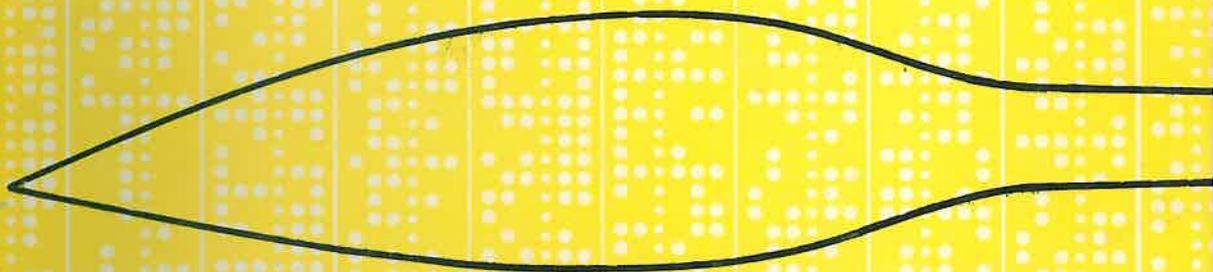


**AKAFLIEG
BERLIN**

1969/70



Jahresbericht 1969/70

Chronik 1969/70	1
Frankreich 1969	13
Überlegungen zum Entwurf eines Hochleistungs-Segelflugzeuges	16
Auslegung eines Doppelsitzers	20
Entwurf und Berechnung von GFK-Schalenflügeln	26
Vakuumtränkverfahren	30
Vorstand und Aktive	34
Alte Herren	35

Akademische Fliegergruppe Berlin e. V.
an der Technischen Universität Berlin

Mitglied der Vereinigungen:

Interessengemeinschaft
Deutscher Akademischer Fliegergruppen
(Idaflieg)

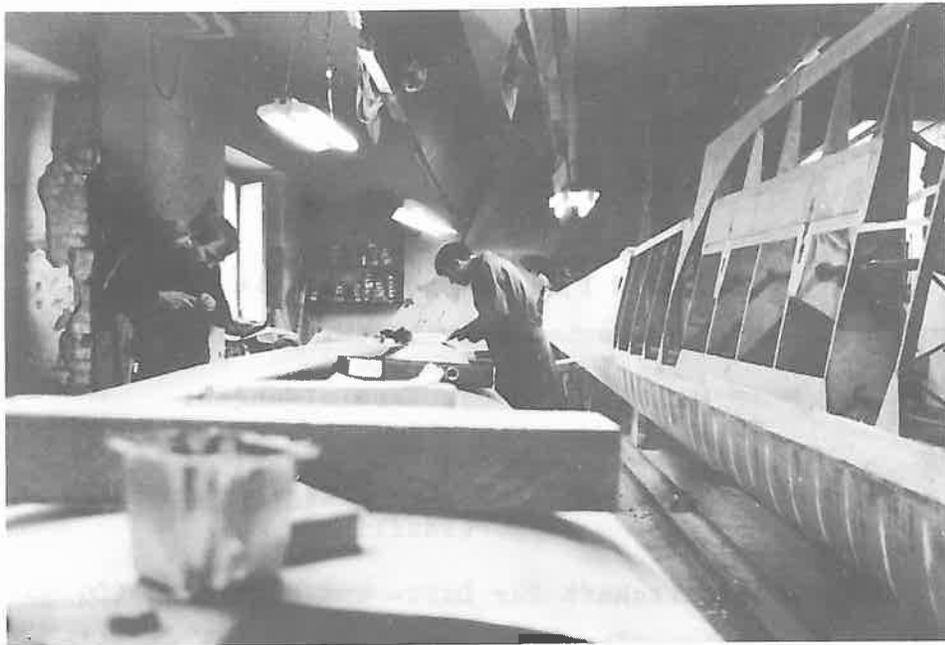
Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)
Organisation Scientifique et Technique du Vol à Voile (OSTIV)

Oskar-Ursinus-Vereinigung
Verein zur Förderung des Eigenbaus von Luftfahrtgerät e. V.

1 Berlin - 12, Straße des 17. Juni 135
Postscheckkonto Berlin (West) 670 11

Januar bis März 69

In der Werkstatt wird hart gearbeitet. Spatz und Bergfalke werden grundüberholt, und besonders der Spatz wird auf neu getrimmt. Die Flächen werden wochenlang gespachtelt, wir wollen schließlich einen Laminar-Spatzen haben. Trotz aller Anstrengungen schaffen wir es nicht, die Grundüberholungen bis Ostern fertigstellen zu können.



Am 5. April

wird der erste Start des Jahres gemacht, aber in der Werkstatt merkt man von der Flugsaison noch nicht viel. Einen Monat später sind dann aber auch Laminar-Spatz und der alte Bergfalke im neuen Glanz startklar. Der Spatz geht sofort auf den Wettbewerb Berlin-Niedersachsen nach Braunschweig, wo es aber wegen des schlechten Wetters zu keiner

Wertung kommt. Dem Spatz ergeht es in diesem Jahr wirklich nicht gut, denn im

J u n i

wird er bei einer Außenlandung beschädigt. Es bleibt uns kein anderer Weg, als die Reparatur am Stahlrohrumpf durch eine Umlage bei unseren Mitgliedern zu finanzieren; den Rest der Arbeiten übernehmen wir selbst. Die Zeit drängt, denn Mitte

J u l i

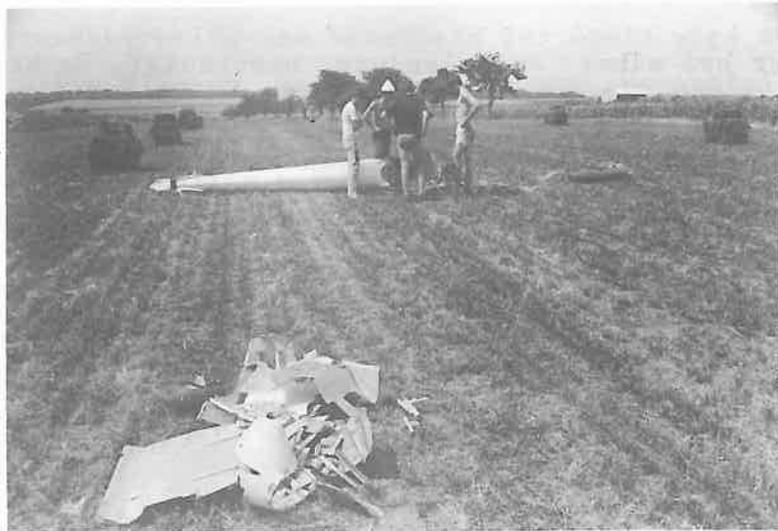
startet ein Teil der Gruppe zu der kurzfristig geplanten Frankreichfahrt. Mit Spatz, Ka 13 und Sb 5 fällt eine Flotte von drei Fahrzeugen in Frankreich ein, ab Grevenbroich bekommen wir noch Verstärkung von vier weiteren Schleppzügen.



Die drei Wochen bei den westlichen Nachbarn waren für uns eine großartige Sache, und wir hoffen, in den nächsten Jahren weitere Internationale Kontakte mit Segelfluggruppen anknüpfen zu können. Leider wurde der Aufenthalt überschattet

Pilot: Griese

von dem Schrecken über einen schweren Bruch unserer Sb 5, wobei aber zum Glück der Pilot unverletzt blieb. Zur selben findet im



August

in Ehlershausen ein Sommerlehrgang mit kleiner Besetzung statt, wo sich die Schüler auf dem Bergfalken austoben können. Unsere Abordnung für das Idaflieg-Treffen in Braunschweig kommt vorzeitig aus Frankreich zurück, da sich im August die Termine überschneiden. Kurz bevor im

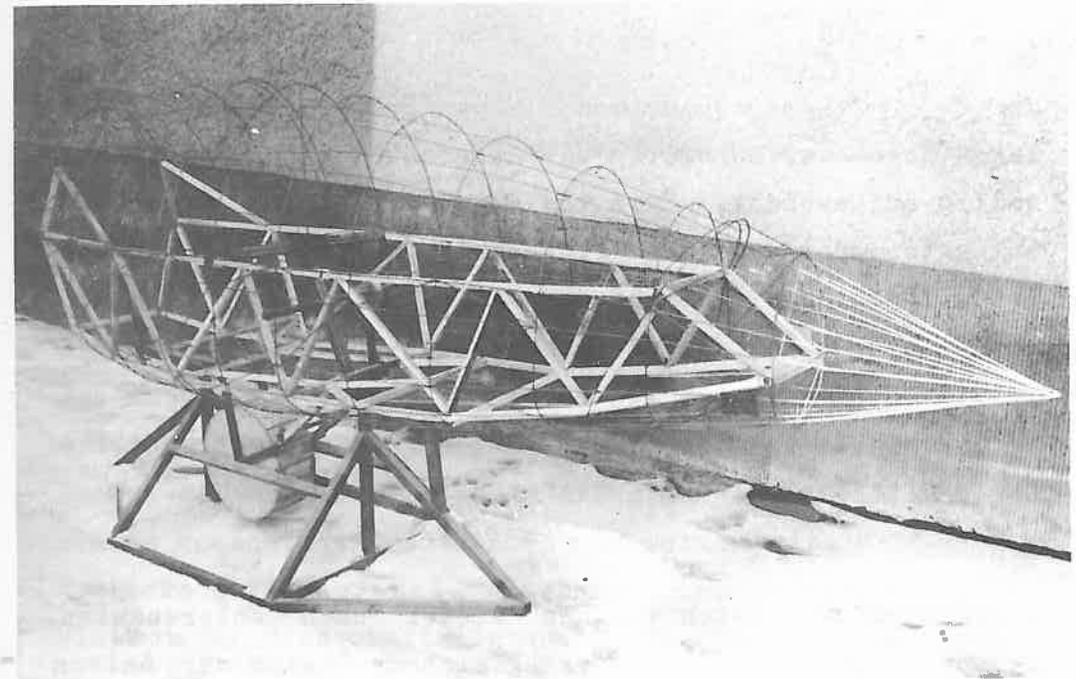
Oktober

das Herbst-Lager auf dem Ith anläuft, verhelfen wir unserer Winde auf ein neues Fahrgestell, dessen Getriebe im Gegensatz zu dem alten sogar einen Rückwärtsgang hat. Auf dem Ith will das Wetter so gar nicht mitspielen, und die erhoffte Welle bleibt aus. So müssen wir dann ohne neue Höhenrekorde in den Winterschlaf gehen.

B 12

Von November 69 bis Januar 70

wird in der Werkstatt alles auf den Kopf gestellt, um- und neuorganisiert, da Gerüchte im Umlauf sind, daß bald viel Platz für etwas völlig Neues gebraucht wird. Unser Plan zielt auf den Bau einer Eigenkonstruktion ab, die in der Numerierung der Akaflieg Berlin B12 heißen soll. Ob daraus einmal tatsächlich etwas wird, ist uns allen noch nicht klar, aber wir bemühen uns nach Kräften. In Vorarbeiten sollen Teilprobleme gelöst werden, und so gehen wir daran, eine Rumpfatrappe zu bauen.



Hieran zerbrechen sich die Experten die Köpfe, wie Steuerung, Sitze und Einbauten vorzunehmen sind. Einzelne experimentieren mit neuen Herstellungsverfahren von Tragflächen, der Rest der Werkstatt-Tätigen ist mit der Instandsetzung und Wartung des Flugzeugparks beschäftigt.

Im Februar

bekommen wir nach einem langen Papierkrieg einen Zuschuß bewilligt, der es uns ermöglicht, unsere in Frankreich zu Bruch gegangene Sb 5 in Bamberg wieder aufbauen zu lassen. Die Reparatur in der eigenen Werkstatt ist uns zur Zeit unmöglich, da wir sonst in unserem B12-Projekt zeitlich zu sehr zurückgeworfen werden. Im dicksten Schnee macht sich noch eine zweite Expedition nach Bayern auf. Die Idaflieg tagt in München, und die im Sommer die Praxis genießen konnten, treffen sich jetzt zu Diskussionen über die theoretische Seite.

Im März

macht die Flugsaison keinen vielversprechenden Anfang. Der lange, schneereiche Winter hat unseren Platz mitten im Moor völlig aufgeweicht. Kurz vor Ostern versuchen ein paar Unentwegte, trotzdem den Flugbetrieb aufzubauen. Als der erste Vogel dann aber auf dem Hallenvorfeld steht, überzeugt uns dichtes Schneetreiben davon, daß es wohl besser ist, noch einmal alles für einen verlängerten Winterschlaf zu verpacken. So kommt es, daß die Akaflieger seit Urzeiten zum ersten Mal wieder Ostereier in Berlin suchen.

Erst Ende April

wagen sich die ersten von uns wieder nach Ehlershausen. Der Spatz ist es dann, der gleich zu Beginn der Saison Arbeit bringt. Bei einem Fehlstart wird er leicht beschädigt, aber diesmal ist er nach einer Woche schon wieder startklar. Bei den erforderlichen Spritzarbeiten halten wir uns gleich an die neuen Bestimmungen über die Leuchtfarben an Leitwerk, Rumpfnase und Flächenenden, und jetzt sind die neuen Kennfarben der Akaflieg Berlin Ra2005 und blau. Das Frühjahr bringt fliegerisch keine großen Erfolge, aber



im Juni

wird dann einiges nachgeholt. An einem Wochenende schaffen wir mit der Ka 13 ein 250km und ein 300km Dreieck, und damit ist uns der Fallschirm sicher, der in Berlin für den besten doppelsitzigen Überlandflug ausgeschrieben ist. Am selben Wochenende werden noch zwei weitere einsitzige 380 km Dreiecke geflogen, und das verhilft uns zu einem zweiten Platz in der Mannschaftswertung der Clubklasse im Deutschen Dezentralen Wettbewerb.

Im Juli

wird in Ehlershausen der Sommerlehrgang vorbereitet. Zu diesem Termin soll eigentlich das Badezimmer fertig sein. Das schaffen wir zwar nicht ganz perfekt, aber immerhin haben wir nach drei Jahren endlich wieder fließendes Wasser,

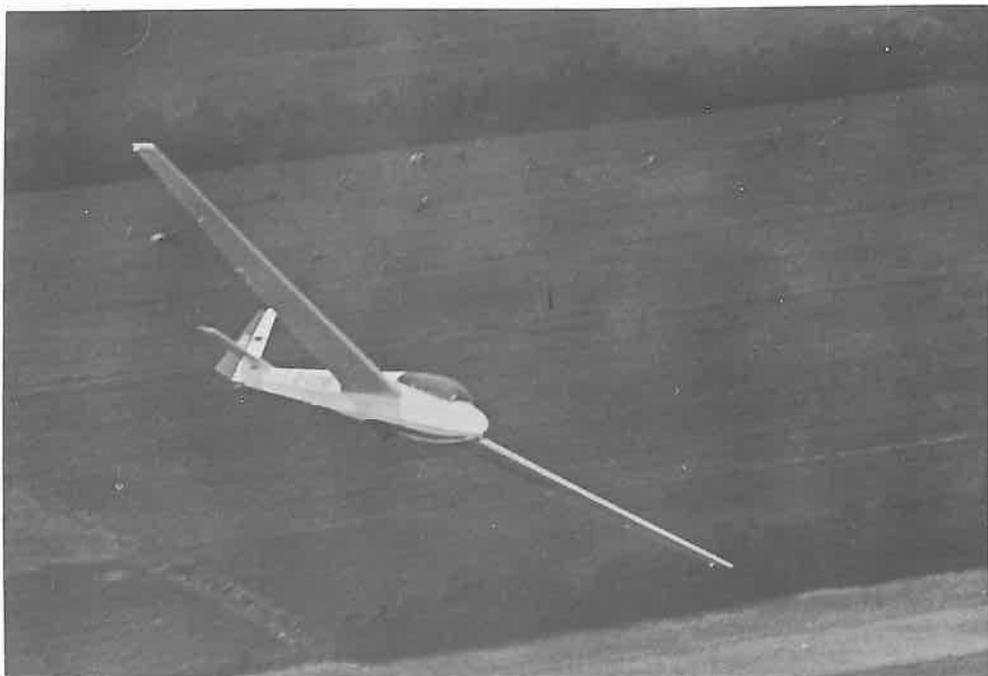


da uns unser Alter Herr Dr. Freitag bei der Finanzierung einer neuen Pumpe unter die Arme greift. Das Badezimmer kachelte uns freundlicherweise ein Fachmann aus einem befreundeten anderen Berliner Verein, und zur Betriebnahme im Frühjahr 71 fehlt jetzt nur noch die Installation der Warmwasserversorgung. Was aber für uns auch schon kaltes fließendes Wasser bedeutet, kann nur der ermesen, der einen heißen Sommertag lang bei uns auf dem staubigen, schwarzen Sandboden zugebracht hat oder vielleicht sogar im Pitty mitgefahren ist.

In Bückeburg nehmen zwei Gruppenmitglieder an den Niedersächsischen Meisterschaften teil und belegen mittlere Plätze.

Der August

steht ganz im Zeichen des "Hertellehrgangs". Statt Sommerlehrgang veranstalteten wir für Assistenten und Studenten des Lehrstuhls Hertel von der TU einen Anfängerlehrgang auf unserem Gelände. Zwölf Schülern stehen zwei Schulungsdoppelsitzer mit zwei Fluglehrern aus unserer Gruppe zur Verfügung. Der Lehrgang wird ein voller Erfolg. Innerhalb von 14 Tagen machen zehn Schüler die A-Prüfung. Das Wetter schaffte ideale Bedingungen, und den armen Akafliegern, die die Fluglehrer und das Bodenpersonal stellten, fiel es recht schwer, an nichts anderes als an Schulung zu denken und die dicken Kumulanten einfach zu ignorieren. Der Höhepunkt des Lehrganges war der Besuch unseres Ehrenmitglieds Professor Hertel. Er gab für den ganzen Lehrgang ein Fest, bei dem sich jeder auf dem Holzkohlengrill zwei Lappen Fleisch braten kann; dazu fließt das Bier. Ein herrliches



Fest, ein erfolgreicher Lehrgang, wir hoffen, das alles im nächsten oder in kommenden Jahren wiederholen zu können. Direkt an den Lehrgang anschließend geht die vielbeschäftigte Ka. 13 auf das Idaflieg-Treffen nach Braunschweig und beendet damit die Flugsaison.

Das traditionelle Herbst-Lager auf dem Ith findet nicht statt, da die Ith-Experten und Fluglehrer, die die Ith-Neulinge einweisen müßten, mitten in Prüfungen stecken.

Im September

macht aber ein weiteres Gruppenmitglied die Fluglehrerausbildung, so daß die Schulung für 1971 gesichert scheint.

Im Oktober

wird bereits die Unterkunft in Ehlershausen für den nächsten Saisonbeginn renoviert. Vor zwei Jahren waren die Holzböden in den Schlafräumen durchgebrochen, und jetzt zeigen sich die ersten Anzeichen für denselben Ärger mit den Aufenthaltsräumen. Damit die Flugsaison im nächsten Jahr nicht mit Bauarbeiten in der Unterkunft beginnen muß, ziehen wir an drei Wochenenden die Fußbodenaktion durch.



Im November

erinnert sich die Akaflieg daran, daß sie vor genau 50 Jahren an der damaligen Technischen Hochschule Charlottenburg aus der Taufe gehoben wurde. Da der Geburtstag einer Akaflieg aber auf einem Flugplatz und möglichst in der Luft gefeiert werden muß, verschieben wir alle Feierlichkeiten auf den Sommer, wo zu Pfingsten in Ehlershausen ein zünftiges Alt-Herren-Treffen stattfinden soll.

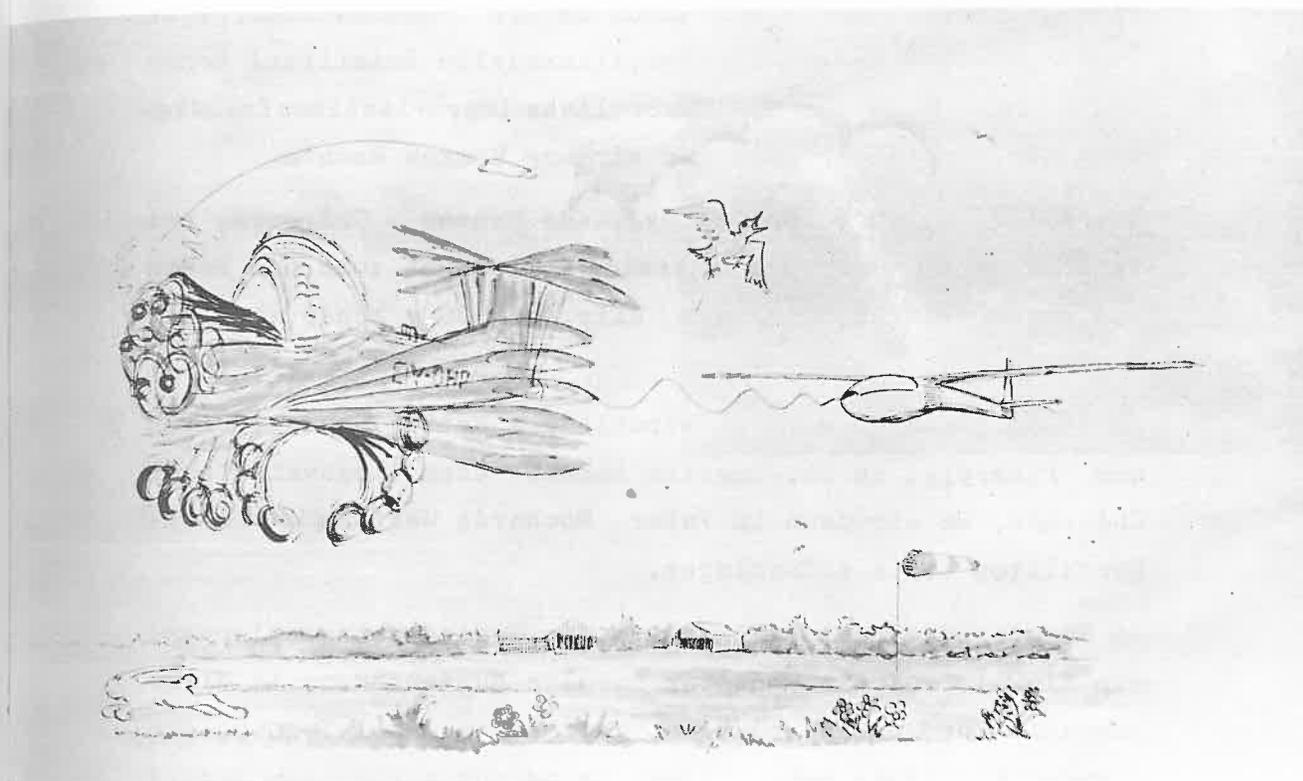
In diesem Monat können wir anderthalb Jahre nach dem Bruch unsere rohbaufertige Sb 5 aus Bamberg in unsere eigene Werkstatt holen. Deren Fertigstellung und noch einige Änderungen sind die Hauptaufgaben für diesen Winter. Am ersten Wochenende im

Dezember

wird eine gute, alte Tradition wieder aufgenommen: Eine Abordnung fährt zum Werkstattfest der Akaflieg Kopenhagen und pflegt internationale Kontakte auf dem Tanzparkett wie auch an der Theke.

Dann jagt eine Sitzung und Vollversammlung die andere. Die neue Satzung, die uns schon monatelang beschäftigt, wird immer wieder diskutiert und formuliert, und Anfang des Jahres wird sie dann hoffentlich rechtskräftig werden. Der Wortlaut entspricht sinngemäß der bisherigen Satzung, doch waren zur Geschäftsordnung und zur Durchführung des Flugbetriebes Ergänzungen erforderlich geworden.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Umgestaltung des Flugzeugparks. Die Gruppe denkt daran, ihre 16 und 11 Jahre alten Vögel Bergfalke und Spatz gegen einen moderneren Typ einzutauschen; was daraus wird, davon mehr im nächsten Jahresbericht.



Frankreich 1969

Nach zweijähriger Pause wieder ein Sommer im Ausland. Fast hatten wir uns schon auf einen dritten Sommer in Ehlershausen eingerichtet, als sich die Möglichkeit bot, gemeinsam mit dem Luftsportverein Grevenbroich am deutsch-französischen Jugendaustausch teilzunehmen.

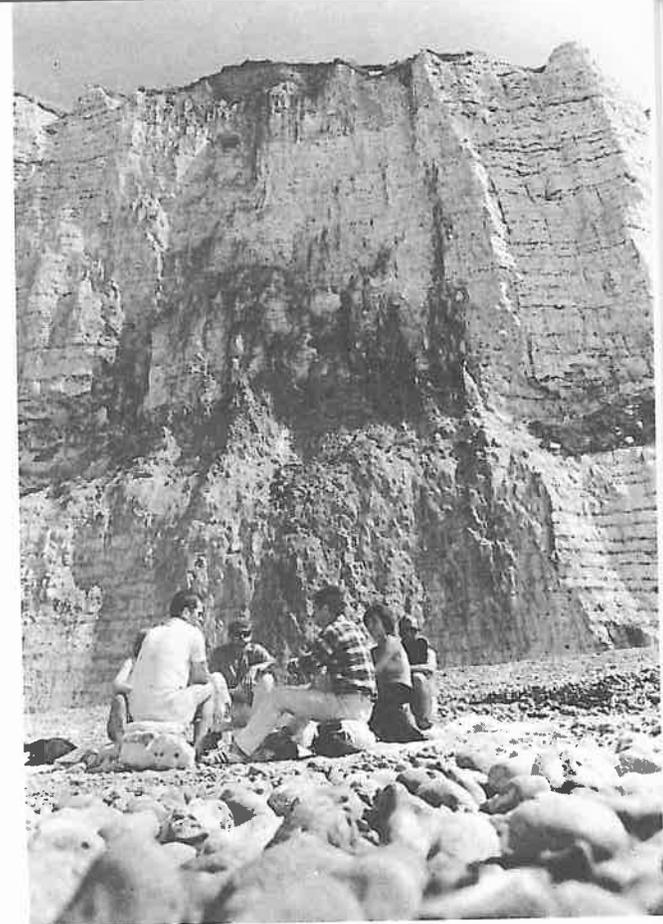
Die Rheinländer waren zum Glück in den Organisationsfragen (Luftfahrerscheine, Zollfragen, finanzielle Beihilfen) schon so routiniert, daß die sprichwörtliche Improvisationsfreudigkeit der Akaflieger kaum zur Wirkung kommen konnte.

Unser Ziel war das Sportfluggelände Mantes - Chérence, bei Vêtheuil an einem der markantesten Seinebögen zwischen Paris und Rouen gelegen, über den Klippen, 100 m höher als der Fluß.

Am 25. Juli fuhren wir bei strahlendem Wetter durch Ardennen und Picardie, an St. Quentin vorbei über Beauvais nach Chérence, wo wir dann in Vater Rochards Garten die bereitgestellten Zelte aufschlugen.

Am Sonntag die ersten Flüge, um die Gegend kennenzulernen; ein Hinweis auf die von oben harmlos aussehenden, in Wirklichkeit für Außenlandungen gefährlichen Maisfelder, die gerade ihre volle Höhe hatten. Genau das wurde tags darauf der Sb 5 zum Verhängnis: das grüne Außenlandefeld entpuppte sich bei näherem Hinsehen als Maisfeld, dann in geringer Höhe umdisponieren - das ging hier, wie oft, nicht gut: Bruch! Der Pilot, Gott sei Dank, unverletzt - nur leider fiel damit die Sb 5 für die kommenden Wochen in Frankreich und für das Idaflieg-Treffen aus.

Bei der deutsch - französischen Schulung war unsere ASK-13



begehrt - und erfolgreich: Claude begriff die Fliegerei recht gut auch ohne viel verbales Drum und Dran seines deutschen Fluglehrers, nur für die Erklärungen der Feinheiten mußte noch Jeannot Rochard heran.

Fast jeder von uns bereicherte sein Flugbuch um einen oder zwei Typen: M 100, M 200, Javelot, Weihe und wie sie sonst heißen.

Es gab ein paar Überlandflüge, eigentlich nur Versuche, alle endeten "Chez les Vaches", wie man dortzulande sagt. Das Sommerwetter war zu gut, zu stabil; die erhofften, in der Gegend zu der Jahreszeit sonst üblichen Wetterlagen blieben aus, manchmal funktionierten wir die Akaflieg um zu Akabade.

So gehören zu unseren Eindrücken auch die Kanalküste, Caubourg und Etretat, Picknick am Strand - Weißbrot, Käse, Wein - und baden, baden...

Zum Glück gab es auch mal Wetter, das weder zum Fliegen noch zum Baden gut war, sondern nur für eine Fahrt nach Paris! Paris, das weiß jeder, der es kennt, läßt sich nicht in wenigen Worten beschreiben. Die Mehrzahl von uns sah Paris zum ersten Mal.

Dann wieder in Chêrence, an einem schönen Abend oben auf den Klippen, das große Hammelbraten, Höhepunkt jedes deutsch-französischen Treffens dort.

Nach drei Wochen fahren wir zurück, vom Flugwetter nicht so voll befriedigt, dafür aber umso begeisterter von der internationalen Begegnung.

B 12

ÜBERLEGUNGEN ZUM ENTWURF EINES HOCHLEISTUNGS-

SEGELFLUGZEUGES

Das primäre Merkmal Akademischer Fliegergruppen ist Konstruktion und Bau von Fluggeräten und deren Komponenten. Die alternative - Neukonstruktion oder Nachbau - ist also für eine Akaflieg nicht relevant, solange sie den Ehrgeiz besitzt, an Entwicklung und Bau neuer Hochleistungssegelflugzeuge einen gewissen Anteil zu haben und solange sie einige wesentliche Voraussetzungen mitbringt:

1. Die maßgeblich an Entwurf und Konstruktion beteiligten Mitglieder müssen Hauptfachstudenten (Flugtechnik, Maschinenwesen) sein, entsprechende Ausbildung haben (Vordiplom) und in der Lage sein, über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr den größten Teil ihrer Freizeit dem Projekt zu widmen.

Es müssen frühzeitig Nachfolger eingearbeitet werden können, die das Gesamtprojekt überblicken und weiterführen können.

2. Die Gruppe muß in ihrer gesamten Struktur stark genug sein, die Arbeit verantwortlich zu führen und unter Umständen bereit sein, divergierende Interessen dem "Großen-Ganzen" unterzuordnen.
3. Alle direkt an Konstruktion, Bau und Organisation Beteiligten müssen vom Studium her in der Lage sein, durchschnittlich mindestens 150 Arbeitsstunden pro Semester leisten zu können.

Die vor fast zwei Jahren unter den o.a. Voraussetzungen

getroffene Entscheidung zugunsten einer Neukonstruktion muß nun revidiert werden, da nach Abschluß der gesamten Entwurfsarbeiten festgestellt werden muß, daß die Gruppe z.Zt. keinen dieser genannten Punkte mehr erfüllt.

Die Konsequenzen sind: Einstellung der Arbeiten an dem im folgenden beschriebenen Segelflugzeugprojekt und grundsätzliche Klärung der Möglichkeiten einer Akaflieg auf wissenschaftlich - technischen Gebieten des Flugwesens heutzutage noch tätig zu sein.

DER ENTWURF

GRUNDGEDANKE: Wesentliche Leistungsverbesserungen auf dem Gebiet der Profile bzw. der Tragflügel sind ohne großen Aufwand nicht mehr möglich.

FOLGERUNG: Leistungsgewinne fast nur noch durch Verringerung des schädlichen Rumpfwiderstandes möglich, besonders da dieser bei den heute hohen Reisegeschwindigkeiten einen erheblichen Anteil am Gesamtwiderstand hat.

KONSEQUENZ: Entwicklung neuer Rumpfformen.

GRUNDKONZEPTION: Stahlrohr-Fachwerk mit nichttragen der, formgebender GFK - Schale, die durch Beschläge auswechselbar am Rumpf befestigt wird. Konische Aluminiumröhre als Leitwerksträger, mit dem Rumpf verschraubt. GFK - Kreuzleitwerk, Seiten- und Höhenleitwerk abnehmbar. Doppelsitzige Ausführung. Dreiteiliger GFK-Tragflügel mit 22m Spannweite, Wölbklappe und 17% dickem Wortmann-Profil. (Siehe Auslegung).

PROBLEM: Das Projekt ist zu umfangreich für eine kleine Gruppe.

LÖSUNG: Der Gesamtentwurf wurde hinsichtlich einer Teilentwicklung der Komponenten Rumpf und Tragflügel reduziert. Der Rumpf wird mit schon vorhandenen Tragflächen (ASK-13) kombiniert. Nach dessen Erprobung (u.a. Vergleich des Rumpfeinflusses auf die Leistungen) Konstruktion und Bau der vorgesehenen Flügel.

ERGEBNIS: Nach Fertigstellung von Rumpf und Flächen steht ein vielseitiger Forschungsträger, sowie ein leistungsfähiger Doppelsitzer zur Verfügung. Es können bei hohen Reynolds-Zahlen ($v=250$ km/h) Untersuchungen und Messungen auf den Gebieten der Aerodynamik (Rumpfformen, Interferenz etc.), der Statik (Stabilität, Schwingungen), der Flugmechanik (Fluttererscheinungen, Rudergrößen) und der Flugführung (Instrumente) bei wahren Verhältnissen (Turbulenz der unteren Luftschichten) während des Fluges durchgeführt werden.

Wegen der doppelsitzigen Ausführung ist eine große Zuladung (Meßgeräte) möglich.

EINIGE DETAILS:

Die in der Dreiseitenansicht gezeigte Rumpfform wurde aus dem am Institut für Luftfahrzeugbau entwickelten strömungsgünstigen Rotationskörper abgeleitet (siehe Jahresbericht 67/68), wobei abweichend davon die Längsachse gekrümmt und ein doppelelliptischer Querschnitt gewählt wurde. Die Kontur-Koordinaten können durch ein Rechenprogramm an beliebigen Stützstellen exakt angegeben werden.

Das Rumpffachwerk ist als Flechtwerk ausgebildet und wird nach der Berechnung der Komponenten der äußeren Lasten (LFS) durch ein Rechenprogramm dimensioniert.

Das Einziehfahrwerk wird zwischen die Beine des hinteren Piloten eingefahren.

Die etwa 4m lange, vorgefertigte, unversteifte Aluminiumröhre wird durch vier Schrauben an das Fachwerk angeschlossen. Das Seitenleitwerk wird über zwei Ringspante mit der Röhre verbunden und lässt sich nach dem Lösen von zwei Muttern abnehmen.

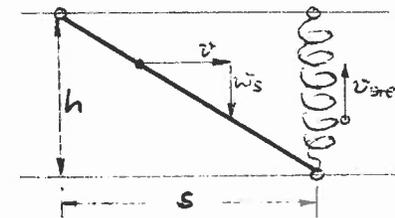
Die dreiteilige Tragfläche hat ein 8m langes Mittelstück, das über vier Beschläge mit dem Fachwerk verbunden wird. Der Holm läuft über etwa 30% der Profiltiefe und ist als Torsionskasten ausgebildet.

Auslegung eines Doppelsitzers

Aufwand - Leistung

Grundlagen

Noch immer wird beim Segelfliegen gekurbelt. Die dabei gewonnene Höhe in Strecke umgesetzt.



Geradeausflugzeit $t_1 = \frac{h}{w_s}$

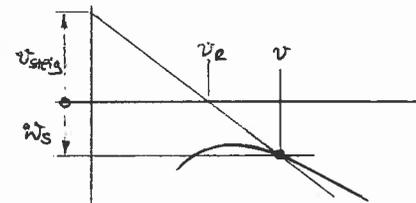
Kurbelzeit $t_2 = \frac{h}{v_{steig}}$

Geradeausfluggeschw. $v = \frac{s}{t_1}$

Reisegeschwindigkeit

$$v_R = \frac{s}{t_1 + t_2} = v \frac{v_{steig}}{v_{steig} + w_s}$$

Oder graphisch:



Sinkpolare mit eingezeichnetem Strahlensatz

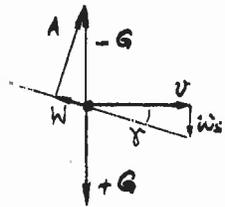
$$\frac{v_{steig} + w_s}{v} = \frac{v_{steig}}{v_R}$$

Optimale Reisegeschwindigkeit liegt bei an der Sinkpolare tangierendem Fahrstrahl vor,

Opt. Reisegeschw. $\frac{dv_R}{dv} = 0 \quad \curvearrowright \quad v_{Ropt} = \frac{1}{dw_s/dv} \cdot v_{steig}$

ist also von der Steiggeschwindigkeit beim Kurbeln abhängig. Dasselbe kann auch mit den üblichen aerodynamischen Beiwerten ausgedrückt werden.

Kräftegleichgewicht im Geradeausflug



$$\begin{aligned} \cos \gamma &= \frac{A}{G} & A &= c_A \cdot \frac{\rho}{2} v^2 \cdot F \\ \sin \gamma &= \frac{W}{G} & W &= c_W \cdot \frac{\rho}{2} v^2 \cdot F \\ \tan \gamma &= \frac{W_s}{v} \end{aligned}$$

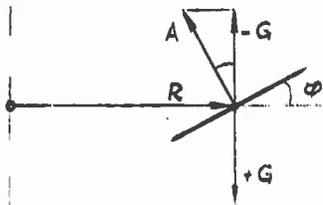
$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{\sqrt{c_A}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F}} \\ W_s &= \frac{c_W}{c_A^{3/2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F}} \rightarrow \frac{dW_s}{d\gamma} \rightarrow v_{Ropt} \end{aligned}$$

Optimale Reisegeschwindigkeit: $v_{Ropt} = \frac{c_A}{3c_W - 2c_A \frac{dc_W}{dc_A}} \cdot v_{Steig}$

Zugehörige Steiggeschwindigkeit: $v_{Steig} = \frac{2(c_W - c_A \frac{dc_W}{dc_A})}{c_A^{3/2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F}}$

Geht man also vom Polarenpunkt c_A ; c_W , $\frac{dc_W}{dc_A}$ aus, so errechnen sich zugehörige Steiggeschwindigkeit und optimale Reisegeschwindigkeit des Geradeausfluges. Die Fluggeschwindigkeit ist durch c_A - Wahl festgelegt. Für den Kreisflug im thermischen Aufwind, letztlich zur Ermittlung der mittleren Steiggeschwindigkeit des Segelflugzeuges, gilt das Kräftegleichgewicht.

Kräftegleichgewicht im Kreisflug

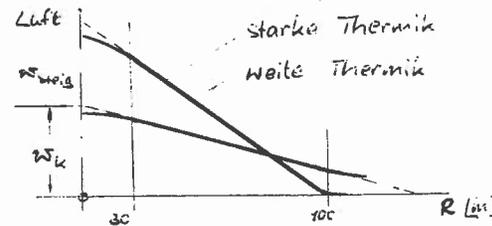


$$\begin{aligned} \cos \phi &= \frac{G}{A} \\ A \cdot \sin \phi &= \frac{G}{\rho} \cdot \frac{v^2}{R} \end{aligned}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{c_A \cdot \cos \phi}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F}}$$

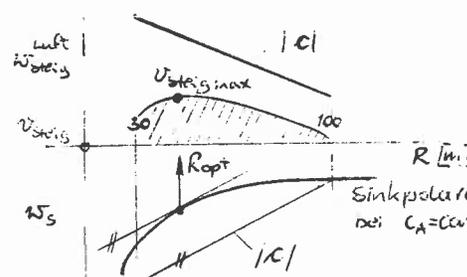
$$W_s = \frac{c_W}{(c_A \cdot \cos \phi)^{3/2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F}} = \frac{c_W}{\rho} \cdot \frac{1}{\frac{G}{F}} \left[\left(\frac{c_A}{\rho} \right)^2 - \left(\frac{1}{R \rho} \right)^2 \right]^{3/4}$$

Nach meteorologischen Messungen in Aufwinden gilt im Bereich $30 \text{ m} \leq R \leq 100 \text{ m}$ nahezu lineare Aufwindzunahme.



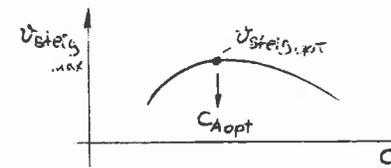
$$\begin{aligned} \frac{dw_{Steig}}{dR} &= -c \quad [1/\text{sec}] \\ &\text{hypothetisch} \\ W_{Steig}^L &= W_k - c \cdot R \end{aligned}$$

Im Vergleich zu Kreis - Sinkpolaren



$$\begin{aligned} \frac{dw_s}{dR} \Big|_{c_A = \text{const.}} &= \frac{dw_{Steig}}{dR} \rightarrow R_{opt} \\ U_{Steig} &= W_{Steig} \Big|_{R_{opt}} - W_s \Big|_{R_{opt}} = W_k - c R_{opt} - W_s \Big|_{R_{opt}} \\ (Rg)_{opt} &= \sqrt{1 + \left(\frac{3}{2} \frac{c_W}{\rho} \cdot \frac{1}{\frac{G}{F}} \right)^{4/3} \left(\frac{2}{\rho} \cdot \frac{G}{F} \right)^{2/3} \frac{\rho}{c_A}} \end{aligned}$$

Nunmehr noch c_A - Variation für den Kreisflug und daraus optimale Flug- und Steigbedingungen abhängig von der Wetterlage.



$$\frac{dv_{Steig,max}}{dc_A} = 0 \rightarrow v_{Steig,opt}$$

Bei dieser Differentiation fällt w_K heraus.

Mit den Formeln ist folgendes Vorgehen möglich:

1. Polare vorgeben
2. Kreisflug: Wetterlage vorgeben c
 Flugzustand variieren c_A, c_W ,
 Optimalen Flugzustand errechnen
 $c_{Aopt}, R_{opt}, \phi_{opt}, v_{opt} = f(c)$

3. Geradeausflug: Wetterlage vorgeben

Kenngeschwindigkeit vorgeben w_K

Opt.Reiseflugzustand errechnen

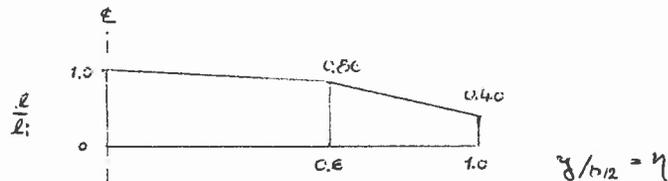
$$c_A, v_R = f(c, w_K)$$

Polarenbestimmung

Dazu ist ein geometrisch bestmögliches Flugzeug anzunehmen.

Profil:
$$C_{wp} = \lambda \int_0^1 c_{wp}(Re_z, \eta) \frac{z}{b} d\eta = \lambda \int_0^1 c_{wp}(Re_z, \eta) \frac{z}{b} \frac{b}{b} d\eta$$

Tragflügel:
$$C_{wi} = \frac{C_A^2}{\pi \lambda} (1 + \delta) \approx \frac{C_A^2}{\pi \lambda} (1 + 0,02 \lambda)$$



Schädliche Widerstände aus

Rumpfvorderteil	- const.	$\sim Re_z$
Heckröhre	- variabel	$\sim \lambda, b, \frac{G}{F}$
Seitenleitwerk	- variabel	$\sim \lambda, b, \frac{G}{F}$
Höhenleitwerk	- variabel	$\sim \lambda, b, \frac{G}{F}$

Es gelingt, für dieses Flugzeug alle Polarenwerte $c_A, c_w, \frac{dc_w}{dc_A}$ auf die oben angegebenen Kennwerte $b, \frac{G}{F}, \lambda$ zurückzuführen.

Rechnungen

1. Testrechnungen

Überprüfung der richtigen Polarenbestimmung, z.B. Vergleich mit bekannten Flugzeugmustern.

2. Variationsrechnungen

2.1. Variationsspektrum

Spannweite	b	16 - 24 (m)
Flächenbelastung	$\frac{G}{F}$	20 - 35 (kp/m ²)

Streckung λ 15 - 30 (1)

2.2. Errechnung des Abfluggewichtes

Abfluggewicht $G = f(b, \frac{G}{F}, \lambda)$ Realisationsmöglichk.

- Tendenz
- große Streckung nur bei hoher Flächenbelastung möglich
 - große Spannweiten lassen höhere Gewichte zu

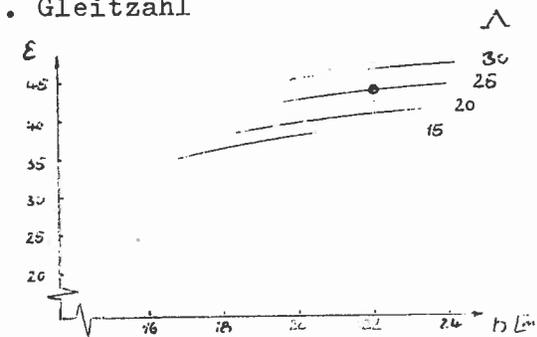
Nicht alle Kombinationen sind aus Gewichtsgründen möglich.

2.3. Variationsrechnung

Aufgrund der Ergebnisse der Variationsrechnung erfolgt die Festlegung der Kenngrößen des Flugzeuges.

Auslegung

1. Gleitzahl



- Tendenzen
- Gleitzahlerhöhung mit zunehmender Streckung
 - nur geringe Gleitzahlerhöhung durch Spannweitenzunahme
 - Gleitzahl nahezu unabhängig von der Flächenbelastung

2. Reisegeschwindigkeit

Beispiel: Weite Thermik $w_K = 4$ m/s $c = 0,02$ 1/s

Flächenbelastg. $G/F = 30$ kp/m²

Die Rechenverfahren der Unterschall-Tragflügeltheorie fußen vorwiegend auf dem von H. Multhopp entwickelten Quadraturverfahren zum Auswerten des Abwindintegrals. Die entsprechenden Grundgleichungen werden dabei nur an einzelnen Stellen, den Stützstellen, erfüllt. Die Stützstellenverteilung über der Tragflügelspannweite unterliegt beim Multhopp-Verfahren einer bestimmten Gesetzmäßigkeit. Die Stützstellen verdichten sich an den Flügelenden. Der besondere Wert des Multhopp-Verfahrens liegt darin, daß man zum Berechnen des Abwindintegrals Festwerte abspalten kann, für die geschlossene Lösungen vorliegen.

Eine entscheidende Verbesserung ist die Wahl einer äquidistanten Stützstellenverteilung in allen Flügelbereichen. Nichtelliptische Zirkulationsverteilungen lassen sich damit genauer berechnen. Weiterhin können gleichzeitig mehrere Sprungstellen der Anstellwinkelverteilung als Stützpunkte gewählt werden, wenn eine entsprechende Vergrößerung der Stützstellenzahl M ohne besonderen Rechenaufwand möglich ist.

Die Stützstellen werden bei dem hier dargestellten Rechenverfahren nach der einfachen Gesetzmäßigkeit

$$\eta_\nu = 1 - \frac{2}{\pi} \vartheta_\nu \dots \dots \dots (1)$$

festgelegt. Dabei bedeuten (mit ν als der laufenden Nummer der Stützstelle) η die dimensionslose Koordinate und $\vartheta = \pi/(M+1)$ den Winkelabschnitt. Werden der gleiche Ansatz für die Zirkulationsverteilung wie beim Multhopp-Verfahren und die dort vorgeschlagene gleichmäßige Winkelteilung beibehalten, so folgt der induzierte Abwindwinkel α_1 aus

$$\alpha_1 = \frac{1}{2(M+1)} \sum_{n=1}^M \gamma_n \sum_{\mu=1}^M \mu \sin(\mu \vartheta_n) \int_0^\pi \frac{\cos(\mu \vartheta)}{\vartheta - \vartheta'} d\vartheta' \dots \dots \dots (2)$$

mit $n = 1$ bis M und $\mu = 1$ bis M als laufenden Nummern, γ als der dimensionslosen Zirkulation, ϑ' als der Integrationsveränderlichen und ϑ als dem Winkel im Aufpunkt. Formal läßt sich analog zum Multhopp-Verfahren eine Koeffizientenmatrix für die Berechnung der Abwindverteilung angeben. Hiernach ist

$$\alpha_{1\nu} = \sum_{n=1}^M \gamma_n b_{\nu n} \dots \dots \dots (3)$$

mit den Koeffizienten

$$b_{\nu n} = \frac{1}{2(M+1)} \sum_{\mu=1}^M \mu \sin(\mu \vartheta_n) [\sin(\mu \vartheta_\nu) \times \{ \text{Si}[\mu(\pi - \vartheta_\nu)] + \text{Si}(\mu \vartheta_\nu) \} - \cos(\mu \vartheta_\nu) \{ \text{Ci}[\mu(\pi - \vartheta_\nu)] - \text{Ci}(\mu \vartheta_\nu) \}] \dots \dots (4),$$

den Winkeln

$$\vartheta_n = \frac{\pi}{M+1} n, \quad \vartheta_\nu = \frac{\pi}{M+1} \nu$$

sowie mit $\text{Si}(z)$ und $\text{Ci}(z)$ als dem Integralsinus und dem Integralkosinus eines Arguments z . Für die Auswertung wurden die Reihenentwicklungen für beide Funktionen sowie wegen der schlechten Konvergenz dieser Reihen für große z -Werte Polynom-Approximationen in diesem Bereich angegeben.

Das lineare Gleichungssystem zum Berechnen der Zirkulationsverteilung nach der einfachen Traglinientheorie aus der Flügelgeometrie und der vorgegebenen Anstellwinkelverteilung entspricht dem des Multhopp-Verfahrens. Es kann folglich in gleicher Weise wie bei der Multhopp-Quadratur vorgegangen werden.

Bei bekannten Zirkulationswerten an den Stützstellen können die Kraft- und die Momentenbeiwerte des Gesamtflügels mittels einfacher Summenformeln berechnet werden. Es gilt für den Auftriebsbeiwert

$$c_A = A \sum_{\nu=1}^M A_\nu \gamma_\nu \dots \dots \dots (5)$$

für den induzierten Widerstandsbeiwert

$$c_{W1} = A \sum_{\nu=1}^M A_\nu a_{1\nu} \gamma_\nu \dots \dots \dots (6)$$

und für den Nickmomentenbeiwert

$$c_M = \frac{A}{l_\mu} \sum_{\nu=1}^M A_\nu (\mu_\nu^* l_\nu - \gamma_\nu x_{1\nu}) \dots \dots \dots (7)$$

mit den Beiwerten A_ν gemäß

$$A_\nu = \frac{4}{\pi(M+1)} \sum_{\mu=1}^M \frac{1}{\mu} \sin(\mu \vartheta_\nu) [1 - \cos(\mu \pi)] = \frac{8}{\pi(M+1)} \sum_{\mu=1,3,5,\dots}^M \frac{1}{\mu} \sin(\mu \vartheta_\nu) \dots \dots \dots (8)$$

der Flügelstreckung A , der Bezugsflügeliefe l_μ , der örtlichen Flügeliefe l_ν , der Neutralpunktlage $x_{1\nu}$ und der Funktion μ_ν^* für die Nickmomentenverteilung.

Für die Berechnung des Rollmomentenbeiwerts c_L gemäß

$$c_L = -A \sum_{\nu=1}^M D_\nu \gamma_\nu \dots \dots \dots (9)$$

sind weitere Koeffizienten

$$D_\nu = \frac{4}{\pi(M+1)} \sum_{\mu=1}^M \frac{1}{\mu} \sin(\mu \vartheta_\nu) [1 + \cos(\mu \pi) - \frac{2}{\pi} \mu \times \sin(\mu \pi)] = \frac{8}{\pi(M+1)} \sum_{\mu=2,4,6,\dots}^{M-1} \frac{1}{\mu} \sin(\mu \vartheta_\nu) \dots \dots (10)$$

nötig. Das Verfahren wurde an einzelnen, für die Traglinientheorie klassischen Beispielen mit Hilfe eines ALGOL-Rechenprogramms erprobt. Die Rechenbeispiele bestätigen die Brauchbarkeit des Verfahrens. FBK 21 603

Berlin Dipl.-Ing. Claus Oehler

Im Segelflugzeugbau versucht man durch Verbesserung der Oberflächengüte Leistungssteigerungen zu erzielen. Lohndend erscheint die Oberflächenverbesserung vor allem an Tragfläche und Leitwerk, bei denen die Verwendung von Laminarprofilen sich leistungssteigernd auswirkt, wenn durch geeignete Bauweisen scharfe Forderungen nach wellenfreiheit und Profiltreue erfüllt werden.

In den letzten Jahren wurden Glasfaserkunststoffbauweisen für Leichtflugzeuge entwickelt, bei denen dünnwandige GFK-Lamine mit einem leichten stützenden Werkstoff verklebt die formgebende und tragende Flugzeugaußenhaut bilden. Derartige Sandwichschalen haben eine große Biegesteifigkeit in Längs- und Querrichtung, so daß bei entsprechender Dimensionierung der Füllschichtdicke z.B. am Flügel auf profilhaltende Systemrippen verzichtet werden kann. Andererseits ist man bei jeder Sandwichbauweise bestrebt, die Stützschicht nicht unnötig dick zu machen, damit der tragende Werkstoff möglichst nahe an der Außenkontur des Bauteils liegt. Da die erforderliche Füllschichtdicke durch das Beulen und durch die zulässige Strakabweichung bestimmt ist, sind diese Verformungen durch andere konstruktive Maßnahmen zu verhindern. Durch Verstärken der Deckhäute, Vergrößerung der Sandwichplattenbreite und starre seitliche Lagerung der Plattenstreifen ist dies möglich.

Diese Gesichtspunkte führen zum Aufbau des Flügels in einer mehrzelligen, reinen Schalenbauweise, für die GFK als tragender Werkstoff besonders geeignet erscheint.

Mit längsgefasertem GFK lassen sich hohe Zug- und Druckspannungen in Faserrichtung übertragen. GFK mit Faserverlauf in Längsrichtung hat auch einen relativ hohen spezifischen Schubmodul. Man ordnet daher den längsorientierten Werkstoff, der zur Aufnahme der aus der Biegebeanspruchung des Flügels resultierenden Zug- und Druckspannungen dienen soll, entweder wie bei einem Holm in ziemlich kompakten Querschnitten oder besser in Form von dünnwandigen sandwichgestützten Gurtplatten an. Diese werden durch senkrechte Stege zu einem eckensteifen Kasten verbunden, und falls zur Verhinderung des Beulens erforderlich, durch weitere mit den Gurtplatten verklebte Stege gestützt, so daß ein mehrzelliger Kastenträger entsteht. Man braucht die am Kasten angesetzten Formkörper der Flügelnase und -hinterranke dann zusammen mit den Gurtplatten zusätzlich nur noch mit wenigen dünnen Schichten diagonalorientiertem Gewebe zu belegen, um eine ausreichende Verdrehsteifigkeit zu erreichen.

Bei der Optimaldimensionierung derartiger mehrzelliger Schalenflügel stellen sich mehrere Probleme, die nur durch großen Rechenaufwand zu lösen sind.

- Die Beschäftigung mit tragenden G F K - Teilen zieht in den meisten Fällen Aeroelastizitätsuntersuchungen nach sich.
- Sind bestimmte Grenzwerte für die Flügelverformung vorgegeben, muß der Flügel auf Steifigkeit dimensioniert werden und erhält damit eine größere Bruchsicherheit.
- In den Bauvorschriften ist der Festigkeitsnachweis für mehrere Lastfälle gefordert, wobei sehr viele Lastfälle

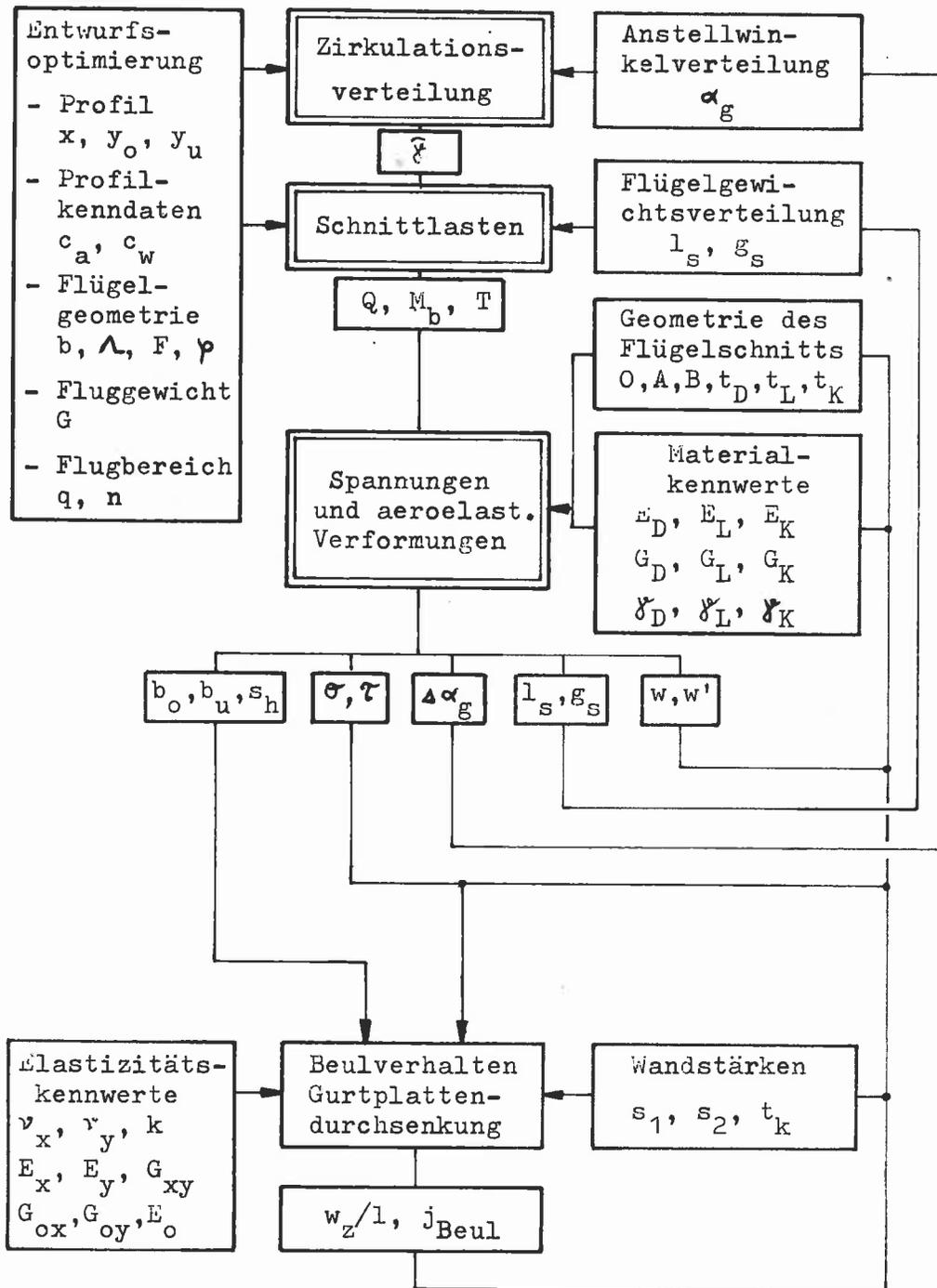
maßgeblich für die Dimensionierung der Flügelschalenelemente sind.

- Ein mehrfach geschlossener Schalenquerschnitt ist statisch unbestimmt. Spannungen und Verformungen lassen sich immer nur für eine vorgegebene Geometrie (Querschnittunterteilung, Wandstärken, usw.) berechnen.
- Der optimale Aufbau eines mehrzelligen Schalenflügels ist von mehreren Parametern abhängig, deren Einflüsse sich vor der Rechnung nicht eindeutig abschätzen lassen.

Es sind also mehrfach gleichablaufende Rechnungen durchzuführen, was man sinnvollerweise einem Digitalrechner überläßt. Daher wurden in den letzten Jahren von uns mehrere Programme zur Berechnung von Tragflügeln erstellt. In der Abbildung ist das Iterationsschema zur Optimierung eines aeroelastischen Flügels mit den Programmblöcken und den Ein- und Ausgabedaten angegeben.

Iterationenschema zur Optimierung eines aeroelastischen

Flügels



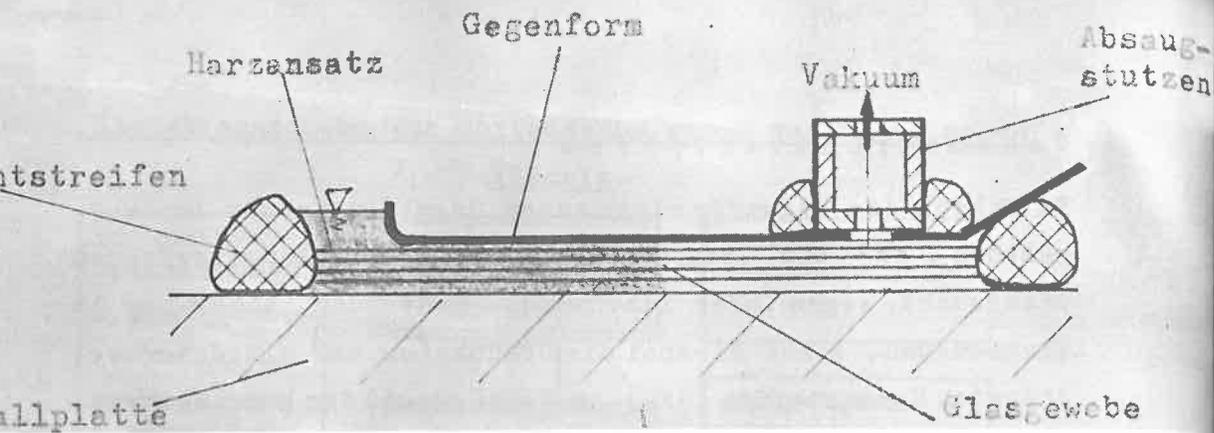
Vakuumtränkverfahren

Im Rahmen des Entwurfs eines neuen Segelflugzeuges ist vorgesehen, daß die Gruppe auch neue Herstellungsverfahren untersucht. Wegen ihrer zunehmenden Bedeutung, nicht nur im Flugzeugbau, steht hierbei die Produktion von glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK) im Vordergrund der Überlegungen.

Für die Fertigung großflächiger Schalenbauteile aus GFK, z.B. eines Tragflügels kommt heute im wesentlichen nur das Handverfahren in Anwendung. Hierbei wird das Verstärkungsmaterial in Formschalen eingelegt und mit dem Kunststoff manuell durchtränkt. Das hat einige Nachteile in arbeits-technischer Hinsicht zur Folge, wie lange Arbeitszeiten und intensiven Kontakt mit dem giftigen Kunststoff. Wichtiger jedoch ist, daß die Qualität des so erzielten Laminats nicht befriedigt. Beim Tränkvorgang wird mehr Kunstharz verarbeitet als für eine ausreichende Bindung unter den Glasfasern notwendig ist. Dieses Mehr an Kunstharz führt nicht zu einer Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit des Bauteils, sondern stellt ein überflüssiges Gewicht dar, das für den extremen Leichtbau natürlich ein 'Ärgernis' ist.

In der Vergangenheit wurden mehrfach Anstrengungen unternommen, die GFK-Herstellung qualitativ besser und für eine Serienfertigung geeigneter zu machen (Deutsches Kunststoffinstitut Darmstadt: Vakuumtränkverfahren; Leichtflugtechnische Union GmbH Bonn: Schlauchbauweise).

Im Rahmen einer Studienarbeit am Institut für Luftfahrzeugbau der TU-Berlin wurden Versuche zum Vakuumtränkverfahren gemacht. Der Leitgedanke ist hierbei, das flüssige Kunstharz mittels Unterdruck durch das noch unbenetzte Glasgewebe zu saugen.



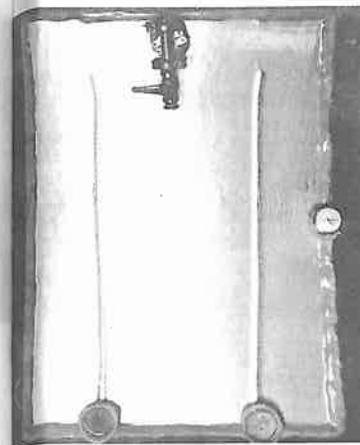
Versuchsaufbau:

In der Prinzipskizze wird das Verfahren erläutert: Trockenes Glasgewebe wird auf eine Formschale (hier Metallplatte) gelegt. Rings um das Glasgewebe verlaufen Dichtstreifen, auf die die Gegenform (Polyäthylenfolie) aufgebracht und angedrückt wird. Durch Hochknicken der Folie am einen Ende entsteht ein Einfüllkanal, in den der Harzansatz gegossen wird. Das Anlegen des Vakuums am Absaugstutzen bewirkt ein Entlüften des von Form und Gegenform eingeschlossenen Raumes wobei der Harzansatz zwischen den Glasfäden in Richtung Saugstelle durchgesaugt wird. Zur Unterstützung des Harzflusses sind Perlondröhte zwischen Glasgewebe und Gegenform gelegt, die nach völliger Durchtränkung des Gewebes wieder herausgezogen werden. Die Momentaufnahmen verdeutlichen einen solchen Saugvorgang.

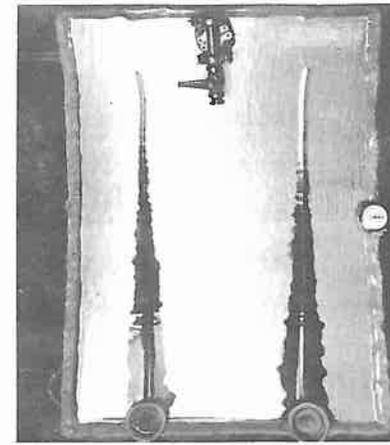
Ergebnis:

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß es mit diesem Vakuumtränkverfahren möglich ist, große Schalenteile herzustellen. Gegenüber dem Handverfahren ergeben sich Verbesserungen hinsichtlich des Gewichts des GFK-Teils (Glasgewichtsanteil ca. 70%), des Arbeitsaufwandes und der Gleichmäßigkeit.

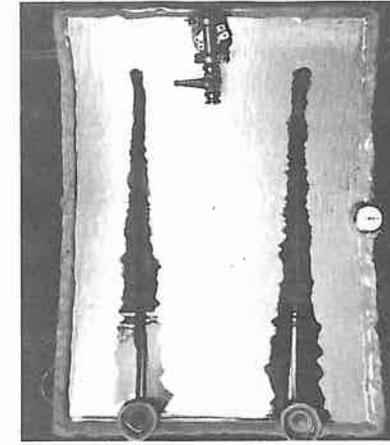
Weitere Untersuchungen sollten die Verwendung sehr dünnflüssiger Harze prüfen und die Herstellung einer Sandwichschale in einem Arbeitsgang erproben.



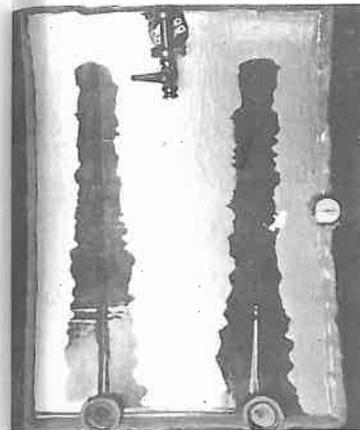
0 min



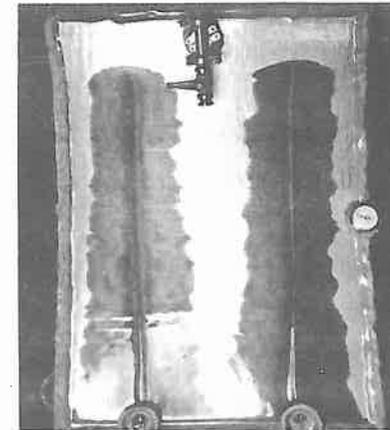
1 min



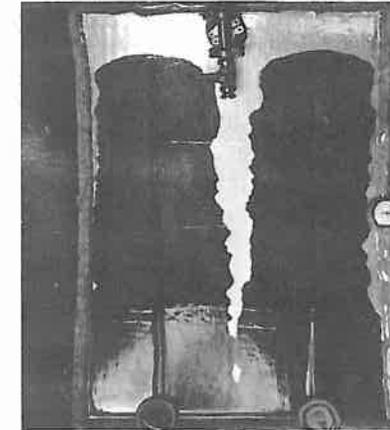
2 min



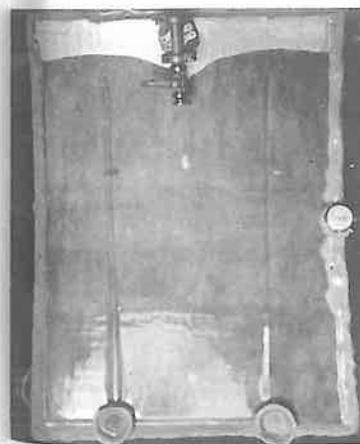
3 min



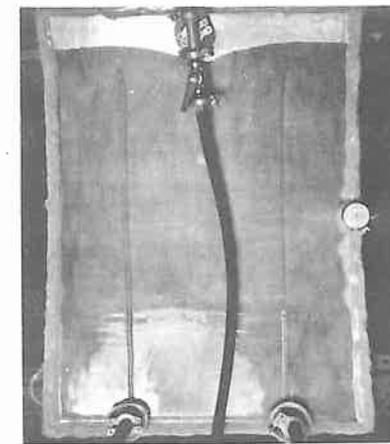
9 min



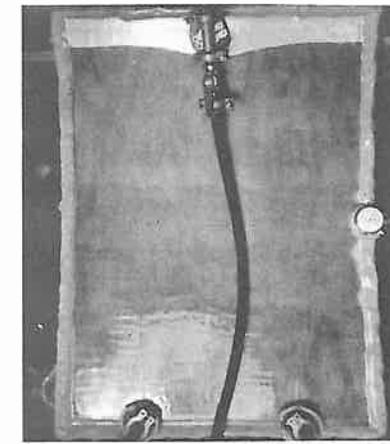
15 min



30 min



35 min



47 min

Ressorts:

Ressortleiter:

1969

1970

Wissenschaft	Volkmar Adam	Eike Knopf
Flugbetrieb	Hansjörg Griese	Dieter Voigt
Werkstatt	Jörg Lentz	Horst Mock
Gebäude und Anlagen	Werner Prautsch	-
Schriftführung	Jutta Grashof	Jutta Grashof
Kasse	Gerd v. d. Hagen	Gerd v. d. Hagen
Geschäftsführender		
Vorsitzender	Werner Prautsch	Dieter Voigt

Ehrenmitglieder

Prof. Udo Augustin
 Prof. Heinrich Hertel
 Horst Remm

Aktive

Gerd Ahrens	Reiner Mehlhose
Detlef Alwes	Horst Mock
Helmut Bunk	Uwe Peter
Theodor Bloem	Werner Prautsch
Jutta Grashof	Ulrich Priess
Gerhard von dem Hagen	Reimar Steuer
Eike Knopf	Dieter Voigt
Horst Laucht	Wolfgang Westphal
Jörg Lentz	Wolfgang Zacharias

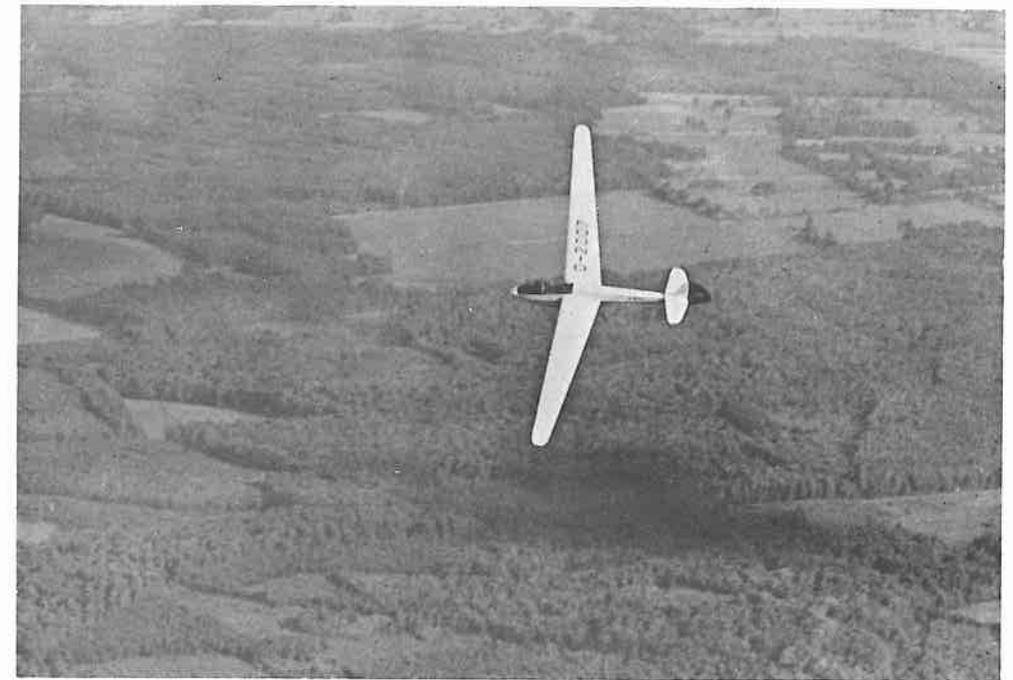
Vorstand der Altherrenschaft

Vorsitz	Otto Lentz
Kasse	Hans-Joachim Wefeld
Schriftführung	Rolf Model

Alte Herren

Volkmar Adam		Fred Hermannspann	
Joachim Alpheis		Ulrich Hesse	60,-
+ Hans-Joachim Aminde	60,-	Werner Hinniger	30,-
Michael Arndt		Christoph Hofmann	
+ Dieter-Detlef Behrndt	120,-	Egbert Hoffmann	120,-
Dieter Blumberg	60,-	Friedrich Hoffmann	90,-
Eberhard Bremer		+ Dr. Karl-Dieter Huhold	120,-
+ Hans-Joachim Brockmann		Kurt van Hüllen	
Horst von Damm	120,-	+ Georg Jaeckel	60,-
Kurt Deunert		+ Jochen Kassner, E-231	Salzwalle 2.3 G-75 Westring 2.3 Tel. 06243 / 4011 priv. 06796/5559
Rodrik Differt		+ Konrad Kaufmann	
+ Arno Dörrscheidt		Gerald Klein	
Hans-Joachim Dudenhausen		Vincenz Kloss	
Carl-Gustav Esche		Siegfried Knemeyer	
Dr. Wolfram Eschenbach		Felix Kracht	
+ Frank Etzold		Rudolf Krahn	
Dr. Wolfgang Fastabend		Walter Krieger	60,-
Erich Fleischhauer		Helmut A. Krüger	
Johannes Frauendienst		+ Rudolf Lachenmann	60,-
Dr. Walter Freitag		Otto Lentz	60,-
Ernst-Günther Friedrichs		Hans-Werner Lerche	
Franz Frodl		Achim Leutz	60,-
+ Hermann Ganschow		+ Wilhelm Loh	60,-
Hugo Geyer		+ Hans-Werner Mattig	60,-
Werner Graeber		Horst Micke	
+ Hansjörg Griese		Rolf Model	160,-
Erich Grosser	60,-	Friedrich Möhlmann	
Günter Hager		Dr. Waldemar Möller	110,-
+ Gerhard Hefer		Eduard Neumann	
+ Dr. Wolfgang Herbst		Heiner Neumann	
Barthe	40,-		

Prof. Dr. Claus Oehler	120,-	Lothar Speidel	
2+ Rudolf Ott	96,-	Dr. Ernst Sperling	
Paul-Eduard Pank		Rainer Stemme	
Dieter Reich		Walter Stender	
Erdmann Reich	+↓	Prof. Dr. Kurt Tank	
+ Manfred Riewe		Dr. Hans-Joachim Thomas	60,-
† Hannes Roß		Anton Tröger	
Walter Schilo		† Klaus Vießmann	
Leo Schmidt		Jürgen Voigt	
Julius Schuck	120,-	Gustav-Adolf Wachsmuth	48,-
Dietrich H. Schwencke		+ 2 Hans-Joachim Wefeld	110,-
Peter Slawik		Wilhelm Werner	Sachsp
Winfried Specowius	60,-	Martin Winter	
		Burckhardt Zelter	



© Akademische Fliegergruppe Berlin

Für die Herstellung dieses Berichtes danken wir der

Dissertations - Druckstelle
der

Ernst - Reuter - Gesellschaft

der Förderer und Freunde der Freien Universität Berlin