

# Flugmessungen an 35 Segelflugzeugen und Motorseglern

## Flugleistungen und Flugeigenschaften

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

Summary  
Flight Measurements with 35 Sailplanes  
and Motorseglers

*The Department Soaring and Light Airplanes of the Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) in cooperation with the Academic Flight Groups (Akafliegs) has made performance measurements and handling quality investigations with sailplanes and motorseglers. 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  
Mesures en vol sur 35 planeurs  
et motorseglers

*La section Planeurs et Avions Légers du Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) en collaboration avec des groupements académiques de vol (Akafliegs), a procédé à des mesures de performances et de qualités de vol avec des planeurs et des motorseglers. Les performances ont été procédé par planés stabilisés sur des tranches d'altitudes déterminées ou par la méthode dite de comparaison (avec un planeur calibré). Les qualités de vol ont été estimées par divers pilotes avec des expériences distinctes.*

### Einleitung

Seit ihrem Bestehen befaßt sich die Abteilung Segelflug und Leichtflugzeuge der DFVLR (früher FFM, DVL) unter anderem mit der Messung der Flugeigenschaften und Flugleistungen von Segelflugzeugen und Motorseglern. Über die Ergebnisse der bis 1972 gemachten Messungen wurde beim XIII. OSTIV-Kongreß in Vršac (Jugoslawien) 1972 berichtet. Die erweiterte Fassung dieses Vortrages erschien Ende 1973 in der Schweizer Aero-Revue.

Diese Arbeiten wurden auch in den folgenden Jahren fortgesetzt; zum größten Teil in Zusammenarbeit mit der Idaflieg (Interessengemeinschaft Deutscher Akademischer Fliegergruppen) bei den jährlich stattfindenden Vergleichsfliegen. Die experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeitspolare dient in erster Linie dazu, den Flugzeugkonstrukteuren der Akafliegs und der Industrie Unterlagen zu verschaffen, mit denen sie ihre bei der Rechnung und Konstruktion gemachten Annahmen überprüfen und gegebenenfalls korrigieren können. Dadurch konnte die Genauigkeit einer rechnerischen Polarenbestimmung wesentlich gesteigert werden. Natürlich sollen durch diese Messungen auch reelle Leistungsdaten für die große Anzahl der Leistungssegelflieger und Wettbewerbspiloten geschaffen werden. Auch Variometerhersteller machen sich für die möglichst wirklichkeitsgetreue Kalibrierung von Sollfahrtgebern und Nettovariometern diese Messungen zunutze. Da aber ein Flugzeug nicht einseitig von der Leistung her beurteilt werden darf, sind in diesem

Bericht auch die Flugeigenschaften mit aufgeführt. Denn oft muß eine Leistungsverbesserung mit einer Verschlechterung der Flugeigenschaften erkauft werden.

### Meßverfahren

Für Flugleistungsmessungen wurden schon viele Meßverfahren entwickelt und auch erprobt. Dabei hat sich aber immer die Höhenstufenmethode am besten bewährt, wenn es darum geht, die Leistungswerte eines Kalibrierflugzeuges festzulegen. Bei den Messungen von W. Spilger [1]\*, H. Zacher [2], A. Raspet [3], H. J. Merklein [6], P. Bikle [10], R. E. Johnson [13] und anderen ist dieses Verfahren im Prinzip beibehalten worden. Es ist aber bezüglich Meßapparatur und Zeit ziemlich aufwendig. Daher hat sich für die Leistungsmessungen bei den Idaflieg-Vergleichsfliegen die Vergleichsflugmethode als optimal herausgebildet, da ein Kalibrierflugzeug mit bekannter Geschwindigkeitspolare und Fahrteichkurve zur Verfügung steht. Die Meßmethode wurde in den letzten Jahren immer weiter verbessert.

Beim Vergleichsflug fliegen das zu vermessende und das Kalibrierflugzeug mit konstanter Geschwindigkeit im exakten Verbandsflug nebeneinander her. So werden in mehreren Meßstufen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten Meßpunkte für den gesamten Polarenbereich erfliegen. Im Laufe der Jahre sind die Meßverfahren zur Bestimmung der Höhendifferenzen abgewandelt worden. Während bis 1965 die Höhenunterschiede von einem Beobachter aus dem hinterherfliegenden Motorflugzeug geschätzt wurden, werden

seit 1971 bei Beginn und Ende einer Meßstufe die Höhendifferenzen fotografisch registriert. Die Aufnahmen werden aus dem Beobachterflugzeug heraus von der Seite gemacht. Der Rumpf der Segelflugzeuge dient dabei als Referenzlänge.

Mit der gestoppten Zeit (etwa 1 bis 4 min), der Lufttemperatur und der absoluten Höhe beziehungsweise dem Luftdruck lassen sich dann mit Hilfe der bekannten Polare des Kalibrierflugzeuges die Leistungswerte berechnen.

Bei Messungen in früheren Jahren war aufgefallen, daß Meßpunkte bei Wölbklappenflugzeugen wesentlich größere Streuungen aufwiesen als bei Starrprofilflugzeugen. Wie sich dann bei Messung gesonderter Polaren für einzelne Wölbklappenstellungen herausstellte, sind die vom Hersteller zur jeweiligen Geschwindigkeit empfohlenen Klappenstellungen nicht immer optimal. Da aber danach die Klappenstellung für die jeweilige Geschwindigkeit bei den früheren Messungen festgelegt wurde, resultieren daraus dann diese Punktstreuungen. Seit 1973 werden immer nur noch Einzelpolaren für den Klappenwinkel  $\eta_K = \text{const}$  gemessen. Die Mindestgeschwindigkeit ist oft nur durch Variation von Ballast bei diesen Vergleichsflugmessungen zu erfassen, kaum jedoch die Meßpunkte im Sackflug. Hier kann man nur die Mindestgeschwindigkeit angeben, wenn auch kein Wert für die zugehörige Sinkgeschwindigkeit zugeordnet ist.

Zusammen mit den Geschwindigkeitspolaren können aus den Meßdaten auch noch die Fahrteichkurven für die vermessenen Flugzeuge erstellt werden. Da die

Fahrtmeßfehler aber von Stück zu Stück verschieden sein können (unterschiedliche Gerätefehler), können diese Eichkurven nur bedingt auf andere Flugzeuge des gleichen Typs übertragen werden.

### Auswahl der Flugzeuge

Die vermessenen Flugzeuge sind nicht speziell für diesen Zweck ausgesucht oder präpariert. Es sind auch nur in seltenen Fällen fabrikneue Flugzeuge. Es können nur solche Flugzeuge geprüft werden, die von den Fliegergruppen, von Privatpersonen oder auch von Herstellerfirmen für diese Idaflieg-Vergleichsfliegen zur Verfügung gestellt werden. Sie befinden sich aber ausnahmslos in gutem Zustand, sie werden vor dem Start jeweils sauber gewaschen und der Rumpf-Flügel-Spalt wird abgeklebt. Während des Starts und Schleppts wird aber auch beim Meßflug die Oberfläche geringfügig durch Insekten und Staubpartikel verschmutzt, so daß bei diesen Messungen durchaus praxisnahe Versuchsbedingungen herrschen.

### Wertung der Ergebnisse

Um einen Vergleich verschiedener Flugzeuge zu ermöglichen, sind alle Geschwindigkeitspolaren auf eine Flächenbelastung umgerechnet, die dem Rüstgewicht plus 90 kp Zuladung entspricht. Eine einheitliche Flächenbelastung wurde deshalb vermieden, da sich dies in der Praxis bei Flugzeugen nur selten verwirklichen läßt. (Bei der Ka 6 beispielsweise kommt man bei maximalem Fluggewicht auf eine Flächenbelastung von maximal  $G/S = 24,2 \text{ kp/m}^2$ , bei der SF 30, Club-Spatz bei minimaler Zuladung (aus Schwerpunkt-

gründen) auf minimal  $G/S = 28,5$  ( $p/m^2$ .)

Im jedoch einen Vergleich der aerodynamischen Güte unter Ausschaltung des Flächenbelastungseinflusses zu ermöglichen, wurde eine Einheitspolare gewählt, bei der nur rein aerodynamische, dimensionslose Größen vorkommen ( $C_A$  und  $C_W$ ). Statt  $V_{Bahn}$  und  $w_s$  haben die Koordinatenachsen die Bezeichnungen  $1/\sqrt{C_A}$  und  $C_W/\sqrt{C_A^3}$ . (Diese Polaren sind hier nicht abgebildet.)

## Fehlerbetrachtung

Eine Fehlerbetrachtung für Höhenstufenvermessungen ist im Bericht FFM 63 [6] angestellt. Bei der Vergleichsflugmethode spielt der beim Höhenstufenverfahren dominierende Störfaktor, der Wetterfehler, fast keine Rolle mehr, unter der Voraussetzung „turbulenzfreier“ Luft. Der größte Fehler bei der Vergleichsflugmessung kann durch Unregelmäßigkeiten in der Flugbahn entstehen. Er hängt wesentlich von der Erfahrung der Segelflugzeugpiloten, aber auch vom Geschick des Beobachters ab, den richtigen Zeitpunkt für Beginn und Ende einer Meßstufe zu wählen. Der Fehler bei den neueren Messungen ist erfahrungsgemäß nicht höher als 0,05 m/sec beziehungsweise 1,2 Prozent im Schnellflug. Im Einzelfall läßt sich seine Größe aber kaum abschätzen. Der Zeitmeßfehler ist maximal  $\pm 1$  sec, das entspricht im ungünstigsten Falle 0,6 Prozent der Sinkgeschwindigkeit. Ein weiterer Fehler kann bei den Meßfotografien entstehen, der maximal 0,5 Prozent der Sinkgeschwindigkeit ausmacht. Der Fahrtmeßfehler durch Ablesungenauigkeit und Hysterese des Gerätes beträgt maximal 1,5 km/h. Im Schnellflug können dies 0,1 m/s beziehungsweise 2,5 Prozent sein. Im ungünstigsten Falle, bei Addition aller Einzelfehler in einer Richtung, können dies 4,8 Prozent Fehler für den Einzelpunkt sein. Für die Polare, die ja bestimmte Ablagen der Meßpunkte von der Kurve zuläßt, kann mit einer Genauigkeit von 2 Prozent gerechnet werden.

Die bei den Idaflied-Vergleichsfliegen erzielten Meßergebnisse wollen keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit erheben. Sie sind vielmehr das nach unseren Erfahrungen und den uns zur Verfügung stehenden Mitteln erreichbare Optimum, unter Berücksichtigung der genannten Fehlertoleranzen. Wir sind ständig bemüht, bessere Meßverfahren zu finden und unsere Meßtechnik zu verbessern, so lange der Aufwand in einem vernünftigen Verhältnis zum Gesamtergebnis bleibt.

## Bemerkungen zu Flugzeugen und Polaren

Die Sinkgeschwindigkeit  $w_s$  in allen Polaren und Tabellen bezieht sich grundsätzlich auf die Luftdichte  $\rho_0$  ( $= 0,125 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ ) der Normalatmosphäre in Meereshöhe.

Auf der horizontalen Achse der Polardiagramme ist die Fluggeschwindigkeit aufgetragen. Dies ist die um alle Fahrtmeßfehler korrigierte Geschwindigkeit (CAS) längs der Flugbahn, die zwar mit der Horizontal Komponente nahezu, aber nicht exakt übereinstimmt. Der Fehler beträgt zum Beispiel beim Cirrus: für  $V_{Bahn} = 200 \text{ km/h}$  (Fluggeschwindigkeit auf der geneigten Bahn) bei Gleitzahl 13 ergibt sich die Horizontalgeschwindigkeit zu  $V_{hor} = 199,41 \text{ km/h}$ .

Bei Flugzeugen mit Wölbklappen sind in den Diagrammen die gemessenen Einzelpolaren einiger ausgewählter Wölbklappenstellungen angegeben. Diese Polaren gelten für die Flächenbelastung während des Meßfluges ( $G/S^*$ ). Für die Wölbklappen-Segelflugzeuge sind außerdem die Hüllpolaren gezeichnet. Für diese und alle anderen Polaren gilt die Flächenbelastung bei 90 kp (180 kp bei Doppelsitzern) Zuladung ( $G/S$ ).

In den Diagrammen sind aus Platzgründen jeweils einige Polaren innerhalb der in Tabelle 1 angegebenen Gruppen zusammengefaßt. Die Auswahl der Flugzeuge bei diesen Zusammenstellungen erfolgte nach ihrer Ähnlichkeit der Auslegung (ASW 17 — Nimbus II), nach ihrer Familie (Kestrel — T 59 D — Glasflügel 604), teilweise aber auch nur, um eine übersichtliche Trennung in der Darstellung der Kurven zu gewährleisten.

In Tabelle 2 sind für alle Flugzeuge die wichtigsten Werte der gemessenen Leistungen zusammengestellt. Für diese Tabelle gilt auch wieder die Flächenbelastung für 90 kp Zuladung.

### B 4 — PC 11

Von der Version mit festem Fahrwerk wurden zwei Exemplare (PH-448 und HB-1101) vermessen, deren Polaren nahezu deckungsgleich sind. Die Version der B 4 mit Einziehfahrwerk hatte zusätzlich noch gespachtelte Tragflächen (Privathalter), so daß aus der Polare nicht der Einfluß eines Einziehfahrwerkes abgelesen werden kann.

### Salto 15 mod.

Diese Version des Salto (normal:  $b = 13,6 \text{ m}$ ), der durch aufsteckbare verlängerte Flügelenden auf eine Spannweite von 15,53 m gebracht wurde, war gegenüber der serienmäßigen Version des Salto

15 (ebenfalls  $b = 15,53 \text{ m}$ ) im Strak des Rumpfvorderteils abgeändert worden (siehe Abb.). Ein Vergleichsflug ergab, daß beide Salto-15-Versionen gleiche Leistungen haben (Abweichung  $\pm 1 \text{ cm/s}$ ). Diese Rumpfkantur bringt also, zumindest im Geradeausflug, keine Leistungsverbesserung.

### Astir CS

Nachdem die Messung 1975 wegen zu geringer Zahl von Meßpunkten zu keinem verbindlichen Ergebnis führte, wurde das Flugzeug 1976 nochmals vermessen. Die Anzahl und die geringe Streuung der Meßpunkte ergeben nun eine eindeutige Polare.

### ASW 19

Bei diesem Flugzeug und bei der DG 100 wurde 1976 versucht, den Leistungsgewinn bei höherer Flächenbelastung (Erhöhung der besten Gleitzahl) zu messen, der sich rechnerisch durch den Re-Zahl-Einfluß ergibt. Der mitgeführte Wasserballast bewirkt allerdings eine Schwerpunktverschiebung nach vorn, was wieder eine Leistungseinbuße mit sich bringt. Beide Effekte würden theoretisch eine Änderung der besten Gleitzahl in der Größenordnung von 0,5 Punkten bringen, gleichen sich ungefähr aus und gehen so innerhalb der Meßgenauigkeit unter.

Bei der ASW 19 war keine Tendenz der Leistungsverbesserung bei den mit hoher Flächenbelastung erfolgten Meßpunkten zu erkennen.

### DG 100

Die DG 100 wurde in zwei Exemplaren 1975 und 1976 vermessen. Das Flugzeug D-1076 ist eine DG 100 der Version 76. Bei der DG 100 gilt für die Messung mit hoher Flächenbelastung das gleiche wie für die ASW 19.

### Elfe S 4

Der erste Nachbau der Elfe in Deutschland, die D-6301, wurde 1975 vermessen. Sie hatte gegenüber den Originalplänen einige aerodynamische Veränderungen am Rumpf und weicht in der Polare geringfügig von der 1976 nachgemessenen Elfe (D-6668) ab.

### Mistral

Die Mistral ist der Prototyp einer Eigenkonstruktion einer Darmstädter Gruppe (siehe Tab. 1) und ist im Eigenbau gefertigt worden (siehe aerokurier 1/76). Das Flugzeug darf nicht verwechselt werden mit dem Mistral C, wie er im aerokurier 1/77 S. 15 vorgestellt wurde.

### PIK 20 A

Die PIK 20, ein Flugzeug aus der

ersten Serie, wurde mit 4 Klappenstellungen vermessen. Die Klappen können beliebig um jeweils  $1^\circ$  verstellt werden. Die Querruder werden gemäß CIVV-Reglement nicht mitverwölbt. Die optimale Auftriebsverteilung wird dadurch bei größeren Klappenanschlägen gestört. Die Wölbklappenstellung  $-8^\circ$  bringt eine deutliche Leistungsver schlechterung. Möglicherweise gibt es für den Langsamflug eine günstigere Stellung der Klappen zwischen  $0^\circ$  und  $+8^\circ$ .

### Standard Cirrus

Die D-3261, eine Werksmaschine, wurde mit auswechselbaren Flügelenden ausgerüstet, die eine Spannweitenvergrößerung auf 16 m ermöglichen. Der Unterschied in der Flächenbelastung beruht allein auf dieser Änderung (2 kp Mehrgewicht,  $0,32 \text{ m}^2$  Flächenvergrößerung). Außer im Langsamflug, konnte kein Leistungsunterschied gemessen werden. Es handelt sich hier nicht um die Version des Cirrus 75.

### ASW 17

Die ASW 17 wurde in der Serienversion (D-1110) mit 20 m Spannweite und auch als ASW 17 S mit verlängerten Außenflächen (21 m Spannweite) vermessen. Die Einzelpolaren zeigen für die Klappenstellung 1 ( $-13^\circ$ ) eine deutliche Leistungsver schlechterung. Der Klappenausschlag wurde daraufhin werksseitig auf  $-11^\circ$  reduziert. Der Leistungsunterschied der beiden Flugzeuge (auf gleiche Flächenbelastung umgerechnet) ist in der Zusammenstellung der Hüllpolaren zu ersehen.

### D 37 Artemis

Die D 37 wurde schon 1971 als Motorsegler (D-KEDD), jedoch mit eingeklapptem Triebwerk vermessen. 1976 wurde eine Messung an der inzwischen zum Segelflugzeug umgewandelten D 37 vorgenommen, um den Einfluß von „winglets“ auf die Leistung von Segelflugzeugen zu überprüfen. Diese „winglets“ sind zwei etwa 25 cm lange, tragflügelähnliche Gebilde an jedem Flügelende. Jeweils eine Fläche ist nach unten und nach oben etwa  $70^\circ$  zur Flügelebene abgeknickt.

Die Leistungen der D 37 wurden zwar durch verschiedene Abänderungen in der Zwischenzeit insgesamt verbessert, jedoch wurde kein Leistungsunterschied zwischen den Messungen mit und ohne „winglets“ festgestellt.

### fs 29

Das Teleskopflügel-Flugzeug fs 29 wurde mit drei verschiedenen Spannweiten vermessen, wobei jede beliebige Zwischenstellung auch möglich ist. Die drei Einzelpolaren sind auf 90 kp Zuladung umgerechnet. Bei einer Hüllpolare könnte keine Flächenbelastung eindeutig zugeordnet werden. In der Tabelle 2 wurde für die Leistungswerte eine Hüllpolare

zugrundegelegt bei variabler Flächenbelastung.

## Nimbus II

Die Wölbklappenstellung  $+11^\circ = L$  (Landung) würde theoretisch eine Verbesserung auch für den langsamen Kreisflug bringen. In der Praxis erweist sich diese Klappenstellung aber wegen des sehr schmalen Optimums und wegen der verminderten Querruderwirksamkeit zum Kurbeln in der Thermik als ungeeignet.

## Calif A-21 S

Der Calif besitzt zwar eine Wölbklappe, jedoch wird diese nicht gesetzt für einen bestimmten Fahrtbereich, sondern sie wird im mittleren Fahrtbereich nach vorheriger Höhenrudertrimmung zur Geschwindigkeitssteuerung benutzt. Es wurde deshalb nur die Hüllpolare gemessen.

Bei einem der Meßflüge mit dem Calif hatte sich an dem unterkühlten Ganzmetallflugzeug unbeabsichtigt eine sehr dünne Eisschicht gebildet, die etwa 20 cm hinter der Flügelnahe begann. Eine Auswertung dieser Messung ergab im Geschwindigkeitsbereich von 110–180 km/h einen Sinkgeschwindigkeitszuwachs von 10 cm/s (bei 110 km/h) bis 25 cm/s (bei 180 km/h).

## Janus

Das Flugzeug D-3111 war der Prototyp, an dem für die Serie geringfügige Änderungen am Rumpf vorgenommen wurden. Die Klappenstellung  $+12^\circ = L$  ist nur für die Landung vorgesehen.

## SB 10

Die SB 10 wurde nur mit 26 m Spannweite vermessen. Messungen von 1973 wurden 1975 für die Klappenstellung  $-10$  ergänzt.

## AK 1

Dieser Motorsegler mit Einklapptriebwerk wurde in der Segelfluggonfiguration vermessen.

## ASK 16 und RF 5 B Sperber

Beide Motorsegler wurden bei der DFVLR nach dem Höhenstufenverfahren vermessen.

## KORA 1

Bei dem vermessenen Flugzeug handelt es sich um den zweiten Prototyp (V 2). Nach den Ergebnissen der Wollfadenmessungen beim Idaflieg-Vergleichsfliegen 1976 wurden Verbesserungen an den Motorkühlflügelklappen vorgenommen.

## Flugeigenschaften

Auf der Grundlage des immer wieder verbesserten Prüfprogramms des FFM-Berichtes Nr. 40 [4] wurden bei den Idaflieg-Vergleichsfliegen regelmäßig Flugeigenschaftsuntersuchungen an Segelflugzeugen und Motorseglern

von vielen Piloten unterschiedlicher Erfahrung (im Durchschnitt 300 Stunden und 20 Typen) durchgeführt. Diese Piloten wurden vorher auf einem Doppelsitzer in das Flugeigenschaftsprogramm eingewiesen und hinsichtlich der Herbeiführung und Beobachtung bestimmter Flugbewegungen geschult. Mit wenigen Hilfsmitteln wie Stoppuhr, Steuerkraft- und Steuerwegmesser sowie dem „Phipsi-theta“ (markierte Folienscheibe zur Abschätzung der drei Fluglagewinkel) war das Programm zu fliegen. Ein darauf abgestimmtes Protokoll war auszufüllen. Da sich bei Flugeigenschaften einerseits nur wenig exakt messen und in Zahlen ausdrücken läßt, andererseits Einflüsse wie Größe und Gewicht des Piloten, Zuladung (Flächenbelastung), Schwerpunkt-lage, Wetter u. a. zu unterschiedlichen Beurteilungen der Flugzeuge führen, wird die Auswertung der Protokolle oft schwierig. In der Tabelle 3 sind die wichtigsten Aussagen und Meßwerte, sofern sie einigermaßen übereinstimmend waren, zusammengefaßt.

Die Ergebnisse sind heute nicht mehr unmittelbar mit denen früherer Berichte vergleichbar, da sich die Anschauungen über die Flugeigenschaften einschließlich Führerraumgestaltung etwas gewandelt haben und manche früher wünschenswerten Ausführungen inzwischen selbstverständlich geworden sind. In der Tabelle sind oft nur die vom „Normalwert“ abweichenden (sowohl besonders positiven als auch negativen) Merkmale erwähnt.

Bei der Beurteilung einiger Flugeigenschaften (z. B. bei der Landung) wird die Frage beantwortet, ob auch die Piloten damit zurechtkommen, die auf dem jeweiligen Muster nur bis zu drei Starts gemacht haben. Es ist durchaus möglich, daß nach entsprechender Einübungszeit das Urteil entweder positiver oder auch in manchen Einzelheiten negativer ausfällt.

Bei den Kurvenwechselzeiten (von  $\varphi = +45^\circ$  zu  $\varphi = -45^\circ$  bei  $1,4 \cdot V_{\min}$ ) ist in den Protokollen zwischen „sauber“ (d. h. ohne Schieben) und „schnell“ (d. h. mit vollem SSt- und QSt-Ausschlag) unterschieden. In dieser Tabelle ist nur die Zeit für den schnellen Kurvenwechsel angegeben, doch wird der Unterschied zwischen beiden als ein Maß für die Güte der Steuerabstimmung an anderer Stelle behandelt.

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

Die Flugzeuge, deren Flugeigenschaften geprüft wurden, sind in einigen Fällen nicht identisch mit den für die Leistungsmessung verwendeten Stücken. Außerdem stimmen die Flächenbelastungen nur selten mit den in der Tabelle 1 angegebenen überein. — Die Angaben über  $V_{\min}$  beziehen sich nur auf die (nicht kalibrierten) Fahrtmesseranzeigen.

Einige allgemeine Feststellungen sollen noch bei dieser Gelegenheit in Stichworten dargestellt werden: Steckhauben sind ungünstig (weglegen nach der Landung!), die Hauben sollten angeleitet, aber notabwerfbar sein. Die Sitze sind heute meist bequem, wenn auch manchmal schmal und im Beinraum eng. Viele Haubenrahmen verschlechtern die Sicht. Die Lüftung ist allzuoft mäßig bis mangelhaft. Ringelpietz beim Start kommt immer wieder vor (Bodenfreiheit der Flügelspitze, schwache Querruder- und Seitenruderwirkung). Günstige Wölbklappenstellungen sind gelegentlich falsch angegeben. Landeeigenschaften sind fast immer als gut zu bezeichnen, wenn auch die Bremsklappenwirkung zu wünschen übrig läßt, doch sind Federung und Bremsbarkeit des Fahrwerks oft sehr schlecht.

## Zusammenfassung

Bei der Abteilung Segelflug und Leichtflugzeuge der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e. V. (DFVLR) wurden in den vergangenen fast 20 Jahren in Zusammenarbeit mit den Akademischen Fliegergruppen Flugeigenschaftsmessungen und Flugeigenschaftsprüfungen an vielen Segelflugzeugen und Motorseglern vorgenommen. Dieser Bericht bringt eine Zusammenfassung dieser Untersuchungen, 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. Auf die Kalibrierung von Fahrtmessern sei in diesem Zusammenhang hingewiesen, desgl. auf die Berücksichtigung von Fluggewicht, Schwerpunkt-lage, Oberflächengüte usw. In der Flugeigenschaftstabelle sind Angaben und Messungen vieler Piloten ausgewertet. Sie dürfen nicht absolut, sondern nur als vergleichende Beurteilung gewertet werden. Als Maßstäbe gelten die Lufttüchtigkeitsforderungen (LFSM) und die heute von vielen Piloten geäußerten Wünsche.

Den Eigentümern der Segelflugzeuge danken wir ebenso wie den vielen Akafliegern, die die Mes-

sungen und Prüfungen zum großen Teil durchgeführt oder die bei Betrieb geholfen haben. Unser Dank gilt ganz besonders auch unseren Mitarbeitern, den Herren Ing. (grad.) H. Gnatz, Ing. (grad.) M. Karg und Dipl.-Ing. G. Stich, die bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung tätig waren und manche Anregung gaben.

## Schrifttum

- [1] W. Spilger: Flugeistungsmessungen an verschiedenen Segelflugzeugen. Jahrbuch 1937 der Deutschen Luftfahrtforschung (siehe auch: Jahrbuch 1938 der Deutschen Luftfahrtforschung).
- [2] H. Zacher: Ergebnisse der Leistungsmessung und Flugeigenschaftsprüfung des Segelflugzeuges D 30 „Cirrus“. Mitteilungen der Flugtechnischen Fachgruppen Heft 1/1944.
- [3] A. Raspet: Systematic Improvement of the Drag Polar of the Sailplane. RJ — 5. Soaring, Sep.-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: Schleppsondenleistung 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 Flugeistungsmessungen an 12 Segelflugzeugen. Deutscher Aerokurier 12/1963 und 1/1964.
- [7] H. Zacher: Flugmessungen mit Segelflugzeugen von 12 bis 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 und 7, 1972, OSTIV-Publication XII.
- [12] H. Laurson, H. Zacher: Flugmessungen mit 25 Segelflugzeugen. Aero-Revue 10 bis 12/1973.
- [13] R. E. Johnson: A Flight Test Evaluation of the Standard Cirrus (Nimbus II). Soaring, März 1976 (April 1976).
- [14] H. Gnatz, M. Karg, H. Laurson, G. Stich: Interne Berichte der DFVLR Abt. Segelflug und Leichtflugzeuge über die Ergebnisse der Flugmessungen.

**Tabelle 1: Flugzeugdaten**

Flugzeugtyp	Kennzeichen	Profile	Spannweite	Flügel-fläche	Streckung	übliches Rüst-gewicht	Meß-Flug-gewicht	Flächen-belastung	Schwerpunkt-lage	Hersteller
	-	-	m	m <sup>2</sup>	-	kp	kp	90 kp Zul. kp/m <sup>2</sup>	mm h.B.P.	-
<b>Kalibrierflugzeuge</b>										
Ka 6 CR	D-1810	NACA 63 <sub>3</sub> -618 63-614 Joukowsky 12,5 %	15,0	12,4	18,1	185	305	22,2	236 (174 ..... 350)	A. Schleicher Poppenhausen/Rhön
Cirrus	D-0471	FX 65-196 FX 65-160	17,74	12,6	25,0	275	389	29,0	297 (233 ..... 400)	Schempp-Hirth Kirchheim/Teck
<b>Clubklasse-Flugzeuge</b>										
Ka 6 E	D-3657	NACA 63-618 K 4 14 % Joukowsky 12 %	15,0	12,4	18,1	195	277,7	23,0	364 (180 ..... 383)	A. Schleicher Poppenhausen/Rhön
SF 30 Club Spatz	D-3697	FX 61-184 FX 61-163 FX 60-126	15,0	9,38	24,0	207	285,7	31,7	254 (165 ..... 297)	Scheibe Flugzeugbau Dachau
Club Libelle	D-3695	FX 66-17All-182	15,0	9,8	23,0	229	318,3	32,6	343 (256 ..... 380)	Glasflügel Schlattstall
B 4-PC 11	PH-448 (HB-1127)	NACA 64 <sub>3</sub> -618	15,0	14,04	16,0	240	308	23,5	- (280 ..... 420)	Pilatus Flugzeugwerk Stans, Schweiz
LCF 2	D-6466	SO 2-196 SO 2/1-158 FX 60-126	13,0	10,0	16,9	192	282	28,2	248	Luftsport-Club Friedrichshafen
Salto 15 mod.	D-2220	FX 66-17All-182	15,53	9,17	26,3	205	286	32,2	323 (235 ..... 335)	Start + Flug Saugau (modifiz.)
Astir CS	D-7290	E 603	15,0	12,4	18,1	260	359	28,2	400 (250 ..... 425)	B. Grob, Flugzeugbau Mindelheim
<b>Flugzeuge der Standard-Klasse</b>										
ASW 19	D-4525	FX 61-163 FX 60-126	15,0	11,0	20,5	260	346	31,8	340 (240 ..... 384)	A. Schleicher Poppenhausen/Rhön
D 38	D-0938	FX 61-184 FX 60-126	15,0	11,0	20,5	210	289	27,3	357 (194 ..... 400)	Akaflieg Darmstadt
DG 100	D-7099 (D-1076)	FX 61-184 FX 60-126	15,0	11,0	20,5	234	332,3	29,5	306 (200 ..... 365)	Glaser, Dirks Bruchsal
Elfe S 4	D-6301 (D-6668)	FX 61-163 FX 60-126	15,0	11,8	19,1	245	324,7	28,4	390 (250 ..... 400)	A. Neukom Neuhausen, Schweiz
Hornet	D-7816	FX 66-17All-182	15,0	9,80	23,0	243	314	34,0	359 (250 ..... 375)	Glasflügel Schlattstall Holighaus und Hillenbrand
LS1-f	D-3252	FX 66-S-196 V1 S-171 mod.	15,0	9,75	23,1	230	328,5	32,8	326 (220 ..... 420)	Rolladen-Schneider Egelsbach
Mistral	D-4998	FX 66-S-196 FX 66-S-161	15,0	9,4	23,9	214	295	32,3	2254 (2160 ..... 2320)	H. Strauber, A. Fries, H. Frommhold, H. Gaber Darmstadt
PIK 20 A	OY-XCR	FX 67-K-170 FX 67-K-150	15,0	10,0	22,5	250	359	34,0	280 (185 ..... 325)	Eiriavion Lahti, Finnland
Std. Cirrus	D-3261	FX S-196 mod. FX 66-17All-182	15,0 (16,0)*	10,04 (10,36)	22,4 (24,7)	217 (219)	316,7 (308)	30,6 (29,8)	342 (250 ..... 400)	Schempp-Hirth Kirchheim/Teck
Std. Jantar	SE-TOI	NN-8	15,0	10,7	21,1	241	329,6	30,9	346 (149 ..... 357)	PZL Bielsko Polen
<b>Offene Klasse-Flugzeuge</b>										
ASW 17 (ASW 17 S)	D-1110 (D-2119)	FX 62-K-131 mod. FX 60-126	20,0 (21,0)	14,85 (15,23)	26,9 (29,0)	400 (412)	476 (488,5)	33,0 (33,0)	454 (330 ..... 460)	A. Schleicher Poppenhausen/Rhön
D-37 Artemis	D-2278 (D-KEDD)	FX 66-S-196 FX 66-S-160	18,0	13,0	24,9	308	387	30,6 (29,6)	- (378 ..... 615)	Akaflieg Darmstadt
fs 29	D-2929	FX 73-170 FX 73-K-170/22	13,8 16,0 19,0	8,95 10,56 12,75	21,3 24,2 28,3	361	435	50,4 42,7 35,4	346 (238 ..... 367)	Akaflieg Stuttgart
Kestrel	D-0475	FX 67-K-170 FX 67-K-150	17,0	11,58	25,0	290	367	32,8	358 (292 ..... 384)	Glasflügel Schlattstall
T 59 D (Kestrel 19)	D-5999	FX 67-K-170 FX 67-K-150	19,0	12,8	28,2	345	428	34,0	393 (294 ..... 402)	Slingsby Kirbymoorside, England
Glasflügel 604 (Kestrel 22)	D-8085	FX 67-K-170 FX 67-K-150	22,0	16,2	29,8	500	581	36,4	415 (378 ..... 455)	Glasflügel Schlattstall
Nimbus II	D-2111	FX 67-K-170 FX 67-K-150	20,3	14,4	28,6	345	433,5	30,2	393 (290 ..... 410)	Schempp-Hirth Kirchheim/Teck
<b>Doppelsitzer-Flugzeuge</b>										
Bergfalke IV	D-1005	SO 2 SO 2/1	17,2	17,45	16,95	300	457,7	27,5	239 (173 ..... 388)	Scheibe Flugzeugbau Dachau
Calif A-21 S	D-2176	FX 67-K-170 FX 60-126	20,4	16,19	25,65	440	635,1	38,3	279 (210 ..... 490)	Caproni Vizzola (Varese) Italien
Janus	D-3111	FX 67-K-170 FX 67-K-150	18,2	16,6	20,0	428	515,5	36,6	215 (30 ..... 300)	Schempp-Hirth Kirchheim/Teck
SB 10	D-6085	FX 62-K-153a FX 62-K-131a FX 60-126	26,0	21,81	31,0	608	781	36,1	235 (128 ..... 290)	Akaflieg Braunschweig
<b>Motorsegler</b>										
AK 1	D-KEUL	FX 61-163	14,85	14,2	15,5	324	391,5	29,2	482 (.....)	Akaflieg Karlsruhe
ASK 16	D-KEIK	NACA 63-618 K 4 14 % Joukowsky 12 %	16,0	19,0	13,5	510	724	36,3	353 (280 ..... 380)	A. Schleicher Poppenhausen/Rhön
KORA 1	D-KORT	FX 66-S-196 Mischprofil FX 66-S-161	18,0	19,44	16,7	516	707	35,8	397 (294 ..... 519)	Kortenbach + Rauh Sölingen
RF 5 B Sperber	D-KOKS	NACA 23015 NACA 23012	17,0	19,0	15,25	500	718	35,8	486 (335 ..... 537)	Sportavia Pützer Dahlem-Schmidheim
SF 28 Tandem	D-KAFJ	Gö 533 Gö 535	16,3	18,35	14,5	401	582,5	31,7	247 (174 ..... 414)	Scheibe Flugzeugbau Dachau

**Tabelle 2: Daten der gemessenen Leistungen (auf 90 kp Zuladung umgerechnet)**

Flugzeugtyp	Kennzeichen des vermessenen Flugzeugs	Flächenbelastung kp/m <sup>2</sup>	W <sub>0</sub> min bei V		E <sub>max</sub> bei V		W <sub>0</sub> bei 100 km/h	W <sub>0</sub> bei 120 km/h	W <sub>0</sub> bei 150 km/h	W <sub>0</sub> bei 180 km/h	
			m/sec	km/h		km/h	m/sec	m/sec	m/sec	m/sec	
<b>Kalibrierflugzeuge</b> Ka 6 CR Cirrus	D-1810	22,2	0,68	67	29	78	1,13	1,69	3,06	-	
	D-0471	29,0	0,59	79	39	90	0,74	1,06	1,87	3,13	
<b>Clubklasse-Flugzeuge</b> Ka 6 E SF 30 Club Spatz Club Libelle B 4-PC 11 B 4-PC 11 LCF 2	D-3657	23,0	0,71	72	30	84	1,02	1,51	2,68	-	
	D-3697	31,7	0,71	82	33	90	0,91	1,29	2,20	-	
	D-3695	32,6	0,67	75	33,5	88	0,86	1,18	1,92	3,05	
	PH-448	23,5	0,71	74	31	85	0,97	1,45	2,37	-	
	HB-1127	23,5	0,69	74	31,5	88	0,92	1,34	2,23	-	
	D-6466	28,2	0,81	77	28	89	1,04	1,46	2,40	-	
	D-2220	32,2	0,63	79	37	90	0,78	1,10	1,83	2,88	
<b>Salto 15 mod.</b> Astrir CS	D-7290	28,2	0,69	83	35	92	0,81	1,10	1,78	2,79	
<b>Standard-Klasse-Flugzeuge</b> ASW 19 D 38 DG 100 DG 100 Elite S 4 Elite S 4 Hornet LS1-f Mistral PIK 20 A Std. Cirrus Std. Cirrus Std. Jantar	D-4525	31,8	0,63	82	38,5	91	0,75	1,01	1,63	2,63	
	D-0938	27,3	0,62	78	37	90	0,78	1,10	1,82	2,97	
	D-1076	29,5	0,60	76	37	89	0,77	1,08	1,81	2,93	
	D-7099	29,4	0,60	75	37	89	0,78	1,11	1,88	-	
	D-6301	28,4	0,69	78	34,5	95	0,82	1,08	1,75	2,70	
	D-6668	28,4	0,71	82	34,5	95	0,80	1,09	1,82	-	
	D-7816	34,0	0,67	82	38	96	0,76	1,01	1,54	2,55	
	D-3252	32,8	0,62	73	37	93	0,76	1,04	1,72	2,74	
	D-4998	32,3	0,67	79	35,5	93	0,81	1,13	1,91	3,10	
	OY-XCR	34,0	0,64	84	38	92	0,74	1,00	1,61	2,55	
	D-3261	30,6	0,63	78	37	93	0,76	1,07	1,81	2,79	
	D-3261	29,8	0,60	78	38	88	0,76	1,07	1,81	2,79	
	SE-TOI	30,9	0,62	78	38,5	93	0,74	1,01	1,68	2,57	
	<b>Flugzeuge der Offenen Klasse</b> ASW 17 D 37 Artemis D-37 Artemis fs 29 Kestrel Kestrel T 59 D Glasflügel 604 (Kestrel 22) Nimbus II	D-1110	33,0	0,55	85	49	104	0,58	0,73	1,19	1,88
		D-2119	33,0	0,51	78	50	98	0,57	0,73	1,20	1,93
		D-2278	30,6	0,57	80	41	89	0,72	1,07	1,78	-
		D-KEDD	29,6	0,60	78	38	89	0,78	1,15	1,95	3,18
var.		var.	0,56	81	44	98	0,63	0,84	1,26	1,80	
D-0475		32,8	0,59	84	42	97	0,65	0,87	1,35	2,12	
D-5999		34,0	0,57	84	44	96	0,63	0,85	1,39	2,15	
D-8085		36,4	0,53	86	48	101	0,57	0,74	1,17	1,85	
D-2111		30,2	0,49	75	47,5	95	0,60	0,83	1,33	2,17	
<b>Doppelsitzer</b> Bergfäke IV Calif A-21 S Janus SB 10		D-1005	27,5	0,86	74	26	92	1,11	1,54	2,50	-
	D-2176	38,3	0,69	80	38	115	0,74	0,88	1,28	1,99	
	D-3111	36,6	0,73	92	38,5	109	0,75	0,89	1,33	1,97	
	D-6085	36,1	0,53	85	48,5	101	0,57	0,73	1,19	1,83	
<b>Motorsegler</b> AK 1 ASK 16 KORA 1 RF 5 B Sperber SF 28 Tandem	D-KEUL	29,2	0,82	84	30,5	98	0,91	1,24	2,10	3,28	
	D-KEIK	36,3	1,07	82	23,5	102	1,18	1,50	2,43	3,97	
	D-KORT	35,8	0,87	81	27,5	92	1,04	1,45	2,44	3,67	
	D-KOKS	35,8	1,05	86	24	97	1,18	1,58	2,50	4,10	
	D-KAFJ	31,7	0,96	75	23,5	90	1,22	1,75	3,03	-	

**Tabelle 3: Flugeigenschaften**

Flugzeug	Führerraum	Überziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
Ka 6 E D-0760	Ein-Aus befriedigend Sitz aufrecht befriedigend Sicht gut Lüftung mäßig Steu angenehm, Pedalverstell. Hebel z. T. gut, Tri mäßig Instr. gut, weit vorn	V <sub>A warn</sub> = 60 km/h Schtt, Wch V <sub>A min</sub> = 55 km/h Sfl, Tau	Start: zieml. gut, Ausbrechneigg.re Steuabsti mittel QGi klein Dyn. leicht labil Spineigg. gering Landung: gut, BK mittel Federung hart, Bremse befriedigend	mit großem β, Wirkung gut	4,5 sec
SF 30 Club Spatz D-2925 (D-3697)	Ein-Aus befried., Bordwand hoch Sitz gut, keine Nackenstütze Sicht gut Lüftung mäßig Steu gut, SSt große Wege Hebel gut, einige zu weit vorn Instr. übersichtlich	V <sub>A warn</sub> = 70 km/h Schtt, Wch V <sub>A min</sub> = 67 km/h Sfl, Tau	Start: gut, Bugkuppl., Tri reicht nicht Steuabsti gut QGi klein Dyn. leicht stabil Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung hart, Bremse befried.	mit großem β, Wirkung sehr gut	3,2 sec
Club Libelle D-2461 (D-3695)	Ein-Aus befried., einfädeln Sitz gut, Lehne verstellbar Sicht gut, Rahmen vorn zu hoch Lüftung ausreichend Steuerung sehr gut Hebel sehr gut, Tri nachahmenswert Instr. übersichtlich	V <sub>A warn</sub> = 69 km/h Schtt, Wch, Tau V <sub>A min</sub> = 67 km/h Sfl, schneller werdend	Start: QR-Wirkung mäßig, Tri reicht nicht Steuabsti gut QGi mittel Dyn. stabil Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung gut, Bremse gut	mit großem β, Wirkung mittel.	3,9 sec
B4-PC 11 PH-448 HB-1127	Ein-Aus gut Sitz gut, verstellbar Sicht gut Lüftung gut, leise, regelbar Steu gut Hebel gut Instr. übersichtlich	V <sub>A warn</sub> = 68 km/h Schtt, Wch V <sub>A min</sub> = 65 km/h Nick od. li Fi	Start: gut, Bodenkupplung Steuabsti gut QGi mäßig Dyn. stark gedämpft Spineigg. sehr klein Landung: gut, BK gut, Federung befried., Bremse gut	mit mittl. β, Wirkung mäßig	3,8 sec
LCF 2 D-6466	Ein-Aus gut Sitz gut, etwas schmal Sicht sehr gut Lüftung gut Steu gut Hebel z. T. unhandlich Instr. gut	V <sub>A warn</sub> = 68 km/h Schtt V <sub>A min</sub> = 67 km/h Vorzugsweise li Fi	Start: sehr gut Steuabsti gut QGi sehr klein Dyn. schwach stabil Spineigg. sehr gering Landung: gut, BK gut, Federung mäßig, Bremse mittel	mit mittl. β, Wirkung sehr gut	3,1 sec

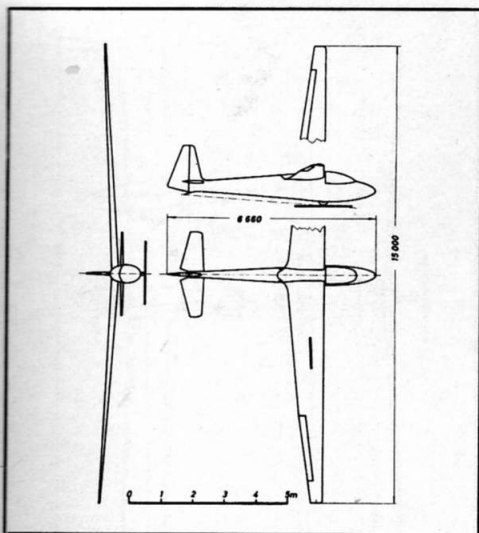
Flugzeug	Führerraum	Überziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
Salto 15 mod D-2220	Ein-Aus ausreichend, einfädeln Sitz befried., etwas schmal Sicht gut Lüftung gut Steu gut, kleine Wege Hebel gut, Tri sehr gut Instr. übersichtlich	$V_{A\text{ warn}} = 72 \text{ km/h}$ Schtt $V_{A\text{ min}} = 69 \text{ km/h}$ Sfl, Tau	Start: QR-Wirk. gering, HSt-Wege klein Steuabsti befried. (SR!) QGi mäßig Dyn. schwach stabil Spineigg. klein Landung: mit Vorsicht, BK mäßig, Federung gering, Bremse befried.	mit großem $\beta$ , Wirkung gering	4,6 sec
Astir CS D-6511 (D-8942)	Ein-Aus gut Sitz gut, geräumig, Nackenstütze fehlt Sicht gut, nach vorn befried. Lüftung befried. Steu gut, Pedale steil, QSt schwer Hebel befried., FWHebel weit hinten Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 60 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 55 \text{ km/h}$ Sfl, Tau	Start: gut, Bugkuppl., QSt sehr gut Steuabsti gut, SSt verbeß., Reibung QGi mäßig Dyn. labil, HSt fest: indiff. Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung befried., Bremse ausreichend.	mit großem $\beta$ , Wirkung gering	3,8 sec
ASW 19 D-4525	Ein-Aus gut, Beinraum eng Sitz gut, einstellb. Lehne Sicht gut, nach vorn ausreichend. Lüftung befried. Steu gut, kaum Reibung Instr. übersichtl.	$V_{A\text{ warn}} = 71 \text{ km/h}$ Schtt, Tau $V_{A\text{ min}} = 69 \text{ km/h}$ Sfl	Start: FW niedrig, Flügel-Boden Steuabsti gut QGi mäßig Dyn. indiff. Spineigg. klein Landung: gut, BK gut, Federung hart, Bremse gering	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	3,5 sec
D 38 D-0938	Ein-Aus mühsam Sitz bequem, Nackenstütze fehlt Sicht sehr gut, vord. Rahmen! Lüftung gut, etwas laut Steu gut, Knüppel gekröpft Hebel i.a. gut, BK, FW verwechs. Instr. übersichtl.	$V_{A\text{ warn}} = 63 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 60 \text{ km/h}$ Sfl, Kpf	Start: sehr gut, Bodenkupp., gute QR- Wirkung, HSt empfindlich Steuabsti gut QGi mäßig Dyn. schwach labil Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung schlecht, Bremse befried.	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mittel, fliegerisch schwierig	3,5 sec
DG 100 D-7099 (D-7100)	Ein-Aus ziemi. gut, einfädeln Sitz gut, Lehne verstellbar Sicht gut, Rahmen! Lüftung gut Steu gut Hebel ziemi. gut Instr. übersichtl., weit vorn	$V_{A\text{ warn}} = 68 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 66 \text{ km/h}$ Sfl, Aki	Start: gut, gute QR-Wirk., HST empfindl. Steuabsti gut QGi klein Dyn. labil Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung ausreichend, Bremse befried.	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	3,2 sec
Elfe S 4 D-6668	Ein-Aus gut Sitz bequem, aber schmal Sicht gut, nach vorn mäßig Lüftung gut, leise Steuerung gut, aber Reibung Hebel z. T. gut (Tri), z. T. mäßig Instr. übersichtl., weit vorn	$V_{A\text{ warn}} = 69 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 64 \text{ km/h}$ Sfl (100% HSt) angenehm	Start: gut, Tri mäßig Steuabsti ziemi. gut, QSt-Kraft groß QGi mittel Dyn. labil Spineigg. mittel Landung: ziemi. gut, BK ausreichend, Federung befried., Bremse befried.	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mittel	3,7 sec
Hornet D-7835	Ein-Aus ziemi. gut, Bordwand hoch Sitz gut, Verstell-Lehne Sicht gut, aber Rahmen Lüftung mäßig Steu reibungsfrei, große QSt und SSt-Wege Hebel gut, Tri sehr gut, BK-Kräfte Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 68 \text{ km/h}$ Schtt $V_{A\text{ min}} = 67 \text{ km/h}$ Sfl (Tau)	Start: gut, Bugkupplung Steuabsti gut, SR-Wirkung QGi klein Dyn. indiff. Spineigg. mittel Landung: gut, BK gut (Kräfte!), Federung hart, Bremse gering	mit großem $\beta$ , Wirkung mäßig	4,1 sec
LS 1-f D-3252	Ein-Aus ziemi. gut Sitz gut, etwas schmal Sicht gut, nach vorn mäßig Lüftung befried. Steu gut, Pedale weich Hebel gut, z. T. befried. Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 67 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 65 \text{ km/h}$ Sfl, Tau	Start: gut Steuabsti gut QGi klein Dyn. labil Spineigg. gering Landung: gut, BK sehr gut Federung gut, Bremse ausreichend.	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	3,2 sec
Mistral D-4998	Ein-Aus ziemi. gut, Rahmen stört Sitz befried. Sicht gut, Rahmen! Lüftung mangelhaft Steu gut, Reibung QSt Hebel gut Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 71 \text{ km/h}$ Schtt, Tau $V_{A\text{ min}} = 66 \text{ km/h}$ Sfl	Start: ziemi. gut, Flügel-Boden Steuabsti gut QGi klein Dyn. labil Spineigg. nach re groß Landung: gut, BK ausreichend, Federung: hart, Bremse schlecht	mit großem $\beta$ , Wirkung gering	3,8 sec
PIK 20 A OY-XCR	Ein-Aus gut Sitz gut, Verstell-Lehne Sicht gut Lüftung befried. Steu gut Hebel gut Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 75 \text{ km/h}$ Wch, Tau $V_{A\text{ min}} = 71 \text{ km/h}$ Sfl	Start: gut, QR-Wirkung gut Steuabsti gut QGi klein Dyn. indiff. Spineigg. gering Landung: ziemi. gut, BK befried. Federung mäßig, Bremse mittel	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mittel	3,6 sec
Std. Cirrus D-3261 D-2055 D-2999 D-0883	Ein-Aus gut, Bordwand niedrig Sitz gut, Nackenstütze fehlt Sicht gut, im F-Schlepp befried. Lüftung befried. Steu gut Hebel i. a. gut, Ausklink! Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 62 \text{ km/h}$ Schtt, Wch, Tau $V_{A\text{ min}} = 59 \text{ km/h}$ Sfl, Tau, liFl	Start: gut, Bodenkuppl., HSt empfindl. Steuabsti gut QGi klein Dyn. labil (auch mit Knüppel fest) Spineigg. gering Landung: gut, BK befried., Federung schlecht, Bremse mittel	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	3,5 sec (mit 16 m 4,4 sec)
Std. Jantar SE-TOI	Ein-Aus gut, Beinraum eng Sitz sehr bequem, Verstell-Lehne Sicht gut, rundum, aber Rahmen Lüftung schlecht Steu gut, aber QSt-Reibung Hebel gut, aber FW schlecht Instr. gut, weit vorn	$V_{A\text{ warn}} = 68 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 65 \text{ km/h}$ Sfl	Start: gut Steuabsti gut, QSt-Kräfte ab 150 km/h QGi mittel Dyn. schwach stabil Spineigg. gering Landung: gut, BK ausreichend, Federung mäßig, Bremse schlecht	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	4,2 sec

Flugzeug	Führerraum	Überziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
ASW 17 S D-2119 (21 m)	Ein-Aus schlecht, einfädeln Sitz gut, Beinraum eng Sicht nach vorn u. unten mäßig Lüftung befried. Steu gut Hebel gut, FW langer Weg Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 65 \text{ km/h}$ Schtt $V_{A\text{ min}} = 64 \text{ km/h}$ Sfl, Kpf	Start: gut, Bodenkupp., Sporn hebt spät ab Steuabsti gut, im Kreis 75% Gegen-QSt QGi ziemlich groß Dyn. – Spineigg. – Landung: ziemlich gut, BK mittel, Federung mäßig, Bremse schlecht	mit sehr großem $\beta$ , SR saugt fest, 70 % drücken, Wirkung gut	5,6 sec
D 37 Artemis D-KEDD (ohne Motor), dann D-2278	Ein-Aus gut, einfädeln Sitz bequem Sicht sehr gut Lüftung befried. Steu gut, Knüppel gekröpft Hebel befried. Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 64 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 62 \text{ km/h}$ Sfl, Kpf, liFI	Start: gut, Bodenkuppl., QR-Wirkung Steuabsti gut QGi mittel Dyn. schwach stabil Spineigg. – Landung: gut, BK mittel, Federung schlecht, Bremse ausreich.	mit großem $\beta$ , Wirkung mäßig	4,3 sec
fs 29 D-2929 mit 19 m	Ein-Aus gut Sitz gut Sicht befried. Lüftung mangelhaft Steu gut, QSt-Wege zu groß Hebel befried. Instr. gut, weit vorn	$V_{A\text{ warn}} = 72 \text{ km/h}$ Schtt, Tau unangenehm $V_{A\text{ min}} = 68 \text{ km/h}$ liFI!	Start: mit 16 m gut Steuabsti ziemi. gut, HSt Reibung, Wirkung SR u. QR mäßig QGi klein – Spineigg. – Landung: gut, BK gut, Federung schlecht, Bremse mittel	mit großem $\beta$ , Wirkung mittel	5,6 sec mit 19 m!
Kestrel D-0475 D-0832	Ein-Aus etwas unbequem Sitz gut Sicht gut Lüftung befriedig. Steu gut, nachahmenswert Hebel gut, Tri. Wk sehr gut Instr. sehr gut	$V_{A\text{ warn}} = 66 \text{ km/h}$ WK + 2 Schtt $V_{A\text{ min}} = 63 \text{ km/h}$ Sfl, Kpf	Start: gut, Bugkuppl. Steuabsti angenehm QGi klein Dyn. schwach stabil Spineigg. – Landung: gut, BK mittel, Federung befried., Bremse mittel	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	3,7 sec
T 59 D (Kestrel 19) D-5999	Ein-Aus gut, Rahmen! Sitz sehr gut, Verstell-Lehne Sicht befried., nach vorn schlecht Lüftung ausreichend Steu gut aber Pedale! Hebel ziemlich gut Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 68 \text{ km/h}$ WK + 2 Schtt $V_{A\text{ min}} = 60 \text{ km/h}$ Sfl, Tau (liFI)	Start: gut, Tri reicht nicht Steuabsti ziemlich gut, SR mäßig QGi mittel Dyn. indiff. Spineigg. – Landung: gut, BK u. WK gut, Federung befried., Bremse schlecht	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	5,5 sec
604 (Kestrel 22) D-8085	Ein-Aus gut Sitz sehr gut, komfortabel Sicht gut, vorn Rahmen Lüftung befried. Steu gut, SSt große Wege Hebel sehr gut Instr. gut, aber unübersichtlich	$V_{A\text{ warn}} = 72 \text{ km/h}$ WK + 2 Schtt, Tau angenehm $V_{A\text{ min}} = 67 \text{ km/h}$ Sfl lireFI	Start: gut, Fahrtanzeige falsch (Pitot) Steuabsti gut, in Thermik SR-Wirkung nicht ausreichend QGi sehr klein Dyn. stabil Spineigg. – Landung: gut mit WK, BK ausreich., Federung befried., Bremse schlecht	mit großem $\beta$ , Wirkung gut	5,3 sec
Nimbus II D-0699 D-2111	Ein-Aus gut, niedr. Bordwand Sitz gut, keine Nackenstütze Sicht gut Lüftung gut, laut Steu gut, SSt schwergängig Hebel befried. Instr. übersichtl, weit vorn	$V_{A\text{ warn}} = 72 \text{ km/h}$ WK + 6 Wch, Schtt $V_{A\text{ min}} = 68 \text{ km/h}$ Sfl, Tau auch re FI	Start: gut, Bodenkuppl., QR-Wirkung mäßig Steuabsti gut QGi mittel Dyn. labil Spineigg. mittel Landung gut, BK mittel, Federung mäßig, Bremse gut	mit sehr großem $\beta$ , Wirkung gut	4,9 sec
Calif A 21S D-2176	Ein-Aus sehr gut Sitze sehr gut, geräumig nebeneinander Sicht sehr gut Lüftung befried. Steuer gut, große QSt-Kräfte Hebel gut, BK mäßig Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 76 \text{ km/h}$ Wch, Schtt $V_{A\text{ min}} = 72 \text{ km/h}$ lire FI	Start: ziemi. gut, Achtung Seitenwind Steuabsti z. T. mäßig, große QSt-Kräfte, geringe SR-Wirkung QGi klein Dyn. indifferent Spineigg. – Landung: (wie Start), BK sehr gut, Federung gut, Bremse befried.	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mäßig	5,5 sec
Janus D-7257 D-3111	Ein-Aus gut, hohe Bordwand Sitz gut Sicht gut, hinten mäßig Lüftung gut, laut Steu gut, QSt schwergängig SSt hinten zu steil Hebel gut Instr. übersichtlich	$V_{A\text{ warn}} = 75 \text{ km/h}$ WK + 6 Schtt, Tau $V_{A\text{ min}} = 72 \text{ km/h}$ Sfl, Tau, reFI (mit Landeklpapp. Sfl steuerbar)	Start: gut, große QSt-Kräfte Steuabsti gut, aber große QSt-Kräfte QGi mittel Dyn. stabil Spineigg. – Landung: gut, WK gut, BK befried. Federung befried., Bremse ziemi. gut	mit sehr großem $\beta$ , Wirkung sehr gut	4,0 sec
SB 10 D-6085 mit 26 m	Ein-Aus sehr unbequem, sehr hohe Bordwand Sitz gut Sicht gut Lüftung ausreichend Steu gut, QSt-Kräfte groß Hebel gut, z. T. mäßig Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 75 \text{ km/h}$ WK + 5 Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 70 \text{ km/h}$ Sfl, lireFI	Start: ziemlich gut, QSt! Steuabsti gut, SR-Wirkung mäßig QGi mittel Dyn. stabil Spineigg. – Landung: gut, WK-BK gut, Federung sehr gut, Bremse gut	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mäßig	4,2 sec

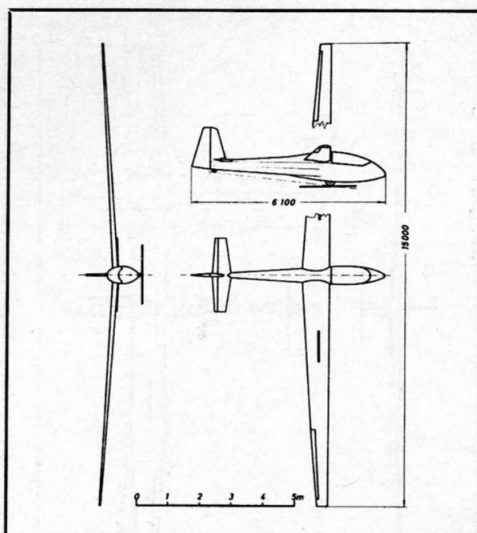
Flugzeug	Führerraum	Überziehverhalten	Steuerbarkeit im Normalflug	Slip	Kurvenwechselzeit
AK 1 D-KEUL	Ein-Aus mühsam, eng Sitz gut Sicht gut Lüftung mäßig Steu gut Hebel befried. Instr. unübersichtlich Aus- u. Einfahren Triebwerk kompliziert	$V_{A\text{ warn}} = 62 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 61 \text{ km/h}$ reFI	Start: gut Steuabsti gut QG klein Dyn. Spineigg. klein Landung: gut, BK gut, Federung schlecht, Bremse ausreich.	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mittel	3,0 sec
ASK 16 D-KEIK	Ein-Aus sportlich Sitze gut Sicht sehr gut, beim Rollen gut Lüftung gut Steu gut Hebel ziemi. gut, FW-Kräfte Instr. ziemlich gut Prop.-Verstellung verlangt Übung	$V_{A\text{ warn}} = 76 \text{ km/h}$ Schtt $V_{A\text{ min}} = 75 \text{ km/h}$ lireFI	Start: gut, SR sehr empfindlich Steuabsti gut, QSt-Kräfte groß QG Dyn. stabil Spineigg. - Landung: gut, BK gut, Federung gut, Bremsen befried.	mit kleinem $\beta$ , Wirkung mäßig	4,0 sec
KORA V1 D-KORT	Ein-Aus mittel, hohe Bordwand Sitze ziemi. komfortabel Sicht gut, Flügelenen nicht sichtbar, Lüftung gut Steu gut, QSt-Kräfte groß Hebel gut, aber noch zu verbessern, Instr. gut	$V_{A\text{ warn}} = 77 \text{ km/h}$ Schtt $V_{A\text{ min}} = 70 \text{ km/h}$ Sfl, Tau	Start: gut Steuabsti ziemi. gut, QSt! QG klein Dyn. stabil Spineigg. - Landung: gut, BK gut (Kräfte!) Federung: sehr gut, Bremsen befried.	mit kleinem $\beta$ , unwirksam	5,5 sec
RF 5 B Sperber D-KOKS	Ein-Aus gut Sitz gut Sicht gut, nach vorn mäßig Lüftung mäßig Steu gut Hebel gut, FW weit vorn Instr. gut Prop.-Verstellung verlangt Übung	$V_{A\text{ warn}} = -$ $V_{A\text{ min}} = 75 \text{ km/h}$ Sfl Nick, reFI	Start: ziemlich gut, Seitenwind! Steuabsti ziemlich gut QG klein Dyn. stabil Spineigg. - Landung: gut, BK gut, Federung: sehr gut, Bremsen sehr gut	mit kleinem $\beta$ , unwirksam	6,0 sec
SF 28 Tandem D-KAFJ	Ein-Aus befriedigend Sitz befriedigend Sicht gut, nach vorn mäßig Lüftung befried. Steu befried., SSt Reibung Hebel befried. Instr. gut Prop.-Verstellung verlangt Übung	$V_{A\text{ warn}} = 63 \text{ km/h}$ Schtt, Wch $V_{A\text{ min}} = 53 \text{ km/h}$ Sfl, Tau	Start: gut Steuabsti befriedigend QG mittel Dyn. stabil Spineigg. gering Landung: gut, BK gut, Federung befried., Bremsen mäßig	mit mittl. $\beta$ , Wirkung mittel	4,3 sec

#### Zeichen und Abkürzungen

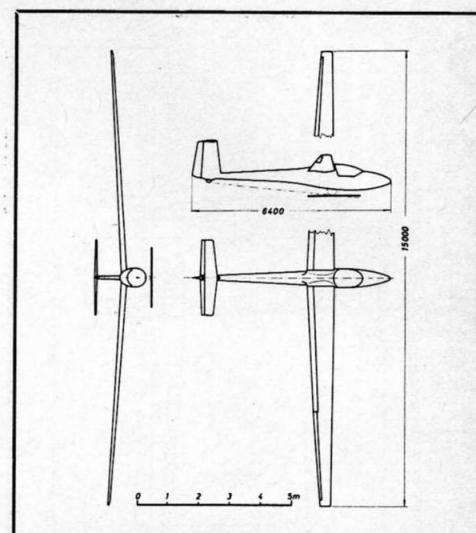
Aki	—	Abkippen	Kuppl	—	Ausklink-Kupp- lung	V	km/h	Geschwindigkeit
b	m	Spannweite	liFI	—	Abkippen über den linken Flü- gel	$V_{A\text{ min}}$	km/h	angezeigte Min- destgeschwin- digkeit
BK	—	Bremsklappe	Nick	—	Nickschwingung	$V_{A\text{ warn}}$	km/h	angezeigte Ge- schwindigkeit, bei der eine Überziehwar- nung einsetzt
CA	—	Auftriebsbeiwert	QR, QSt	—	Querruder, Quersteuer	Wch	—	„Weichwerden“ der QR
c <sub>w</sub>	—	Widerstands- beiwert	QGi	—	Querrudergier- moment	WK	—	Wölbklappen
Dyn	—	Dynamische Längsstabilität	reFI	—	Abkippen über den rechten Flügel	w <sub>s</sub>	m/sec	Sinkgeschwin- digkeit
E	—	Gleitzahl	S	m <sup>2</sup>	Bezugsflügel- fläche	x <sub>s</sub>	mm	Schwerpunkt- abstand vom Bezugspunkt
Ein-Aus	—	Ein- und Aus- stieg	Scht	—	Schütteln (i. a. des HSt oder des Leitwerks)	$\beta$	°	Schiebewinkel
FW	—	Fahrwerk	Sfl	—	Sackflug	$\varrho_0$	$\frac{\text{kp sec}^2}{\text{m}^4}$	Luftdichte der Normatmosphä- re in Meeres- höhe
G/S*	kp/m <sup>2</sup>	Flächenbela- stung bei Meß- flug	Spi. neigg	—	Spiralsturz- neigung	$\varphi$	°	Querneigungs- winkel (Hänge- winkel)
G/S	kp/m <sup>2</sup>	Flächenbela- stung für Polare (90 kp Zuladung)	SR, SSt	—	Seitenruder, Seitensteuer	$\eta_K$	°	Wölbklappen- ausschlagwinkel
h.B.P.	—	hinter Bezugspunkt	Steu	—	Steuerung			
HSt	—	Höhensteuer	Steuabsti	—	Steuerabstim- mung			
indiff.	—	indifferent	Tau	—	Taumeln			
Instr.	—	Instrumente, Instrumenten- brett	Tri	—	Trimmung (des HSt)			
Kpf	—	auf-den-Kopf- Gehen						



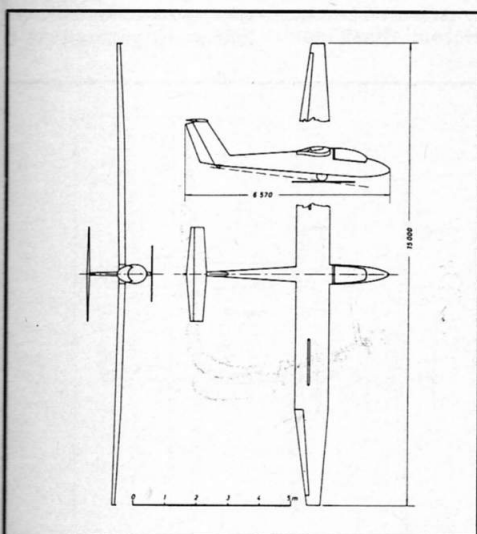
**Ka 6 E, A. Schleicher**



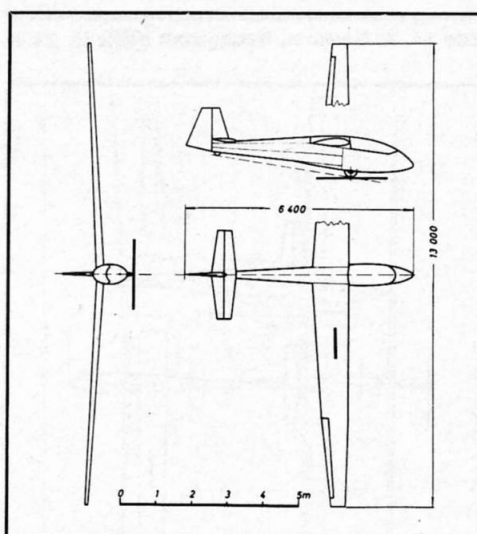
**SF 30, Scheibe Flugzeugbau**



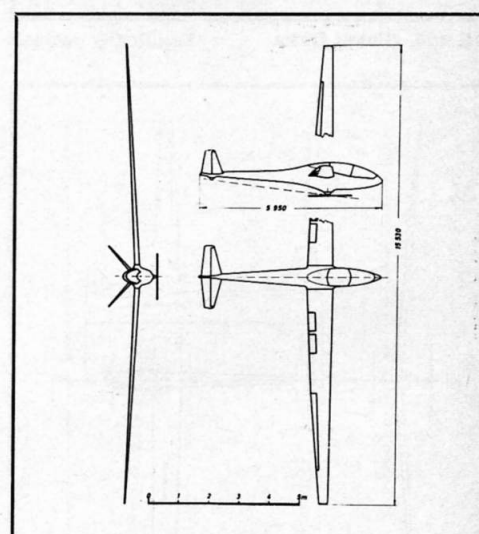
**Club Libelle, Glasflügel**



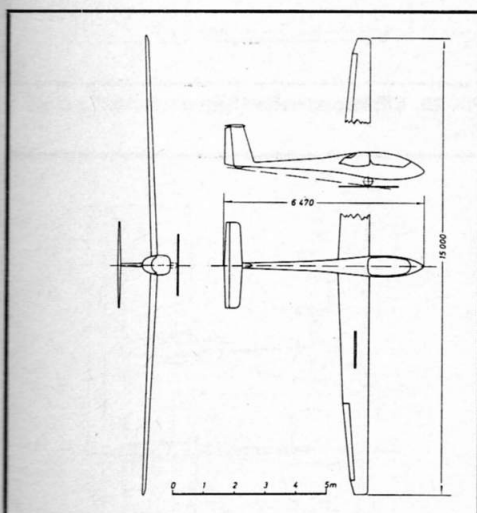
**B 4, Pilatus**



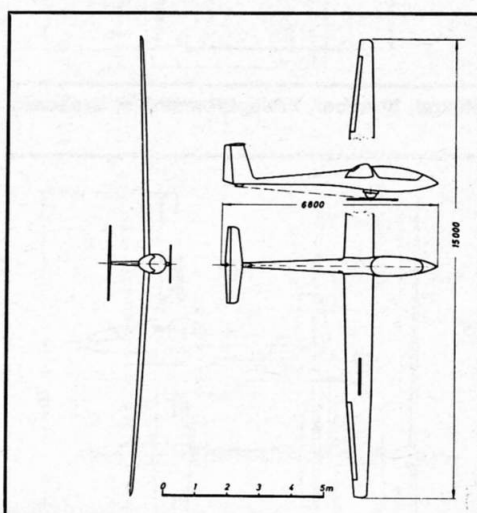
**LCF 2, Luftsport Club Friedrichshafen**



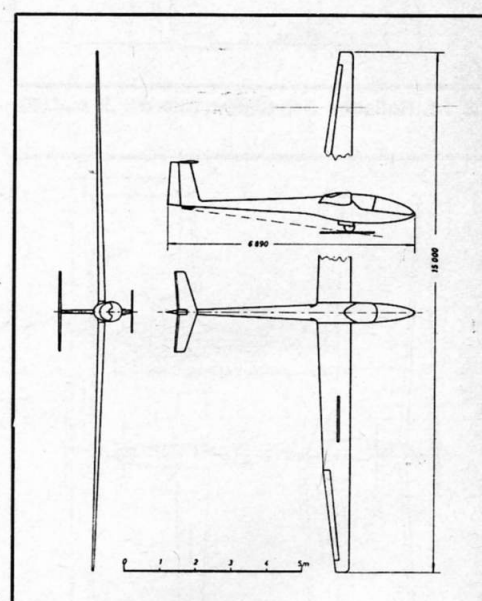
**Salto 15 mod, start und flug**



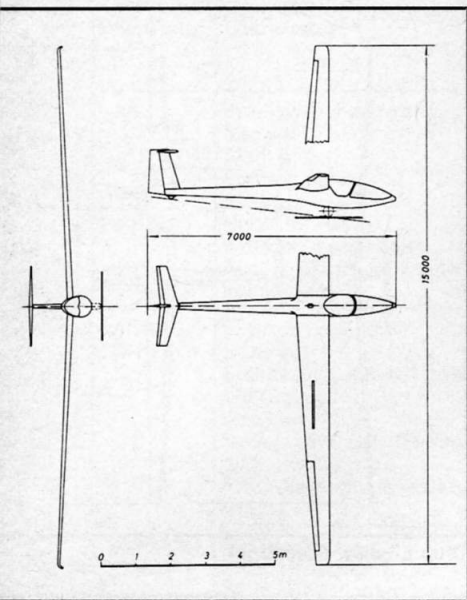
**Astir CS, Grob Flugzeugbau**



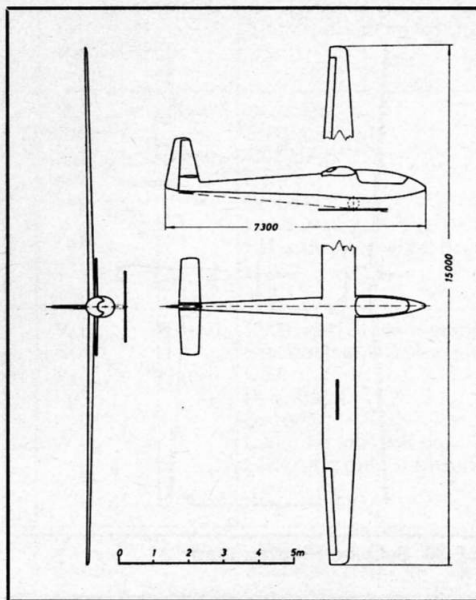
**ASW 19, A. Schleicher**



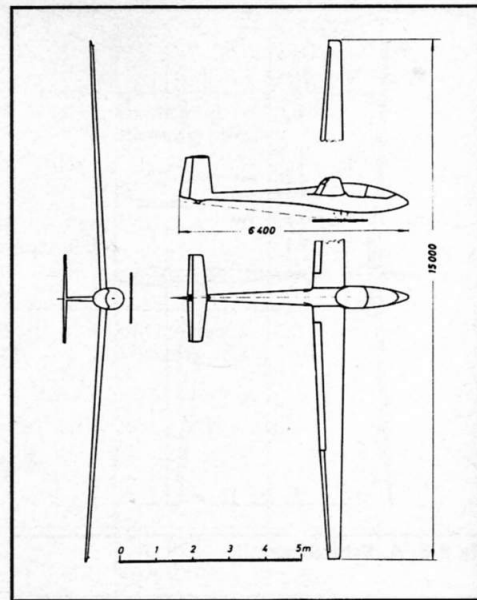
**D 38, Akaflieg Darmstadt**



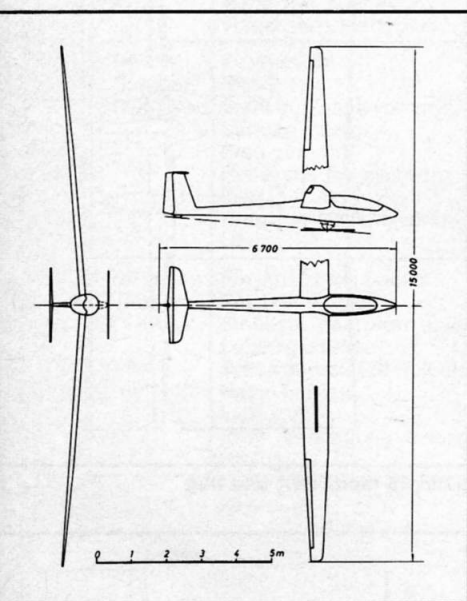
DG 100, Glaser Dirks



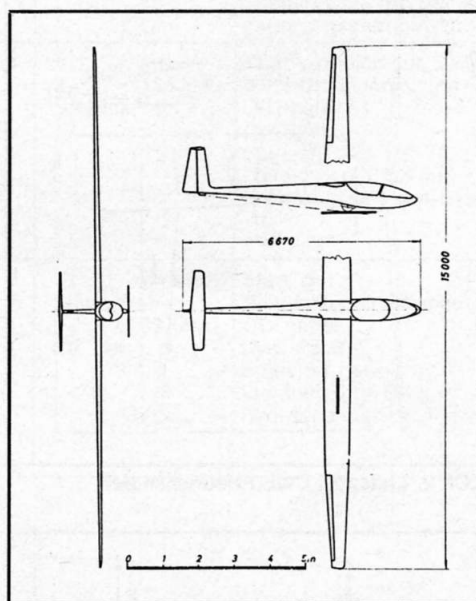
Elfe S4, A. Neukom, Neuhausen (CH)



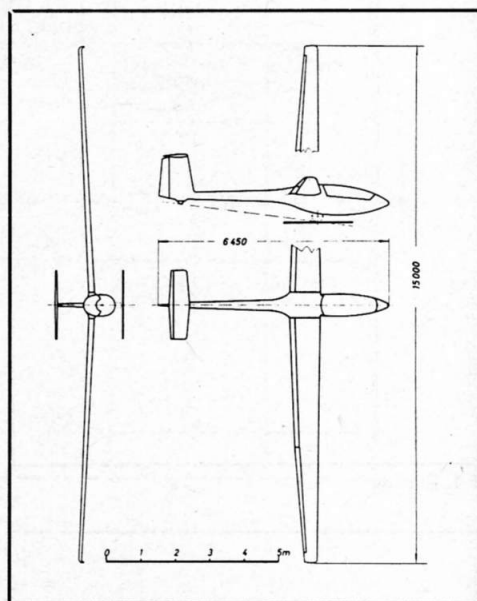
Hornet, Glasflügel



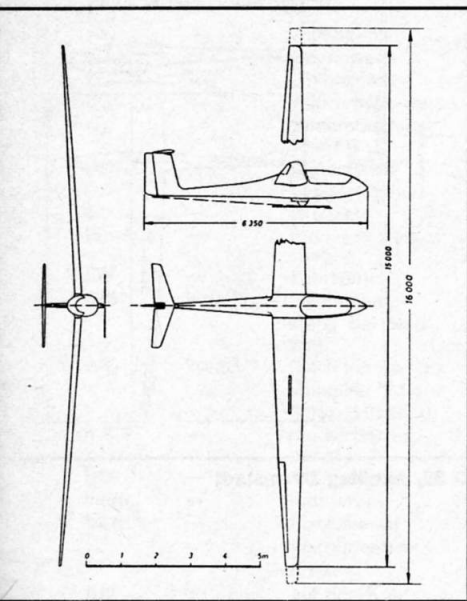
LS 1-f, Rolladen Schneider



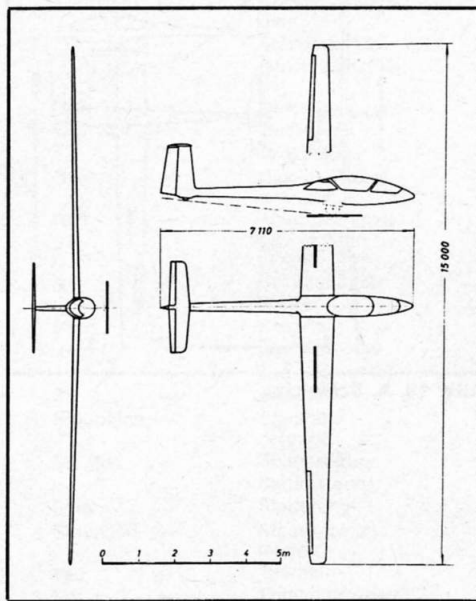
Mistral, Strauber, Fries, Frommhold, Graber



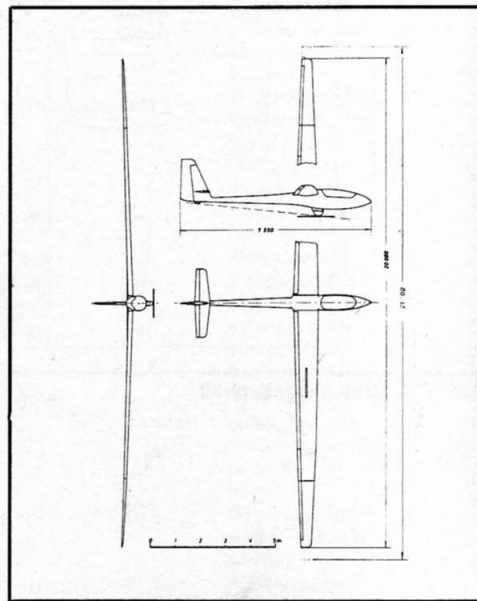
PIK 20, Eiriavlon, Lahti (SF)



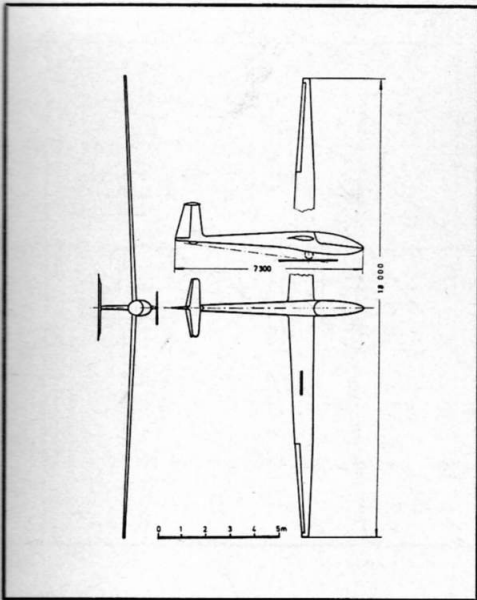
Std. Cirrus, Schempp-Hirth



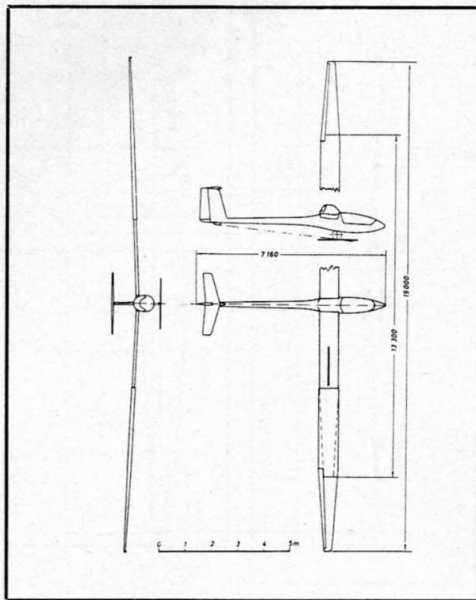
Std. Jantar, PZL, Bielsko (PL)



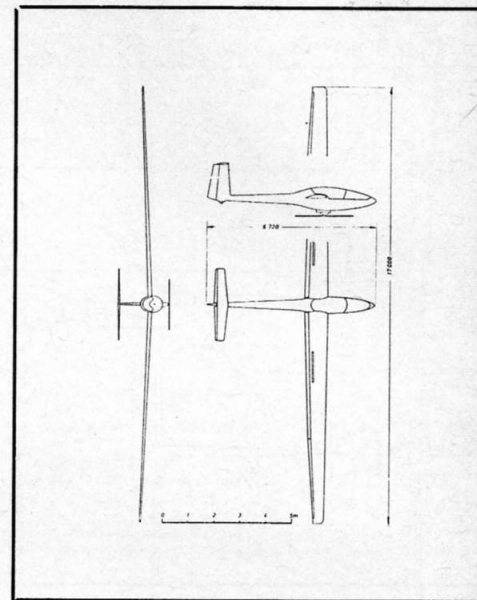
ASW 17, A. Schleicher



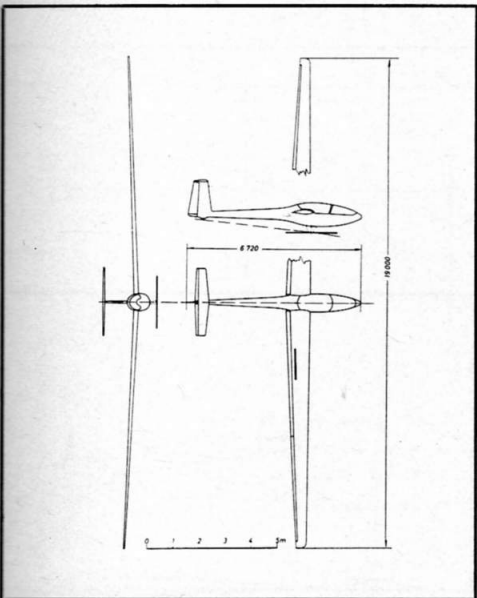
**D 37, Akaflieg Darmstadt**



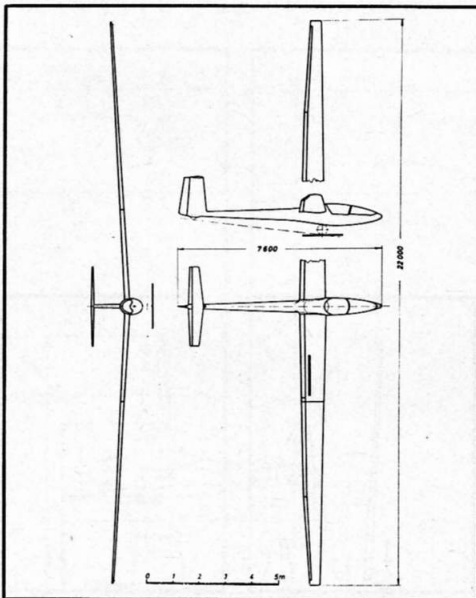
**fs 29, Akaflieg Stuttgart**



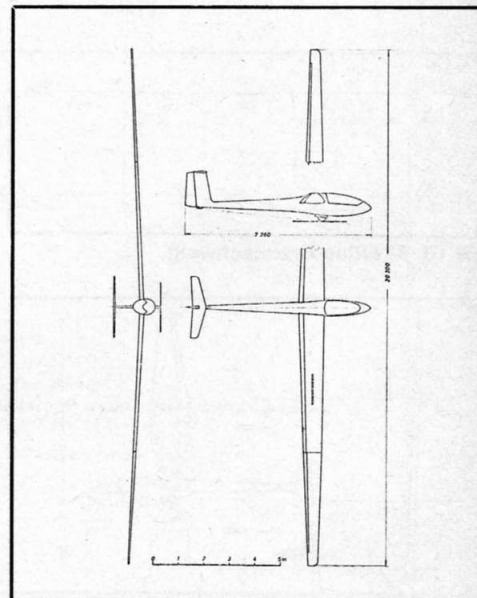
**Kestrel, Glasflügel**



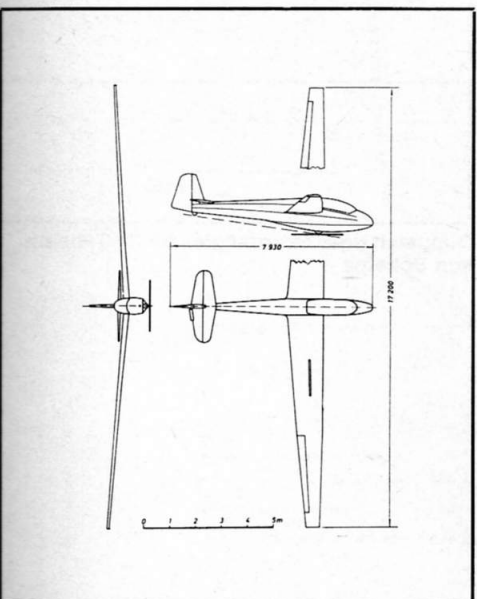
**T 59 D (Kestrel 19 m), Slingsby (GB)**



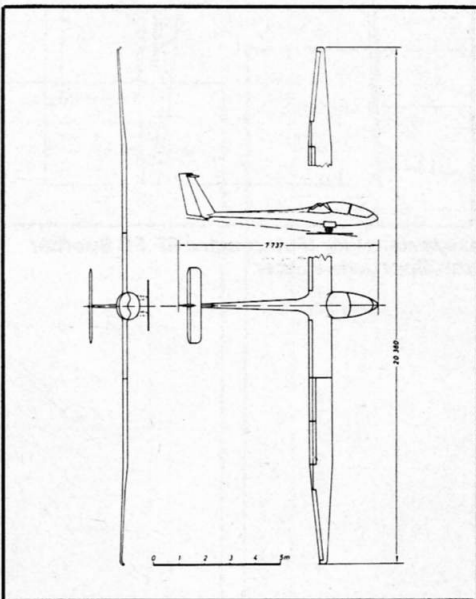
**Glasflügel 604, Glasflügel**



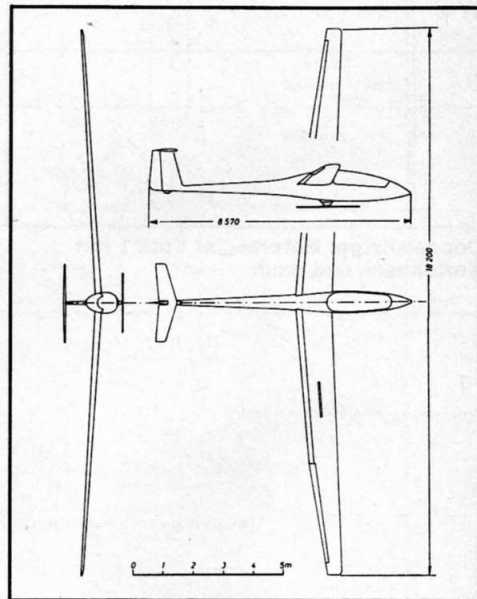
**Nimbus II, Schempp-Hirth**



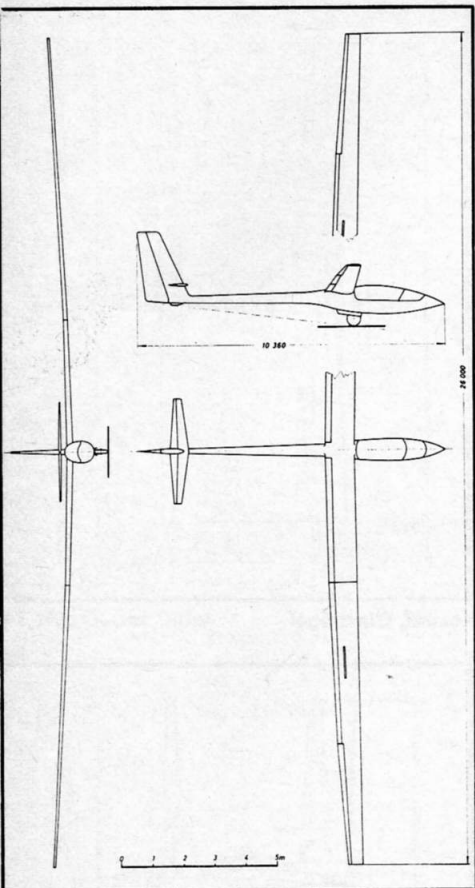
**Bergfalke IV, Scheibe**



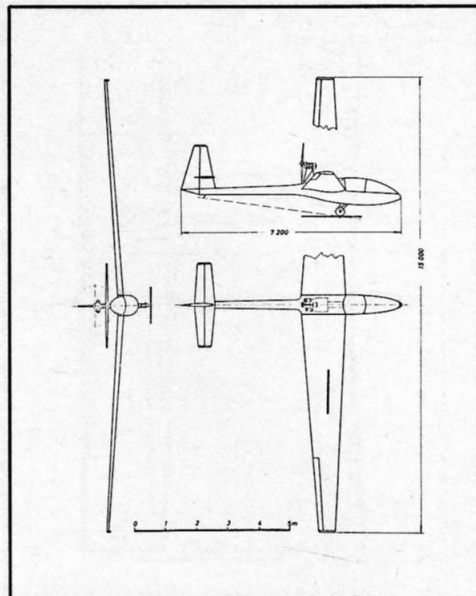
**Calif A-21S, Caproni Vizzola (I)**



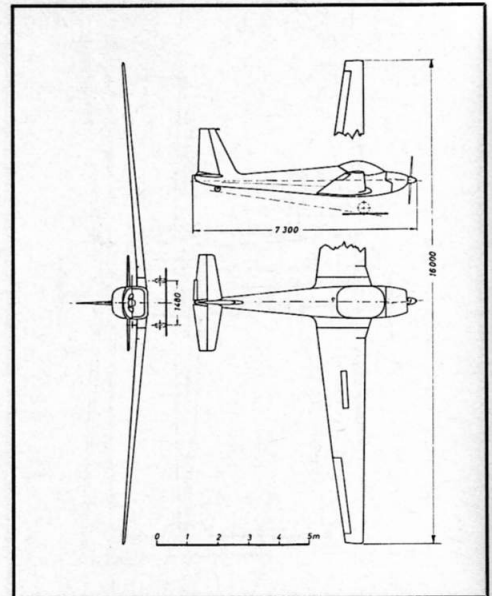
**Janus, Schempp-Hirth**



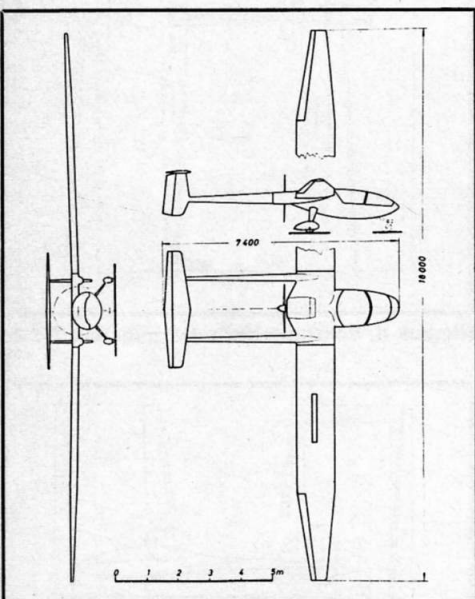
**SB 10, Akaflieg Braunschweig**



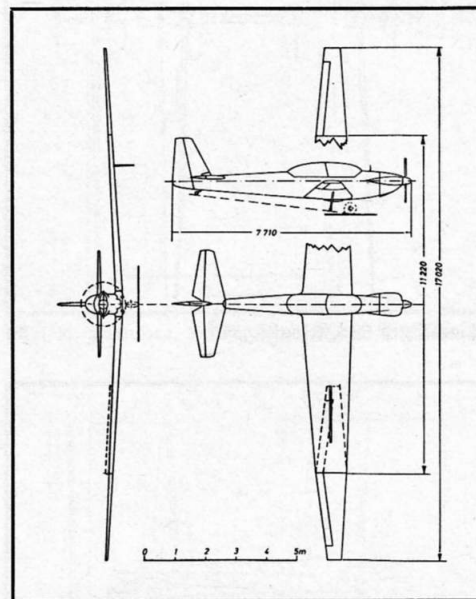
**Motorsegler AK 1 mit Klappantrieb der Akaflieg Karlsruhe**



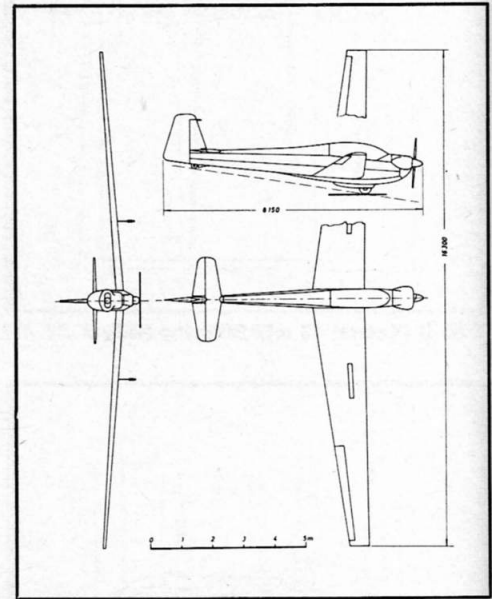
**Doppelsitziger Motorsegler ASK 16 von Schleicher**



**Doppelsitziger Motorsegler Kora 1 von Kortenbach und Rauh**



**Doppelsitziger Motorsegler RF 5B Sperber von Sportavia Pützer**



**Doppelsitziger Motorsegler SF 28 Tandem von Scheibe**

