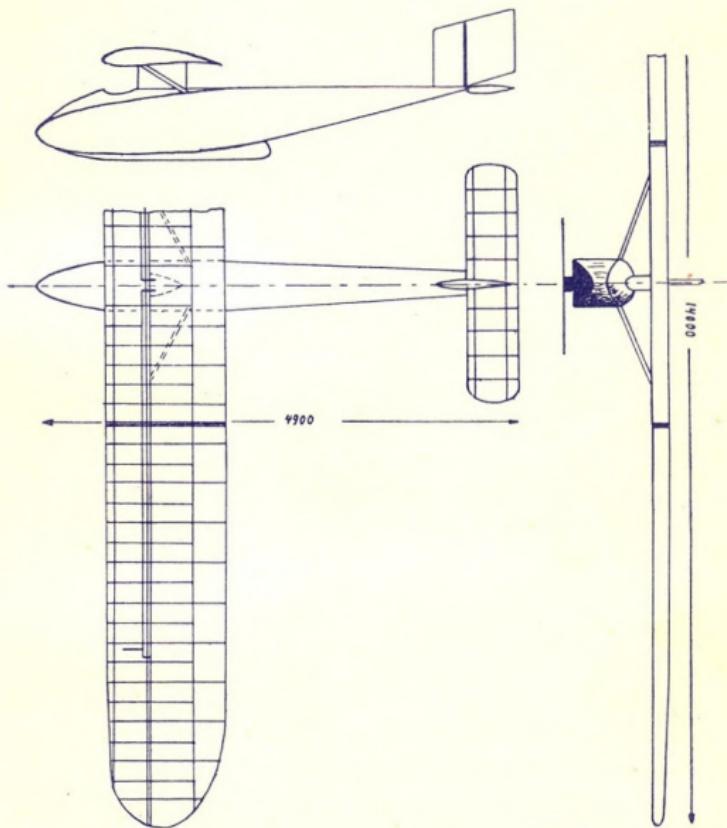


Fig. 66
Messerschmitt S 14 geführt von Hackmack.

zu betätigen und nur die Seitensteuerung erfolgt durch Seilzüge. Die Flächen sind nur im Mittelteil celloniert, um eine leichte Verwindung zu gewährleisten.

Mit der Maschine S 14, die sich nur wenig von der S 13 unterscheidet, führte Hackmack im Rhön-Wettbewerb 1923 den Sturmsegelflug über Land aus und erreichte die größte Höhe von 303 m. Eine weitere Maschine diesen Typs mit

500 ccm Douglas-Motor ausgerüstet, flog u. a. am 19. Juni 1924 in Bamberg über ebenem Gelände 43 min und erreichte 600 m Höhe.



Tafel 12
Messerschmitt Segelflugzeug S 13.



IV. Konstruktion und Bau.

1. Allgemeines.

Bisher haben wir einige der erfolgreichsten und interessantesten Gleit- und Segelflugzeuge kennengelernt und immerhin schon einen kleinen Überblick über die verschiedenen Typen gewonnen. Wenn wir jedoch eine Klassifizierung der einzelnen Typen vornehmen wollten, so würden wir auf Schwierigkeiten stoßen. Flugzeuge, welche wir auf den ersten Blick als Segelflugzeuge ansprechen würden, kamen häufig nicht über einfache Gleitflüge hinaus, ja sie flogen häufig überhaupt nicht, während andererseits mit primitiv aussehenden Gleitflugzeugen ausgezeichnete Segelflüge absolviert wurden. Flugzeuge wie der Eindecker von Schulz und der Peyret-Tandem-Eindecker zeigten wider Erwarten gute Leistungen und verwischten die Grenze zwischen Gleit- und Segelflugzeugen noch mehr. Teilweise liegt dieses sicher an der mehr oder minder großen Geschicklichkeit oder fliegerischen Eignung des Führers, teilweise können jedoch kleinere, außer acht gelassene Einzelheiten das beste Segelflugzeug zum Segeln unbrauchbar machen. In neuerer Zeit ist man deshalb davon abgekommen, einen strengen Trennungsstrich zwischen Gleit- und Segelflugzeugen ziehen zu wollen, vielmehr hat sich folgende Klasseneinteilung eingebürgert:

1. Flugzeuge, gesteuert durch Verlegung des Körpergewichtes,
2. Flugzeuge, gesteuert durch Ruderauslegung und
3. Flugzeuge, gesteuert durch die Tragflächen.

Gruppe 1. Flugzeuge, gesteuert durch Verlegung des Körpergewichtes, bezeichnet man allgemein als Hängegleiter. Die meisten motorlosen Flugzeuge der ersten Entwicklungsperiode, wie wir die Zeit bis zum ersten Motorflug bezeichnen können, gehörten zu dieser Kategorie. Das ist leicht erklärlich, stellt doch der Hängegleiter die geringsten konstruktiven Anforderungen und ist mit den geringsten Mitteln



Fig. 67

Sitzgleiter des Berliner Segelflugvereins geführt von Drude, über dem Westhang der Wasserkuppe im Rhön-Wettbewerb 1923.

zu erbauen. Es ist verständlich, daß die primitive Steuerung durch Verlegung des Körpergewichtes der Größe und dem Gewicht des Hängegleiters eine bestimmte Grenze setzt; außerdem ist diese Steuerungsart, weil nicht plötzlich und feinfühlig genug, nur bei schwachem oder geringem Winde wirksam. Stärkere Winde oder Böen werden dem Hängegleiter selbst bei geschicktester Führung gefährlich. In der weiteren Entwicklung des Segelflugwesens spielt der Hängegleiter deshalb nur eine untergeordnete Rolle. Auch für Schul- und Übungszwecke ist der Hängegleiter keineswegs

ein so ideales Flugzeug, wie er häufig geschildert wird, denn Start, Flug und Landung erfordern Mut und Gewandtheit wie bei keinem anderen Flugzeug, und schnelle Entschlußfähigkeit und Geistesgegenwart sind wegen der geringen Flughöhe Vorbedingung. Die Vorteile des Hängegleiters sind: leichte Demontierbarkeit, geringes Gewicht und daher beschränkte Größe, wodurch Unterbringung bei schlechtesten Raumverhältnissen und Transport zum Fluggelände unter geringem Kostenaufwand möglich sind. Der Anfänger möge jedoch seine ersten Flugversuche mit einem Sitzgleiter unternehmen, bei welchem er seine ganze Aufmerksamkeit auf die Steuerbewegungen konzentrieren kann.

Gruppe 2. Durch die Einführung der Flächenverwindung zur Erzielung der seitlichen Stabilität durch Wright und später der Klappen-Quersteuerung durch die Franzosen, verlor der Hängegleiter an Bedeutung. Die Überlegenheit der durch besondere Organe gesteuerten Flugzeuge war so gewaltig, daß der Hängegleiter aus der zweiten Entwicklungsperiode — die Zeit vom ersten Motorflug bis zum ersten Rhön-Wettbewerb — völlig verdrängt wurde. Die Steuerung durch Ruderlegung war feinfühliger, wodurch die Leistungen naturgemäß gesteigert wurden.

Die meisten durch Ruderlegung gesteuerten Gleitflugzeuge waren, wie auch im Motorflugwesen, Doppeldecker. Dies erklärt sich durch die trotz größerer Festigkeit geringere Flächenbelastung. Die Abstrebung der beiden Flächen in Verbindung mit der Diagonalverspannung machten den Doppeldecker zu einem statisch bestimmten System. Gleichzeitig konnte man bei geringerer Spannweite dasselbe Flächenareal unterbringen. Anfangs verwandte man auch bei den durch Ruderauslegen gesteuerten, rumpflosen Gleitflugzeugen nach dem Vorbild von Wright teils vor, teils hinter den Flächen liegende Steuerorgane an. Durch den sich jedoch bald durchsetzenden Rumpfdoppeldecker wurden die vorderen Steuerungsorgane ebenfalls an das Rumpfende

verlegt. Durch die von Prof. Junkers eingeführte ver- spannungslose Bauart gewann der Eindecker wieder an Bedeutung, und schon im ersten Rhön-Wettbewerb zeigte sich die gewaltige Überlegenheit des freitragenden Eindeckers. Bei gleicher Sinkgeschwindigkeit nahm die Fluggeschwindigkeit durch den Fortfall aller äußerer Streben und Drähte zu, und hierdurch verringerte sich der Gleitwinkel, was wiederum einen Fortschritt im Segelflugwesen brachte. Alle bekannten und hervorragenden Segelflugzeuge sind verspannungslose Eindecker mit Steuerung durch Ruder- auslegung, und als Segelflugzeug für die Ausübung des statischen Segelfluges ist der freitragende Eindecker in seiner äußeren Form zweifellos ausentwickelt. Hiermit soll allerdings nicht gesagt werden, daß der verspannungslose Eindecker mit Schwanzsteuerung für den statischen Segelflug als Norm gelten kann. Für die Ausübung des dynamischen Segelflages haben sich jedenfalls Mängel herausgestellt, welche zur Konstruktion von Flugzeugen führten, die wir in der dritten Gruppe unter der Bezeichnung „flügelgesteuerte“ Flugzeuge zusammenfassen, und die unabhängig vom Motor- flugzeug entwickelt wurden. Wir wissen, daß der statische Segelflug auf Ausnutzung der durch örtliche Hindernisse nach oben abgelenkten Luftströmung oder thermischer Aufwinde beruht. Um diese Ausnutzung zu ermöglichen, waren keine besonderen Vorbedingungen zu erfüllen. Mit jedem normalen, gut ausgeglichenen Gleit- oder Motor- flugzeug ohne Rücksicht auf Gleitwinkel oder günstige aerodynamische Durchbildung läßt sich der statische Segelflug ausführen. Der schon geschilderte Segelflug Thoret's bei Biskra in Algerien mit einem normalen Hanriot-Schul- doppeldecker mit abgestelltem 80 PS Le Rhône Motor und der Weltdauerrekord von Schulz auf dem alten Rhön- Apparat, der s. Zt. von der Technischen Kommission wegen Mangels an Baufestigkeit nicht zugelassen werden konnte, beweisen dieses zur Genüge. Natürlich ist für ein Flugzeug

mit geringer Sinkgeschwindigkeit ein weniger starker Aufwind erforderlich als für ein Flugzeug mit größerer Sinkgeschwindigkeit. Es wäre jedoch ein Trugschluß anzunehmen, man müßte deshalb für den statischen Segelflug ein Flugzeug konstruieren, daß äußerst geringe Flächenbelastung aufweist und dessen Sinkgeschwindigkeit dadurch minimal würde. Praktisch möglich ist ein solches Flugzeug nur unter

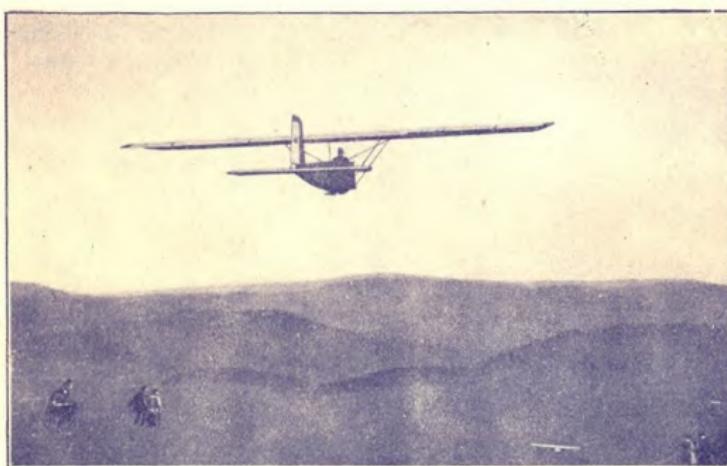


Fig. 68

Schirmeindecker des Dresdner Segelflugzeugbaues unter Führung von E. Meyer, Rhön-Wettbewerb 1923.

Vernachlässigung des aerodynamischen Wirkungsgrades, denn ein sehr leicht gebautes Flugzeug bedingt außen liegende Streben, Verspannungen etc. Der hierdurch verursachte schädliche Widerstand verzehrt den größten Teil der Vorrwärtsgeschwindigkeit, so daß ein solches Segelflugzeug bereits geringen Gegenwind nicht überwinden könnte. Schon aus diesem Grunde ist auch für den statischen Segelflug eine mittlere Flächenbelastung nötig und freitragende Bauart

angebracht, um auch bei stärkeren Winden die Vorwärtsgeschwindigkeit zu behalten. Daß es allerdings auch wünschenswert sein kann, geringe Fluggeschwindigkeit zu besitzen, um sich für Dauerflüge leichter in der Aufwindzone halten zu können, beweist ebenfalls der Dauerflug von Schulz, der, ohne Kurven zu fliegen, sich vom Winde an der Düne hin und her schieben ließ. In diesem Falle kam ihm also die geringe Fluggeschwindigkeit seines Apparates, verursacht durch den großen zusätzlichen Widerstand, sehr zugute. Mehr oder weniger wird man das Flugzeug nach Gesichtspunkten konstruieren, die durch die Gelände- und durchschnittlichen Windverhältnisse gegeben sind. Wie weit man in bezug auf einfache Ausführung gehen kann, beweist das geschilderte Segelfluggerät von Platz.

Für die Ausnützung der inneren Energie des Windes erwiesen sich die schwanzgesteuerten Flugzeuge als zu träge. Infolge des Fehlens eines geeigneten Instrumentes zur Feststellung der Stärke und Richtung einer Bö, bevor diese das Flugzeug erreicht, kann sich der Führer nur auf sein Gefühl verlassen. Er spürt am Steuerknüppel bzw. an der Hebewirkung des Windes an der Tragfläche, daß eine Windgeschwindigkeitszunahme eingetreten ist und betätigt, ohne über den Umfang und die Richtung klar zu sein, das Höhensteuer, um den Tragflächen zwecks Ausnützung der Geschwindigkeitszunahme einen größeren Anstellwinkel zu geben. Bis sich der Anstellwinkel der Flächen durch Vermittlung des Schwanzsteuers vergrößert, vergeht immerhin eine gewisse Zeit, und größtenteils ist die Böe vorüber, ehe eine Ausnützung erfolgen kann. Zunächst erstrebte man deshalb zur Vergrößerung des Anstellwinkels eine größere Beweglichkeit in der Längsrichtung durch Verkürzung des Rumpfes. Die hierdurch zwangsläufig erfolgende Verkürzung des Hebelarmes bedingte größere Steuerausschläge oder größere Steuerruder. Eine Forderung des dynamischen Segelfluges brachte dieser Weg jedoch ebensowenig wie der

in Anlehnung hieran entwickelte schwanzlose Typ mit ausgeprägter Pfeilform oder stark nach hinten gezogenen Flächenenden (Charlotte). Anders liegen die Verhältnisse bei unregelmäßigem Hangwinde. Hier treffen die Böen die Flächen schon in einem, zur Profilsehne gemessenem, größeren Anstellwinkel, so daß die Ausnutzung der Bö ganz automatisch erfolgt. Vorbedingung ist natürlich immer, daß das ganze Flugzeug von der Bö erfaßt wird, denn wird nur eine Fläche getroffen, so ist ein Steuerausschlag zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes erforderlich, wodurch eine Bremsung verursacht würde und der einseitige Gewinn ausgeglichen wird.

Gruppe 3. Es lag deshalb nahe, die Flächen steuerbar zu machen, um die Böen unmittelbar zu erfassen, obwohl unser natürliches Vorbild, der Vogel, nachweislich kaum durch Anstellwinkelvergrößerung Böenausnutzung bewirkt. Auch hier hat man zwei Wege eingeschlagen wie bei der Ausbildung der Quersteuerorgane. Einmal sind die Flächen stark verwindbar gehalten, durch entsprechende Steuerzüge, gelenkig befestigte Spieren usw., und zweitens sind die Tragflächen um den Hauptholm drehbar gelagert. Praktisch ausgeführt sind beide Arten der Flügelsteuerung. Die erstere ist technisch schwieriger, zeitigte jedoch die größeren Erfolge. Teilweise sind die Flächen wie bei dem System der Quersteuerung verbunden, so daß ein positiver Ausschlag auf der einen Seite einen negativen Ausschlag auf der anderen Seite bedingt, teilweise kann die Einstellung einer jeden Tragfläche beliebig erfolgen (durch Verwendung zweier Steuerhebel). Vereinzelt sind die Tragflächen auch als Ganzes drehbar gelagert (Geheimrat). Es läßt sich jedoch nicht behaupten, daß Flugzeuge mit Flügelsteuerung solchen mit Schwanzrudersteuerung überlegen wären. Im Gegenteil, fast alle bedeutenden Leistungen wurden auf Flugzeugen mit Schwanzsteuerung und normaler Quersteuerung aufgestellt, und die häufigen schweren

Unfälle von Flugzeugen mit Flächensteuerung ermutigten nicht gerade zur Fortsetzung der Versuche in dieser Richtung. Außerdem lässt sich rechnerisch kaum feststellen, welche Kräfte bzw. Beanspruchungen bei einem verstellbaren Tragdeck im Fluge auftreten, wenngleich man auch weiß, daß diese Beanspruchungen die bei Flugzeugen mit festen Flächen auftretenden Kräfte um ein Vielfaches über-



Fig. 69.
Flügelgesteuerter Eindecker „Störtebecker“

treffen. Größtenteils ist man geneigt, diese Beanspruchungen zu unterschätzen. Die vielen Flächenbrüche flügelgesteuerter Maschinen beweisen dies. Bedauerlich aber wäre es, wenn die Versuche nicht fortgesetzt würden. Es dürfte sich wohl empfehlen, zunächst über ebenem Gelände ausreichende Erfahrung in der Führung solcher Flugzeuge zu sammeln, zumal der Zweck flügelgesteuerter Segler doch in der Ausnützung der Unregelmäßigkeiten des Windes — also in der Erzielung dynamischer Segelflugeffekte — liegt. Um

ein Übersteuern zu verhindern, hat man versucht, gelenkig befestigte Tragflächen durch Feder- oder Gummizüge unter einem gewissen Anstellwinkel anzuspannen, derart, daß die Feder- bzw. Gummizüge bei verstärktem Winddruck nachgeben und der Anstellwinkel sich automatisch verringert. Besondere Leistungen wurden mit solchen Flugzeugen bisher allerdings nicht erzielt. Die Verwendung von Federzügen dürfte lediglich eine Komplikation der mit Erfolg verwendeten Tragflächen mit elastischen Hinterenden darstellen, obwohl die Anstellwinkelverringerung bei elastischen Tragflächen gleichbedeutend ist mit Profilveränderung. Beispielsweise hat das Zeise-Nesemann-Segelflugzeug „Senator“ solche elastisch ausgebildeten Spieren, die sich selbsttätig dem Winddruck anpassen. Mit diesem Flugzeug wurde bei Windstille der beachtenswerte Gleitwinkel von 1 : 20 erzielt, obwohl das Seitenverhältnis nicht besonders günstig gewählt ist. Leider ließ der Erbauer seine Maschine zu wenig an den Start. Die vielversprechenden Anfangserfolge konnten deshalb nicht ausgebaut werden.

Eine sehr interessante Konstruktion, die allerdings eigentlich zur Gruppe 2 gehört, stammt von Dipl.-Ing. Klemperer. Um die Böen zu spüren, bevor sie die Tragfläche erreichen, hat er ein Flugzeug nach dem Ententyp entworfen und gebaut. Flugzeuge diesen Typs fliegen gewissermaßen mit dem Schwanz nach vorn. Die Böen treffen zuerst die weit vorn befindliche Horizontalsteuerfläche. Der Führer spürt die Windgeschwindigkeitszunahme im Steuerhebel und kann durch Höhensteuerergeben den Anstellwinkel der Tragfläche vergrößern bzw. bei Flauten durch Tiefensteuerergeben verringern. Mehr oder weniger nutzt dieser Typ bereits automatisch Windgeschwindigkeitsschwankungen aus, denn vermehrter Druck unter dem vorn befindlichen Horizontalsteuer bewirkt selbsttätig ein Aufrichten des Rumpfes und zwangsläufig eine Vergrößerung des Anstellwinkels und

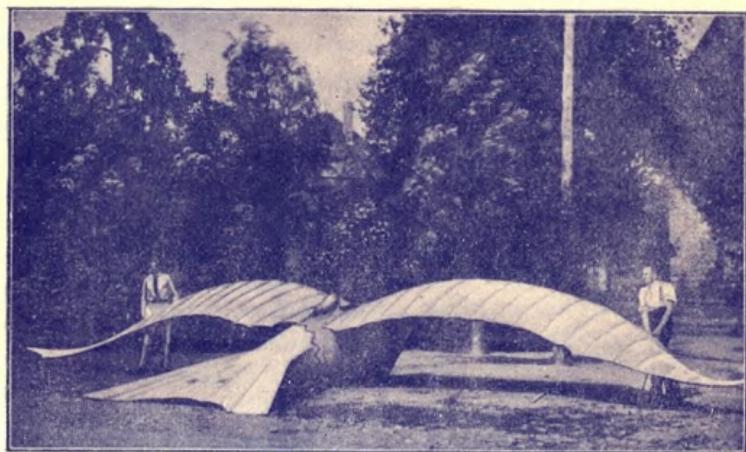


Fig. 70

Segelflugzeug von E. Freiherr von Lüttwitz.
Interessante, vogelähnliche Ausführung.



Fig. 71

Dasselbe Flugzeug von vorn gesehen.

umgekehrt. Im Jahre 1922 wurden im Rhön-Wettbewerb mit diesem Flugzeug nur einige Probesprünge ausgeführt, und 1923 war das Flugzeug leider nicht gemeldet. Weitere Versuche mit dem Ententyp, sogenannt nach der Ähnlichkeit mit einer fliegenden Ente, sind unbedingt erforderlich.

Unzweifelhaft die größten Erfolge wurden bisher mit Flugzeugen der Gruppe 2 erzielt, und von diesen wiederum waren es die Flugzeuge mit dem günstigsten Seitenverhältnis, d. h. große Spannweite bei geringer Flächentiefe, welche die besten Leistungen zeitigten. Allerdings ist zu bedenken, daß alle Segelflüge bisher ausschließlich statische Segelflüge waren. Wohl mögen bei einigen Flügen dynamische Segelflugeffekte mitgewirkt haben, doch ein rein dynamischer Segelflug ist bisher noch nicht gelungen. Es läßt sich deshalb auch nicht annähernd sagen, in welcher Richtung die Segelflugforschung fortschreiten wird. Möglicherweise läßt sich das Segelflugzeug der Zukunft in keine der drei Klassen einreihen.

Wenn wir heute in der Erforschung des dynamischen Segelfluges noch keinen Schritt weiter sind, so hat das zwei Hauptgründe. Einmal sind die Windpulsationen noch nicht in dem Maße untersucht, um das Problem von der technischen Seite angreifen zu können, und zweitens hat sich ein großer Teil der Fachleute leider zu früh dem Leichtflugzeugbau zugewandt, weil auf diesem Gebiete der Erfolg greifbar vor Augen lag. Ausschlaggebend mag hierbei die Tatsache gewesen sein, daß ein Segelflugzeug durch den Einbau eines Motors mit Propeller sofort seine Segelflugeigenschaften verliert und sich in der Leistung nicht von den übrigen, in Anlehnung an den Motorflugzeugen entwickelten Leichtflugzeugen unterscheidet. Der Einbau eines Motors in ein Segelflugzeug ist deshalb verfrüht, wenigstens solange wir noch auf den Propeller angewiesen sind. Gewiß, niemand kann heute sagen, ob dem Menschen der dynamische Segelflug jemals gelingen wird,

aber es ist ebenso verkehrt, diese Möglichkeit zu bestreiten. Alle großen Erfindungen galten kurze Zeit vor ihrer Geburt für unmöglich, wurden dann aber von der großen Masse als selbstverständlich hingenommen.

2. Die Zeichnung.

Die Zeichnung ist das Bindeglied zwischen Konstrukteur und Werkstatt; sie allein ermöglicht dem Handwerker oder Arbeiter, die geistige Arbeit des Konstrukteurs zu erfassen und in die Praxis umzusetzen. Aber auch in dem Falle, wo der Konstrukteur der Erbauer des Flugzeuges ist, wäre ein sogenanntes „nach Schnauze“ Bauen verfehlt und würde selten zu befriedigenden Ergebnissen führen. Das ganze Flugzeug und wiederum jedes Teilstück, jede Verbindung usw. müssen genau und sauber zu Papier gebracht werden, bevor man an den Bau des Flugzeuges geht, denn bei der zeichnerischen Darstellung eines Werkstückes wird man sofort sehen, ob die praktische Ausführung überhaupt möglich ist bzw. ob die gedachte Ausführung nicht durch eine zweckentsprechendere Konstruktion zu ersetzen ist. Uns interessiert hier lediglich die Handskizze und die Werkstattzeichnung. Die Handskizze hat den Zweck, mit einfachsten Mitteln und in kürzester Zeit das Wesentliche der Konstruktion zeichnerisch wiederzugeben. Für uns kommt sie hauptsächlich in Betracht, um eine Idee festzuhalten oder um durch das Anfertigen verschiedener Entwürfe zu der brauchbarsten Form zu gelangen. Da nach der Skizze die Werkstattzeichnung angefertigt werden muß, ist eindeutige Darstellung und Eintragung der Maße Bedingung. Einwandfreies Skizzieren ist abhängig von gutem Vorstellungsvermögen und räumlichem Denken des Konstrukteurs; saubere zeichnerische Darstellung kommt für die Skizze erst in zweiter Linie in Betracht. Wichtig ist es deshalb, daß das Konstruktionsbild bereits fertig vor

dem geistigen Auge des Konstrukteurs steht, bevor er mit dem Skizzieren beginnt.

Sind alle Teile durch Skizzen festgelegt, so kann mit der Ausführung der Werkstattzeichnung begonnen werden. Die Werkstattzeichnung muß so beschaffen sein, daß es jedem Handwerker oder Arbeiter möglich ist, die dargestellten Teile ohne Anleitung einwandfrei auszuführen. Peinlichste Sorgfalt und eindeutige Zeichnungsweise sind Grundbedingung. Man denke nur nicht, daß man sorgloser verfahren könne, wenn man die praktische Ausführung selbst übernimmt, denn dieser Leichtsinn würde sich bitter rächen. Jedes Maß, auch wenn es belanglos erscheint, muß deutlich an entsprechender Stelle eingetragen sein. Ein Nachmessen in der Werkstatt muß unter allen Umständen unterbleiben. Kleine Abweichungen in der Zeichnung entstehen leicht und beim Nachmessen und Übertragen in die Praxis entstehen dann die größten Fehler. Nur die eingetragenen Maße sind für die Größenverhältnisse bindend, die Zeichnung soll lediglich die Form veranschaulichen.

Die Einzelteile und das ganze Flugzeug müssen in verschiedenen Projektionen, d. h. Ansichten, dargestellt sein, um die größte Anschaulichkeit zu gewährleisten, und zwar — da jeder Körper ein dreidimensionales Gebilde ist — in drei Projektionen, nämlich Aufriß, Grundriß und Seitenriß. In den weitaus meisten Fällen wird man hiermit auskommen, wenngleich auch einzelne komplizierte Beschläge usw. vielleicht noch eine oder gar zwei weitere Projektionen erfordern. Holme, Spieren, Streben usw. erfordern außerdem noch eine Darstellung durch Schnitte zwecks besserer Verständlichkeit. Verkehrt wäre es jedoch, die Schnittdarstellung dort anzuwenden, wo sie keine neue Ansicht, kein klares und unzweideutiges Bild geben würde. Ein Schnitt in der Längsrichtung wird aus diesem Grunde niemals vorgenommen. Schnittflächen müssen stets durch Schraffur als solche gekennzeichnet sein.

Werkstattzeichnungen sollten, wenn irgend angängig, stets in natürlicher Größe ausgeführt werden. Bei ganzen Flugzeugen ist dieses allerdings nicht möglich, man begnügt sich deshalb mit Verkleinerungen im Maßstabe von 1 : 5 bis 1 : 20 und führt Einzelteile, speziell Schnitte von Holmen, Spieren usw. dann in natürlicher Größe aus.

Bei der Herstellung von Zeichnungen beginnt man stets mit der Aufzeichnung der Mittellinien, welche das Fundament der zu entwerfenden Konstruktionsteile bilden. Als Mittellinien gelten Symmetrielinien, auf welche die Maßeintragung zu beziehen ist. Allerdings mißt man bei symmetrischen Körpern direkt von Kante zu Kante und trägt die Maße ein, z. B. 100 mm, nicht 2 mal 50 mm. Bei unsymmetrischen Körpern hingegen sind die Teilmaße von der Symmetrielinie gemessen einzutragen, z. B. 40 und 60 mm. Die Symmetrielinien werden als solche besonders gekennzeichnet, und zwar durch Strichpunktierung. Strichlinien wendet man für die Darstellung verdeckter Linien an, während Volllinien in verschiedenen Stärken für sichtbare Kanten und Umrisse Verwendung finden. Schwache Volllinien werden als Maß- und Maßhilfslinien sowie zum Schraffieren von Schnittflächen benötigt. Zu jeder Werkstattzeichnung gehört eine ordnungsgemäße Stückliste, aus welcher die Arten und Mengen der benötigten Materialien ersichtlich sein müssen. Größtenteils wird diese Stückliste in die rechte untere Ecke der Zeichnung eingefügt.

Selbstverständlich ist es, daß vor Ausarbeitung der Werkstattzeichnung eine genaue Berechnung des Entwurfs vorgenommen werden muß, denn einerseits will man an Gewicht sparen, wo es irgend angängig ist, andererseits soll aber eine fünffache Sicherheit zum mindesten vorhanden sein. Ein zu schwacher Holm oder Strebenanschluß usw., bei der Berechnung aus Flüchtigkeit oder Sorglosigkeit übergegangen, hat schon oft zum restlosen Bruch, wenn nicht zum Todessturz geführt. Ist man selber

nicht in der Lage, die Durchrechnung des Entwurfes vorzunehmen, so soll man sich mit einem Fachmann in Verbindung setzen, niemals aber denken, „es wird schon so gehen.“

Die Herstellung von Lichtpausen braucht wohl nicht angeführt werden; man überläßt diese Arbeit besser den hierfür eingerichteten Lichtpausanstalten, zumal die Unkosten gering sind. Die Herstellung einwandfreier Zeichnungen erfordert in erster Linie natürlich ein Präzisionswerkzeug. Ein Reißbrett wird zum Aufspannen des Zeichenpapiere benötigt, und zwar bestehen die bestgeeigneten Reißbretter aus weichem, ausgetrocknetem Linden- oder Pappelholz. Selbstverständlich ist es, daß die Platte vollkommen eben und astfrei sein muß. Die linke Kante des Reißbrettes dient zur Führung der Reißschiene; diese Seite ist deshalb vor Beschädigungen ganz besonders zu schützen, um stets eine einwandfreie Führung der Schiene zu gewährleisten. Die Reißschielen bestehen meistens aus Birnbaumholz mit einer Stoßkante aus Ebenholz. An beiden Enden des Reißbrettes angelegt, muß die Schiene parallele Linien geben, andernfalls ist ein Nachrichten der „Zunge“, wie das Querstück der Schiene genannt wird, erforderlich. Vorsichtige Behandlung der Schiene ist ebenfalls Grundbedingung für ein genaues Arbeiten. Das Dreieck, das nächstwichtigste Werkzeug, ist aus demselben Material hergestellt und in verschiedenen Größen und verschiedenen Winkeln erhältlich. Zwei bis drei verschiedene Dreiecke erleichtern die Arbeit. Kurvenlineale sind in einer großen Anzahl der verschiedensten Ausführungen in Zeichenutensiliengeschäften käuflich. Auch hiervon sind einige für bequeme Arbeit von Vorteil. Gutes Reißzeug ist von unbedingter Wichtigkeit, und man soll bei Ankauf eines solchen nur auf Qualität sehen. Als unbedingt notwendig sollte es die folgenden Instrumente enthalten: Einen Stechzirkel, einen Einsatzzirkel für Bleistift, Ziehfeder- und Nadel-

einsatz, ein Verlängerungsstück hierzu zwei Ziehfedern für feine und grobe Linien, einen sogenannten Nullenzirkel und einen Zirkelschlüssel. Nach dem Gebrauch sind speziell die Ziehfedern sofort zu reinigen und trocken abzuwischen. Die Zirkelspitzen sind durch kleine Korkstückchen vor Beschädigung zu schützen. Für Messungen auf der Zeichnung sind Anlegemaßstäbe mit genauen Teilungen und scharfen Kanten notwendig. Messungen mit einem zusammenlegbaren Zollstock sind niemals genau und deshalb unbrauchbar.

3. Die Baumaterialien und Bauteile.

Als Hauptbaustoff wird im Gleit- und Segelflugzeugbau das Holz verwendet, obwohl man in Metall heute bereits ebenso leichte Konstruktionen herausbringen kann. Die Ursache hierfür liegt in der schwierigen Verarbeitung des Metalls und in der Tatsache, daß der Segelflugzeugbau heute noch vorwiegend von Vereinen und Privatpersonen betrieben wird, die wohl nur in den seltensten Fällen über die für den Metallflugzeugbau erforderlichen Spezialwerkzeuge und Maschinen verfügen. Außerdem sind Reparaturen in Holz leichter auszuführen als in Metall. Immerhin wäre zu wünschen, daß das Metall, und zwar in der Hauptsache das im Motorflugzeugbau bewährte Duralumin, auch im Segelflugzeugbau speziell für den Rumpfbau mehr Eingang finde. Die gleichmäßige Festigkeit des Metalls läßt eher genaue Berechnungen zu als die Festigkeit des Holzes, die bekanntlich großen Schwankungen unterworfen ist. Bei der Verwendung von Holz darf man deshalb nur mit den niedrigsten der angegebenen Festigkeitswerte rechnen. Selbstverständlich darf nur vollkommen lufttrockenes Holz verarbeitet werden, und ebenso muß dieses absolut astfrei und in der Faserrichtung geschnitten sein. Aber auch lufttrockenes Holz verhindert noch keineswegs die nach-

teiligste Eigenschaft des Holzes, nämlich „das Arbeiten“. Steigt sich die Feuchtigkeit der Luft, so saugt das trockene Holz diese begierig auf und quillt; ist das Gegenteil der Fall, so trocknet das Holz noch mehr zusammen und schwindet. Dieses Arbeiten des Holzes erfolgt, vom Stamm gesprochen, im Querschnitt; in der Längsrichtung schwindet oder quillt das Holz kaum. Da wir diese Eigenschaften des Holzes kennen, müssen wir das Arbeiten durch entsprechende Maßnahmen unmöglich machen. In erster Linie wird man deshalb, wo angängig, abgesperrtes Holz, d. h. quer zur Faserrichtung verleimtes Holz verwenden. Dieses Sperrholz ist in den Spezialgeschäften von 1 mm Stärke aufwärts zu beziehen. Außerdem wird das fertige Gerippe gut mit einem Öl- oder Firnisanstrich versehen, und alle äußereren Teile werden sorgfältig lackiert. Die physikalischen und Festigkeitseigenschaften der gebräuchlichsten Holzarten sind sehr verschieden, und dementsprechend ist auch die Verwendungsart voneinander abweichend. Die Tabelle gibt hierüber vollen Aufschluß. Von den Metallen interessieren uns speziell Rohre aus Duralumin und Stahl für Steuerungsgestänge, Stahlbleche für Beschläge, Drahtseile für Steuerzüge und Kabel für die Verspannung von Tragflächen. Duralumin ist eine Legierung von Aluminium, Kupfer, Mangan und Magnesium, wobei der Aluminiumgehalt etwa 90% beträgt. Das spezifische Gewicht ist etwa 2,80, die Bruchfestigkeit etwa 3500—4500 kg pro Quadratzentimeter. Hierdurch wird es für den Flugzeugbau dem Stahlrohr ebenbürtig, wenn nicht, wegen des bedeutend geringeren Gewichtes, überlegen. Tabelle 6 gibt Aufschluß über die Gewichte von Mannesmann-Stahlrohren und Duraluminrohren. Außerdem ist die Verbindung von Duraluminteilen wegen des niedrigen Schmelzpunktes — 650° — bereits durch Benutzung einer Lötlampe möglich, so daß auch die Schweißanlage überflüssig wird.

Tabelle 1.

Haupteigenschaften und Verwendungszweck der
gebräuchlichsten Holzarten.

Holzart	spez. luft- trocken	Gewicht frisch	Farbe	Eigenschaften und Verwendungszweck
Birke ...	0,75	0,95	weiß bis gelb	zähfaserig, schwer spaltbar, aber nicht sehr hart, im Trockenen beständig. Als Sperrholz findet es Verwendung zur Beplankung von Rümpfen und Flügelnase, sowie als Stege für Holme und Spieren.
Eiche ..	0,90	1,05	grau bis grauweiß	hart und zähe, schwerspaltig, fest aber biegsam, sehr elastisch, sehr beständig. Vorzüglich geeignet für den Kufenbau, für Randbögen, vordere Rumpfholme, Schleifkufen oder sonstige stark beanspruchte oder zu biegende Teile.
Kiefer ..	0,65	0,85	gelblich-weiß bis rötlich	weich, leichtspaltig, harzig, ziemlich dauerhaft. Findet Verwendung als Holm- und Spierenrurte, Spanen und Rumpfholme, Nasen- und Hilfsholme, Streben usw.
Fichte ..	0,50	0,80	gelblich-weiß bis rötlich	weich, leichtspaltig, harzig, dauerhaft und schwindet wenig. Geeignet zu Rumpfholmen, hohlen und gefrästen Flächenholmen. Im Verhältnis zum Gewicht das leichteste Holz, jedoch nur schwer astfrei zu bekommen.
Tanne ..	0,60	0,85	weißlich	weich, zähe, harzarm, getrocknet sehr dauerhaft, schwindet wenig, leicht spaltbar, etwas härter als Fichte. Verwendung s. diese und Kiefer.

Holzart	spez. Gewicht luft-trocken	Gewicht frisch	Farbe	Eigenschaften und Verwendungszweck
Ulme ..	0,70	0,95	gelblich bis bräunlich	hart, sehr zähe und fest, elastisch, sehr dauerhaft, schwer zu spalten und schwindet wenig. Verwendung siehe Esche.
Gabun .	0,45	—	rötlich bis rot	sehr weich und leicht, schwer zu behobeln, findet zu Ausfüttungs- zwecken Verwendung und als Sperrholz zur Rumpf- beplankung, jedoch nicht zu Holmstegen.
Ahorn ..	0,70	0,90	glänzend weiß	hart und fest, zähe, schwer spaltbar, im Trockenen dauerhaft, als Sperrholz für alle Zwecke zu verwenden.

Tabelle 2.

Festigkeitszahlen verschiedener Holzarten in kg/qcm.

Holzart	Zugfestigkeit		Druck-festigkeit parallel zur Faser	Biegungs-festigkeit	Abscherungs-festigkeit	
	senkrecht	parallel zur Faser			senk- recht	par- allel zur Faser
Esche ..	20—50	850/1100	350/450	400/900	200	30
Fichte .	20—40	500/800	250/400	400/500	250	50
Kiefer .	20—40	500/850	400/450	1000/1100	300	60
Tanne .	20—40	500/900	300/400	500/800	250	50
Ulme ..	30—50	600/900	300/400	450/1000	300	60

Mit Kabel bezeichnet man eine Anzahl dünner Drähte, die durch fortgesetzte Verdrehung zu einem Bündel vereinigt sind, während man unter Seil eine Verwindung meh-

rerer für sich gedrehter Drahtbündel oder Litzen zu einem Ganzen versteht. Das Seil ist bedeutend biegsamer als das Kabel und wird deshalb überall angewendet, wo eine Leitung über Rollen in Frage kommt. Da es jedoch größere Dehnbarkeit als das Kabel besitzt, wird für die direkte Übertragung von Zugkräften fast stets das Kabel benutzt. Für den Segel- und Gleitflugzeugbau sind Seile und Kabel von 2 bis 5 mm durchweg ausreichend. Es bedarf wohl eigentlich keiner Erwähnung, daß Drahtseile und Kabel aus Stahldraht hergestellt sein müssen, da Eisendrähte wegen zu großer Dehnung und zu geringer Elastizität unbrauchbar sind. Die Festigkeit von Drahtseilen und Kabeln geht aus den folgenden Tabellen hervor. Als Material wurde Klaviersaitendraht mit einer Bruchfestigkeit von 250/300 kg/qmm in Betracht gezogen. Bemerkt sei noch, daß angerostete oder verknitterte Drähte in der Regel nicht die halbe Festigkeit blanker Drähte besitzen.

Tabelle 3.
Drahtkabel - Festigkeitstabelle.

Durch- messer in mm	Draht- stärke in mm	Bruch- festigkeit in kg/qmm
2,8	0,40	1160
3,1	0,45	1470
3,5	0,50	1816
3,9	0,55	2190
4,2	0,60	2615
4,5	0,65	3070
5	0,70	3560

Tabelle 4.
Drahtseil-Festigkeitstabelle.

Durchmesser in mm	Anzahl der Drähte	Anzahl der Litzen	Draht- stärke	Bruch- festigkeit in kg/qmm
1,8	42	6	0,20	330
2,3	42	6	0,25	510
2,4	72	6	0,20	565
2,7	42	6	0,30	740
3	72	6	0,25	885
3,2	42	6	0,35	1010
3,6	42	6	0,40	1300

Tabelle 5.
Gewichte von Eisen- und Stahlblechen.

Blechdicke mm	Schweißeisen kg/qm	Flußeisen kg/qm	Flußstahl kg/qm
0,5	3,90	3,93	3,93
1	7,80	7,85	7,85
1,5	11,70	11,77	11,77
2	15,60	15,70	15,70

Tabelle 6.
Gewichte von Mannesmann- und Duraluminrohren.

Außerer Durch- messer in mm	Mannesmannrohr				Duraluminrohr				
	Wandstärke in mm				Wandstärke in mm				
	0,5	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
10	0,116	0,221	0,312	0,391	0,085	0,133	0,185	0,241	0,301
20	0,239	0,466	0,679	0,882	0,162	0,248	0,34	0,434	0,533
30	0,361	0,711	1,048	1,372	0,24	0,365	0,494	0,627	0,786
35	0,423	0,833	1,231	1,616					
40					0,316	0,48	0,682	0,82	0,997

Für die Tragflächen- und evtl. Rumpfbespannung werden heute sowohl gute, leichte und dichtgewebte Leinen- als auch Baumwollstoffe benutzt. (Battist, Voile) Leinenstoffe besitzen vor Baumwollstoffen den Vorzug größerer Faserlänge, Stärke und Dauerhaftigkeit. Der Bespannstoff soll bei großer Zerreißfestigkeit möglichst leicht und nicht zu weitmaschig sein. Auf keinen Fall darf der Stoff jedoch Appretur enthalten, da diese das Eindringen der Imprägnierungsmasse verhindern würde. Für die Imprägnierung benutzt man heute allgemein das sogenannte Cellon-Emaillit, neuerdings auch Cellemit genannt, welches man streichnfertig kaufen kann. Im flüssigen Zustande ist dieses Produkt feuergefährlich und dementsprechend zu behandeln. Durch die Imprägnierung wird die Bespannung zusammengezogen, kleine Falten verschwinden, und die Oberfläche des Stoffes wird glatt und vollkommen wasserdicht und wetterbeständig. Mit einem Pinsel läßt sich die Imprägnierungsmasse leicht auftragen. In etwa einer Stunde ist die imprägnierte Fläche bereits vollkommen trocken und straff, und die Festigkeit erhöht sich durch die übliche dreimalige Imprägnierung um etwa 50%.

Zum Leimen wird ausschließlich Kaltleim benutzt, der anderen Leimen gegenüber den Vorzug der Wasserbeständigkeit hat. Kaltleim ist ein Gemisch von Casein und Kalk, häufig unter Beigabe besonderer Substanzen wie Ammoniak, wasserlöslicher Harze etc. und ist in Pulverform in verschlossenen Dosen käuflich. Das Pulver wird mit kaltem Wasser angerieben und kann sofort verwendet werden, ohne daß ein Erwärmen der Leimstellen erforderlich ist. Das Kaltleim-pulver wird im Verhältnis von 1 : 1 mit Wasser angerührt, bis es gleichmäßig mit Wasser durchtränkt ist, wobei darauf zu achten ist, daß sich keine Knollen bilden. Ist die Masse völlig zerrieben, und hat sich ein dicker, zäher Brei gebildet, so läßt man diesen 15 bis 20 Minuten stehen. Nach Ablauf dieser Zeit ist der Leim gebrauchsfertig. Besonderes Augen-

merk richte man auf die Konsistenz der Masse, da dünner Leim nicht die nötige Bindekraft hat. Die Klebekraft lässt schon nach einigen Stunden nach; es ist deshalb nie mehr Pulver anzurühren, als man voraussichtlich verwenden kann. Leimreste, die über einen Tag alt sind, sind unbrauchbar und dürfen nicht mehr verarbeitet werden. Das Pulver muß in verschlossenen Dosen vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt werden.

Als Rostschutzmittel kann man eine Galvanisierung der Beschläge etc. mit Kupfer oder Nickel vornehmen lassen, doch die Überzüge wirken nur, wenn sie entsprechende Dicke



Fig. 72



Fig. 73

besitzen. Das dauerhafteste Schutzmittel ist ein Zinküberzug, der auch gegen Seewasser beständig ist. Ebenso praktisch dürfte jedoch ein guter Ölfarbenanstrich sein. Das Metall wird sauber gereinigt, bekommt als Grundierung einen Anstrich mit schnell trocknendem dünnen Leinölfirnis, der gut deckende Farbstoffe enthält, und nach völligem Erhärten der Grundierungsschicht wird der Außenanstrich, evtl. Rostschutzlack ebenfalls dünnflüssig aufgetragen; dicke Farben verursachen Blasenbildung. Verspannungskabel können ebenfalls mit Rostschutzlack überstrichen werden. Steuerseile, Seilrollen werden nur eingefettet, und zwar am besten mit säurefreiem Mineralöl bzw. Fette wie Vaseline. Die Einfettung muß häufig wiederholt werden.

Die einzelnen Bauteile richten sich natürlich nach der Konstruktion und müssen, wegen ihrer Abweichung voneinander, stets extra angefertigt werden. Speziell die Beschläge für die Montierung der Flächen etc. lässt man fast immer vorteilhaft anfertigen. Lediglich Bolzen, Spannschlösser, Augenschrauben usw. sind fertig zu beziehen. Die verschiedenen Abbildungen bedürfen keiner Erklärung. Die Festigkeit der gebräuchlichen Spannschlösser erläutert die nachstehende Tabelle.



Fig. 74

Tabelle 7.
Festigkeitstabelle von Spannschlössern.

d Durch- messer des Schrauben- gewindes mm	d ² Durch- messer der Schrauben- mutter mm	L Ganze Länge des Schlosses mm	H Länge des Gewindes mm	E Lichte Weite des Auges mm	F Breite des Auges mm	Maximale Belastung kg
6,35	10,2	114,4	50,8	4,75	12,45*	3200
6,35	10,2	114,1	50,8	4,75	12,45*	2400
4,76	7,5	101,5	44,5	3,21	9,53	1475
4,76	6,78	82,5	31,8	3,21	9,47	1000
4,76	7,46	101,5	44,5	3,20	9,42	1475
4,76	6,85	82,5	31,8	3,21	9,53	12,50
3,97	5,84	66,7	28,6	2,28	7,83*	1000
3,97	5,84	66,7	28,6	2,28	7,83*	975
3,18	5,96	50,8	20,6	1,83	6,33	570
3,18	4,90	50,8	22,2	1,83	6,05	875
2,38	3,71	44,5	19,1	1,63	4,73*	425
2,38	3,71	44,5	19,1	1,63	4,73*	400

* Spezialstahl.

4. Die Werkzeuge.

Will der Konstrukteur den Bau seiner Maschine selbst ausführen, so wird er, wenn ihm nicht eine eingerichtete Werkstatt und fachmännische Hilfskräfte zur Verfügung stehen, von vornherein mit vielen Schwierigkeiten rechnen müssen, denn selbst der Bau eines einfachen Hängegleiters erfordert geschickte Hände und eine Anzahl der verschiedensten Werkzeuge, deren Anschaffung mit Unkosten verknüpft ist. Als unumgänglich notwendig wird sich eine Hobelbank erweisen, denn an dieser werden fast alle Teilarbeiten ausgeführt. Der Hauptzweck der Hobelbank ist es, das zu bearbeitende Holz festzuhalten. Hierfür sind zwei Klemmbacken, die sogenannten Vorder- und Hinterzange, vorgesehen. Zum weiteren Festhalten bzw. Einspannen dienen noch die Bankhaken, die, je nach Größe des Arbeitsstückes, in die verschiedenen Löcher der Hobelbank eingesetzt werden. Das zur Hobelbank gehörige Werkzeug sollte in einem über ihr hängenden Werkzeugschrank aufbewahrt werden, damit es jederzeit zur Hand ist. Als wichtigster Bestandteil des Werkzeugschrankes ist der Hobel zu nennen. Der Tischler benötigt einen Satz von acht oder mehr Hobel, aber für den Gleit- und Segelflugzeugbau sind zwei bis drei Hobel völlig ausreichend. Es sind dieses:

Der Schlichthobel, ein schmaler Hobel, mit einem Eisen ohne Klappe, mit welchem kräftige Späne abgetrennt werden, und der deshalb nur zur ersten Bearbeitung des Holzes benutzt wird.

Der Doppelhobel hat ein Eisen mit verstellbarer Klappe, weshalb sich feinere Späne erzielen lassen.

Der Putzhobel ist ebenfalls ein Doppelhobel, aber äußerst fein eingestellt, um das letzte Abputzen des Holzes und das Bestoßen von Hirnholzflächen vornehmen zu können.

Außerdem muß der Werkzeugschrank enthalten:

Einen Satz Stecheisen oder Stechbeutel. Es sind dieses in Hartholzheften gefaßte, einseitig geschärfte Eisen verschiedener Breite, die zum Ausstemmen von Löchern aller Art benutzt werden.

Feilen und Raspeln werden zum Glätten und Schleifen benutzt und zwar speziell zur Herstellung tropfenförmiger oder runder Streben, Nasenleisten, Randbögen etc. aus massivem Material. Die Raspel greift das Holz ziemlich an und wird deshalb zur Vorarbeit verwendet, während die Feile das Glätten besorgt.

Das Streichmaß trägt im Mittelstück, durch einen Keil festgehalten, verstellbare Stäbchen mit Stahlstift, um das Anreissen von parallelen Linien zu ermöglichen.

Winkelhaken und Winkelmaß aus Metall werden zur Kontrolle rechtwinkliger Kanten gebraucht.

Der Fuchsschwanz ist eine Säge mit einem breiten Blatt und einem Griff. Er wird da benutzt, wo die gewöhnlichen Sägen nicht anwendbar sind.

Die Lochsäge ähnelt dem Fuchsschwanz, ist jedoch schmäler und vorne spitz. Sie ist, wie ihr Name sagt, erforderlich für das Aussägen von Löchern.

Der Knöpfel oder Klüpfel wird als Schlaginstrument benötigt in Verbindung mit dem Stechbeutel oder Lochbeitel. Ein Eisenhammer würde nur das Holzheft zersplittern, nicht aber die erforderliche Schlagwirkung ausüben.

Weiter soll der Werkzeugkasten oder Schrank enthalten:

Eine Bohrwinde mit Ersatzbohrern von verschiedenem Durchmesser, diverse Handbohrer, eine Kneifzange, einen oder mehrere Schraubenzieher und einige Hammer verschiedener Größe.

Benötigt werden ferner:

Eine Handsäge zum Schneiden von Brettern, eine Schweißsäge mit ganz schmalem Blatt zum Aussägen geschweifter Konturen, diverse Schraubzwingen aus Holz oder besser aus Eisen, zum Zusammenpressen geleimter Holzteile.

Für die Metallbearbeitung sind außerdem erforderlich:

Eine Metallbügelsäge, verschiedene Rund- und Flachzangen, eine Beißzange, eine Kombinationszange, eine Blechschere, eine Handbohrmaschine mit verschiedenen Spiralbohrern, ein Parallelschraubstock, ein Feilkloben und diverse Feilen.

Vorstehende Werkzeuge sind nur die für saubere Arbeit unbedingt wichtigen, dürften aber ausreichend sein. Letzten Endes hängt die einwandfreie Ausführung nicht nur vom Werkzeug, sondern vor allem vom Erbauer ab. Praktisch veranlagte Menschen mit geschickten Händen erreichen mit wenigen Werkzeugen mehr als ungewandte Menschen mit den vollkommensten Werkzeugen und Hilfsmitteln.

5. Praktische Arbeiten.

a) Tischlerarbeiten. Wie schon erwähnt, sind Segel- und Gleitflugzeuge bis heute fast ausschließlich in Holzkonstruktion ausgeführt; es ergibt sich daher, daß die Holzbearbeitung zu den wichtigsten im Segelflugzeugbau vorkommenden Arbeiten gehört. Bei der Bearbeitung der einzelnen Teile ist mit peinlichster Genauigkeit und Sorgfalt zu verfahren, denn von dem einwandfreien Verleimen und Zusammenfügen der Einzelteile hängt alles ab. Was nützt es, wenn die Konstruktion theoretisch eine fünf- oder mehrfache Sicherheit aufweist, mangelhafte Verleimung oder minderwertiges Material jedoch nicht einmal eine einfache Sicherheit ergeben?

Beim Schäften zweier Holme, Längsträger etc. ist darauf zu achten, daß die schräg verlaufenden Leimstellen mindestens zwölfmal so lang sind als der Holm bzw. Träger stark ist. Handelt es sich um das Verleimen hohler Holme, so muß die Aussparung zunächst durch Einleimen eines vollen Holzstückes ausgefüllt werden. Zweckmäßig ist es, alle Leimstellen, die stärkeren Beanspruchungen unterworfen sind,

mit Leinenband oder Leinenstreifen zu umleimen. Sind Vorder- oder Hinterholm anzuschäften — es kommt dieses natürlich nur für die Reparatur in Frage, neue Holme müssen stets aus einem Stück bestehen —, so dürfen die Leimstellen nicht in einer Ebene, d. h. in einem Verspannungsfeld liegen. In der Regel verstellt man derartige Leimstellen durch das Aufleimen von Sperrholz, bevor man die Leinenbandumwicklung vornimmt. Es bedarf wohl eigentlich keiner Erwähnung, daß Leimfugen immer mittels Schraubzwingen fest aufeinander gepreßt werden müssen. Nach etwa 12 Stunden hat der Leim soweit gebunden, daß die geleimten Teile bearbeitet werden können. Holme oder ähnliche wichtige Teile sollen jedoch wenigstens 24 Stunden unter Zwingendruck bleiben. Gesagt werden muß noch, daß im Flugzeugbau ein Zusammennageln oder Schrauben von Holzteilen unter keinen Umständen erfolgt; alle Teile werden stets geleimt. Nägel finden nur im beschränkten Maße in Form von winzigen Kupfer- oder Messingstiften Anwendung zum Anheften der Sperrholzbeplankung am Rumpf, an der Flügelnase oder zum Aufnageln der Bespannung. Hirnholzverleimungen — unter Hirnholz versteht man die Schnittfläche quer zur Faserrichtung — sind unmöglich, weil sie nicht halten. Man hilft sich, wenn ein Schäften nicht angängig ist, durch seitliches Einleimen von Holzklötzen.



Fig. 75
Schäften von Holmen.

b) Klempner- und Schlosserarbeiten. Die speziell vorkommenden Arbeiten sind das Löten und Schweißen für die Anfertigung von Beschlägen. Es wird unterschieden zwischen Weich- und Hartlötzung. Weichlötzung wird stets dort ange-

wandt, wo besondere Beanspruchungen nicht auftreten. Hart muß gelötet werden, wenn stärkere Wärmeeinwirkung oder größere Kraftübertragung in Frage kommt.

Das Hartlöten. Hierfür braucht man das sogenannte Schlaglot verschiedener Legierungen, deren Zusammensetzungen sich nach der Art des zu lötenden Metalls richten. Hartlöten kann man nur unter Glühhitze, und es ist bei der Legierung des Hartlotes deshalb darauf zu achten, daß der Schmelzpunkt des Hartlotes durch Beimengung von Zink niedriger gehalten ist als der Schmelzpunkt des zu lötenden Metalles, da letzteres sonst verbrennen würde. Für das Hartlöten von Eisen nimmt man meistens reines Kupfer, für die Verlötung von Eisen mit Stahl Messing. Soll Kupfer oder Messing hartgelötet werden, so ist dem Schlaglot selbstverständlich mehr Zink beizumengen, denn je mehr Zink im Schlaglot enthalten ist, desto schneller schmilzt es. Zu merken ist jedoch, daß mit der größeren Menge Zink auch die Festigkeit der Lötstelle abnimmt. Das Schlaglot wird mit pulverisiertem Borax vermischt und auf die Lötstelle aufgetragen. Der Borax dient als Binde- und Reinigungsmittel und muß während des Lötprozesses noch nachgegeben werden, um die Entstehung von Oxyden, die bedeutend höhere Schmelzpunkte als die Metalle haben, zu vermeiden, weil die Oxyde eine innige Verbindung zwischen Lot und Lötstelle verhindern. Der zu lötende Gegenstand wird nun dem Feuer ausgesetzt, das durch Zug oder Gebläse zu hohem Hitzegrad gebracht wird, doch ist darauf zu achten, daß das Schlaglot nicht von der Lötstelle fortläuft. Sobald das Schlaglot zu fließen beginnt, ist der Hitzegrad zu vermindern bzw. wenn mit einem besonderen Lötapparat gelötet wird, darf die Flamme nicht mehr auf die Lötstelle einwirken. Ist der Gegenstand etwas erkaltet, so nimmt man ihn aus dem Feuer heraus. Hat man Beschläge zu löten, bei welchen es sich nicht vermeiden läßt, daß eine schon gelötete Stelle nochmals dem Feuer ausgesetzt wird, so ist für jede weitere

Lötstelle leichtflüssigeres Lot zu verwenden. Bei dem häufig vorkommenden Zusammenlöten zweier Rohre, z. B. für Steuerungsgestänge, müssen diese zuvor durch Einsetzen eines genau hineinpassenden Rohrstückes verbunden werden.

Das Weichlöten. Die zu lötenden Teile werden vor dem Löten gut mit der Feile oder Schmirgelleinen gereinigt, mit Lötwasser bestrichen, Zinn und der erhitzte Lötkolben werden dann über die Lötstelle geführt, und diese wird durch das Auseinanderstreichen des Zinns mit dem Lötkolben verzinnnt. Dann werden die Lötstellen nochmals aufeinandergelegt und mit dem Kolben und Zinn überstrichen. Es ist darauf zu achten, daß das Zinn gleichmäßig fließt und bindet. Bevor der heiße Lötkolben mit dem Zinn in Berührung gebracht wird, muß er durch Abstreichen auf einen Salmiakstein gut gereinigt werden. Das Lötwasser kann man fertig kaufen oder sich durch Auflösen von Zink in Salzsäure selbst herstellen. Es wird der Salzsäure so viel Zink zugefügt, bis sie nichts mehr aufnimmt, d. h. bis das Brodeln aufhört.

Für kleine Lötungen kann man auch mit Erfolg fertige Lötpaste, die eine Anwendung von Lötwasser erübrigkt, verwenden. Bekannt ist das sogenannte Tinol, welches in Teigform in kleinen Blechbüchsen erhältlich ist. Die Masse wird einfach auf die gereinigten zu verbindenden Teile aufgetragen, und diese werden dann erwärmt, bis der graue Teig fließt und metallisches Aussehen annimmt. Für die Erhitzung eignet sich am besten die sogenannte Tinollötlampe.

Das Schweißen. Unter Schweißen versteht man das Verschmelzen von Metallteilen ohne Verwendung von Bindemitteln. Wohl das älteste Verfahren ist das Schweißen im Schmiedefeuer. Die zu schweißenden Teile wurden entsprechend angeschmiedet, bis zur Schmelzwärme erhitzt, aufeinander gelegt und durch Hämmern miteinander verbunden.

In letzter Zeit führt sich die elektrische Schweißung immer mehr ein, zumal dieses Verfahren das Schweißen verschiedener

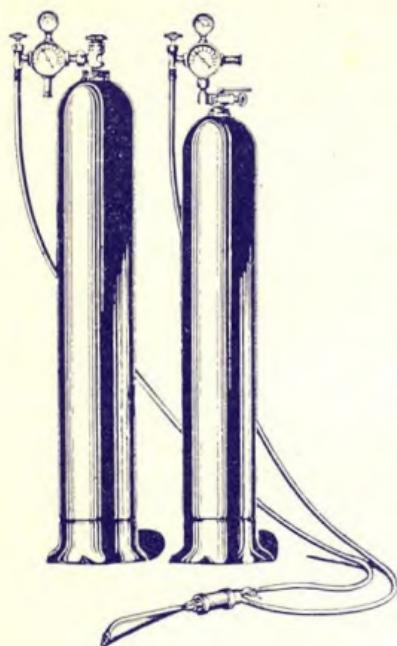


Fig. 76

Transportable Autogen-Schweißanlage.

früher als nicht schweißbar bezeichneteter Metalle ermöglicht. Trotzdem ist das autogene Schweißverfahren gebräuchlicher und speziell im Flugzeugbau häufiger angewendet. Das Prinzip des Autogen-Schweißverfahrens liegt in der Verwendung eines Gemisches Sauerstoff mit einem hochwertigen Brenngas. In einem Brenner wird unter Druck eine Stichflamme erzeugt, mittels welcher die Schweißstellen unter fortwährendem Hinundherbewegen des Brenners bis zum Schmelzpunkt erhitzt werden. Zu gleicher Zeit hält man einen Schweißstab oder Schweißdraht aus dem-

selben Metall in die Stichflamme und lässt die abschmelzenden Tropfen auf die Verbindungsstellen fallen. Der Brenner wird nun quer zur Schweißnaht leicht hin und her bewegt, damit das Füllmaterial gleichmäßig fließt. Als Brenngase werden verwendet: Leuchtgas, Wasserstoffgas, Benzin- und Benzoldämpfe, Blaugas und vor allem Azetylen. Das Azetylen ist bevorzugt, weil es mit geringen Kosten durch Verbindung von Kalziumkarbid mit Wasser leicht herstellbar ist und weil mit der Azetylen-Sauerstoff-Stichflamme die höchsten Temperaturen erreicht werden, nämlich bis zu 3600° , eine Temperatur, welche für das Schmelzen aller Metalle genügt.

Gute Schweißnähte zu erzielen, ist nicht jedermann's Sache; außer sehr viel Übung, gehört hierzu vor allen Dingen

eine äußerst ruhige und geschickte Hand, und da wegen der Explosionsgefahr äußerste Vorsicht und genaues Befolgen der erlassenen Vorschriften erforderlich ist, sollten Schweißarbeiten nur von Fachleuten ausgeführt werden.

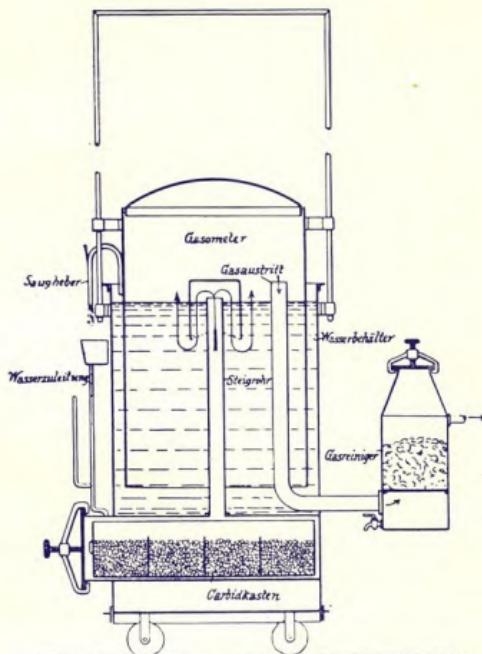


Fig. 77
Fahrbarer Azetylenerzeuger, Wasser auf Karbid träufelnd.

Wie beim Hartlöten ist auch beim Schweißen Vorbereitung, daß sich die zu schweißenden Teile metallisch rein verbinden, d. h. daß die Bildung von Oxydationsschichten unmöglich gemacht wird. Man erreicht dieses durch die Benutzung des sogenannten Schweißpulvers, welches die Oxyde auflöst bzw. die Bildung solcher verhindert. Das Schweißpulver muß dem zu schweißenden Metall entsprechen,

denn die Schlackenbildung aus dem Pulver muß früher erfolgen als das Metall zu schmelzen beginnt. Die Zusammensetzung des Schweißpulvers richtet sich also nach dem Schmelzpunkt des Metalles. Für das Schweißen von Eisen und Stahl wird meistens ein Schweißpulver verwendet, das eine ungefähre Mischung darstellt von:

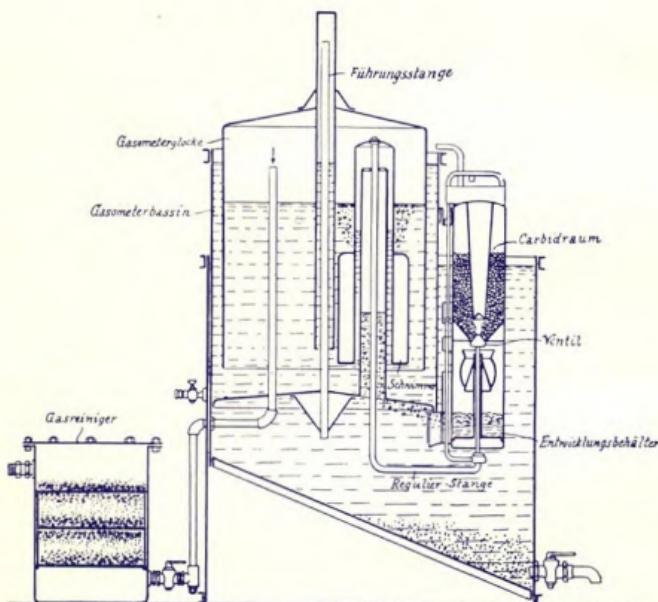


Fig. 78
Stationärer Azetylenerzeuger, Karbid-Einwurfsapparat.

35,5 % Borsäure
30 % trockenem Kochsalz,
26,5 % Blutlaugensalz,
8 % Soda.

Es ist jedoch ratsam, das Schweißpulver für alle Metalle fertig zu beziehen.

Das Azetylengas wird im gebrauchsfertigen Zustande als gelöstes Azetylen in Stahlflaschen auf 15 Atmosphären komprimiert geliefert, oder an der Arbeitsstätte im Gasentwickler gewonnen. Man unterscheidet zwei Arten von Azetylen-Erzeugern:

1. Karbid-Einwurfsapparate, bei denen in bestimmten Zwischenräumen eine kleine Menge Karbid einem Wasserbehälter zugeführt wird und

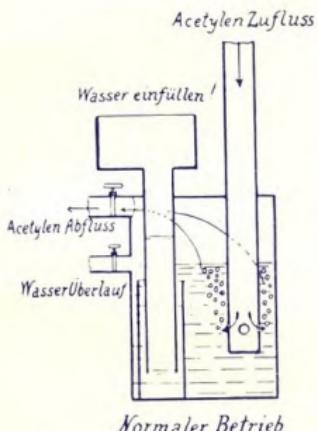


Fig. 79

Wasservorlage bei normalem Betrieb. Wasservorlage bei Betriebsstörungen.

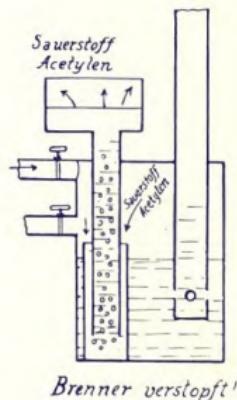


Fig. 80

2. Wasser-Zulauf-Apparate, bei denen das Wasser in bestimmten Zwischenräumen einer darunter liegenden Karbidschicht zugeführt wird.

Aus den Abbildungen ist die Einrichtung derartiger Apparate ersichtlich. Eine auf dem Wasser schwimmende, unten offene Gasglocke aus Eisenblech nimmt das entwickelte Azetylengas auf und durch die in der Glocke befindliche Öffnung mit Anschlußleitung wird das Gas infolge der eigenen Schwere der Glocke in dem an dem Apparate befindlichen Reiniger gepreßt, in welchem es durch eine mit

Watté belegte poröse Reinigungsmasse gefiltert und gereinigt wird. Von hieraus gelangt das Gas in die an jedem Apparate angebrachte Wasservorlage, welche als wichtigster Bestandteil des ganzen Schweißapparates anzusprechen ist, denn die Wasservorlage soll eine Explosion des Apparates verhindern.

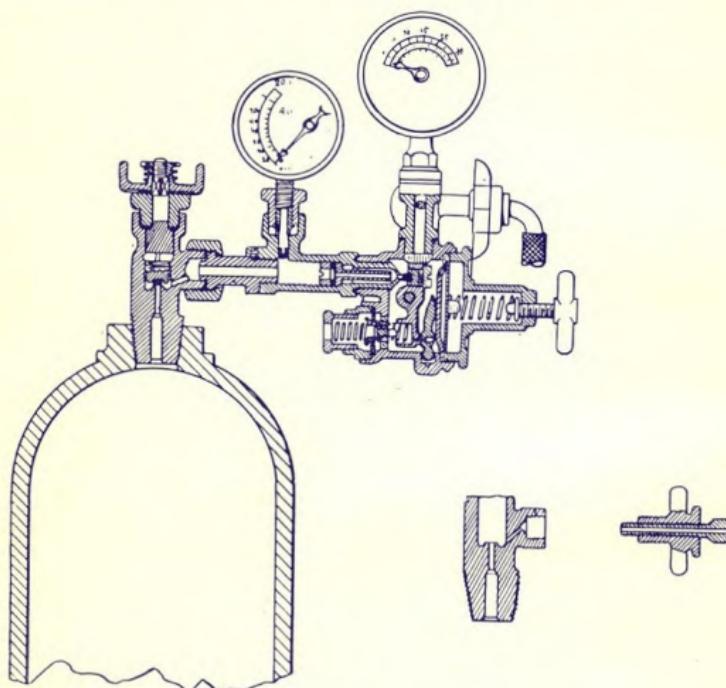


Fig. 81
Reduzierventil.

Ein Zurückschlagen der Flamme in die Düse, verursacht durch den geringen Druck in dem Azetylen-Erzeuger, ruft kleinere Explosions in der Gasschlauchleitung hervor, und diese würden unfehlbar in die mit Gas gefüllte Glocke über-springen, wenn die zwischengeschaltete Wasservorlage es

nicht verhindern würde. Bevor man mit dem Schweißen beginnt, ist deshalb darauf zu achten, daß der Wasserstand in der Vorlage die richtige Höhe hat; die Merkzeichen hierfür sind an jeder Vorlage angebracht. Aus der Vorlage gelangt das Gas durch die Schlauchleitung in den Schweißbrenner, in welchem es mit dem durch eine zweite Schlauchleitung zugeführten Sauerstoff zu einem Gemisch vereinigt wird. Der Sauerstoff wird einer Stahlflasche entnommen, in welcher er unter Druck bis ca. 150 Atmosphären aufgespeichert ist. Da für das Schweißen je nach Art des Metalls jedoch nur ein

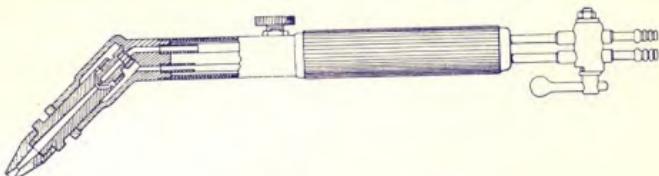


Fig. 82. Schweißbrenner.

Druck von 0,2—2 Atm. erforderlich ist, wird der Sauerstoffflasche ein Druckreduzierventil angeschlossen, dessen Ausführung Abb. 81 zeigt. Zwei Manometer gestatten die ständige Überwachung des Flaschen- und Arbeitsdruckes. Der Arbeitsdruck für die verschiedenen Materialstärken ist etwa folgender:

1 mm Blechstärke	= 0,2 Atm.
2 mm „	= 0,3 Atm.
4 mm „	= 0,4 Atm.
6 mm „	= 0,6 Atm.
8 mm „	= 0,8 Atm.
10 mm „	= 1,0 Atm.
12 mm „	= 1,4 Atm.
darüber hinaus bis	= 2,0 Atm.

Die Sauerstoffflasche muß blauen, die Brenngasflasche roten Anstrich haben, und es ist deshalb zu empfehlen, die Schlauchleitungen ebenfalls in diesen Farben zu halten, um Verwechslungen beim Anschließen zu vermeiden.

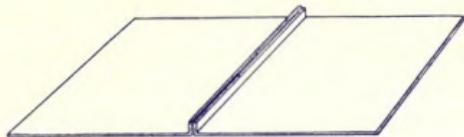


Fig. 83

Umbördelung zu schweißender dünner Bleche.

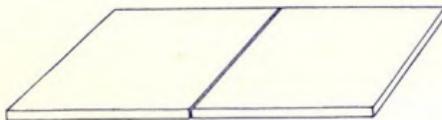


Fig. 84

Schweißen von Blechen von 2/3 mm Stärke.

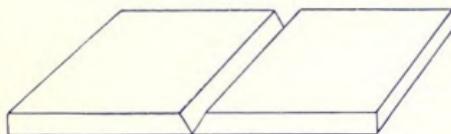


Fig. 85. Zuschnitt stärkerer Bleche.

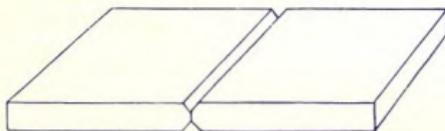


Fig. 86

Doppelseitiger Zuschnitt sehr starker Bleche.

Sind alle Vorbereidungen erfüllt und alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, so öffnet man die Ventile und bringt das mit zischenndem Geräusch austströmende Gasgemisch an der Düse zur Entzündung. Die sich bildende Stichflamme wird mittels des am Brenner befindlichen Regulierhahnes so lange reguliert, bis die Flamme rein erscheint. Die Schweißflamme ist richtig eingestellt, wenn sich der innere, gestreckte Kern gegen den übrigen Teil der Flamme scharf ab-

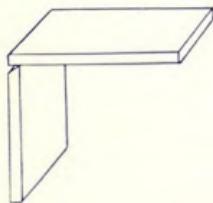


Fig. 87

Ansetzen eines Bodens.

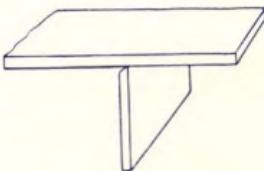


Fig. 88

Einsetzen einer Zwischenwand.

hebt. Die Ausführung der Schweißung ist von der Materialstärke abhängig. Dünne, etwa 1 mm starke Bleche schweißt man, indem man die zu verschweißenden Kanten ca. 3 mm umbördelt und die Stoßstellen direkt, ohne Zusatz von Schweißdraht, verschmilzt. Bleche von ca. 2 mm werden einfach gegeneinander gelegt und unter Verwendung von Schweißdraht verschmolzen. Stärkere Bleche werden abgeschrägt, und die Fuge wird mit Füllmaterial (Schweißdraht oder Schweißstab) ausgefüllt. Sehr starke Bleche müssen doppelseitig abgeschrägt und verschweißt werden.

Es seien hier noch die Schmelzpunkte der verschiedenen in Betracht kommenden Metalle genannt.

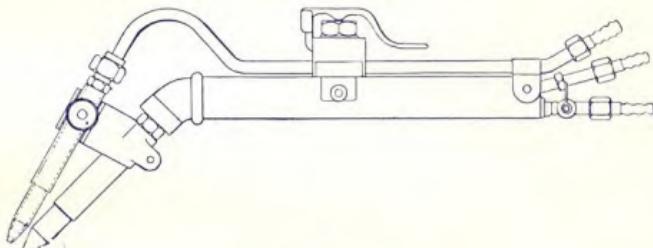


Fig. 89
Schneidbrenner.

Stahl	1300—1400°
Flußeisen	1300—1450°
Schweißeisen	1500—1600°
Duralumin	650°
Zink	420°
Kupfer	1080°
Messing	900°

Das autogene Schneiden von Metallen wird im Flugzeugbau verhältnismäßig wenig angewendet. Erwähnt sei deshalb nur, daß das Eisen die Eigenschaft hat, im Sauerstoffstrom zu verbrennen, weshalb man zum autogenen Schneiden

des Eisens Schneidbrenner mit zwei Düsen anwendet. Die erste Düse führt das Brennstoffgas zur Erhitzung des Materials, während durch die zweite reiner Sauerstoff auf die erhitzte Stelle geblasen wird, wodurch das Eisen verbrennt bzw. geschnitten wird.

c) Tragflächenbespannung und Imprägnierung.

Die Tragflächen werden mit der Unterseite nach oben auf 2 oder 3 Böcke gelegt und der Stoff, der bereits vorher aus einzelnen parallel zu den Spieren laufenden Bahnen derart zusammengenäht wurde, daß die Kette des Stoffes (Längsrichtung) in Richtung der Spieren verläuft, darüber gelegt. Nun wird er an der Stirnleiste bzw. am Nasenholm mit kleinen Messing- oder Kupferstiften angeheftet, nach hinten gezogen und an der Abschlußleiste ebenfalls lose angeheftet. Dann erfolgt das Annageln des Stoffes von Spiere zu Spiere, wobei die Nägel vorteilhaft einen Abstand von 10 bis 15 cm haben. Begonnen wird immer bei der inneren Spiere, der Rundbogen wird zuletzt bezogen. Der Stoff soll nach dem Bespannen keine Falten werfen, doch ist ein zu straffes Aufziehen ebenfalls schädlich, weil die Imprägnierung noch ein Zusammenziehen verursacht und zu straff aufgezogene Bespannung deshalb zerreißen könnte. Hat die Fläche als Abschluß keine Leiste sondern einen Draht, so ist der Stoff, nachdem er an der Nasenleiste angeheftet ist, um den Draht herumzuziehen und anzunähen. Man ziehe den Stoff nicht nur von vorn nach hinten, sondern auch seitlich nach dem Rundbogen, denn sonst werden sich Falten doch nicht vermeiden lassen. Für das Annageln an den Spieren verwendet man vorteilhaft kleine Unterlegscheibchen aus Messing oder Kupfer oder aber schmales Leinenband. Besser, aber bedeutend schwieriger ist das Aufnähen der Bespannung. Zu diesem Zwecke wird jede einzelne Spiere mit Leinenband umwickelt. Nach dem provisorischen Anheften werden die Nägel nacheinander gelöst und der Stoff

mit Hilfe der gebogenen Tapeziernadel angenäht. Bei Anwendung dieser Methode, die größere Haltbarkeit gewährleistet ohne die Spieren zu schwächen, sind die Nähstellen durch Aufleimen eines schmalen Leinenbandes zu verdecken. Das Aufleimen erfolgt durch Cellon-Emaillit oder einer diesem ähnlichen Klebmasse. Niemals nimmt man zum Kleben des Stoffes Kaltkleim, da dieser das Gewebe angreift. Ist die untere Seite bespannt, werden die Tragflächen herumgedreht und die obere Seite wird ebenso überzogen. Kommt Stoffüberzug über Stahl- oder Duraluminteile wie Verwindungsklappen, Höhen- und Seitensteuer in Frage, so muß immer eine Umwicklung mit Leinenband vorgenommen werden und das Annähen erfolgen. Alle Stoffabschlußstellen sind ebenfalls mit Leinenband zu überkleben.

Nach dem Bespannen der Trag- und Steuerflächen wird der Stoff imprägniert, um ihn widerstandsfähiger zu machen, straff zu spannen und um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Allgemein üblich ist die Imprägnierung durch das sogenannte Cellon-Emaillit, eine Acetatlösung. Fast immer erfolgt ein dreimaliger Anstrich des Stoffes mit dieser Lösung, die von verschiedenen Firmen streichfertig geliefert wird. Muß man jedoch die Ausgaben für den Bau aufs äußerste einschränken, so kann notfalls auch ein zweimaliger Anstrich genügen, doch dieser ist unter allen Umständen erforderlich. Steht außer dem Cellon-Emaillit noch das ebenfalls fertig gelieferte Verdünnungsmittel zur Verfügung, so wird ein Teil der Imprägnierungsmasse für den ersten Anstrich verdünnt aufgetragen. Nach dem Trocknen erfolgt der zweite unverdünnte Anstrich. Den Pinsel soll man nicht kreuz und quer führen, sondern immer in der Fadenrichtung ausstreichen. Auch trage man nicht zu viel Lösung auf eine Stelle auf, denn da das Cellon-Emaillit sehr schnell trocknet, bilden sich leicht unschöne, dunkle und verdickte Stellen, deren Entfernung sehr schwer ist. Für einen normalen Eindecker benötigt man etwa 20—25 kg Imprägnie-

rungsmasse, je nach der Art des Stoffes, doch das Gewicht des Flugzeuges nimmt nur um etwa 5 kg zu, da sich das Aceton verflüchtigt und nur das Cellon in den Gewebemaschen bleibt. Das Imprägnieren darf nicht in feuchten Arbeitsräumen erfolgen, weil der Anstrich durch das Niederschlagen der Feuchtigkeit leicht fleckig wird. Man vermeide jedoch ebenfalls übermäßig geheizte Räume und öffne, besonders wenn man gezwungen ist, das Imprägnieren in engen Räumen vorzunehmen, die Fenster, da das dauernde Einatmen der sich bildenden Dünste Kopfschmerzen und Übelwerden verursachen kann. Zugluft soll jedoch vermieden werden. Nach dem Imprägnieren werden die Flächen vorteilhaft mit einem Lacküberzug versehen, um eine besonders glatte Oberseite zu erzielen.

d) Das Spleißen.

Das Spleißen von Seilen und Kabeln ist mit äußerster Sorgfalt auszuführen, denn es ist selbstverständlich, daß die Spleiße die Zerreißfestigkeit des gestreckten Seiles oder Kabels erreichen müssen. Die früher häufig angewendeten einfachen oder doppelten Seilklemmen benutzt man nicht mehr, da sich das Kabel bei größerer Zugbeanspruchung trotz der zur Verwendung gelangenden konischen Bolzen aus der Klemme herauszieht oder sich doch soweit lockert, daß der beabsichtigte Zweck nicht erreicht wird. Für Steuerungsseile kann man Doppelseilklemmen notfalls gebrauchen, obwohl auch hier die umständlichere Spleißeung vorzuziehen ist. Die Spleißeung stellt eine Verflechtung des Seil- oder Kabelendes mit dem Seil oder Kabel selbst dar, und zwar genau so, wie in der Schiffahrt schon seit Jahrhunderten die Hanfseile verflochten werden. An besonderen Werkzeugen brauchen wir einen Holzhammer und verschiedene Spleißnadeln.

Die zu verspleißenden Drahtenden müssen je nach Drahtstärke verschieden lang sein. Man darf deshalb beim

Festlegen der Gesamtlänge nicht vergessen, diese Spleißenden, die bei Drähten von 2—5 mm etwa 50 mm lang sein sollen, zu berücksichtigen. Das Kabel oder Seil wird zu-

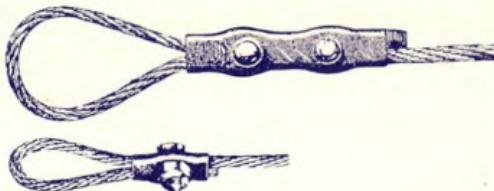


Fig. 90
Einfache und doppelte Seilklemme.



Fig. 91
Spleißnadel.

nächst an der Schnittstelle ausgeglüht, damit das Durchkneifen erleichtert und das Aufdrallen des Endes vermieden wird. Nun wird das Seil zu einer Öse umgebogen und um eine Kausche gelegt, worauf das Seil mit einem dünnen Draht fest zusammengebunden wird. Die Kausche muß absolut fest in der Seilöse liegen, da sie sich sonst bei Beanspruchungen herauszieht und das Durchscheuern des Seiles an-

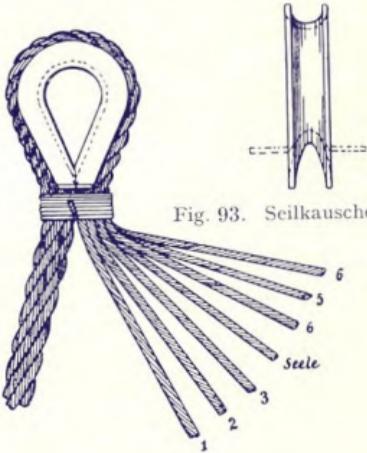


Fig. 92
In die Kausche gebundenes
zu spleißendes Seil.

den Beschlägen oder Bolzen die Folge sein würde. Nun werden die einzelnen Litzen ausgerichtet, geordnet und, wenn die Seele aus Hanf besteht, wird diese jetzt abgeschnitten. Man beginnt mit dem Spleißen, indem man die erste Litze in der Nähe der Kauschenspitze unter drei Litzen hindurchzieht. Man sticht mit der Spleißnadel unter diese

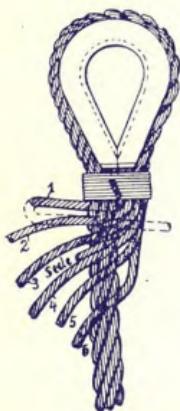


Fig. 94

Erster Spleißgang bei der Drahtseilspleißeung.



Fig. 95

Spleiß nach dem zweiten Gang.

Litzen und führt die Litze 1 in der Hohlkehle der Spleißnadel unter den Litzen hindurch. Litze 2 folgt unter zwei weiteren Litzen und die folgenden Litzen werden unter nur einer Litze hindurchgezogen. Dann beginnt man wieder mit Litze 1, die dem Drall entgegengesetzt durchgeführt wird. Die folgenden Litzen werden immer über eine unter zwei Litzen gesteckt, was die schematische Darstellung gut veranschaulicht. Diesen Vorgang nennt man den Spleißgang, und dieser muß viermal ausgeführt werden; dann schneidet

man die Litzen 1, 3 und 5 ab und verspleißt 2, 4 und 6 noch einmal in der geschilderten Weise, um einen konisch verlaufenden Abschluß zu erzielen. Nach jedem Gang ist die Spleißeung gut mit dem Holzhammer zu klopfen, damit sich die Litzen gut aneinanderschmiegen. Auch ist darauf zu achten, daß sich glatt durchgezogene Litzen niemals mit-



Fig. 96
Fertig umwickelter Drahtseilspleiß.

einander kreuzen, denn dieses gibt den ersten Anlaß zu Brüchen, und dem ersten Bruch folgen bald weitere. Besteht die Seele des Seiles aus einer Stahllitze, so wird diese nicht, wie bei der Hanfseele, abgeschnitten, sondern mit Litze 2 im ersten Gang durchgezogen, nach der Mitte zurückgelegt und nun abgeschnitten. Das konisch verlaufende Spleißende des Drahtseiles wird mit ganz dünnem Litzendraht festumwickelt und die Enden gut in die Litzen des Seiles gebettet.

Das Spleißen der Kabel geschieht in genau derselben Weise. Lediglich die Vorarbeiten sind etwas schwieriger, da aus dem einen Drahtbündel erst die einzelnen Litzen zusammengedreht werden müssen. Das Zusammendrehen der Einzeldrähte zu Litzen richtet sich nach der Anzahl der vorhandenen Einzeldrähte. Im allgemeinen besteht das Kabel aus 18 Außendrähten,

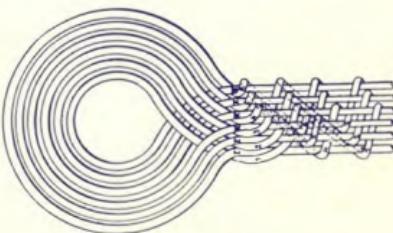


Fig. 97
Schematische Darstellung des Spleißganges.

12 Mitteldrähten, 6 Herzdrähten und der Seele. Hat man die Einzeldrähte zu Litzen gedreht, so verlötet man die Enden am besten leicht mit Tinol, um ein Wiederaufdrehen und dadurch erschwertes Durchstecken zu vermeiden. In der Regel wird die Einteilung zu Litzen so vorgenommen, daß je 3 Außendrähte, 2 Mitteldrähte



Fig. 98
Beginn des Kabelspleißes.

und 1 Herzdraht zusammen eine Litze ergeben. Die Seele wird abgeschnitten, bevor man mit dem Spleißen beginnt. Man spleißt, indem man wieder die der Kausche zunächst liegende Litze 1 unter sechs der Außendrähte hindurchführt, wie es aus der Abbildung ersichtlich ist. Für die Durchführung der Litze 2 werden drei Außendrähte mit der Spleißnadel gehoben. In derselben Weise werden nun die Litzen 3

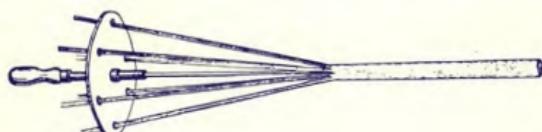


Fig. 99
Hilfsvorrichtung zur Herstellung der Spleißlitzen aus dem Kabel.

und 4 von rechts nach links unter je 3 Außendrähten durchgesteckt, während Litze 5 in entgegengesetzter Richtung durchzuführen ist. Litze 6 endlich wird wieder von rechts nach links durchgezogen, unter denselben Außendrähten, unter denen Litze 5 entgegengesetzt geführt wurde. Mit Litze 5 werden jetzt die noch nicht angehobenen drei Außen-

drähte umschlungen, und die anderen Litzen werden nun ebenfalls um die Außendrähte gelegt, unter denen sie durchgezogen wurden. Sind in dieser Weise vier Runden ausgeführt, so werden sechs Außendrähte angehoben, und man beginnt über drei von links nach rechts. Ist eine Lage gespleißt, so läßt man nach jeder weiteren Lage zwei Litzen

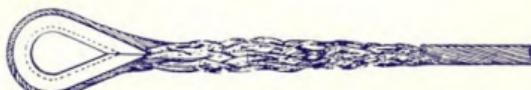


Fig. 100
Fertiger Kabelspleiß.

zurück, damit wieder ein konisches Ende erzielt wird. Sind alle Litzen verarbeitet, so wird der ganze Spleiß nochmals gut mit dem Holzhammer geklopft, und die Litzenenden werden möglichst kurz abgeschnitten. Ein Umwickeln des Kabelspleißes wie beim Seilspleiß ist nicht möglich, weil sich die Enden der Umwicklung schlecht verstechen lassen. Das Spleißende wird deshalb mit einer dünnen Tinolschicht verlötet. Allerdings darf die Erwärmung des Kabel nicht zu stark werden, um eine Festigkeitsverminderung zu verhüten.

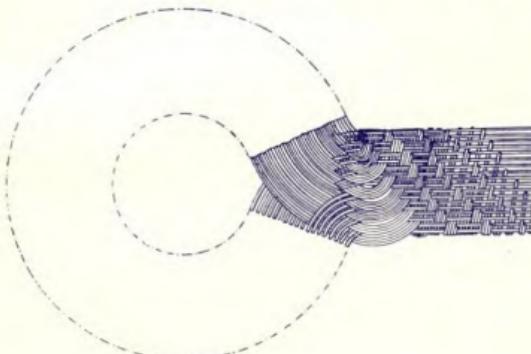


Fig. 101
Schematische Darstellung des Kabelspleißes.

6. Die Tragflächen.

Das wichtigste Gebiet des Flugzeugbaues ist die Konstruktion und der Bau der Tragflächen. Wer einmal bei stark böigem Winde geflogen ist, kann ermessen, welchen Beanspruchungen die Tragflächen ausgesetzt sind, und mit welcher Sorgfalt die Konstruktion und der Bau deshalb ausgeführt werden muß. Abhängig ist die Konstruktion natürlich von den Abmessungen und der Belastung der Fläche, ferner davon, ob freitragend oder verspannt gebaut werden soll. Beim Gleitflugzeugbau spielen aerodynamische Bedenken nur eine untergeordnete Rolle; hier strebt man in erster Linie nach geringer Flächenbelastung, und dementsprechend ist auch die Konstruktion der Tragflächen wesentlich einfacher. Ganz besonders trifft dieses für den Bau der Hängegleiter zu. Bei Flugzeugen mit großem zusätzlichen Widerstand ist vor allem nach geringer Flächenbelastung zu streben, um die Sinkgeschwindigkeit möglichst klein zu halten. Überhaupt ist bei reinen Gleitflugzeugen geringste Flächenbelastung Hauptfordernis, während bei Segelflugzeugen zunächst die gute aerodynamische Durchbildung aller Teile das Wichtigste ist. Die durchschnittliche Flächenbelastung von Gleitflugzeugen schwankt deshalb zwischen 5—8 kg/qm; bei Segelflugzeugen liegt sie zwischen 8—12 kg/qm. Ein Gleitflugzeug mit geringer Flächenbelastung ist einem solchen mit größerer Belastung im allgemeinen überlegen. Bei Segelflugzeugen ist die Fliegeneigenschaft von anderen Gesichtspunkten abhängig, was wir auch noch sehen werden. Das beste Beispiel gibt uns wiederum die Natur, denn der beste Segler unter den Vögeln, der Albatros, weist die größte Flächenbelastung auf (bis zu 16 kg). Schon aus diesem Grunde ist auch das Seitenverhältnis der Tragflächen im Gleit- und Segelflugzeugbau voneinander abweichend. Je geringer die Tiefe im Verhältnis zur Spannweite ist, desto günstiger wird der Wirkungsgrad der Tragfläche, desto geringer wird die Druckpunktwanderung

und desto leichter wird bei flügelgesteuerten Maschinen die Beweglichkeit der Fläche um die Querachse. Allerdings wird die Konstruktion mit zunehmender Spannweite immer schwieriger und das Gewicht der Flächen steigt sich nicht mehr im Verhältnis, sondern nimmt um ein Vielfaches der Vergrößerung zu. Man sieht also, Nutzeffekt und Bau gewicht müssen sich die Wage halten. Praktisch ausgeführt sind Segelflugzeuge mit einem Seitenverhältnis von 1 : 18

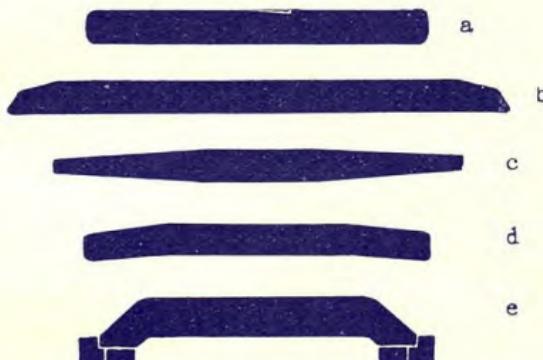


Fig. 102

a) Edith, b) Konsul, c) Pelikan, d) Vampyr, e) Charlotte.

(Espenlaub Fig. 49). Der Albatros hat nicht selten ein Seitenverhältnis von 1 : 20. Im Durchschnitt beträgt die Spannweite der heutigen Segelflugzeuge etwa 12—15 m und das Seitenverhältnis 1 : 10 bis 1 : 15. Bei Gleitflugzeugen ist das Verhältnis ungünstiger infolge Rücksichtnahme auf das Baugewicht, die Spannweite ist geringer bei größerer Tiefe. Bei Gleiteindeckern beträgt die Spannweite 8—12 m bei Tiefen von 1—1,50 m. Bei Doppeldeckern geht die Spannweite nicht selten auf 6 m zurück. Nach der Spannweite richtet sich auch die Teilung der Flächen, die so bemessen sein müssen, daß der Transport in einem ge-

wöhnlichen, gedeckten Eisenbahnwagen möglich ist. Bei Spannweiten bis zu 12 m sind die Tragflächen fast immer zweiteilig, höchstens mit einem kurzen Baldachinmittelstück, das mit dem Rumpf starr verbunden ist, hergestellt. Größere Flächen werden dreiteilig ausgeführt, und zwar besitzt das Mittelstück häufig die größeren Ausmaße. Die Formen der Tragflächen sind stark voneinander abweichend, ohne daß sich hierdurch besondere Unterschiede in den Fliegeneigenschaften ergeben. Zur Vermeidung von Wirbelbildungen

werden die Flächenenden meistens abgerundet. Nach hinten gezogene Flächenenden bewirken Eigenstabilität, die so groß werden kann, daß die Schwanzfläche überflüssig wird. Tragflächenformen bekannter Flugzeuge zeigt Fig. 102.

Die Fliegeneigenschaften eines Segelflugzeuges sind stark abhängig von dem Querschnitt der Tragfläche, dem Profil. Betrachten wir die in Fig. 103 dargestellten verschiedenen Profile von Land- und Meeresseglern, so fällt uns sofort auf, daß die Profile der Landsegler verhältnismäßig flach

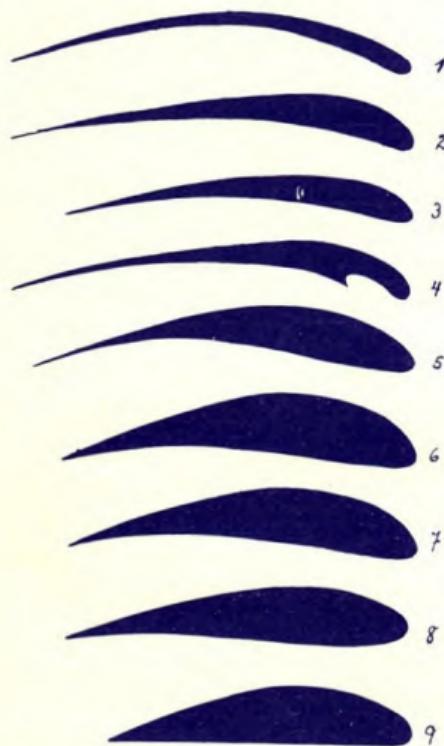


Fig. 103. Profile.

- 1) Brandgans, 2) Adler, 3) Eule, 4) Geier,
5) Möve, 6) Albatros, 7) 441, 8) 535,
9) Junkers.

sind und nur an der Vorderkante eine Verdickung aufweisen, während die Profile der Meeressegler bedeutende Dicke besitzen und ihre größte Höhe etwa im ersten Drittel haben. Wenn wir von dem Standpunkte ausgehen, daß die Landsegler lediglich Hangwinde und thermische Aufwinde, die Meeressegler jedoch in erster Linie die Unregelmäßigkeiten der Luftströmung ausnützen, so finden wir diese Unterschiede erklärlich, denn dicke Profile ermöglichen starke Vergrößerung des Anstellwinkels, ohne daß eine plötzliche Verminderung des Auftriebes eintritt und ohne erhebliche Zunahme des Luftwiderstandes. Sie sind also im besonderen Maße für den dynamischen Segelflug geeignet. Sehr häufig wird deshalb das Göttinger Profil 441 verwendet (Vampyr), das ganz besonders hohe Auftriebswerte besitzt und bei welchem die Sinkgeschwindigkeit innerhalb eines großen Anstellwinkelbereiches ziemlich konstant ist. Bemerkenswert ist die Ähnlichkeit des Profils 441 mit dem Albatrosprofil.

Nach Messungen von Gust. Lilienthal verhält sich der Quotient aus Flügeldicke durch Flügeltiefe bei nachstehenden Vögeln wie folgt:

	Oberarm	Handgelenk
Fasan	1/20	1/30
Brandgans	1/17	1/15
Krähe	1/13	1/20
Urubu	1/9	1/17
Milan	1/8	1/14
Schwan	1/6,75	1/13
Steinadler	1/5	1/13
Pelikan	1/6	1/13
Fregattvogel	1/6,5	1/10
Kondor	1/6,7	1/8,2
Albatros	1/5	1/8

Von diesen Vögeln sind der Fasan und die Brandgans reine Ruderflieger, die Krähe segelt sehr selten, während die anderen Vögel reine Segler sind. Die Segelfähigkeit der Vögel nimmt nach obiger Zusammenstellung also mit der Flügeldicke zu, und weiter ersehen wir daraus, daß die Flügeldicke bei den besten Seglern nach den Flügelenden hin nur wenig abnimmt.

Sehr eigenartig ist das Profil des Kahlkopfgeiers, das hinter der unteren Vorderkante eine Schranke aufweist. Nach Hankin findet sich diese Schranke außer bei Geiern noch bei dem Kropfstorch, dem Kranich und dem Flamingo, also bei Landseglern mit hoher Flächenbelastung. Es ist daher anzunehmen, daß die Schranke dem schwerbelastetem Segler das Segeln erleichtert und, wie Hankin auch festgestellt hat, sind die Segler mit dem Schrankenprofil schneller als die Segler mit dem Adler- oder Eulenprofil, hingegen ist der Gleitwinkel des Adler- oder Eulenprofils besser als der des Schrankenprofiles. Hankins Beobachtungen beziehen sich jedoch nur auf das Segeln in thermischen Aufwinden, und es ist daher nicht zu empfehlen, das Schrankenprofil nachzubauen. Vereinzelte Flugzeuge mit diesem Profil zerschellten bei den ersten Versuchen. Für den dynamischen Segelflug ist das Schrankenprofil jedenfalls gänzlich ungeeignet, weil es Wirbelbildung verursacht und diese, wie schon angeführt, den Widerstand der Fläche vergrößern würde.

Die Holme. Die Hauptbestandteile der Fläche sind die Spieren und Holme; letztere werden je nach Lage und Abmessung Stirn-, Nasen- oder Scheinholm, Vorderholm, Hinterholm und Hilfsholm genannt. Ist der Vorderholm stärker ausgebildet als der Hinterholm bzw. ist das Verhältnis umgekehrt, so bezeichnet man den stärkeren Holm auch mit Hauptholm. Im allgemeinen werden Tragflächen mit zwei Holmen ausgeführt, doch haben Abweichungen, speziell einholmige Bauarten mit verdrehungsfester Sperrholznase gute Resultate gezeigt. Die Holmhöhe richtet sich nach der

Profilhöhe und diese wiederum danach, ob verspannt oder freitragend gebaut werden soll. Zweckmäßig ist es, auch wenn die Berechnung dieses nicht fordert, die ganze Profilhöhe für den Bau des Holmes auszunützen, denn die Festigkeit eines Holmes liegt nur in seiner Höhe. Wird nur ein Holm zum

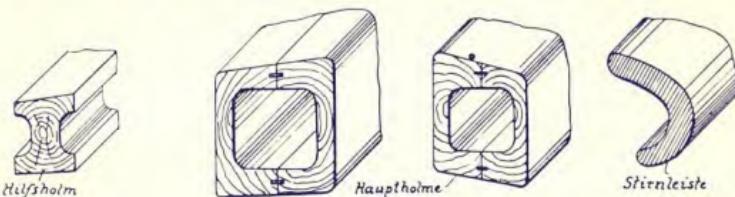


Fig. 104

Schnitt durch die Holme der Tragfläche eines Motorflugzeuges.

Bau der Tragfläche verwendet, so soll dieser nach Möglichkeit im Druckmittel der Fläche liegen, ganz besonders aber, wenn die Flächen als solche gesteuert werden sollen. Die früher im Motorflugzeugbau üblichen Holme werden auch im Segelflugzeugbau kaum noch verwendet, denn das Gewicht solcher aus Fig. 104 ersichtlichen Holme steht nicht im Verhältnis zu ihrer Festigkeit. Die einfachsten Holme sind solche aus einem massiven Steg mit Gurtleisten versehene Träger, wie sie von Pelzner bei seinem Hängegleiter benutzt werden. Gebräuchlich ist heute die Verwendung der sogenannten Doppel T-Träger und Kastenholme mit Sperrholzstegen, die geringes Gewicht mit großer Festigkeit vereinigen. Der Bau solcher Holme wird am besten durch die Zeichnungen illustriert. Häufig sind die Stege ausgeschnitten, so daß sie einen Gitterträger im Dreiecksverband darstellen, in diesem Falle sind

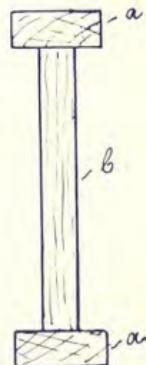


Fig. 105

Pelzner Holm.
a) Eschengurte.
b) Kiefernstege.

die Stege oft durch schmale Leistchen verstärkt. Zur Herstellung solcher Holme ist zu sagen: Die Gurte der Kastenholme kann man in der Regel in Kehlleistengeschäften in allen Dimensionen fertig kaufen. Fast immer wird man feinfäseriges, astfreies Kiefernholz hierfür verwenden und,

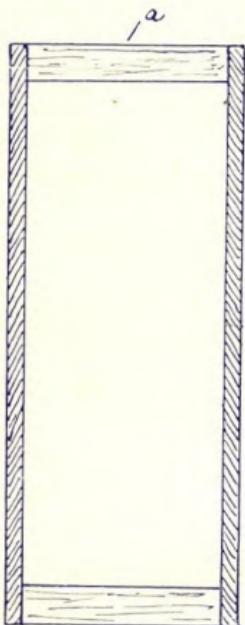


Fig. 106
Kastenholm.
a) Kieferngurte,
b) Sperrholzstege.

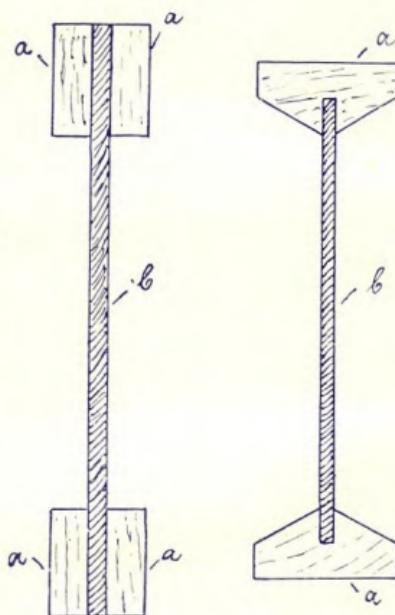


Fig. 107
Doppel-T-Träger.
a) Kieferngurte,
b) Sperrholzstege.

wenn dieses erforderlich ist, zunächst ein Schäften der Gurte in der schon geschilderten Weise vornehmen, wobei darauf zu achten ist, daß eine evtl. Schäfung von Ober- und Untergurt nicht in demselben Spierenfeld vorgenommen wird. Es erfolgt dann das Zuschneiden der Sperrholzstege, welches mit

äußerster Genauigkeit nach Abmessung mit dem Winkelmaß zu erfolgen hat. Nun werden die Stege auf die Gurte geleimt unter Zuhilfenahme kleiner Stifte. Die Leimungen müssen unter starkem Zwingendruck ausgeführt werden, denn von dem einwandfreien Verleimen der Stege mit den Gurten

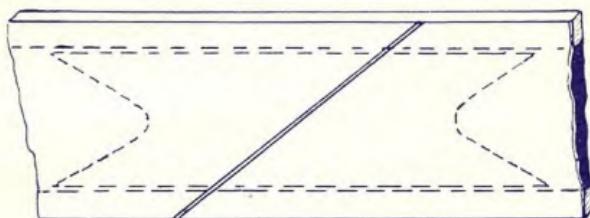


Fig. 108. Schaftung der Stege von Kastenholmen.

hängt die Festigkeit des Holmes ab. Ebenso wichtig ist es, während des Arbeitsvorganges die Linie des Holmes zu kontrollieren, um unerwünschte Biegungen oder gar Wellenlinien zu verhindern. Am leichtesten läßt sich die Herstellung der Holme auf einer entsprechenden glatten und geraden Unterlage vornehmen. Da Sperrholzplatten nur in bestimmten Größen vorrätig sind, müssen die Stege mehr oder weniger zusammengesetzt werden. Es ist dieses aus Fig. 108 ersichtlich, und zwar selbstverständlich vor Aufleimung auf die Gurte vorzunehmen. Auch hier ist darauf zu achten, daß sich nicht zwei solcher Verbindungsstellen gegenüber liegen. Häufig erfolgt noch ein sogenanntes Vergüten der Gurte mit dünnem Sperrholz, wie dieses aus Fig. 109 zu entnehmen ist,

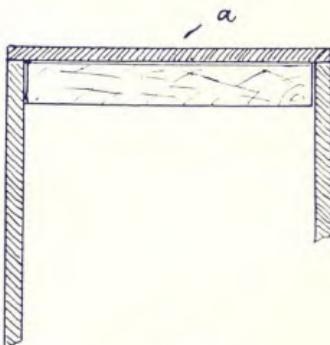


Fig. 109
Vergüten der Gurte eines Kastenholmes mit dünnem Sperrholz.

um den Stegwänden an den Seiten eine Stütze zu geben und so den Leimverband zu entlasten. Ein solches Vergüten muß natürlich ebenfalls unter starkem Zwingendruck erfolgen, aber erst, wenn die Leimung der Stegwände bereits richtig gebunden hat. Die Stärke der Stegwände und Gurte hängt von den errechneten Gewichten und Beanspruchungen ab. Kastenholme werden immer verwendet, wenn nur ein



Fig. 110

Flächengerippe des Aachen Eindeckers „Blaue Maus“. 1, 2 und 3 bezeichnen die Holme, 4 die Diagonalverstrebung.

Holm ohne herumgezogene Sperrholznase in Frage kommt, da der Kastenholm bedeutend torsionsfester ist als der Doppel-T-Holm. Als Hauptholm wird letzterer nur benutzt, wenn entweder zwei oder mehr Holme eingebaut werden oder wenn die ganze Flügelvorderkante von der Oberseite des Holmes bis zur Unterseite mit Sperrholz bekleidet ist (Vampyr, Konsul, Greif usw.). Aerodynamisch wird durch die Sperrholznase eine einwandfreie Erhaltung der Eintrittskante des Profils gewährleistet. Die Herstellung eines Doppel-

T-Trägers ist bedeutend leichter und infolge des geringeren Materialverbrauches auch billiger. Die Anfertigung der Stege ist dieselbe wie bei den Kastenholmen, doch eine Verbindung der einzelnen Stegteile wird erst nach erfolgter Gurtung vorgenommen. Die Aufleimung der Sperrholz-Verbindungsstücke

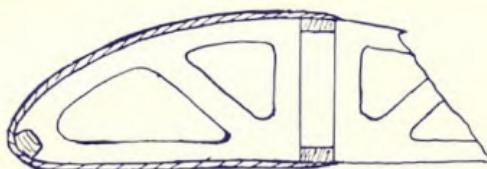


Fig. 111
Bekleidung der Flügelnase mit Sperrholz.

erfolgt hier jedoch von beiden Seiten. Häufig werden die Gurte von Doppel-T-Holmen aus einem Stück mit einer entsprechend der Stärke des Steges eingefrästen Nute angefertigt. Da diese Methode jedoch größere Kosten verursacht, ohne wesentliche Vorteile zu bieten, kann sie nicht empfohlen werden. Bei der Benutzung solcher Gurte muß der Steg stramm in die Nute passen, damit die Leimung einwandfrei erfolgt, und ein festes Verkeilen unter Benutzung eines zwischen Hammer und Gurt gelegten Stückchen Holz vorgenommen werden. Die Aussparung der Holmstege wird erst nach vollständiger Fertigstellung mit Hilfe einer Schablone vorgenommen.

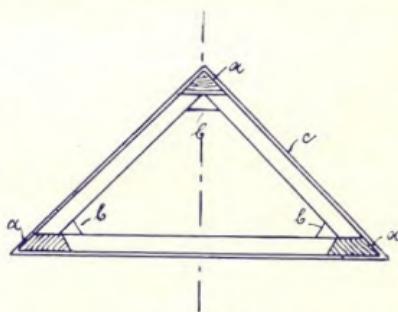


Fig. 112
Schnitt durch einen Dreiecksholm.
a) Längsholme,
b) Eckklötzchen zur Versteifung,
c) Sperrholzhaut.

Die Spieren. Die Spieren, auch Rippen genannt, dienen zur Aufnahme der Lufterdruckkräfte und Übertragung derselben auf die Holme. Ihre Form ist durch das Profil gegeben und wird grundsätzlich in zwei Arten ausgeführt, nämlich als Leistenspieren um Dreiecksverband durch Benutzung verschieden geformter Leisten oder als Sperrholzspiere mit

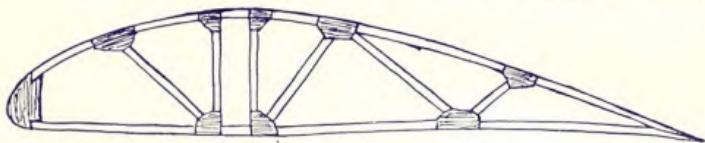


Fig. 113
Leistenspiere mit überlaschten Verbindungsstellen.

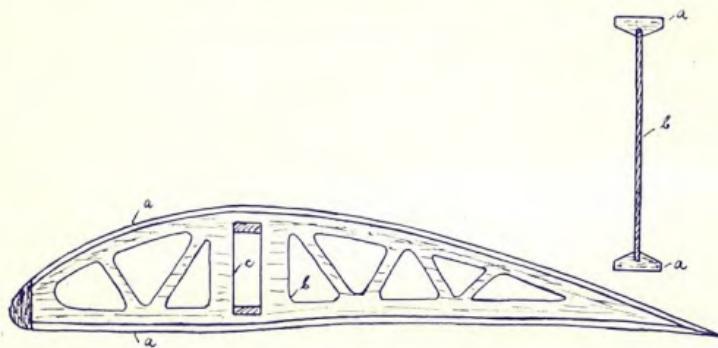


Fig. 114
Sperrholzspiere.
a) Gurte, b) Steg, c) Kastenholm.

Gurtung. Die Sperrholzspiere ist in der Herstellung schwieriger und teurer, jedoch wegen ihrer größeren Festigkeit der Leistenspiere unbedingt vorzuziehen. Die am Flächenanschluß liegende Spiere, sowie die an den Flächenstielen oder Streben befindlichen Spieren werden häufig als Kastenspieren ausgebildet, da diese größere Kräfte aufnehmen können. Wie aus den Zeichnungen hervorgeht, sind auch die

Sperrholzspieren untereinander sehr abweichend. Bedingt sind diese Abweichungen davon, ob die Fläche starr oder elastisch ausgebildet werden soll. Häufig besteht die Sperrholzspiere aus einem durchgehenden Stück, wird über den Holm geschoben und mit Eckleisten befestigt. Häufig wird sie jedoch in Vorder-, Mittel- und Endstück geteilt, um die

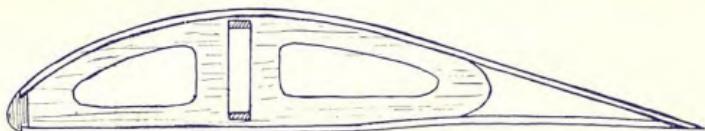


Fig. 115
Sperrholzspiere mit elastischen Enden.

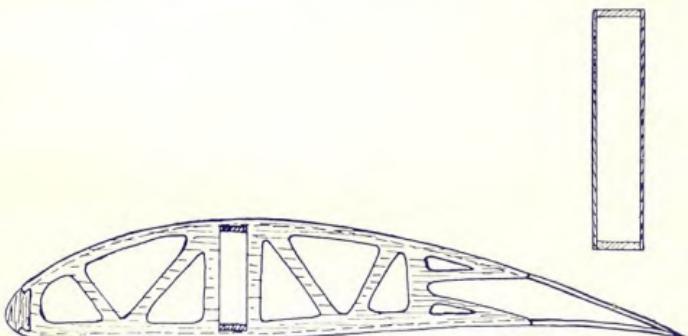


Fig. 116
Sperrholz-Kastenspiere mit elastischen Enden.

Höhe voll für den Holm ausnützen zu können. Die verschiedenen Zeichnungen machen weitere Erklärungen überflüssig. Spieren gleicher Höhe werden nach einer Schablone hergestellt, was die Arbeit immerhin erleichtert. Schwieriger wird die Sache, wenn ein sich nach den Enden verjüngendes Profil Verwendung finden soll. In diesem Falle muß jede einzelne Spiere auf das sorgfältigste nach der Werkstatt-

zeichnung angefertigt werden. Der Abstand der Spieren ist sehr verschieden. Viele Konstrukteure ziehen es vor, recht viele Rippen einzusetzen, um eine glatte Bespannung ohne Einbuchtungen zu erzielen, andere begnügen sich mit wenigen Spieren und beplanken die Fläche dafür bis zum höchsten

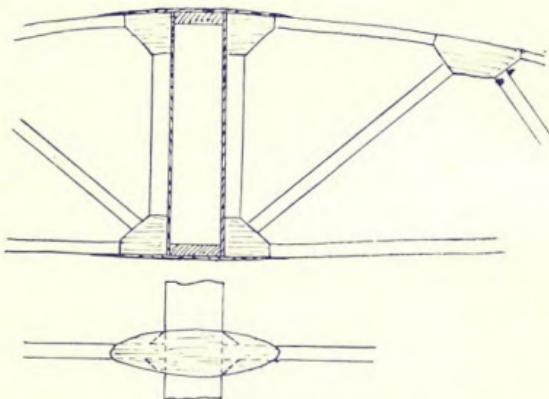


Fig. 117

Geteilte Leistenspiere zur vollen Ausnützung der Profilhöhe. Die Befestigung am Holm erfolgt durch Eckklötzchen und Sperrholzüberlaschung.

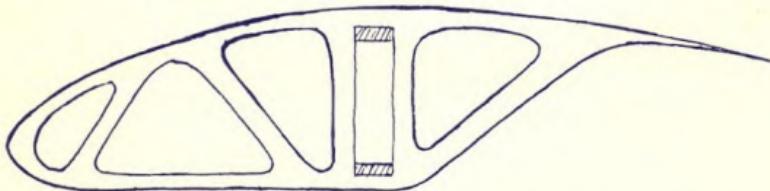


Fig. 118. Hilfspiere aus Sperrholz zur Wahrung der Profilform.

Punkt mit Sperrholz. Durchweg beträgt der Spierenabstand 30/50 cm. Bei größerem Abstand werden teilweise Hilfspiere eingeschaltet. Die Hilfspiere reicht im allgemeinen nur bis zum Hauptholm oder kurz dahinter und hat lediglich die Aufgabe, die Einbuchtung des Stoffes und die hierdurch erfolgende Profilveränderung zu verhindern.

Der gefährlichste Querschnitt der Spiere liegt am Holm, und bei Brüchen, speziell bei einholmigen Flächen, tritt hier in der Regel der Bruch ein. Bei den erwähnten mehrteiligen Spieren ist diese Bruchgefahr naturgemäß nicht so groß.

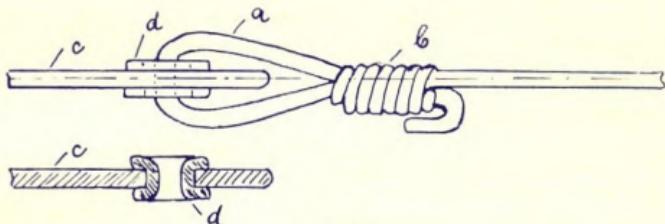


Fig. 119

Befestigung der Diagonaldrahtverspannung.
a) Stahldraht, b) Spiraldrahtöse, c) Beschlag, d) Kupferrohr zur Ausfütterung des Beschlaages.



Fig. 120

Spannschloßsicherung durch Eisendraht.

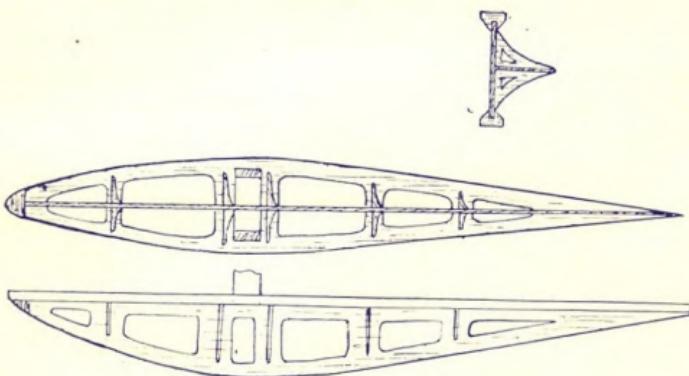


Fig. 121

Abschlußspiere für Trag- und Steuerflächen.

Bei durchgehenden Spieren wird der Gurt an dieser Stelle deshalb oft durch ein Sperrholzstückchen verstärkt oder aber es werden besondere Rippengurte verwendet, die an dieser Stelle eine Querschnittsverbreiterung aufweisen. Unter allen Umständen muß es aber vermieden werden, daß die Befestigung des Rippengurtes am Holm außer durch Leimung durch Nagelung erfolgt, da das ohnehin schwache Material an der Nagelstelle sonst schon bei geringen Beanspruchungen unweigerlich brechen wird.

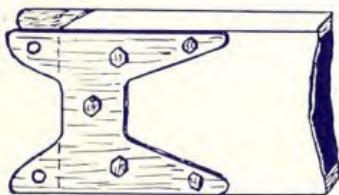


Fig. 122. Holmbeschlag.

Der Zusammenbau.
Sind alle Spieren fertig, so werden sie mit dem Holm oder Holmen verbunden bzw. darüber geschoben und durch kleine Dreiecksleisten, die aufgeleimt und genagelt werden, gesichert. Im gleichen Abstand werden die Rippen nun mit dem Stirnholm verleimt. Jetzt kann man bereits von einer Tragfläche sprechen; allerdings fehlt ihr noch das Rückgrat, denn die Holme lassen sich seitlich zueinander verschieben und an beiden Enden angefaßt, kann man die Fläche beliebig verdrehen, d. h. sie ist noch nicht torsionsfest. Die Verdrehungsfestigkeit erreicht man durch den Einbau von Diagonal-Seitenwänden, welche jedes Spierenfeld oder jedes zweite Spierenfeld schneiden müssen.



Fig. 123
Holmbeschlag für verspannte oder verstrebte Flächen.

Bei Doppeldeckern oder verspannten Flugzeugen ist eine Torsionsfestigkeit nicht erforderlich, da diese ja durch die Verspannung erzielt wird. Hier wird nur jedes oder jedes

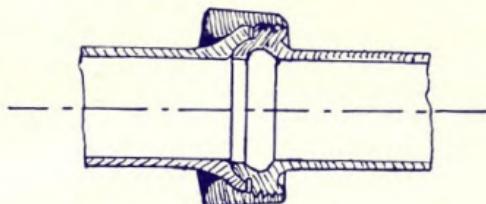


Fig. 124

Junkers-Flächenanschluß mittels Überwurfmutter.
Die Rohrenden laufen in einem dem Holm entsprechenden Beschlag aus.
Flächen und Rumpf müssen wenigstens dreipunktmäßig verbunden werden.

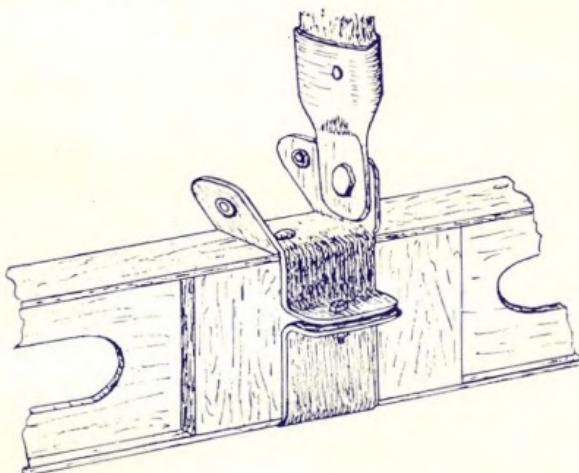


Fig. 125

Flächenstielerbindung beim Doppeldecker des Flugtechnischen Vereins
Darmstadt 1921.

zweite Spierenfeld mit Stahldrähten verspannt, um ein seitliches Verschieben der Spieren zu verhüten. Bei freitragenden Segelflugzeugen, die durch Flächenverwindung gesteuert

werden sollen, wird ebenso verfahren; die Torsionsfestigkeit wird hier durch die Steuerzüge in Verbindung mit dem Steuerknüppel erreicht, liegt also in der Hand des Führers. Bei der Diagonalverspannung ist es wichtig, festsitzende Beschläge, welche den Holm nicht schwächen, zu verwenden. Das eine Ende des Stahldrahtes wird nach Fig. 119 befestigt, während das andere das Spannschloß aufzunehmen hat, um die ganze Fläche nach erfolgter Diagonalverspannung

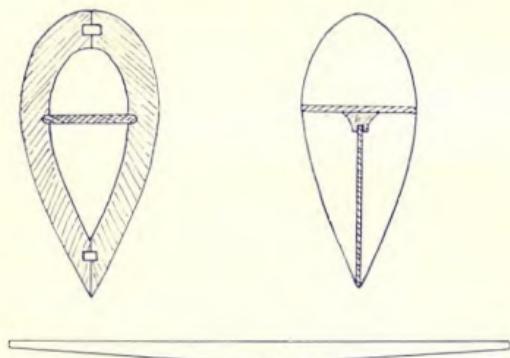


Fig. 126

Hohle Streben.

Links, die bekannte, aus zwei Stücken gefräste und geleimte Strebe. Rechts, Schon-Hasenfuß Strebe für geringere Beanspruchungen. Die Strebe wird aus einer Gurtleiste, zwei Stegen von 3 mm Sperrholz und der aus einem Stück bestehenden Außenhaut von 1 mm Sperrholz hergestellt.

ausrichten zu können. Ist auch das Ausrichten der Fläche erfolgt, so werden sämtliche Spannschlösser gesichert, wie Fig. 120 es zeigt. Bei der Diagonalverstrebung können nachträgliche Änderungen nicht vorgenommen werden, weshalb darauf zu achten ist, daß ein evtl. vorgesehener, nach dem Flächenende abnehmender Anstellwinkel durch entsprechende Unterlagen vor dem Einbau der Verstrebungen vorhanden ist. Äußerste Sorgfalt ist hier am Platze, um zu vermeiden, daß nach Vollendung die eine Flächenseite



Fig. 127

Verstellbarer Strebenbeschlag aus Stahlblech mit eingeschweißtem halben Spannschloß.

größeren Anstellwinkel besitzt als die andere. Vielfach wurden Segelflugzeuge ohne Anstellwinkel der Tragflächen mit gutem Erfolge geflogen. Beispielsweise beträgt der Anstellwinkel des „Vampyr“ am Rumpf 0° . Ebenfalls wurden Flächen mit negativem bzw. solche mit positivem Anstellwinkel am Rumpf und negativem Anstellwinkel an den Flächenenden, wodurch im gewissen Grade eine automatische Stabilität erreicht wird, als brauchbar befunden. (In Verbindung mit durchgebogener Fläche, z. B. „Weltensegler“.)

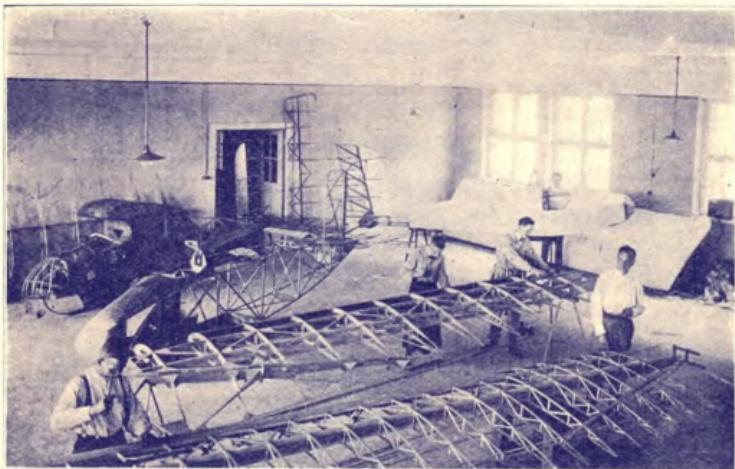


Fig. 128

Blick in die Werkstatt eines Flugtechnischen Vereins.

Der Anstellwinkel einer Fläche ist vom Profil abhängig, weshalb sich Richtlinien für den günstigsten Anstellwinkel nicht aufstellen lassen, doch soll dieser am Rumpf nicht mehr als 4° betragen und nach den Flächenenden hin abnehmen. Auf keinen Fall darf der Anstellwinkel an den Flächenenden

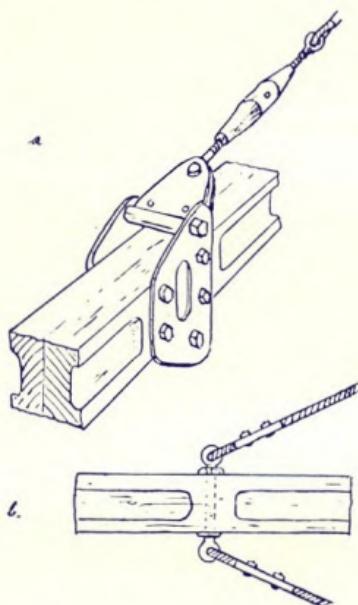


Fig. 129

- a) Richtiger Beschlag für die Flächenverspannung.
- b) Fehlerhafte Befestigung.

größer sein als am Rumpf. Bei Flächen mit elastischen Hinterenden kann der Anstellwinkel größer sein als bei vollkommen starren Flächen. Zu erwähnen ist noch, daß der Gleitwinkel zweier sonst gleich gebauter Flugzeuge, von denen das eine Tragflächen mit elastischen Hinterenden hat, das andere völlig starre Flächen besitzt, sehr voneinander

abweichend ist. Mit zunehmender Elastizität der Spierenenden verbessert sich der Gleitwinkel, da die Luft wirbelfrei abfließen kann. Natürlich ist dies nur so lange der Fall, wie die Elastizität nicht in ein Flattern der Flächenenden ausartet.

7. Der Rumpf.

Der Rumpf dient zur Aufnahme des Führers und um Tragfläche und Steuerungsorgane in zweckmäßiger Weise zu verbinden. Unter Rumpf oder Rumpfgestell versteht man allgemein jede Verbindung zwischen Trag- und Schwanzflächen. Entscheidend für die Wahl des Rumpfes oder Rumpfgestelles sind immer finanzielle oder bauliche Bedenken, denn es ist selbstverständlich, daß der Luftwiderstand eines Flugzeuges, bei welchem der Führer frei im Luftstrom sitzt, die Fluggeschwindigkeit reduziert, die, wie wir wissen, für Segelflugzeuge, welche dynamische Segelflugeffekte erstreben sollen, wesentlich ist. Bei reinen Gleitflugzeugen oder Segelflugzeugen, die lediglich für Hangwindsegeln bestimmt sind, fällt dieser Faktor fort. Für Schulflugzeuge ist die offene Gitterbauart nur zu empfehlen, denn erstens ist sie billig in der Herstellung und zweitens sind Reparaturen, die sich aus dem Schulbetrieb ergeben, leicht auszuführen.

Eine der einfachsten Verbindungen zwischen Trag- und Schwanzflächen zeigt der flügelgesteuerte München-Eindecker 1921. Hier besteht das ganze Gestell aus vier Stahlrohr-Längsträgern, welche in Dreiecksform verbunden sind. Bei Eindeckern wird die Kufe fast immer in das Rumpfgestell eingebaut bzw. baut sich dieses auf die Kufe auf. Fig. 131 zeigt uns das Gittergerüst des Segelflugzeuges von Harth. Gut erkennbar ist der Aufbau im Dreiecksverband, der jegliche Diagonalverspannung überflüssig macht. Als Baumaterial ist Duraluminrohr verwendet. A und B bezeichnen die Drehpunkte der Tragflächen. Einen ebenfalls sehr ein-



Fig. 130
Rumpfgerüst des München-Eindeckers 1921.

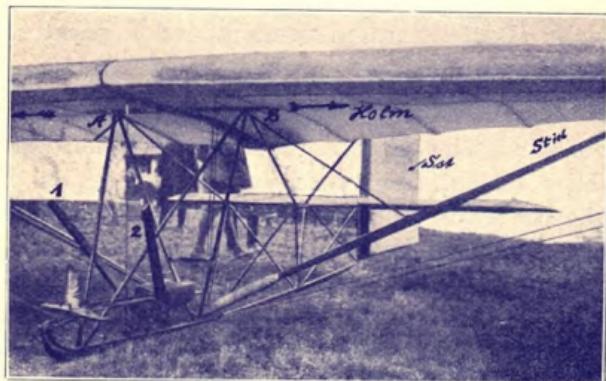


Fig. 131
Rumpfgerüst des Harth-Seglers.

fachen Aufbau besitzt der aus Fig. 132 ersichtliche Sitzgleiter von Riedel; allerdings sollte man direkt vor dem Kopf des Führers liegende Streben möglichst vermeiden. Bei Doppeldeckern wird die Verbindung von Trag- und Schwanzflächen zweckmäßig durch vier Längsträger ausgeführt, von denen zwei am Oberdeck und zwei am Unterdeck an-



Fig. 132

Eindecker von Riedel im Fluge.

Gut erkennbar ist der Aufbau des Rumpfgerüstes. Nachteilig ist die direkt vor dem Kopf des Führers liegende Strebe.

greifen; evtl. sind diese unter sich durch Querstreben verstieft. Will man jedoch einen richtigen Rumpf bauen, so empfiehlt es sich nicht, diesen unbekleidet zu lassen. Die geringen Mehrkosten für die Bespannung werden durch bessere Flugeigenschaften aufgewogen.

Der Rumpf lässt sich in drei verschiedenen Arten ausführen, und zwar aus räumlichem Holzfachwerk, aus verschweißten Stahl- oder Duraluminrohren, oder man baut den

sogenannten Furnierrumpf, bei welchem die Sperrholzhaut zur Kräfteübertragung herangezogen wird, wodurch die Diagonalverspannung und mehr oder weniger auch eine Diagonalverstrebung unnötig wird. Am einfachsten herzustellen ist der erste Rumpf, der durchweg quadratisch gehalten wird und ohne besondere Anfertigung von Spannen zu bauen ist. Je nach Form leimt man zwischen zwei horizontalen oder vertikalen Längsholmen die entsprechenden

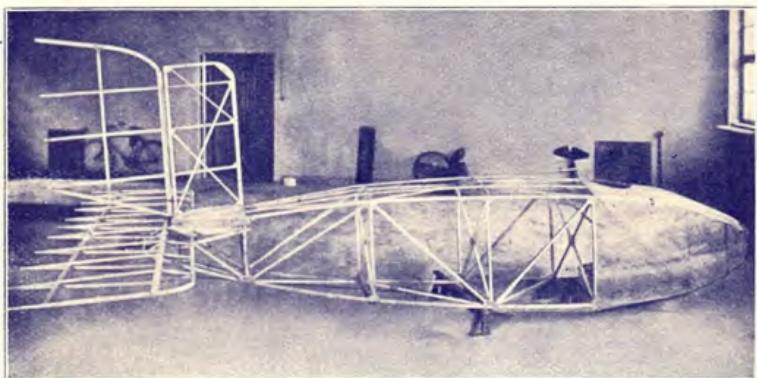


Fig. 133
Ohne Spannen gebauter Rumpf.

Streben und verbindet diese untereinander durch Diagonalstreben. Dann werden die beiden fertigen Wände durch das Einsetzen weiterer Streben zu einem Gebilde zusammengefügt und ebenfalls durch Diagonalstreben verstieft. Die im Motorflugzeugbau übliche Diagonalverspannung wird im Segelflugzeugbau durch Diagonalstreben vorteilhaft ersetzt. Steht keine vollkommen eingerichtete Werkstatt zur Verfügung, so kann man sich die Herstellung der Rumpfwände dadurch erleichtern, daß man die Form mit Kreide auf den Fußboden zeichnet und die Längsholme der Zeichnung anpaßt. Die Sicherung der Form wird durch abwechselnd

zu beiden Seiten des Holmes in den Boden geschlagene Nägel erreicht. Zwischen den so gesicherten Holmen werden nun die Verbindungsstreben und Diagonalen eingeleimt, durch kleine Klötze am seitlichen Ausweichen gehindert

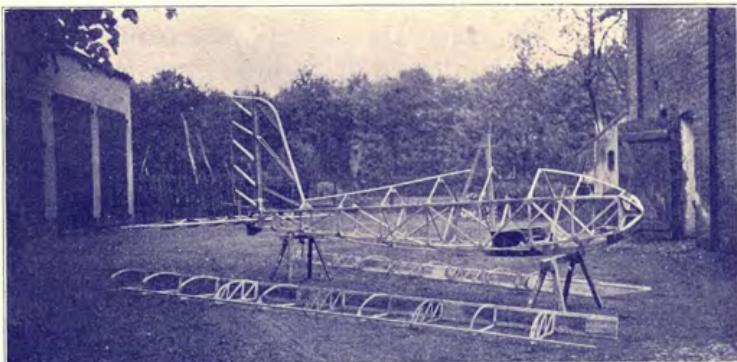


Fig. 134

Rumpf des „Störtebecker“, ebenfalls ohne Herstellung von Spantnen gebaut.

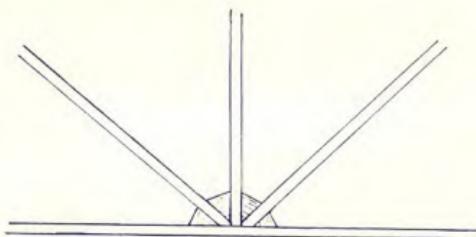


Fig. 135

Versteifung der Verbindungsstellen durch Eckklötze.

und durch Sperrholz überlascht. So hergestellte Verbindungen werden sich bei einwandfreier Verleimung niemals lösen. Die Rumpfwände verbleiben einen Tag in ihrer Einspannung am Boden, damit die Leimstellen gut binden und trocknen. Der Zusammenbau der beiden Wände ist nun ein leichtes.

Rümpfe dieser Art werden fast immer mit Stoff überzogen. Bei Sperrholzbeplankung kann der Materialquerschnitt entsprechend schwächer bemessen werden; auch ist in diesem Falle eine Sperrholzüberlaschung der Verbindungsstellen unnötig. Im Führersitz müssen Diagonalstreben oder Verspannungen unter allen Umständen vermieden werden, wie der Sitzraum überhaupt so zu bemessen ist, daß der Führer bei den stärksten Steuerausschlägen nicht behindert wird. Lieber nehme man etwas vergrößerten Luftwiderstand mit in den Kauf, als daß man den Piloten nur wegen der schnittigen Form einkapselt, ihm die Übersicht nimmt und

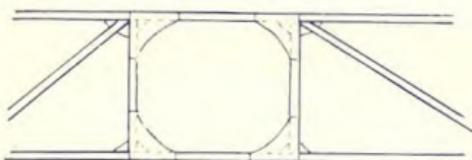


Fig. 136

Die Diagonalstreben im Führersitz werden durch Sperrholzwinkel ersetzt.

ihn durch unbequemes Sitzen vorzeitig ermüdet. Wie aus Fig. 136 ersichtlich, ersetzt man die Diagonalstreben im Feld des Führersitzes durch Einfügen von Sperrholzwinkel evtl. durch einen ganzen Eschenring. Auch der Ausschnitt des Führersitzes soll reichlich dimensioniert sein, damit der Pilot nicht bei dem geringsten Aufprall mit dem Kopf gegen eine Strebe oder gegen die Karosserie schlägt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß es zweckmäßig ist, den Sitz so hoch zu legen, daß der Kopf des Führers vom freien Luftstrom umspült wird. Die Ausnutzung günstiger Luftströmungen wird dem Führer hierdurch wesentlich erleichtert. Selbstverständlich ist es auch, daß Karosserie, Rückenlehne, evtl. Kopfabfluß usw. gepolstert sein sollen. Wünschenswert ist es ferner, die Streben und Holme im Führersitz mit Leinenband zu umwickeln. Das Holz erhält dadurch eine größere Festigkeit,

und vor allen Dingen wird bei Brüchen das sonst eintretende Zersplittern und hierdurch verursachte Verletzungen des Führers vermieden. Noch geringer wird diese Gefahr, wenn man die Rumpfholme schäftet, d. h. für den vorderen Teil bis hinter dem Führersitz Eschenholme verwendet und dann Kiefer- oder Fichtenholme ansetzt. Das Eschenholz ist ja bekanntlich bedeutend fester und zäher und splittert nicht oder nur



Fig. 137

Segelflugzeug „Hamborger Jun.“.

Der Rumpf ist unter Verwendung zweier Kastenholme als untere Längsträger hergestellt.

wenig. Die Schäftung von Hart- und Weichholz muß allerdings mit großer Sorgfalt geschehen, da die Leimstellen sonst nicht halten. Praktisch ist es, die Schäftstelle des Eschenholmes mit Leim, der besonders dickflüssig sein muß, zu bestreichen und diesem einige wenige Minuten Zeit zu geben, damit er in die Poren eindringen kann. Dann erst bestreicht man die Schäftstelle des Kiefernholmes und nimmt die Bindung unter der üblichen Pressung vor. Es empfiehlt sich nicht, durchlaufende Eschenholme zu verwenden, da

diese das Gewicht des Rumpfes stark vergrößern würden und Esche außerdem schwer zu verarbeiten ist. Holm- und Strebenquerschnitte sollen möglichst der geringeren Beanspruchung entsprechend, nach dem Rumpfende hin abnehmen. Das geringe, sich bei gleichbleibenden Materialstärken ergebende Mehrgewicht ist belanglos, aber bei

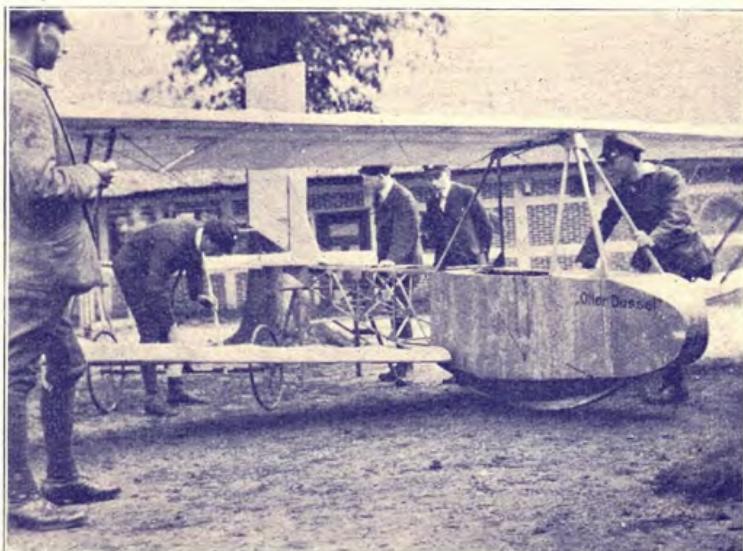


Fig. 138

Schuhdoppeldecker mit leichtem, aus Gurtleisten hergestelltem Rumpf. Gut ausgeführt ist die organisch aus dem Rumpf wachsende Zentralkuite.

Kopfstürzen erweist es sich als vorteilhaft, wenn die hinter dem Führer liegende Masse so gering wie möglich ist. Ist eine Landungsgestellabfederung nicht vorgesehen, so ist es vorteilhaft, auch den Sitz gut zu polstern oder federnd anzubringen, um eine übermäßige Beanspruchung des Rumpfverbandes beim Landungsstoß zu vermeiden. Das Rumpfende endigt entweder in einer horizontalen oder

vertikalen Schneide und wird dementsprechend für den Ausbau des Höhen- oder Seitensteuers benutzt. Bei Gleitflugzeugen ist die vertikale Schneide wegen der günstigen Kielwirkung gebräuchlicher, bei Segelflugzeugen die horizontale Schneide, um das Kurvenfliegen zu erleichtern.

Eine andere sehr leichte Rumpfbauart wurde bei den Aachener Flugzeugen „Schwarzer Teufel“ und „Blaue



Fig. 139

Dasselbe Flugzeug von der Seite gesehen.
Die Tragflächen sind zu stark gestaffelt, die Flächenstiele liegen zu dicht beieinander.

Maus“ mit Erfolg ausprobiert. Zwei Kasten- oder Doppel-T-Holme dienen als eigentliche Träger und Verbindung. Durch Aufbau dünner Leisten, welche nur zur Verkleidung dienen, wird die gewünschte Rumpfform erzielt. Sehr häufig erhalten so hergestellte Rümpfe Profilform, was sich durch die Benutzung der Kastenholme als untere Längsträger erklärt.

Der Stahlrohrrumpf, wie überhaupt der Metallrumpf, findet im Gleit- und Segelflugzeugbau bisher wenig Eingang, weil der Bau nur in Spezialwerkstätten von Fachleuten erfolgen kann. Bei allerdings größerem Gewicht besitzt er eine bedeutend größere Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer. Flügelanschlüsse an Metallrümpfen lassen sich verhältnismäßig leichter und einfacher durchführen.

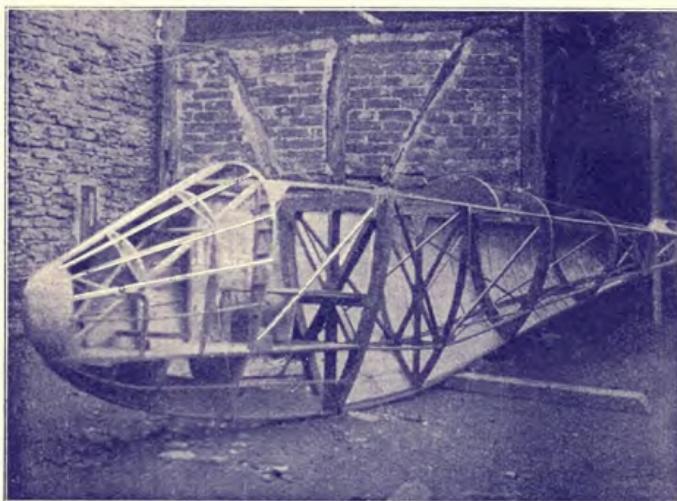


Fig. 140

Rumpf des Bonner Segelflugzeuges „Schlägel und Eisen“. Der Hauptspant ist besonders kräftig ausgeführt. Die Längsholme sind nur schwach bemessen, da die Sperrholzbekleidung zur Kräfteübertragung herangezogen wird.

Die Herstellung des Furnierrumpfes setzt eine gewisse Erfahrung im Rumpf- oder Bootsbau voraus, denn der Bau solcher Rümpfe kann nur unter Zuhilfenahme einer besonderen Form erfolgen. Zunächst müssen die Spanten genau nach der Werkstattzeichnung angefertigt werden, was je nach Form des Rumpfes und der erforderlichen Festigkeit auf verschiedene Arten geschieht. Die vorderen

Spannen, speziell diejenigen, welche die Anschlußbeschläge für die Tragfläche aufzunehmen haben, werden stärker gehalten, bzw. man stellt diese aus massivem, abgesperrtem Holz her, während die hinteren weniger beanspruchten Spannen aus schwachen Leisten mit Sperrholzbelaug angefertigt werden. Ein Vorteil gegenüber dem Gitterrumpf ist der Fortfall der Diagonalstreben in den Innenfeldern, da die Spannen ja in sich bereits starr sind. Das Innere eines Furnierrumpfes ist deshalb geräumiger, Sitz- und Steuerungsanlage lassen sich bequemer einbauen. Soll der Rumpf rund oder oval ausgebildet werden, so sind zur Wahrung der Form mehr Spannen nötig als bei eckigen Rümpfen.

Man setzt zwischen zwei tragenden Spannen dann je einen oder zwei Hilfspanten, die besonders leicht gehalten sind. Die Anzahl der die Spannen verbindenden Holme richtet sich natürlich ebenfalls nach der Rumpfform. Im allgemeinen werden auch hier vier Längsholme verwendet und nach

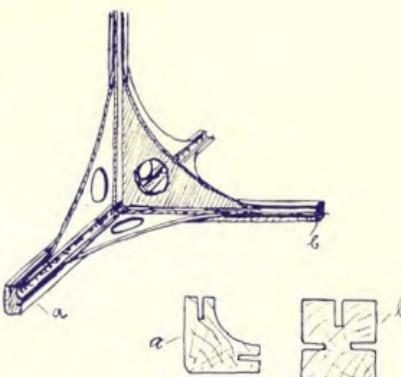


Fig. 141

Rumpfbau des Stuttgart-Eindeckers 1921 aus Sperrholzwinkeln und Nutleisten.

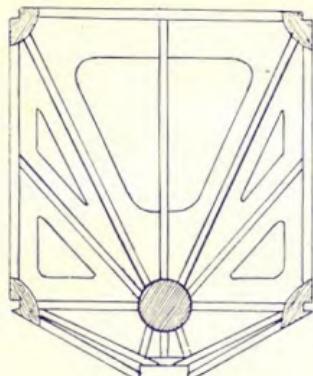


Fig. 142

Konstruktionsspann des Segelflugzeuges „MU Schoop“ vom Dresdner Segelflugzeugbau.

Bedarf schwächere Leisten eingebaut. Bei runden Spantenquerschnitten wird man jedoch auch mit drei Längsholmen auskommen. Nach Anfertigung aller Spanten beginnt der eigentliche Aufbau des Rumpfes. Über zwei sogenannte Tapezierböcke wird ein Brett, dessen Abmessungen durch die Länge und Breite des Rumpfes gegeben sind, gelegt und mittels Schraubklammern fest mit den Böcken verbunden. Entsprechend der Unterlinie des Rumpfes wird nun bei runden Rümpfen ein Kiel, bei eckigen Rümpfen

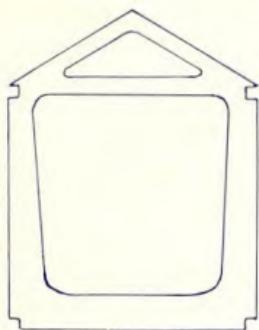


Fig. 143

Massiver Spant des Segelflugzeuges „Edith“.

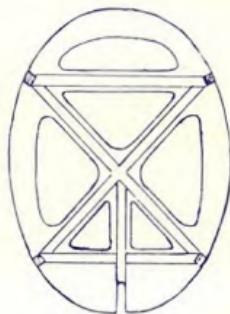


Fig. 144

Konstruktionsspant eines ovalen Rumpfes.

eine durch die Spanten gegebene Anzahl Stege auf dem Brett befestigt, und in den gewünschten Abständen werden die Spanten mittels Schraubzwingen mit dem Kiel oder den Stegen verbunden. Dann werden die Längsholme in die hierfür bestimmten Ausschnitte der Spanten eingepaßt und eingeleimt. Auch hier wird wieder eine Eckklotzverbindung von Holm und Spant vorgenommen. Jetzt werden alle inneren Organe, wie Steuerungsgestänge, Hebel, Sitz usw., eingebaut, und dann erst wird die Sperrholzbeplankung vorgenommen. Bei eckigen Rümpfen wird dies weiter keine Schwierigkeiten machen. Man bestreicht

die Holme und Spanten mit Leim und nagelt das Sperrholz in möglichst großen Platten auf, und zwar so, daß die Platten immer an einem Spant gegeneinander stoßen. Bei runden oder gewölbten Rümpfen wächst die Schwierigkeit mit der Biegung, weshalb die aufzubringenden Platten kleiner sein müssen und nur langsam, an der Schmalseite angefangen, befestigt werden können. Man versuche nicht, Längs- und Querbiegung in dasselbe Stück Sperrholz hineinzubringen, da hierdurch Beulen und Unregelmäßigkeiten entstehen. Sind Ober- und Seitenteile beplankt, so wird der Rumpf vom Kiel oder von den Stegen gelöst und an der Unterseite mit Sperrholz bezogen.

8. Das Start- und Landegestell.

Der richtigen Durchbildung des Start- und Landegestelles wird leider häufig viel zu wenig Beachtung geschenkt. Immer wieder sieht man Flugzeuge, die sonst einwandfrei ausgeführt sind und Flugfähigkeit erkennen lassen, jedoch ein unzweckmäßig ausgebildetes Startgestell verhindert das Loskommen vom Boden bzw. verursacht beim ersten Startversuch restlosen Bruch. Das Start- und Landungsgestell ist eben kein Hilfsmittel des Flugzeuges, sondern muß mit diesem organisch verwachsen sein. Schon im Flugsport Nr. 18, Jahrgang 1921, hat Offermann interessante und wichtige Ausführungen über den Bau von Kufen gemacht, aber leider scheinen nur wenige Konstrukteure Nutzen daraus gezogen zu haben. Da Start- und Landungsgestell ein und dasselbe Organ sind, sei hier nur vom Startgestell die Rede. Allgemein gebräuchlich sind heute Kufen, und zwar vorwiegend Zentralkufen im Gegensatz zu dem früheren Zweikufensystem. Vereinzelt aufgetauchte Radfahrgestelle haben sich nicht durchsetzen können. Die richtig durchgebildete Zentralkufe stellt ohne Zweifel die günstigste Lösung der Startgestellfrage dar, vereinigt sie doch geringes

Baugewicht und einfache Herstellung mit geringstem Luftwiderstand. Die stärkere Bodenreibung der Zentralkufe beim Start ist praktisch bedeutungslos. Beispielsweise genügten beim „Espenlaub V“, der eine sehr zweckmäßig und einfach ausgeführte Zentralkufe besitzt, bei einer Windstärke von 4—6 m/s zwei Mann zum Starten. Die Gefahr,

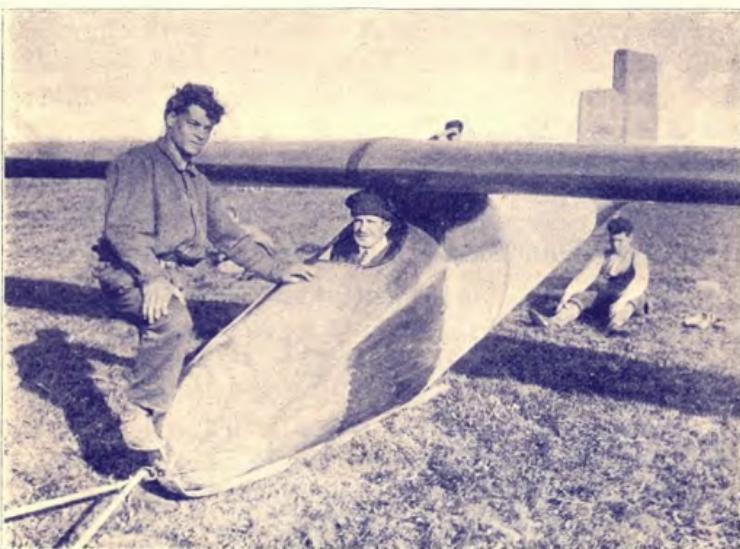


Fig. 145
Segelflugzeug Espenlaub V mit Zentralkufe.
Vorn Espenlaub, im Führersitz Baron v. Freyberg.

daß das Flugzeug mit Zentralkufe bei geringer Start- und Landegeschwindigkeit auf den Flügel kippt, besteht nicht bzw. erst bei völligem Stillstand; aber auch dann erfolgt das Überlegen so langsam, daß eine Beschädigung der Flächen nicht eintritt. Bei genügendem Ausschlag der Quersteuerung ist es möglich, die Maschine selbst im Stand im Gleichgewicht zu halten. Besondere Flächenschutzbügel werden deshalb kaum noch angewendet. Die einkufige

Bauart hat gegenüber dem Zweikufensystem den Vorzug, daß außer geringerem Luftwiderstand bei Landungen mit Seitenwind das Kufengestell und damit die ganze Maschine weniger gefährdet wird, weil ein Eindrehen gegen den Wind leichter und beinahe automatisch erfolgt. Trotzdem werden für Schulmaschinen häufig noch zwei Kufen angewendet, um dem Schüler das Starten zu erleichtern. Speziell benutzt man hier noch starre, gerade Kufen, sogenannte Schlitten-



Fig. 146

Schulgleiter der Segelflugzeugwerke Baden-Baden mit zwei starren Kufen
(Schlittengestell).

gestelle, und zwar sehr mit Unrecht, denn elastische oder wenigstens gebogene Kufen lassen sich ebenso leicht herstellen und vereinfachen den Start wesentlich. Betrachten wir die nachstehenden Zeichnungen, so wird es uns sofort verständlich, warum starre und gerade Kufen den Start erschweren, wenn nicht unmöglich machen. Wir nehmen an, der Anstellwinkel der Flächen betrage 0° . Die Startmannschaft zieht an, und der Führer betätigt das Höhensteuer, um den Flächen den für die Auftriebserzielung

erforderlichen Anstellwinkel zu geben. Wir müssen dabei von der Voraussetzung ausgehen, daß der Druck auf das Höhensteuer, verursacht durch die Startgeschwindigkeit, groß genug ist, um ein Aufkippen und eine hierdurch hervorgerufene Anstellwinkelvergrößerung zu ermöglichen, denn sonst wäre ein Start überhaupt unmöglich. In demselben Moment jedoch, wo dieses geschieht, ist das Flugzeug seiner

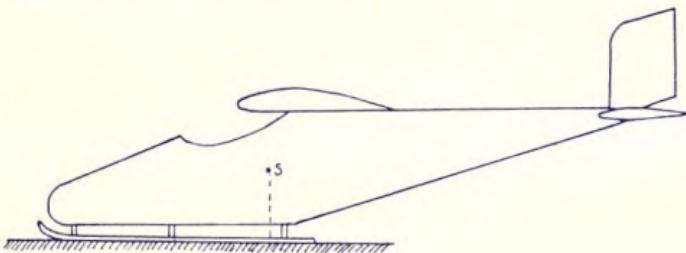


Fig. 147

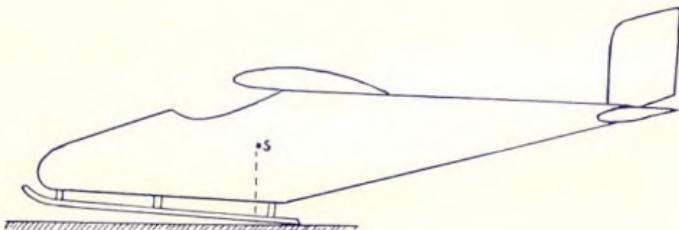


Fig. 148

Auflagefläche gänzlich beraubt, da das ganze Gewicht nun auf dem den Boden pflügenden Kufenende ruht. Die Bodenreibung wächst enorm, und das Flugzeug kippt wieder nach vorn. Häufig konnte man diesen Fall beobachten, und statt nach dem Fehler zu suchen, wurde meistenteils die Startmannschaft verdoppelt. So war es nicht selten, daß 10—12 Mann am Startseil zogen. Oft kam das Flugzeug schließlich doch in die Luft, aber öfter blieb es am

Boden, und das erhöhte Gefahrmoment, bedingt durch ungleichen Zug der zu großen Startmannschaft, brachte nicht selten einen Fehlstart mit sich, der fast immer mit mehr oder minder schwerem Bruch endigte. Etwas besser, jedoch auch nicht zu empfehlen, ist die Kufenanordnung nach Figur 149. Bei dieser Konstruktion erhalten die Tragflächen zwangsläufig den für den Start erforderlichen Anstellwinkel. Wohl ermöglicht diese Anordnung ein Freikommen vom Boden, aber der Zeitpunkt hängt völlig vom Zug der Startmannschaft und von der Windstärke ab. Die Steuerungsfähigkeit der Maschine beginnt erst in der Luft,

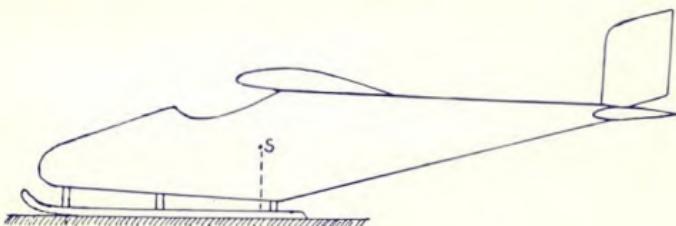


Fig. 149

was ebenfalls zu Fehlstarts und Unfällen führen kann. Das Startgestell ist deshalb zweckmäßig so auszubilden, daß eine großmögliche Steuerungsfähigkeit bereits am Boden erreicht wird. Dieses ist der Fall, wenn die Kufe in jeder Lage des Flugzeuges senkrecht zur Richtung der Schwerkraft steht, was kreisförmige Ausführung der Kufe bedingt. Um die sich hierdurch ergebende unbeabsichtigte Kippbewegung, die ein ständiges Arbeiten mit dem Höhenruder erforderlich machen würde, etwas zu mildern, bildet man die Kufe parabolisch aus, zumal sich eine kreisförmige Kufe wegen der geringeren Auflagefläche mehr in den Boden drücken und dadurch die Reibung vergrößern würde. Noch günstiger ist es jedoch, federnde Kufen, die sich völlig

dem Boden anschmiegen, zu verwenden. Wird die Kufe zum statischen Aufbau des Kufen- bzw. Rumpfgestelles herangezogen, so läßt sich eine Federung nur durch eine sogenannte „blinde“ Kufe erreichen. Diese blinde Kufe wird für den statischen Aufbau benutzt, und die eigentliche Kufe ist mit Federn oder Gummizügen an dieser so befestigt, daß sie sich dehnen und dadurch dem Boden anschmiegen kann. Es ist bei der Konstruktion nur darauf zu achten, daß der Auflagepunkt der Kufe bei den verschiedensten Anstellwinkeln nicht mit dem Befestigungspunkt an der blinden Kufe zusammenfällt.

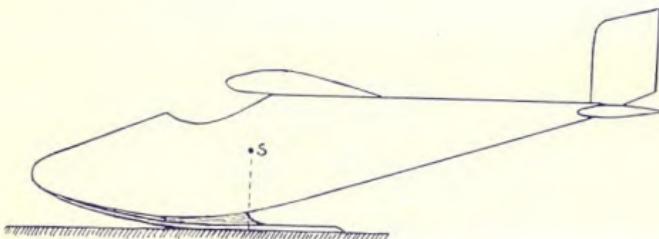


Fig. 150

Für flügelgesteuerte Flugzeuge haben vorstehende Ausführungen natürlich keine Gültigkeit. Bei diesen können ruhig gerade und starre Kufen verwendet werden, denn hier wird für die Vergrößerung des Anstellwinkels ja keine Bewegung des ganzen Rumpfes und damit der Kufe erforderlich.

Für Gleit- und Schulflugzeuge ist auch die Kufenanordnung des Stuttgart-Eindeckers 1921 zu empfehlen, die aus Figur 151 hervorgeht. Sehr zweckmäßig ist die Kufenfederung beim Darmstadt-Eindecker „Geheimrat“ durchgeführt. Hier liegen zwei Kufen in Rumpfbreite nebeneinander, und der Raum zwischen Rumpf und Kufen enthält einen Luftsack, der gegen Beschädigung durch eine

Duraluminblechverkleidung geschützt ist. Immerhin ist solche Bauart kompliziert und teuer. Gebräuchlich ist heute deshalb meistens die starre Zentralkufe mit freitragendem und dadurch federndem Hinterende. Bei richtiger Lage und Wölbung ist diese Kufenart als ideal zu bezeichnen, besonders, wenn man den Landungsstoß durch Polsterung oder Federung des Sitzes dämpft. Das schon angeführte Espenlaub V Flugzeug hat eine derartige Zentralkufe, die bei genügender Länge einen besonderen Schleifsporn für das Hinterende überflüssig macht. Fig. 150 zeigt

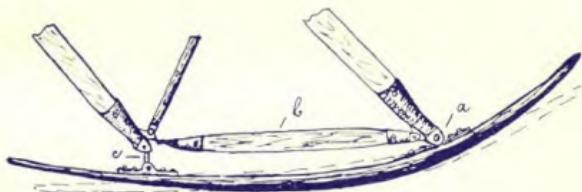


Fig. 151

Kufenfederung beim Stuttgart-Eindecker 1921.

a) Gelenk, b) Verbindungsstrebe, c) gelenkiges Zwischenstück.

die Anordnung einer solchen Kufe. Es ist auch hier darauf zu achten, daß der Landungsstoß bei normaler Landung so aufgenommen werden kann, daß eine gleichmäßige Kräfteverteilung auf die einzelnen Knotenpunkte erfolgt. Das Kufenblatt selbst soll nicht zu schmal sein, um das Eindrücken in den Boden zu vermeiden. Eine Breite von 6 bis 8 cm ist praktisch, wenngleich diese vor allen Dingen vom Gewicht des Flugzeuges und vom Gelände abhängig ist. Der Start im Dünengelände erfordert naturgemäß eine breitere Auflagefläche als der Start von der Grasnarbe.

Als Material für Kufenblätter wird lediglich Eschenholz oder Ulmenholz gebraucht. Stärkere Kufenblätter werden gebogen, nachdem man sie einige Tage in kaltes oder einige Stunden in heißes Wasser gelegt hat. Ein gewalt-

sames Aufschrauben und Aufleimen ohne vorheriges Gefügigmachen des Holzes kann bei harten Landungen leicht ein Abreißen des Kufenblattes zur Folge haben. Die Befestigung am Rumpfboden geschieht unter Zuhilfenahme eines senkrecht stehenden massiven, meist abgesperrten Brettes, das etwa 2 cm stark ist und aus leichtem Holz sein kann. Das Brett erhält unten Kufenform und wird in die hierfür vorgesehenen Ausschnitte der Spanten eingepaßt und eingeleimt. Die seitliche Sicherung erfolgt,

wie immer, durch kleine Klötzchen und Sperrholzlaschen. Dann wird die Kufe, wie aus Fig. 152 zu entnehmen ist, aufgeleimt und geschraubt. Eine Befestigung des Kufenblattes ohne diese senkrechte Stütze würde unbedingt bei den ersten Startversuchen Bruch ergeben, es

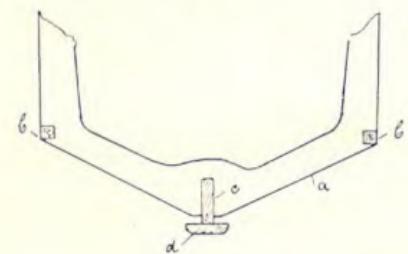


Fig. 152

- a) Spant,
- b) Längsholm,
- c) Kufenbrett,
- d) Kufe.

sei denn, man stützt die Unterseiten der Spanten mit einer entsprechenden Anzahl horizontaler und vertikaler Diagonalstreben ab, aber in diesem Falle wird der Bau komplizierter, ohne daß eine Gewichtserleichterung oder sonst ein Vorteil erzielt wird; außerdem sind, wie schon angeführt, Streben im Sitzfeld des Rumpfes unbedingt zu vermeiden. Bei Gleit- und Segelflugzeugen ohne eigentlichen Rumpf fällt das Kufenstützbrett selbstverständlich fort. Hier kann die Anbringung einer gewölbten Zentralkufe nur an einer blinden Kufe erfolgen; denn für den statischen Aufbau läßt sich eine gewölbte Kufe naturgemäß nicht verwenden.

Praktisch ist auch die Herstellung des Kufenblattes aus mehreren dünnen Schichten, die einzeln auf das Stützbrett der Kufe geleimt und zum Schluß noch verschraubt

werden. Bei diesem Verfahren läßt man das freitragende Kufenende stufenförmig verlaufen, um eine bessere Federwirkung zu erreichen. Um das Sichfangen der Kufe bei Landungen mit Seitenwind und das Spuren zu vermeiden, wölbt man den unteren Kufenquerschnitt und bestößt die Kanten.



Fig. 153

Wie schon erwähnt, haben sich Radfahrgestelle nicht durchsetzen können, da die Herstellung teurer und komplizierter und der Vorteil des erleichterten Startes den Nachteil des vermehrten Widerstandes und größeren Auslaufes bei der Landung nicht ausgleicht. Immerhin wurden vereinzelt Radfahrgestelle mit gutem Erfolg verwendet. Der Espenlaub IV Eindecker weist z. B. ein Radfahrgestell auf, bei dem alle Widerstände auf ein Minimum reduziert wurden. So liegt die Radachse in dem ovalen Rumpf, das obere Drittel der Räder ebenfalls, und, da das Startgestell im Schwerpunkt liegt, ergab sich leichte Startfähigkeit. Wie schon erwähnt, ist Espenlaub jedoch bei seinem nächsten Flugzeug zum Bau der Zentralkufe übergegangen. Nachstehend sei die einfache und zweckmäßige Herstellung eines bereits im Flugsport Nr. 14, Jahrgang 1922, von Schalk beschriebenen Laufrades angeführt. Die Konstruktion setzt sich zusammen aus der Nabe mit den Messingbüchsen, den Spanten, dem Laufkranz und den Versteifungskegeln. Die aus Hartholz gedrehte Nabe ist aus Fig. 154 zu erkennen, weshalb sich eine Beschreibung erübrigt. Die beiden Messingbüchsen sind auf den äußeren Umfang aufgerauht und in die Nabe eingetrieben. An der Nabe greifen die fünf Spanten, einen Winkel von 72° zueinander bildend, radial an und sind, wie alle übrigen Teile, durch Kaltleim

und Nägel mit derselben verbunden. Die Spanten selbst sind ebenfalls aus den Abbildungen ersichtlich und bestehen aus 4 mm Sperrholz; die Felder sind ausgespart. Der Laufkranz wird aus einer flachen Eschenleiste über eine Schablone nach Fig. 156 gewickelt. Diese Schablone besteht aus einer der Laufkranzbreite entsprechend starken Holzscheibe mit dem Innendurchmesser des Laufkranzes als Durchmesser. Die Befestigung der zum Wickeln bestimmten

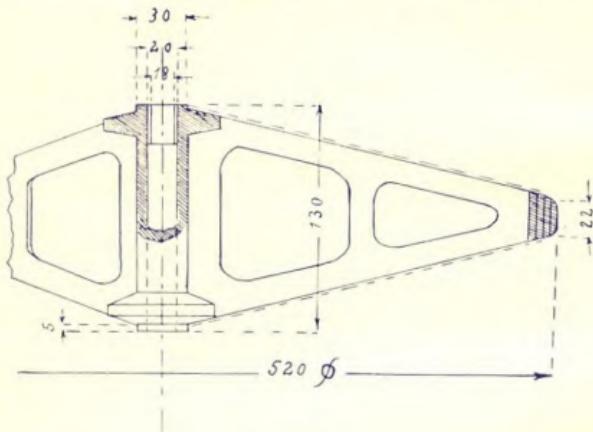


Fig. 154

Holzleiste erfolgt mittels Klemmern und ist aus Fig. 156 zu entnehmen. Die am Anfang abgeschrägte Leiste wird unter einer der Klemmern mit einem Keil befestigt usw. Nach der ersten Windung wird diese mit Kaltleim bestrichen, vorsichtig Keil 1 entfernt und die Leiste nach dem Auflegen auf die erste Windung wieder mit Keilen befestigt. Der Vorgang wiederholt sich, bis die ganze Holzleiste verwickelt ist. Zur Unterstützung der Leimung kann man kleine Nägel verwenden; das Ende aber muß gegen evtl. Witterungseinflüsse gut vernagelt werden. Nach Trocknen des Leimes werden die Keile entfernt und der

fertige Ring seitlich auf trapezförmigen Querschnitt bearbeitet. Dann erfolgt das Aufsetzen über die Spanten und das Aufleimen der beiden Versteifungskegel. Letztere bestehen aus 1 mm starkem Sperrholz und werden durch Einschnitt und Einziehen einer Scheibe von 54 mm Durchmesser hergestellt. Die Überlappung ist abgeschrägt, um einen möglichst gleichmäßigen Übergang zu erzielen. Nach

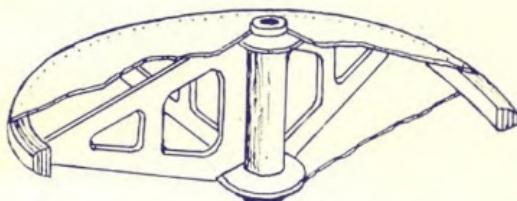


Fig. 155

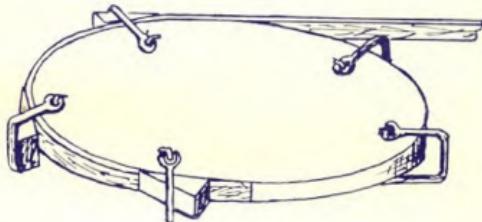


Fig. 156

Fertigstellung wird der Laufkranz nachgedreht und das Ganze gründlich gefirnißt und lackiert. Sollen so hergestellte Räder für den Transport von Flugzeugen benutzt werden, so empfiehlt es sich, den Laufkranz mit Lederriemen zu überziehen, um die Abnutzung zu verzögern und das den Rädern eigentümliche Geräusch zu dämpfen. Die Ledерlage wird mit Lederleim, sog. Wiener Papp, aufgeleimt. Nach den von Ing. Kromer vom Kyffhäuser Technikum vorgenommenen Belastungsversuchen kann man mit rund 300 kg senkrechter Bruchlast für ein derartiges Rad rechnen.

Ein Mittelweg zwischen Radfahrgestell und Kufen-
gestell wurde von der Akademischen Fliegergruppe der
Technischen Hochschule Hannover eingeschlagen. Die
Flugzeuge „Vampyr“, „Greif“ und „H 6“ weisen drehbare
Lederrollbälle, ähnlich Fußbällen, auf. Die Bälle besitzen
einen der Form der Hülle angepaßten mit Ventil versehenen
Gummischlauch. Bei dieser als ideal anzusprechenden
Lösung vereinigen sich geringster Luftwiderstand mit gering-
ster Bodenreibung und guter Federwirkung. Ein Nachteil
des Rad- und Rollballfahrgestelles bedarf jedoch noch der
Änderung. Ist der Führer durch irgendeinen Zufall einmal
gezwungen, gegen einen stärker geneigten Hang zu landen,
so besteht die Gefahr, daß er rückwärts abrutscht, und,
wenn er nicht schnell genug aus dem Flugzeug heraus-
kommen kann, um dieses zu halten, ist mehr oder weniger
großer Bruchschaden die Folge. Einmal trat dieser Fall
in Andreasberg ein, als Schwarz gezwungen war, gegen
einen steilen Hang zu landen, und der zweite Fall passierte
Martens auf „Strolch“, der ebenfalls Rollbälle besitzt, in
der Rhön auf dieselbe Weise. In beiden Fällen wurde das
Rumpfende und das Höhensteuer stark beschädigt. Es
läßt sich hier Abhilfe schaffen, indem man einen vom Führer-
sitz aus zu betätigenden Bremssporn einbaut, oder aber
man bringt die Räder oder Rollbälle so an, daß eine Drehung
nach rückwärts unmöglich wird.

Es wurde schon erwähnt, daß bei genügend langen
Kufen ein besonderer Schleifsporn unnötig ist. Bei kurzen
Kufen oder bei Rad- oder Rollballfahrgestellen ist eine
Schleifkufe zur Unterstützung des Rumpfendes bzw. zum
Schutz der Steuerflächen immer erforderlich. Abbildung 157
und 158 zeigen die im Motorflugzeugbau gebräuchlichen
Schleifkufen, die auch im Gleit- und Segelflugzeugbau
angewendet werden. Läuft der Rumpf in eine Vertikals-
chneide aus, so läßt sich die Abschlußstrebe der Kielflosse
zur Abstützung der Schleifkufe vorteilhaft durchlaufend

ausbilden. Günstiger als die in Fig. 158 gezeigte Form ist die Schleifkufe nach Fig. 157, da die Last hier nicht nur auf zwei, sondern auf vier Punkte übertragen wird, und außerdem der Luftwiderstand infolge der im Rumpf

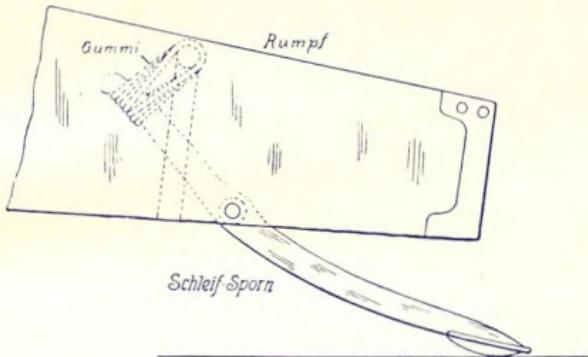


Fig. 157

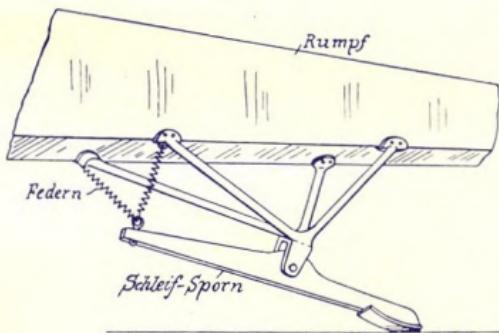


Fig. 158

liegenden Bauteile geringer ist. Natürlich muß die im Rumpf befindliche Gummiabfederung durch Anbringung einer Klappe leicht zugänglich sein. Praktisch ist es auch, wenn die Schleifkufe seitlich etwas nachgeben kann; hier-

durch wird die Lebensdauer der Kufe verlängert und das Rumpfende bei Wendungen am Boden nicht so stark beansprucht. Bei der Konstruktion ist ferner darauf zu achten, daß die Höhe des Schleifspornes eine genügende horizontale Bewegung des Rumpfes zwecks Anstellwinkelvergrößerung beim Start zuläßt. Wenn irgend möglich, so sieht man vom Einbau von Schleifkufen ab.

9. Die Steuerungsorgane.

Streben wir einerseits nach geringster Sinkgeschwindigkeit und flachstem Gleitwinkel, so müssen wir andererseits versuchen, die Steuerungsfähigkeit zu erhöhen, um schnellste Anpassungsfähigkeit an eine gegebene Luftströmung zu ermöglichen. Wie im Motorflugzeugbau, so werden auch im Segelflugzeugbau drei Steuerungsorgane benötigt, und zwar für die Erhaltung des seitlichen Gleichgewichtes, des Längsgleichgewichtes und für die Flugrichtungsänderung. Das Organ zur Erhaltung des Längsgleichgewichtes dient gleichzeitig zur Höhen- bzw. Tiefensteuerung. Grundsätzlich neu ist im Segelflugzeugbau nur die Flügelsteuerung, auf welche wir noch eingehen werden. Entsprechend der bedeutend geringeren Fluggeschwindigkeit der Segelflugzeuge werden die Steuer und Flossen größer gehalten. Der am häufigsten begangene Fehler im Bau motorloser Flugzeuge liegt in den zu klein bemessenen und daher unwirksamen Steuerrudern. Bei Hängegleitern wird die Quer- und Längsrichtungssteuerung durch Verlegung des Körpergewichtes bewirkt. Hier ist nur eine Kielflosse oder evtl. ein Seitensteuer vorgesehen, um das Flugzeug gegen den Wind zu halten bzw. um eine beschränkte Seitensteuerung zu ermöglichen.

Zur Erhaltung der Querstabilität verwendet man heute vorwiegend an den Flächenenden angelenkte Verwindungsklappen, welche zwangsläufig miteinander verbunden sind.

Ein positiver Ausschlag auf der einen Seite bedingt einen negativen Ausschlag auf der anderen Seite. Flächenverwindung verwenden Harth, Messerschmitt u. a.; doch scheint sich diese nicht recht einführen zu wollen. Der Grund hierfür liegt in der schwierigen Bauart der Flächenverwindung und der Tatsache, daß Flugzeuge mit normalen Verwindungsklappen wie „Strolch“, „Konsul“, „Espenlaub IV“, „Hannover H 6“ u. a. bessere Leistungen vollbrachten, obwohl klappenförmige Querruder größere Wirbelbildung und damit größeren Widerstand verursachen als

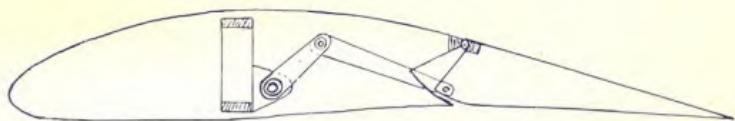


Fig. 159

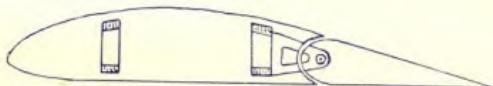


Fig. 160

die elastische Verwindung mit harmonischen Übergängen. Für den statischen Segelflug ist die immerhin nur geringe Vergrößerung des Luftwiderstandes der Klappen praktisch ohne Bedeutung, und die Steuerwirkung bei genügender Klappengröße völlig ausreichend. Für Segelflugzeuge zur Erzielung vorwiegend dynamischer Segeleffekte ist die Flächenverwindung jedoch unbedingt vorzuziehen. Die Klappensteuerung ist ohne konstruktive Schwierigkeiten herzustellen und darum auch häufiger angewendet. Es ist nicht einerlei, welche Form die Verwindungsklappen aufweisen, denn quadratische Klappen würden naturgemäß einen größeren Ausschlag erfordern als rechteckige, dadurch

einen größeren Winkel bilden und erhöhte Bremswirkung verursachen. Man benutzt deshalb vorwiegend sehr schmale, über ein großes Feld der Fläche reichende Klappen, die häufig nach dem Rumpfe hin in einen spitzen Winkel auslaufen, um eine Spaltbildung zu vermeiden. Von Wichtigkeit ist ferner die geschickte Anlenkung an der Tragfläche; auch hier sollen Spaltbildungen nach Möglichkeit vermieden werden oder doch wenigstens durch einen Sperrholzbelag überdeckt werden. Fig. 159 und 160 zeigen vorbildliche

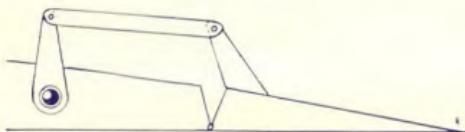


Fig. 161

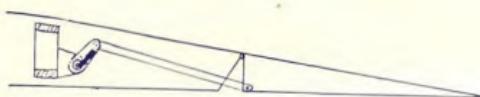


Fig. 162

Klappengelenke. Sind diese Ausführungen nicht anzuwenden, so sollte die Anlenkung in einem Winkel nach Fig. 161 oder 162 erfolgen, da in diesem Falle nur ein Spalt entsteht. Für leichte Sitzgleiter, bei denen es lediglich auf billige Ausführung ankommt, mag eine Anlenkung nach Abbildung 163 erfolgen. Diese einfachste Scharnierart wurde an dem Doppeldecker 1921 des Flugtechnischen Vereins Darmstadt ausprobiert, als geeignet befunden und von der Prüfungskommission der W. G. L. als zulässig erkannt. Die Herstellung geschieht folgendermaßen:

Man spannt ein gutes, mehrfach gedrehtes Hanfseil von 3/5 mm Stärke (am besten geflochtenes Seil) zwischen zwei festen Punkten stramm ein, hält das Querruder, dessen

Holm nach der Zeichnung als Profilleiste A mit einer Hohlkehle ausgebildet ist, dicht an das Seil und bindet es mittels starken Garnes Faden neben Faden an die Fläche fest. Dann imprägniert man die Binden D sofort mit Cellon-Emaillit. Nach dem Trocknen schneidet man einige Zentimeter vor den Enden das Seil ab und nagelt die freien Enden auf die Kopfflächen der Profilleiste fest. Der Hinterholm der Haupttragfläche, an dem man aus konstruktiven Gründen das Querruder fast stets unmittelbar befestigen wird, läßt

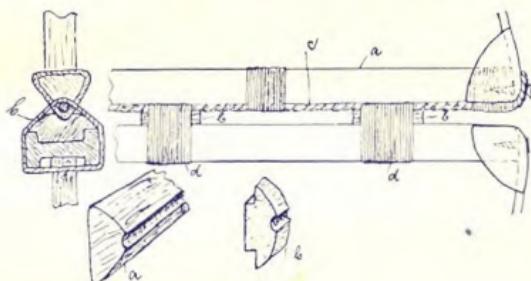


Fig. 163
Steuerscharnier beim Darmstadt-Doppeldecker 1921 (nach Flugsport).

sich wegen des Widerstandsmomentes kaum als einfache Profilleiste ausbilden. Es ist deshalb notwendig, zweckmäßig profilierte Klötzchen aufzuleimen. Der in der Abbildung gezeigte Doppel-T-Holm soll nur ein Konstruktionsbeispiel zeigen. In Abständen von 15—25 cm sind die Klötzchen B derart aufgeleimt, daß bei der Montage des Querruders die Klötzchen genau in den Mitten der Abstände zwischen den Binden D liegen. Natürlich läßt sich diese Scharnierart auch gut für Höhen- und Seitenruder verwenden, aber immerhin doch nur für einfache Gleitflugzeuge.

Die Verwindungsklappen selbst müssen innen genügend abgesteift und torsionsfest sein, damit die Klappe beim Ausschlag nicht nachgibt und die Steuerwirkung schwächt.

Ähnlich normalen Verwindungsklappen ist die Quersteuerung von Schulz bei seinem Rekordflugzeug ausgeführt, nur sind die Klappen seitlich an den Flächen angesetzt und unabhängig voneinander zu betätigen (Fig. 44 und 45). Eine solche Anordnung wies bereits das Bleriot-Flugzeug V auf. Es kann hierdurch außer der Quersteuerung auch die Höhen- und Seitensteuerung vorgenommen werden.

Die elastische Flächenverwindung wird auf verschiedene Arten erreicht. Z. B. ist bei dem Eindecker „Teufelchen“ der Akademischen Fliegergruppe der Technischen Hochschule Charlottenburg ein parallel zum Holm laufendes,



Fig. 164
Nesemann-Klappensteuerung mit harmonischen Übergängen.

innenliegendes Rohr benutzt worden, dessen Ende mit der letzten Spiere starr verbunden ist. Die Fläche ist in diesem Falle absichtlich nicht torsionsfest ausgeführt worden, um eine Verdrehung zu ermöglichen. Durch Verdrehung des Rohres mittels zwischengeschalteter Stoßstangen und Hebel erfolgt die Verwindung des nicht imprägnierten Flächenendes. Auf ähnliche Weise erfolgt die Flächenverwindung beim „Greif“. Schwieriger auszuführen ist die Verwindung der ganzen Fläche, wie Harth und Messerschmitt sie vorsehen. Anfangs wurden die um den Holm drehbar gelagerten Spieren durch Seilzüge verdreht, später durch Torsionsrohre. Nese-mann verwendet eine patentierte Kombination von Klappen und Verwindung nach Fig. 164. Die drehbar gelagerte Steuer-fläche ist durch elastische Deckflächen, welche mit den Haupt-spieren verbunden sind, überdeckt. Die aus Bambus herge-stellten Deckripen legen sich durch eigene Spannung, die

durch Hilfsfedern verstärkt wird, fest auf die drehbare Fläche. Durch die hierdurch entstehenden harmonischen Übergänge wird die schädliche Wirbelbildung vermieden.

Das Längsgleichgewicht wird durch das fast immer am Rumpfende liegende Höhenruder gewahrt, wenn nicht eine Erhaltung dieses Gleichgewichtes nach der Schulzschen Art



Fig. 165

Segelflugzeug „Schlägel und Eisen“ kurz nach dem Start.
Ungünstig ist die Spaltbildung an den Querrudern und dem Seitenruder.
Die Anlenkung nach Fig. 159 und 160 ist empfehlenswerter.

oder durch Flügelsteuerung in Frage kommt. Häufig liegt vor dem Höhenruder eine Dämpfungsfläche, doch in letzter Zeit lässt man diese, speziell bei hochwertigen Segelflugzeugen, fort, um das Flugzeug in der Längsrichtung empfindlicher und dadurch zur Ausnutzung von Böen geeigneter zu machen. Da man den Rumpf von Segelflugzeugen fast stets in eine

horizontale Schneide endigen läßt, ist die Anbringung des Höhenruders technisch leicht ausführbar. Der Querschnitt solcher ausgeglichener Höhenruder ist immer stromlinienförmig. Die Herstellung erfolgt wie beim Tragflächenbau mittels Doppel-T- oder Kastenholme und Spieren. Der Drehpunkt liegt im ersten Drittel oder kurz davor. Als Achse wird auch häufig ein Stahl- oder Duraluminrohr benutzt, doch bereitet die Aufbringung der Holzspieren hierauf Schwierigkeiten. Bei der Verwendung einer Dämpfungsfläche erfolgt der Anschluß des Höhenruders direkt an dieser wie die Anlenkung der Querruder. Bei schwanzlosen Flugzeugen wird die Höhensteuerung und Längsstabilität durch die getrennt steuerbaren Querruder oder durch die Flächenverwindung bewirkt. Da bei diesen Flugzeugen die Flächenenden nach hinten gezogen werden, ist der hierdurch gebildete Hebelarm für Steuerungs- und Stabilisationszwecke meistens ausreichend. Eine Verlegung des Höhenruders vor die Haupttragfläche ist bisher im Gleit- und Segelflugzeugbau nur bei der Klemperer-Ente versucht worden.

Seitliche Richtungsänderungen erfolgen durch eine ebenfalls am Rumpfende befindliche vertikale Fläche — mit den oben erwähnten Ausnahmen — die, wie das Höhenruder, oft eine vorliegende Dämpfungsfläche aufweist, öfter jedoch ohne Kielfläche ausgebildet ist. Der Querschnitt des Seitenruders soll auch stets Stromlinienform zeigen. Bei der Formgebung ist darauf zu achten, daß sich Höhen- und Seitenruder trotz großer Ausschläge nicht behindern. Häufig ähnelt die Form des Seitenruders dem halben Höhenruder. Wird die Seiten- oder Höhensteuerung durch die Flächen oder durch an diesen angelenkte Steuerorgane ausgeführt, so erübrigts sich ein besonderes am Rumpfende befindliches Ruder, doch fast immer werden in diesem Falle horizontale und vertikale Flossen vorgeschen.

Die Flügelsteuerung entwickelte sich, wie schon gesagt, aus dem Bestreben, die Böen bzw. Unregelmäßigkeiten

in der Luftströmung ohne den Umweg über das Höhensteuer am Rumpfende unmittelbar zu erfassen und auszunützen. Harth-Messerschmitt gestalteten zu diesem Zweck die ganzen Tragflächen verwindbar und erzielten hierdurch über dem nur wenig geneigtem Gelände am Heidelstein in der Rhön ausgezeichnete Ergebnisse. Es gelangen nicht nur Höhen gewinn durch Vergrößerung des Anstellwinkels und Richtungsänderungen durch einseitige Steuerung, sondern durch Auffangen einer günstigen Bö ist es Harth häufig geglückt, sich ohne Startseil und Hilfsmannschaft frei vom Boden zu erheben. Die technischen Schwierigkeiten und die geringere Baufestigkeit dieser Flächenverwindung zeitigte dann die Steuerung drehbar gelagerter verspannter oder verstrebter Flächen. Erstmalig wurde diese Steuerung bei dem Eindecker des Bayerischen Aeroclubs 1921, konstruiert von Finsterwalder und v. Lössl, angewendet und zwar mit gutem Erfolg. Durch Stoßstangen und Winkelhebel erfolgte die Anstellwinkelverstellung bzw. die gegenläufige Verdrehung für die Querlagensteuerung. Bei dem Darmstadt-Eindecker „Geheimrat“ ist die Fläche als Ganzes verstellbar. Sie soll also nur zur Ausnutzung von Böen, nicht aber zur Querlagensteuerung herangezogen werden, denn diese erfolgt durch normale Verwindungsklappen. Für die Steuerung in der Längsrichtung ist noch ein besonderes am Rumpfende liegendes Höhenruder vorhanden, das mittels eines kleinen seitlichen Klemmhebels verstellbar ist. Die Einstellung dieses Höhenruders erfolgt nach den Windverhältnissen; während des Fluges wird es nicht betätigt. Durch diese Anordnung ist die Anpassung an die verschiedensten Windgeschwindigkeiten im weitesten Maße möglich. Wenngleich ein besonderes Höhenruder bei flügelgesteuerten Flugzeugen unnötig ist, hat sich die Anordnung eines solchen doch als zweckentsprechend erwiesen. Wird ein flügelgesteuertes Flugzeug einmal aus irgendeinem Grunde auf den Kopf gedrückt, so ist es infolge der enormen an den Flächen auf-

tretenden Kräfte meistens unmöglich, das Flugzeug wieder aufzurichten. Ein am Rumpfende liegendes Höhenruder würde sich aber infolge des langen Hebelarmes als wirksam erweisen, gewissermaßen als „Notbremse“ fungieren.

Bei der Konstruktion flügelgesteuerter Maschinen ist vor allem auf die Wahl eines günstigen Profiles Wert zu

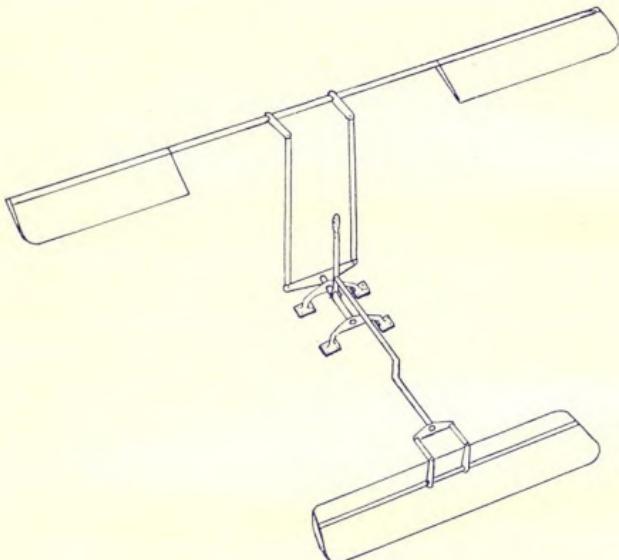


Fig. 166
Schema der Normalsteuerung.

legen, d. h. man verwende ein Profil mit verhältnismäßig geringer Druckpunktwanderung. Wichtig ist ferner ein richtiges Übersetzungsverhältnis des Steuerhebels, es könnte sonst der Fall eintreten, daß die Kraft des Führers nicht ausreicht, um die Flächen zu halten. Praktisch ist es auch, einen Begrenzungsausschlag vorzusehen, um ein Übersteuern, das bei Flügelsteuerung meistens den Absturz nach sich zieht, zu vermeiden.

Die Betätigung der verschiedenen Steuerungsorgane soll dem Gefühl entsprechen, aus welchem Grunde man zweckmäßig von der bewährten normalen Militär-Knüppelsteuerung nicht abgeht. Seitliche Bewegung des Knüppels soll die Querlagensteuerung betätigen, Anziehen und Abstoßen die Höhen- und Tiefensteuerung, und die Füße müssen das Seitenruder bedienen. Radsteuerung mag für Riesenflugzeuge ihre Berechtigung haben, aber im Segelflugzeug, wo es auf empfindliche, gefühlsmäßige Steuerausschläge ankommt, ist sie verfehlt. Wenn irgend möglich, sehe man auch davon ab, zwei Steuerhebel zu verwenden, denn obwohl eine Betätigung zweier Hebel gefühlsmäßig erfolgen kann, bedingt sie immerhin eine Komplikation der Steuerung.

Entsprechend der Betätigung des Knüppels in zwei Richtungen, muß dieser in einem doppelten Gelenk oder in einem Kugelgelenk gelagert sein. Beim Aachen-Eindecker „Schwarzer Teufel“ läuft der Steuerknüppel aus Duraluminrohr durch eine hohle Stahlkugel, mit welcher er fest verbunden ist. Um die Stahlkugel greift ein Hohlkugelschalenring aus einer Aluminiumlegierung, so daß der Knüppel allseitig beweglich ist. Es dürfte dieses wohl das einfachste und leichteste Knüppelgelenk sein. Die Anordnung des Steuerhebels bei dem flügelgesteuerten Eindecker „Störtebeker“ geht aus Fig. 168 hervor. Hier ist ein Dreieck mit dem einen Winkel mit dem Knüppel durch Sperrholzbeschläge mit dem Knüppel verbunden, während an den anderen beiden Winkeln die Stoßstangen angreifen, die das geteilte Tragdeck betätigen.

Die Verbindung zwischen Steuerhebeln und Steuerorganen erfolgt entweder durch Seile, die über Rollen von möglichst großem Durchmesser geführt werden, oder durch Duralumin- oder Stahlrohre in Verbindung mit Stoßstangen. Die letztere Ausführung bürgert sich immer mehr ein, bietet aber auch die größeren Vorteile bei der Montage und Demontage, und die Reibung ist meistens geringer. Lediglich

das Seitenruder wird durchweg immer mit Seilen mit den Pedalen verbunden. Bei der Führung der Seile oder Stoßstangen im Rumpf achtet man darauf, daß eine Reibung an Streben etc. vermieden wird. Seilführungen sollen so vorgenommen werden, daß eine Beschädigung im Rumpf durch den Führer nicht möglich ist.

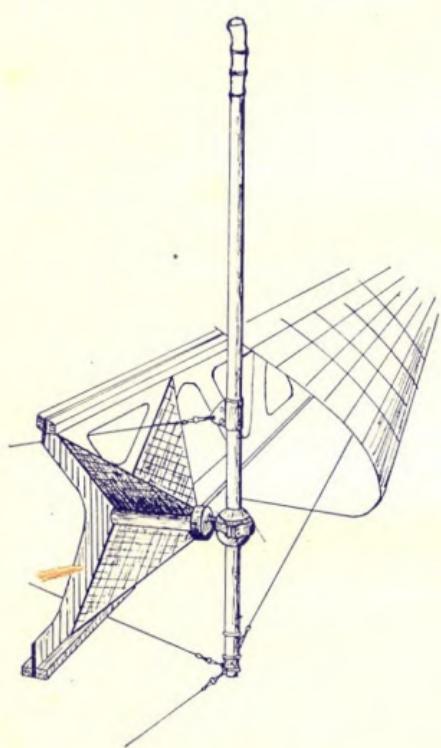


Fig. 167
Steuerknüppel
des Aachen-Eindeckers
. „Schwarzer Teufel“.

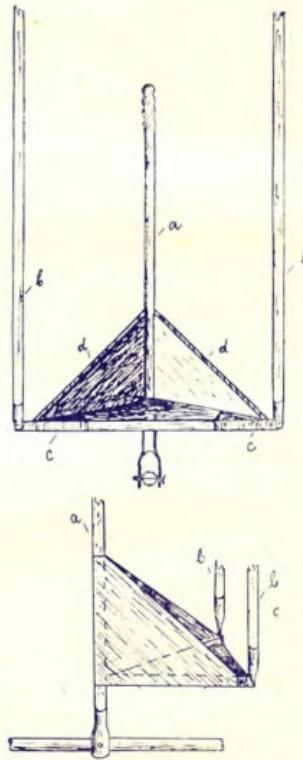


Fig. 168
Steuerknüppel des flügelgesteuerten
Eindeckers „Störtebecker“
a) Steuerknüppel,
b) Verbindungsstreben,
c) Stahlblechbeschläge,
d) Sperrholzwände.



V. Start, Flug und Landung.

Bei Hängegleitern erfolgt der Start durch Anlaufen des Führers. Das Flugzeug wird gegen den Wind gerichtet, der Führer faßt die Tragflächen und Schwanz verbindenden Längsträger oder steckt die Unterarme durch evtl. hierfür vorgesehene Schlaufen und läuft nun gegen den Wind einen sanft geneigten Hang hinunter. Hat er die erforderliche Geschwindigkeit — die Größe richtet sich nach der Flächenbelastung und dem Wind und muß sich aus der Praxis ergeben —, so hebt er den Gleiter etwas, wodurch der Anstellwinkel der Flächen vergrößert wird. Das Flugzeug muß sich nun von selbst abheben. Sofort nach dem Abheben wirft der



Fig. 169
Pelzner im Hängegleiter, bereit zum Start.

Führer die Beine etwas nach vorn, um den Gleitflug einzuleiten und die Vorwärtsgeschwindigkeit zu behalten. Hebt sich der Gleiter nicht ab, so liegt das Gewicht des Führers wahrscheinlich zu weit vorn oder die Anlaufgeschwindigkeit war zu gering. Bei richtiger Führeranordnung, geringer Flächenbelastung ($5/8$ kg) und einiger Übung ist der Start leicht durchzuführen, aber er erfordert Schnelligkeit und Gewandtheit. Die gute Steuerungsfähigkeit des Hängegleiters



Fig. 170

Lilienthal-Versuchsgleiter des Flugtechnischen Vereins Hamburg.
Gut erkennbar ist die Steuerung durch die Verlegung des Körpergewichtes.

hängt von seiner Größe ab. Je geringer die Spannweite, desto leichter gehorcht der Gleiter der Gewichtsverlegung. Da aber, wie oben gesagt, geringe Flächenbelastung erforderlich ist, ergibt sich, daß der Gleiter so leicht, wie es mit der Festigkeit vereinbar ist, gebaut sein soll. Wie weit man bei zweckmäßiger Ausführung gehen kann, beweisen die Hängegleiter von Pelzner, die teilweise nur $6/9$ kg wiegen. Pelzner ordnete einen die beiden Längsträger verbindenden Gurt an, in welchen sich der Führer während des Fluges hineinziehen kann, denn die hängende Lage des Körpers ermüdet die Arme

naturgemäß leicht. Nicht zu empfehlen ist ein Gurt, der zwischen den Beinen des Führers hindurchführt, da diese Anordnung die Bewegung des Führers zu sehr hemmt und bei Bruchlandungen oder Überschlägen Anlaß zu Verletzungen geben kann. Das Fliegen mit dem Hängegleiter ist bei geringen Windstärken verhältnismäßig einfach. Die Beine werden zur Quer- oder Längsrichtungssteuerung nach vorn



Fig. 171

Richtige Körperhaltung beim Fliegen mit dem Hängegleiter.

oder den Seiten verlegt. Infolge des tiefliegenden Schwerpunktes genügen meistens leichte Bewegungen. Bei Windstärken von mehr als $6/8$ m/s sollte man mit Hängegleitern nicht mehr experimentieren, besonders dann nicht, wenn der Wind stark von Böen durchsetzt ist, da in diesem Falle die Steuerbewegungen nicht mehr ausreichen. Lilienthal flog allerdings bei Windstärken von mehr als 10 m/s, aber nicht jeder erreicht die Geschicklichkeit eines Lilienthal oder

Pelzners. Die Seilzüge eines evtl. vorhandenen Seitenruders müssen vom Führer derart bedient werden können, daß eine ungewollte Verlegung des Körpergewichtes nicht eintritt. Für die Anfangsversuche ist es auf jeden Fall vorteilhaft, ein etwa vorhandenes Seitenruder durch Gummizüge etc. festzustellen. Die ersten Sprünge führt der Anfänger zweckmäßig bei Windstille am flachen Hange aus, nachdem er

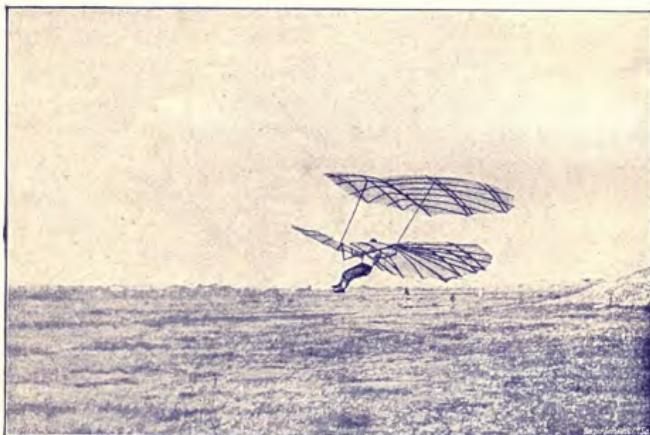


Fig. 172

Lilienthal landet mit seinem Doppeldecker.

Nach ursprünglichem Zurücklegen des Körpergewichtes und dadurch erfolgtem Aufrichten des Gleiters, werden die Beine vorgestreckt, um den Landungsstoß aufzunehmen.

schon vorher in der Ebene Laufversuche unternommen hat. Die Landung erfordert wieder große Geschicklichkeit, denn das Aufsetzen darf natürlich nicht mit der Fluggeschwindigkeit erfolgen. Kurz über dem Boden werden die Beine zurückgenommen, damit die Geschwindigkeit durch Vergrößerung des Anstellwinkels abgebremst wird; dann werden die Beine wieder vorgestreckt, um den Landungsstoß abzufangen.

Die von den Brüdern Wright benutzte Liegestellung hat sich nicht eingeführt, obwohl der Luftwiderstand des Körpers hierdurch bedeutend reduziert wird. Man nimmt den Luftwiderstand heute allgemein bei Gleitflugzeugen mit in den Kauf oder setzt den Führer in einen entsprechend geformten Rumpf.

Der idealste Start ist der Start aus dem Stand ohne Hilfsmannschaft, den Harth häufig ausgeführt hat. Harth stellt sich mit seinem Segler gegen den Wind und versucht durch ständiges Fühlen mit den Flächen eine stärkere Bö zu erfassen. Spürt er eine solche durch den Druck in den Steuerhebeln, so vergrößert er den Anstellwinkel der Tragflächen sehr stark, der Segler hebt sich, und durch sofortiges Nachgeben der Steuerung beginnt das Flugzeug zu gleiten oder zu segeln. Möglich ist dieser Start natürlich nur bei stärkeren Windgeschwindigkeitsschwankungen und Flugzeugen mit so ausgezeichneter Flügelsteuerung wie die Harth-Messerschmitt-Segler.

Beim „Weltensegler“ wurde der Start derart durchgeführt, daß drei Mann den leichten Eindecker auf die Achsel nahmen und in den Wind einführten. Schon bei ganz geringem Anlaufen hob sich der Segler selbst von den Schultern der Leute ab. Diese Startart war aber auch nur bei diesem leichten, schwanzlosen Eindecker möglich, dessen Flügelbrücke eine einwandfreie Handhabung zuließ.

Allgemein gebräuchlich ist heute der Start mittels Seils und Hilfsmannschaft. An dem vorderen Ende des Flugzeugrumpfes oder des Kufengestelles wird ein Starthaken angebracht, der nach unten offen ist. Ein umspontenes Spiralfeder- oder Gummiseil — letzteres ist wegen seiner größeren



Fig. 173

Elastizität vorzuziehen — von $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm Durchmesser wird doppelt gelegt, und in der Mitte wird ein starker Ring befestigt, der über den Starthaken gelegt wird. Die Startmannschaft faßt die Seilenden, und am Schwanzsporn oder Rumpfende hält ein Mann das Flugzeug fest. Der Führer ruft nun:

„Achtung!“

Die Startmannschaft macht sich zum Anziehen bereit, und jetzt ertönt das Kommando:

„Ausziehen!“

Die Startmannschaft zieht das Gummiseil langsam aus, je nach Länge und Dehnbarkeit des Seiles, jedoch selten mehr als zwanzig Schritt. Das Ausziehen der beiden Seilenden hat strahlenförmig zu erfolgen, d. h. beide Seiten müssen im gleichen Winkel vom Rumpf auseinandergezogen werden. Der Mann am Schwanzsporn hält das Flugzeug fest, damit es dem Gummizug nicht folgen kann. Ist das Seil ausgezogen, so bleibt die Startmannschaft stehen, bereit zum Laufen. Jetzt gibt der Führer das dritte Kommando:

„Laufen!“

Bei diesem Kommando läßt der Mann am Schwanzsporn los und die Startmannschaft läuft auf einen vorher gewählten Punkt in ihrer Richtung zu. Das Gummiseil zieht sich zusammen und erteilt dem Flugzeug eine ziemliche Geschwindigkeit. Jetzt gibt der Führer langsam Höhensteuer bzw. vergrößert den Anstellwinkel, und sobald er merkt, daß das Flugzeug den Boden verlassen hat, seien es auch nur wenige Zentimeter, ruft er:

„Frei!“

Die Startmannschaft wirft sich zu Boden, ohne das Seil loszulassen, und wartet, bis das Flugzeug über sie hinwegschießt und das Startseil abfällt.

Es mag überflüssig erscheinen, den Start so ausführlich zu beschreiben, aber jeder Flieger weiß, wie leicht durch eine ungeschulte oder unaufmerksame Startmannschaft



Fig. 174
Fehlstart.

Die Startmannschaft hat nicht genau gegen den Wind angezogen.
Der Wind wirft das Flugzeug herum.



Fig. 175
Dasselbe Flugzeug einen Augenblick später. Restloser Bruch.

ein Fehlstart mit restlosem Bruch hervorgerufen werden kann. Aber auch der Führer soll eindeutige und laute Kommandos erteilen, damit irgendwelche Mißverständnisse unmöglich werden. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß an jeder Seite die gleiche Anzahl Leute ziehen muß. Man achte aber auch darauf, daß die Kräfteverteilung gleichmäßig ist, so daß z. B. nicht an der einen Seite große und stämmige, an der anderen Seite kleine und schmächtige Leute ziehen. Es ist sonst leicht möglich, daß der einseitig stärkere Zug das Flugzeug aus dem Gegenwind herausbringt und der Seitenwind die Außenfläche hebt und das Flugzeug herumwirft. Natürlich können die Kommandos auch von einem Außenstehenden, der dann aber genau orientiert sein muß, gegeben werden.

Damit eine übermäßige Dehnung des Seiles nicht zum Zerreißern und dadurch zur Verletzung von Führer und Startmannschaft führt, wird die Dehnung des Gummiseiles durch ein mit diesem verknüpften Hanfseil begrenzt. Das etwa doppelt so lange Hanfseil wird nach Fig. 173 mit dem Gummiseil verbunden, und dieses läßt sich dann natürlich nur dehnen, bis das Hanfseil gestreckt ist. Wie wichtig diese Sicherung ist, konnte man im Rhön-Wettbewerb 1923 sehen. Beim Start der Bonner Maschine mit einem ungesicherten Seil ließ der Mann am Schleifsporn auf das Kommando „Laufen“ nicht los. Das Seil zerriß kurz hinter der Startmannschaft und schlug dem Führer mit derartiger Gewalt ins Gesicht, daß sofort die ganzen Vorderzähne herausbrachen.

Aber auch das Festhalten des Seilendes ist von größter Wichtigkeit. Beim Start des Aachener Flugzeuges „Rheinland“ ließ die eine Seite der Startmannschaft das Seilende los, nachdem das Flugzeug bereits in der Luft war, das Seil jedoch noch am Starthaken hing. Das noch unter ziemlicher Spannung befindliche Seil sprang gegen das Höhensteuer und verursachte ein trommelndes Geräusch.

Der Führer drehte sich erschreckt um, und in diesem Augenblick faßte der Wind das Flugzeug unter der einen Fläche. Die andere Fläche streifte den Hang, und im nächsten Moment zerschellte das Flugzeug restlos.

Das Hinwerfen der Startmannschaft soll auch dann erfolgen, wenn das Flugzeug in genügender Höhe über



Fig. 176

Der Doppeldecker der Flugwissenschaftlichen Gruppe, Braunschweig. Das Startseil fällt gerade ab. Der Führer gibt Tiefensteuer, um den Gleitflug einzuleiten.

diese hinweggleitet. Der Führer kann vom Sitz des Rumpfflugzeuges nicht ohne weiteres erkennen, ob er hoch genug über die Startmannschaft hinwegfliegt. Bleiben die Leute stehen, so wird er vorsichtshalber stets etwas mehr Höhensteuer geben als erforderlich ist, hierdurch aber an Geschwindigkeit verlieren.

Es sei auch noch erwähnt, daß die Startmannschaft sich während des Laufens nicht nach dem Flugzeug um-

blicken soll; leicht ist ein Sturz die Folge, und passiert dieser kurz vor dem Abheben, dann ist ein Fehlstart mit Bruch meistens unvermeidlich.

Der Zeitpunkt des Abhebens darf natürlich ebenfalls nicht dem Flugzeug überlassen bleiben, sondern muß vom Führer gefühlsmäßig bestimmt werden. Beim Gleiten oder Rollen über den Boden muß der Führer zunächst etwas Tiefensteuer geben, um ein zu frühes Abheben zu

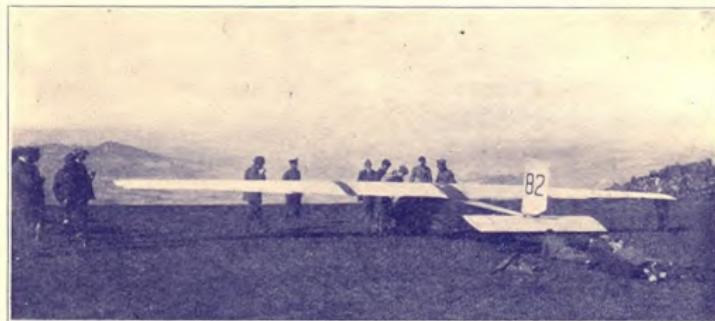


Fig. 177

Segler „Strolch“ (Martens) vor dem Start.
Das Flugzeug wird am Rumpfende festgehalten.

vermeiden. Natürlich darf dieses Tiefensteuergeben nicht so stark werden, daß die Bodenreibung die Gleitgeschwindigkeit reduziert. Man geht dann langsam mit dem Tiefensteuer zurück, bis sich das Flugzeug abhebt. Ein gewaltiges Abheben ist unter allen Umständen verkehrt.

Die Größe der Startmannschaft richtet sich nach der Windstärke, der Flächenbelastung und der Bodenreibung. Je weniger Hilfsleute vorhanden sind, desto einwandfreier läßt sich der Start durchführen. Zwei Mann sind jedoch immer erforderlich, einer für jedes Seilende. Anfangsversuche oder Einfliegen neuer Maschinen beginnt man über völlig ebenem Gelände ohne Ausziehen des Startseiles.

Zweckmäßig wird man zunächst zwei Mann ziehen lassen und die Wirkung der Steuer erproben. Genügt die Geschwindigkeit nicht, so versucht man es mit vier, dann mit sechs Leuten. Auf keinen Fall aber soll man einen Anfänger oder ein unausprobierteres Flugzeug mit ausgezogenem Seil oder am Hang starten. Erst wenn einige Sprünge von 200 bis 300 m einwandfrei ausgeführt sind, geht man langsam dazu

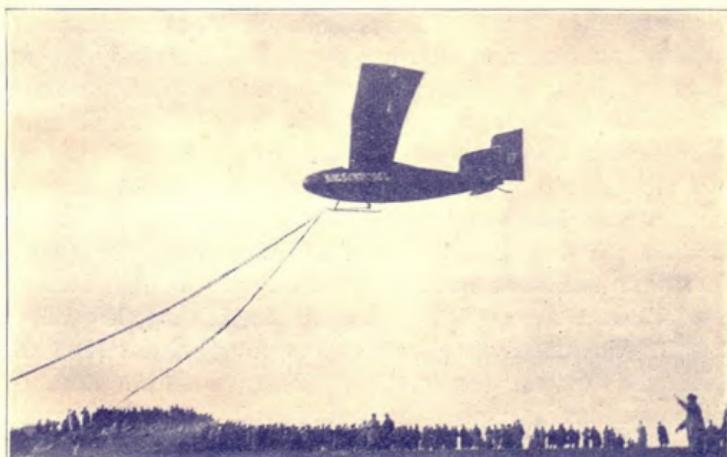


Fig. 178

Der Starthaken ist schlecht angebracht oder zu stark gebogen. Das Seil fällt zu spät ab.

über, das Seil mehr und mehr auszuziehen bzw. die Startmannschaft zu vergrößern. Am Hang genügt es immer, wenn das Flugzeug den Boden verläßt. Ein gewaltsames In-die-Luft-Hineinschießen ist unsinnig.

Der Starthaken soll aus Schmiedeeisen bestehen; er darf nur eine leichte Krümmung nach hinten aufweisen, damit ein Hängenbleiben des Startseiles ausgeschlossen ist, andererseits aber auch ein vorzeitiges Abfallen des ausgezogenen Startseiles beim Starten am Hang vermieden

wird. Abhängig ist ein einwandfreier Start ferner von der Lage des Starthakens. Selbstverständlich ist die Anbringung in der Mittellinie. Um jegliches Drehmoment zu vermeiden, wäre die Befestigung im Schwerpunkt die geeignetste. Praktisch aber läßt sich eine solche Befestigung nicht ermöglichen. Man bringt den Starthaken deshalb immer an der Rumpfspitze an, hier jedoch möglichst tief, denn ein Drehmoment nach oben läßt sich durch Steuerbetätigung ausgleichen, aber ein Drehmoment nach unten verhindert das Freikommen vom Boden. Der Starthaken kann lieber etwas zu stark ausgeführt sein, als daß er sich aufbiegt und ein Abgleiten des Startseiles herbeiführt. Einige Gramm Mehrgewicht sind hier sehr am Platze. Die Befestigung darf nicht nur durch einfaches Einschrauben in das Kufenbrett usw. erfolgen. Da der Haken in der Zugrichtung verläuft, wäre ein Ausreißen früher oder später die Folge. Vorteilhaft schweißt man Stahlblechlappen an den Haken und befestigt diese mittels quer zur Zugrichtung liegenden Bolzen. Um alle Eventualitäten zu vermeiden, hat Martens bei seinen Seglern „Strolch“ und „Max“ auch am Rumpfende einen Haken vorgesehen, um den ein kurzes Seil zum Festhalten beim Start geschlungen wird. Vom Führersitz aus kann dieses Halteseil in sinnreicher Weise ausgeklinkt werden, so daß also der Zeitpunkt des Startes und die Startgeschwindigkeit völlig im Ermessen des Führers liegen.

Eine Startart für Gelände ohne geeignete Hänge verdient noch der Erwähnung. Offermann ließ sich 1909/10 in der Eifel einen Erdhügel aufwerfen, dessen Querschnitt und Einrichtung aus Fig. 179 hervorgeht. Der Hügel war kreisrund und trug eine nach allen Richtungen hin einstellbare Startschiene mit Startwagen. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, befindet sich im Zentrum des Hügels ein aus starken Baumstämmen und Verschalung hergestellter Schacht von etwa 2 m Durchmesser zur Aufnahme des Fallgewichtes. Der Schacht ist mit einer Winde zum Hochziehen des

Gewichtes und einer Absteigleiter ausgerüstet. Die reine Fallhöhe des Gewichtes wurde durch Zwischenschaltung einer losen Rolle auf den für den Anlauf nötigen Hub von 18 m gebracht. Der Start geht folgendermaßen vor sich: Das Fallgewicht, je nach Windstärke schwerer oder leichter, wird durch die Handwinde hochgezogen, das Flugzeug am Ende der Schiene auf seinem Wagen in Stellung gebracht und blockiert. Der Wagen besteht aus einem Vierkantholz, an dem die Lagerungen für zwei Rollen befestigt sind. Die Landungskufe findet in entsprechenden U-förmigen Begren-

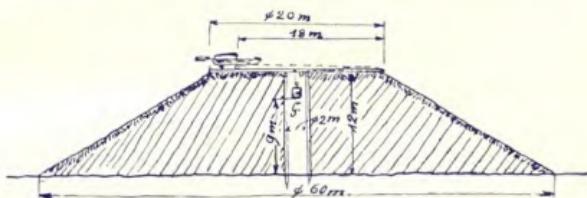


Fig. 179
Starthügel von Offermann. (Nach „Flugsport“).

zungen Platz. Ein kleiner Anschlag hindert den Wagen daran, nach hinten wegzurutschen. Die Schiene besteht aus einem Brett von etwa einem Zoll Stärke, welches durch entsprechend ausgebildete Füße in kurzen Abständen getragen und hochkant gehalten wird. Ist das Flugzeug in Stellung gebracht, so wird das zum Fallgewicht führende Seil, welches am Ende einen Ring trägt, mit diesem Ringe in einen Bolzen eingehängt, der ungefähr senkrecht zur Richtung des Seiles fingerartig am Flugzeug befestigt ist. Beim Abheben des Flugzeuges rutscht der Ring aus dem Bolzen, und das Flugzeug hebt sich vom Wagen ab.

Neuerdings wird auch wieder der Start durch Kraftfahrzeuge versucht, wie er schon von Archdeacon nach Fig. 180 ausgeführt wurde. Hierbei ist es ganz besonders erforderlich, daß der Führer die Möglichkeit hat, das Start-

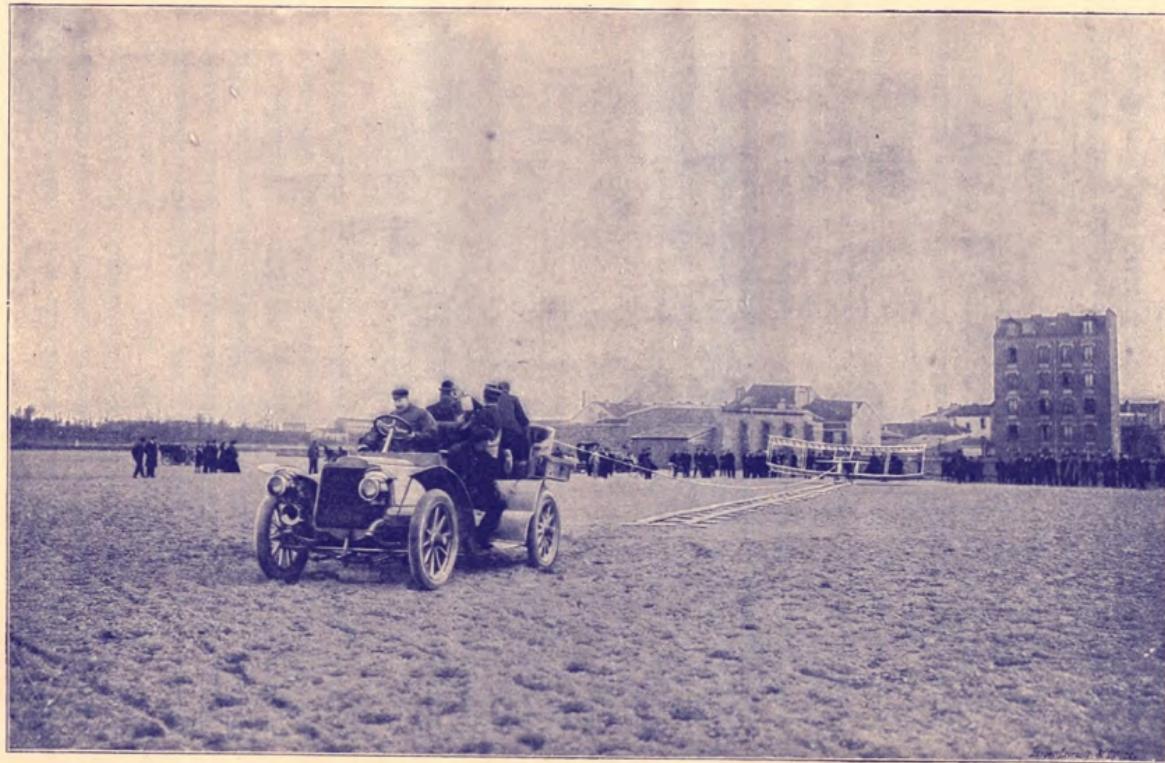


Fig. 180
Kraftstart mit Hilfe eines Automobiles.

seil nach seinem Ermessen auszuklinken. In erster Linie kommt der Kraftstart wohl für Wassersegelflugzeuge in Betracht, z. B. hinter einem Motorboot.

Über den reinen Gleitflug ist wenig zu sagen. Er erfolgt in ruhiger Luft nach Fig. 181. Die zurückzulegende Strecke

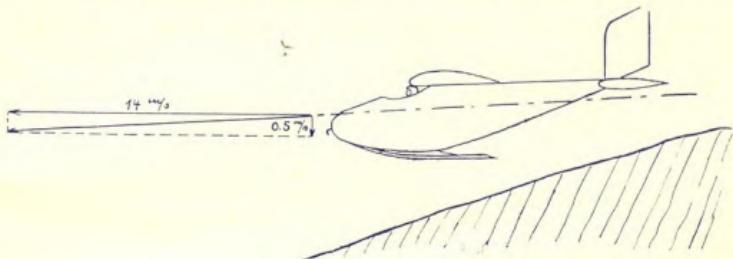


Fig. 181

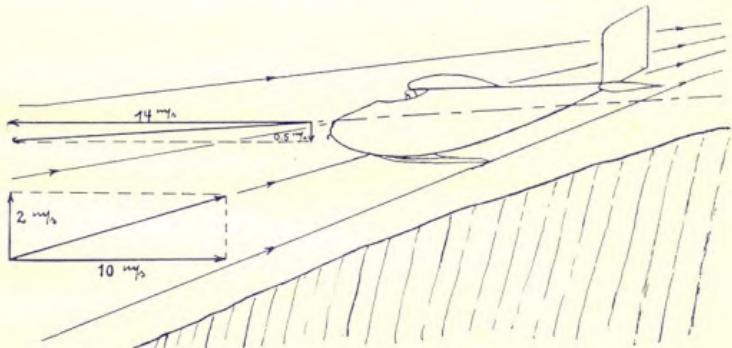


Fig. 182

ist abhängig von der Sinkgeschwindigkeit und dem Gleitwinkel des Flugzeuges. Letzterer ergibt sich aus der Resultante der Fluggeschwindigkeit und der Sinkgeschwindigkeit. Bei modernen Segelflugzeugen sind Gleitwinkel von 1 : 25 und Sinkgeschwindigkeiten von nur 0,50 m und weniger keine Seltenheit. Nach Fig. 181 würde dieses also bedeuten,

daß ein Flugzeug, gestartet von einem nur 40 m hohen Hügel etwa 1 km gleiten würde, bei einer Flugdauer von etwa 80 s. Wenn nun aber ein Wind von 8—10 m/s gegen den Hang bläst und durch diesen mit etwa 2 m/s nach oben abgelenkt wird, so ergibt sich bereits, daß die Aufkomponente die Sinkgeschwindigkeit des Seglers kompensiert oder sie sogar übertrifft, wodurch der Segler steigt oder seine Fluggeschwindigkeit vergrößert. Der Segler kann also, solange er in dieser aufsteigenden Luftströmung bleibt, nicht sinken. Es kommt also alles darauf an, nicht aus dem aufsteigenden Luftstrom herauszukommen. Mit einem sehr wendigen, aerodynamisch gutem Segler kann man in kreisen- oder ellipsenförmigen Bahnen im Bereich des Hangwindes bleiben. Flugzeuge mit großem zusätzlichen Widerstand hält man jedoch besser im Aufwind, wenn man sich von einer Seite des Hanges nach der anderen schieben läßt, ohne Kurven zu fliegen. Die Rekordflüge von Maneyrol und Schulz wurden auf diese Weise ausgeführt.

Über das Fliegen in turbulenter Luft kann nichts gesagt werden, da, wie schon erwähnt, dem Menschen noch kein dynamischer Segelflug gelungen ist.

Die Landung mit Gleit- und Segelflugzeugen ist naturgemäß bedeutend leichter auszuführen als mit dem viel schnelleren Motorflugzeug. Kurz über dem Boden wird das Höhensteuer leicht angezogen, und fast unmittelbar darauf steht das Flugzeug.





VI. Überblick und Ausblick.

Zusammengefaßt sei dem angehenden Konstrukteur und Flugzeugbauer gesagt: Man beginne zunächst mit dem Gleitflugzeug, und zwar am besten mit dem offenen Sitzgleiter. Niemals versuche man zuviel Neuerungen auf einmal. Ein sukzessives Vorgehen verbürgt viel eher den Erfolg und verhütet Fehlschläge und unnötige Material- und Zeitverschwendungen.

Für die Züchtung eines Hochleistungs-Segelflugzeuges muß geringste Sinkgeschwindigkeit und flachster Gleitwinkel angestrebt werden. Bekanntlich hängt die Sinkgeschwindigkeit hauptsächlich von der Gütezahl c_a^3 / c_w^2 ab, worin c_a die Auftriebs- und c_w die Widerstandszahl bedeutet, und ferner von geringer Flächenbelastung. Vor allem verwende man deshalb ein günstiges Profil auf Grund der Göttinger Versuche mit hohen c_a -Werten und strebe durch freitragende Bauart, Stromlinienform des Rumpfes, organisches Herauswachsen von Flächen und Steuerruder, Umgehung eines Fahrgestelles durch Rollbälle oder eine mit dem Rumpf verwachsene Zentralkufe, nach geringstem schädlichen Widerstand. Gleichzeitig vermeide man die Wirbelbildung bei der Betätigung der Steuerorgane durch die elastische Verwindung oder harmonische Übergänge (Nesemann-Steuerorgane). Straffe Bespannung und Lakierung aller Außenteile gehört ebenfalls zur Vermeidung des schädlichen Widerstandes, denn je geringer der Wider-

stand bei gleicher Sinkgeschwindigkeit, desto flacher ist der Gleitwinkel. Da der Flächenwiderstand den größten Teil des schädlichen Widerstandes eines Flugzeuges bildet, ist dieser möglichst klein zu halten. Außer durch freitragende Bauart verringert sich der Flächenwiderstand erfahrungsgemäß bei zunehmendem Seitenverhältnis. Aus diesem Grunde wird bei den modernen Seglern die Spannweite größer, die Flächentiefe kleiner gehalten. Diese Tatsache stimmt mit der Segelfähigkeit der verschiedenen Meeressegler überein, denn der Albatros, der beste Meeressegler, hat nicht selten ein Seitenverhältnis von 1 : 20. Es würde dieses also einem Flugzeug von 20 m Spannweite bei 1 m Flächentiefe entsprechen. Allerdings setzt das mit größerer Spannweite rapide zunehmende Baugewicht dem Seitenverhältnis bald eine Grenze, aber unsere heutige Flächenbauart mittels Holmen stellt noch keine endgültige Lösung dar. Immerhin sind Segelflugzeuge mit einem Seitenverhältnis von 1 : 18 ausgeführt worden (Espenlaub, Fig. 49). Häufig wurde dieser Vorteil jedoch leider durch ein ungünstiges Profil bzw. schlechte aerodynamische Durchbildung wieder zunichte gemacht. Bei gleichem Widerstand und gleicher Flächenbelastung ist der Segler mit dem größeren Seitenverhältnis unzweifelhaft der erfolgreichste. Ist auch das Seitenverhältnis gleich, so wird ein Segler mit elastischen anpassungsfähigen Spierenenden den besseren Gleitwinkel aufweisen, da durch elastische Flächenenden die Luft wirbelfreier abfließen kann.

Ebenfalls ist eine ausgezeichnete Steuerwirkung für ein gutes Segelflugzeug erstes Erfordernis, denn nur dann ist der Führer in der Lage, günstige Luftströmungen schnell aufzusuchen und evtl. auch Windgeschwindigkeitsschwankungen und Windrichtungsschwankungen auszunützen. Schließlich sei noch die sauberste und peinlichst genaue Werkstattarbeit zur Bedingung gemacht, denn mit ihr steht und fällt die ganze Konstruktion.

Nur bei Beachtung aller dieser Punkte wird eine Lösung vom Hang und ein allmählicher Übergang zum Segelflug in der Ebene möglich sein. Hand in Hand mit der Verfeinerung des Fluggerätes muß aber auch die Ausbildung des Führers gehen. Ständige Übungsflüge auf Grund meteorologischer Erkenntnisse dürften einer gesunden Weiterentwicklung dienlich sein.

Wie schon erwähnt, ist es schwierig, einen Trennungsstrich zwischen Gleit- und Segelflugzeugen zu ziehen. Beim Segeln im Hangwind stellt sich jedoch sofort ein ganz gewaltiger Unterschied heraus. Ein ausgesprochenes Segelflugzeug fliegt auch bei böigstem Winde ruhig und gleichmäßig und steigt in sich, ohne daß der Höhengewinn auf Kosten der Fluggeschwindigkeit erfolgt. Ein Gleitflugzeug vermag bei starken Aufwinden ebenfalls zu segeln, aber der Flug ist unregelmäßig, der Höhengewinn erfolgt immer auf Kosten der Vorwärtsgeschwindigkeit, und man kann sich — obwohl das Flugzeug sich vielleicht stundenlang in der Luft hält — nur schwer dazu entschließen, den Flug mit Segelflug zu bezeichnen. Es ist ein ständiges gewaltsames Balancieren, ein Fliegen, das mit dem eleganten Segeln von Leusch auf „Weltensegler“, Martens auf „Strolch“ und Botsch auf „Konsul“, sowie Harth auf seinem Segler absolut nicht zu vergleichen ist.

Betrachtungen über die Weiterentwicklung des Segelflugwesens anzustellen wäre verfehlt. Es läßt sich heute noch nicht übersehen, ob die systematische Vervollkommenung der jetzigen Segelflugzeuge den erhofften Erfolg bringt. Gerade in der Jetztzeit sind viele Theoretiker und erfahrene Praktiker zu der Ansicht gelangt, daß der dynamische Segelflug nie erreicht werden kann, ja es wird teilweise sogar bestritten, daß die Meeresssegler den dynamischen Segelflug ausüben, und alle Segelflugscheinungen werden auf thermische Aufwinde oder Hangwinde zurückgeführt. Es entspricht nicht dem Zwecke dieses Buches, diese An-

sichten zu erörtern. Zurückzuführen sind sie jedoch auf das Fehlschlagen der auf den Rhön-Wettbewerb 1923 gesetzten Hoffnungen. Allgemein wurde angenommen, daß es gelingen würde, das Segelflugzeug gänzlich vom Aufwinde unabhängig zu machen und zum Segelflug in der Ebene überzugehen. Die geforderte Flugstrecke von 20 km wurde nicht erreicht, und es gelang auch nicht, thermische Luftströmungen in wahrnehmbarem Maße auszunützen. Ein zweiter Grund für die Stagnation liegt in den glänzenden Erfolgen der Leichtmotorflugzeuge, die, teilweise in Anlehnung an den Motorflugzeugbau entwickelt, ebenso gut abschnitten wie moderne Segelflugzeuge mit eingebautem Motor. Das Mehrgewicht des Triebwerkes, der zusätzliche Widerstand durch Motor und Propeller machen das Segelflugzeug zum Segeln mehr oder weniger ungeeignet, und durch dauernden Motorantrieb wird aus dem Segelflugzeug mit Hilfsmotor ohnehin ein Leichtmotorflugzeug.

Zweckmäßig wird es deshalb sein, das Segelflugzeug unabhängig vom Leichtmotorflugzeug zu entwickeln und auf den Einbau des Motoren wenigstens so lange zu verzichten, wie wir auf den Propeller angewiesen sind. Die sich ergebenden praktischen Erkenntnisse lassen sich dann in zweckmäßiger Weise im Motorflugzeugbau verwerten. Selbst wenn der dynamische Segelflug unausführbar wäre — was bis heute noch keineswegs feststeht — bietet das weite Gebiet des Gleit- und Segelflugzeugbaues die Möglichkeit zu fruchtbringender, wissenschaftlicher Arbeit und idealer sportlicher Betätigung.



Handbuch der Flugzeugkunde

Unter Mitwirkung des Reichsamtes für Luft- und Kraftfahrwesen

herausgegeben von

F. Wagenführ

Oberstleutnant a. D., vorm. Major und Kommandeur der Flugzeugmeisterei

Bisher sind folgende Bände erschienen:

Band II

Aerodynamik

von

Prof. Dr. R. Fuchs und Prof. Dr. L. Hopf

480 Seiten mit 285 Abbildungen

Halbleinen Goldmark 25,—

Band VI. 1. Teil

Prüfung, Wertung und Weiterentwickelung von Flugmotoren

von

Dipl.-Ing. H. Dechamps und Professor K. Kutzbach

265 Seiten mit 307 Abbildungen im Text

Halbleinen Goldmark 15,—

Band VI. 2. Teil

Kühlung und Kühler für Flugmotoren

von

Dr.-Ing. Pülz

200 Seiten mit 171 Abbildungen im Text

Halbleinen Goldmark 7,—

Band VIII

Flugzeuginstrumente

von

Dr. K. Bennewitz

320 Seiten mit 386 Abbildungen

Halbleinen Goldmark 15,—

Band IX

Funkentelegraphie für Flugzeuge

von

Erich Niemann

Oberleutnant und Kommandeur der Fliegerfunkens-Versuchsstelle der Flugzeugmeisterei

400 Seiten mit 343 Abbildungen

Halbleinen Goldmark 20,—

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

(Sämtliche Bände sind gebunden. 8°)

Band

1. **Kritik der Drachenflieger.** Von Ingenieur A. Vorreiter. 136 Seiten mit 121 Abbildungen und Zeichnungen im Texte, sowie einer vergleichenden Zusammenstellung der wichtigsten Drachenfliegertypen. 2. Auflage. Goldmark 3,— (380 g)
2. **Grundzüge der praktischen Luftschiffahrt.** Von Victor Silberer, Wien. 240 Seiten mit 30 z. T. ganzseitigen Abbildungen und vielen Vignetten. Goldmark 5,— (600 g)
3. **Motoren für Luftschiffe und Flugapparate.** Von A. Vorreiter. (Vergriffen. Siehe Band 14.)
4. **Die Kunst zu fliegen**, ihre Anfänge, ihre Entwicklung. Von F. Ferber †. Deutsche Übersetzung von A. Schöning. 215 Seiten mit 108 Abbildungen. (Vergriffen.)
5. **Theorie und Praxis der Flugtechnik.** Von Painlevé und Borel. Deutsche Übersetzung mit Nachträgen von A. Schöning. 256 Seiten mit 76 Abbildungen und 1 Tafel der Kenngrößen deutscher Flugmaschinen. (Vergriffen.)
6. **Das Flugzeug in Heer und Marine.** Von Olszewsky und Helmrich v. Elgott. 300 Seiten mit 59 Textabbildungen. (Vergr.)
7. **Aeronautische Meteorologie.** Von Fr. Fischli. 2. verbesserte Auflage. 295 Seiten mit 61 Abbildungen, Karten, Tabellen und Tafeln. Goldmark 10,— (500 g)
8. **Der Fallschirm.** Seine geschichtliche Entwicklung und sein technisches Problem. Von Gustav v. Falkenberg. 190 Seiten mit 83 Abbildungen im Text. Goldmark 5,— (470 g)
9. **Hilfsbuch für den Flugzeugbau.** Von Dipl.-Ing. O. L. Skopik. 220 Seiten mit 44 Abbildungen. (Vergriffen.)
10. **Handbuch für Flugzeugkonstrukteure.** Eine übersichtliche Anleitung zur Berechnung und zum Bauen von Flugzeugen. Von Camillo Haffner. Neu bearbeitet von Ingenieur E. Österland, Ingenieur-Schullehrer. 202 Seiten mit 265 Abbildungen und 36 Tabellen. 3. Auflage. Goldmark 6,— (300 g)

Band

11. **Wie berechnet, konstruiert und baut man ein Flugzeug?** Von Dipl.-Ing. O. L. Skopik. 260 Seiten mit 200 Abbildungen. 3. Auflage. (Vergriffen.)
12. **Flugzeug-Modellbau.** Von P. L. Bigenwald. Zivil-Ingenieur. 171 Seiten mit 163 Abbildungen, 17 Tabellen und Konstruktions-tafeln. 2. Auflage, bearbeitet von A. Gymnich. Goldmark 4,5. (350 g)
13. **Flieger-Handbuch.** Von Hauptmann und Feldpilot Robert Eyb. 300 Seiten mit 224 Abbildungen. 3. Auflage. (Vergriffen.)
14. **Motoren für Luftschiffe und Flugapparate.** Von Dr. Fritz Huth. 230 Seiten mit 218 Abbildungen und 1 Tafel. 3. Auflage. Goldmark 7,— (460 g)
15. **Baustoffe und Bauteile.** Von Dr. Fritz Huth. 200 Seiten mit 70 Abbildungen. Goldmark 5,— (325 g)
16. **Statik im Flugzeugbau.** Von J. Schwengler, Ober-Ingenieur. 200 Seiten mit 70 Abbildungen. Goldmark 5,— (385 g)
17. **Praxis des Flugzeugbaues.** Ein Handbuch des Flugzeugbaues in 3 Bänden von K. Anacker, Ingenieur und Flugzeugführer. Band 1: Das Flugzeug und sein Aufbau. 200 Seiten mit 148 Abbildungen. (Vergriffen.)
18. **Praxis des Flugzeugbaues.** Band 2: Der Flugzeugmotor. 260 Seiten mit 226 Abbildungen im Text. (Vergriffen.)
19. **Praxis des Flugzeugbaues.** Band 3: (Noch nicht erschienen).
20. **Die Luftschaube.** Eine einfache Darstellung der Wirkungsweise von Luftschauben. Von Dr. H. Borck. 100 Seiten mit 39 Textabbildungen und 5 Tafeln. Goldmark 5,— (240 g)
21. **Navigation und Seemannschaft im Seeflugzeug.** Ein Handbuch für Marineflieger von Theo E. Sönnichsen, Navigationslehrer an der Beobachterschule in Wilhelmshaven. 170 Seiten mit 52 Abbildungen und Tafeln. Goldmark 5,— (370 g)
22. **Mechanische und technische Grundlagen des Segelfluges.** Von Dr. Raimund Nimführ. 150 Seiten mit 29 Abbildungen. Goldmark 5,— (320 g)
23. **Skizzenbuch für Flugzeugkonstrukteure.** Von H. Weikert und G. Haensch. 40 Tafeln mit Text. Goldmark 5,— (340 g)
24. **Der Gleit- und Segelflugzeugbau.** Von Alfried Gymnich. 226 Seiten mit 182 Abbildungen und 12 Tafeln. In Ganzleinen Goldmark 8,—

(Weitere Bände sind in Vorbereitung.)

Flugtechnische Bibliothek

(Gebunden oder steif kartoniert, kl. 8°)

Band

1. **Flugmotoren.** Von Herm. Dorner und Walther Isendahl, Ingenieuren. 4. Auflage, bearbeitet von Ingenieur Walther Isendahl. 220 Seiten mit 102 Abbildungen im Text. Goldmark 3,— (190 g)
2. **Moderne Flugzeuge in Wort und Bild.** Von Heinz Erblich, Flugzeugführer. 2. verbesserte Auflage. 220 Seiten mit 172 Abbildungen im Text. (Zur Zeit vergriffen.)
3. **Störungen am Flugmotor.** Ihre Ursachen, Auffindung und Beseitigung nebst Flugmotorenkunde von Dr. Fritz Huth. Mit 58 Abbildungen, darunter 3 Tafeln und einer Störungstabelle Goldmark 3,— (215 g)
4. **Fliegerschule. Was muß ich wissen, wenn ich Flieger werden will?** Von H. Erblich. 170 Seiten mit 140 Abbildungen im Text. 3., völlig umgearbeitete Auflage. Goldmark 3,— (160 g)
5. **Die Ausbildung zum Flugzeugführer.** Von H. Erblich, Ingenieur und Flugzeugführer. 160 Seiten mit 79 Abbildungen. Goldmark 3,— (160 g)
6. **Verspannen von Flugzeugen.** Von W. Meiß. 140 Seiten mit 100 Abbildungen und 3 Tafeln. Goldmark 3,— (170 g)
7. **Was der Flieger und der Flugmotoren-Monteur vom Standmotor wissen müssen.** Von Alfred Lindner. 130 Seiten mit 10 Abbildungen im Text. Goldmark 3,— (120 g)
8. **Festigkeitslehre für den Flugzeugbau.** Von Dipl.-Ing. O.L. Skopik. 130 Seiten mit 21 Figuren, Tabellen und zahlreichen Rechnungsbeispielen. Goldmark 3,— (150 g)
9. **Vergaser, Brennstoffe und Brennstoffzuführung für Flugmotoren.** Von Ingenieur Bruno Reinhardt. 160 Seiten mit 80 Abbildungen im Text. Goldmark 3,— (140 g)
10. **Die Landflugzeuge unserer Kriegsgegner.** Von Ingenieur und Flugzeugführer Heinz Erblich. 200 Seiten mit 117 Abbildungen im Text. Goldmark 3,— (200 g)

11. **Die Notlandung.** Ein Handbuch für Flieger von Alex Büttner. 180 Seiten mit 47 Abbildungen. Goldmark 3,— (160 g)
12. **Hilfsbuch für Flugzeugmonteure.** Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Flugzeugführer, Monteure usw. von Reinhold Thebis, Flugzeugführer. 160 Seiten mit 124 Abbildungen, darunter mehreren Tafeln. Goldmark 3,— (190 g)
13. **Die Seefliegerei.** Von Hermann Uflacker. 120 Seiten mit 46 Abbildungen. Goldmark 3,— (160 g)
14. **Der motorlose Flug.** (Gleit- und Segelflugzeuge.) Von Dr.-Ing. R. Eisenloher, nebst einem Anhange: Die deutschen motorlosen Flugzeuge vom Jahre 1922 und ihre Leistungen. 177 Seiten mit 67 Abbildungen. Goldmark 3,— (160 g)

(Weitere Bände sind in Vorbereitung.)

Soeben erschien:

Bibliothek für Luftschiffahrt und Flugtechnik

Band 7

Aeronautische Meteorologie

von Fritz Fischli

2. völlig umgearbeitete Auflage

295 Seiten mit 61 Abbildungen, Karten und Tafeln

Preis in Ganzleinen Goldmark 10,—

Inhaltsverzeichnis:

Einleitung. **1. Teil** (Die Atmosphäre — Luftdruck und Höhenmessung — Luftdichte und Höhe — Temperatur und Sonnenstrahlung — Luftfeuchtigkeit, Bewölkung und Niederschläge) **2. Teil** (Luftströmungen — Wolken — Gewitter)

Verlagsbuchhandlung Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62, Lutherstr. 14

Handbücher für Motoren- und Fahrzeugbau

Band I

Entwerfen von leichten Verbrennungsmotoren, insbes. Luftfahrzeugmotoren

von O. Winkler

2., durchgesehene und verbesserte Auflage

305 Seiten Lexikon-Oktav mit 500 Abbild.

Preis gebunden Goldmark 15,—

Inhaltsübersicht:

Vorbemerkung. — **I. Teil:** Über die Anforderungen, die an die Motoren gestellt werden. — **II. Teil:** Über geeignete, allgemein gültige Maßnahmen zur Erfüllung der gestellten Anforderungen. — **III. Teil:** Ausführungsbeispiele. — Schlußbemerkung.

Autotechnische Bibliothek

Bisher sind 68 Bände erschienen.

Motorschiff- und Yachtbibliothek

Bisher sind 13 Bände erschienen.

S e g e l s p o r t b ü c h e r e i

Bisher sind 7 Bände erschienen.

Spezialprospekte über diese Sammlungen stehen
unberechnet und postfrei zur Verfügung.