

Flugmessungen mit 25 Segelflugzeugen

(Flugleistungen und Flugeigenschaften)

Von Dipl.-Ing. H. Laurson und Dipl.-Ing. H. Zacher, DFVLR, München (Deutschland)

Erweiterte Fassung eines Vortrages beim XIII. OSTIV-Kongress in Vršac (Jugoslawien)

Summary

Flight Measurements with 25 Sailplanes

This report gives the results of performance measurements and handling quality investigations made by the DFVLR-Department Soaring and Light Airplanes (DFVLR-Abt. Segelflug und Leichtflugzeuge) in cooperation with the Academic Flight Groups (Akafliugs). The performances have been measured by partial glides or by side-by-side flights with a partial-glide-calibrated sailplane. The handling qualities description is a result of the investigation of several pilots with various experiences.

Résumé

La section planeurs et avions légers du DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) en collaboration avec des groupes académiques de vol à voile, a procédé à des mesures de performances et de qualités de vol sur 25 planeurs.

Deux méthodes existent pour mesurer une polaire en vol. Une méthode absolue est décrite dans [6] où l'on procède par planés stabilisés sur des tranches d'altitudes déterminées. C'est ce qui a été fait avec un Ka 6CR et un Cirrus promus ainsi au rang d'étalons. Les polaires des autres planeurs ont été mesurées par la deuxième méthode dite de comparaison: un planeur étalon et le planeur à mesurer volent de conserve, un avion filme la différence d'altitude entre les deux machines en fonction du temps. Cette méthode permet d'obtenir une polaire précise avec 10 à 20 points de mesure alors qu'il en faut cinq fois plus avec la méthode absolue pour atteindre la même précision.

Les polaires ainsi mesurées sont ramenées ensuite à la charge alaire donnée par le constructeur. Le passage de la polaire du planeur mesuré à celle d'un planeur de même type reste cependant

délicat à cause des petites différences qui existent toujours entre deux mêmes machines.

L'évaluation des qualités de vol est très importante aussi pour l'appréciation d'un planeur. Ces qualités de vol ont été estimées par divers pilotes étudiants ingénieurs qui avaient appris en biplace un programme de vol type et qui disposaient de quelques instruments permettant de mesurer les forces appliquées sur les commandes et leurs débattements ainsi que les temps de réaction. On trouve les résultats de ces évaluations dans le tableau 4.

L'utilisation toujours plus répandue de l'anneau McCready et des calculateurs d'arrivée rend de tels travaux indispensables. En effet ces méthodes d'optimisation de trajectoire imposent une connaissance précise de la polaire.

1. Einleitung

Wohl jeder Leistungssegelflieger, sicher aber jeder Wettbewerbspilot benutzt heute Hilfsmittel für den optimalen Streckenflug wie McCready-Ring und sonstige Flugbahnrechner. Grundlage aller dieser Hilfsmittel ist die sogenannte Geschwindigkeitspolare. Verfügbar sind aber meistens nur die gerechneten oder Prospekt-Polaren, die mit der Wirklichkeit nur in den seltensten Fällen übereinstimmen.

Aber auch die gemessenen Polaren gelten nur für turbulenzfreie Luft, bei der sie erflogen wurden. Die Leistung in der Thermik und in turbulenter Luft liesse sich zwar messen, wäre aber wegen der nicht eindeutig definierten und nicht reproduzierbaren Wetterbedingungen kaum mit anderen Messungen vergleichbar. Ähnliche Probleme ergeben sich beim Versuch, Flugleistungen bei insekten- und regentropfenrauen Oberflächen zu messen.

Wenn die gemessenen Polaren auf das Einzelstück des jeweiligen Flugzeugtyps auch nur bedingt anwendbar sind (Abschnitt 4), so bieten sie doch einen

zuverlässigen Vergleich der Flugzeuge untereinander.

Für Flugleistungsmessungen wurden schon viele Messverfahren entwickelt und auch erprobt. Dabei hat sich aber immer wieder die Höhenstufenmethode am besten bewährt. Bei den Messungen von W. Spilger [1], H. Zacher [2], A. Raspet [3], H. J. Merklein [6], P. Bikle [10] und anderen ist dieses Verfahren im Grundprinzip beibehalten worden, lediglich mit zum Teil unterschiedlichen Messgeräten ausgeführt. Auch bei der Abteilung Segelflug der DFVLR (früher DFS, FFM, DVL) wird noch heute danach gearbeitet. Als Ergänzung bietet sich dann noch das Vergleichsflugverfahren an.

Einige Flugzeuge wurden bei der DFVLR absolut mit Höhenstufenflügen vermessen, die meisten jedoch im Vergleichsflug bei den Idaflieg*-Vergleichsfliegen in den Jahren 1966–1972 in Braunschweig und Aalen in Zusammenarbeit mit den Akafliegern. Dabei dienten die Ka 6CR und der Cirrus der DFVLR als Kalibrierflugzeuge. Von den in den letzten Jahren durchgeführten rund 60 Vermessungen ist hier eine Auswahl von 25 zusammengestellt, die bisher noch nicht veröffentlicht wurden.

Da aber ein Flugzeug nicht einseitig von der Leistung her beurteilt werden darf, sind in diesem Bericht auch die Flugeigenschaften – als ein wesentlicher Teil der Güte eines Flugzeugs – mit aufgeführt. In einigen Fällen muss eine Leistungsverbesserung mit einer Verschlechterung der Flugeigenschaften erkauft werden, aber auch umgekehrt. Darum sollten immer beide, Flugleistungen und Flugeigenschaften, gemeinsam betrachtet werden.

2. Messverfahren

Die Fahrtechnik und die Höhenstufenmethode, die in [6] beschrieben sind, sollen hier nicht näher erläutert werden.

* Interessengemeinschaft Deutscher Akademischer Fliegergruppen.

Die Vergleichsflugmethode wurde in den letzten Jahren immer weiter verbessert. Beim Vergleichsflug fliegen das zu vermessende und das Kalibrierflugzeug mit konstanter Geschwindigkeit in mehreren Messstufen zwischen Mindest- und Höchstgeschwindigkeit im exakten Verbandsflug nebeneinander her. Zur Bestimmung der Höhendifferenz werden die Flugzeuge zu Beginn und Ende jeder Messstufe aus einem hinterher- oder auch parallelfliegenden Beobachtungsflugzeug fotografiert. Vor 1970 wurde die kleine Höhendifferenz zu Beginn einer Messstufe, die möglichst Null sein sollte, von dem hinterherfliegenden Beobachter geschätzt. Mit der gestoppten Zeit (etwa 1 bis 3 Minuten), der Lufttemperatur und der Absoluthöhe lassen sich dann mit Hilfe der bekannten Polare des Kalibrierflugzeugs die Leistungswerte berechnen. Die Leistungen der beiden Flugzeuge sollten nicht zu stark voneinander abweichen, doch kann man durch Variation der Flächenbelastung eine Anpassung in gewissen Grenzen erreichen. Sink- und Bahngeschwindigkeitswerte werden später wieder auf die ursprüngliche Flächenbelastung umgerechnet. Für die Bestimmung einer Polare benötigt man bei der Vergleichsflugmethode

etwa 10 bis 20 Messpunkte, während bei der Höhenstufenmethode etwa die fünffache Anzahl von Punkten notwendig wird, um die gleiche Genauigkeit zu erzielen. Der Grund liegt darin, dass kleine Vertikalbewegungen, auch der turbulenzfreien Atmosphäre, die die grössten Fehler bei der Absolutvermessung verursachen, bei der Vergleichsmessung ohne Bedeutung sind. Andererseits braucht man aber für eine Vergleichsflugmessung erst ein nach dem Höhenstufenverfahren kalibriertes Flugzeug. Ausserdem sind Messungen bei V_{\min} nur selten, Messungen mit Bremsklappen oder Bremsschirm nicht möglich. Auch der Anstellwinkel α lässt sich ohne besonderen Messeinbau nicht feststellen.

3. Fehlerbetrachtung

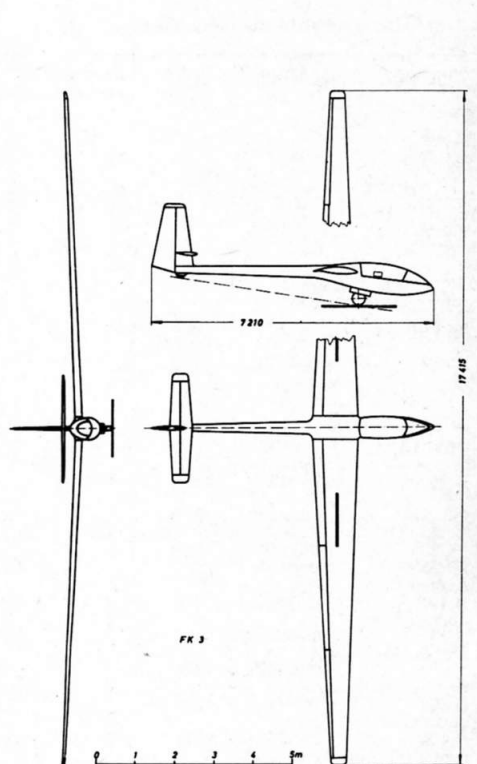
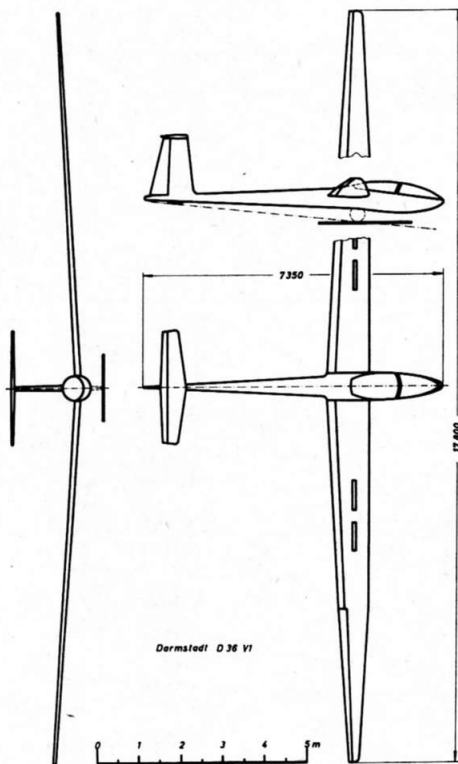
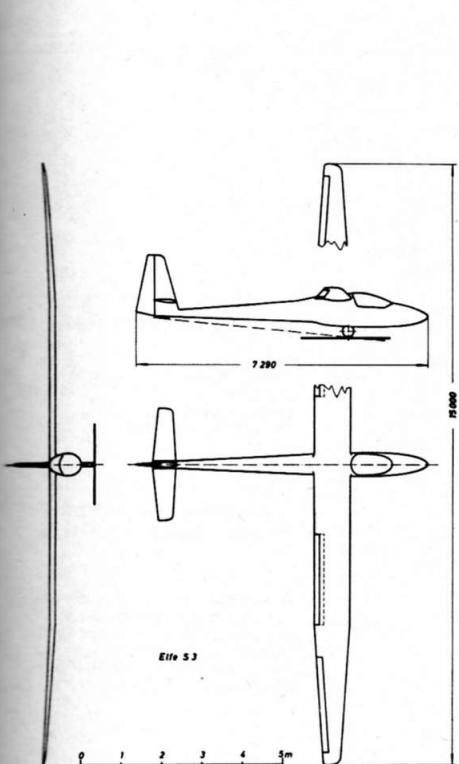
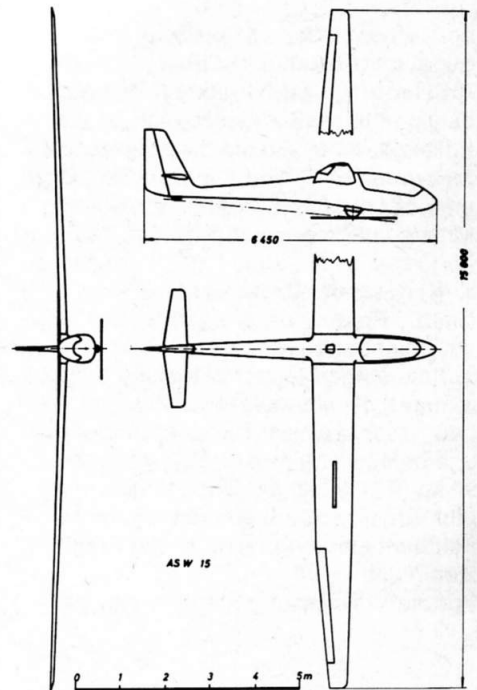
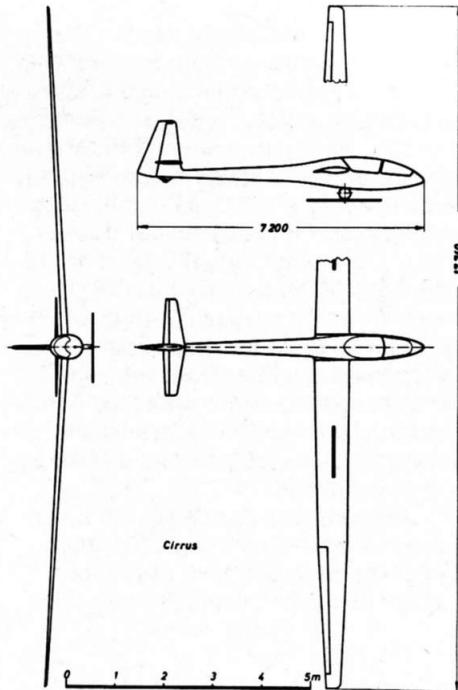
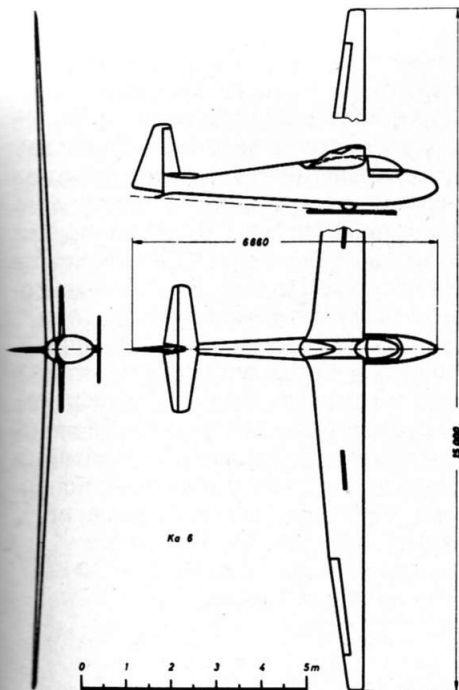
Wie schon zuvor erwähnt, spielen die Störungen in der Atmosphäre bei der Vergleichsflugmethode keine Rolle, solange die Flüge in ruhiger Luft gemacht werden. Wie gross der Wetterfehler bei Absolutvermessungen (Höhenstufenverfahren) mitunter sein kann, zeigen Beobachtungen während des Flugzeug-schlepps, wo bei scheinbar ruhiger Luft (Hochdrucklage, wolkenlos, schwachwindig, kurz nach Sonnenaufgang) in

2500 m NN am Rande des Nördlinger Ries Variometeranzeigen von 0 bis 1,8 m/sec festgestellt wurden. Verständlicherweise haben hier Bemühungen um eine Verbesserung der Messtechnik nur unbedeutenden Einfluss auf die Genauigkeit des Gesamtergebnisses.

Eine Fehlerbetrachtung bei Höhenstufenvermessungen ist in FFM 63 [6] angestellt. Im Folgenden soll nur das Vergleichsflugverfahren mit fotografischer Registrierung betrachtet werden. Der grösste Fehler kann durch Unregelmässigkeiten in der Flugbahn entstehen. Während das Führungsflugzeug (Flugzeug A), das mit konstanter Geschwindigkeit und Längsneigung nur geradeaus fliegt, noch leicht zu steuern ist, wird von dem Piloten des parallel fliegenden Flugzeugs (Flugzeug B) ein grosses fliegerisches Können verlangt, um besonders bei grösser werdenden Höhendifferenzen seine Geschwindigkeit der des Flugzeugs A genau anzupassen. Davon und auch vom Geschick des Beobachters, den richtigen Zeitpunkt für Beginn und Ende einer Messstufe zu wählen, hängt dieser Fehler weitgehend ab. Er dürfte bei maximal 0,03 m/sec liegen. Im Einzelfall lässt sich seine Grösse aber kaum abschätzen

Tabelle 1: Flugzeugdaten

Flugzeug	Kennzeichen	Profile	b m	S m ²	λ	G_R kp	G_F kp	G/S^* kp/m ²	G/S kp/m ²	Hersteller
Ka 6CR	D-1810	NACA 63-618 NACA 63-614	15,0	12,4	18,1	185	305	24,6	22,2	A. Schleicher, Poppenhausen
Cirrus	D-0471	Joukowski 12% FX 65-196	17,74	12,6	25,0	275	389	30,9	29,0	Schempp-Hirth, Kirchheim
ASW 15	D-0510	FX 65-160	15,0	11,0	20,5	215	322,5	29,3	27,7	A. Schleicher, Poppenhausen
D 36 V1	D-0791 D-4685	FX 60-126 FX 62-K-131	17,8	12,8	24,8	285	401	31,3	29,3	Akaflied Darmstadt
Elfe S-3	HB-902	FX 60-126 FX 61-163	15,0	11,85	19,0	224	312	26,3	26,5	A. Neukom, Neuhausen, Schweiz
FK 3	D-0292	FX 60-126 FX 61-184	17,4	13,8	22,0	260	398	28,8	25,4	VFW-Fokker, Speyer
FS 25	D-8141	FX 61-168 FX 61-147	15,0	8,54	26,4	154	235	27,5	28,6	Akaflied Stuttgart
Cuervo		FX 60-126								
H 101	D-2040	17-A-II	13,6	8,55	21,6	180	258	30,2	31,6	Start + Flug GmbH, Saulgau
Salto										
H 201	D-0082	17-A-II	15,0	9,8	23,0	195	282	28,8	29,1	Glasflügel, Schlattstall
Stand.-Libelle	D-0697						275	28,1		
H 301	D-9412	H 1/H 2	15,0	9,53	23,6	194	276	29,0	29,8	Glasflügel, Schlattstall
Libelle										
H 401	D-0245	FX 67-K-170	17,0	11,58	25,0	290	368	31,8	32,8	Glasflügel, Schlattstall
Kestrel		FX 67-K-150	15,0	9,74	23,1	197	288	29,6	29,5	Schneider, Egelsbach
LS 1A	D-4734	FX 66-S-196	15,0				301	30,9		
LS 1C	D-0558						340	25,1	26,4	Akaflied München
Mü 22 b	D-1848	NACA 63 ₃ -618	17,0	13,54	21,4	268	340	23,7	23,9	Akaflied München
Mü 26	D-0726	Eppler STE348	16,6	15,3	18,0	275	362	30,3	30,1	Schempp-Hirth, Kirchheim
Nimbus II	D-0107	FX 67-K-170	20,3	14,4	28,6	345	436	31,2		
	D-0699	FX 67-K-150					449	25,8	25,6	Bölkow, Laupheim
Phoebus C	D-0559	Eppler 403	17,0	14,05	20,6	269	362,5	27,0	27,0	N. V. Vliegtuigbouw, Holland
Sagitta	PH-319	NACA 63-618	15,0	12,0	18,8	234	324			
SB 8 V2	D-6085	NACA 4412 FX 62-K-153a	18,0	14,1	23,0	301	385	27,3	27,7	Akaflied Braunschweig
		FX 62-K-131a								
		FX 60-126								
SB 9	D-6085	wie SB 8	21,0	15,2	29,0	325	414	27,3	27,3	Akaflied Braunschweig
SF 27 A	D-6068	FX 61-184	15,0	12,1	18,6	222	295	24,6	25,8	E. Scheibe, Dachau
Stand.-Cirrus	D-0483	FX 60 126 FX 65-196	15,0	10,0	22,5	205	300	30,0	29,5	Schempp-Hirth, Kirchheim
SZD-30	D-3660		15,0	13,8	16,3	255	312,5	31,2		
Pirat	PH-392						360	26,1	25,0	SZD, Polen
AS-K 13	D-2018	Gö 535/549	15,95	17,5	14,6	293	456	24,8	27,0	A. Schleicher, Poppenhausen
		Gö 532						26,0		
Bergfalke III	D-1737	Mü-Profil	16,6	18,06	15,3	275	482,5	26,7	25,2	E. Scheibe, Dachau
K 8-KM 48	D-KIBO	Gö 533/532	15,0	14,2	15,9	232	321	22,6	22,7	A. Schleicher, Poppenhausen Fichtel & Sachs-Flugsportgr.



Der Zeitmessfehler kann nach den bisherigen Beobachtungen ± 1 sec ausmachen, das entspricht im ungünstigsten Falle 0,6% der Sinkgeschwindigkeit.

Ein weiterer Fehler kann bei den Messfotografien entstehen, wenn sie nicht exakt von der Seite oder von hinten und nicht aus der mittleren Höhe zwischen den beiden Segelflugzeugen aufgenommen wurden. Eine Fehlerabschätzung für ungünstige Fälle ergibt Fehler von 0,3% bzw. 0,5% der Sinkgeschwindigkeit.

Obwohl die Fahrtmessanlage des Cirrus genau geeicht war, stellte sich bei einer Nachmessung des Fahrtmessers eine starke Hysterese in der Fahrtanzeige heraus. Dadurch ist hier ein Fehler bis zu ± 2 km/h (bei 100 km/h) möglich, zusammen mit dem Fehler bei der Ablesung des Gerätes im Fluge sind Fehler bis zu 3,5 km/h denkbar, entsprechend 3,5% der Geschwindigkeit (bei 100 km/h). Der grösste prozentuale Fehler ist bei 70 km/h ca. 3,9%. Da fast alle Fehler nicht systematisch nur in einer Richtung wirken, müssten

sie sich als Streuung und nicht als Verschiebung der Polaren bemerkbar machen. Im ungünstigsten Fall addieren sich die Fehler in einer Richtung. Da aber die maximalen, relativen Fehler bei verschiedenen Geschwindigkeiten liegen, ergibt sich der mögliche Gesamtfehler doch nicht aus der Summe aller hier angegebenen Einzelfehler. Er beträgt max. etwa 4,5% für den Einzelpunkt, nicht aber für die Polare. Bei den im Höhenstufenverfahren vermessenen Flugzeugen ist die Fehlerverteilung, d. h. die Ablage (cm/sec)

der Messpunkte von der Polare, mit angegeben (Abb. 1, 2, 5, 25). Als Beispiel für die Punkteablage bei den Vergleichsflugmessungen ist die Polare der Mü 22b als die schlechteste Messung (1966) und die der ASW 15 als eine der guten Messungen (1972) mit Messpunkten gezeigt (Abb. 34a und 34b).

4. Wertung der Ergebnisse

Um die Polaren untereinander besser vergleichbar zu machen, wurden alle auf diejenige Flächenbelastung umgerechnet, die sich aus dem üblichen Leergewicht (meist Herstellerangabe) und einer einheitlichen Zuladung von 90 kp (2 x 90 kp bei Doppelsitzern) ergibt. Ein Bezug auf eine einheitliche Flächenbelastung wäre für die Praxis wenig sinnvoll.

Für die Vermessung aller Flugzeuge

war weder eine Auswahl des Einzelstückes getroffen worden noch waren die Flugzeuge dazu besonders präpariert. Die Maschinen waren von Fliegergruppen, Privatpersonen und Herstellern für die Vermessung zur Verfügung gestellt worden. Vor den Flügen wurde lediglich das Flugzeug sauber gewaschen. Der Rumpf-Flügel-Spalt war meist abgeklebt. Sein Einfluss wird am Beispiel des Cirrus gezeigt (Abb. 3). Eine kurze Beschreibung der Besonderheiten des einzelnen Flugzeugs und der Vermessung sowie die Angabe des Kennzeichens oder der Werk-Nr. ist aus diesem Grunde notwendig (Tab. 2 und Abschnitt 5).

Die Übertragung der Geschwindigkeitspolare auf ein anderes Flugzeug des gleichen Modells ist, abgesehen von kleinen Unterschieden verschiede-

ner Flugzeuge des gleichen Typs, noch aus einem anderen Grund nur bedingt möglich. Die Polaren beziehen sich auf die wahre Geschwindigkeit V_0 (gegenüber Luft), das heisst die um Drucknahme- und Gerätefehler korrigierte angezeigte Geschwindigkeit V_A . In der Praxis kommen hier Fehlanzeigen bis zu 10% vor. Die meisten Betriebshandbücher enthalten zwar Fahrteichkurven, doch sind auch diese für das Einzelstück nicht immer zutreffend (Gerätefehler). Es muss noch erwähnt werden, dass auf der waagrechten Achse im Polardiagramm die Bahngeschwindigkeit aufgetragen ist und nicht die Horizontalgeschwindigkeit, wie es exakt richtig wäre. Der Fehler, der dabei gemacht wird, ist aber sehr klein. Bei einer Gleitzahl von zum Beispiel $E = 30$ beträgt der Fehler 0,06%.

Tabelle 2: Uebersicht der Messdaten

Flugzeug	Kennzeichen	Baujahr (Werk-Nr.)	Messverfahren			Messort u. -zeit				Anz. d. Messpunkte ¹	Schwerpunktlage ² mm hinter B. P.	zulässiger Schwergewichtsbereich	Bemerkungen
			Höhenstufen	Vergleichsflug	Vergleichs-Flugzeug	München	Braunschweig	Aalen	Zeit				
Ka 6 CR	D-1810	1962 (6047)	X	-		X			1962	75 (22)	236	174...350	Nachmessungen 1966, 1967 u. 1970
Cirrus	D-0471	1970 (104)	X	-		X			7. 1971	176 (30)	297 (402)	223...400	Rumpf-Flügel-Spalt nicht abgeklebt Spalt abgeklebt Spalt nicht abgeklebt
ASW 15	D-0791	1971		C	Standard-Cirrus			X	8. 1972	8			
	D-0510	1970		C	Cirrus			X	8. 1972	4			
	D-4685	1964	X	C	Cirrus		X	X	8. 1971	11	283	220...380	
D 36 V1						X			4. 1972	20	313		
Elfe S-3	HB-902	1968		A	FS 25 (D-8141)		X		10. 1966	259 (16)	234	304...380	
FK 3	D-0292	1969		C	Cirrus			X	8. 1968	8			Auswertung nach der FS 25-Polare (Vergleichsflug 1971)
FS 25	D-8141	1967		C	Cirrus			X	8. 1972	15	411	377...507	
Cuervo									8. 1971	14			
H 101	D-2040	1970		C	Cirrus			X	8. 1971	15			D-2040, der Prototyp ist der Serienausführung äusserlich gleich
Salto													Ungünstige Wetterbedingungen
H 201	D-0697	1970		C	Cirrus			X	8. 1971	5			Nur ein Punkt gewertet
Stand.-Libelle	D-0082	1968		B	ASW 15 (D-0510)		X		9. 1970	8			Auswertung nach ASW15-Polare (Vergleichsflug 4. 1972)
H 301	D-9412	1967		C	Cirrus		X	X	8. 1971	11			
Libelle													
H 401	D-0245	1971		C	Cirrus			X	8. 1971	14			
Kestrel													
LS 1A	D-4734	1968		B	FS 25		X		8. 1968	12			Mit Hinterkanten-Drehklappe
LS 1C	D-0558	1970		C	Cirrus			X	8. 1971	15	300	210...375	Mit Schempp-Hirth-Bremsklappe
Mü 22b	D-1848	1965		A	Ka 6 CR			X	8. 1966	20			
Mü 26	D-0726	1971		C	Cirrus			X	8. 1971	10			Flugz. spritzlackiert ohne Fin.
				C	Cirrus			X	8. 1972	7	175	120...300	Flugz. geschliffen u. poliert
				C	Cirrus			X	8. 1971	9			
Nimbus II	D-0107	1971		C	Cirrus			X	8. 1972	9	358	290...410	
	D-0699	1972		C	Cirrus			X	8. 1972	9	433	250...420	
Phoebus C	D-0559	1970		C	Cirrus			X	8. 1972	14			
Sagitta	PH-319	1965		A	Ka 6 CR			X	8. 1968	6			
SB 8 V2	D-6085	1968		B	Cirrus (D-8114)			X	8. 1968	9			Auswertung nach Cirrus, D-0471-Polare
SB 9	D-6085	1969		C	Cirrus			X	4. 1972	9			
SF 27A	D-6068	1967		B	Ka 6 CR			X	4. 1969	17			
Stand.-Cirrus	D-0483	1970		C	Cirrus			X	8. 1971	10			Werk-Nr. 23, Flügel ungeschränkt
				C	Cirrus			X	8. 1972	4	350	250...400	Nur Schnell- u. Langsamflug
SZD-30	D-3660	1967		B	Ka 6 CR			X	8. 1969	14			
Pirat													
ASK 13	D-2018	1968		A	Ka 6 CR			X	8. 1968	17			
Bergfalke III	D-1737	1965	X		-		X		4. 1967	101 (25)	105	77...279	
K 8-KM 48	D-KIBO	1962		A	K8, D-4011			X	8. 1968	10			Motor: 10 PS Nennleistung bei 500 U/min. Auslegerrohr und Motor teilweise verkleidet.

¹ Klammerwerte: Messungen mit Bremsklappen.

² Schwerpunktlage bei anderen Flugzeugen nicht zweifelsfrei festgestellt.

Vergleichsflug-Messmethode: A Δh_1 möglichst Null
 Δh_1 geschätzt vom Beobachter
 Δh_2 fotografiert
Aufnahme von hinten

B Δh_1 und Δh_2 fotografiert
Aufnahme von hinten

C Δh_1 und Δh_2 fotografiert
Aufnahme von der Seite

Ein weiterer Grund, warum eine Geschwindigkeitspolare u.U. nicht exakt für ein anderes Exemplar des gleichen Flugzeugmusters gelten kann, ist die Schwerpunktlage. Ihr Einfluss auf die Leistung wird am Beispiel des Cirrus gezeigt (Abb. 2). Er wird zwar von Typ zu Typ verschieden sein, doch dürften entsprechende Polaren immer ähnlich verlaufen.

Die angegebenen Gleitzahlen sind jeweils auf 0,5 auf- oder abgerundet. Bei Flugzeugen mit Wölbklappen wurde der Messpunkt jeweils mit der vom Hersteller angegebenen günstigsten Klappenstellung erfolgen. Daraus er-

gibt sich dann jeweils die Hüllpolare für das Flugzeug (wie bei der D 36).

5. Bemerkungen zu einigen Flugmessungen

Die wichtigsten Daten sind aus Tab. 2 zu ersehen.

Cirrus, D-0471 (Abb. 2 und 3)
Die Höhenstufenvermessung wurde bei einer mittleren (297 mm h.B.P.) und einer hinteren Schwerpunktlage (402 mm h.B.P.) durchgeführt. Ein Leistungsunterschied zeigte sich nur im Langsamflugbereich, wie die Polare zeigt. Die Absolutvermessung sowie die Ver-

gleichsflüge erfolgten mit nicht abgeklebtem Rumpf-Flügel-Spalt. Der Einfluss der Spaltabdichtung beim Cirrus wurde durch Vergleichsflüge mit dem Standard-Cirrus (D-0483) untersucht. Im Bereich bis 140 km/h ergab sich mit abgeklebtem Rumpf-Flügel-Spalt eine Leistungsverbesserung von durchschnittlich 4 cm/sec und bei E_{max} eine Erhöhung um 2 Punkte (Abb. 3).

ASW 15, D-0791 und D-0510 (Abb. 4)
Die Messungen mit D-0510 erfolgten teilweise ohne Spaltabdichtung. Bei den Messflügen mit abgeklebtem Spalt

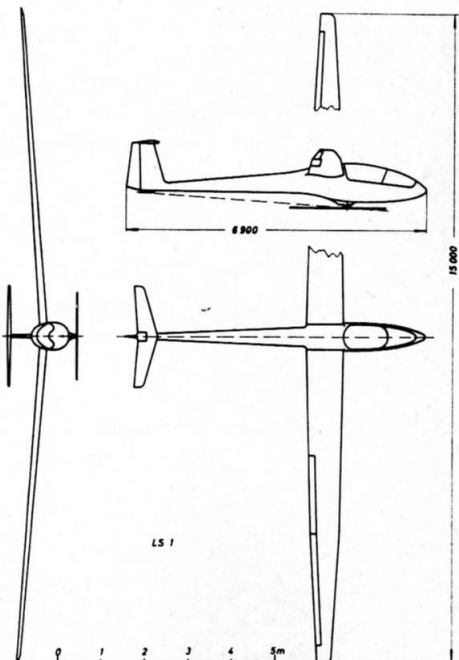
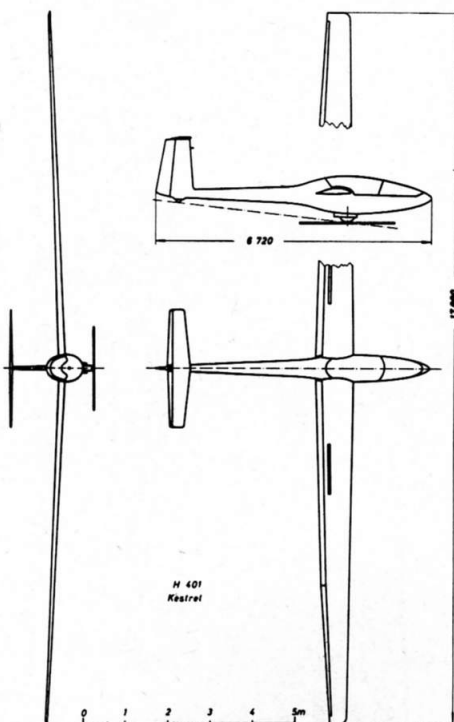
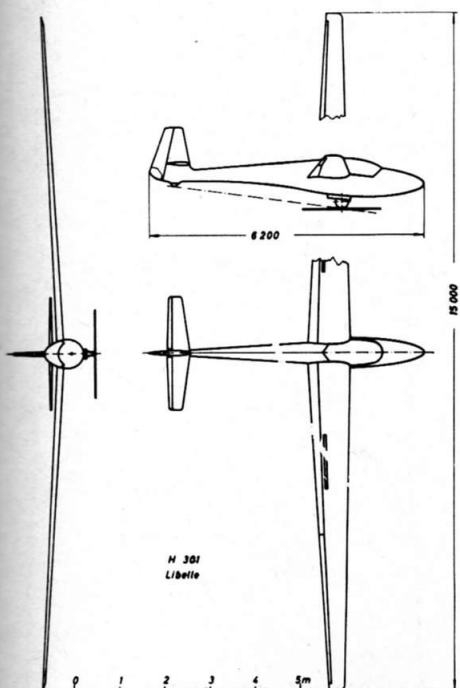
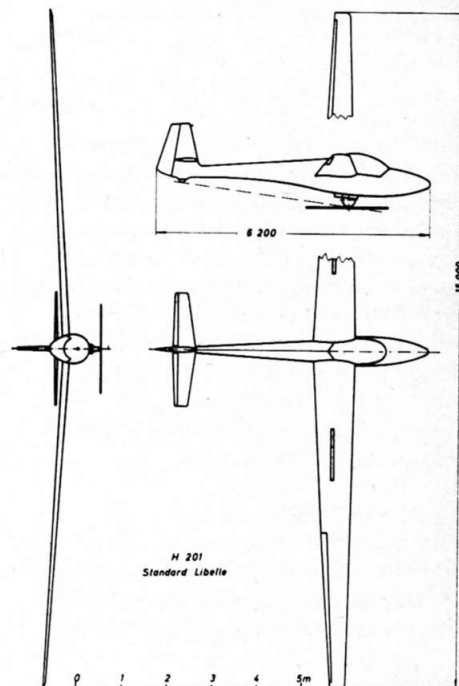
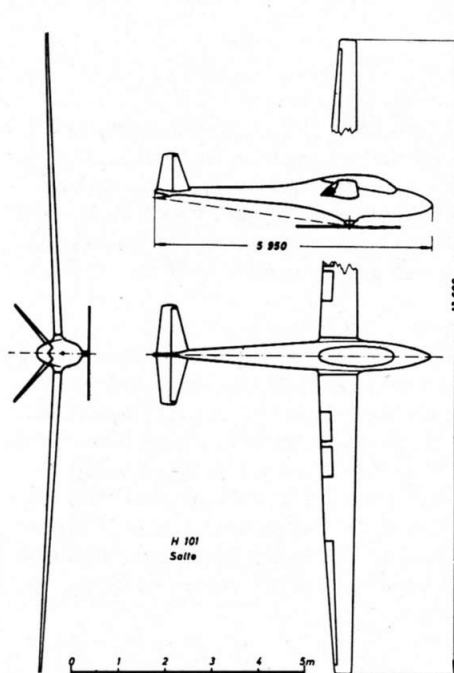
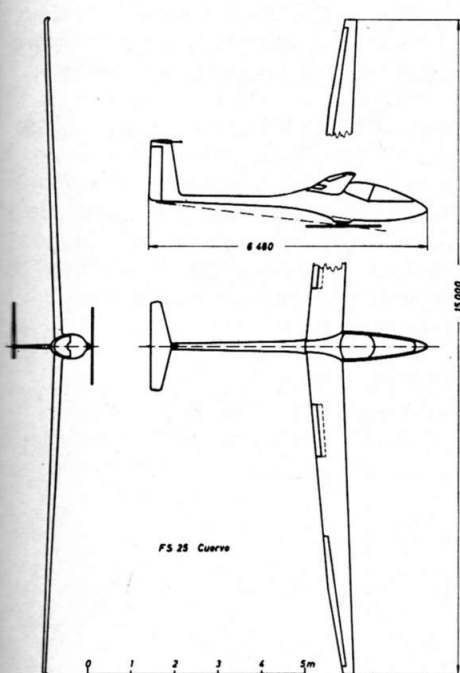


Tabelle 3: Daten der gemessenen Leistungen

Flugzeug	G/S	w_s min bei V		E_{max} bei V		w_s bei	w_s bei	w_s bei
	kp/m ²	m/sec	km/h	—	km/h	100 km/h	120 km/h	150 km/h
—						m/sec	m/sec	m/sec
Ka 6CR	22,2	0,68	67	29	78	1,13	1,70	3,05
Cirrus	29,0	0,60	80	39	89	0,74	1,06	1,88
ASW 15	27,7	0,63	77	36,5	89	0,80	1,14	1,93
D 36 V 1	29,3	0,53	82	44	87	0,65	0,88	1,47
Elfe S-3	26,5	0,65	80	36	91	0,79	1,14	1,89
FK 3	25,4	0,63	78	37	90	0,78	1,13	1,88
FS 25 Cuervo	28,6	0,60	79	38,5	87	0,79	1,22	2,12
H 101 Salto	31,6	0,72	81	33,5	93	0,86	1,21	2,00
H 201 Stand.-Libelle	29,1	0,68	81	34,5	92	0,82	1,16	1,96
H 301 Libelle	29,8	0,58	82	40,5	94	0,70	0,98	1,60
H 401 Kestrel	32,8	0,63	87	41,5	102	0,68	0,89	1,40
LS 1C	29,5	0,63	78	36	90	0,80	1,17	2,02
Mü 22b	26,4	0,63	70	35,5	87	0,83	1,20	2,16
Mü 26	23,9	0,63	77	40	95	0,72	1,00	1,68
Nimbus II	30,1	0,52	80	46	95	0,61	0,86	1,37
Phoebus C	25,6	0,63	83	39	93	0,73	1,04	1,76
Sagitta	27,0	0,76	70	27,5	83	1,10	1,60	2,70
SB 8 V2	27,7	0,62	86	40	97	0,70	0,96	1,67
SB 9	27,3	0,51	81	46	88	0,64	0,94	1,65
SF 27A	25,8	0,69	70	30,5	85	0,97	1,33	2,02
Standard-Cirrus	29,5	0,65	75	36	95	0,78	1,06	1,78
SZD-30 Pirat	25,0	0,73	71	29,5	84	1,02	1,43	2,26
ASK 13	27,0	0,84	73	26	88	1,10	1,58	2,75
Bergfalke III	25,2	0,77	70	26,5	84	1,14	1,73	2,94

zur Untersuchung des Spalteffektes hatte eine Tragflügelnahe eine kleine Beschädigung. Diese Messpunkte zeigten aber keine Verbesserungstendenz. Da die beiden ASW 15-Polaren von zwei verschiedenen Stücken stammen, darf hier der Leistungsunterschied nicht als Auswirkung der Spaltabdichtung interpretiert werden, vielmehr liegt diese Abweichung im normalen Toleranzbereich verschiedener Flugzeuge des gleichen Typs.

D 36 V1, D-4685 (Abb. 5)
Die Absolutvermessung wurde für 4 verschiedene Wölbklappenstellungen vorgenommen. Die hier angegebene Polare ist eine Hüllpolare dieser 4 Ein-

zelpolaren. Da die Vermessung bei einer extrem grossen Schwerpunktvorlage erfolgen musste, kann für den normalen Schwerpunktbereich zumindest im Langsamflug eine noch bessere Leistung angenommen werden.

Elfe S-3, HB-902 (Abb. 6)
Die Elfe wurde, wie einige andere Flugzeuge auch, nicht direkt mit einem kalibrierten Flugzeug verglichen, sondern mit einem dritten Flugzeug, dessen Polare erst wieder im Vergleichsflug mit dem Cirrus ermittelt wurde. Hier ergeben sich naturgemäss einige Unsicherheiten, besonders wenn zwischen den Messungen eine längere Zeitspanne liegt.

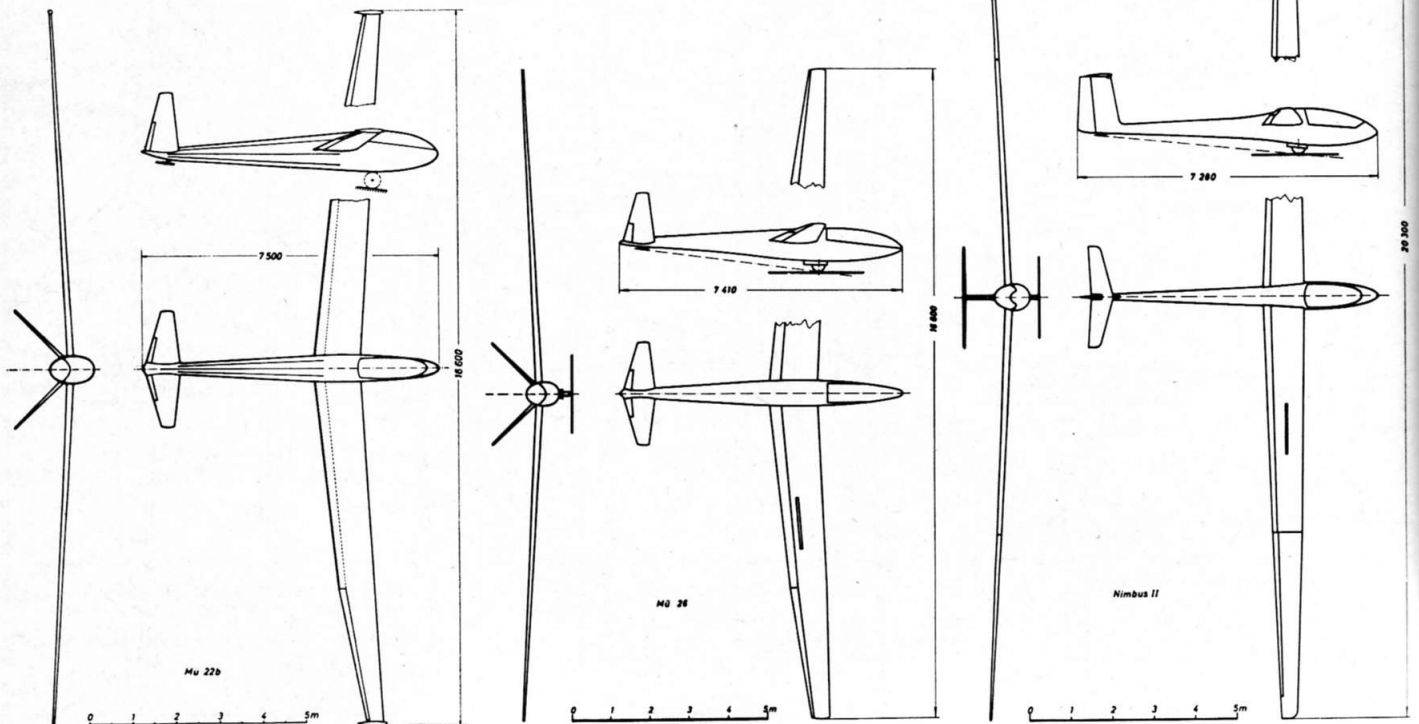
H 201 Standard-Libelle, D-0082 und D-0697 (Abb. 10)
Aus der Messung der D-0697 wurde wegen ungünstiger Wetterbedingungen nur ein Messpunkt im Langsamflug gewertet. Die anderen Messpunkte stammen aus einem Vergleichsflug mit der ASW 15, D-0510 von 1968.

LS 1C, D-0558 (Abb. 13)
Die Polare beruht auf den Messungen von 1971. Die Messpunkte aus den Vergleichsflügen mit der FS 25 von 1968 bestätigen diese Messung.

Mü 26, D-0726 (Abb. 15)
Bei der Messung 1971 war das Flugzeug frisch spritzlackiert, ohne weitere Oberflächenbehandlung. Vor der Messung 1972 war das ganze Flugzeug geschliffen und poliert worden. Eine Erklärung für die Veränderung der Polare konnte noch nicht gefunden werden.

Nimbus II, D-0107 und D-0699 (Abb. 16)
Die Messungen von 1971, die an zwei verschiedenen Flugzeugen vorgenommen wurden, weichen im mittleren Geschwindigkeitsbereich bis zu 4 cm/sec voneinander ab. Aeusserliche Unterschiede waren an den Flugzeugen nicht erkennbar.

SB 8 V2, D-6085 (Abb. 19)
Die SB 8 war 1968 mit dem Cirrus, D-8114 (FG Esslingen) verglichen wor-



den. Da bei dieser Messung der Rumpf-Flügel-Spalt des Cirrus abgeklebt war, wurde die Auswertung nach der entsprechenden Polare des Cirrus, D-0471 vorgenommen. Die SB 8-Polare stimmt ab 120 km/h mit der SB 9-Polare praktisch überein (die Flächenbelastungen sind annähernd gleich).

Standard-Cirrus, D-0483 (Abb. 22) Nach der ersten Vermessung 1971 wurde mit demselben Flugzeug 1972 eine Kontrollmessung im Schnell- und Langsamflugbereich durchgeführt. Diese

Messpunkte stimmen genau mit dem Ergebnis des Vorjahres überein. Im Vergleichsflug mit diesem Flugzeug wurde der Einfluss der Spaltabdichtung beim Cirrus untersucht.

In Tab. 3 sind die wichtigsten Leistungsdaten aus diesen Messungen zusammengestellt. Dabei wurde jeweils die beste gemessene Polare zugrunde gelegt. Ebenso bei den Zusammenstellungen der Polaren, die einen anschaulichen Ueberblick geben sollen. Zum besseren Vergleich wurden jeweils die

Polaren der Kalibrierflugzeuge, Ka 6 oder Cirrus, mit eingezeichnet. Dabei wurden möglichst gleichartige Flugzeuge zusammengefasst, soweit dies aus Gründen der Uebersichtlichkeit (Ueberdeckung der Polaren) möglich war.

6. Flugeigenschaften

Auf der Grundlage des Prüfprogrammes des FFM-Berichtes Nr. 40 [4] wurden bei den Idaflied-Vergleichsfliegen der vergangenen Jahre regelmässig Flugeigenschaftsuntersuchungen an Segelflugzeugen von vielen Piloten

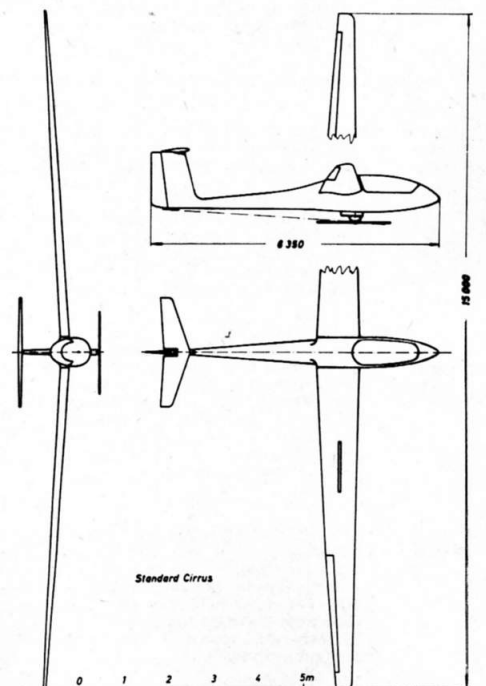
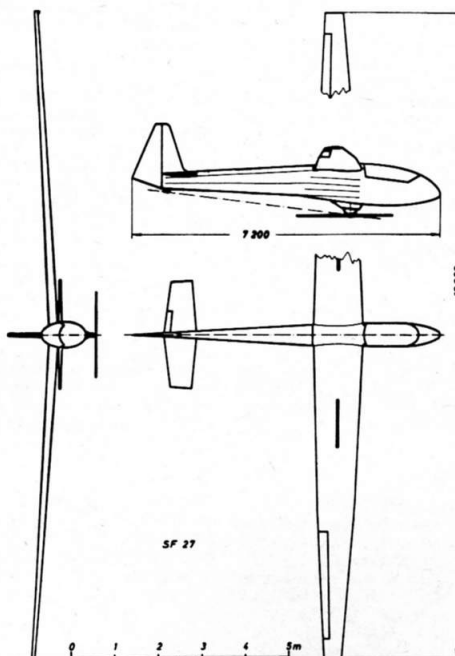
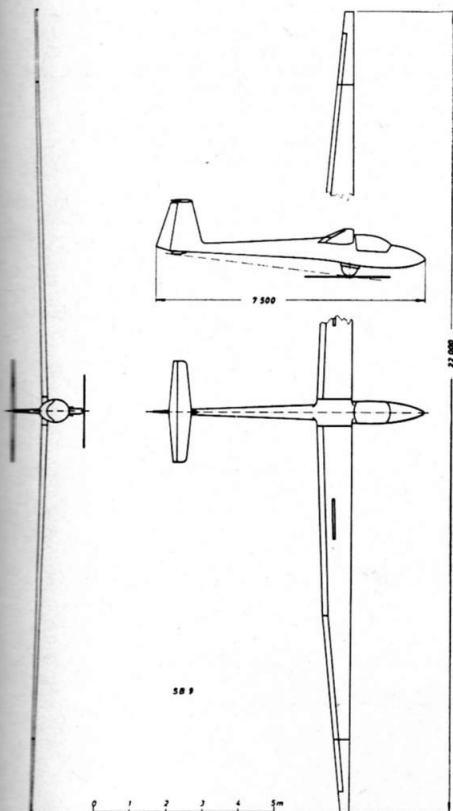
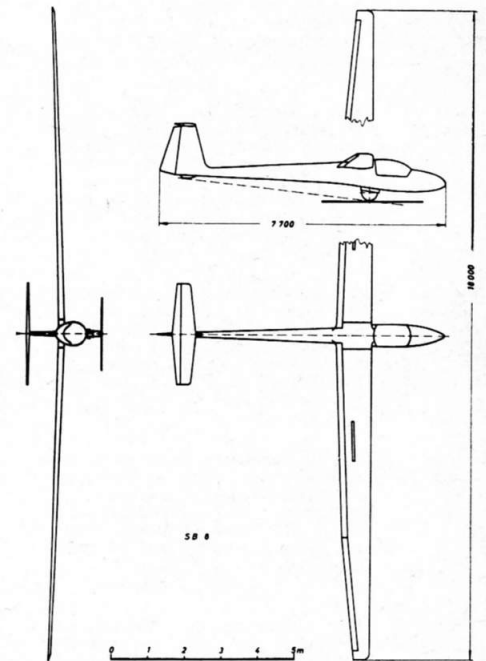
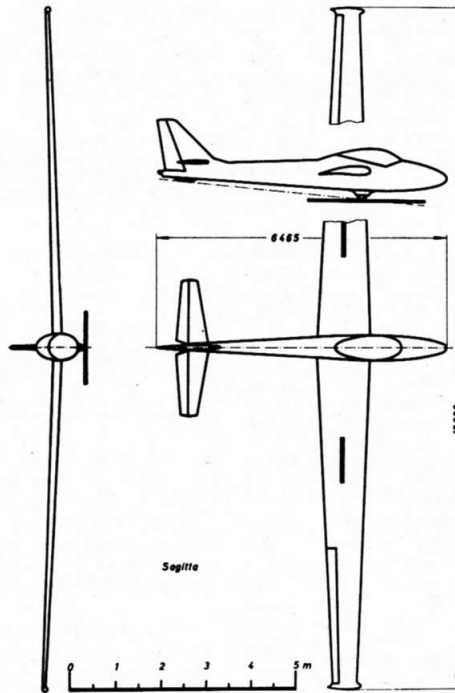
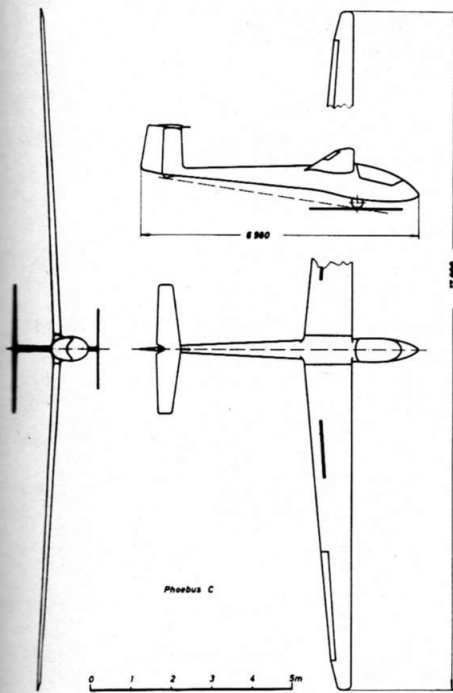


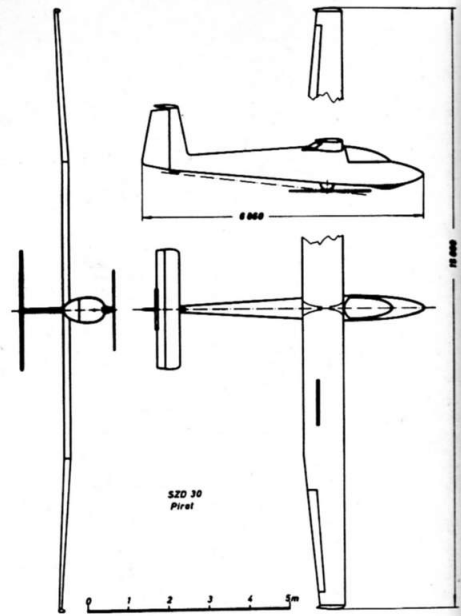
Tabelle 4: Flugeigenschaften

Flugzeug	Führerraum	Ueberziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
Ka 6CR D-4116	Ein- u. Ausstieg trotz hoher Bordwand noch gut. Sitz mässig, zu steil. — Sicht durch hohe Bordwand etwas behindert. — Steu sehr gut, leichtgängig. SSt-Pedale schlecht verstellbar. — Federtrimm. umständlich. — BK-Hebel gut. — Für Instr. ausreichend Platz. — Lüftung nicht regulierbar	V_A warn = 60 km/h Schütteln V_A min = 55 km/h leichtes Taumeln, gut im Sackflug zu halten	Start sehr einfach. F-Schlepp sehr gut, eigenstabil. Steuerabsti sehr gut. Fahrtsschwung indifferent. BK-Wirkung sehr gut. Sehr leicht zu landen, Ziellandung gut.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung gut	3,5 sec
Cirrus D-8141	Ein- u. Ausstieg gut. — Sitz und Verstellung sehr gut. Sicht sehr gut nach allen Seiten. — Steu gut. SSt-Pedale gut verstellbar aber unbequem. — Trimmhebel unhandlich. — BK- u. FW-Hebel gut — Instr. br. gross, behindert grosse Piloten beim Einstieg. Lüftung gut; laut	V_A warn = 80 km/h leichtes Schütteln Ab 70 km/h starkes Schütteln, Nicken und Taumeln V_A min = 65 km/h Abkippen weich	Start: Richt.korr. durch Spornrad behindert. Steuerabsti sehr gut. Fahrtsschwung leicht stabil. BK-Wirkung gut — leicht zu landen. Kurzlandung mit Bremsschirm.	Mit grossem β möglich Wirkung mässig	4,5 sec
AS-W 15 D-0791	Ein- u. Ausstieg gut. — Sitz sehr gut. Sicht sehr gut. — Grosse Knüppelreibung, Steu sonst gut. BK-Hebel zu dicht an Bordwand. — FW- u. Trimmhebel gut. — Instr. übersichtlich. Lüftung ausreichend; leise	V_A warn = 68 km/h leichtes Schütteln V_A min = 63 km/h ruhiger Sackflug, zeitweise starkes Nicken	Start: leichte Ausbrechneigung nach rechts. F-Schlepp stabil. Steuerabsti gut. Mässige QGi. Fahrtsschwung instabil. Mässige Spi.neigg. Schneller Kurvenw. nahezu schiebefrei. BK-Wirkung gut — leicht zu landen.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung gut HSt leicht drücken	3,0 sec
D 36 V1 D-4685	Ein- u. Ausstieg gut. — Sitz geräumig, Liegepos. etwas unbequem. — Sicht nach vorn sehr gut, seitlich mässig. Steuerkn. ungewöhnl. Asymmetrie. — SSt unbequem, Instr.-Turm unten zu breit. — BK-Betätigung nur wenn FW ausgefahren. — Keine Trimmung. — Lüftung unzureichend	V_A warn = 70 km/h Schütteln, Taumeln, Nicken V_A min = 65 km/h	Start: etwas schwierig durch bodennahe Flügelspitzen, Knüppelasymmetrie und sehr empfindl. HSt. Steuerabsti gut. BK-Wirkung sehr gut — leicht zu landen.	Mit mittlerem β möglich Wirkung mässig	3,9 sec
Elfe S-3 HB-902	Ein- u. Ausstieg: niedere Bordwand gut, Instr.-Brett behindert. — Sitz zu schmal, Verstellbarkeit gut. — Sicht ausreichend (etwa Ka 6) — Knüppel zu weit vorn. — Keine Trimmung. — Instr.: ausreichend Platz. Lüftung ausreichend; laut	V_A warn = 60 km/h leichtes Schütteln V_A min = 57 km/h Sackflug möglich Nicken, dann Abkippen	Start: lange Rollstrecke. F-Schlepp: bei 80 kp Zuladung HSt oft voll gedrückt. Steuerabsti mittel. Gleichw.geschw. 140 km/h. BK-Wirkung gut — leicht zu landen, aber hohe Aufsetzgeschw., Landestösse sehr hart.	Mit mittlerem β möglich Aufbäumneigung HSt stark drücken Wirkung mässig	3,5 sec
FK 3 D-0292	Ein- u. Ausstieg: ziemlich eng, hohes Fahrwerk. Sitz mässig. — Sicht gut. — Steu: HSt-Reibung gross, Knüppel zu weit vorn. — WK- u. FW-Hebel gut, BK- u. Trimmhebel schlecht erreichbar. — Instr.: wenig Platz. — Lüftung ausreichend	V_A warn = 68 km/h leichtes Schütteln V_A min = 64 km/h Taumeln, Abkippen immer rechts (Unsymm. bei D-0292)	F-Start gut mit Wölbkl.st. -5° . Steuerabsti gut, mittlere Kräfte. Fahrtsschwung leicht stabil. Spi.neigg. Kleine QGi. BK-Wirkung sehr gut — leicht zu landen, Kurzlandung sehr gut. Bremswirkung u. Federung gut.	Mit mittlerem β möglich Wirkung mässig	4,2 sec
FS 25 «Cuervo» D-8141	Ein- u. Ausstieg gut. — Sitz sehr gut. Sicht sehr gut. — Steu sehr gut (vorbildl. Knüppelgr.) sonst. Bedienhebel gut. — Instr.anordn. sehr platzspars. Lüftung nicht ausreichend	V_A warn = 63 km/h leichtes Schütteln V_A min = 58 km/h Sackflug möglich	Start: HSt empfindlich, sonst normal. Steuerabsti sehr gut. Fahrtsschwung leicht gedämpft. Richt.stab. gering. Spi.neigg gering. BK-Hinterkantendrehklappe, Wirkg im Langsamflug mässig, Schnellflug gut. Landung: langes Ausschweben, langer Rollweg.	Mit kleinem β möglich Wirkung gering	3,8 sec
H 101 Salto D-2040 (Prototyp)	Ein- u. Ausstieg gut. — Sitz gut. — Sicht gut, nach vorn beschränkt. — Steu gut, leichtgängig. — BK-Hebel unhandlich. — Trimmhebel sehr gut. — Ausklinkvr. noch erreichbar. — Instr.: genügend Platz	V_A warn = 70 km/h starkes Schütteln V_A min = 68 km/h Taumeln, Abkippen	F-Start gut, 2 kp Drücken. Steuerabsti mittel, geringe Kräfte, SR-Wirkung zu gering. Fahrtsschw. leicht stabil. Spi.-neigg gering. Kleine QGi. In Thermik: optimales Fliegen schwierig. BK-Wirkung mässig. Ziellandung schwierig, langes Ausschweben, langer Rollweg.	Mit mittlerem β möglich Wirkung ausreichend	3,2 sec
H 201 Stand- Libelle D-0082	Ein- u. Ausstieg d. Instr.brett behindert. — Sitz sehr gut, Rücklehne im Flug verstellbar. — Sicht nach vorn mässig, sonst sehr gut. — Steu sehr gut, leichtgängig, kleine Wege. — BK-Hebel zu weit hinten, hohe Entriegel.kraft. — Trimmhebel sehr gut. — Ausklinkvr. verdeckt. — Instr.: genügend Platz. — Lüftung durch verstellbaren Haubenspalt vorbildlich	V_A warn = 60 km/h Vibrieren und Taumeln V_A min = 59 km/h kein Abkippen, Steilspirale links	Start: QR-Wirkung mässig, HSt sehr empfindlich. Steuerabsti mittel, SR zu schwach. Richtungsstab. gering. Fahrtsschwung leicht stabil. BK-Wirkung gut. Landung einfach, aber Neigung zum Wegspringen, harte Landestösse. Radbremse sehr wirksam.	Mit mittlerem β gut mögl. Wirkung mässig	3,8 sec
H 301 Libelle D-9412	Ein- u. Ausstieg d. Instr.brett behindert. — Sitz sehr gut, Rücklehne im Flug verstellbar. — Sicht gut, nach vorn mässig. — Steu gut, SSt-wege zu gross. — BK-Hebel zu dicht an Bordwand. — WK- u. FW-Hebel sehr gut. — Ausklinkvr. schlecht erreichbar. — Lüftung vorbildlich	V_A warn = 70 km/h starkes Schütteln V_A min = 62 km/h Sackflug nur schwer möglich, meist Nicken, Taumeln und Abkippen	F-Start: QR-Wirkung zu gering. Steuerabsti mittel, SR zu schwach, Knüppelkräfte gering. Fahrtsschwung leicht stabil. Kleine QGi. Spi.neigg. Thermik: optimales Fliegen schwer. BK-Wirkung mässig, zusätzl. Bremsschirm vorh. — leicht zu landen, langer Ausrollweg.	Mit mittlerem β möglich Wirkung mässig	3,7 sec
H 401 Kestrel D-0475	Ein- u. Ausstieg etwas eng. — Klapphaube gut. — Sitz sehr bequem. — Sicht sehr gut. — Steu sehr gut, Parallelführung HSt ungewohnt. — WK-, FW- u. Trimmhebel sehr gut. — BK-Hebel hohe Entriegel.kraft. — Bremshebel ungünstige Pos. — Instr. genügend Platz	V_A warn = 72 km/h leichtes Schütteln, schwaches Rollen V_A min = 68 km/h Sackflug	F-Start leicht. Steuerabsti gut, geringe Kräfte. Fahrtsschwung leicht stabil. Kleine QGi. Spi.neigg gering. BK-Wirkung gut — leicht zu landen.	Mit sehr grossem β (β langsam wachsend) gut möglich Wirkung sehr gut	3,8 sec

Flugzeug	Führerraum	Ueberziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
LS-1C D-0558	Ein- u. Ausstieg gut. – Sitz gut, geräumig. – Sicht sehr gut, Haubenrahmen manchmal störend. – Steu gut, Pedalverstellung schwierig. – Handgriffe und Hebel gut. – Lüftung gut	VA warn = 65 km/h Schütteln VA min = 62 km/h Taumeln, Sackflug möglich	Start u. F-Schlepp gut, HSt empfindlich. Steuerabsti gut, kleine Kräfte. Kleine QGi. Fahrtsschwung instabil. Leichte Spi.neigg. BK-Wirkung gut – leicht zu landen.	Mit grossem β möglich Wirkung gut	4,0 sec
Mü 22 b D-1848	Ein- u. Ausstieg: durch hohe Bordwand (Fahrwerk) etwas behindert. – Sitz gut. – Sicht sehr gut. – Steu gut, SSt-Pedale schlecht verstellbar. – BK-Kurbel umständlich zu bedienen. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung nicht ausreichend	VA warn = 53 km/h starkes Schütteln VA min = 51 km/h Sackflug leicht möglich, QR wirksam	Start u. F-Schlepp gut. Steuerabsti gut. Fahrtsschwung indifferent. Keine Spi.neigg. 90°-Spreizklappe als Landehilfe sehr gut wirksam. Landung wegen BK-Bedienung etwas schwierig. Aufsetzgeschw. sehr niedrig.	Mit grossem β möglich Wirkung gut	4,5 sec
Mü 26 D-0726	Ein- u. Ausstieg etwas umständlich. – Sitz gut. – Sicht: teilweise Schlieren, sonst gut. – Steu: Knüppel zu hoch, zu weit vorn. – Wölbkl.hebel gut. – Trimm- u. BK-Hebel: ungünstige Pos. – Instr. zu weit vorn. – Lüftung gut	VA warn = 66 km/h Schütteln VA min = 63 km/h Taumeln, Abkippen	Start u. F-Schlepp gut. Steuerabsti befriedigend. Fahrtsschwung indifferent. Spi.neigg gering. Kleine QGi. FW-Bedienung sehr schlecht. BK-(90°-Wölbkl.)Wirkung gut.	Nur kleine β möglich nicht wirksam	4,6 sec
Nimbus II D-0699	Ein- u. Ausstieg sehr gut (grosse Klapphaube). – Sitz noch gut, keine Verstellung, keine Kopfstütze. – Sicht sehr gut. – Steu gut. – Wölbkl.-u. BK-Hebel gut. – FW-Hebel: Verriegelung schlecht. – Trimmhebel unhandlich, schwergängig. – Instr.: viel Platz. – Lüftung gut	VA warn = 76 km/h Schütteln, leichte Rollbewegung VA min = 71 km/h Taumeln, weiches Abkippen immer nach rechts	F-Start gut mit $\eta K=5^\circ$. Steuerabsti gut. Mittlere Kräfte. Fahrtsschwung leicht stabil. Spi.neigg sehr gering. Kleine QGi. BK-Wirkung ausreichend, kopflast. Moment – leicht zu landen. Radbremse gut.	Mit ungewöhnlich grossem β (β langsam wachsend) möglich Wirkung sehr gut – als Landehilfe gut, nicht in Bodennähe	5,2 sec
Phoebus C D-0559	Ein- u. Ausstieg gut. – Sitz gut. – Sicht gut. – Steu: QSt-Weg zu gross, SSt-Pedale im Fluge nicht verstellbar. – FW-Hebel etwas umständlich. – Trimmhebel schwergängig. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung befriedigend	VA warn = 63 km/h starkes Schütteln VA min = 61 km/h schnelles Abkippen	(sehr weit rückwärtige Schwerpunkt-lage) F-Start: bricht rechts aus. Schlepp gut. Steuerabsti gut, kleine Kräfte. Fahrtsschwung stabil. Spi.-neigg. Kleine QGi. BK-Wirkung befriedigend. – leicht zu landen.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung gut – beim Aus- leiten unangenehme Tauchbewegungen	4,2 sec
Sagitta PH-319	Ein- u. Ausstieg für grosse Piloten (bes. mit man. Fallschirm) sehr schwierig. – Sitz nur für kleine Piloten gut. – Sicht nach vorn durch Schlieren u. Haubenrahmen schlecht, Rundumsicht gut. – Steu schwergängig. – SSt grosse Wege. – BK-Hebel gut. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung nur mittels Schiebehäube, unangenehm	VA warn = 63 km/h Schütteln VA min = 60 km/h Sackflug, Taumeln	F-Start etwas schwierig wegen mässiger QR-Wirkung u. tiefer Tragfläche. F-Schlepp gut. Steuerabsti mittel, SR zu schwach, HSt starke Reibung. Fahrtsschwung stabil. BK-Wirkung mässig – leicht zu landen.	Nur kleine β möglich Wirkung schwach	3,8 sec
SB 8 V1 D-6015	Ein- u. Ausstieg sehr gut. – Sitz sehr bequem. – Sicht sehr gut. – Steu gut. – SSt-Pedale nur am Boden verstellbar. – Wölbkl.hebel schwergängig. – Sonstige Hebel gut. – Keine Trimmung. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung gut	VA warn = 50 km/h leichtes Schütteln VA min = 48 km/h weiches Abkippen	F-Start einfach, hebt sehr früh ab. Steuerabsti sehr gut. Fahrtsschwung stabil. Keine Spi.neigg. BK-Wirkung sehr gut, grosse Einfahrkräfte. Sehr leicht zu landen. Kurzlandungen einfach durch geringe Landegeschw. ($G/S=21,5 \text{ kp/m}^2$) u. gute Radbremse.	Nur kleine β möglich Wirkung schwach	5,0 sec
SF 27A D-6068	Ein- u. Ausstieg gut. – Steckhaube unhandlich. – Sitz gut, geräumig, nicht verstellbar. – Sicht gut. – Steu: Knüppel zu weit vorn, SSt-Pedale nur am Boden verstellbar. – BK-Hebel gut. – Trimmhebel ungünstig. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung mässig	VA warn = 62 km/h leichtes Schütteln VA min = 55 km/h Sackflug, QR noch gut wirksam	Start u. F-Schlepp gut. Steuerabsti gut, jedoch neigt HSt zu unangenehmem Schwingen bei Start und Böigkeit. Fahrtsschwung leicht stabil (nur bei festem HSt). Spi.neigg. BK-Wirkung gut. Landung: hohe Aufsetzgeschw., HSt schlägt.	Mit mittlerem β gut mögl. Wirkung gut	3,5 sec
Standard- Cirrus D-0483	Ein- u. Ausstieg sehr gut. – Sitz gut, geräumig. – Sicht sehr gut, ausser nach vorn unten. – Steu gut, leichtgängig. – SSt-Pedale unbequem. – FW-Hebel sehr gut. – Ausklinkvr. zu weit vorn. – Instr.: genügend Platz, sehr gut zugänglich. – Lüftung gut (Stauluftklappe am Schiebefenster)	VA warn = 63 km/h leichtes Schütteln VA min = 61 km/h Sackflug, leichtes Nicken und Taumeln	F-Start: QR gerade ausreichend. Steuerabsti ziemlich gut. Fahrtsschwung instabil. Mässige QGi. Spi.neigg gering. BK-Wirkung gut – leicht zu landen.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung gut	3,5 sec
SZD-30 Pirat PH-392 D-3660	Ein- u. Ausstieg gut. – Sitzfläche unbequem, Rücklehne gut verstellbar, bequem. – Sicht ziemlich gut. – Steu gut, Qst etwas schwergängig. – BK-Griff unhandlich. – Ausklinkvr. zu dicht an BK-Griff. – Instr.: genügend Platz. – Lüftung gut	VA warn = 60 km/h Schütteln VA min = 57 km/h Rollen und Nicken, Sackflug, kein Abkippen	Start u. F-Schlepp gut. Steuerabsti gut. Fahrtsschwung leicht stabil. Spi.neigg gering. BK-Wirkung sehr gut – leicht zu landen.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung gut	4,2 sec
AS-K 13 D-2018	Ein- u. Ausstieg sehr gut. – Sitz gut. – Sicht sehr gut von beiden Sitzen. – QSt-Wege u. -Kräfte zu gross, QSt durch Knie behindert. – SSt-Pedale hinten: Bodenbrett stört. – BK-Hebel gut. – Lüftung nicht ausreichend, nicht regelbar	VA warn = 60 km/h Schütteln VA min = 50 km/h Sackflug möglich	F-Start: zuerst Kufe mit 100% HSt abheben. F-Schlepp sehr gut. Steuerabsti gut. Fahrtsschwung indifferent. Spi.neigg sehr gering. BK-Wirkung sehr gut – sehr leicht zu landen.	Mit grossem β gut mögl. Wirkung sehr gut	4,0 sec
K 8-KM 48 D-KIBO	Motorbedienelemente gut. – Tanken umständlich. – Sonst wie K 8	VA warn = 60 km/h starkes Schütteln VA min = 50 km/h Sackflug, kein Abkippen, im Kraftflug harmloser als K 8	Eigenstart nicht möglich. F-Start, Schlepp und Landung mit laufendem Motor problemlos – bei stehendem Motor ständig Leitwerkschütteln. Motor-Anlassen im Fluge schwierig. Lastigkeitsänderung durch Triebwerkschub sehr gering. Motor-(Propeller-)lärm sehr stark.	Wie bei K 8	4,0 sec

Tabelle 5: Weitere vermessene Flugzeuge

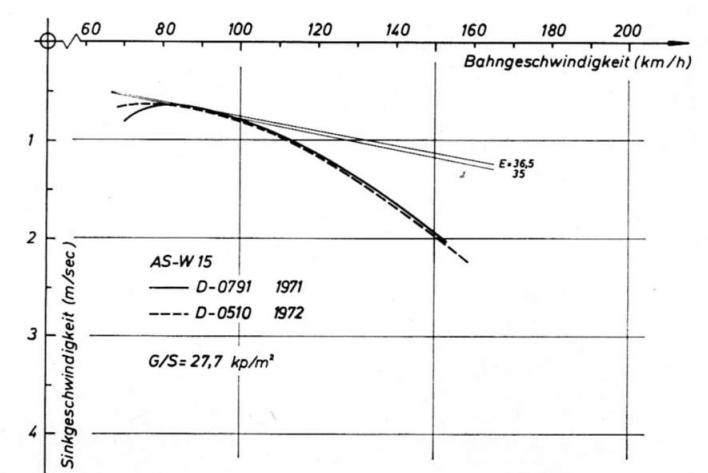
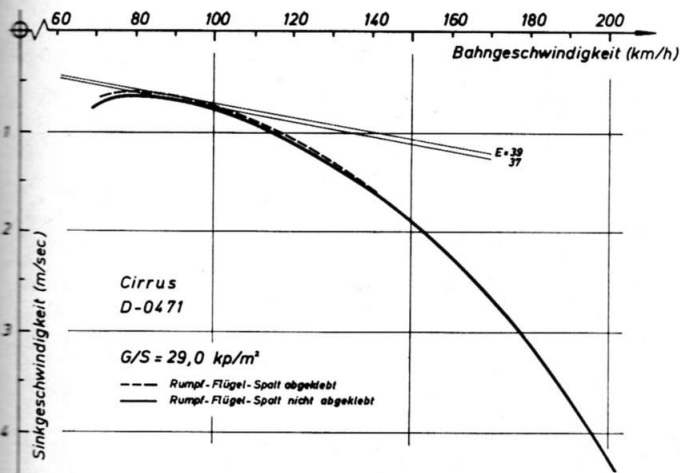
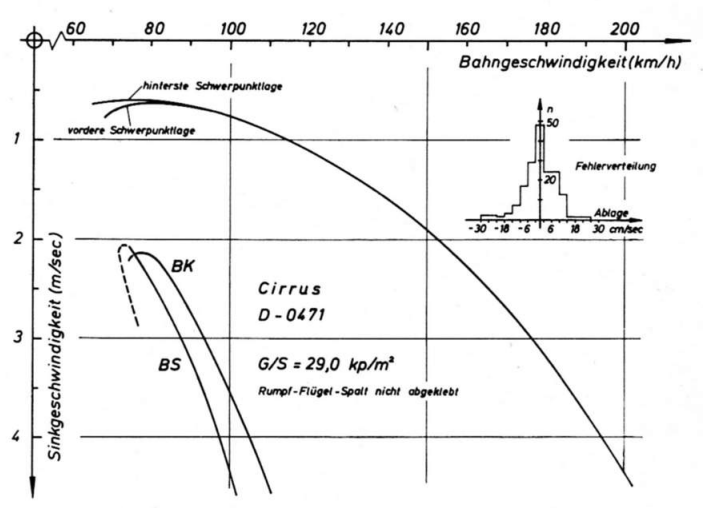
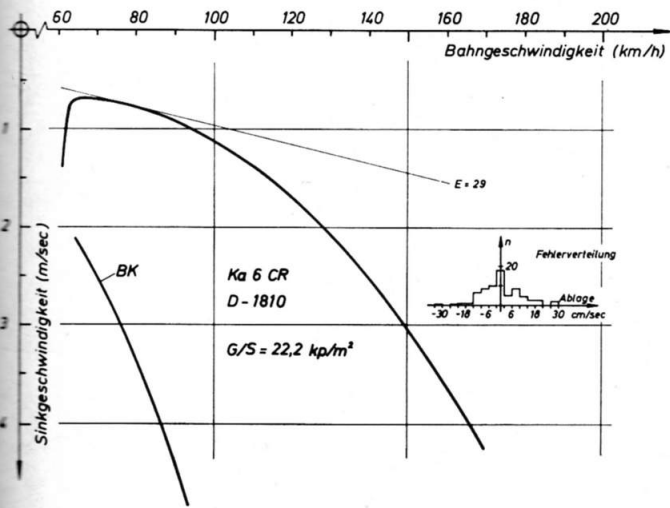
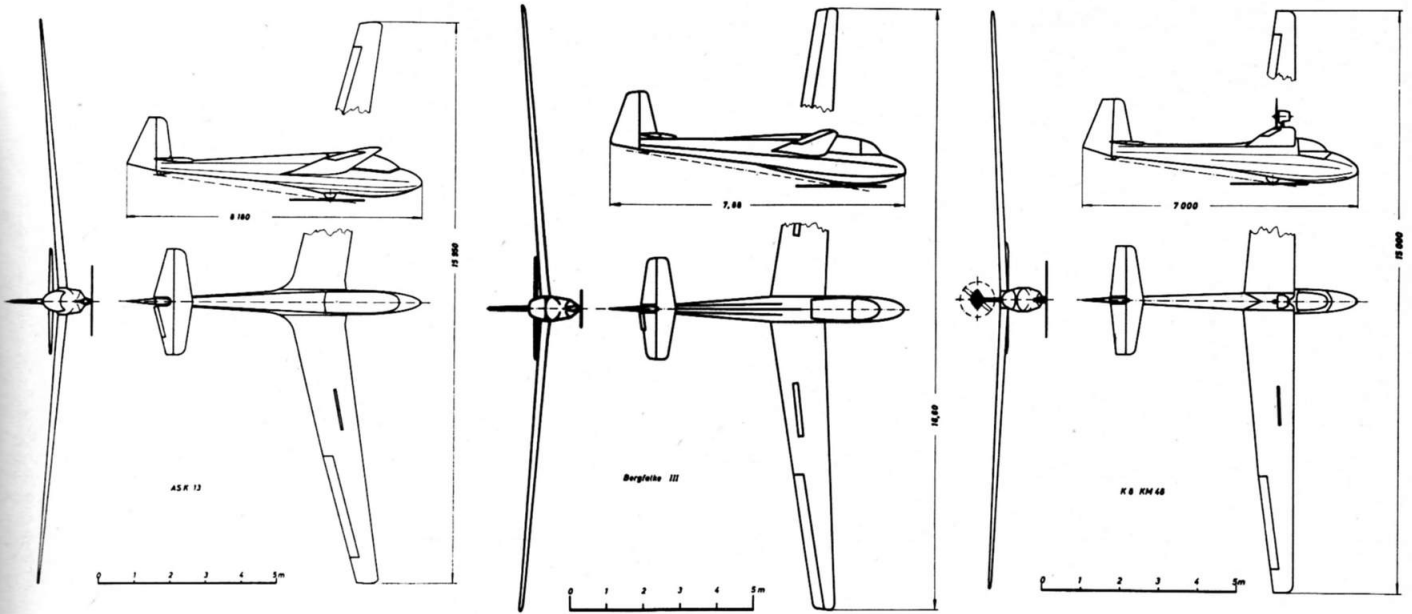
Nr.	Flugzeug	Messungen	Schrifttum
1	AV 36	Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 10/1966 – FFM-Bericht Nr. 40
2	ASW 12	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 12/1969
3	B-4	Fl.leist. – Fl.eig.	
4	Baby IIb + III	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
5	Bergfalke II	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 10, 11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 40 + 62
6	Blanik L-13	Fl.eig.	IB Nr. S 10/69
7	Bocian SZD-9	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 FFM-Bericht Nr. 60, 62 + 63
8	BS 1	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 12/1969
9	B-Spatz	Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 10/1966
10	Canguro CVV.6	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 62
11	Capstan T.49	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 62
12	Dart T.51	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
13	D 34b	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63
14	D 34c	Fl.eig. – Fahrt	FFM-Bericht Nr. 40 + 60
15	D 34d	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964, 10/1966 D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63
16	D 37	Fl.leist. – Fl.eig.	IB Nr. S 10/69, S 8/71, S 13/71
17	Delphin	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 10/1966
18	Eventuale EC.40	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 62
19	FS 23 Hidalgo	Fl.leist.	IB Nr. S 14/66
20*	FS 26 Moseppi	Fl.leist.	IB Nr. S 13/71
21	Geier II	Langsamflugverhalten	IB Nr. S 3/59
22	Hi 25 Kria	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 10/1966
23	Jaskółka	Fl.leist. – Fahrt	Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63
24	Ka 6BR	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
25	Ka 6BR/S mit FX-Profilnase	Fl.leist. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964, 1/1965 D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63
26	K 7	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 40, 60, 62 + 63
27	K 8B	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 40, 60 + 63
28	K 10	Fl.leist.	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
29	Kranich III	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 40, 60 63
30	L-Spatz 55	Fl.leist. – Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40 – DLR-Bericht 66-OX – IB Nr. S 7/64
31	M. 100S	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
32	Mg 23	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
33	Milan	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
34	Mucha 100	Fl.eig. – Steuer	
35	Mucha Standard	Fl.eig. – (Fl.leist.)	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
36*	Mü 23	Fl.leist. – Fl.eig.	IB Nr. S 8/71, S 13/71
37	Passero (L-Spatz)	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 2/1968 – DLR-Bericht 66-OX
38	Peak 100	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 62
39	Phoebus A	Fl.leist. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
40	Phoenix T	Fl.leist. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63
41*	RF.3	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 6+7/1972 – IB Nr. S 16/69
42*	RF.5	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 6+7/1972 – IB Nr. S 4/71, S 8/71
43	SB 5	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
44	SB 6	Fl.leist. – Steuer	DLR-Bericht 66-OX
45	SB 7	Fl.eig.	IB Nr. S 8/71
46	SB 7B	Fl.eig.	IB Nr. S 8/71, S 10/69
47	SB 8 V1	Fl.eig.	IB Nr. S 10/69
48*	SF 25B Falke	Fl.leist. – Fl.eig. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 6+7/1972 – IB Nr. S 4/70
49	SF 26	Fahrt	IB Nr. S 3/62
50*	SF 27M	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 6+7/1972
51	Skylark 3F	Fl.leist. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 10+11/1964 – D. Aerokurier 12/1963, 1/1964 – FFM-Bericht Nr. 60 + 63 IB Nr. S 10/69
52	Skylark IV	Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 2/1968 – FFM-Bericht Nr. 40
53	Standard-Austria	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
54	Uribel C EC. 39	Fl.leist. – Fl.eig.	OSTIV: Aero-Revue 2/1968
55	Vasama PIK-16C	Fl.leist. – Fl.eig. – Steuer	OSTIV: Aero-Revue 2/1968 – DLR-Bericht 66-OX
56	Weihe 50	Fl.eig.	FFM-Bericht Nr. 40
57	Zugvogel I	Fl.eig.	IB Nr. S 10/69
58	Zugvogel IV	Fl.leist. – Fahrt	OSTIV: Aero-Revue 2/1968 – IB Nr. S 13/66



durchgeführt. Die Piloten, junge Ingenieur-Studenten, hatten im Durchschnitt eine Flugerfahrung von 300 Stunden und 20 Segelflugzeugtypen. Sie wurden auf einem Doppelsitzer in das Flugeigenschaftsprogramm eingewiesen. Mit wenigen Hilfsmitteln, wie Stoppuhr, Kraft- und Wegmesser und sogenanntem «Phipsitheta» (markierte Folienscheibe zur Abschätzung der drei Fluglagewinkel) war ein bestimmtes Prüfprogramm zu fliegen und ein entsprechendes Protokoll auszufüllen. Da sich bei Flugeigenschaften einerseits nur wenig exakt messen lässt, andererseits Einflüsse wie Grösse und Gewicht des Piloten, Zuladung (Flächenbelastung), Schwerpunktage, Wetter u. a. zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Beurteilung der Flugzeuge führen, wird die Auswertung der Protokolle oft schwierig. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Aussagen und Messwerte aus den Protokollen kurz zusammengefasst.

Die Ergebnisse sind nicht mehr unmittelbar mit denen früherer Berichte vergleichbar, da sich die Anschauungen über die Flugeigenschaftsforderungen einschliesslich Cockpitgestaltung etwas gewandelt haben und manche früheren Forderungen inzwischen selbstverständlich geworden sind. In der Tabelle sind oft nur die vom Durchschnitt abweichenden, sowohl besonders positiven als auch negativen Merkmale erwähnt.

Bei der Beurteilung mancher Flugeigenschaften, zum Beispiel der Landeeigenschaften, wird davon ausgegangen, wie Piloten damit zurecht kommen, die auf dem jeweiligen Muster nur ein bis drei Starts haben. Dabei ist es durchaus möglich, dass nach entsprechender Einübungszeit das Urteil positiver ausfallen würde.



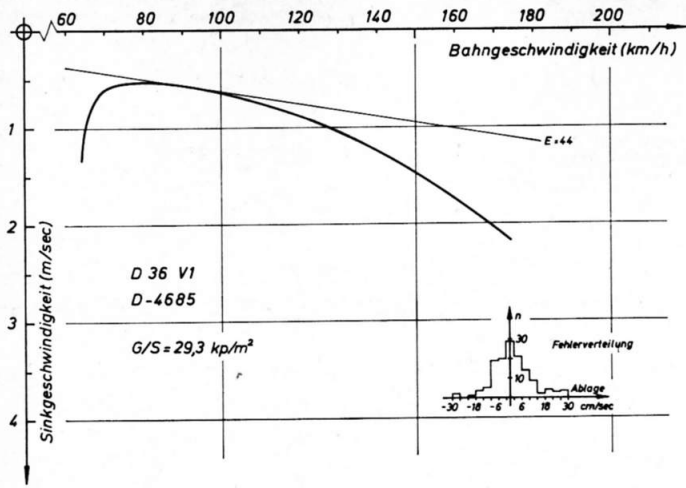


Abb. 5

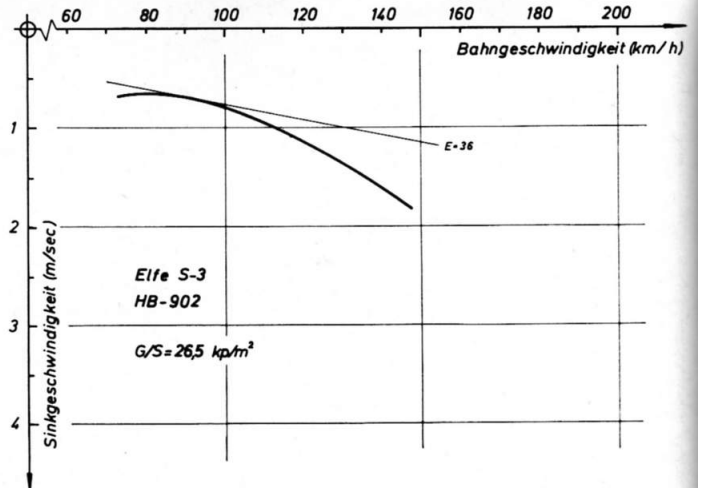


Abb. 6

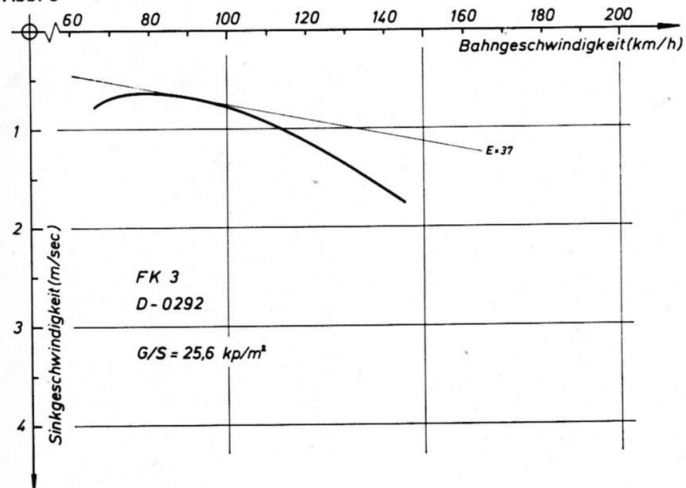


Abb. 7

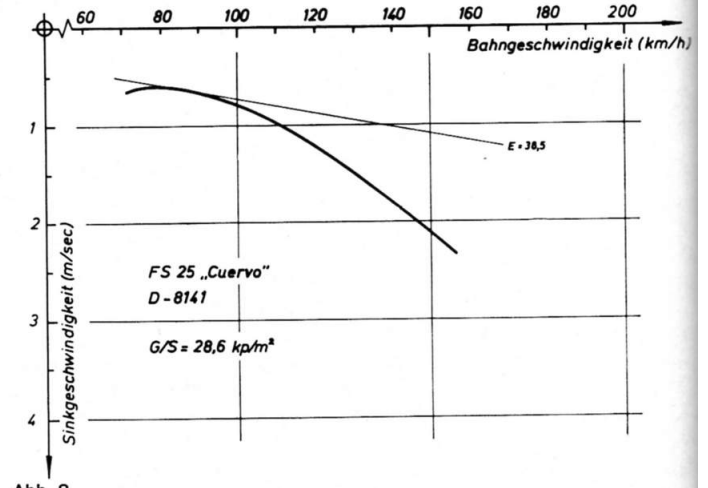


Abb. 8

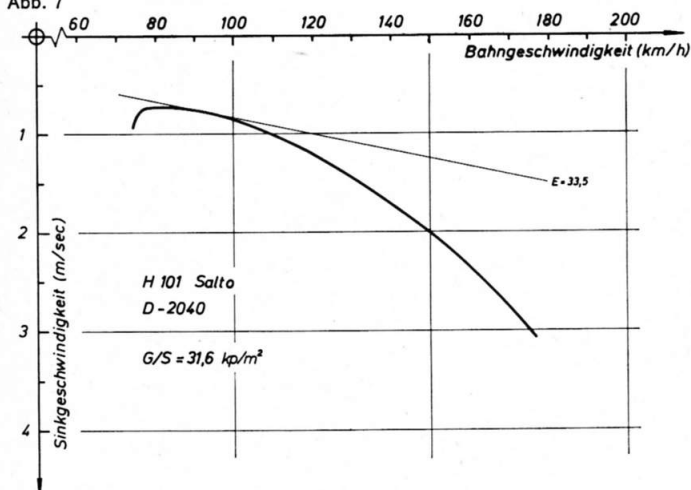


Abb. 9

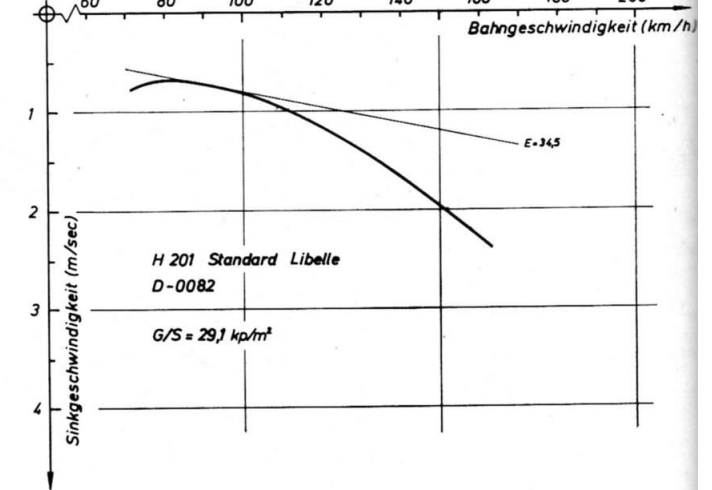


Abb. 10

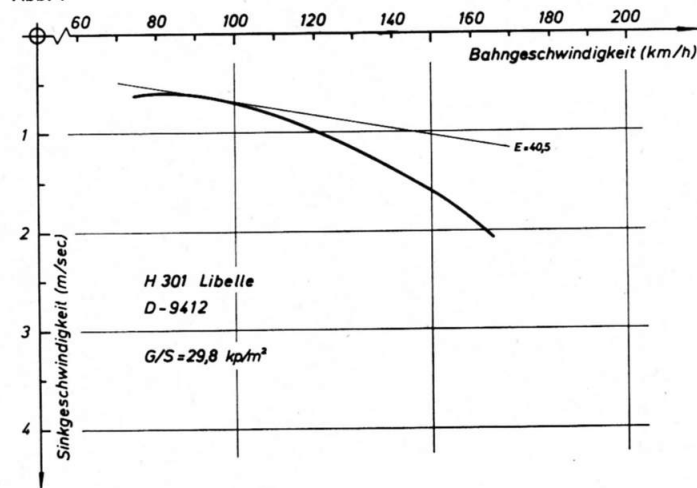


Abb. 11

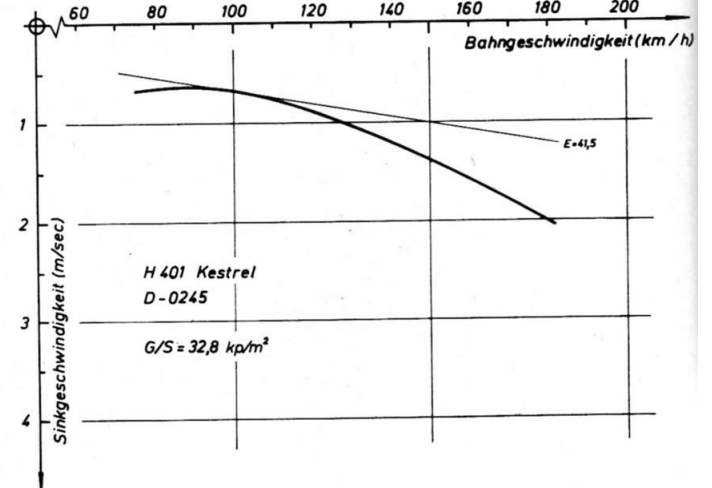


Abb. 12

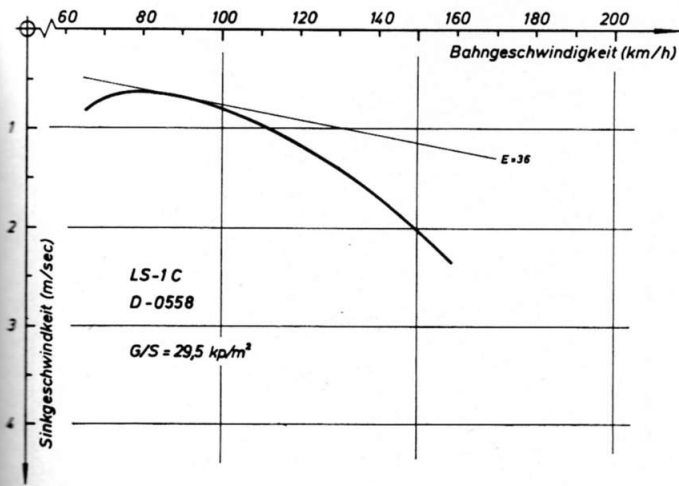


Abb. 13

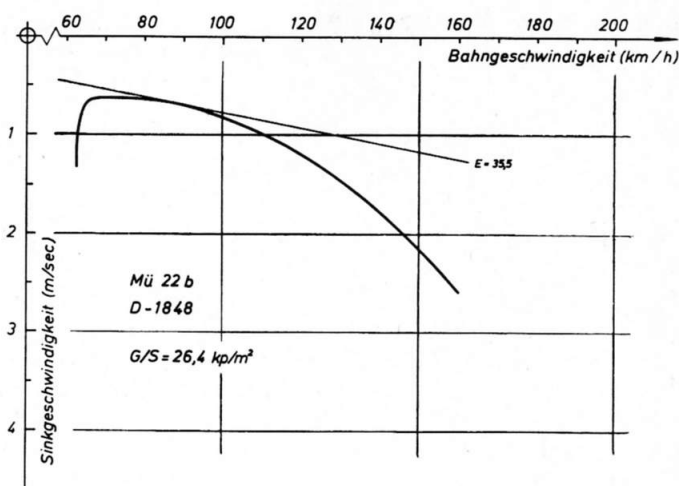


Abb. 14

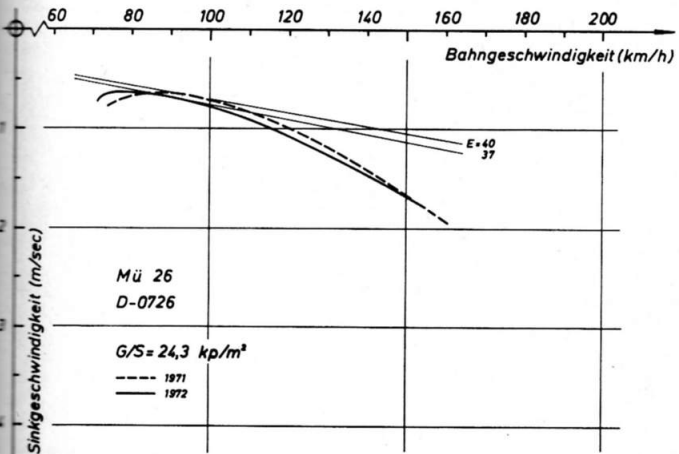


Abb. 15

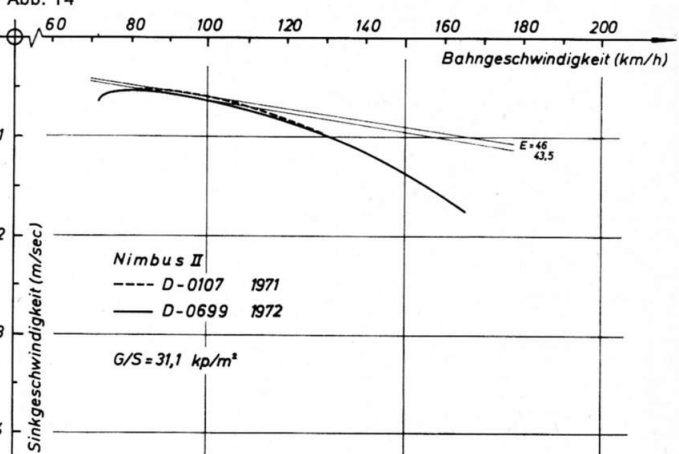


Abb. 16

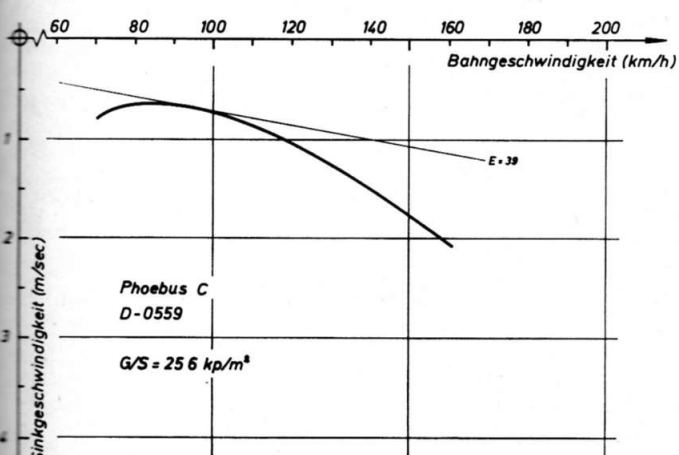


Abb. 17

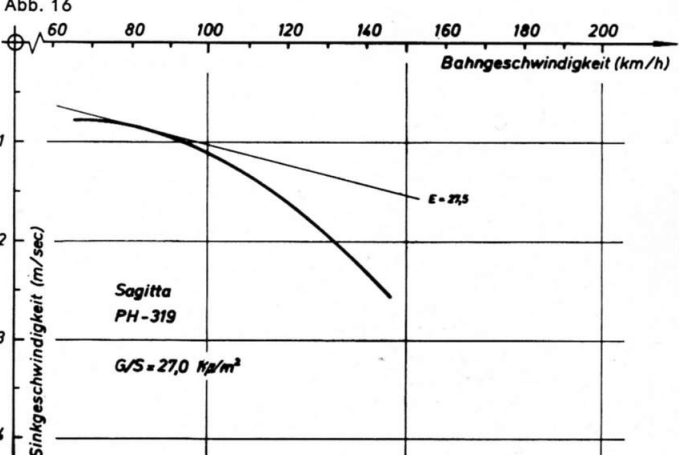


Abb. 18

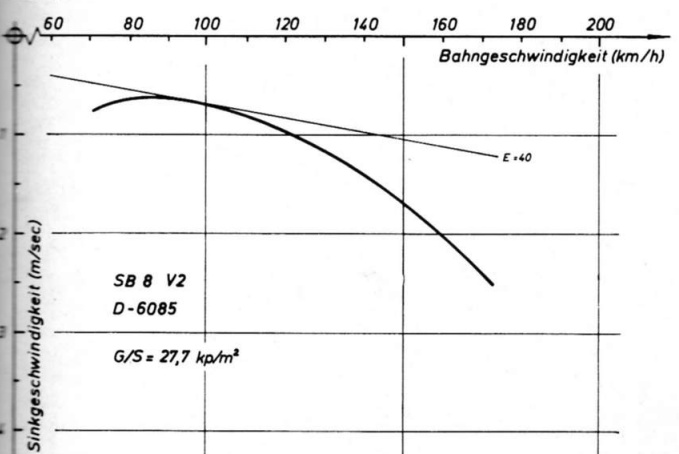


Abb. 19

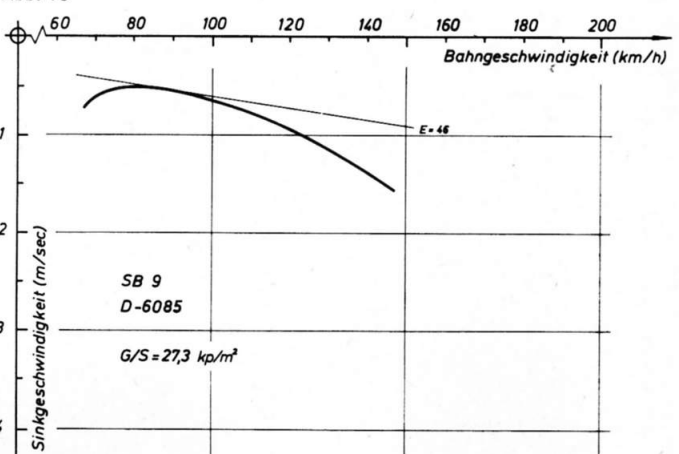


Abb. 20

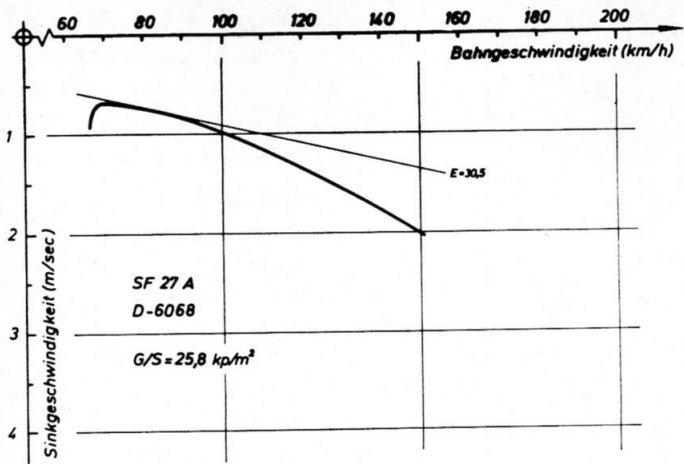


Abb. 21

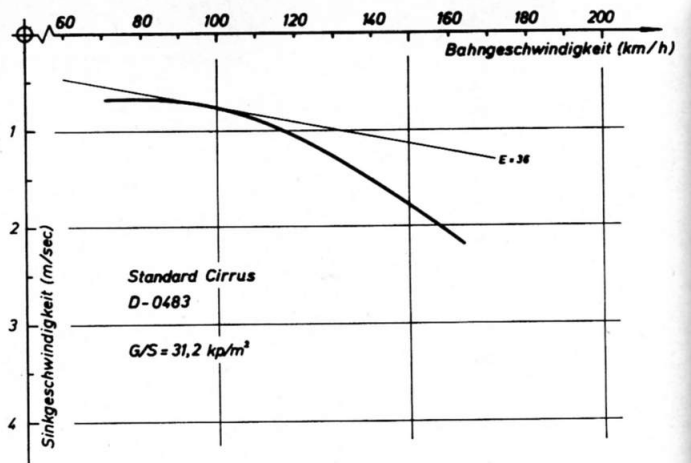


Abb. 22

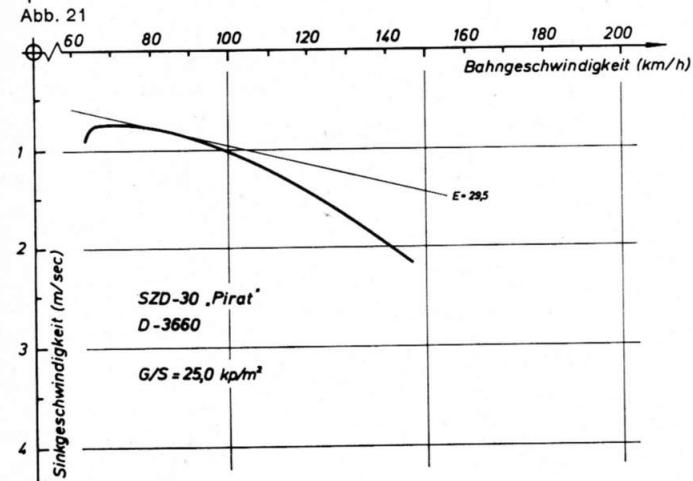


Abb. 23

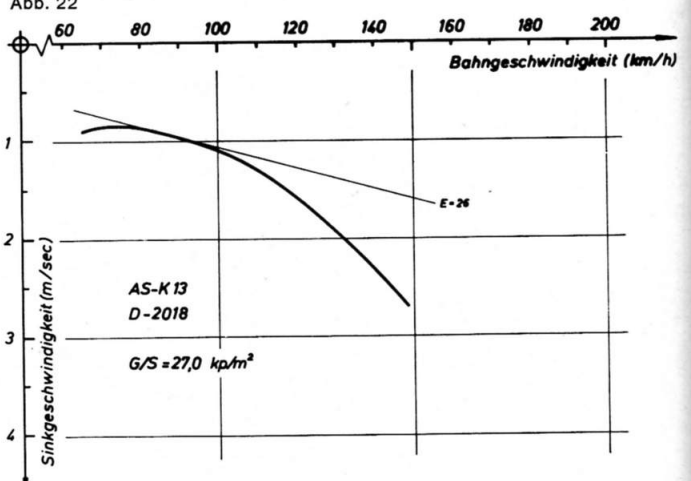


Abb. 24

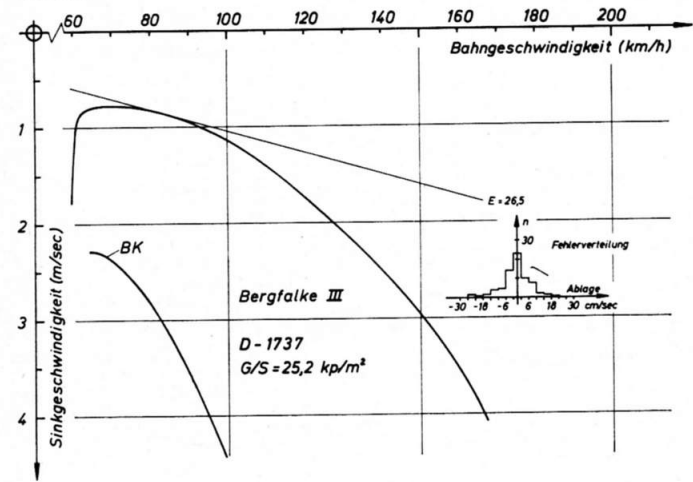


Abb. 25

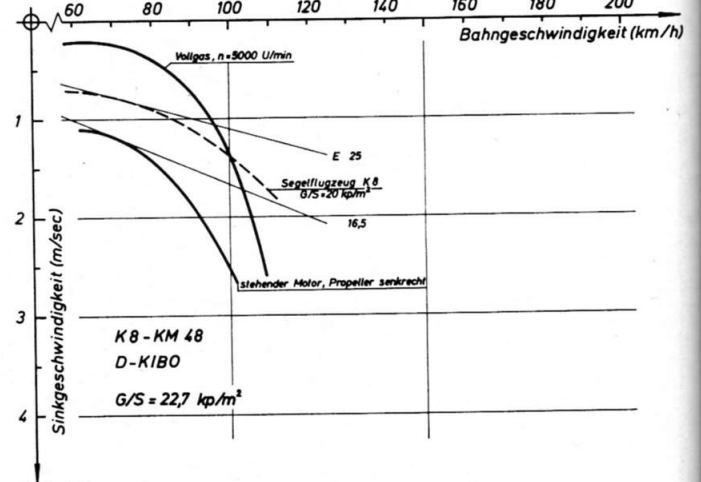


Abb. 26

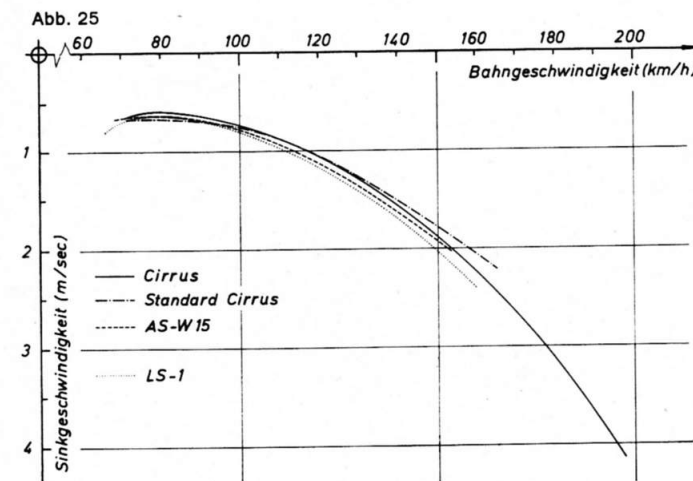


Abb. 27

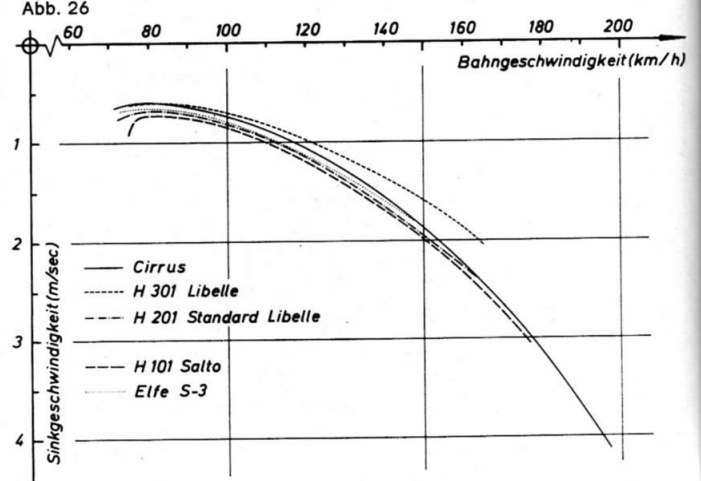


Abb. 28

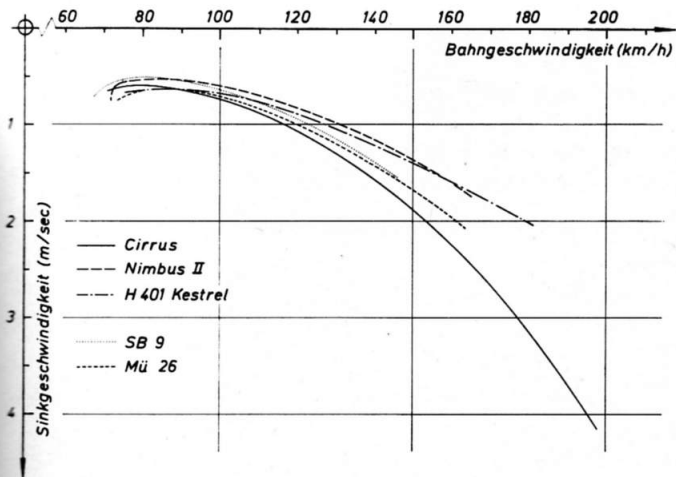


Abb. 29

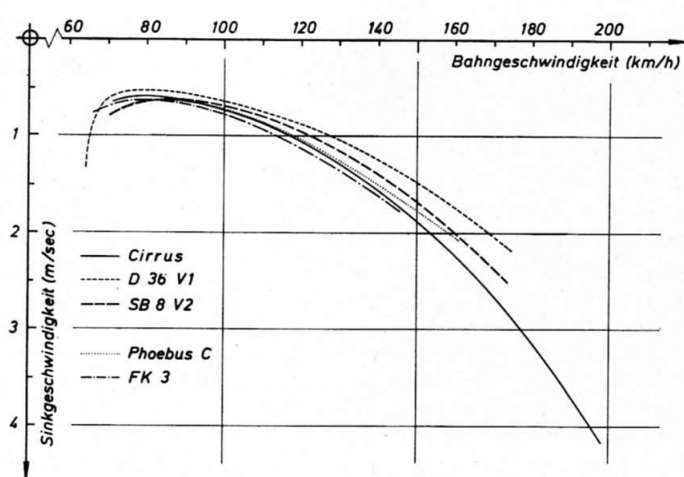


Abb. 30

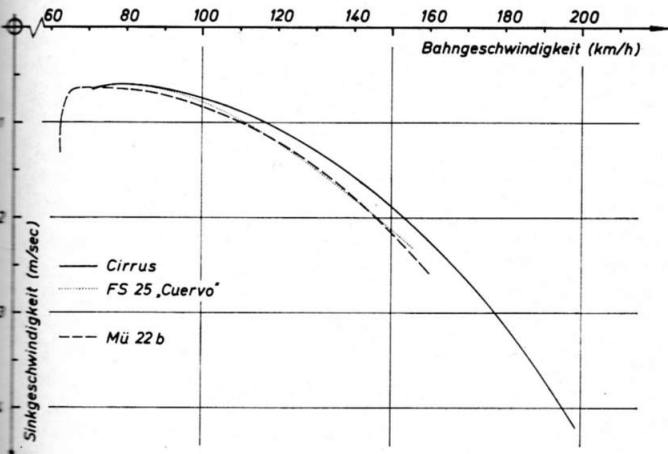


Abb. 31

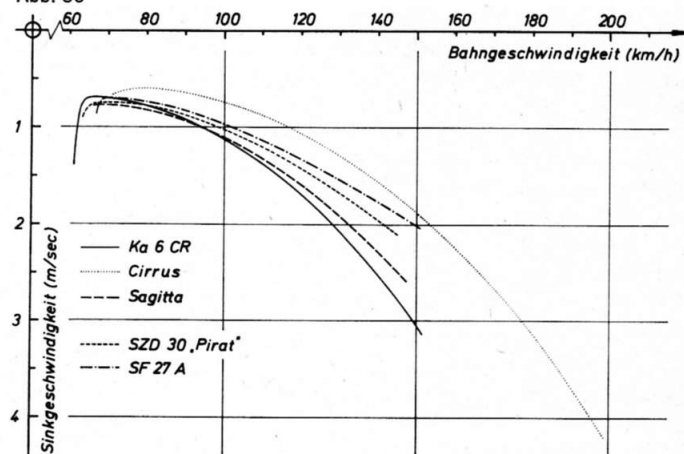


Abb. 32

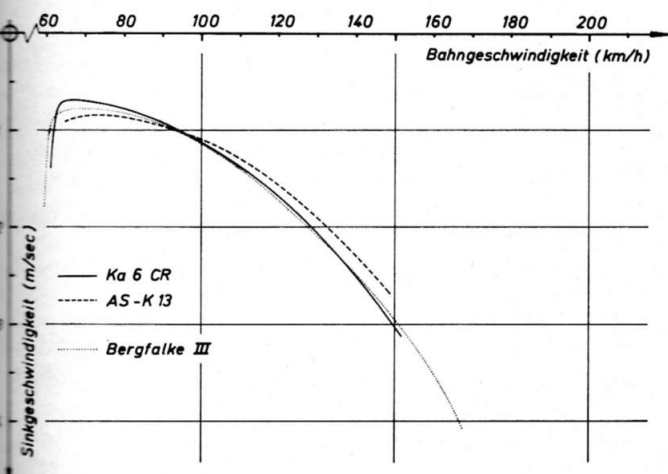


Abb. 33

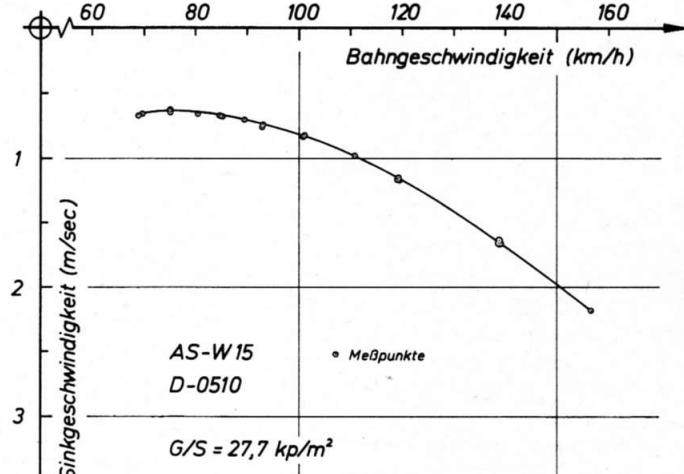


Abb. 34a

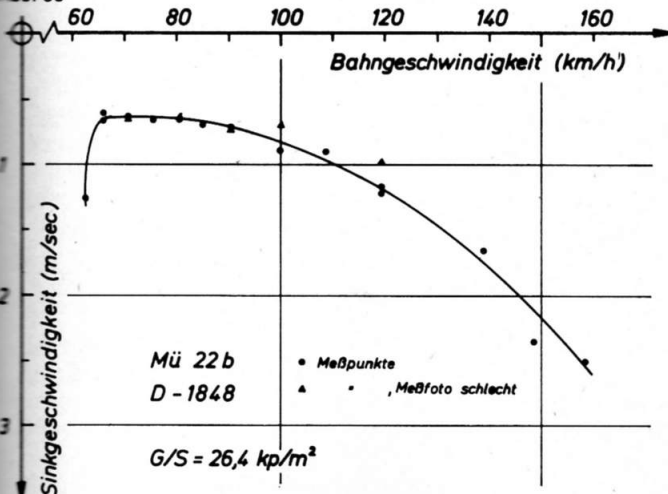


Abb. 34b

Bei den Kurvenwechselzeiten (von $\varphi = +45^\circ$ zu $\varphi = -45^\circ$) ist in den Protokollen zwischen «sauber» (ohne Schieben) und «schnell» (mit vollem SSt- und QSt-Ausschlag) unterschieden. Hier ist in der Tabelle nur die Zeit für den schnellen Kurvenwechsel angegeben. Der Unterschied zwischen beiden ist aber ein Mass für die Güte der Steuerabstimmung.

Die Kurvenwechselzeiten wurden immer bei einer Geschwindigkeit von $1,4 \times V_{A \min}$ erfolgen.

Bei Wölbklappenflugzeugen gelten die Werte für Langsamflug und Kurvenwechselzeit, wenn nicht anders angegeben, jeweils für die neutrale ($\eta_K = 0^\circ$) Wölbklappenstellung.

Die Flugzeuge, mit denen die Flugeigenschaftsprüfungen durchgeführt wurden, sind in einigen Fällen nicht identisch mit den für die Leistungsmessung verwendeten Maschinen. Die Angaben über die Mindestgeschwindigkeit ($V_{A \min}$) beziehen sich nur auf die Fahrtmesseranzeige. Ausserdem stimmen die Flächenbelastungen nur selten mit den in der Tab. 1 angegebenen überein.

7. Zusammenfassung

Bei der Abteilung Segelflug und Leichtflugzeuge der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. (DFVLR) wurden in den vergangenen Jahren in Zusammenarbeit mit den Akademischen Fliegergruppen Flugleistungsmessungen und Flugeigenschaftsprüfungen an vielen Segelflugzeugen und Motorseglern durchgeführt.

Dieser Bericht bringt eine Zusammenfassung dieser Messungen, soweit sie bisher noch nicht veröffentlicht sind. Die Geschwindigkeitspolaren sind für andere Stücke gleichen Musters nur bedingt gültig, sie bieten jedoch einen guten Vergleich der Flugzeugtypen untereinander.

In der Flugeigenschaftstabelle (Tab. 4) sind die Beurteilungen und Messungen

vieler Piloten ausgewertet und zusammengefasst. Sie dürfen nicht absolut, sondern nur als vergleichende Beurteilung gewertet werden. Der Massstab entspricht den Forderungen, die heute von den Piloten an moderne Segelflugzeuge gestellt werden.

Tabelle 5 gibt eine Uebersicht über weitere 58 Segelflugzeuge und Motorsegler, an denen bei der Abteilung Segelflug und Leichtflugzeuge Messungen durchgeführt werden.

Den Eigentümern der Flugzeuge danken wir ebenso wie den vielen Akafliegern, welche die Messungen und Prüfungen zum grossen Teil durchgeführt haben. Unser Dank gilt auch unseren Mitarbeitern, den Herren Ing. (grad.) H. Gnatz und Ing. (grad.) M. Karg, die uns bei der Durchführung und Auswertung behilflich waren.

8. Schrifttum

1. W. Spilger: Flugleistungsmessungen an verschiedenen Segelflugzeugen. Jahrbuch 1937 der Deutschen Luftfahrtforschung (siehe auch: Jahrbuch 1938 der Deutschen Luftfahrtforschung)

2. H. Zacher: Ergebnisse der Leistungsmessung und Flugeigenschaftsprüfung des Segelflugzeugs D 30 Cirrus. Mitteilungen der Flugtechnischen Fachgruppen Heft 1/1944.

3. A. Raspel: Systematic Improvement of the Drag Polar of the Sailplane RJ-5. Soaring, Sept.-Okt. 1951

4. H. Zacher: Flugeigenschaftsuntersuchungen an 14 Segelflugzeugen. Bericht Nr. 40 der Flugwissenschaftlichen Forschungsanstalt e.V. München, Dez. 1960 und: Luftfahrt-Forschungsbericht des BVM Heft 7/1961

5. H. J. Merklein: Schleppsondeneichungen mit 12 Segelflugzeugen. Bericht Nr. 60 der Flugwissenschaftlichen Forschungsanstalt e.V. München, Aug. 1963. Siehe auch: Fehler von Fahrtanzeigen im Flugzeug. Deutscher Aerokurier 2/1965

6. H. J. Merklein: Bestimmung der aerodynamischen Beiwerte durch Flugmessungen an 12 Segelflugzeugen mit Brems- und Landeklappen. Bericht Nr. 63 der Flugwissenschaftlichen Forschungsanstalt e.V. München, Dez. 1963 Auszüge daraus: Flugleistungsmessungen an 12 Segelflugzeugen. Deutscher Aerokurier 12/1963 und 1/1964

7. H. Zacher: Flugmessungen mit Segelflugzeugen von 12-13 m Spannweite. Aero-Revue 10/1966, OSTIV-Publication IX

8. H. Zacher: Flugmessungen mit Standard-Segelflugzeugen. Aero-Revue 2/1968, OSTIV-Publication IX

9. H. Laurson, H. Zacher: Fluguntersuchungen mit den Segelflugzeugen D 36, BS 1 und ASW 12. Aero-Revue 12/1969, OSTIV-Publication X

10. P. F. Bikle: Sailplane Performance Measured in Flight. Technical Soaring, Aero-Revue 6/1972, OSTIV-Publication XII

11. H. Zacher: Flugmessungen an Motorseglern. Aero-Revue 6+7/1972, OSTIV-Publication XII

Zeichen und Abkürzungen

Ausklinklvr.	—	Ausklinklvorrichtung
b	m	Spannweite
BK	—	Bremsklappe
c_A	—	Auftriebsbeiwert
c_W	—	Widerstandsbeiwert
E	—	Gleitzahl
Fahrt	—	Fahrtzeichnung
Fl.eig.	—	Flugeigenschaften
FW	—	Fahrwerk
G_F	kp	Fluggewicht
G_R	kp	Rüstgewicht
G/S^*	kp/m ²	Flächenbelastung bei Messflug
G/S	kp/m ²	Flächenbelastung für Polare (90 kp Zuladung)
h.B.P.	—	hinter Bezugspunkt
HSt	—	Höhensteuer
Instr.	—	Instrumente, Instrumentenbrett
QR, QSt	—	Querruder, Quersteuer
QGi	—	Querrudergiermoment
Spi.neigg	—	Spiralsturzneigung
S	m ²	Bezugsflügelfläche
SR, SSt	—	Seitenruder, Seitensteuer
Steu	—	Steuerung
Steuer	—	Steuerwege und -kräfte
Steuerabsti	—	Steuerabstimmung
V	km/h	Geschwindigkeit
$V_{A \min}$	km/h	angezeigte Mindestgeschwindigkeit
$V_{A \text{ warn}}$	km/h	angezeigte Geschwindigkeit, bei der eine Ueberziehwarnung einsetzt
w_s	m/sec	Sinkgeschwindigkeit
WK	—	Wölbklappe
x_s	mm	Schwerpunktstand vom Bezugspunkt
β	°	Schiebewinkel
λ	—	Flügelstreckung
Q	$\frac{\text{kp sec}^2}{\text{m}^4}$	Luftdichte
Q_0	$\frac{\text{kp sec}^2}{\text{m}^4}$	Luftdichte der Normatmosphäre in Meereshöhe
φ	°	Querneigungswinkel (Hängewinkel)
η_K	°	Wölbklappenausschlagswinkel