

FACHSCHULE FÜR FLUGZEUGTECHNIKER
der Dornier - Werke A.-G., Altenrhein [Schweiz]

FLUGZEUGBAU

ANHANG II: SEGELFLUGZEUGBAU

Verfasser: Ing. H. Katz

No. **37**



Flugzeugbau, Anhang II

Inhaltsverzeichnis.

	<u>Seite:</u>
A. Geschichtliche Entwicklung	2
B. Entwicklung der Leistungssegelflugzeuge	8
C. Zusammenstellung der modernsten Segelflugzeugtypen (bis 1941).	31
D. Baustoffe	43
E. Konstruktion	47
F. Segelflugzeuge und Motorflugzeuge (eine Gegenüberstellung)	60

Flugzeugbau, Anhang II

Bl.1

Leitwort:

(Aus dem Nachlass des Sportfliegers
Robert Werner Schulte)

Wir träumen den uralten, seltsamen Traum :
Die Sonne ist weit, und die Sterne sind fern,
Und die Sehnsucht ist gross, und wir möchten so gern
Mit Flügeln am Arm in unendlichen Raum ...

Wir wachsen durch Kampf mit Sturm und mit Braus
Von selbst über Kleinmut und Schwächen hinaus
Und trinken im Herzenberauscht und gebannt
Das himmlische Licht über irdischem Land.

Wir selber sind unseres Schicksals Schmied,
Wir singen ein leuchtendes trutziges Lied;
Wir fühlen beglückt über Wolken und Höh'n :
Das Leben ist heiss, und die Welt ist schön !

Wir treiben kein leichtes, vermessenenes Spiel,
Wir haben ein stolzes, ein köstliches Ziel :
Wir weisen den Weg aus Taumel und Tanz
In einsamen, ewigen, silbernen Glanz !

Flugzeugbau, Anhang II

Bl. 2

D e r S e g e l f l u g z e u g b a u .A) Geschichtliche Entwicklung :

Uralt ist das Sehnen des Menschengeschlechtes, den Vögeln gleich durch die Lüfte zu streichen...

Die Sage erzählt von den Griechen D ä d a l o s und I k a r o s, von dem Germanen W i e l a n d der Schmied, von A l e x a n d e r dem Grossen, der die Himmelsweiten auf einem Adlergespann besiegen will; die westeuropäische Geschichte erzählt von den Flugversuchen des S c h n e i d e r von U l m.

Aber erst die Berichte und Skizzen von Flugmaschinen des Italieners L e o n a r d o d a V i n c i im 16. Jahrhundert können als ernsthafte Forschung betrachtet werden. In seinen Werken befasst er sich schon mit der Frage des Schwebefluges, die erst in unserem Jahrhundert zur Verwirklichung kommen sollte.

Im 19. Jahrhundert beschäftigt sich der Maler A r n o l d B ö c k l i n mit der Frage des Vogelfluges übertragen für den Menschenflug. Aber auch er, wie Leonardo da Vinci, kamen zu keinen praktischen Flugversuchen.

1890 gelang es O t t o L i l i e n t h a l die ersten Gleitflüge durchzuführen. Damit darf er als der Schöpfer des wirklichen Menschenfluges betrachtet werden. In Gemeinschaftsarbeit mit seinem Bruder Gustav versuchte er durch Beobachtung des Storchfluges das Geheimnis des Gleitens zu ergründen. Aus Messungen und Berechnungen der Luftwiderstandsgesetze entstand sein erster Gleiter. Sprünge von 30 bis 400 m Weite waren das Ergebnis. Doch fand seine Arbeit einen jähen Abschluss durch den Absturz am 9. August 1896. Lilienthal hatte mit seinen Gleitern etwa 1000 Flugversuche unternommen.

Flugzeugbau, Anhang II.

Bl.3

Nach dem Tod dieses Flugpioniers hatte in Deutschland niemand Interesse, den Fluggedanken weiter zu verfolgen. Die amerikanischen Gebrüder Orville und Wilbur Wright nahmen sofort die Ideen von Lilienthal auf und versuchten sie weiter in die Praxis umzusetzen. 1900 begannen sie mit den praktischen Flugversuchen, zuerst mit einem Drachen, der sich zu schwer erwies, und somit ohne Besatzung fliegen musste. Im Jahr 1902 gelangen ihnen Gleitflüge bis 600 m Weite, 1903 konnten sie sich bis über 1 Minute in der Luft halten, teilweise ohne irgendwelchen Höhenverlust. Die wichtigste Aenderung, die die Gebrüder Wright in ihrem Flugzeug vornahmen, war die, dass der Pilot zuerst im Flugzeug eine liegende Stellung einnahm, später dann sitzend die Steuer betätigen konnte. Bei Lilienthal hing der Pilot noch im Apparat und half mit den Beinen durch Schwerpunktsverlagerung zur Steuerung mit.

Der Otto-Motor gab den Brüdern Wright die Möglichkeit, aus dem Gleiter ein Schwebler zu entwickeln. Ihnen gelang es als den Ersten, mittels Motorkraft sich vom Boden zu erheben, und damit den Schwebeflug auszuführen. Der Gleitflug wurde nur noch in geringem Masse von Ihnen verfolgt.

Die Entwicklung, die sich in allen teilhabenden Ländern am Fluggedanken voll und ganz nur auf den Motorflug stürzte, liess die Idee des Gleitfluges voll in Vergessenheit geraten.

Erst etwa 10 Jahre später wurde diese Idee wieder aufgenommen. Erich Offermann führte in der Nähe von Aachen auf einer selbstgebauten Gleitmaschine Flugversuche durch, wo er sich ähnlich wie die Gebrüder Wright mittels einer Katapultvorrichtung starten liess.

- Als ältester aktiver Pilot Deutschlands stürzte er 1930 beim Europarundflug über Lyon ab durch Flügelbruch.-

1909 wurde durch Oscar Ursinus der eigentliche Grundstein der heutigen Segelfluggewegung gelegt, in dem er einen regelrechten Gleitflugbetrieb organisierte in Frankfurt am Main.

Flugzeugbau, Anhang II.

Bl. 4

Angeregt durch diesen Schulbetrieb sammelte Hans G u t e r m u t h begeisterte Schulkameraden um sich und gründete 1909 die Darmstädter Flugvereinigung. Aus dieser Vereinigung entstand nach dem Krieg die bekannte Akademische Fliegergruppe Darmstadt (Akaflieg D.). Hans Gutermuth fand in der Rhön das geeignetste Gelände für die Hängegleiterversuche seiner Gruppe und wurde damit eigentlich zum Entdecker der Segelflug-Rhön. 1912 stellte er dort die erste Weltbestleistung auf mit 838 m Strecke und 1 min 52 sec. Dauer.

Der Weltkrieg 1914 - 1918 unterband jegliche Weiterentwicklung. Erst die Unterbindung der deutschen Luftfahrt durch den

Friedensvertrag machte aus der Not eine Tugend und liess die Gleitfliegerei um so intensiver wieder aufleben.

Der "Rhönvater" Oscar U r s i n u s startete 1920 den ersten Rhönwettbewerb, der von jenem Zeitpunkt an jedes Jahr zur Durchführung kam. Rekorde auf Rekorde fielen in den nachfolgenden Jahren, aus Minutenflügen wurden Stundenflüge, aus wenigen Hundert-Meter-Flügen wurden Strecken bis 400 km, und aus geringen Startüberhöhungen wurden solche bis 6000 m.

Der Traum, den Vögeln gleich zu fliegen, war ideell erreicht...

Flugzeugbau, Anhang II.

Bl.5

Die folgende Rekordliste der Weltbestleistungen für Segelflug veranschaulicht am klarsten, wie rasch die Entwicklung im Segelflugzeugbau vorwärts schritt:

Die Strecken - Rekorde:

1891	Otto Lilienthal	D	Eigenkonstr. 400 m	
8.1902	Wilbur Wright	USA	Eigenkonstr. 622 m	
10.1912	H.Gutermuth	D	Darmst.FSV 8 843 m	
4.9.20.	W.Klemperer	D	Schwarzer Teufel	1.83 km
25.8.21.	A.Martens	D	Vampyr	3,58 km
25.8.21.	Koller	D	München	4,0 km
30.8.21.	W.Klemperer	D	Blaue Maus	5,0 km
5.9.21.	A.Martens	D	Vampyr	7,5 km
19.8.22.	Hentzen	D	Vampyr	9,0 km
25.9.23.	Botsch	D	Consul	18,7 km
14.10.24.	A.Martens	D	Moritz	21,2 km
9.10.25.	Joh.Nehring	D	Consul	24,4 km
12.8.26.	Max Kegel	D	Kegel	55,3 km
14.5.27.	Ferd.Schulz	D	Westpreussen	60,2 km
8.8.28.	Joh.Nehring	D	Darmstadt	71,2 km
30.7.29.	R.Kronfeld	Oe.	Wien	150 km
24.8.30.	R.Kronfeld	Oe.	Wien	164 km
4.5.31.	G.Groenhoff	D	Fafnir ++	272 km
++) nicht anerkannt, da aus Flugzeugschlepp.				
7.31.	G.Groenhoff	D	Fafnir	220 km
7.6.33.	Peter Riedel	D	Fafnir	229 km
März 34.	Fischer	D	Windspiel	240 km
Apr. 34.	Du Pont	USA	Albatros	247 km
26.7.34.	Wolf Hirth	D	Moazagotl	352 km
27.7.34.	H.Dittmar	D	Fafnir II	375 km
27.5.37.	v.Rastorgoneff	URSS	GN-7 Einsitzer	652 km
17.7.38.	I.Kartachev	URSS	Stakhanovetz Mehrstzter	619 km

Flugzeugbau, Anhang II.

Bl.6

Die Höhen - Rekorde : (Startüberhöhung)

1891	Otto Lilienthal	D	Eigenkonstr.	unbekannt
1916	Harth	D	Harth-Messerschmitt	15 m
13.9.21.	Harth	D	Harth.Messerschmitt	80 m
18.8.22.	A.Martens	D	Vampyr	108 m
19.8.22.	Hentzen	D	Vampyr	200 m
24.8.22.	Hentzen	D	Vampyr	350 m
7.2.23.	Descamps	F	Dewoitine	546 m
26.7.25.	Auger	F	Abrial-Peyret	720 m
8.8.28.	Edg.Dittmar	D	Albert	775 m
25.4.29.	Joh.Nehring	D	Darmstadt	1209 m
20.7.29.	Kronfeld	Oe.	Wien	2025 m
30.7.29.	Kronfeld	Oe.	Wien	2560 m
16.2.34.	Heini Dittmar	D	Condor	4350 m
5.8.38.	Drechsel	D	Minimoa Einsitzer	6687 m
18.9.37.	Ziller	D	Kranich Mehrsitzer	3304 m

Der Rekordflug von D r e c h s e l war in einer Gewitterwolke
erflogen worden und ging bis in eine absolute Höhe von über 8000
m ü.M.

Flugzeugbau, Anhang II.

Bl. 7

Die Dauer - Rekorde :

1891	Otto Lilienthal	D	Eigenkonstr.	unbekannt
8.1902	Gebr. Wright	USA	Eigenkonstr.	26 sec.
1.1903	Gebr. Wright	USA	Eigenkonstr.	1,12 min.
1910	Orville Wright	USA	Eigenkonstr.	11 min.
30.8.21.	W. Klemperer	D	Blaue Maus	13 min.
5.9.21.	A. Martens	D	Vampyr	15,6 min.
13.9.21.	Harth	D	Harth-Messerschmitt	21,3 min.
18.8.22.	A. Martens	D	Vampyr	1,06 Std.
19.8.22.	Hentzen	D	Vampyr	2,00 Std.
24.8.22.	Hentzen	D	Vampyr	3,06 Std.
22.9.22.	Maneyrol	F	Peyret-Tandem	3,21 Std.
3.1.23.	Thoret	F	Henriot H.D.14	7,03 Std.
23.1.23.	Maneyrol	F	Peyret	8,05 Std.
31.1.23.	Barbot	F	Dewoitine	8,36 Std.
18.5.24.	Ferd. Schulz	D	F.S.3	8,42 Std.
26.7.25.	Massaux	Belg.	Poncelet Vivette	10,29 Std.
2.10.25.	Ferd. Schulz	D	Moritz	12,06 Std.
3.5.26.	Ferd. Schulz	D	Westpreussen	14,07 Std.
20.10.29.	Dinort	D	Eigenkonstr.	14,43 Std.
1932.	William Coke	USA	Nighthawk	21,55 Std.
3/4.8.33.	Kurt Schmid	D	Baby I Einsitzer	36,36 Std.
8/10.9.38.	Kahlbacher- Fuehringer	D	Mg - 9a Mehrsitzer	40,38 Std.

B. Entwicklung der Leistungssegelflugzeuge:

Betrachtet man den heutigen Stand der Entwicklung der Leistungssegelflugzeuge, so kann man rückläufig feststellen, dass drei Flugzeuggruppen von ausschlaggebender Bedeutung waren. Das waren die Konstruktionen von Klemperer-Aachen, die Segelflugzeuge von der Akaflieg der Techn.Hochschule Hannover und die Entwicklungen der Akaflieg Darmstadt. Später schlossen sich die Arbeiten der Akaflieg München und Breslau an. Doch behauptete sich am einflussreichsten nur die Akaflieg Darmstadt, die mit der Rhön-Rossitten Gesellschaft bzw. heute dem Deutschen Forschungsinstitut für Segelflug und den Konstruktionen von Wolf H i r t h konkurrierte.

Eine Gegenüberstellung der früheren "Leistungssegelflugzeuge" mit den heutigen darf nicht gemacht werden, da sonst die damaligen Segelflugzeuge nur noch als Übungsflugzeuge bezeichnet werden dürften. Und doch waren sie zu ihrer Zeit die besten Fluggeräte, die den Piloten zur Verfügung standen.

Eine Konstruktionsrichtung, die am Anfang der Segelfliegerei von grosser Bedeutung schien, war die der flügelgesteuerten Flugzeuge. Man wollte damit entgegengesetzt der üblichen Steuerung des Flügelanstellwinkels über ein Höhenleitwerk eine direkte Flügelanstellwinkeländerung durchführen. Damit erhoffte man eine kurzzeitige und plötzliche Anstellwinkeländerung hervorzurufen. Der dynamische Segelflug (Knoller-Betz-Effekt; Albatros-Wellensegelflug) schien somit in greifbare Nähe zu rücken.

Doch blieb der Aufbau dieser Flugzeuge den normal gesteuerten gleich, und gewann deshalb auf die weitere Entwicklung der Segelflugzeuge keinen Einfluss.

Als das erste Segelflugzeug, aus dem die Entwicklung der Leistungssegelflugzeuge herzuleiten ist, kann der "S c h w a r z e T e u f e l" von Klemperer - Aachen angesehen werden. Es ist ein Tiefdecker, Flügel dreiholmig und freitragend, sowie zwei verschaltete Kufenträger. Erstaunlich ist das spezifische Flügengewicht mit nur $1,6 \text{ kg/m}^2$. Das Rüstgewicht betrug 65 kg.

Aus diesem Flugzeug entstand 1921 als Weiterentwicklung die "B l a u e M a u s" mit nur einem Rüstgewicht von 53 kg. Der Pilot sass tiefer im Rumpf und störte damit die Strömung nur noch gering.



Den grössten konstruktiven Einfluss bis in die heutige Zeit übte der "V a m p y r" aus, indem dieses Segelflugzeug als erstes eine einholmige Flügelbauweise mit verdrehsteifer Flügelnase vorwies. Damit war der Weg gewiesen für leichte Flügel mit grosser Spannweite und genügender Steifigkeit gegen Drehung und Biegung. Dieser bahnbrechende Entwurf stammte von Prof. Madelung (Techn.Hochschule Stuttgart) und wurde damals von der Akaflieg Hannover durchgeführt. Die zu lösende Aufgabe bestand darin, ein Flugzeug mit geringster Sinkgeschwindigkeit zu konstruieren.

Im Jahre 1922 kamen die Flugzeuge "E d i t h" und "G e h e i m r a t" in die Rhön. Mit diesen Flugzeugen begann für die Akaflieg Darmstadt eine Entwicklung von Segelflugzeugen, die lange Zeit in der Konstruktion von Leistungssegelflugzeugen führend wurde.

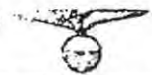
Das Segelflugzeug "Edith" ist ein einfach aufgebauter verstreibter Hochdecker, mit zweiteiliger, zweiholmiger Fläche. Die "Edith" zeigte in ihrem Aufbau schon Merkmale, aus denen von Lippisch und Stamer das billige und in den Jahren 1926 bis 1930 viel geflogenen Übungsflugzeug "Prüfling" für den Gruppenmachbau entwickelt wurde.

Das freitragende Leistungssegelflugzeug "K o n s u l", -Rhönwettbewerb 1923 -, mit 18,7 m Spannweite, zeigte zu jener Zeit schon alle Merkmale unserer heutigen Leistungssegelflugzeuge : grosse Spannweite, runder Rumpf, normale Steuerung, gute Pilotenunterbringung etc.

In den Jahren 1924/25 trat ein gewisser Stillstand in der Weiterentwicklung der Flugzeuge ein. Abgesehen von den Flugeigenschaften der vorhandenen Flugzeuge, glaubte man keine grösseren Leistungen mehr vollbringen zu können. Der Grund war darin zu finden, dass die Energiequellen des Luft- raumes für grössere Flüge unbekannt waren. Erst die Gründung des Deutschen Forschungsinstitutes für Segelflug in Darmstadt gab neuen Auftrieb.

Wiederum die Akaflieg Darmstadt brachte 1926 einen neuen Leistungs- segler heraus und zwar die "W e s t p r e u s s e n" ein Hochdecker, frei- tragend und mit 16 m Spannweite.

Weiter folgte die "D a r m s t a d t I" ebenfalls freitragend und mit 16 m Spannweite. Bei einer normalen Flächenbelastung von 12 kg/m^2 wurde im wesentlichen auf guten Gleitwinkel bei guter Sinkgeschwindigkeit geachtet. Das in den Vordergrundstellen des guten Gleitwinkels war eine Forderung, die sich damals aus der Hangsegelei ergab.



Von Hang zu Hang mussten aufwindlose oder auch Abwindgebiete überbrückt werden, wobei weniger die Sirkeschwindigkeit massgebend war, als der beste Gleitwinkel.

Aus der "Darmstadt I" wurde dann die "D a r m s t a d t II" entwickelt und durch Vergrößerung der Spannweite von 16 auf 19 m die Leistung verbessert.

Das Jahr 1928 brachte eine neue Entwicklungsreihe von Segelflugkonstruktionen. Seit 1926 waren von dem deutschen Forschungsinstitut für Segelflug Zeichnungen für Anfänger- und Übungsflugzeuge an die Gruppen abgegeben worden. Es wurde ein dringendes Bedürfnis, ein billiges und einfach zu bauendes Leistungssegelflugzeug für den Nachbau in den Gruppen zu haben. So entstand der "P r o f e s s o r", eine Entwicklung von Lippisch. Es war ein mit V-Stiel abgestrebter Hochdecker und zweiteiliger Fläche, einholmig und mit drehsteifer Nase. Der Rumpf hatte sechseckigen Querschnitt.

Diese zum Nachbau reife Maschine warf aber sofort die Frage auf, ob durch diese Entwicklung nicht ein Stillstand und Trägheit für weitere Konstruktionen entstehen könnte. Vielleicht blieben durch die Billigkeit dieser Konstruktion einige weitere Entwürfe auf dem Papier stecken. Doch unterblieben hiermit viele laienhafte Konstruktionen, die höchstens die Weiterentwicklung gehemmt hätten.

Aus dem "Professor" wurde von Lippisch die entscheidende "W i e n" entwickelt. Das Flugzeug war aerodynamisch gegenüber seinem Vorgänger verfeinert worden, aus 16 m Spannweite wurden 19 m, das Seitenverhältnis von 1 : 14 auf 1 : 20 erhöht. Als Profil: Gö 549 mit verdickter Nase und etwas stärker gewölbt. Der Rumpf wurde rund gehalten und im Querschnitt möglichst klein, um weitestgehend Widerstand zu vermeiden. Um geringste Aufwinde zum Segeln noch ausnützen zu können, wurde auf geringste Sinkgeschwindigkeit und geringste Flächenbelastung hingearbeitet.

In diese Zeitperiode fallen zwei Entwicklungen der Akaflieg München, die wert sind, genannt zu werden. Das "M ü n c h n e r K i n d l" brachte eine neue Flügelbauweise. Die sperrholzbeplankte drehsteife Flügelnase, die noch mit Längsstegen ausgesteift war, wurde zur Aufnahme der Biegekräfte herangezogen.



Der nun aus Aussenhaut und Stegen bestehende dünnwandige Kastenholm nimmt Biegung und Verdrehung gleichzeitig auf, während in den sonst bekannten Bauweisen bei Holm und Flügelnase jede dieser Beanspruchungen im wesentlichen getrennt durch Holm und Sperrholznase laufen musste. So ergab sich durch gute Ausdimensionierung und Ausnützung der Baustoffe ein festigkeits - spezifisch leichteres Flügelgewicht. Das "Münchner Kindl" hatte eine Spannweite von 15 m. Die Weiterentwicklung daraus war die "K a k a d u". Ähnlich wie beim "Münchner Kindl" wurden die Biege- und Torsionskräfte durch die mit Stegen versteifte Flügelnase aufgenommen. Die Spannweite wurde auf 19,2 m erhöht, und der Flügel als freitragend für diese Spannweite zweiteilig ausgeführt. Die Zweiteilung erfolgte aus Gründen der Montage und Demontage, sowie des Transportes. Erstmals wurde an diesem Flugzeug das von Lippisch entwickelte Profil Gö 652 angewandt. - Dieses Profil galt übrigens für lange Jahre als das Profil durch seine gute Messergebnisse, sofern in der Konstruktion auf kleinste Sinkgeschwindigkeit abgestellt wurde.

Mit der "A u s t r i a", eine Entwicklung von Kupper, Akaflieg München, kam das Segelflugzeug mit den extremsten Massen bis zum heutigen Tag an den Start. Kupper wollte ohne Rücksicht auf Kurvenwendigkeit und gute Handlichkeit des Flugzeuges ein Minimum an Sinkgeschwindigkeit bei sehr gutem Gleitwinkel erzielen. Die gestellten Aufgaben sind leistungsmässig sicher mit diesem Entwurf erreicht worden, doch verlor das Flugzeug bei einem Wolkenflug die beiden Flügelaussenenden, wahrscheinlich durch Flügelschwingungen, und zertrümmerte beim Absturz vollkommen. Die heutigen Wendigkeitsforderungen und auftretenden Beanspruchungen im Wolkenflug, abgesehen von den hohen Baukosten, dürften so einen Bau für die heutige Segelfliegerei als unbrauchbar betrachten. Als Profil wurde Gö 652 verwendet. Für den Schnellflug wurden die über die gesamte Hinterkante laufenden Querruder (insgesamt 6 Ruder) vom Piloten, unabhängig vom Knüppel, durch einen seitlich angeordneten Hebel trimmbar ausgeführt. Damit konnte die Wölbung des stark gewölbten Profiles für den Schnellflug verkleinert werden. Der Pilot war in einem Boot untergebracht. Das Tragwerk sass auf einem hohen Hals, der aus dem Boot herauswuchs. Und aus diesem Rumpfhals wuchs wiederum ein dreh- und biegungssteifes Rohr heraus, das das Höhenleitwerk und ein doppelseitiges Seitenleitwerk trug. Das Seitenruder konnte normal für Kursänderungen gebraucht werden, war aber auch gegenläufig zu bedienen für Gleitwinkelverschlechterungen, indem die beiden Ruder als Bremsen wirkten.



Als wirklich wertvolle Neuerung war das anzuschauen, dass Kupper für die Montage nur automatische Anschlüsse hatte, somit keine Spaltverkleidungen oder ähnliches benötigte.

Eine weitere Vervollkommnung der Lippischen Konstruktionen wurde der "F a f n i r I". Bei diesem Entwurf versuchte Lippisch in erster Linie die aerodynamische Frage einwandfrei zu lösen, wobei er den Uebergang von Fläche auf Rumpf speziell ins Auge fasste. Doch erst der "F a f n i r II" brachte dafür eine gute Lösung, nachdem Windkanalmessungen gute Resultate erbracht hatten. Der "Fafnir" ist ein freitragendes Flugzeug, Schulterdecker mit einer Spannweite von 19 m. Der Flügel hat in der Vorderansicht einen mövenähnlichen Knick. Mit dem Flügelknicke sollte die Kursstabilität erhöht werden und gleichzeitig die Flügelenden grösseren Abstand vom Boden erhalten. Der starke Trapezflügel wurde aus Gründen guter Querstabilität im Langsamflug aussen geschränkt. Das Profil 652 am Rumpfanschluss wurde bis zum Flügelknicke auf Gö 535 zugestreckt, und von dort bis zum Flügelende auf das Clark - Y - Profil. Um möglichst grosse Biegesteifigkeit im Flügel zu erreichen, wurde in der drehsteifen Nase vor dem Hauptholm noch ein Stützholme eingezoget. Erstmals findet man den Piloten vollkommen im Rumpf untergebracht.

Zu erwähnen ist bei den Entwürfen von Lippisch, - "Professor" - "Wien" - "Fafnir" -, dass sie alle einen langen runden Rumpf hatten, womit gute Flugeigenschaften über Quer- und Hochachse erzielt wurden. Eine Eigenschaft, die vom Pilot jederzeit als angenehm empfunden wird, da feine und kleine Steueraussschläge genügen zur Korrektur der Flugbahn.

Nun folgt eine ausgesprochene Entwicklungsperiode der nachbaufähigen Segelflugzeuge. Die Typen "Grunau Baby", "Rhönbussard", "Rhönadler", "Condor" usw., nachbaufähige Typen für den Gruppenbaubetrieb, verbreiteten rasch den Leistungssegelflug auf grosser Basis.

Das "G r u n a u B a b y I" und "G.B.II" wurden als Uebungsflugzeuge entwickelt. Die Einfachheit ihrer Bauweise brachte mit sich, dass dieses Flugzeug im fabrikmässigen Serienbau bei Schneider/Grunau eine Serienzahl von über 300 erreichte.



Der "R h ö n a d l e r" sollte neben guten Leistungen besonders billig und einfach in der Herstellung sein. Diese Lösung wurde auch gefunden durch Weglassen aller komplizierten Beschlüge etc., womit der Herstellungspreis äusserst nieder gehalten werden konnte. Es ist ein Hochdecker mit zweiteiligem Flügel, die geradlinig stark trapezförmig nach aussen verjüngt sind und sehr grosse Querruder haben. Das Profil war wieder ein Gö 652, doch mit geringerer Wölbung.

Gleichzeitig wurde der "C o n d o r" entwickelt. Er ist ein Hochdecker mit starkem Flügelknick, einholmig und mit drehsteifer Nase, die Flügel mit V-Strebe abgestützt. Zur Vereinfachung und Verbilligung der Konstruktion wurde der Rumpf und das Leitwerk des "F a f n i r" genommen. Im Jahr 1935 wurde der "Condor" nochmals verbessert, wobei der eigentliche Aufbau des Flugzeuges der gleiche blieb. Allein, das Profil änderte und wurde dünner und weniger gewölbt, um den Gleitwinkel und die Sinkgeschwindigkeit bei höheren Fluggeschwindigkeiten zu verbessern.

Für Forschungszwecke schuf das Deutsche Forschungsinstitut für Segelflug den "S e e a d l e r". Der Rumpf war flugbootartig ausgebildet, für die Fläche wurden die Flügel des "Rhönadler" mit einigen Änderungen verwendet. Um auf dem Land zu landen, war hierfür eine Landekufe vorgesehen.

Die Akaflieg Darmstadt stellte sich die Aufgabe, ein Leistungssegelflugzeug zu konstruieren, um damit geringste Aufwindenergien ausnützen zu können. Der Entwurf, das "W i n d s p i e l", erfüllte diese gestellte Aufgabe vollauf. Die Lösung der guten Wendigkeit des Flugzeuges sowie der geringen Sinkgeschwindigkeit entsprach den gestellten Voraussetzungen, da damit schwache und engste Thermikschlänche ausgeflogen werden konnten. Das Flugzeug hatte nur ein Rüstgewicht von 63 kg bei einer Spannweite von 12 m.

In Verbindung mit dem "Windspiel" muss für den Konstrukteur eine Zwischenbemerkung eingeschaltet werden. Die Ausmasse dieses kleinen Leistungssegelflugzeuges können die Vermutung aufkommen lassen, dass die bis dahin übliche Bauweise mit grösseren Spannweiten und Rüstgewichten, ein falscher Weg war.

Dem muss entgegengehalten werden, dass so eine kleine Maschine für gewisse Wetterlagen wohl seine Vorteile hat, dass aber die Resultate der Wettbewerbe einwandfrei zeigten, wie die grösseren Maschinen durch höhere Geschwindigkeiten die besseren Resultate erreichten. Ausserdem spricht für die gebräuchliche Bauweise noch das, dass das extrem leicht gebaute, kleinspannige Flugzeug wesentlich teurer wird, als Flugzeuge von mittlerer und grösserer Spannweite.

Konstruktiv von Bedeutung am "Windspiel" waren die auf der ganzen Flügelhinterkante angeordneten Querruder, die auf Langsam- und Schnellflug vom Piloten während des Fluges getrimmt werden konnten. Das Seitenruder hat zur Erhöhung der Wirksamkeit eine drehbare Flosse, sodass bei Seitenruderausschlag diese mit verdreht wird und ein gewölbtes Profil entsteht.

Eine Folge der beiden Konstruktionen "Windspiel" und "Austria" war die, dass man in den Jahren um 1930 die Segelflugzeuge entsprechend ihrer Spannweite in Klassen einzuteilen suchte. Man wollte damit die Entwicklung des Kleinflugzeuges fördern und gleichzeitig verhindern, dass die Ausmasse zu extrem würden. Doch verlor diese Idee bald an Bedeutung, da die Leistungen der Segelflugzeuge mit Spannweiten von 16 - 19 m ihre unbedingte Leistungsfähigkeit gegenüber den anderen und viel teureren Flugzeugen unter Beweis gestellt hatten.

Der "R h ö n b u s s a r d" bewährte sich als Nachbaumaschine ebenfalls sehr gut. Sein Aufbau ist einfach und billig. Die Leistungen entsprechen einem mittleren Leistungssegelflugzeug. Der Entwurf war ebenfalls wie der des "Rhönadlers" von Jacobs.

Der durch seine Leistungssegelflüge bekannte Wolf Hirth brachte 1933 in Zusammenarbeit mit dem Aerodynamiker Dr. Wenk (Dornier-Werke Friedrichshafen) das "M o a z a g o t l" heraus, ein Flugzeug, welches durch seinen Aufbau ein sehr charakteristisches Aussehen erhielt, das bei der Weiterentwicklung "Minimoa" beibehalten wurde. Der starke Knick, die Pfeilform des Flügels und der erforderliche Schränkungssprung im Bereich des Knickes durch die zunehmende Flügeltiefe geben eine feste Kurvenlage, gute Kurs- und Längsstabilität, Eigenschaften, die besonders für den Blindflug wichtig und wertvoll sind. Die Spannweite ist 20 m, der Flügel wird mit einer Strebe abgefangen, ist einholmig und mit einer drehsteifen Nase versehen.



Die Drehkräfte werden durch ein kräftiges Schulterstück abgesetzt am Rumpf. Um die Flügelbelastung und damit die Reisegeschwindigkeit bei Streckenflügen zu erhöhen, konnte ein während dem Flug abwerfbarer Wasserballast mitgeführt werden. Damit nahm man eine Vergrößerung der Sinkgeschwindigkeit in Kauf, erreichte andererseits eine wesentliche Verbesserung der Reisegeschwindigkeit und Sinkgeschwindigkeit bei höheren Horizontalgeschwindigkeiten. - Aus dem "Moazagotl" wurde dann 1935/36 das Leistungssegelflugzeug "Minimoa" entwickelt, auf die später noch eingegangen wird. -

Der "Rhönbussard" wurde 1935 das Vorbild zu einer Weiterentwicklung und zwar dem "R h ö n s p e r b e r". Aus dem Hochdecker wurde ein zweiteiliger Mitteldecker mit etwas vergrößerter Spannweite, mit gleichen Flügelquerschnitten und ähnlichem Flügelgrundriss. Die bis anhin übliche Bauweise bei Mitteldeckern mit einem festen Mittelstück am Rumpf, wurde verlassen. Der Hauptholm wird durch die Rumpfwand gesteckt und die beiden aus dem Flügel herausschauenden Hauptholmstummel in der Mitte des Rumpfes zusammengeschlossen.

Die Flügeldrehkräfte werden über den Hinterholm an den Rumpfen abgesetzt. Auf diese Weise liess sich viel Baugewicht einsparen, da die Hälfte der sonst erforderlichen Hauptbeschläge und Verbindungsanschlüsse im Rumpf gespart werden. Der "Rhönsperber" war auch eine Leistungsmaschine, die für den Serienbau entwickelt wurde. Hauptgewicht beim Entwurf wurde auf die Ausgestaltung des Pilotensitzes gelegt, wobei verstellbarer Sitz und einstellbare Fusspedale zu erwähnen sind.

Erstmals wurden beim "Rhönsperber" Versuche gemacht, für die Landung die Sinkgeschwindigkeit zu erhöhen durch sogenannte Störklappen (Spoiler), die auf der Flächenoberseite angebracht waren. Diese Störklappen vernichteten in einem Teil des Flügels den Auftrieb, wodurch die Sinkgeschwindigkeit stieg und damit die Möglichkeit gegeben war, auf sehr kleinen Plätzen zu landen.

Auf die Entwicklung der Bremsklappen wird in einem späteren Kapitel hingewiesen, aus dem ersichtlich wird, wie aus der Störklappe die heutige doppelseitige Bremsklappe entstand.



Der "Rhönsperber" wurde bald das Vorbild zu weiteren Entwicklungen, die in ihren äusseren Formen sich sehr ähnlich blieben. Der "K r a n i c h" ein doppelsitziges Leistungssegelflugzeug mit 18 m Spannweite, war im Aussehen ein vergrösserter "Rhönsperber". Das Flugzeug war für die Blind- und Leistungsschulung entwickelt worden. Der zweite Pilot sass hinter dem ersten und hatte damit bei der Mitteldeckerbauweise volle Sicht nach oben beim Thermikflug, was von bestimmender Mitwirkung war beim Entwurf. Um das Flugzeug ohne Ballast einsitzig fliegen zu können, wurde der Flügel mit leichter Pfeilform versehen, womit der zweite Pilot in den Schwerpunkt zu sitzen kam.

Die beiden anderen Entwicklungen aus dem "Rhönsperber" waren erstens der "J u n i o r S p e r b e r" und zweitens der "H a b i c h t".

Der "Junior Sperber" war mehr eine Versuchsentwicklung für Studien der Formgebung, wie z.B. Grösse des Flügelknicks, Rumpfflügelübergang usw.; die Spannweite war von 15,3 m auf 16 m erhöht worden. Der Rumpf hatte einen ideell kleinen Querschnitt erhalten, da er nur für einen kleinen Piloten (Hanna Reitsch) angemessen war. Der "Habicht" sollte das einzige vollkunstflugtaugliche Segelflugzeug werden, war aber daher nicht mehr in die Klasse der Leistungssegelflugzeuge zu rechnen.

Die "Minimoa" von Wolf Hirth, eine Weiterentwicklung des "Moazagotl's" sollte ein serienreifes Leistungssegelflugzeug werden. Es durchschritt aber zuerst eine Entwicklungszeit, in der aus dem Schulterdecker ein Mitteldecker entstand. Auch hier soll durch leichte Pfeilform, starken Knick und Schränkungssprung im Bereich des Knicks feste Kurvenlage und gute Kursstabilität und Längsstabilität erreicht werden. Die Querruder sind im Innenbereich nicht in der normalen Weise aus dem Flügelumriss herausgeschnitten, sondern laufen aus der Flügelhinterkante mit einem starken Schwung auf volle Querrudertiefe heraus. Somit wird die Flügeltiefe ohne Uebergang wesentlich erhöht. Um den so entstehenden Auftriebsprung zu vermeiden, wird der Aussenflügel im Bereich des Knicks um einige Grad negativ geschränkt. Die Minimoa ist ebenfalls mit Störklappen ausgeführt worden, heute ist sie mit Bremsklappen versehen.



Als letztes Leistungssegelflugzeug ist noch das Muster "M e r l i n" von der Akaflieg München zu erwähnen. Trag- und Leitwerk waren aus Holz, der Rumpf ein Stahlrohrgerippe mit Stoffbespannung. Das Flugzeug war ein Schulterdecker mit zweiteiligem, freitragendem Flügel ohne Knick, einholmig mit drehsteifer Nase. Der Entwurf verlangte eine rasche Montage und Demontage. So wurde der Flügel unsymmetrisch geteilt, d.h. der Flügel mit dem grösseren Holmstummel wurde zuerst am Rumpf anmontiert, und der andere montierte man nur noch am Hauptholm und verband ihn am Hilfsholm mit dem Rumpf. Die Flügelhinterkante hatte ausser dem Querruder noch eine Trimmklappe, die zur Erhöhung des Auftriebs eingebaut war. Damit sollte die Geschwindigkeit herabgesetzt werden beim Ausfliegen von kleinen Thermikschläuchen. Zur Starterleichterung ist ein vom Piloten einziehbares Fahrgestell vorgesehen.

Zu dieser Zusammenstellung von Segelflugzeugtypen, die den hauptsächlichsten Einfluss auf die Entwicklung bis zum heutigen Tag hatten, sind folgende Bemerkungen als Zusammenfassung anzuschliessen:

Die alleinige Aufzählung von den deutschen Leistungssegelflugzeugen soll nicht den Anschein erwecken, dass der deutsche Segelflugzeugbau allein dominierend sei. Doch soll in einem weiteren Kapitel auf die Typen der anderen Länder und Staaten verwiesen werden, wobei die modernsten deutschen Typen ebenfalls erst eingereiht werden. Doch lässt die Entwicklung der deutschen Typen den Werdegang des Segelflugzeuges am ehesten und klarsten erkennen, da die ganze Entwicklung von staatlicher Seite unterstützt war durch die anfängliche Unterbindung der deutschen Motorfliegerei nach dem letzten Krieg.

Wenn man nun die ganze Entwicklung rückläufig betrachtet, so erkennt man, dass einige Richtlinien vorherrschend waren, die sich zwar oft und stark überschnitten. Sobald die flugmechanischen Forderungen sich klarer herauschälten, war in den ersten Jahren das Entwurfsziel eine geringe Sinkgeschwindigkeit. Später trat durch die Erfolge in den Wettbewerben eine Verbesserung des Gleitwinkels mehr und mehr in den Vordergrund. - "Konsul"! - Dann reihte sich daran eine Serie mit grösseren Spannweiten. - "Darmstadt I und II"! - Letzten Endes wurde Hauptwert auf die Formgebung gelegt. - "Wien", "Fafnir"! -

Gleichzeitig drängte sich den Konstrukteuren in den Jahren um 1930 die Frage der Flugeigenschaften immer mehr auf. Der Wolkenflug verlangte stabilere Flugzeuge, die Streckenflüge durften die Piloten durch die feineempfindlichen Ruder nicht mehr allzu sehr belasten. Mangelhafte Querstabilität, besonders beim Ueberziehen und zu grosse Empfindlichkeit des Höhenruders mussten unbedingt verschwinden.

Die immer grösser werdenden Streckenflüge forderten eine weitere Leistungssteigerung des Segelflugzeuges, und zwar sollte das Flugzeug eine grössere Geschwindigkeitsspanne haben. So werden guter Gleitwinkel bei geringer und höherer Fluggeschwindigkeit die Hauptforderung für Neuentwicklungen.

Der Rhönwettbewerb 1936 mit sehr schwacher Thermik verlangte dagegen wieder Typen mit geringer Sink- und Fluggeschwindigkeit. Doch sollten die obigen Forderungen nicht aufgegeben werden.

Durch das Zusammenwirken aller dieser Bedingungen wurde der Konstrukteur vor eine schwierige Aufgabe gestellt, die von ihm den Einsatz aller vorhandenen Erfahrungen erforderte. Er musste sich Rechenschaft ablegen, welche Aufgabe der zu entwickelnde Typ zu erfüllen habe, oder auf wessen Kosten er die eine oder andere Forderung mehr oder weniger gut in Rechnung ziehen dürfe. Doch dürfte heute das Kompromiss - Leistungssegelflugzeug die Oberhand gewonnen haben. Es ist aber zu bemerken, dass die Lösung sämtlicher Erfordernisse bis zum möglichsten Maximum in einem Flugzeug, eine kostspielige Entwicklung und Bauweise verlangt. Ein Typ, der nur auf eine bestimmte Flugbeanspruchung Rücksicht nimmt, gestattet die notwendige Rechnung und zugehörige Konstruktion jederzeit einfach und billiger auszuführen.

Was die Profile anbetrifft, sei zusammenfassend gesagt, dass anfänglich hochgewölbte und dicke Profile zur Erreichung eines hohen $C_{a_{max}}$ vorherrschend waren, um später einem Profil mit mittlerer Dicke und Wölbung Platz zu machen, Gö 535 z.B.. Die heutige Entwicklung zeigt dagegen, dass sich die Profildicke sowie die Wölbung weiter verringert, und zwar werden heute schon Profile mit konvexer Unterseite verwendet.



Die Spannweite hat gezeigt, dass den jetzigen Forderungen entsprechend ein Mittelwert von 17 m - 19 m das günstigste Mass ist, um ein Flugzeug mit besten Flugeigenschaften zu haben, vor allem bester Qualität bei engstem Kurvenflug.

Die äussere Form des Segelflugzeuges hat in den Jahren der Entwicklung manche radikale Neuerung erfahren. Gesichtspunkte wie: sorgfältige Gestaltung des Aussenflügels durch gute Profilierung und geringere Profilwölbung, grössere Querrudertiefen, hinreichende Schränkung des Aussenflügels, Erhöhung der Seitenstabilität durch Knick, waren vorherrschend. Heute liegt das Hauptgewicht auf dem Flügelumriss mit sorgfältiger Schränkungsverteilung.

Die heute zur Verfügung stehenden Bauvorschriften für Segelflugzeuge entwickelten sich gleichzeitig. Und so ist es auch hier wie im Motorflugzeug zur Bestimmung geworden, dass nur Segelflugzeuge zugelassen werden, die diesen Bauvorschriften genügen.

Die folgenden Typenskizzen geben noch Aufschluss über Bau- und Leistungsdaten der genannten Leistungssegelflugzeuge.



Entwicklung der Leistungssegelflugzeuge.

<u>Jahrgang:</u>	<u>Leistungstyp:</u>	<u>Flugzeugdaten:</u>



1920

„Schwarzer Teufel“

$$b = 9,5 \text{ m}$$
$$G_L = 65 \text{ kg}$$



1921

„Vampyr I“

$$b = 12,6 \text{ m}$$
$$\lambda = 1:10$$
$$G/F = 11 \text{ kg/m}^2$$
$$E = 1:15$$
$$W_S = 0,77 \text{ m/s (Rechnung)}$$
$$F = 16 \text{ m}^2 - G\delta 482$$



1922

„Greif“

$$b = 11,6 \text{ m}$$
$$\lambda = 1:10$$
$$F = 15 \text{ m}^2$$
$$G_{\pi} = 176,4 \text{ kg}$$
$$G/F = 11,8 \text{ kg/m}^2$$
$$G\delta 449$$



1922

„Edith“

$$\begin{aligned}b &= 12,6 \text{ m} \\ G/F &= 10,7 \text{ kg/m}^2 \\ F &= 15,0 \text{ m}^2 \\ \lambda &= 1:10,6 \\ G_{Fl} &= 160 \text{ kg} \\ G_0 &= 426\end{aligned}$$



1922

„Geheimrat“

$$\begin{aligned}b &= 12,1 \text{ m} \\ G/F &= 11,6 \text{ kg/m}^2 \\ F &= 14,3 \text{ m}^2 \\ \lambda &= 1:10,2 \\ G_{Fl} &= 160 \text{ kg}\end{aligned}$$



1923

„Konsul“

$$\begin{aligned}b &= 18,7 \text{ m} \\ G/F &= 9,1 \text{ kg/m}^2 \\ F &= 22,0 \text{ m}^2 \\ \lambda &= 1:18 \\ G_H &= 200 \text{ kg} \\ G_0 &= 535\end{aligned}$$



1927

„Darmstadt“

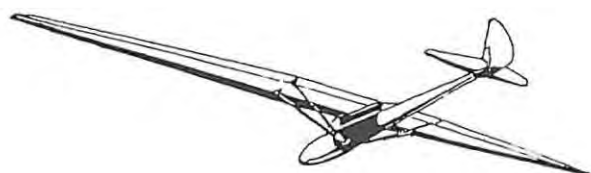
$$\begin{aligned}F &= 16,9 \text{ m}^2 \\ G/F &= 14,8 \text{ kg/m}^2 \\ G_H &= 250 \text{ kg} \\ b &= 18,0 \text{ m} \\ \lambda &= 1:19,4 \\ &\text{Joukowsky mittelst.}\end{aligned}$$



1928

„Professor“

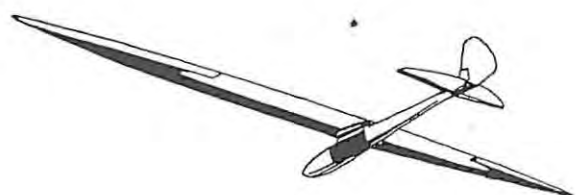
$$\begin{aligned}F &= 18,6 \text{ m}^2 \\ G/F &= 13,0 \text{ kg/m}^2 \\ b &= 16,0 \text{ m} \\ G_{Fl} &= 246 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:14 \\ G_0 &= 549\end{aligned}$$



1929

„Wien“

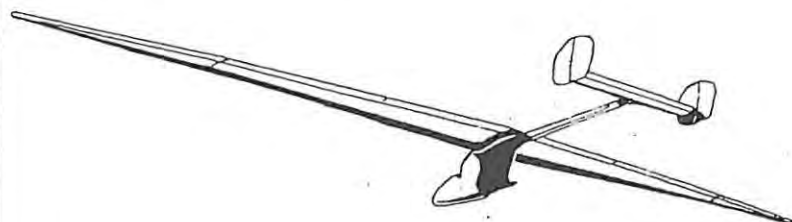
$b = 19,1 \text{ m}$
 $G/F = 13,8 \text{ kg/m}^2$
 $G_L = 156 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:20$
 $F = 18,6 \text{ m}^2$
 $G_{Fl} = 248 \text{ kg}$
 $Gö = 549 \text{ geändert}$



1928

„Kokadu“

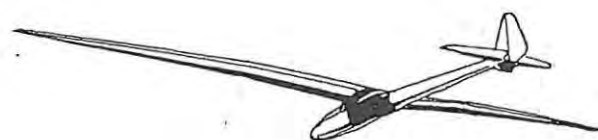
$b = 19,2 \text{ m}$
 $\lambda = 1:21$
 $F = 17,6 \text{ m}^2$
 $G/F = 14,7 \text{ kg/m}^2$
 $G_H = 258,6 \text{ kg}$
 $Gö = 652$



1930

„Austria“

$b = 30,0 \text{ m}$
 $\lambda = 1:25,5$
 $F = 34,97 \text{ m}^2$
 $G_H = 482,4 \text{ kg}$
 $G/F = 13,8 \text{ kg/m}^2$
 $Gö = 652$



1930

„Fafnir I“

$b = 19,0 \text{ m}$
 $\lambda = 1:19,4$
 $\varepsilon = 1:20$
 $W_s = 0,76 \text{ m/s}$ $G/F = 16,9 \text{ kg/m}^2$
 $F = 18,6 \text{ m}^2$ $G_H = 315 \text{ kg}$
Innenflügel: $Gö 652$
am Knick: $Gö 535$
Aussenflügel: Clark Y



1930

„MS II“

$b = 20 \text{ m}$
 $G/F = 13,6 \text{ kg/m}^2$
 $G_H = 272 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:20$
 $F = 20 \text{ m}^2$
 $Gö = 535$



1931

„Kassel 25“

$$\begin{aligned} b &= 18,0 \text{ m} \\ G/F &= 14,0 \text{ kg/m}^2 \\ G_{fl} &= 217 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:20,9 \\ F &= 15,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$



1933

„Rhönadler“

$$\begin{aligned} b &= 17,4 \text{ m} \\ G/F &= 14,4 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 170 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:16,8 \\ \varepsilon &= 1:20 \\ w_s &= 0,75 \text{ m/s} \\ G_{fl} &= 260 \text{ kg} \\ F &= 18,0 \text{ m}^2 \\ &\text{Entw. aus Gö 652} \end{aligned}$$



1934

„Seeadler“

$$\begin{aligned} b &= 17,36 \text{ m} \\ G/F &= 17,9 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 240 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:16,5 \\ \varepsilon &= 1:20 \\ w_s &= 0,80 \text{ m/s} \\ G_{fl} &= 330 \text{ kg} \\ F &= 18,4 \text{ m}^2 \\ &\text{Entw. aus Gö 652} \end{aligned}$$



1935

„Condor II“

$$\begin{aligned} b &= 17,24 \text{ m} \\ G/F &= 19,75 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 230 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:18,4 \\ \varepsilon &= 1:26 \\ w_s &= 0,65 \text{ m/s} \\ G_{fl} &= 320 \text{ kg} \\ F &= 16,2 \text{ m}^2 \\ &\text{Gö 532} \end{aligned}$$



1932

„Windspiel“

$$\begin{aligned} b &= 12,0 \text{ m} \\ G/F &= 12,6 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 54 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:12,6 \\ \varepsilon &= 1:22 \\ w_s &= 0,58 \text{ m/s} \\ G_{fl} &= 144 \text{ kg} \end{aligned}$$



1933

„Rhönbussard“

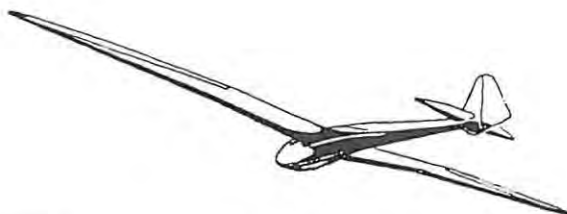
$$\begin{aligned} b &= 14,3 \text{ m} \\ G/F &= 17,4 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 155 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:14,6 \\ \varepsilon &= 1:20 \\ w_s &= 0,75 \text{ m/s} \\ G_{Fl} &= 245 \text{ kg} \\ F &= 14,1 \text{ m}^2 \\ G\ddot{o} &= 535 \end{aligned}$$



1933

„Moazagottl“

$$\begin{aligned} b &= 20,0 \text{ m} \\ G/F &= 14,0 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 190 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:20 \\ \varepsilon &= 1:23 \\ w_s &= 0,58 \text{ m/s} \\ G_{Fl} &= 280 \text{ kg} \\ F &= 20 \text{ m}^2 \\ DfS &= Entw. \end{aligned}$$



1934

„Fafnir II - Sao Paulo“

$$\begin{aligned} b &= 19,0 \text{ m} \\ G/F &= 19,7 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 270 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:19 \\ \varepsilon &= 1:27 \\ w_s &= 0,65 \text{ m/s} \\ G_{Fl} &= 375 \text{ kg} \\ F &= 19,0 \text{ m}^2 \\ DfS &= Entw. \end{aligned}$$



1934

„Rhönsperber“

$$\begin{aligned} b &= 15,3 \text{ m} \\ G/F &= 16,9 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 162 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:15,3 \\ \varepsilon &= 1:20 \\ w_s &= 0,72 \text{ m/s} \\ G_{Fl} &= 255 \text{ kg} \\ F &= 15,1 \text{ m}^2 \\ G\ddot{o} &= 535 \end{aligned}$$



1935

„Kranich“

$$\begin{aligned} F &= 22,7 \text{ m}^2 / G\ddot{o} 535 \\ b &= 18,0 \text{ m} \\ G/F &= 19,3 \text{ kg/m}^2 (15,2 \text{ kg/m}^2) \\ G_L &= 265 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:14,3 \\ \varepsilon &= 1:24 \\ w_s &= 0,70 \text{ m/s} \\ G_{Fl} &= 435 \text{ kg} (345 \text{ kg}) \end{aligned}$$



1936

„Habicht“

$$\begin{aligned}b &= 13,6 \text{ m} \\ G/F &= 18,35 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 190 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:11,7 \\ \varepsilon &= 1:21 \\ w_s &= 0,80 \text{ m/s} \\ G_R &= 290 \text{ kg} \\ F &= 15,8 \text{ m}^2 \\ &\text{DFS. Entw.}\end{aligned}$$



1936

„Mü 13 - Atalante“

$$\begin{aligned}b &= 16,0 \text{ m} \\ G/F &= 15,8 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 153 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:15,5 \\ \varepsilon &= 1:28 \\ w_s &= 0,60 \text{ m/s} \\ G_R &= 260 \text{ kg} \\ F &= 16,5 \text{ m}^2\end{aligned}$$



1936

„Gö 3 - Minimoa“

$$\begin{aligned}b &= 17,0 \text{ m} \\ G/F &= 15,5 \text{ kg/m}^2 \\ G_L &= 224 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:14,5 \\ \varepsilon &= 1:26 \\ w_s &= 0,65 \text{ m/s} \\ G_R &= 310 \text{ kg} \\ F &= 20 \text{ m}^2 \\ &\text{Gö 681 verdünnt}\end{aligned}$$

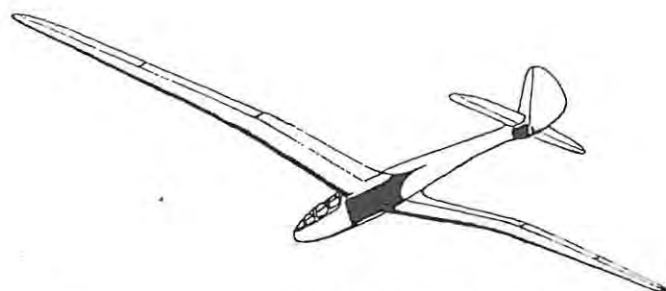


1936

„Juniorsperber“

$$\begin{aligned}b &= 15,6 \text{ m} \\ G/F &= 16,0 \text{ kg/m}^2 \\ G_R &= 260 \text{ kg} \\ \lambda &= 1:11,7 \\ F &= 15,9 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Gö 535



1937

„DFS-„Reiher“

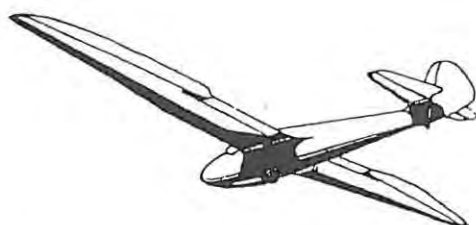
$b = 19,0 \text{ m}$
 $F = 19,16 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:18,85$
 $G_H = 315 \text{ kg}$
 $G/F = 16,44 \text{ kg/m}^2$
Gö 549-676



1939

DFS „Olympia (Meise)“

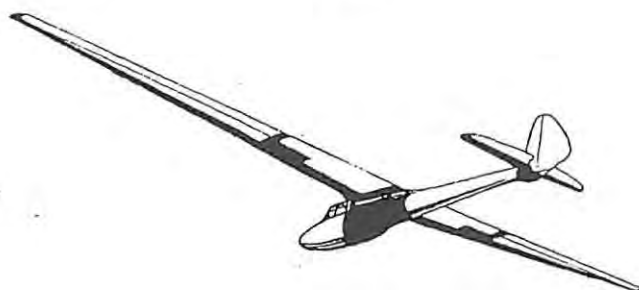
$b = 15,0 \text{ m}$
 $F = 15,0 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:15$
 $G_H = 252 \text{ kg}$
 $G/F = 17,0 \text{ kg/m}^2$
Gö 549-676



1939

„Goe vier“

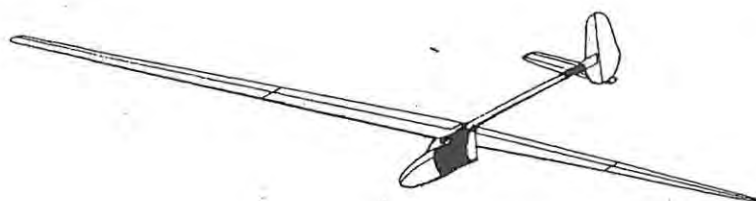
$b = 14,8 \text{ m}$
 $F = 19,0 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:11,9$
 $G_H = 380 \text{ kg}$
 $G/F = 18,43 \text{ kg/m}^2$
Jaukowsky geändert



1938

DFS „Weihe“

$b = 18,0 \text{ m}$
 $F = 18,2 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:17,8$
 $G_H = 335 \text{ kg}$
 $G/F = 18,4 \text{ kg/m}^2$
Gö 549



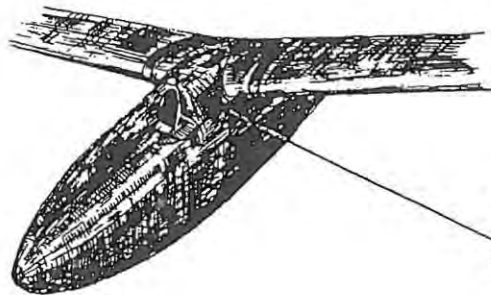
1938

„D-30“

$b = 20,1 \text{ m}$
 $F = 12,0 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:30$
 $G_H = 275 \text{ kg}$
 $G/F = 22,9 \text{ kg/m}^2$
NACA 23012



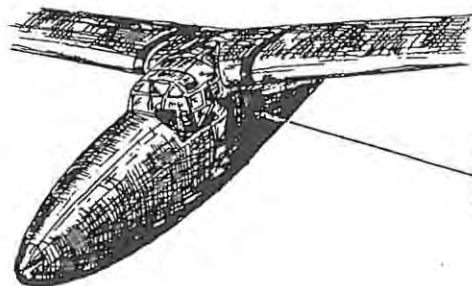
1930



„Fafnir Ib“

ovaler Übergang von Nase
mit Flügel, keine Ablösungen
mehr

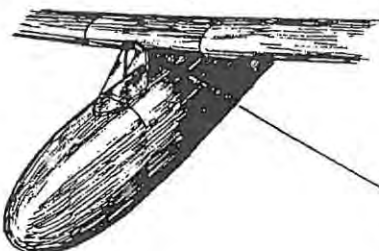
1931



„Fafnir Ic“

geschlossene Führersitz-
haube, aerodynamisch gute
Lösung, gute Sicht.

1932

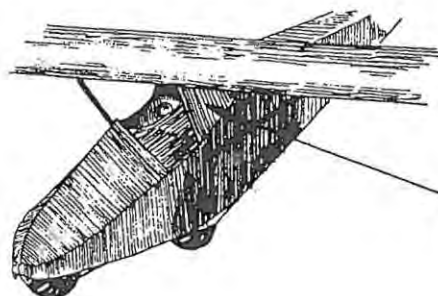


„Windspiel“

Flügel mittelstück fest am
Rumpfhals mit Anschluss be-
schlägen für Flügel.



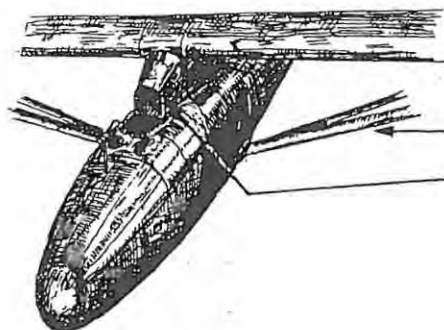
1920



„Vampyr“

Rumpf-Flügel Übergang nur
nach bautechnischen Gesichtspunkten gelöst.

1928

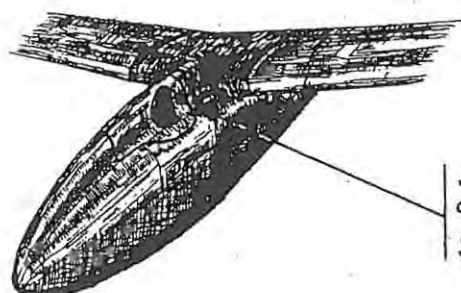


„Wien“

V-Strebe

Pilotsitz offen mit Wind-
abfluss am Rumpfhals.

1930

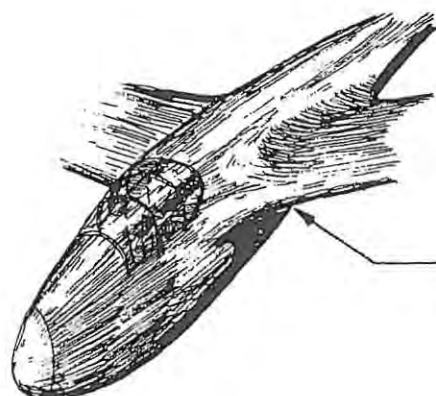


„Fafnir Ia“

Schlechter Abfluss; Übergang
der runden Nase mit Flügel er-
gab Ablösungen. (Leitwerkschütteln).



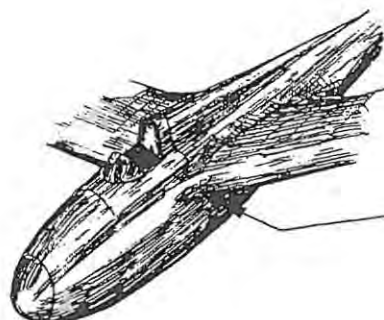
1934



„Fafnir II –
Sao-Paulo“

Idealer Flügel-Rumpfübergang,
Haube in Rumpfform eingepasst.

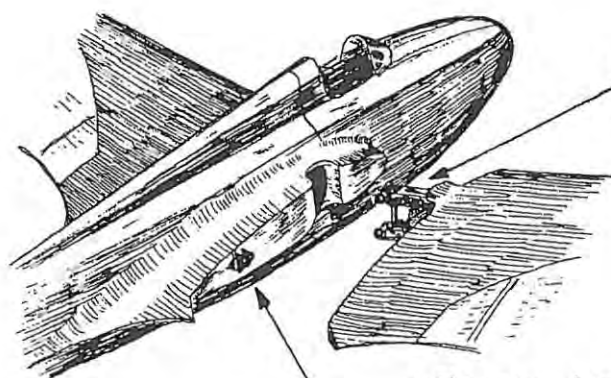
1934



„Rhönsperber“

Idealausgebildeter
Rumpf-Flügelübergang

193



„Habicht“

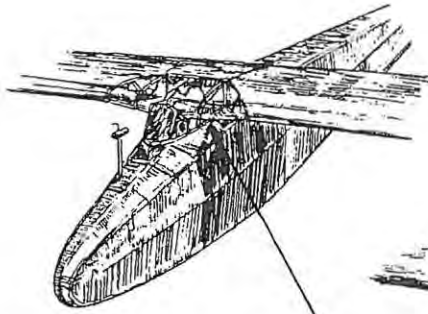
einschiebbarer
Holmstummel,
Verbindung mit linker
Fläche (im Rumpf).

Flügelverbindung rechts
mit Rumpf.

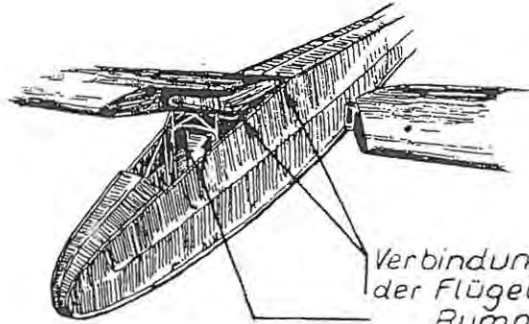


„Mü 13 - Atalante“

1936



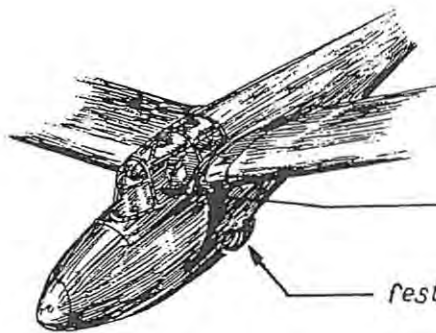
geschlossene Haube, bildet
gleichzeitig Rumpf-Flügel-
Übergang auf Vorderseite.



Verbindungsbeschläge
der Flügelanschlüsse
Rumpfanschlüsse

„Minimoa“

1936

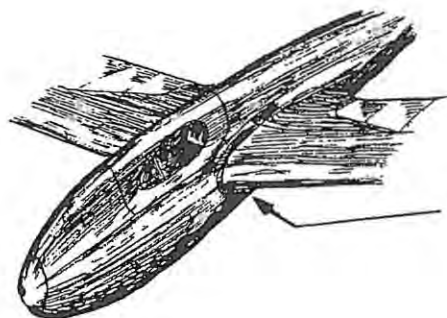


geschlossene Haube,
sehr gute Sicht.

festeingebautes Startrad.

„Junior-Sperber“

1936



Idealster Flügel-Rumpfübergang



Flugzeugbau, Anhang II

Bl. 31

C. Zusammenstellung der modernsten Segelflugzeugtypen
bis zum Jahr 1941.

Einsitzer:

Nation:	Typ:	Fachliteratur:
Schweiz	S 18 II Moswey II Spyr III Spyr IV Elfe Pl	Schweiz. Aero-Kalender 1941 " " " "
Deutschland	Reiher D-30 Olympia-Meise Merle - Mü 17	Luftwissen 1939/3 Typenbuch 1941/1942 Flugsport 1938/14 " 1939/6 " 1939/10
Polen	PWS - 101 Orlik II	" 1937/14, 1937/17 " 1937/14
Italien	Arcore CVV 3 Papero CVV 5	" 1941/2 " 1941/2
England	Petrel Hjordis	" 1939/5 " 1937/14
Ungarn	M 22	" 1938/3
Russland	Spartakus I	" 1937/2
Japan	Nippon-Tombo Tempu - 2	" 1941/7 " 1941/7
USA	Bowlus-Baby- Albatros	" 1940/20
Jugoslawien	Utra MJ-1	" 1938/20
Holland	V - 20	" 1939/13

Mehrsitzer:

Deutschland	Goevier 2-sitzig EW 2 4-sitzig Mü 15 2-sitzig Kranich 2-sitzig	" 1938/6, 1939/11 " 1940/4 " 1941/8 " 1936/11
Italien	Cat. 28 2-sitzig	" 1941/13
Russland	Stachanowez 2-sitzig BP - 3 2-sitzig	" 1937/2 " 1937/2
USA	SGS 2-8 2-sitzig	" 1940/19
England	Gull II 2-sitzig	" 1937/4
Schweiz	S 21 2-sitzig	Schweiz. Aero-Kal. 1941








Betrachtet man bei der konstruktiven Entwicklung der Leitungssegelflugzeuge speziell die Flügel-Rumpf-Uebergänge, so ist der Einfluss des Aerodynamikers leicht zu erkennen. Das beste Bild hierfür bieten die verschiedenen Formen des "Fafnir". Die Messungen, die dort ausgeführt wurden im Windkanal, ergaben einwandfreie Resultate über die Interferenz - Einflüsse bei den Uebergängen zwischen Flügel einerseits und dem Rumpf andererseits. Man erkannte, dass die Art der Ausbildung dieses Ueberganges von ausschlaggebender Bedeutung für Flugleistung und Flugeigenschaft sein konnte. Schlecht und falsch ausgebildete Uebergänge ergaben Ablösungen an diesen Stellen, und damit entstand eine Beeinflussung in erster Linie auf das Leitwerk, welches in seiner Anströmung im Bereich dieser Wirbelbildung lag.

Untenstehende Tabelle mit Skizzen (-Auszug aus dem NACA-Report No. 540/1935-) zeigt die gegenseitige Beeinflussung von Rumpf und Flügel am anschaulichsten durch Vergleich der c_w -Werte.

Konstruktiv war die Anordnung dieser Uebergänge nicht so leicht zu lösen, da die Oberfläche mit Sperrholz beplankt sein sollte, aber als Leimfläche eine volle Unterlage verlangte, um die dreidimensionale Formgebung übernehmen zu können.

NACA - Report No. 540 / 1935 .

(Interferenz = gegenseitige Beeinflussg.)

	α	c_a	c_w
Flügel allein	---	0.00	0.0093
	- 4	0.03	0.0136
	0	0.15	0.0132
	4	0.18	0.0132
	8	0.18	0.0134
	0	0.02	0.0124
	0	0.00	0.0115
	0	-0.02	0.0124
	-4	-0.18	0.0132
	0	-0.15	0.0132
	4	-0.03	0.0136
	8	-0.05	0.0144



Flugzeugbau, Anhang II

Bl. 32

Betrachtet man die einzelnen Konstruktions- und Leistungsdaten zusammenfassend nach untenstehenden Segelflugzeugtypen (Bl. 33 ÷ 42), so ergeben sich folgende Mittelwerte:

für Einsitzer:

Spannweite	b	$= 15,0 \div 17,0 \text{ m}$
Tragfläche	F	$= 14,0 \div 15,2 \text{ m}^2$
Leergewicht	G_L	$= 150 \div 180 \text{ kg}$
Fluggewicht	G_{Fl}	$= 230 \div 270 \text{ kg}$
Flächenbelastung	G/F	$= 16,5 \div 17,8 \text{ kg/m}^2$
Sinkgeschwindigkeit	w_s	$= 0,61 \text{ m/s}$
Flügelstreckung	λ	$= 1 : 17,5$
Gleitzahl	ξ	$= 1 : 27$

als Vergleich das Olympiade-Einheitssegelflugzeug "Olympia-Meise":

b	$= 15,0 \text{ m}$	G/F	$= 17,0 \text{ kg/m}^2$
F	$= 15,0 \text{ m}^2$	w_s	$= 0,67 \text{ m/s}$
G_L	$= 160 \text{ kg}$	λ	$= 1 : 15$
G_{Fl}	$= 255 \text{ kg/m}^2$	ξ	$= 1 : 25$

für Mehrsitzer (Doppelsitzer):

b	$= 17,3 \text{ m}$	G/F	$= 21,4 \text{ kg/m}^2$
F	$= 18,3 \text{ m}^2$	w_s	$= 0,65 \div 0,8 \text{ m/s}$
G_L	$= 220 \text{ kg}$	λ	$= 1:12,6 \div 1 : 22$
G_{Fl}	$= 390 \text{ kg}$	ξ	$= 1:25$



Schweiz

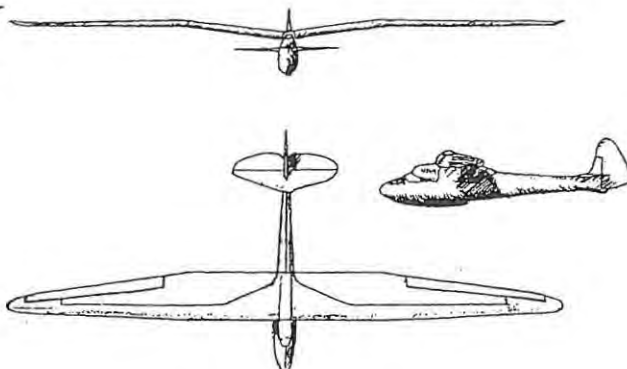
Einsitzer

E 1

S 18 II

1936

J. Spolinger

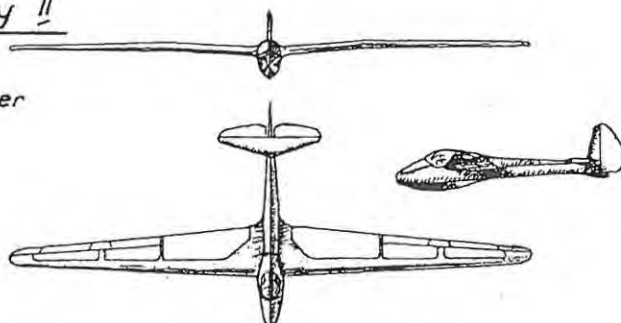


$b = 14,3 \text{ m}$
 $F = 14,16 \text{ m}^2$
 $G_L = 135 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:14,5$
 $G_{RL} = 215 \text{ kg}$
 $G/F = 15,2 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,7 \text{ m/s}$
 $E = 1:21$

Moswey II

1936

Gebr. Müller

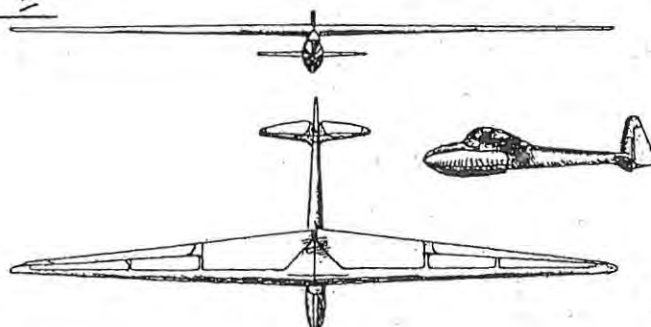


$b = 13,8 \text{ m}$
 $F = 12,2 \text{ m}^2$
 $G_L = 125 \text{ kg}$
 $G_{RL} = 200 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:15,7$
 $G/F = 16,4 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,72 \text{ m/s}$
 $E = 1:25$

Spyr III

1932

A. Hug



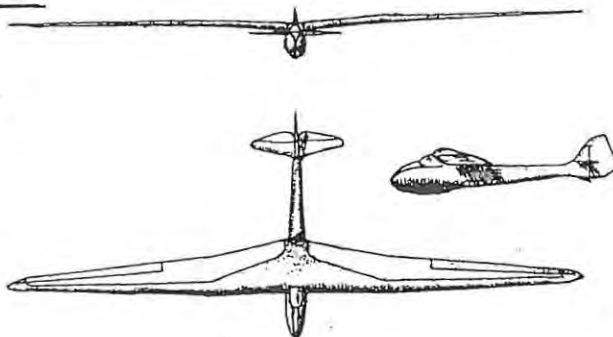
$b = 16,0 \text{ m}$
 $F = 13,55 \text{ m}^2$
 $G_L = 110 \text{ kg}$
 $G_{RL} = 185 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:19$
 $G/F = 13,7 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,55 \text{ m/s}$
 $E = 1:27$



Spyr IV

1939

A. Hug

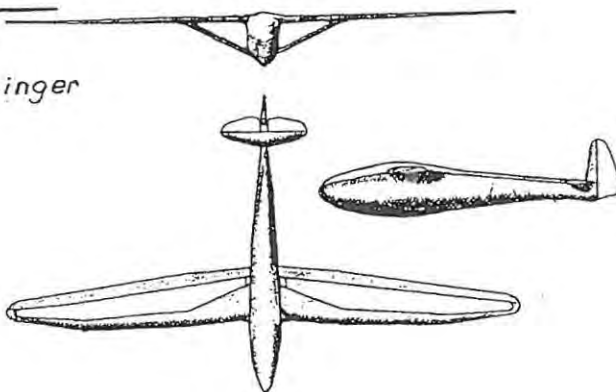


$b = 16,4 \text{ m}$
 $F = 13,6 \text{ m}^2$
 $G_L = 180 \text{ kg}$
 $G_R = 260 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:20$
 $G/F = 19,1 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,58 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:30$

Elfe P 1

1938/39

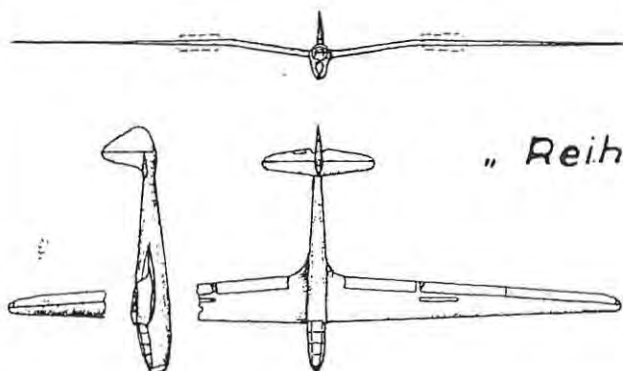
W. Pfenninger



$b = 9,0 \text{ m}$
 $F = 6,75 \text{ m}^2$
 $G_L = 43 \text{ kg (!)}$
 $G_R = 123 \text{ kg}$
 $\lambda =$
 $G/F = 18,2 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,80 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:23$

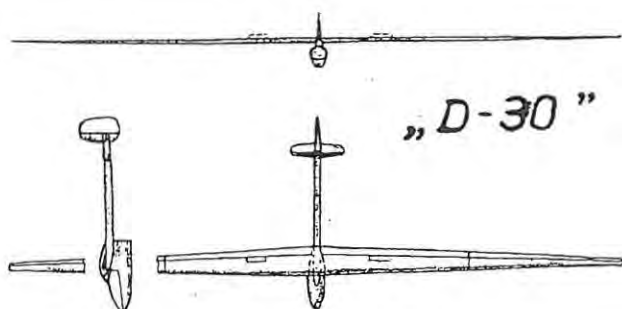


Deutschland



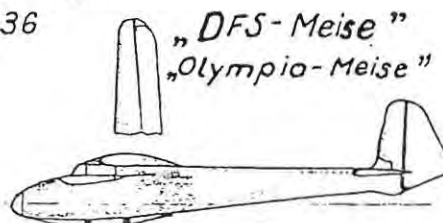
„Reiher“

$b = 19,00 \text{ m}$
 $l = 7,27 \text{ m}$
 $F = 19,36 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:18,64$
 $G_L = 238 \text{ kg}$
 $w_s = 0,50 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:33$
 $G_{Fl} = 323 \text{ kg}$

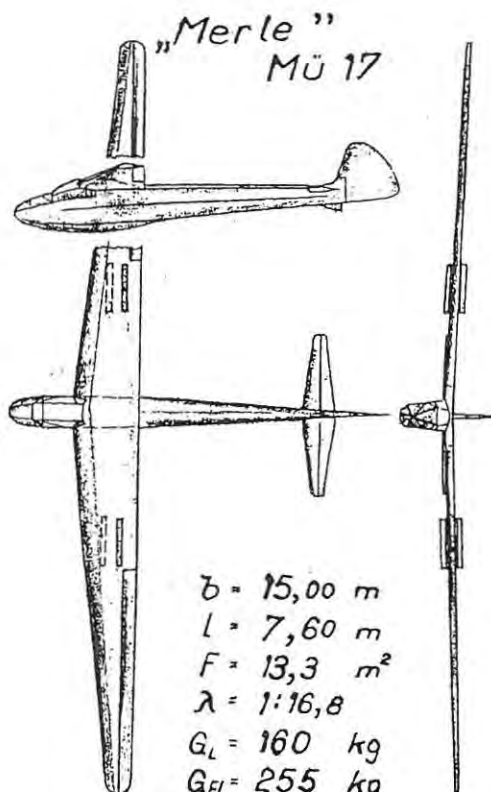


„D-30“

$b = 20,1 \text{ m}$
 $l = 6,6 \text{ m}$
 $F = 12 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:33$
 $G_L = 175 \text{ kg}$
 $w_s = 0,5 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:36$

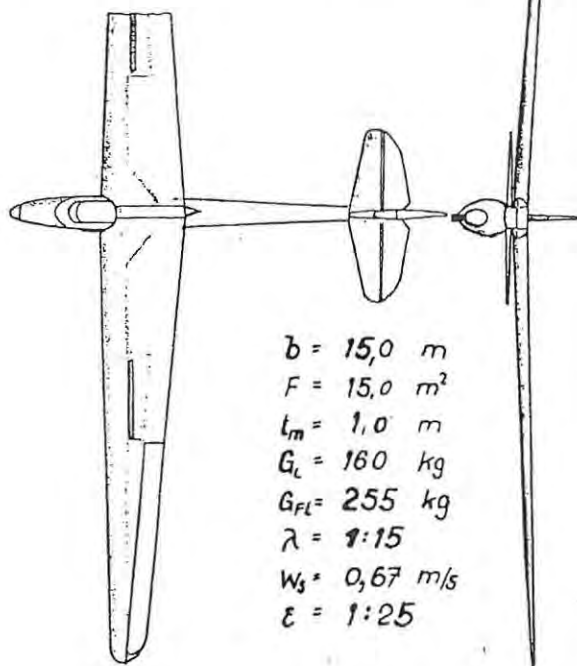


„DFS-Meise“
 „Olympia-Meise“



„Merle“
 MÜ 17

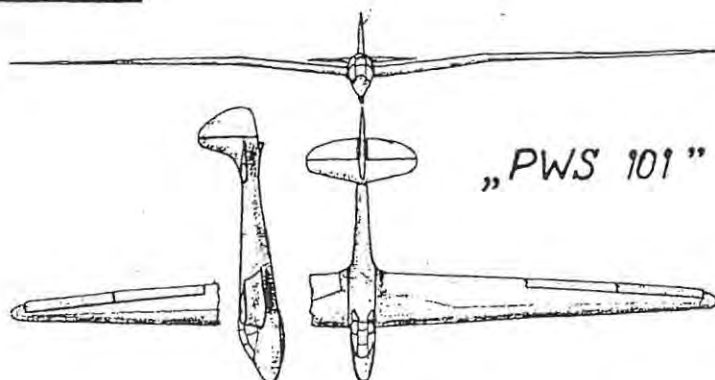
$b = 15,00 \text{ m}$
 $l = 7,60 \text{ m}$
 $F = 13,3 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:16,8$
 $G_L = 160 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 255 \text{ kg}$
 $w_s = 0,63 \text{ m/s}$ [bei 54,3 km/h]
 $\varepsilon = 1:26$ [bei 64,3 km/h]



$b = 15,0 \text{ m}$
 $F = 15,0 \text{ m}^2$
 $l_m = 1,0 \text{ m}$
 $G_L = 160 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 255 \text{ kg}$
 $\lambda = 1:15$
 $w_s = 0,67 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:25$

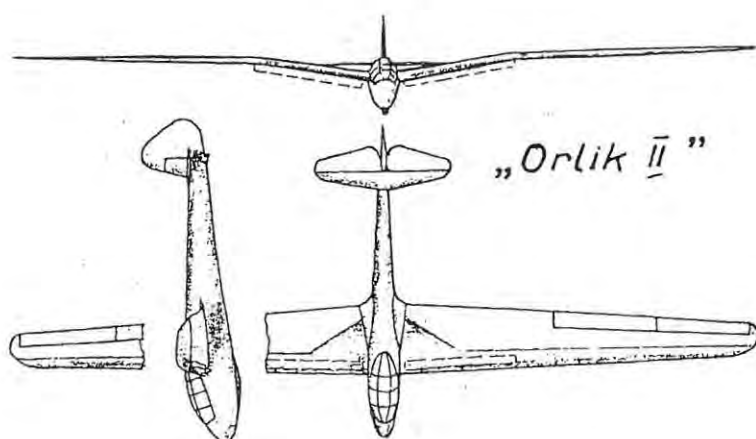


Polen



„PWS 101“

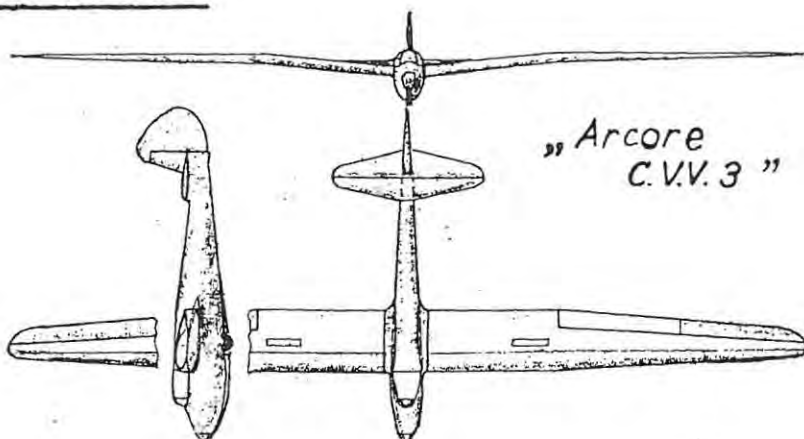
$b = 19,0 \text{ m}$
 $l = 7,27 \text{ m}$
 $F = 19,4 \text{ m}^2$
 $G_L = 185 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 265 \text{ kg}$ (305 kg mit Wasserballast)
 $w_s = 0,6 \text{ m/s}$ (0,65 m/s mit Wasserballast)
 $E = 1126 \text{ km/h}$
66 km/h mit Wasserballast



„Orlik II“

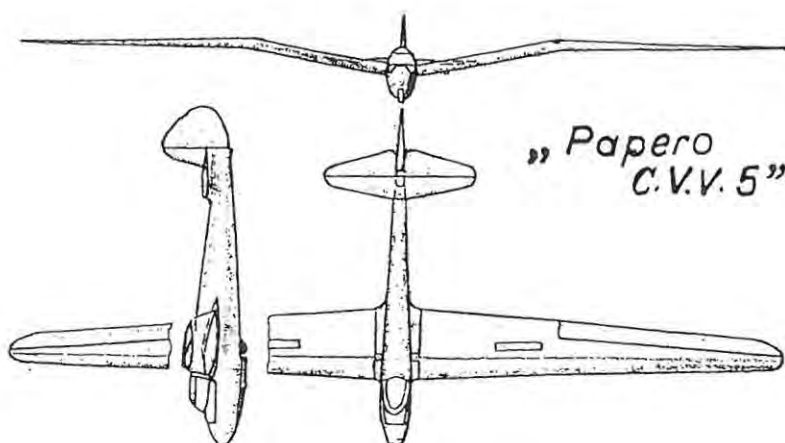
$b = 15,0 \text{ m}$
 $l = 6,5 \text{ m}$
 $F = 14,8 \text{ m}^2$
 $G_L = 160 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 245 \text{ kg}$
 $w_s = 0,67 \text{ m/s}$

Italien



„Arcore
C.V.V. 3“

$b = 15,7 \text{ m}$
 $l = 6,5 \text{ m}$
 $F = 14,45 \text{ m}^2$
 $G_L = 180 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 270 \text{ kg}$
 $w_s = 0,7 \text{ m/s}$



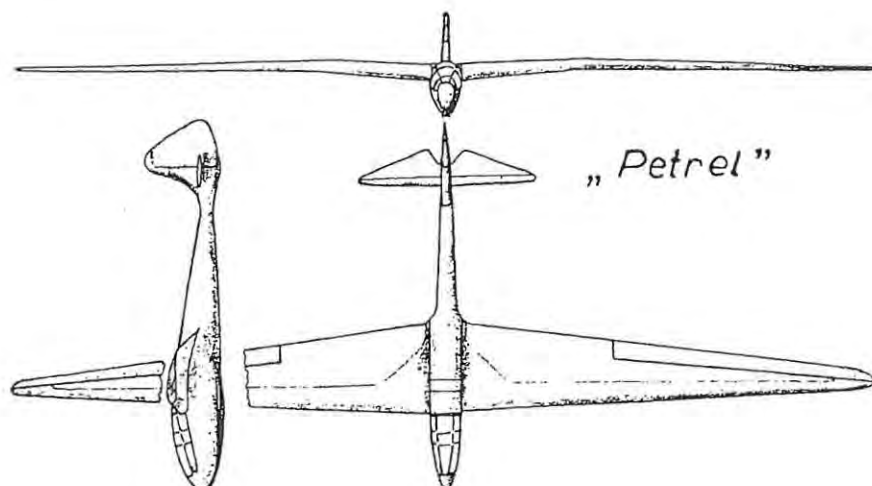
„Papero
C.V.V. 5“

$b = 15,0 \text{ m}$
 $l = 6,5 \text{ m}$
 $F = 14,7 \text{ m}^2$
 $G_L = 180 \text{ kg}$
 $G_{Fl} = 270 \text{ kg}$
 $G/F = 18,4 \text{ kg/m}^2$
 $w_s = 0,65 \text{ m/s}$



E 5

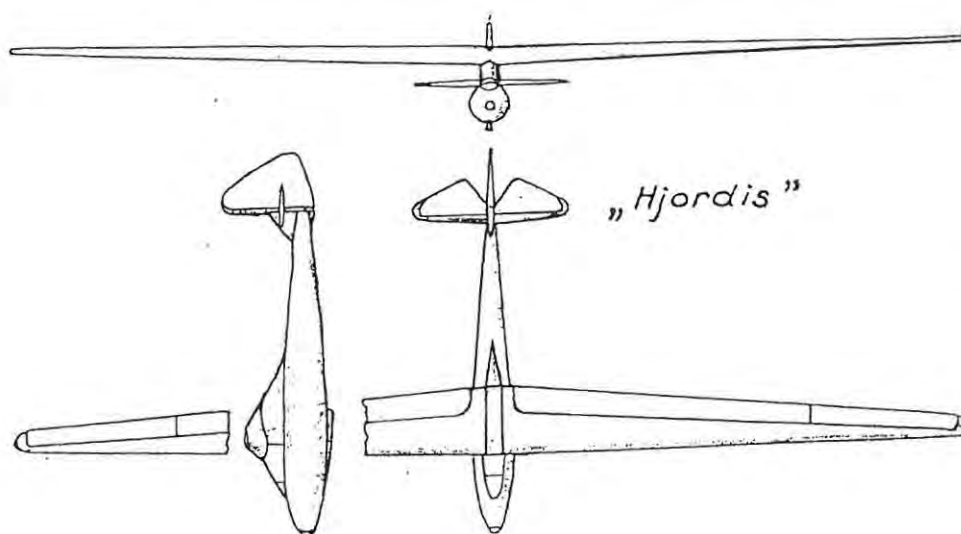
England



„Petrel“

$$b = 17,345 \text{ m}$$

$$l = 7,235 \text{ m}$$



„Hjordis“

$$b = 15,5 \text{ m}$$

$$l = 6,58 \text{ m}$$

$$F = 11,5 \text{ m}^2$$

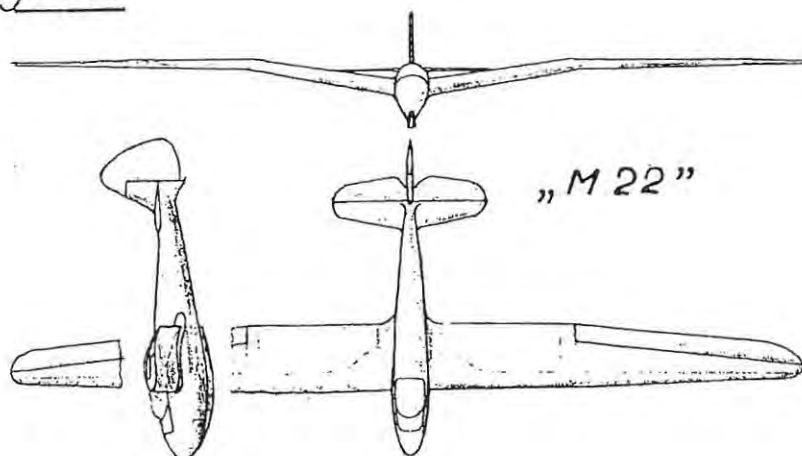
$$G_L = 150 \text{ kg}$$

$$G/F = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$w_s = 0,61 \text{ m/s}$$

$$\varepsilon = 1:25$$

Ungarn



„M 22“

$$b = 15,0 \text{ m}$$

$$l = 5,7 \text{ m}$$

$$F = 14,5 \text{ m}^2$$

$$G_L = 165 \text{ kg}$$

$$G_{FL} = 250 \text{ kg}$$

$$G/F = 17,2 \text{ kg/m}^2$$

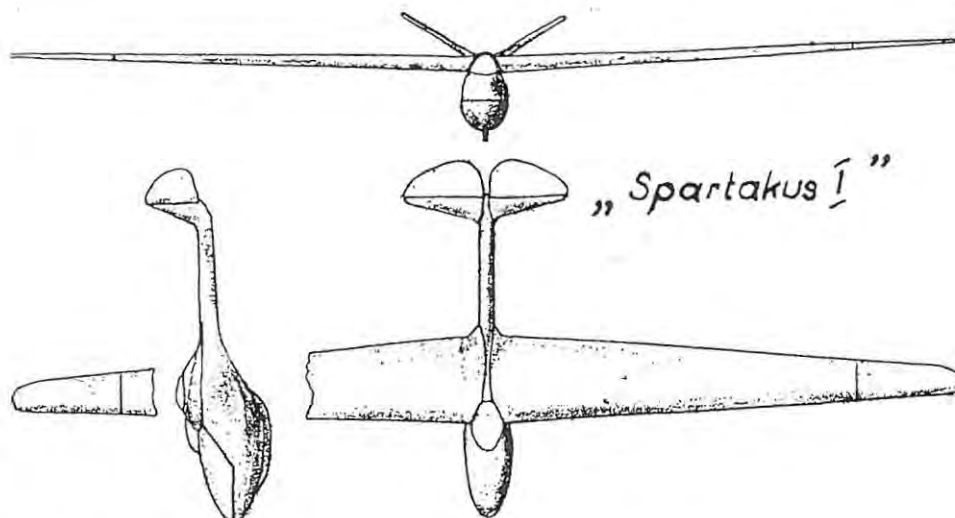
$$w_s = 0,6 \text{ m/s [mit Klappen]}$$

$$\varepsilon = 1:27$$



Russland

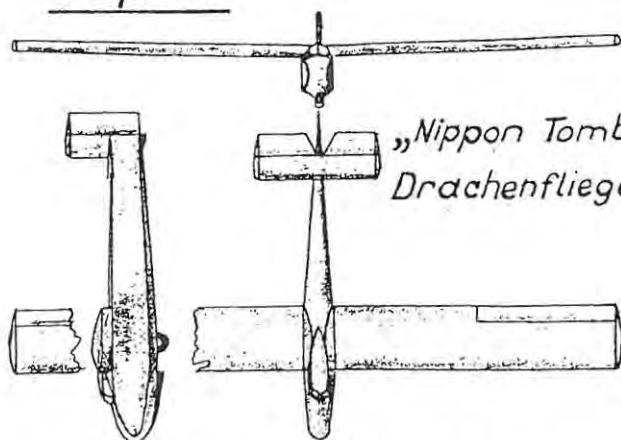
E 6



„Spartakus I“

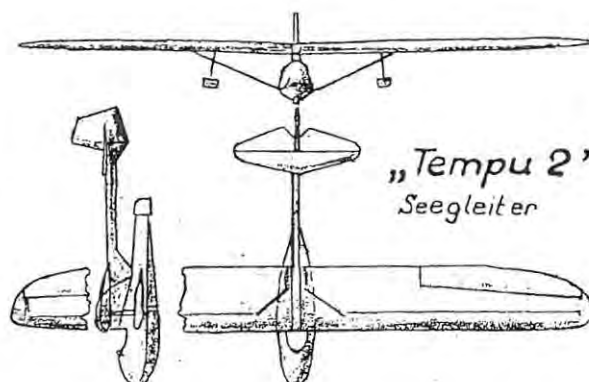
$b = 12,4 \text{ m}$
 $l = 4,4 \text{ m}$
 $F = 9,0 \text{ m}^2$
 $G_L = 75 \text{ kg}$
 $G_R = 155 \text{ kg}$
 $G/F = 16,1 \text{ kg/m}^2$
 $\lambda = 1:17,1$
 $\epsilon = 1:25$

Japan



„Nippon Tombo-
Drachenflieger“

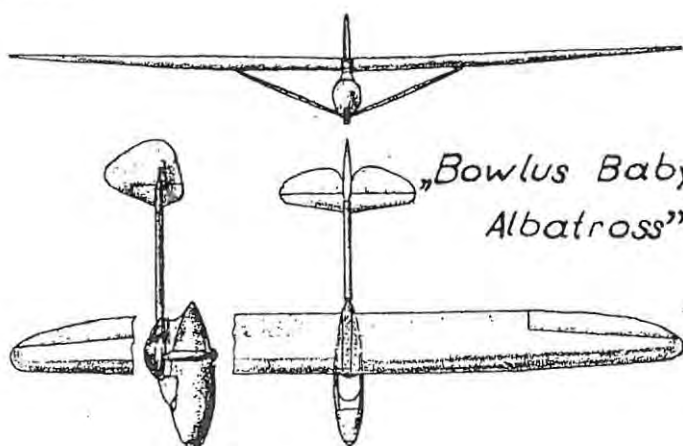
$b = 12,0 \text{ m}$
 $l = 6,0 \text{ m}$
 $F = 14,0 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:10$
 $G/F = 14,9 \text{ kg/m}^2$
 $G_L = 140 \text{ kg}$
 $G_R = 215 \text{ kg}$
 $W_S = 0,8 \text{ m/s}$
 $\epsilon = 1:20$



„Tempu 2“
Seegleiter

$b = 13,4 \text{ m}$
 $l = 1,4 \text{ m}$
 $l = 6,6 \text{ m}$
 $\lambda = 1:10$
 $F = 18,0 \text{ m}^2$
 $G_L = 140 \text{ kg}$
 $G_R = 205 \text{ kg}$
 $G/F = 11,38 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,9 \text{ m/s}$
 $\epsilon = 1:15$

USA.



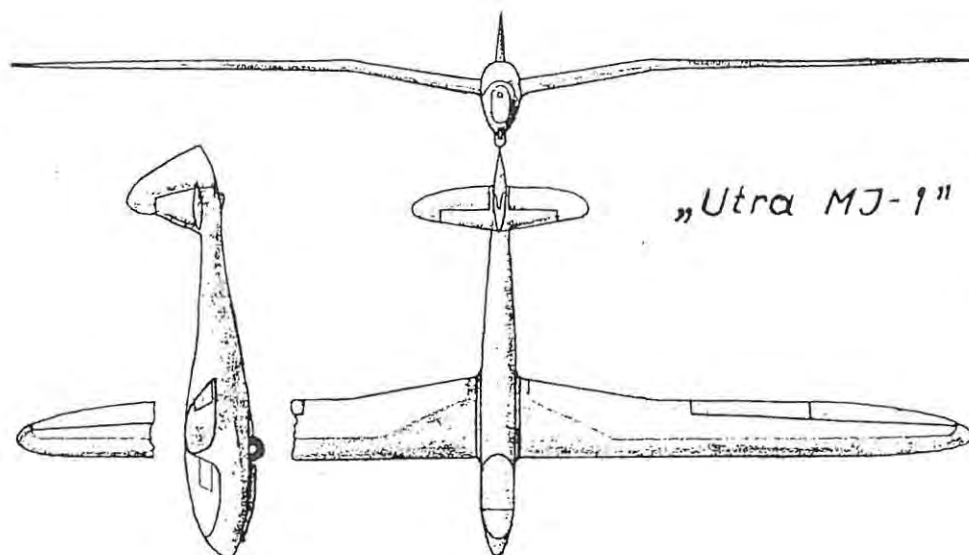
„Bowlus Baby
Albatross“

$b = 13,5 \text{ m}$
 $l = 5,85 \text{ m}$
 $t = 1,2 \text{ m}$
 $F = 14,1 \text{ m}^2$
 $G_L = 110 \text{ kg}$
 $W_S = 0,70 \text{ m/s}$
 $\epsilon = 1:20$



Jugoslawien

E 7



„Utra MJ-1“

$$b = 16,0 \text{ m}$$

$$l = 6,8 \text{ m}$$

$$F = 13,94 \text{ m}^2$$

$$\lambda = 1:17,3$$

$$G_L = 130 \text{ kg}$$

$$G_{Fl} = 220 \text{ kg} [260 \text{ kg m Ball}]$$

$$G/F = 15,7 \text{ kg/m}^2 [18,6 \text{ kg/m}^2 \text{ m Ball}]$$

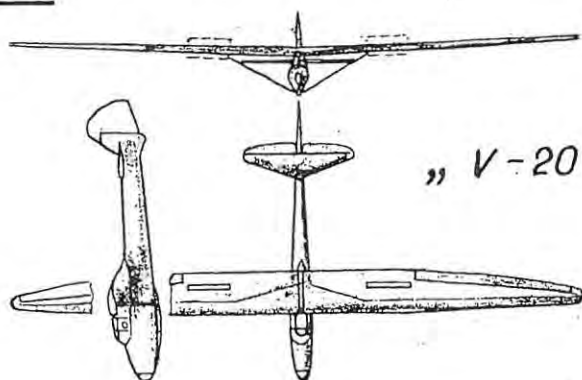
$$w_s = 0,65 \text{ m/s} \quad b. 57,1 \text{ km/h}$$

$$0,77 \text{ m/s} \quad b. 67,3 \text{ km/h}$$

(mit Ballast)

$$\epsilon = 1:24,3$$

Holland



„ V - 20 ”

$$b = 15,4 \text{ m}$$

$$l = 7,1 \text{ m}$$

$$F = 14,1 \text{ m}^2$$

$$\lambda = 1:16,8$$

$$G_L = 160 \text{ kg}$$

$$G_{Fl} = 275 \text{ kg}$$

$$w_s = 0,70 \text{ m/s}$$

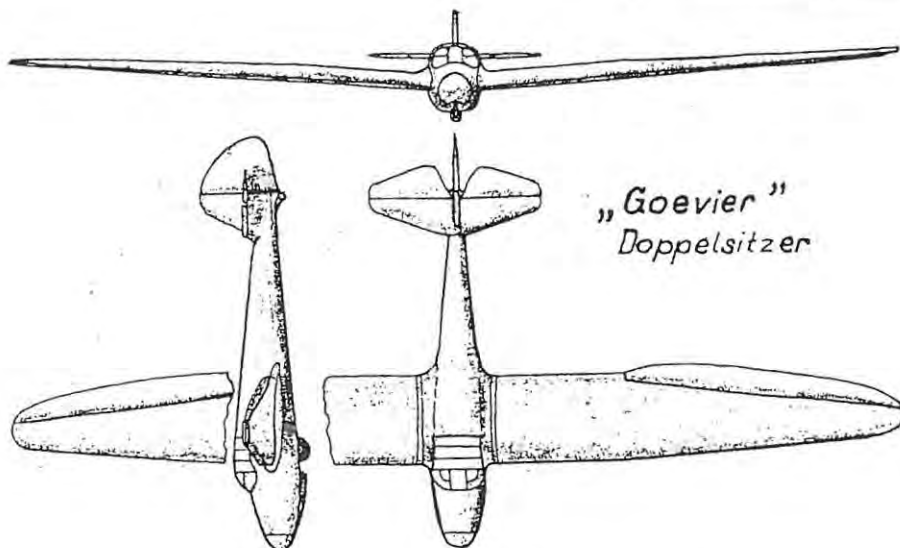
$$\epsilon = 1:23$$



Deutschland

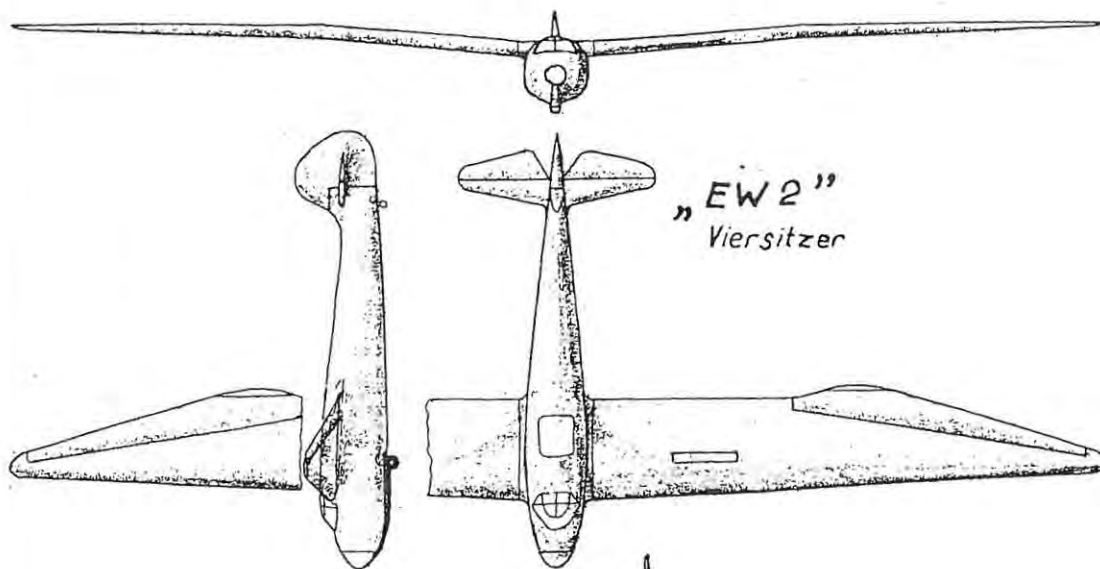
Mehrsitzer

M1



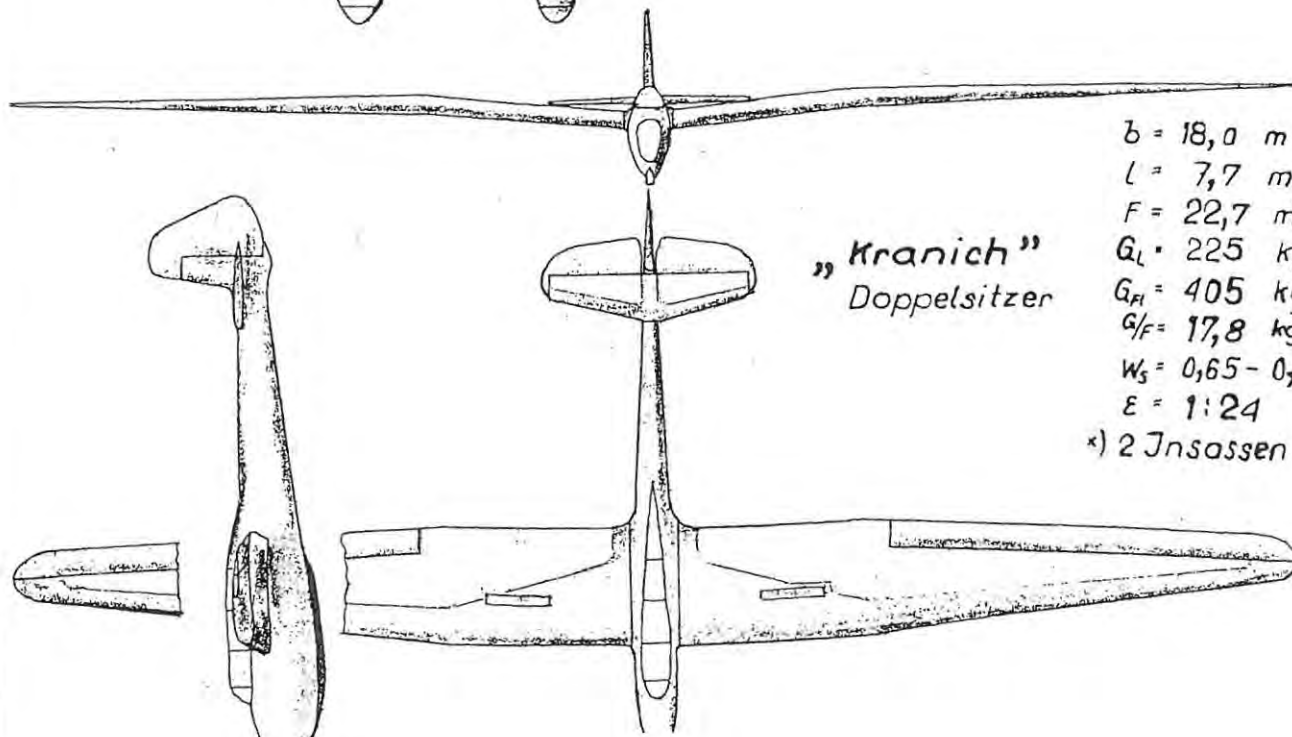
„Goevier“
Doppelsitzer

$b = 14,8 \text{ m}$
 $l = 6,74 \text{ m}$
 $F = 19,0 \text{ m}^2$
 $G_L = 180 \text{ kg}$
 $G_H = 350 \text{ kg}$
 $G/F = 18,4 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 1,0 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:19$



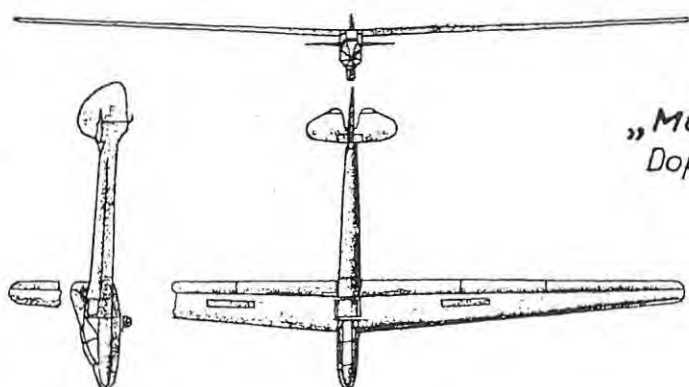
„EW 2“
Viersitzer

$b = 21,58 \text{ m}$
 $l = 8,56 \text{ m}$
 $F = 34,6 \text{ m}^2$
 $G_H = 540 \text{ kg}$
 $G/F = 15,6 \text{ kg/m}^2$



„Kranich“
Doppelsitzer

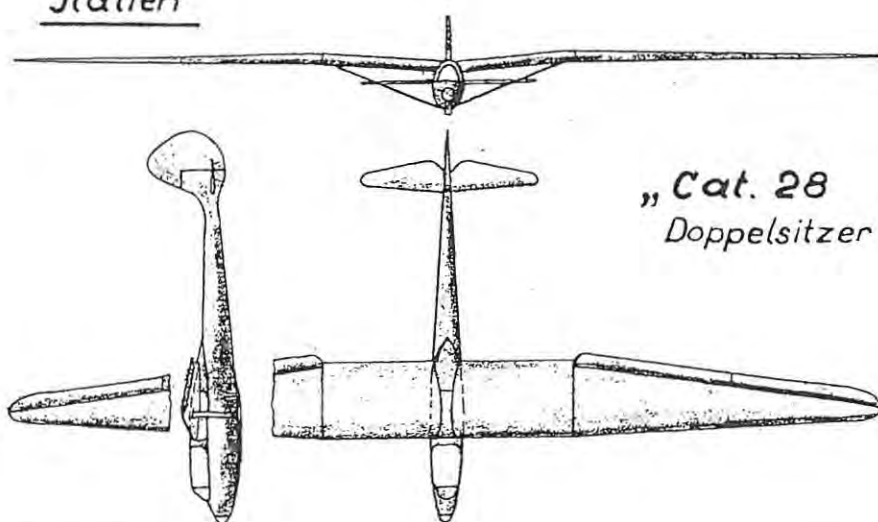
$b = 18,0 \text{ m}$
 $l = 7,7 \text{ m}$
 $F = 22,7 \text{ m}^2$
 $G_L = 225 \text{ kg}$
 $G_H = 405 \text{ kg}^*)$
 $G/F = 17,8 \text{ kg/m}^2$
 $W_S = 0,65 - 0,70 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:24$
 $^*) 2 \text{ Insassen}$



„Mü 15“
Doppelsitzer

$b = 19,0 \text{ m}$
 $l = 8,5 \text{ m}$
 $F = 18,8 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:19,2$
 $G_R = 450 \text{ kg}$
 $G/F = 23,4 \text{ kg/m}^2$
 $\varepsilon = 1:29$

Italien

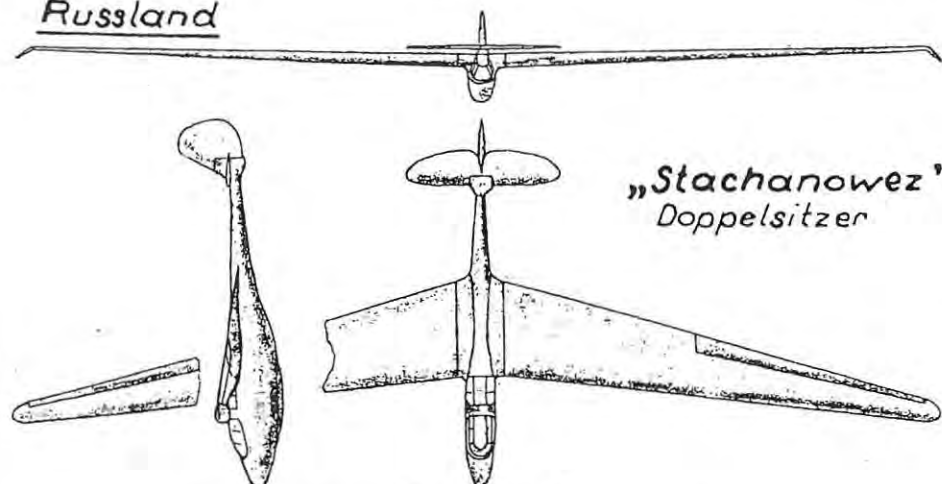


„Cat. 28“
Doppelsitzer

I	II
$b = 17,50 \text{ m}$	$b = 18,2 \text{ m}$
$l = 7,78 \text{ m}$	
$F = 20,75 \text{ m}^2$	$F = 21,0 \text{ m}^2$
$\lambda = 1:16$	
$G_L = 250 \text{ kg}$	$G_L = 230 \text{ kg}$
$G_{FL} = 410 \text{ kg}$	$G_{FL} = 390 \text{ kg}$
$G/F = 19,8 \text{ kg/m}^2$	$G/F = 18,6 \text{ kg/m}^2$
$w_s = 0,65 \text{ m/s}^{**}$	$w_s = 0,60 \text{ m/s}^{**}$
$\varepsilon = 1:26$	

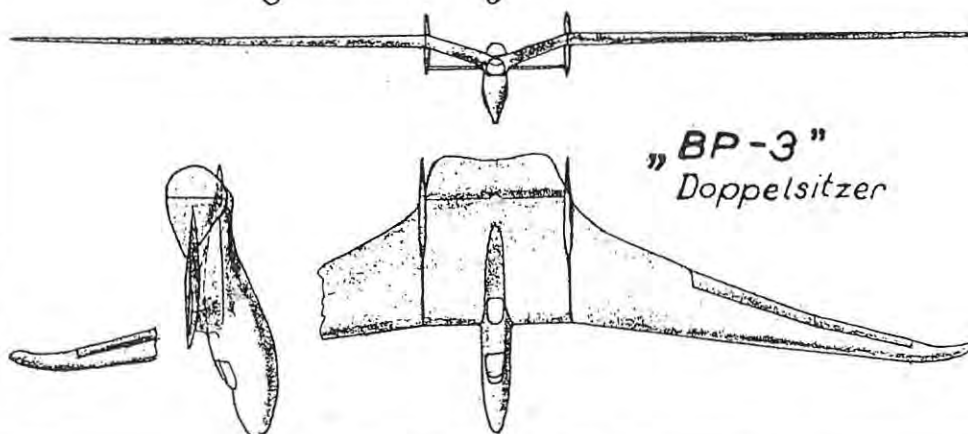
^{**}) mit 2 Insassen.

Russland



„Stachanowez“
Doppelsitzer

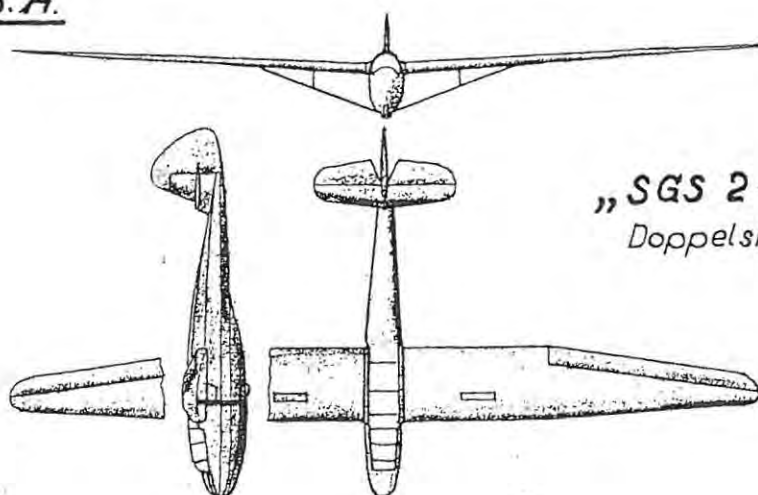
$b = 16,8 \text{ m}$
 $l = 6,0 \text{ m}$
 $F = 12,8 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:22$
 $G_L = 200 \text{ kg}$
 $G_{FL} = 305 \text{ kg (max.)}$
 $G/F = 23,8 \text{ kg/m}^2$
 $\varepsilon = 1:28$



„BP-3“
Doppelsitzer



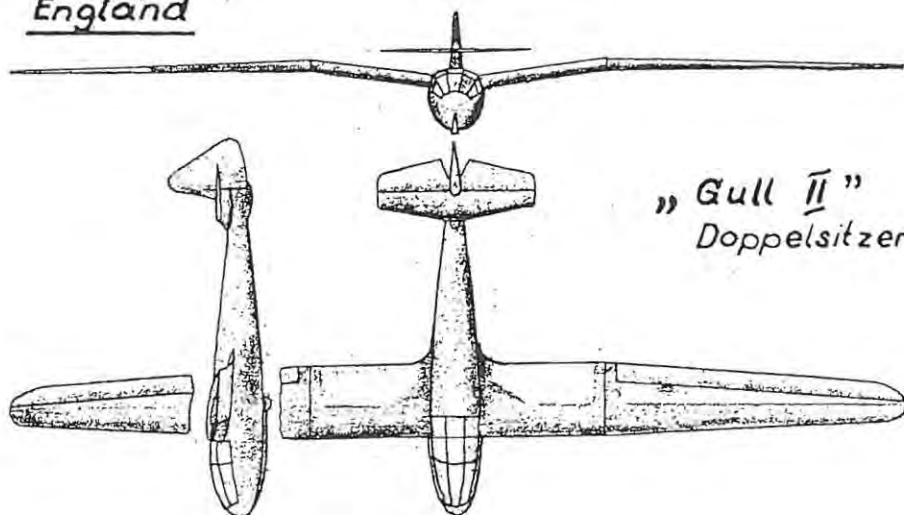
U.S.A.



„SGS 2-8“
Doppelsitzer

$b = 15,65 \text{ m}$
 $F = 20 \text{ m}^2$
 $\lambda = 1:12,65$
 $G_L = 204 \text{ kg}$
 $G_R = 390 \text{ kg}$ (2 sitzig)
 $G/F = 14,6 \text{ kg/m}^2$ (1 sitzig)
 $q/F = 19,5 \text{ kg/m}^2$ (2 sitzig)
 $\varepsilon = 1:23,5$ (1 sitzig)

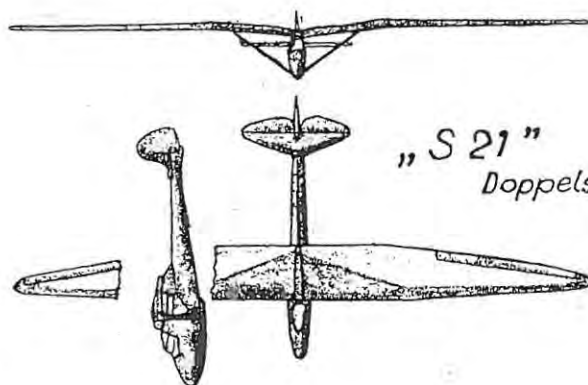
England



„Gull II“
Doppelsitzer

$b = 18,3 \text{ m}$
 $G_L = 240 \text{ kg}$
 $G_R = 415 \text{ kg}$
 $G/F = 18 \text{ kg/m}^2$
 $F = 13,33 \text{ m}^2$

Schweiz



„S 21“
Doppelsitzer

$b = 17,3 \text{ m}$
 $L = 7,6 \text{ m}$
 $F = 20,2 \text{ m}^2$
 $G_L = 219 \text{ kg}$
 $G_R = 379 \text{ kg}$
 $G/F = 18,8 \text{ kg/m}^2$
 $w_s = 0,8 \text{ m/s}$
 $\varepsilon = 1:21$

D. B a u s t o f f e .

Der moderne Flugzeugbau zeigt, dass Metall die grösste Anwendung findet. Doch viele Gründe sprechen dafür H o l z als Baustoff beizubehalten. Holz lässt sich leicht verarbeiten, der Verbrauch an Werkzeugen ist gering, ebenso ist das Einlernen von Arbeitern für den Holzflugzeugbau einfacher und schneller. Dazu kommt die verhältnissmässig leichte Reparaturmöglichkeit bei Holzkonstruktionen.

Diese wenigen Argumente genügen und machen es rasch verständlich, warum der Segelflugzeugbau zum grössten Teil in allen seinen Entwürfen den Holzbau vorzieht.

Nun vereinigt der Segelflugzeugbau verschiedenerlei Hölzer in sich, die durch ihre Festigkeit, durch ihre spez. Gewichte, etc. sehr weit auseinander liegende Eigenschaften besitzen. Folgende Tabelle orientiert über verschiedene Holzarten und ihre Verwendung:

Fichte, Spruce	für Gurten u. verleimte Lagerklötze
Weissbuche, Rotbuche	für Lagerklötze
Pappel, Linde	für Füllklötze
Birnbaum	für Formschablonen
Pitch-Pine	für Holmgurten (wird heute nicht mehr verwendet)
Balsa	für Formfüllklötze
Esche	für Kufen, (Unterlagen bei Flächenpressungen)

Dabei lässt sich unterscheiden zwischen Nadelhölzern und Laubhölzern.

Nadelhölzer:

K i e f e r eignet sich fast für alle Teile, hat einen breiten und hellen Splint, ist hart und biegsam und gleichzeitig sehr dauerhaft.

F i c h t e dagegen ist weich, hat jedoch die grössere Elastizität. Die europäische Fichte scheidet für den Flugzeugbau aus bis auf geringe finnische Bestände, während die amerikanische Fichte mit dem Sammelnamen S p r u c e überall wie Kiefer Verwendung findet. Durch das geringere spez. Gewicht als Kiefer und der grösseren Elastizität wird es hauptsächlich im Holmbau verwendet, oder allgemein für alle Gurten im Flächen- und Rumpfbau.



Flugzeugbau, Anhang II

Bl. 44

Laubhölzer: B u c h e ist ein hartes Holz und findet seine Verwendung für stark beanspruchte Teile wie Lagerklötze.

L i n d e ist weich und biegsam und hat ein kleines spez. Gewicht.

E s c h e ist zäh, fest, feinfaserig, biegsam und elastisch, daher Verwendung für hoch beanspruchte Teile.

B a l s a hat das kleinste spez. Gewicht und sehr geringe Festigkeit, daher nur Verwendung für nicht tragende Bauteile.

Die Zusammenstellung der spez. Gewichte ergibt folg. Bild:

Hickory	0,79	kg/dm ³	
Esche	0,72	"	
Birke	0,68	"	
Kiefer	0,56	"	Sperrholz ca 0,75 kg/dm ³
Linde	0,50	"	
Spruce	0,46	"	
Balsa	0,11	"	

Als Vergleich dienen Angaben über Bau- und Werkstoffe, die ebenfalls im Segelflugzeugbau Verwendung finden:

Presstoffe	1,30 - 1,40	kg/dm ³	Gummi	1,35	kg/dm ³
Cellon	1,10	"	Bronze	8,20	"
Plexiglas	1,18	"	Stahl	7,85	"
Leim	1,27	"	Gusseisen	7,20	"
Leder	0,80 - 1,00	"	Dural	2,80	"
Kork	0,24	"	Elektron	1,80	"

Bei der Herstellung von Bauteilen im Holz muss in erster Linie die Frage der Faserrichtung des Holzes festgelegt werden. Die Festigkeiten auf Zug und Druck sind in Faserrichtung oder quer hierzu von grossen Unterschieden. Die Zugfestigkeit in Faserrichtung kann Werte erreichen, die bis 50 % höher liegen wie die Druckfestigkeit.

Die Auswahl des Bauholzes ist auf das genaueste durchzuführen, wobei die Wahl des S p l i n t - holzes ausschlaggebend ist. Dabei ist das Holz auf Fäulnis, Stockigkeit und Harz zu prüfen. Wichtig ist ebenfalls eine lange Lagerzeit des Holzes, damit die Gefahr des Wurfens durch Witterungseinflüsse ausgeschaltet ist.

Die Festigkeiten werden allgemein als Bruchfestigkeiten in kg/cm^2 angegeben. Durchschnittlich verhält sich die zulässige Zugfestigkeit zur zulässigen Druckfestigkeit wie 1,25 : 1.

Holzbauteile sollen nicht auf Schub beansprucht werden, da sonst die Faserung schnell u. plötzlich zerreißt.

Beispiel der Festigkeiten für die gebräuchlichsten Hölzer:

Art:	Zug:	Druck:	Biegung:
S p r u c e	850 kg/cm^2	450 kg/cm^2	800 kg/cm^2
E s c h e	950 "	500 "	850 "
J u r a t a n n e	1300 "	560 "	780 "

Nun lassen sich diese Festigkeiten wesentlich erhöhen durch ein sog. Vergüten, d.h. das Holz wird lamelliert und so verleimt. Das gebräuchlichste vergütete Holz ist das H V Bu (vergütetes Buchenholz), welches ^{aus} verleimten Furnieren von 0,5 mm Dicke besteht. Seine Festigkeiten sind:

Zugfestigkeit:	=	1400 kg/cm^2
Druckfest. :	=	900 "
Biegefest. :	=	1500 "
spez. Gewicht :	=	0,80 kg/dm^3

Zu diesen vergüteten Hölzern gehören ebenfalls sämtliche Sperrholzarten. Wertvoll ist zu wissen, dass dabei die Festigkeitswerte quer zur Faserichtung erheblich günstiger liegen wie bei Vollholz.

Die Verbindung der Holzteile zueinander geschieht durch L e i m , der in verschiedenen Arten zur Anwendung kommt. Vorweg sei festgestellt, dass die Bauvorschriften für Holzflugzeugbau keine Verbindung durch Nägel zulässt. Die bekanntesten Leimarten sind der K a s e i n - Leim (Kaltleim), der heute seltener noch zur Verwendung kommt wegen seiner schlechten Feuchtigkeitsbeständigkeit, dann der K a u r i t - Leim mit den höheren Festigkeitswerten; das Abbinden dieses Leimes geschieht mittels eines sog. Härters, der als Bindemittel dient.

NB.: Literatur "Leimuntersuchungen von Dr.-Ing. Hanns Klemm"

Verlag Oldenbourg, München und Berlin 1938



Weitere Baustoffe sind K u n s t h a r z - Presstoffe, die für Hebel, Rollenböcke, Steuerungsteile etc. Verwendung finden. Ihr Vorteil liegt darin, dass sie wie Holz verarbeitet werden können und dabei teilweise noch spezifisch höhere Festigkeiten als Metalle nachweisen. Ihre Festigkeiten sind ungefähr die folgenden:

Zugfestigkeit	1000 kg/cm ²
Druckfestigkeit	2200 "
Biegefestigkeit	1300 "
Elastizitätsmodul	80000 "

Als B e s p a n n s t o f f dient Mako (Baumwolle) welches nach dem Aufziehen auf Flächen mit Zelluloselacken getränkt wird. Dabei wird der Stoff gespannt und die Festigkeit erhöht sich um 20 - 30 %. Nicht imprägniert muss die Festigkeit 500 kg/m² in "Kette" (Längsfaden) und "Schuss" (Querfaden) betragen.

G u m m i findet Anwendung für Lagerböcke der Kufen, oder Bereifungen. Es ist dabei zu beachten, dass Gummi nicht mit Öelfarben gestrichen wird und dem Tageslicht, d.h. der Sonne allzu ausgesetzt wird. Gummiteile sind ständig zu überprüfen, ob sie hart geworden sind, - Verlust ihrer Elastizität. -

Für Führersitzverkleidung wird meistens Zelluloid, Plexiglas oder sonst irgendwelche splitterfreie Gläser eingebaut. Bei Zelluloid ergibt sich durch Einwirkung des Sonnenlichtes ein langsames Erblinden, wobei es gelblich wird. Am besten bewährt sich das Plexiglas, das sich mit heißen Kompressen dreidimensional über Formschablonen ziehen lässt.

In neuester Zeit versucht man eine Verbindung zwischen Holz und Metall herzustellen mittels sog. Metallkitt. Die Versuche haben Ergebnisse gezeigt, die den Festigkeiten von Verbindungen mit Schrauben oder Hohl-nieten gleichkommen. Doch sind diese Kittverbindungen gegen Wechselbeanspruchungen heikel und brechen schnell, weshalb aus Sicherheitsgründen meist eine zusätzliche Verbindung durch Schrauben oder Nieten erfolgt.

Weitere Baustoffe sind noch L e d e r , Lacke, Metalle, die ihre Anwendung genau wie im Motorflugzeugbau finden.



E. Konstruktion.

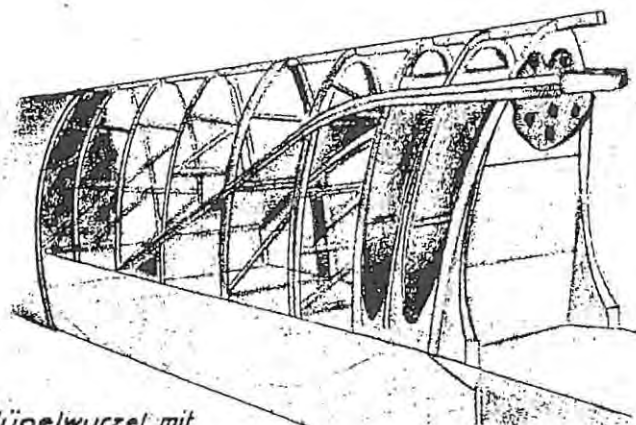
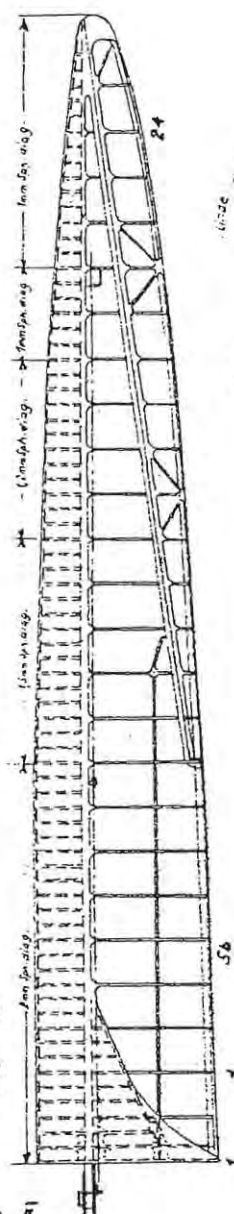
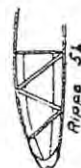
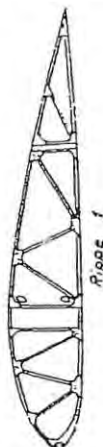
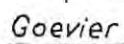
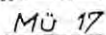
Hauptgrundsatz bei der Konstruktion in Holzbau, sei es Motor- oder Segelflugzeugbau, soll jederzeit ein einfacher Aufbau sein. Holz als Baustoff lässt keine ähnliche Verformungen zu, wie es beim Metallbau möglich ist. Aus diesem Grund sollen Sperrholzflächen oder Gurten möglicherweise nur zweidimensional verformt werden.

Der Segelflugzeugbauer muss sich in erster Linie vollkommen klar sein über die zulässige bauliche Beanspruchung seiner ihm zur Verfügung stehenden Hölzer. Festigkeitsmässig würde meist eine spezifisch leichtere Bauweise genügen, wobei für die Flugeigenschaften eine Steigerung durch geringeres Gewicht zu erreichen wäre. Doch zeigt z.B. das Sperrholz, dass es nicht die genügende innere Steifigkeit besitzt, um bei grösseren Flächen ohne Aussteifung griffest zu bleiben.

Betrachtet man die Flächen- und Rumpfkonstruktionen verschiedener Typen, so ergeben sich daraus Erfahrungswerte, die überall wieder zu finden sind. Sperrholzbeplankungen verlangen Aussteifungen, die mit Abständen von ca 280 bis 300 mm jeweils zu erfolgen haben. Bei Flächen ist das dadurch zu erreichen, dass zwischen die normalen Hauptrippen Hilfsrippen eingebaut werden, die praktisch nur zur Unterstützung der Sperrholzbeplankung dienen. Bei Rümpfen geschieht das Gleiche durch Spanten oder nur durch aufgeleimte Gurten wie bei der "Goevier".

Betrachtet man die verschiedenen Flügelkonstruktionen, so lässt sich beobachten, dass irgend eine Aufbaukante als Senkrechte zum Rumpf angenommen wird, - meist ist dieselbe auf dem Holm. Holm und Sperrholznase sind als Torsionsrohr berechnet und konstruiert. Die Beplankung hinter dem Holm ist Leinwand, die nach dem Aufziehen durch Imprägnierung und Anstrich an Steifigkeit und Festigkeit gewinnt. Bei den Rippen, die möglichst einfach statisch auszubilden sind zur Gewichtsverringerung, ist auf gute Verbindungsmöglichkeit mit dem Holm zu achten; sie werden meist stumpf aufgestossen, wobei eine zusätzliche Verbindung durch Füllklötze oder Sperrholzecken vorzusehen ist.

Beispiele für Flügelaufbauten, Rippen und Holme siehe Blatt 48.



Flügelwurzel mit
Nasenholm

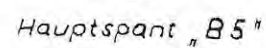
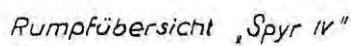
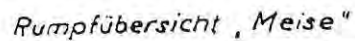
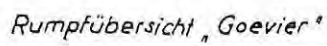
Reiter

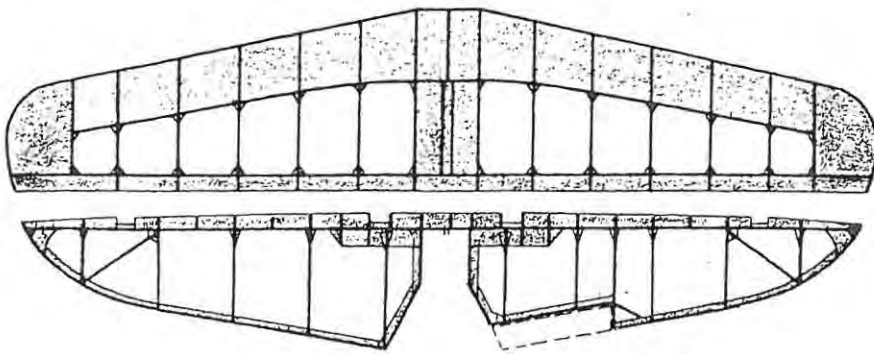
Der Rumpf bietet herstellungsmässig teilweise die grösseren Schwierigkeiten wie die Flächen. Der konstruktive Aufbau muss so gewählt werden, dass der Bau in einer Helling (Rumpfvorrichtung) gebaut werden kann, wobei man nach Möglichkeit jeweils die Hauptlängsgurten als horizontale Gurten annimmt. Der Arbeitsprozess verlangt eine Konstruktion, die den Bau des Rumpfes zuerst auf dem Rücken zulässt, d.h. zuerst wird der untere Rumpfteil beplankt und erst dann auf einer zweiten Schablonenhelling die obere Rumpfseite. Die Abbildungen auf Blatt 50 zeigen den statischen Aufbau von drei verschiedenen Typen sowie die Konstruktion von Spanten.

Die Rumpfübersicht der "Goevier" zeigt im Gegensatz zu den üblichen Spantabständen eine Vergrösserung derselben, wobei die grossen Felder durch innen eingeleimte Gurten versteift werden. Durch die Biegung der Gurten bei der Leimung entsteht eine innere Spannung, die die Sperrholzfelder griffest werden lassen, und somit eine spezifische leichtere Bauweise ergeben. Bei den Spanten ist eine Lamellierung der Gurten durchgeführt worden, wodurch die Festigkeit für den Querschnitt wesentlich höher liegt, und dadurch ebenfalls eine Gewichtsverringerung ergibt im Gegensatz zu Spanten mit normalen einfachen Gurtquerschnitten.

Eine wichtige Frage beim Aufbau des Rumpfes ist die Anordnung der Führersitzhauben. Beste Sicht nach allen Seiten sowie nach oben sind Haupterfordernisse. Beispiele hierfür sind auf Blatt 51 zu finden. Für Serien-Segelflugzeuge ist eher eine Führersitzhaube zu konstruieren mit geraden oder einfach gebogenen Flächen. Dreidimensional gebogene Flächen sind teuer in der Herstellung und verlangen erstklassiges Material. Vorteilhaft bei der Konstruktion ist ein möglichst tiefgezogenes Rumpfvorderteil, was für die Landung beste Sichtverhältnisse bietet. Dabei ist bei den Hauben mit grösster Sorgfalt die Anordnung von Fenstern oder offenen Löchern zu beachten.

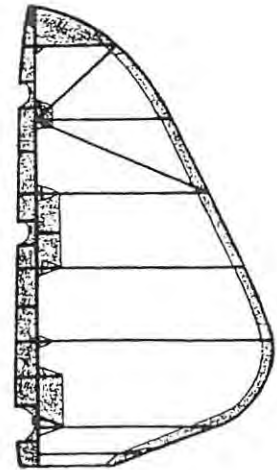
Bei den Leitwerken, Abbildungen Blatt 51, ist der ähnliche Aufbau wie bei den Flächen durchzuführen. Holm mit Sperrholznase als Torsionssteifes Rohr, sonst Stoff bespannt !



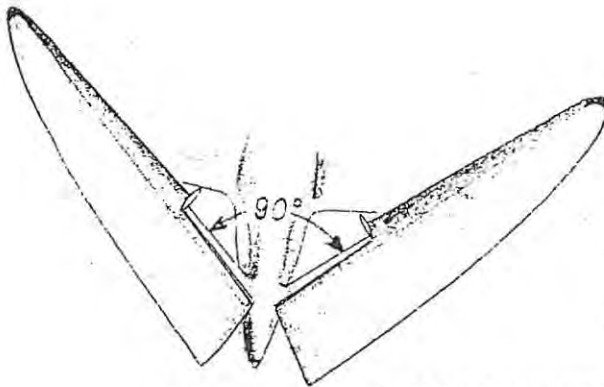


DFS 'Meise'

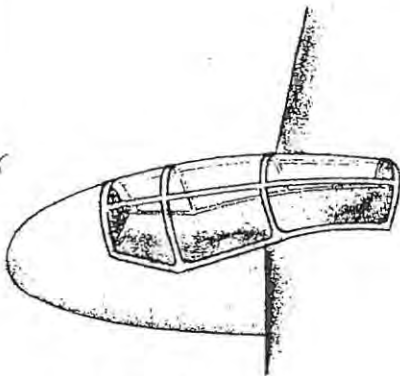
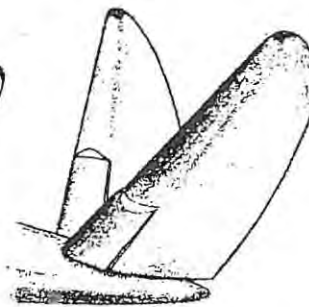
Höhenleitwerk



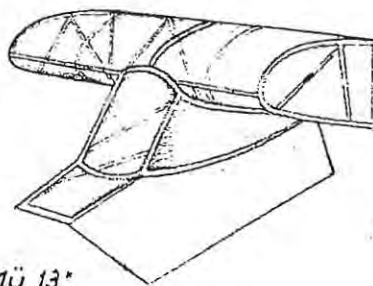
Seitenruder



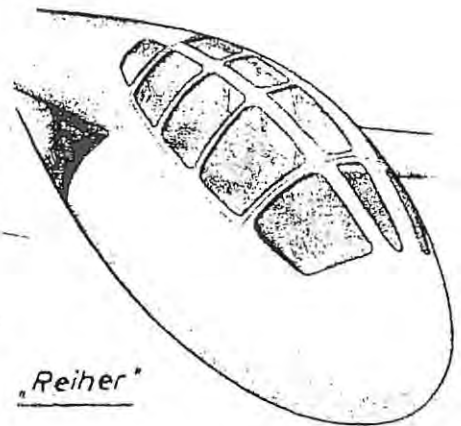
V-Leitwerk 'Nomad'



'Kolibri'

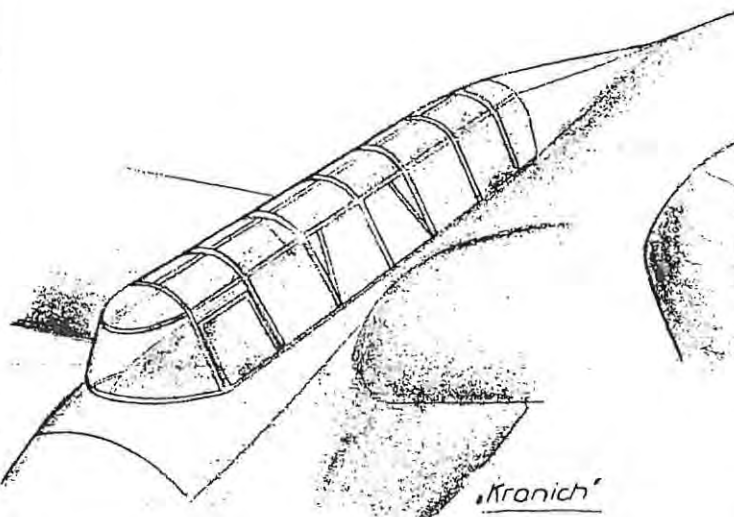


'Mü 13'

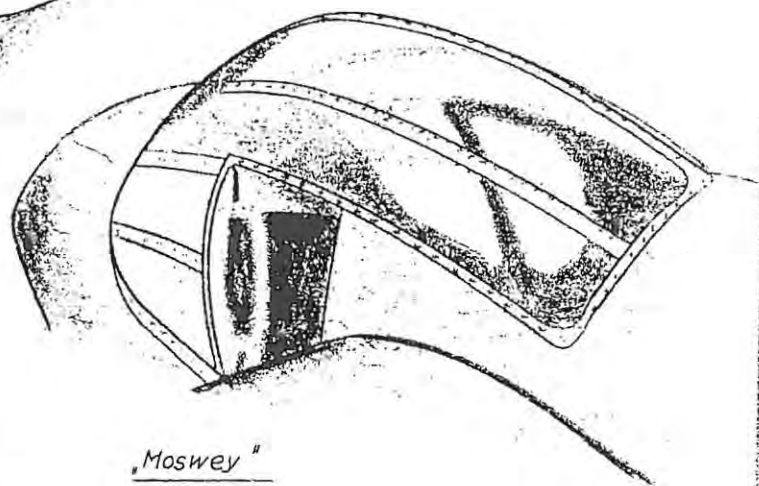


'Reiher'

Führersitzhauben



'Kranich'



'Moswey'



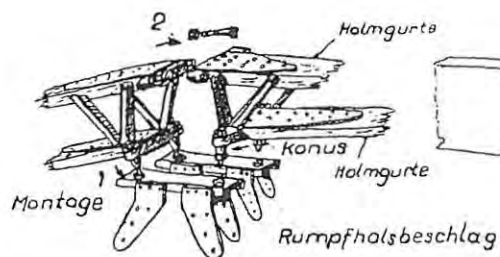
Ein wichtiges Bauglied der Segelflugzeuge der Hauptholm-Anschlussbeschlag ist das vielseitigst ausgebildete Konstruktionsglied bei sämtlichen Konstruktionen. Verfolgt man die Entwicklung, so zeigt sich, dass heute im Gegensatz zu früher in erster Linie auf Verringerung der Anzahl Anschlussbolzen geachtet wird. Waren es früher 6 Bolzen, so sind es heute drei oder nur noch zwei Bolzen, die die Uebertragung sämtlicher Kräfte erfüllen. Hauptwunsch ist dabei eine möglichst einfache, leichte und schnelle Montage des gesamten Segelflugzeuges zu ermöglichen. Automatische Rumpf-Flügel-Verbindungen sind ausgeführt worden, konnten sich aber für Serien-Flugzeuge weniger durchsetzen ihrer hohen Herstellungskosten wegen.

Die Abbildungen auf den Seiten 53 bis 55 zeigen verschiedene Konstruktionen von Holmbeschlägen.

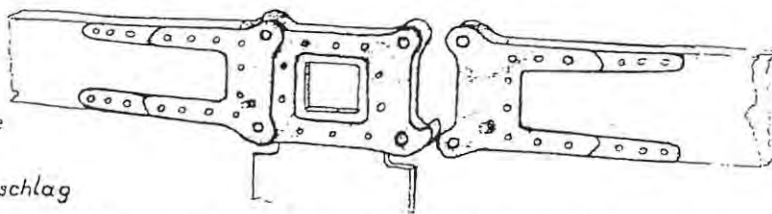
Die Hand- und Fussteuerungen sind im Gegensatz zu jenen der Motorflugzeugen meist wesentlich einfacher durchzubilden. Die Platzverhältnisse gestatten leichtere Aufbaukonstruktionen, die Zuführungen zu den Rudern mittels Kabel oder Stosstangen sind durch freiere Raumverhältnisse schnell anzuordnen, Verstellbare Fusspedale werden meist nur bei Spezialkonstruktionen eingebaut. Ebenso sind verstellbare Trimmungen selten anzufinden, bei Serien-Flugzeugen meist durch feste Trimmkanten ersetzt. Beispiele für Steuerungen sind auf Blatt 56 zu finden.

Meistens besitzen Segelflugzeuge keine Fahrwerke. Doch verlangt der Flugzeugstart zur Erleichterung für das Schleppflugzeug möglichst einen schnellen und guten Start des Segelflugzeuges, was mittels eines Rades zu erreichen ist. So werden an den modernen Leistungs-segelflugzeugen meist festeingebaute Räder angeordnet. Ausfahrbare Fahrwerke sind selten und sind meist nur an Sonderkonstruktionen vorzufinden. Dieselben erfüllen ihren Zweck für den Start, bei der Landung bleiben sie eingezogen und werden durch die festangebaute Kufe ersetzt.

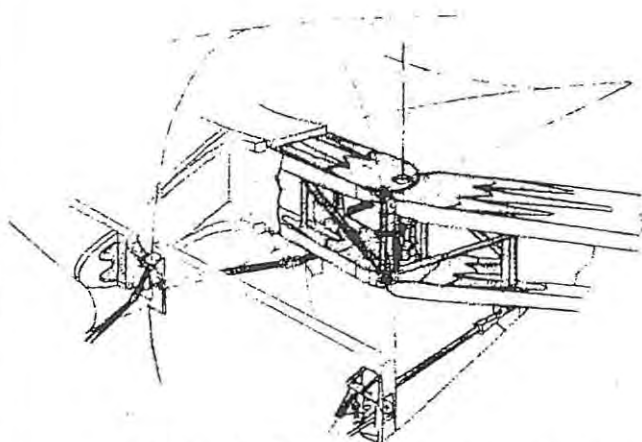
Beispiel siehe Blatt 57.



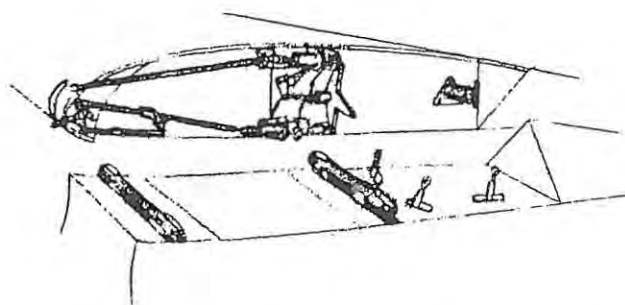
Holmbeschlag des Spyr III



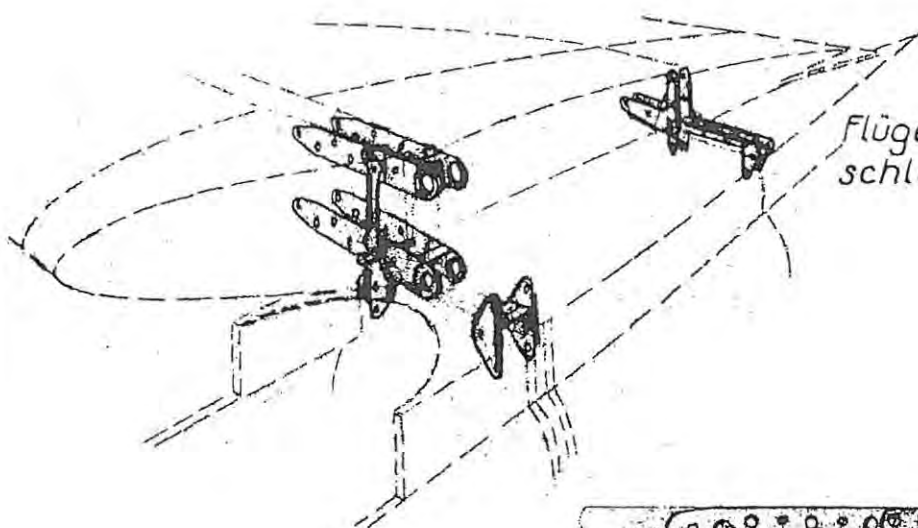
Hauptholmbeschläge Moswey



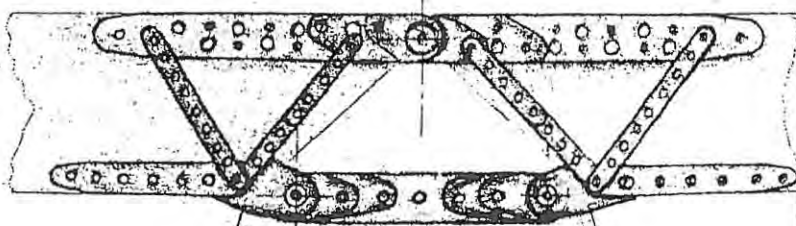
Flügel-Rumpf-Zusammen-
schluss beim DFS-„Reiher“



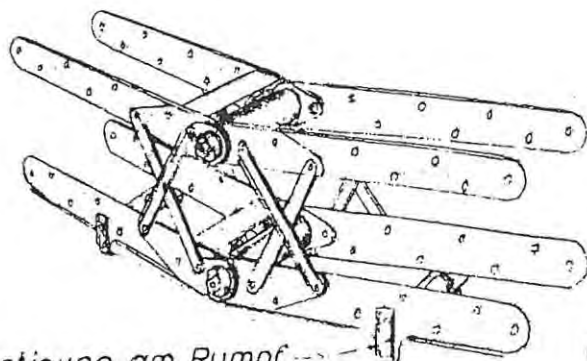
Flügeleinbau bei der „Weihe“



Flügel-Rumpf-Zusammen-
schluss bei der DFS-„Meise“

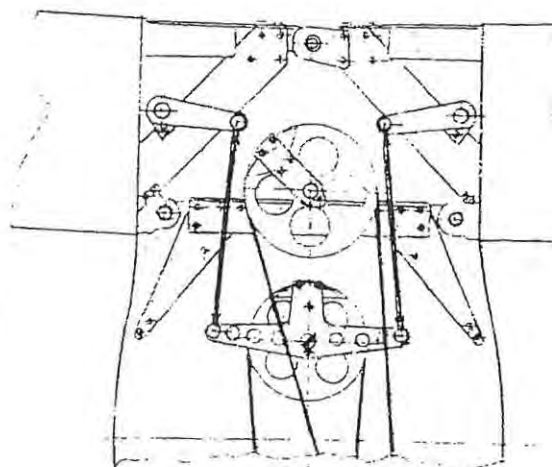


Holmbeschläge bei der Aliante „A.L. 3“

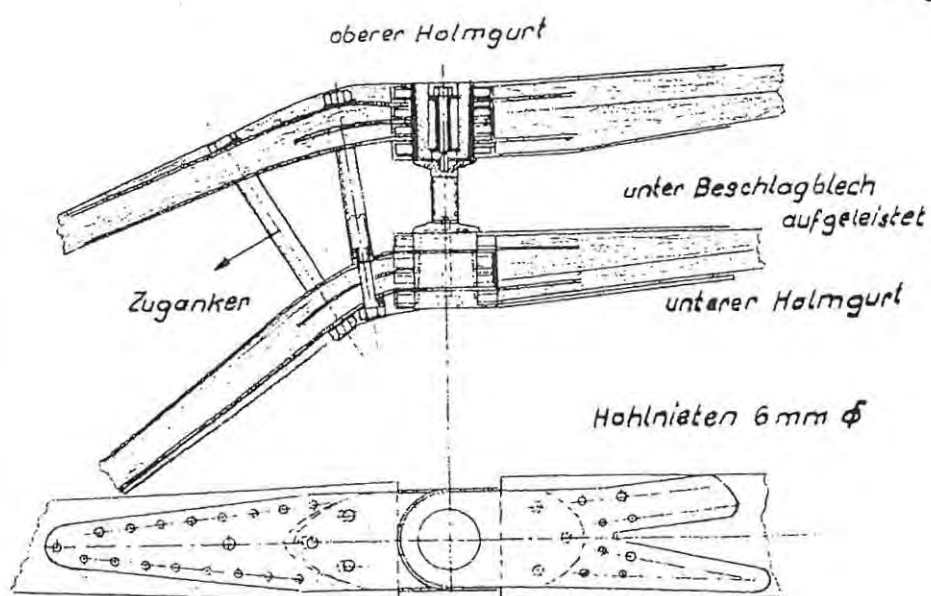


Befestigung am Rumpf

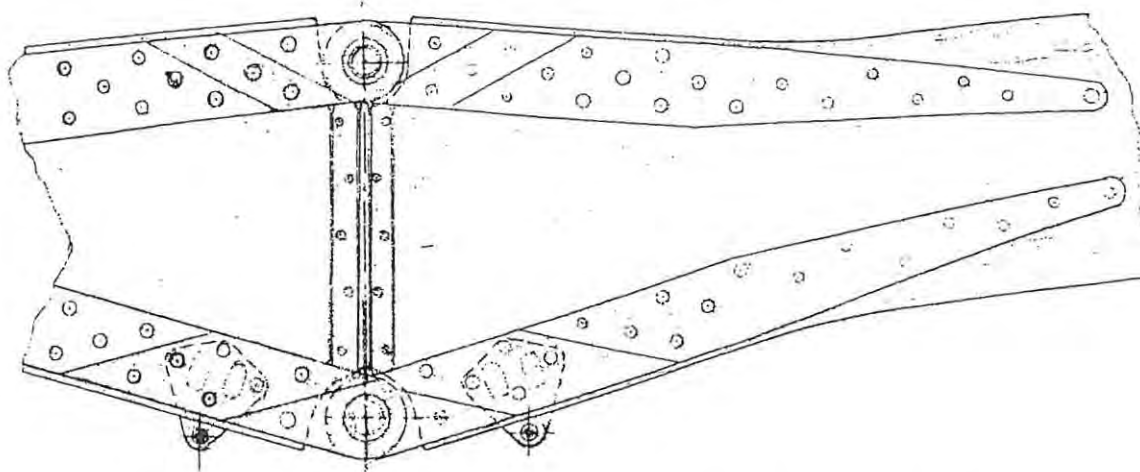
Holmbeschlag des „Pellicano“



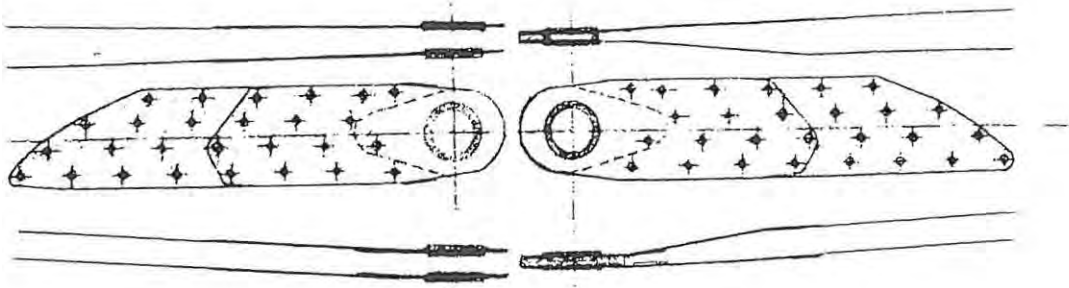
Flügelanschluss „Syr IV“



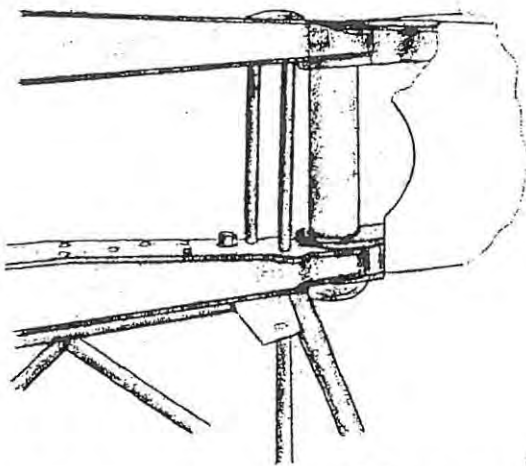
„FS 18“ Hauptbeschlag



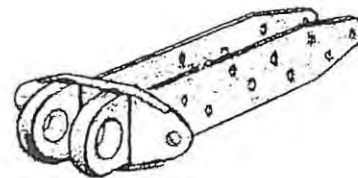
„Schwalbe II“ Hauptbeschlag - Rumpfaufhängung



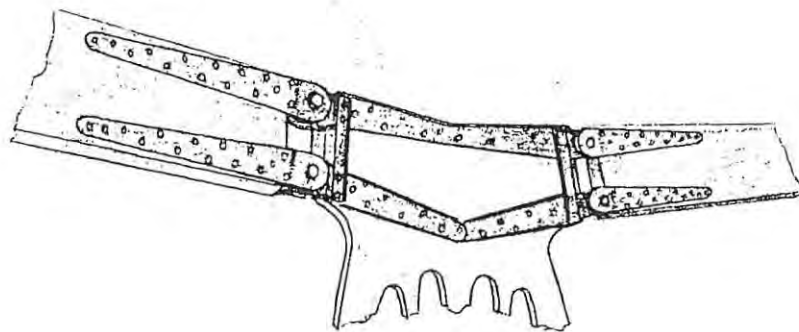
Flügelbeschläge „Merle“ MÜ 17



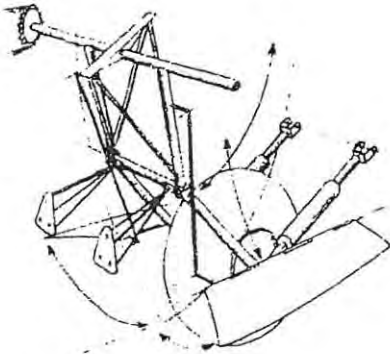
Hauptholmbeschlag und
Flügelbefestigung MÜ 13
„Atalante“



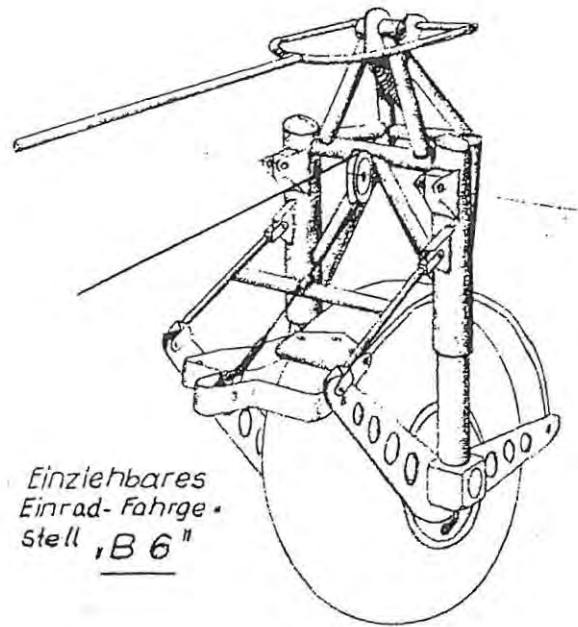
Flügelanschlussbeschlag.
„Goevier“



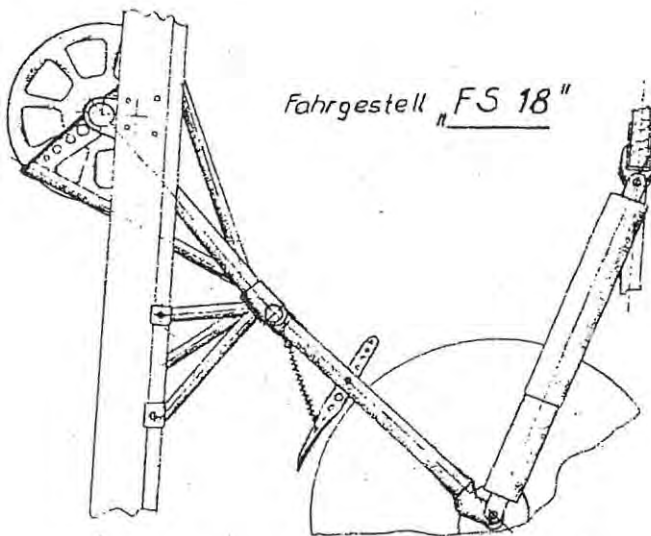
Anschlussbeschläge
„Minimoa Gö 3“



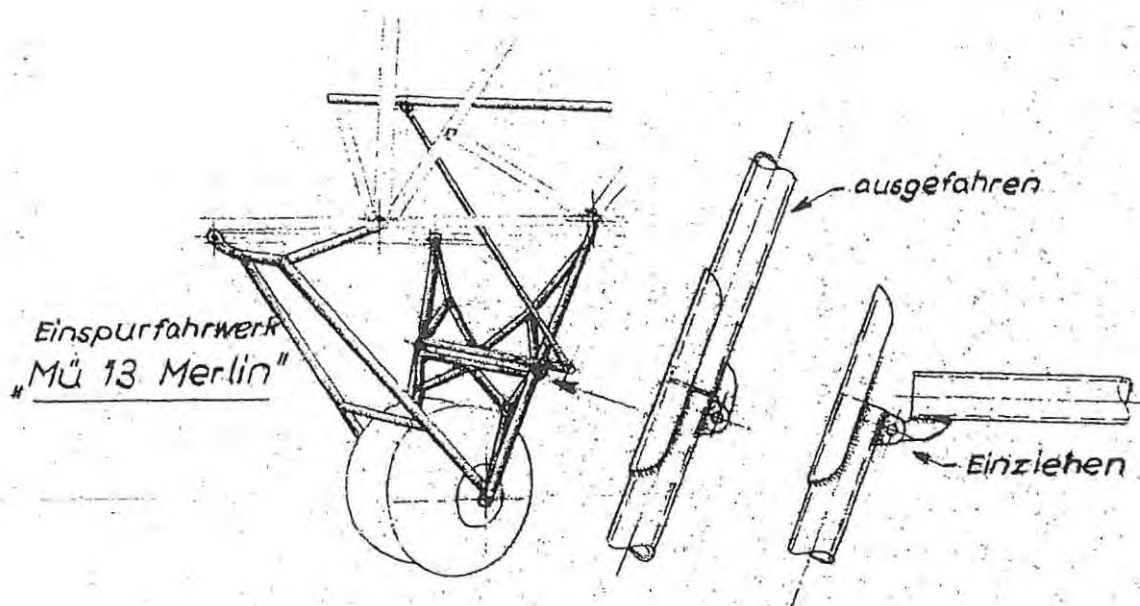
Einziehbares Einrad-Fahrgestell
"FS 18"



Einziehbares
Einrad-Fahrge-
stell "B 6"



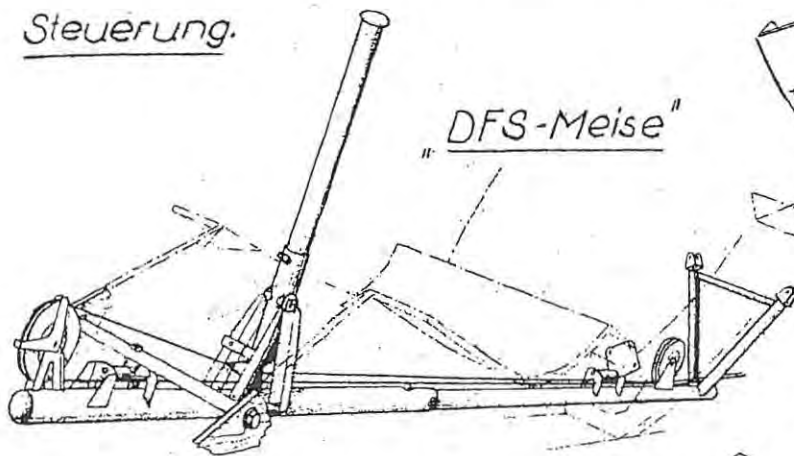
Fahrgestell "FS 18"



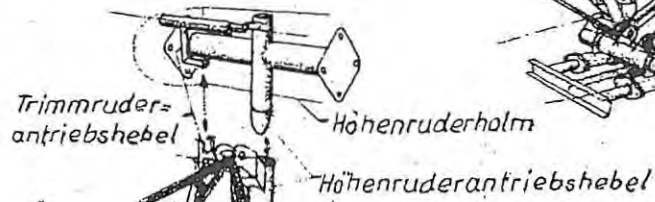
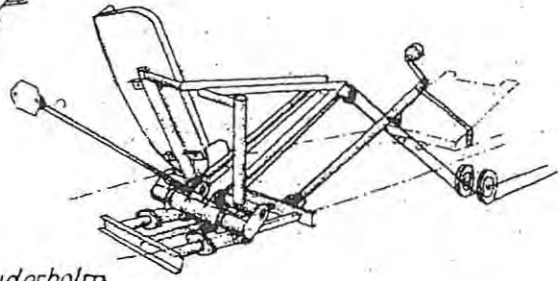
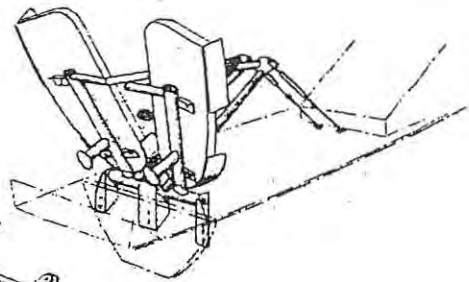
Einspurfahrwerk
"Mü 13 Merlin"



Steuerung.



"DFS-Meise"



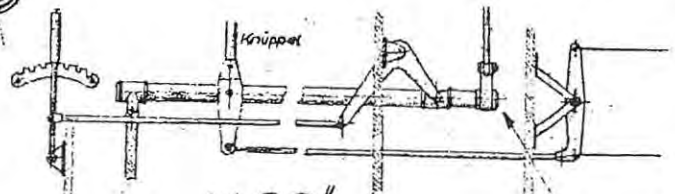
Trimmer-
antriebshebel

Höhenruderholm

Höhenruderantriebshebel

"Reiher"

Zur
Handsteuerung

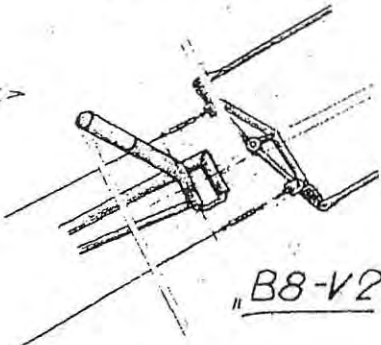


"M 22"

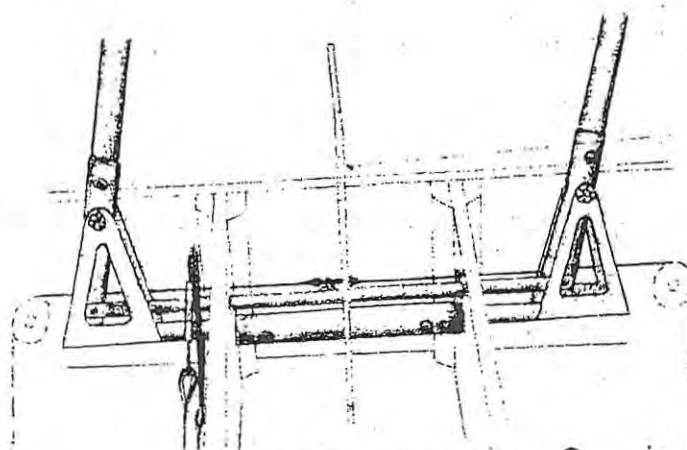


Höhensteuerschema

"AFH 4"

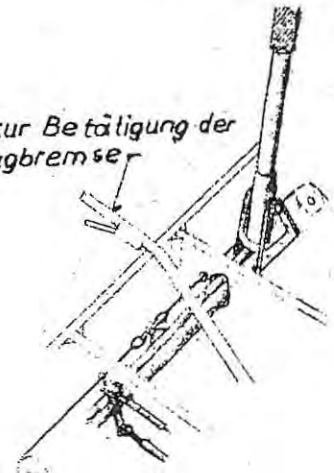


"B8-V2"



Doppelsteuerung der "Goevier"

-Hebel zur Betätigung der
Sturzflugbremse





Ein heute äusserst wichtiges Bauglied ist die Bremsklappe geworden, siehe Abb. Blatt 59. Die Bremsklappen haben zwei Bedingungen zu erfüllen:

1. Beschränkung der Endgeschwindigkeit im Sturzflug,
2. Erhöhung der Sinkgeschwindigkeit für die Landung.

Anfänglich baute man die sog. Spoiler (Störklappen), aus denen sich die Sturzflugbremsen entwickelten. Dabei ist die modernste und baulich günstigste Bremsklappe, diejenige mit den senkrecht ausfahrbaren Klappen nach oben und unten, wobei zwischen Flügel und Klappe in ausgefahrenem Zustand ein Spalt bestehen bleibt.

Der Widerstandszuwachs errechnet sich folgendermassen:

$$\Delta c_{ws} = c_{w_{BK}} \cdot \frac{F_{BK}}{F}$$

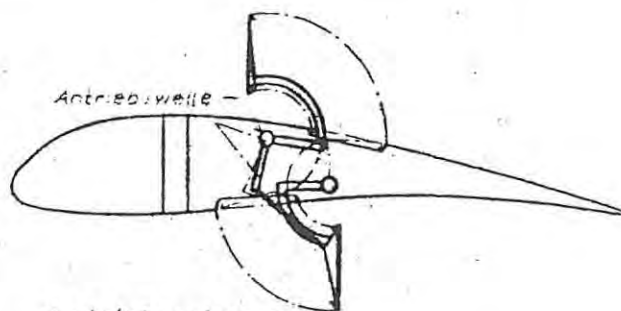
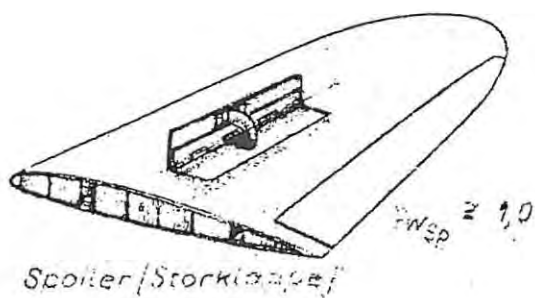
Wobei F die Flügelfläche ist und $F_{BK} = h \cdot b_{BK}$ die Bremsklappenfläche.

Für die Schlitzhöhe gelten folgende Werte:

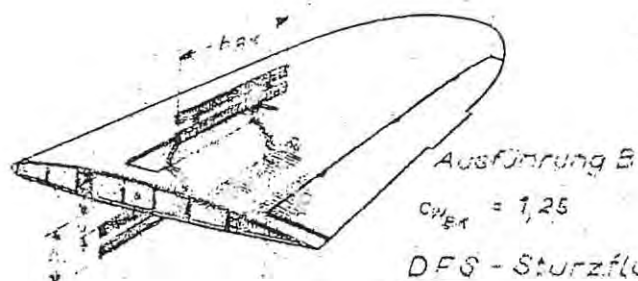
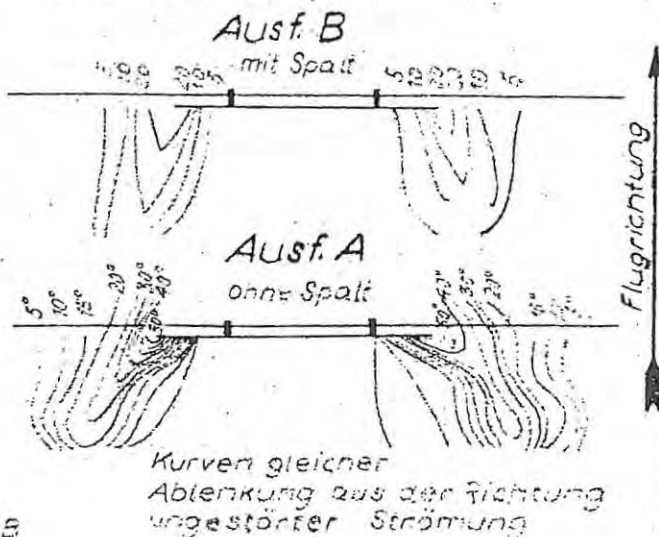
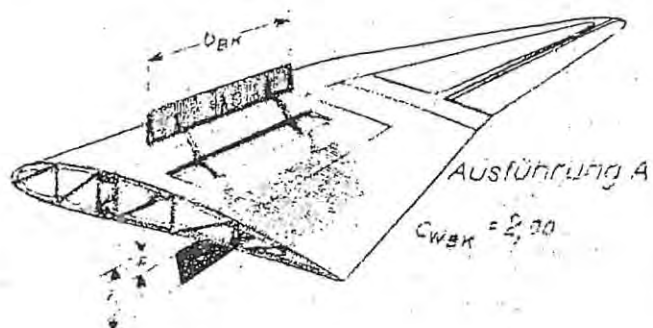
$$s = 0,20 \text{ bis } 0,33 \cdot h$$

In ausgefahrenem Zustand verteilt sich der Widerstand ungefähr 25 % auf den Flügel, 75 % auf die Bremsklappe. Für die Dimensionierung der Bremsklappe dagegen wird der volle Widerstand auf dieselbe genommen.

Die senkrecht ausfahrbaren Klappen haben baulich den grossen Vorteil, dass sie in durchgehende Kasten eingebaut werden können, die den Flügel gegen eindringendes Regenwasser schützen. Auch ist ihre Betätigung denkbar einfach.

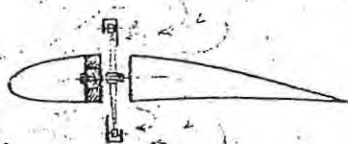


Antriebsschema
für DFS-Luftbremse.

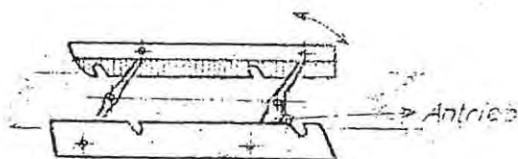


Klappen
eingezogen

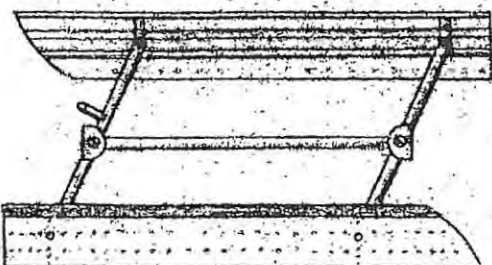
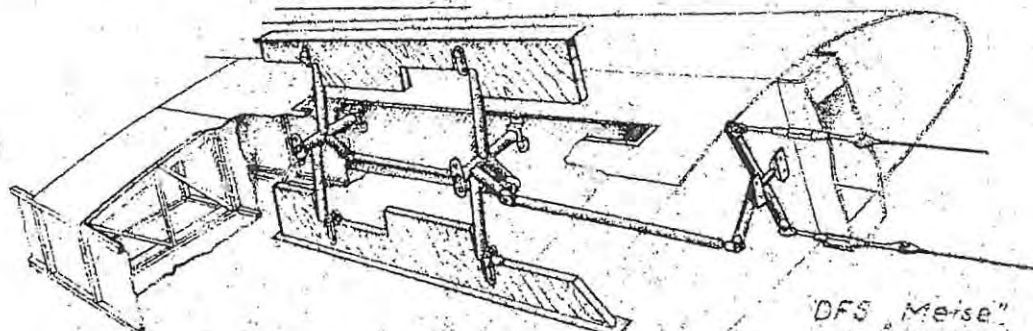
(Schritt)



ausgefahren
SH - Hülter



halb ausgefahren (Ansicht)





F. Segelflugzeuge und Motorflugzeuge
(eine Gegenüberstellung)

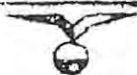
Literatur: Zusammenfassung aus dem Bericht von B.S. Shenstone an der ISTUS-Tagung Mai 1938 in Bern (ISTUS-Mitteilungsblatt No. 7)
(Die zugehörigen Abbildungen befinden sich auf Blatt 67).

Ein Vergleich zwischen Segelflugzeug und Motorflugzeug ist wie ein Vergleich zwischen Segelboot und Ozeandampfer. Beide bewegen sich in gleichen Elementen, aber in verschiedener Art und mit sehr verschiedenen Aufgaben. Ozeandampfer sowie Motorflugzeuge sind Beförderungsmittel für vorgeschriebene Reisewege, während mit Segelboot und Segelflugzeug gewöhnlich freie Ziele erreicht werden wollen. Und trotz diesen grossen Verschiedenheiten in Erfüllung der Aufgaben haben Segelboot und Ozeandampfer genau wie Segelflugzeug und Motorflugzeug in ihren äusseren Aufbauten sehr viel Gemeinsames und auch gemeinsame Eigenschaften.

Als kurze Zwischenbetrachtung kann noch gesagt werden, dass der Flugzeugbau-Konstrukteur von heute selten neben Motorflugzeugen auch Segelflugzeuge entwirft, doch lässt sich oft beobachten, wie Segelflugzeug-Konstrukteure in's Fach des Motorflugzeugbauers überwandern. Dabei gehen aber meist die alten Richtlinien der Segelflugzeugkonstruktion verloren. Und trotzdem lässt sich verwandtschaftliches zwischen Motorflugzeug und Segelflugzeug einwandfrei feststellen. Darum ist es bedauerlich, dass dieses sog. "Verbessern" des Konstrukteurs eigentlich die Aufgabe vorheriger Bauideale nachsichzieht.

Der folgende Vergleich dürfte die Verwandtschaft der beiden Flugzeugarten erklären

In erster Linie werfen sich folgende Fragen auf, wie z.B.:
wenn Segelflugzeuge ohne Motoren solch gute Leistungen erzielen, warum baut man dann nicht die Motorflugzeuge in der gleichen Weise und verbessert sie dadurch? Warum haben die Motorflugzeuge solch kurze Flügel, während die Segelflugzeuge wunderbar schlanke Flügel besitzen?



Wird das Motorflugzeug besser, wenn man einen Flügel von sehr grossem Seitenverhältnis verwendet?

Diese Fragen lassen sich am besten beantworten durch den Vergleich von je einem guten Segelflugzeug und einem gleichwertigen Motorflugzeug.

Als Beispiel werden der Fafnir II (Abb.2) und die DC 2 (Abb.1) genommen. Die Unterschiede zwischen den beiden sind weit auffallender als die Ähnlichkeit zwischen den beiden. In dem einen Falle wird die bequeme Beförderung von etwa 10 Personen über eine Entfernung von 1000 bis 1400 km bei einer Geschwindigkeit von 250 km/h gefordert und ausserdem ist die Startlänge begrenzt. In dem anderen Falle verlangt man nur die knappe Unterbringung einer einzelnen Person, einem flachen Gleitflug der Maschine und eine geringe Sinkgeschwindigkeit.

Die Ähnlichkeit der beiden Flugzeuge ist eigentlich nur die freitragende Eindecker-Bauweise. Die DC 2 ist ein Tiefdecker von mittlerem Seitenverhältnis $\lambda = 7,7$ und verhältnismässig hoher Flächenbelastung, der Fafnir II ist ein Schulterdecker von hohem Seitenverhältnis $\lambda = 20$ und geringer Flächenbelastung. Entwurfsdatum der beiden Flugzeuge ist ungefähr das selbe. —

Vergleicht man die Teilgewichte (Abb.3) miteinander, so stellt man fest, dass die jeweiligen Gewichtsverteilungen stark voneinander abweichen. Einzig allein das zusätzliche Personengewicht ist in beiden Fällen etwa $\frac{1}{5}$ des Gesamtfluggewichtes. Das Konstruktionsgewicht beim Fafnir mit 74 % scheint gegenüber 36 % der DC 2 sehr ungünstig. Doch vergleicht man Flügelgewichte mit Rumpfgewicht und Kufe oder Fahrgestell, so ersieht man in beiden Fällen eine gewisse Gleichheit dieser Gewichte.

Der weitere Vergleich baut sich auf Aenderungskosten der DC 2 auf. Um ähnliche Verhältnisse zu erhalten, wird der DC 2 Triebwerk, Tanks, Brennstoff, Ausrüstung, Passagiere sowie Mannschaft ausser einem Mann entfernt. Die so entstehenden Gewichte (Abb.4) ergeben, dass Rumpf und Fahrwerk und der Flügel je 43 % des Fluggewichtes ausmachen. Das Konstruktionsgewicht beträgt 24 %. Die Herabsetzung des Fluggewichtes auf ein Drittel des ursprünglichen Wertes ergibt



somit ein effektives Bruchlastvielfaches des Flügels von 15, wodurch der hohe Gewichtsanteil teilweise erklärt ist. Selbstverständlich darf nicht übersehen werden, dass der Gewichtsanteil des einzigen Insassen auf das Gesamtgewicht einen viel kleineren Prozentsatz ausmacht. Doch sind nun die Gewichte des Segelflugzeuges sowie die des ursprünglichen Motorflugzeuges annähernd von der gleichen Grössenordnung.

Betrachtet man die Leistungen der beiden Flugzeuge nach Aenderung der DC 2, so müssen zuerst noch die Motorgondeln entfernt werden, damit die minimalen Widerstandsbeiwerte bei beiden Mustern ungefähr die gleichen sind. Bei grossem Anstellwinkel ist der Fafnir dabei durch sein grosses Seitenverhältnis der "neuen" DC 2 weit überlegen. Dabei wirft sich die Frage auf, warum erhält die Douglas kein so grosses Seitenverhältnis, oder inwiefern wäre es vorteilhaft, wenn dieses Flugzeug ebenfalls ein gleich grosses Seitenverhältnis hätte ?

Um den Angleich an ein Segelflugzeug weiter zu vollziehen, wird der Douglas-Gleitmaschine ein neuer Flügel gegeben. Das Seitenverhältnis wird erhöht auf 20, Abb.5, das Wurzelprofil von 15 % auf 18 % verdickt, dabei bleiben die alten Sicherheitsfaktoren bestehen. Dabei lässt sich feststellen, dass der neue Flügel das gleiche Gewicht hat wie der ursprüngliche. Die Leistungen des motorlosen Flugzeuges sind gut (Abb.6). Bei ca. 80 km/h beträgt der maximale Gleitwinkel etwa 1:26 und die kleinste Geschwindigkeit erreicht nur 0,8 m/s.

Würde man aber den neuen Flügel an das Motorflugzeug nehmen, so müsste bei gleichen Sicherheitsfaktoren und entsprechend der Festigkeitsrechnung die Gewichte auf das $2\frac{1}{2}$ -fache des ursprünglichen Motorflügelgewichtes gesteigert werden. Damit erhöht sich das Gesamtgewicht von 8190 kg auf 10170 kg. Doch wird damit die gesamte ursprüngliche Nutzlast aufgebraucht, so dass das Flugzeug nutzlos würde, wenn das Gesamtgewicht nicht in gleicher Masse erhöht wird. Eine Erhöhung des Gesamtgewichtes um etwa 2 t hätte aber dann wieder zur Folge, dass die Startlängen nicht mehr genügend klein bliebe, und damit der Verwendungszweck ebenfalls nicht mehr erfüllt würde.



Macht man dagegen folgende Ueberlegung, dass das Flugzeug mit dem ursprünglichen Brennstoffvorrat und der ursprünglichen Nutzlast starten kann, so ergeben sich bei einem Flügel mit dem Seitenverhältnis 20 folgende Leistungen: die maximale Geschwindigkeit verringert sich um 2 km/h, die Reichweite vergrössert sich um 30 km oder 2 %, die Landegeschwindigkeit würde ca 10 km/h höher liegen. Somit ergibt sich, dass das höhere Seitenverhältnis in keiner Weise zu einem wirklichen Gewinn führt, sofern das Flugzeug für seine ursprünglichen Aufgaben eingesetzt werden soll, noch dazu sich die Startgeschwindigkeiten beträchtlich erhöhen werden.

Wenn jedoch die DC 2 nicht für verhältnismässig kleine Strecken bei hoher Geschwindigkeit entworfen worden wäre, sondern statt dessen für eine maximale Reichweite bei günstigster Gleitzahl und bei geringer Nutzlast von etwa 400 kg einschliesslich der Besatzung, so ständen 2980 kg für den Brennstoff und Oel zur Verfügung bei einem Fluggewicht von 10170 kg. Dies würde dazu führen, dass das Flugzeug mit dem Flügel von grösserem Seitenverhältnis eine um 28 % grössere Reichweite erzielt als das Flugzeug mit dem ursprünglichen Flügel. Bei dieser max. Reichweite müsste jedoch bei Verwendung des Flügels mit grösserem Seitenverhältnis bei einer um 55 km/h höheren Geschwindigkeit geflogen werden. Für diesen verhältnismässig ungewöhnlichen Zweck ist der Flügel von grossem Seitenverhältnis an dem Motorflugzeug verwendbar. Somit haben wir einen Berührungspunkt zwischen Segelflugzeug und Motorflugzeug, da das Segelflugzeug bei Ueberlandflügen ebenfalls annähernd bei günstigster Gleitzahl fliegt.

Diese kleine Untersuchung liefert uns einige Angaben, aus denen wir unsere Folgerungen ziehen können. Bei Segelflugzeugen und Langstreckenflugzeugen, die gewöhnlich beide bei der Fluglage fliegen, die die günstigste Gleitzahl liefert, versuchen wir die Gleitzahl zu verbessern, indem wir das Seitenverhältnis so gross wie möglich machen. Bei normalen Verkehrsflugzeugen ist jedes beliebig passende Seitenverhältnis (6 oder mehr) gleich günstig. Diese Flugzeuge fliegen bei niedrigen Auftriebsbeiwerten und die Veränderung des Seitenverhältnisses übt nur einen geringen Einfluss aus. Bei Schnellflugzeugen mit grosser Motorleistung besitzt das Seitenverhältnis keinerlei Bedeutung und wird so klein wie möglich gewählt. Abgesehen von schnellen Kampfflugzeugen und Flugzeugen für Geschwindigkeitsrekorde scheint man jedoch



darnach zu streben, die Seitenverhältnisse an Flugzeugen etwas zu vergrössern. Erstens ist es auf Grund der verbesserten Materialien und Bauweisen und unserer Kenntnisse der Festigkeit und Steifigkeit möglich, dies ohne grosse Gewichtserhöhung zu erreichen. Zweitens ist dies notwendig infolge der wachsenden Flächenbelastungen und grösser werdenden Reichweiten, um den erhöhten induzierten Widerstand zu verringern. Diese Entwicklung zeigt sich bei den neuen Mustern von Martin und Douglas (Abb.7), doch scheint die Vergrösserung des Seitenverhältnisses nur sehr langsam vor sich zu gehen.

Ausser dem Seitenverhältnis gibt es noch weitere abweichende Eigenschaften am Flügel für Motor- und Segelflugzeug. Die stark gewölbten Profile der Segelflugzeuge sind für Motorflugzeuge ungünstig, da sie in dem normalen Anstellwinkelbereich der Motorflugzeuge einen hohen Widerstand bieten. Wenn das Motorflugzeug hohen Auftrieb braucht, dann erfordert es auch einen schlechten Gleitwinkel, so dass Klappen sich besser eignen als ein wirksames Profil mit hohem Auftrieb. Abgesehen von der Grundform des Profils sind Grösseneinflüsse vorhanden, die zu einer Unterscheidung der Profile führen, die für Segelflugzeuge und Motorflugzeuge günstig sind. An den Flügelenden der Segelflugzeuge verwendet man gewöhnlich dünne symmetrische Profile, wie z.B. NACA 0009. Bei den Reynoldsschen Zahlen, die an den Flügelenden der Segelflugzeuge auftreten, liefert das Profil eine Kurve des Auftriebs gegen den Anstellwinkel, d.h. das Abreißen beginnt verhältnismässig früh (Abb.8), doch tritt keine merkliche Auftriebsverringerung ein, bis ein sehr hoher Anstellwinkel erreicht ist, so dass ein Abreißen der Flügelenden nicht zu Stabilitätsstörungen führt. Verwenden wir nun dieses Profil an dem Flügelende der Douglas DC 2, so ergibt sich ein ganz anderes Bild. Bei Vergrösserung der Reynoldsschen Zahl wird das Abreißen immer plötzlicher. Somit haben wir in der Landstellung bei der Douglas eine Form der Auftriebskurve, die ein sehr plötzliches Abreißen aufweist, was sich bei geringen Geschwindigkeiten ungünstig auswirken kann. Bei plötzlich abreisenden Flügelenden besteht die Gefahr, dass die Querstabilität und die Steuerfähigkeit verloren geht.



Bei der DC 2 ist statt dessen das Profil NACA 2209 verwendet worden, das bessere Abreisseigenschaften besitzen soll, obwohl keine bestimmte Daten hierfür vorhanden sind. Hieraus kann man folgern, dass bei einem Segelflugzeug eine Verringerung der Wölbung an den Flügelenden günstig ist, während dies bei einem Motorflugzeug beliebiger Grösse und Geschwindigkeit unvorteilhaft sein kann.

Eine weitere Erscheinung, die zu einer Unterscheidung der Flügel für Segel- und Motorflugzeuge führt, besteht in der Schwierigkeit bei niedrigen Geschwindigkeiten die notwendige hohe Steuerbarkeit der Segelflugzeuge zu erreichen. Für das Motorflugzeug ist es nicht notwendig, in Bodennähe steile Kurven auszuführen oder in einem Thermikschlauch zu kreisen. Ausserdem macht der Flügel bei einem Motorflugzeug einen kleinen Teil des Gewichtes aus und die Trägheit um die Längsachse ist im allgemeinen kleiner und die Reaktion auf die Steuerbewegungen daher schneller. Diese Forderungen bei den Segelflugzeugen haben zu sehr grossen Querrudern, starker Schränkung und einem Streben nach Kurvenstabilität geführt. Im Vergleich hierzu ist das Problem bei den Motorflugzeugen sehr einfach. Trotzdem ist auch beim Motorflugzeug die Frage der Querstabilität und Steuerfähigkeit ausserordentlich wichtig.

Die Frage der Rumpfvorschiedenheiten soll hier nicht weiter berührt werden. Die Unterschiede sind in der Art des Verwendungszweckes der einzelnen Motorflugzeuge zu finden, einmotorig oder mehrmotorig usw., während für die Segelflugzeuge eine gewisse Einheitlichkeit durchgeführt werden kann.

In moderner Zeit hat sich eine neue Verwandtschaft der beiden Flugzeugarten eingestellt. Verschiedene Motorflugzeuge werden für den Katapultstart umgebaut oder hierfür in der Konstruktion vorgesehen. Eine Startart, die man in früheren Jahren allein für das Segelflugzeug in Anwendung brachte, doch heute für Flugzeuge mit hohen Zuladungen erforderlich ist.

Am Schluss sei noch allgemein auf den Entwurf von Segelflugzeugen und Motorflugzeugen eingegangen. Dem Segelflugzeugkonstrukteur ist mit kleinen Abwandlungen immer das gleiche Problem gestellt. Durch verschiedene Versuche kann er Erfahrungen sammeln und schliesslich



einen hoch entwickelten Typ schaffen. Es kommt nicht darauf an, wie lange er hierzu braucht, die Grundforderungen ändern sich nicht, da sie auf der Natur beruhen. Man könnte sagen, dass der Entwurf von Segelflugzeugen ein Angriff auf eine bestimmte Naturerscheinung ist.

Doch wie verschieden ist dies bei dem Motorflugzeug. Es erfüllt keine auf natürlicher Grundlage beruhenden gleichbleibenden Forderungen, es versucht von Menschen geschaffene, ewig sich ändernde Aufgaben aufzugreifen und in eine Form zu bringen. Diese Aufgabenstellungen sind so kompliziert und so verschiedenartig, dass es viel zu schwierig ist, dass ein einziger Mann sie erfüllen könnte. Motorflugzeuge werden heute niemals durch einen einzigen Konstrukteur, sondern durch eine Gruppe von Konstrukteuren entworfen, von denen keiner ohne die anderen erfolgreich arbeiten kann. Hierdurch und durch die willkürlich gestellten Forderungen wird das Motorflugzeug zu einem viel grösseren Kompromiss, als es ein Segelflugzeug jemals ist.

Zusammenfassend sehen wir, dass das Segelflugzeug und das Motorflugzeug in ihrem Aufgabenbereich sich stark unterscheiden, dass sie jedoch sowohl konstruktiv wie aerodynamisch Berührungspunkte haben. Segelflugzeug und Motorflugzeug haben beide grundsätzlich die ihren Aufgaben entsprechende richtige Gestaltung, es ist jedoch anzunehmen, dass das Motorflugzeug sich in Zukunft eher dem Segelflugzeug angleichen wird als umgekehrt. Die Entwicklung der Flugzeuge nach grösserer Reichweite strebt nach grösserem Seitenverhältnis bei gleichzeitiger Verbesserung des konstruktiven Aufbaues. Die höheren Flächenbelastungen weisen in gleicher Richtung. Denken wir uns vorausschauend einen Mitteldecker mit Druckschraube, möglicherweise als schwanzlose Maschine mit verhältnismässig grossem Seitenverhältnis und sehr hoher Flächenbelastung, so ist es denkbar, dass sich dieses zukünftige Flugzeug von dem modernen Segelflugzeug äusserlich wenig unterscheiden wird.

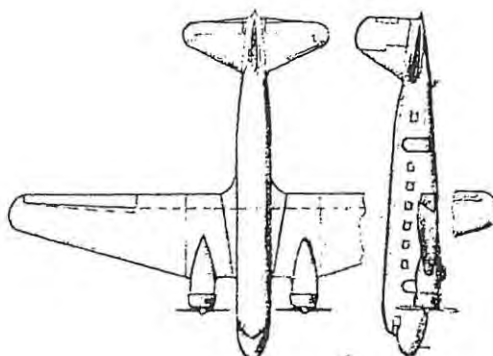


Abb. 1

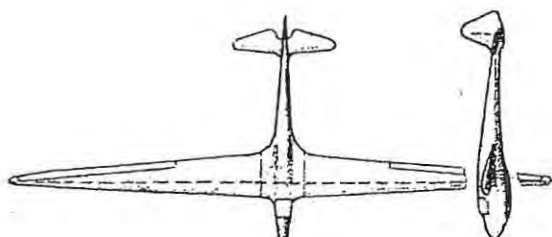


Abb. 2

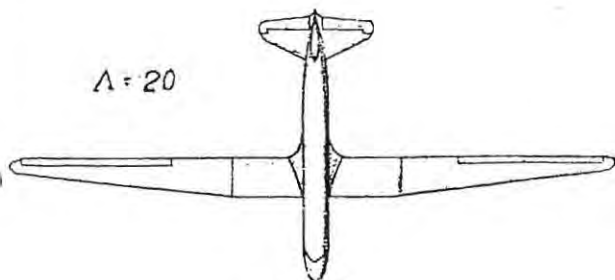
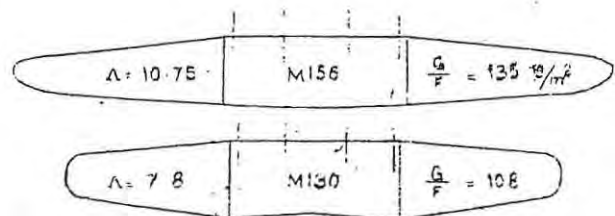
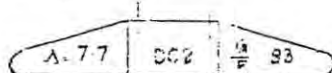
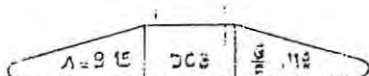


Abb. 5



MARTIN



DOUGLAS

Abb. 7

Gewichtszerteilung Gewichte in kg

	Douglas DC-2	% von 8190 kg	Fafnir II	% von 378,6 kg
Flügel	1200	14.7	135.4	36
Rumpf	717	8.75	136.6	36
Leitw. {vert. horiz.}	195	2.4	6.6	2
Gondeln	225	2.76		
Fahrwerk	495	6.05		
Triebwerk	1590	19.5		
Instrumente	69	0.84	15.0	4
Steuerung	114	1.4		
Einrichtung	570	7.0		
Verschied's	204	2.5		
Kraftst. Del.	1140	13.9		
Passagiere- Mannschaft	1670	20.0	85.0	22
	8190	100.0	378.6	100

Abb. 3

Gewichtszerteilung Gewichte in kg

	Douglas Segelflzg	% von 2825	Fafnir II	% von 378.6
Flügel	1200	42.5	135.4	36
Rumpf	717	25.4	136.6	36
Leitw. {vert. horiz.}	195	6.9	6.6	2
Fahrwerk	495	17.5		
Instrumente	19	0.7	15.0	4
Steuerung	114	4.0		
Mannschaft	85	3.0	85.0	22
	2825	100.0	378.6	100

Abb. 4

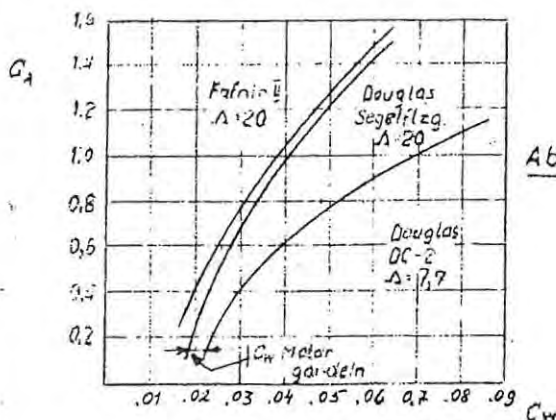


Abb. 6

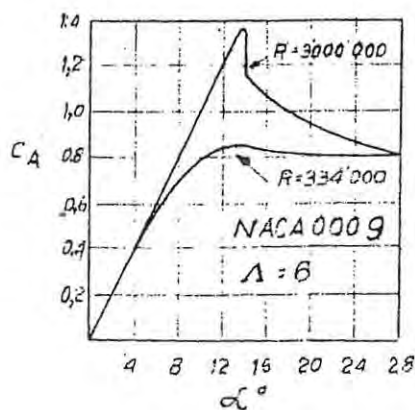


Abb. 8