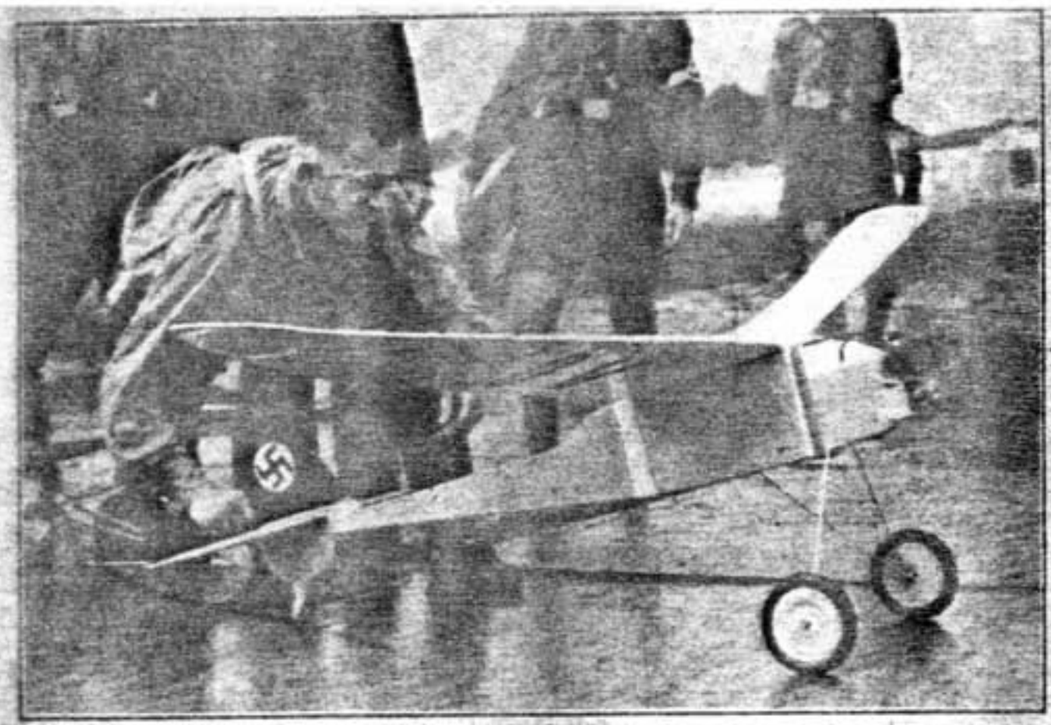


sen erreicht. Das Modell hatte bei 2,10 m Spannweite einen Flächeninhalt von 110,50 dm² und mit 24 g/dm² die geringste Flächenbelastung aller Benzinmotormodelle.

Eine größere Beteiligung schwanzloser Modelle bei Wettbewerben wird erst dann erfolgen, wenn diese Sonderkonstruktion — die beim Entwurf, beim Bau und beim Einfliegen an den Modellbauer weitaus größere Anforderungen stellt als das Enten- oder Tandemmodell — in einer Sonderklasse startet, die den baulichen und fliegerischen Schwierigkeiten dieser Modelle Rechnung trägt.

Abb. 7. Das Rekordmodell von Dannenfeld (Celzen) mit Kratzsch-Benzinmotor F 10 B setzte sich auch auf diesem Wettbewerb wieder erfolgreich durch. Photo: Adenaw.

Schwingenflug*)

Von A. Lippisch, Darmstadt

Ein Vorwort zu einem Buch über die Fliegerei beginnt meist mit der Geschichte von dem uralten Traum der Menschheit, wobei man dann über Ikarus, Wieland, den Schneider von Ulm bis zu dem genialen Otto Lilienthal vordringt. Der Altvater Lilienthal bildet dann den Ausgangspunkt für die Geschichte des modernen Flugwesens, in dem er heute nur noch als Erfinder des Polardiagramms in Erscheinung tritt. Indessen galten die Arbeiten Lilienthals in erster Linie der Erforschung des Vogelfluges, und er hat auf Grund seiner zahlreichen Versuche die Ansicht vertreten, „daß die genaue Nachahmung des Vogelfluges in bezug auf die aerodynamischen Vorgänge einzig und allein für einen zweckmäßigen Flug des Menschen verwendet werden kann, weil dieses höchstwahrscheinlich die einzige Methode ist, welche ein freies, schnelles und zugleich wenig Kraft erforderndes Fliegen gestattet".

Die Luftschraube, von der leichten Verbrennungskraftmaschine angetrieben, hat inzwischen das Flugproblem auf anderem und mechanisch einfachem Wege gelöst, so daß es zumindest sehr zweifelhaft erscheint, ob eine Lösung des Schwingenflugproblems überhaupt Zweck hat. Trotzdem wird der Erfindergeist nicht eher ruhen, bis auch diese Flugart, vom Menschen ausführbar, erreicht ist. Ob das Fliegen mit Flügelschlag mit einem besseren Wirkungsgrad vor sich geht, wie dies Lilienthal annimmt, wird bezweifelt. Bewiesen ist indessen nicht, daß Lilienthal unrecht hatte.

Da aber mit dem Glauben oder Nichtglauben in der Technik nichts angefangen werden kann und die auf Papier entwickelten Theorien ebenfalls papieren bleiben, wenn sie nicht durch Experimente bewiesen werden können, so ist es wohl am richtigsten, wenn man sich durch Versuche mit diesem Problem auseinandersetzt.

Die Versuche zur Schaffung brauchbarer Flugzeuge begannen mit der Herstellung von flugfähigen Modellen, und die Vergrößerung der Modelle lieferte schließlich die großen, manntragenden Flugzeuge.

Wenn man den Schwingenflug studieren und dazu beitragen will, daß dieses umstrittene Problem endlich gelöst wird, dann muß man genau so bei den Schwingenflugmodellen anfangen und aus der Praxis sich an Hand der Versuche in die neue Materie einarbeiten.

Der Mangel an brauchbaren Schwingenflugmodellen hat vielfach die Ansicht aufkommen lassen, daß man Schwingenflug als Modellbau nicht treiben könne, weil sich die Vortriebseffekte des auf- und abschlagenden Flügels nur im großen herstellen ließen.

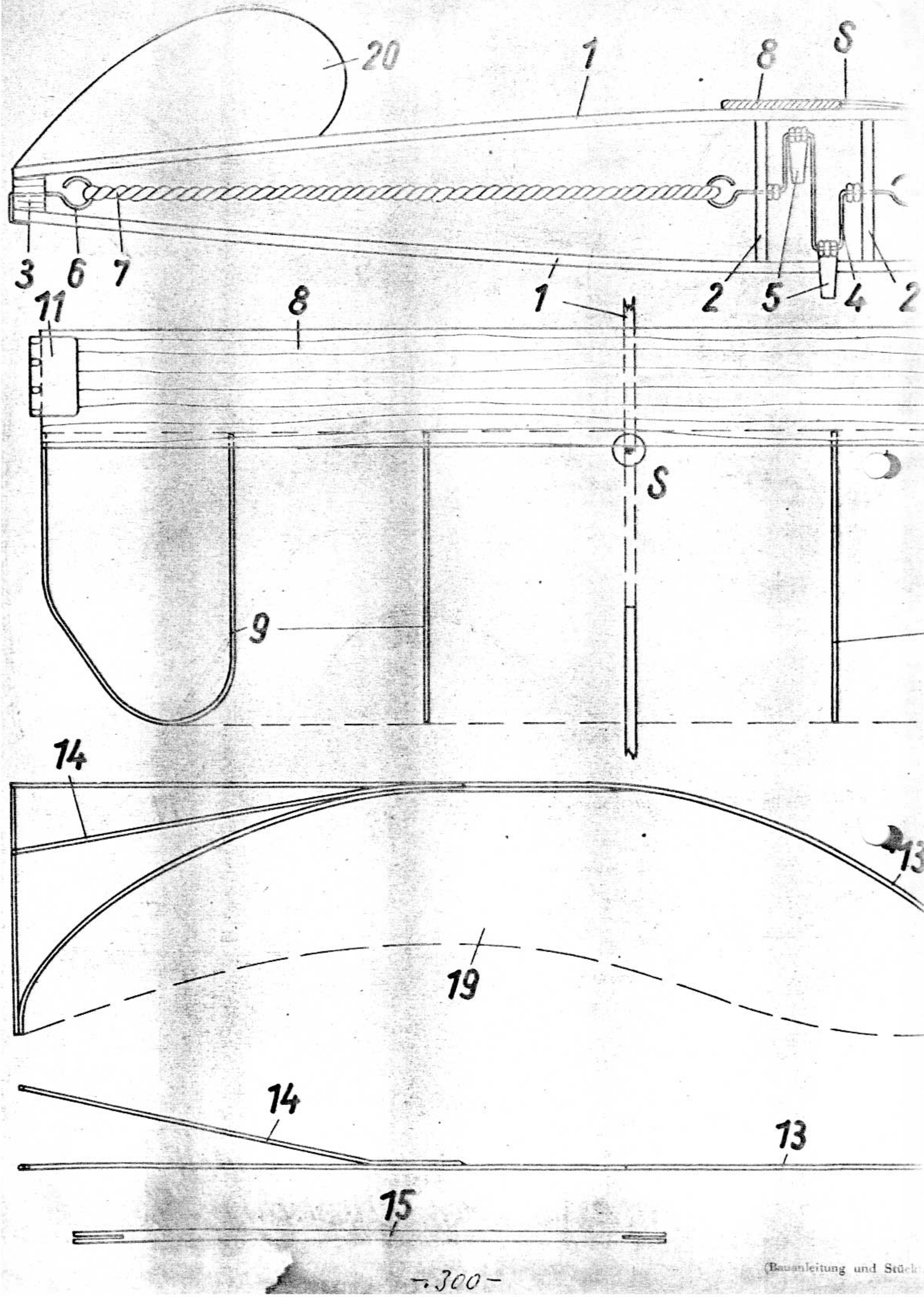
Nachdem ich mir diese Reden vieler Erfinder immer wieder anhören mußte, habe ich selbst den Schwingenflugmodellbau angefangen, um festzustellen, ob diese Ansicht wirklich den Tatsachen entspricht.

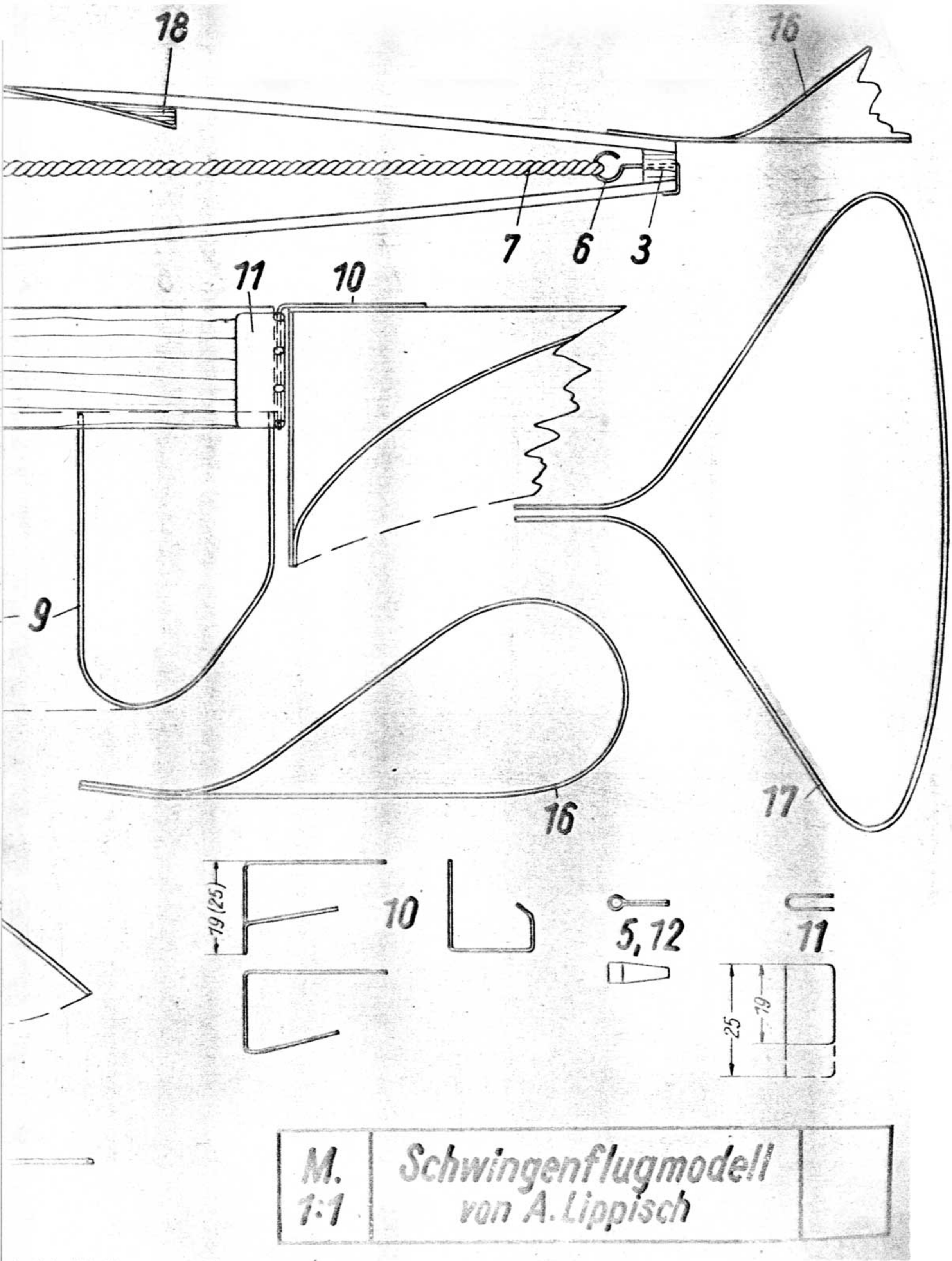
Dabei ist es mir dann mit sehr einfachen Mitteln gelungen, einige flugfähige Modelle zu schaffen, an denen man die ersten Studien über den Schwingenflug machen kann, und die zur Weiterarbeit auf diesem Gebiet anregen.

Anläßlich des Reichsmodellwettbewerbes für Motormodelle 1937 in den Borkenbergen habe ich diese Modelle vorgeführt, und das große Interesse, das diese Modelle vor allem auch bei den Jungen gefunden haben, veranlaßt mich, einige Hinweise über den Schwingenflugmodellbau zu veröffentlichen.

*) Anläßlich dieses Artikels wird schon jetzt auf das demnächst im Verlag dieser Zeitschrift erscheinende ausführliche Buch über den Schwingenflug von dem gleichen Verfasser hingewiesen.

Abb. 1. Kleines Schwingenflugmodell im Fluge. Photo: [illegible]


20
1
8
S
3
6
7
1
2
5
4
2
11
8
1
S
9
14
13
19
14
13
15



he Seite 306 ff.)

Da sich die Vorführung der Modelle bald herumgesprochen hat und viele aus eigenem Antrieb an die Herstellung solcher Modelle herangehen werden, wird es in den meisten Fällen schiefgehen. Da aber insbesondere der Flugphysikunterricht dafür geschaffen ist, lehrend und aufklärend zu wirken, müssen in erster Linie die Lehrer die Fragen beantworten können, die auf diesem Gebiet gestellt werden. Auch dazu soll ihnen dieser Artikel verhelfen.

Nun wird aber trotzdem nicht alles glatt gehen und auf Anhieb funktionieren, oder es werden Änderungen, neue, bisher auch von mir nicht beachtete Erscheinungen hervorgerufen. Dann gibt es Fragen, und die sollen, so gut es geht, eine Antwort finden; denn wenn wir dies Problem nun in Angriff nehmen, dann müssen wir gemeinsam ans Werk gehen, damit die gemeinsame Arbeit uns auch gemeinsam weiterbringt. Deshalb habe ich auf Anregung von Oberregierungsrat Helbig das Muster eines Fragebogens an den Schluß der Arbeit gestellt, der ausgefüllt an das DFS. zu schicken ist und von dort beantwortet wird. Ich werde dann laufend über unsere gemeinsamen Ergebnisse berichten. Im nächsten Jahre treffen wir uns zu einem Wettbewerb der Schwingenflugmodelle, und ich bin fest überzeugt, daß wir auf diesem Wege sehr bald mehr erreichen werden, als bisher auf diesem Gebiet geleistet wurde. Schritt für Schritt müssen wir vorangehen, vom Kleinen ins Große, dann kann uns der Erfolg nicht versagt bleiben.

Und nun zu unseren Modellen:

Abb. 1 und 2 zeigen ein kleineres und ein größeres Schwingenflugmodell in der von mir entwickelten Bauweise. Die Modelle wurden von den Herren Mittelstaedt und Antusch, beide DFS., hergestellt.

Die bisher erreichten Flugleistungen waren:

Kleines Modell		Großes Modell
Spannweite	73 cm	114 cm
Gewicht	30 g	95 g
Spannweite der Schwingen Spannweite des Tragflügels	20,5 cm 32 cm	29 cm 56 cm
Anschlagwinkel der Schwingen	80°	90°
Aufziehzahl bzw. Flügelschlagzahl	130	180
mittlere Schlagzahl . . .	350/min	300/min
größte Flugdauer	22 s	50 s
größte Flugstrecke . . .	120 m	300 m

Der grundsätzliche Aufbau der Modelle ist bei beiden der gleiche. In dem offenen oder geschlossenen Rumpf ist in der Mitte unter dem Tragflügel eine doppelt gekröpfte Kurbel angebracht, die von zwei nach beiden Rumpfenden gezogenen Gummisträngen angetrieben wird (Abb. 3). Diese Stranganordnung wurde gewählt, um das Antriebsgewicht um den Schwerpunkt zu verteilen und den einseitigen Lagerzug auszugleichen. An den Kröpfungen der

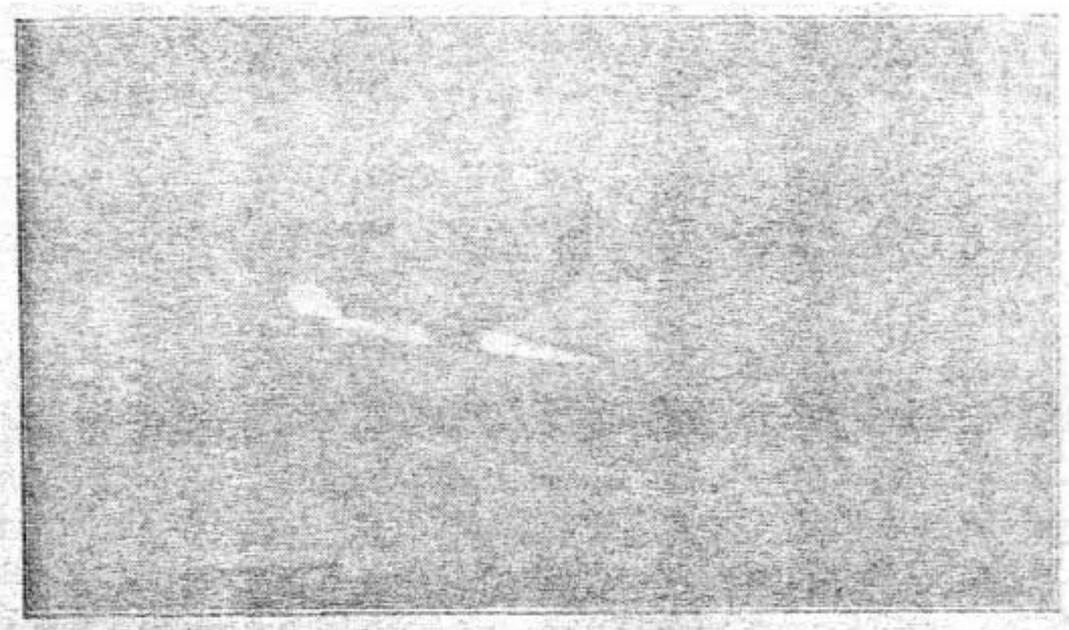


Abb. 2. Großes Schwingenflugmodell im Flug. Photo: Baumert.

Kurbelwelle ist je eine Pleuelstange angeschlossen, die unter dem Tragflügel bis an den Schwingenantriebshebel läuft. An diesen Hebeln sind die Holme der Schlagflügel starr angeschlossen. Die Schwingen schlagen um in Flugrichtung angeordnete Gelenke, die an den Enden des mittleren starren Tragflügels angebracht sind. Die Schlagflügel bestehen aus den starren Holmen und sind mit Japanpapier bespannt, ohne Rippen.

Am Rumpfende befinden sich normale Höhen- und Seitenleitwerke.

Der grundsätzliche Aufbau der Modelle ist gekennzeichnet durch einen starren Mittelflügel, an dessen Enden die Schlagflügel sitzen, so daß der Auftrieb durch den starren Flügel und der Vortrieb durch die schlagenden Flügelspitzen erzeugt wird. Der Gedanke ist keinesfalls neu, sondern bereits von Lilienthal in seinem Werke „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst (1889)" ausgesprochen: „An dem Auf- und Niederschlag brauchen nur die Enden der Flügel teilzunehmen. Der nur tragende Flügelteil kann wie beim Segeln unbeweglich bleiben." Wie ich weiter unten noch erläutern will, ist nämlich der beste Vortrieb dann zu erreichen, wenn der Schlagflügel nicht noch zur Auftriebserzeugung herangezogen wird. Dies wird bei meinen Modellen dadurch erreicht, daß zwischen starrem Tragflügel und den Schwingen eine Differenz im Einstellwinkel vorhanden ist, so daß der Tragflügel mit positivem Anstellwinkel tragend wirkt, während die Schwingen ohne Anstellwinkel in der Mittelstellung, also auch nichttragend, eingestellt sind.

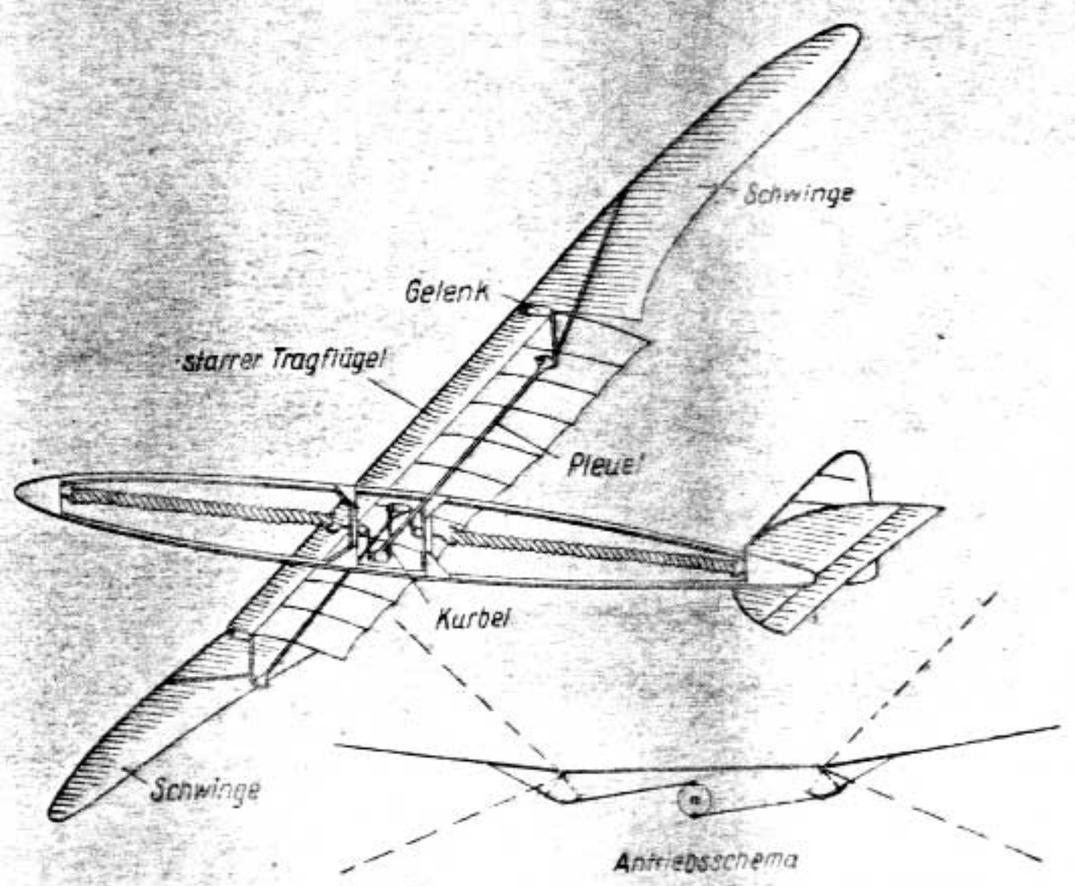


Abb. 3. Schwingenflugmodell von Lippisch.

Dies ist sehr wesentlich; denn nur dadurch gelingt es, den Motor voll zum Ablaufen zu bringen und ein schnelles, gleichmäßiges Schlagen der Flügelspitzen zu erzeugen.

Der mittlere Tragflügel muß mit den Leitwerken zusammen eine einwandfrei fliegende Zelle bilden, so daß das ganze Modell mit abgelaufenen Schwingen einen brauchbaren Gleitflug ausführt. Frühere Schwingenflugmodelle, wie sie z. T. auch im Handel erhältlich waren, sind in dieser Beziehung völlig mangelhaft. Wenn aber das Modell keinen normalen Gleitflug auszuführen imstande ist, dann braucht man zum Kraftfluge viel zuviel Leistung und erhält doch nur einen gestreckten Gleitflug und keinen richtigen, steigenden Motorflug.

Die Modelle sind naturgemäß sehr leicht gebaut, einmal um auf diese Weise brauchbarere Flugleistungen zu erreichen, aber viel mehr um geringe Fluggeschwindigkeiten für den Anfang herzustellen. Es ist nämlich immerhin schwierig, mit dem mit abfallender Leistung ablaufenden Gummistrang eine ausreichend schnelle Schlagzeit (Frequenz) zu erzielen. Die Luftdämpfung und die Massenträgheit bedingen eine bestimmte Frequenz, die aber mit der Fluggeschwindigkeit in enger Beziehung steht. Genau wie eine Luftschraube entsprechend der Steigung und Tourenzahl einer bestimmten Fluggeschwindigkeit angepaßt ist, genau so hat die Schwinge eine günstigste Fluggeschwindigkeit.

Da man die Frequenz aber noch nicht so gut beherrscht wie die Tourenzahl der Schraube, muß man mit der Fluggeschwindigkeit möglichst niedrig bleiben, weil dann die Schwinge in jedem Fall Vortrieb liefern kann. Fliegt das Modell aber zu schnell, dann kommt die Schwinge nicht nach und läuft sozusagen leer mit.

Auch die Frequenz der Schwinge wird am besten durch geringes Eigengewicht hergestellt; denn ein schweres Pendel schlägt langsamer als ein leichtes.

Der Bau des kleinen Modells ist auf Seite 306 ff. beschrieben.

Jetzt will ich kurz den eigentlichen Schwingenflugeffekt erläutern. In Abb. 4 ist schematisch die Flügelbewegung des Vogels dargestellt. Durch Auf- und Abschlagen beschreiben die äußeren Flügelteile eine Wellenbahn, die an der Flügelspitze am längsten und demnach auch am steilsten ist.

Während des Niederschlages wird der Flügel nach außen negativ verwunden, so daß der Flügel wie ein Luftschraubenblatt die Luft nach hinten beschleunigt. Beim Aufschlag wird der Flügel positiv verwunden, damit er mit möglichst geringem Widerstand wieder in die Ausgangsstellung zurückgeführt werden kann.

Der Niederschlag leistet beim Vogelflügel die Vortriebsarbeit, während der Aufschlag möglichst wenig dieser Nutzarbeit vernichten soll. Die Bewegungsrichtung des niederschlagenden Außenflügels ist nach vorn unten (Abb. 5).

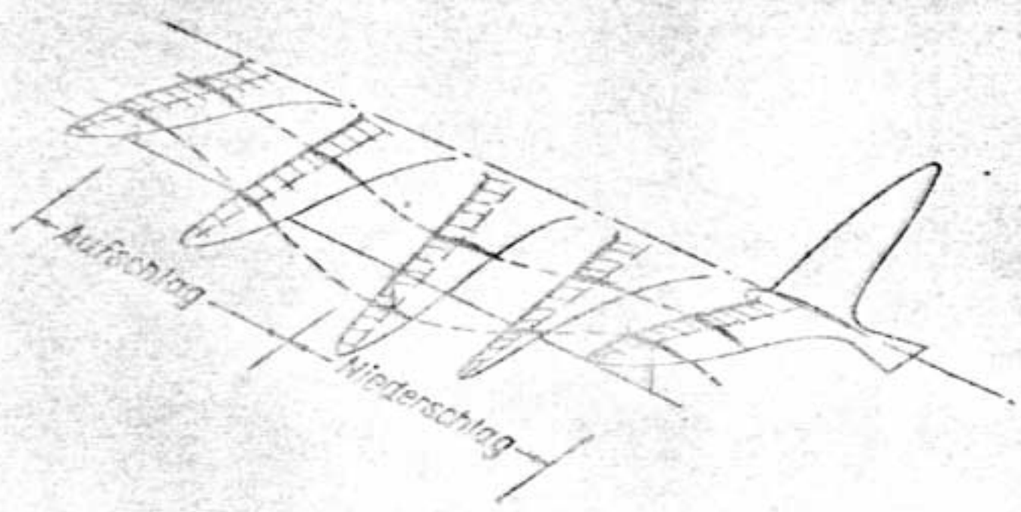


Abb. 4. Bewegungsbahnen der Flügelteile beim Schlagflügel.

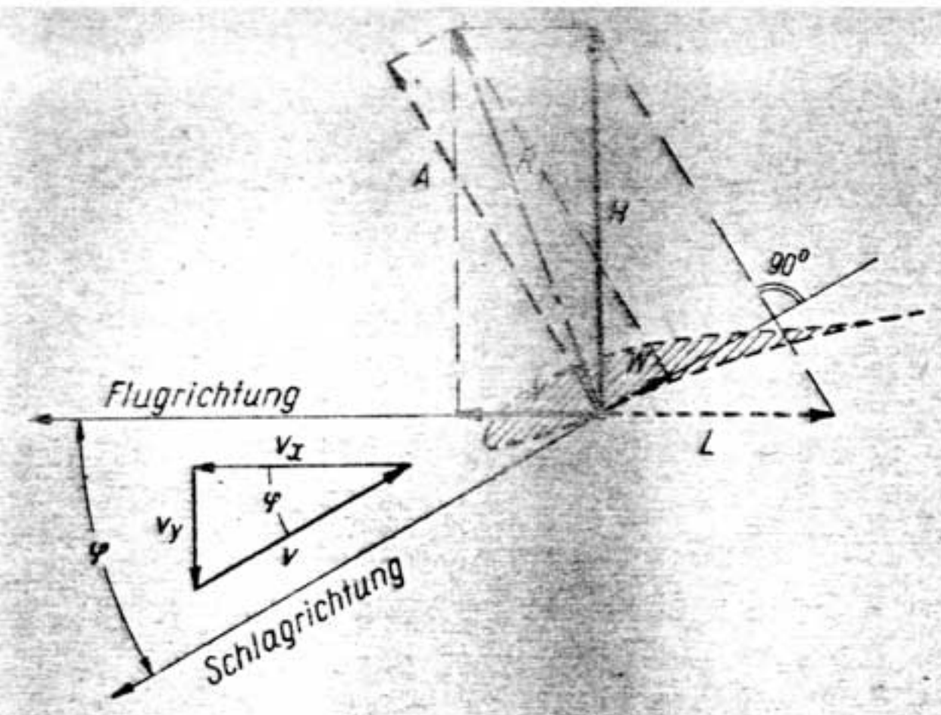


Abb. 5. Kräfte am niederschlagenden Flügel: A = Auftrieb, W = Widerstand, R = Resultierende, H = Hubkraft, V = Vortrieb, L = Schlagleistungskraft. Der Wirkungsgrad bei der Vortriebserzeugung ist aus der Konstruktion direkt abzulesen als Verhältnis der Längen V : L; denn der Wirkungsgrad ist Vortrieb mal Fluggeschwindigkeit dividiert durch Hubkraft mal senkrechte Schlaggeschwindigkeit.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{V \cdot v_x}{H \cdot v_y}; \quad \frac{v_y}{v_x} = \frac{L}{H}$$

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{V}{L}$$

Aus dieser Konstruktion kann man denjenigen Schlagwinkel φ bestimmen, der für gegebenes W : A den besten Wirkungsgrad liefert, eine physikalisch-geometrische Aufgabe.

Der zu dieser Flugbahn bzw. Anströmungsrichtung positiv angestellte Flügel erhält senkrecht zu der Anströmungsrichtung einen Auftrieb und in der Anströmungsrichtung einen Widerstand. Bezieht man nun die resultierende Luftkraft auf die horizontale Flugrichtung des ganzen Flugzeuges, so erhält man eine senkrechte Hubkomponente und eine waagerechte Vortriebskomponente. Bezeichnet man den Bahnneigungswinkel mit φ, dann ist:

$$\text{Vortrieb} = \text{Auftrieb} \cdot \cos\varphi + \text{Widerstand} \cdot \sin\varphi$$

$$\text{Hub} = \text{Auftrieb} \cdot \sin\varphi - \text{Widerstand} \cdot \cos\varphi.$$

Durch die Niederschlagsneigung hat der Flügel außen auch eine höhere Bahngeschwindigkeit; denn es ist $v = \frac{v_x}{\cos\varphi}$; setzen wir nun analog den üblichen Luftkräften:

$$\text{Hub} = H = C_H \cdot F \cdot \varrho/_2\, v_x^2$$

$$\text{Vortrieb} = V = C_V \cdot F \cdot \varrho/_2\, v_x^2,$$

dann können wir die Schlagflügelbeiwerte C_H und C_V aus den bekannten Beiwerten C_a und C_w berechnen. Es ist nämlich:

$$C_H = \frac{C_a}{\cos\varphi}\,(1 + \varepsilon \cdot \operatorname{tg}\varphi)$$

$$C_V = \frac{C_a}{\cos\varphi}\,(\operatorname{tg}\varphi - \varepsilon).$$

Hierin ist:

$$\varepsilon = \frac{C_w}{C_a} \quad \text{(der Gleitwinkel des Profils).}$$

Der augenblickliche Wirkungsgrad der Schwinge ist:

$$\eta = \frac{\text{Vortrieb} \times \text{Fluggeschwindigkeit}}{\text{Hubkraft} \times \text{Niederschlagsgeschwindigkeit}},$$

also:

$$\eta = \frac{C_V}{C_H \cdot \operatorname{tg}\varphi} = \frac{\operatorname{tg}\varphi - \varepsilon}{\operatorname{tg}\varphi\,(1 + \varepsilon \cdot \operatorname{tg}\varphi)}.$$

Der mittlere Wirkungsgrad während eines vollen Auf- und Niederschlages berechnet sich aus dem Vortriebsmittelwert, dividiert durch den Mittelwert von $C_H \cdot \operatorname{tg}\varphi$; also mathematisch:

$$\eta_{\text{mittel}} = \frac{\int_0^l C_V \cdot ds}{\int_0^l C_H \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot ds}.$$

Ich bringe die Formeln hier nur, um nachdenklichen Gemütern zu zeigen, daß man da sehr interessanten Pro-

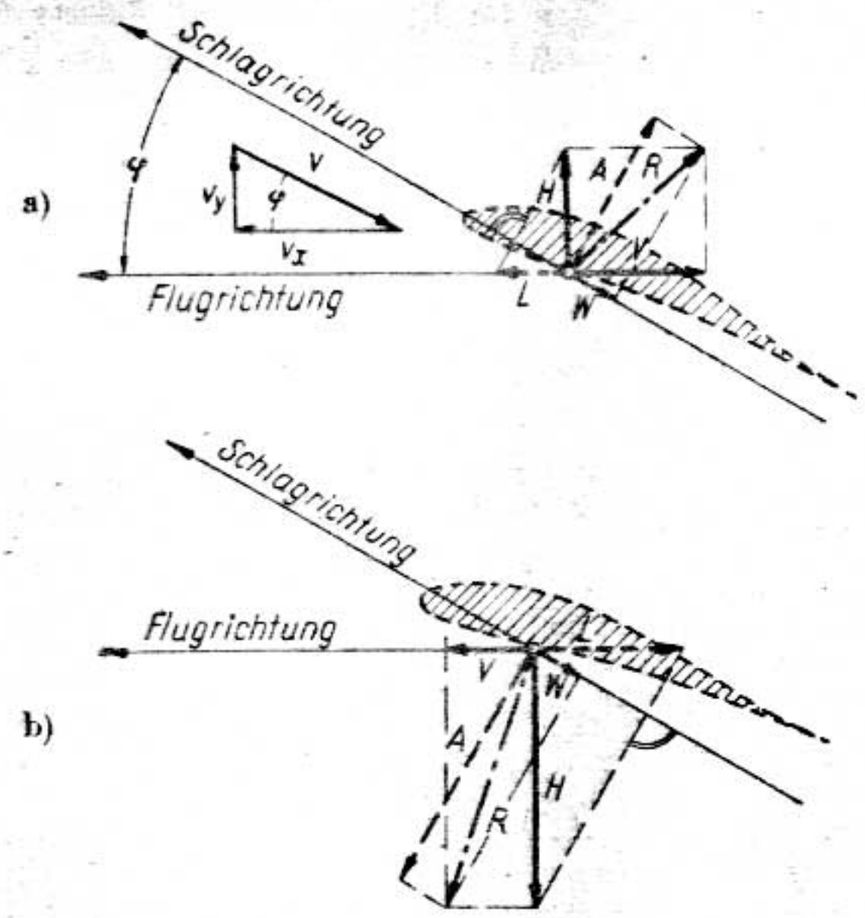


Abb. 6. Kräfte am aufschlagenden Flügel: a) bei positivem Auftrieb, b) bei negativem Auftrieb. (Bezeichnungen und Erläuterung siehe Abb. 5!)

blemen nachspüren kann, und daß man sehr hübsche Aufgaben gerade aus der Behandlung des Schwingenflugproblems ableiten kann.

Beim Aufschlag kehrt sich das Kräftespiel (Abb. 6) um, und wir erhalten, wenn Auftrieb vorhanden ist, Rücktrieb bei der Kräftezerlegung. Wir würden nur dann auch beim Aufschlag Vortrieb erhalten, wenn wir mit negativem Auftrieb arbeiten würden. Abb. 6 erläutert dies.

Beim Vogelflug gilt dies lediglich für die Flügelspitze; jedoch kann man beim Schwingenflugmodell in der von mir gezeigten Weise beim Aufschlag Vortrieb erreichen, indem man die Schwinge in der Mittellage auf Null stellt.

Die oben angeführten Formeln gelten sinngemäß auch für den Aufschlag. Man bedenke, daß dann φ und damit auch $\operatorname{tg}\varphi$ negativ wird, und daß, wenn Abtrieb (negativer Auftrieb) vorhanden, $\varepsilon = \frac{C_w}{C_a}$ ebenfalls negativ ist. Nimmt man nun unter Zugrundelegung einer Polare den Auftrieb oder Anstellwinkelverlauf während eines ganzen Flügelschlages an, dann kann man den Verlauf des Hubes und Vortriebs längs des Flügelschlagweges auftragen (Abb. 7).

Wir sehen oben die schwingende Flügelbahnkurve, darunter den Anstellwinkelverlauf, d. h. den Winkel zwischen Flügelbahnrichtung und Profilsehne. Daraus habe ich die Kurven für Hub und Vortrieb bestimmt.

Die Hubkurve schwingt in gleicher Weise wie der Anstellwinkel und ist gegenüber der Flügelbahnkurve um 90 % phasenverschoben.

Die Vortriebskurve zeigt eine komplizierte Schwingungsform, da der kleine Auftrieb beim Aufschlag auch einen geringen Rücktrieb liefert. Dadurch erhalten wir bei einem mittleren Hub auch einen mittleren Vortrieb. Man kann nun aus diesem Schlagflügeldiagramm den mittleren Wirkungsgrad ableiten und unter Annahme verschiedener Anstellwinkelverläufe diejenige Flügelsteuerung bestimmen, die den besten Wirkungsgrad liefert.

Der beste momentane Wirkungsgrad wird erreicht, wenn die Bahnneigung etwa 50° beträgt.

$$\left(\operatorname{tg}\varphi_{best} = \pm\sqrt{1+\varepsilon^2} + \varepsilon\right)$$

Sind also die Fluggeschwindigkeit und die Schlagweite (Amplitude) gegeben, dann kann man daraus die günstigste Frequenz bestimmen, die so liegen muß, daß $\operatorname{tg}\varphi_{max}$ etwas größer als 1 werden soll.

Dies soll man nach Möglichkeit für die Flügelteile in Nähe der Schlagflügelspitze zu erreichen suchen. Für zu hohe Schlagfrequenz wird der Wirkungsgrad dann wieder schlechter. Im allgemeinen kommt man in diese Gebiete gar nicht hinein und muß froh sein, wenn man nur annähernd die günstigste Frequenz erreicht.

Auch durch Vergrößern der Amplitude kann man die Bahnwinkel steiler bekommen. Dies erreicht man durch Verlängern der Schwinge. Da man in diesem Falle auch mehr Luftbreite beschleunigt, steigt die Leistung im doppelten Sinne, und ich konnte an Hand meiner Modelle feststellen, daß ich damit stets gute Resultate hatte. Leider werden die Schwingen bei Spannweitenvergrößerung sehr schnell schwerer, und damit nimmt dann wieder die Frequenz ab, so daß man nicht leicht über ein gewisses Maß hinauskommt. In jedem Falle ist eine schmale, lange Schwinge besser als eine breite, kurze, wenn letztere auch schneller schlägt.

Die Schwingen meiner Modelle sind aerodynamisch natürlich noch sehr primitiv ausgebildet. Die Papierfahne stellt sich von selbst ein und wirft die Luft in Art eines Fächers nach hinten. Vorderhand muß man diese Selbsteinstellung in Kauf nehmen, da eine Verstellmechanik bei kleinen Modellen sich nicht lohnt. Ich habe jedoch schon feststellen können, daß ganz leichte Rippen eine weitere Verbesserung bringen, wenn die Elastizität richtig abgestimmt wird.

Wichtig für den Bau guter Schwingen ist unbedingt die elastische Hinterkante. Ein starrer Flügel erzeugt viel weniger Vortrieb als ein hinten elastischer Flügel.

Die Erklärung finden wir, wenn wir bedenken, daß der auf- und abgehende Flügel einen schnellen Auftriebswechsel erzeugen muß. Die Auftriebsänderung ist aber an die Ablösung des entsprechenden Anfahrwirbels gebunden, und dessen Entstehung und Ablösung wird durch die elastische Hinterkante wesentlich beeinflußt oder überhaupt erst möglich gemacht. Diese beschleunigten Strömungsvorgänge sind sehr verwickelter Natur und heute nur wenig erforscht, weshalb auch die Strömungsvorgänge am auf- und abschlagenden Flügel völlig unbekannt sind. Es gibt lediglich Theorien über den auf- und abschlagenden Flügel mit unendlicher Spannweite.

Vom starren Tragflügel her kennen wir die sich ablösenden Randwirbel, die den induzierten Widerstand

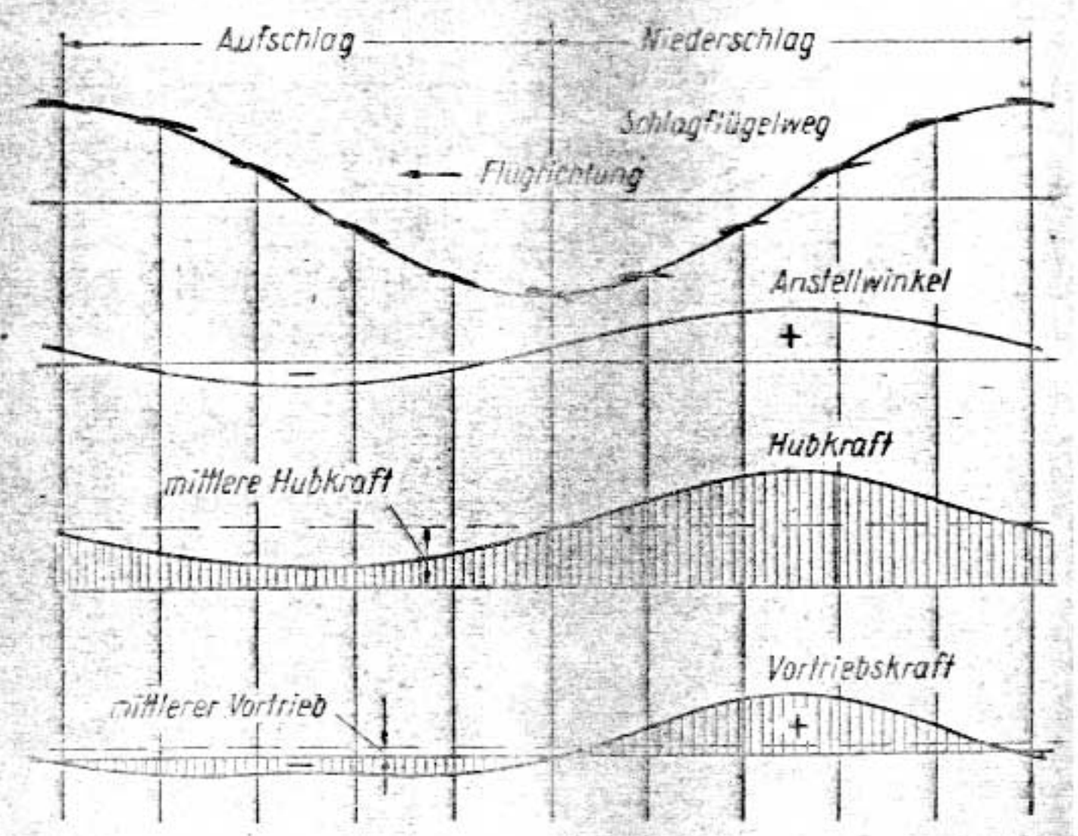


Abb. 7. Kräfteverlauf während eines Flügelschlages (Schlagflügeldiagramm).

leisten. Wie dieses Wirbelsystem hinter dem Schlagflügel aussieht, das wissen wir noch nicht.

Eine Vorstellung hiervon kann man erreichen, wenn man das Modell mit einer rauchenden Flüssigkeit bestreicht und in einem Raume bei ruhiger Luft fliegen läßt. Was ich bisher festgestellt habe, hat mit dem üblichen Tragflügelsystem keine Ähnlichkeit.

Aus diesem Grunde kann man nichts über den Gesamtwirkungsgrad des ganzen Flugzeuges mit schwingenden Flügeln aussagen. Man kann lediglich die obige Betrachtung entsprechend der Luftschraubenblattheorie machen, die einem wenigstens die Grundgesetze klarmachen kann.

Wenn aber das Wirbelfeld hinter dem Tragflügel ein anderes ist, dann gelten auch die Gesetze des induzierten Widerstandes nicht in der bekannten Form, und dann ist es sehr wohl möglich, daß der induzierte Widerstand eines Schlagflügels günstiger ausfällt als der des starren Flügels.

Ich will hier nur zeigen, was alles für Einzelfragen in dem Schlagflügelproblem stecken, und daß eine Aussage über die zum Fliegen mit Schwingenschlag notwendige Leistung heute nicht möglich ist.

Selbstverständlich brauchen die kleinen Modelle verhältnismäßig viel Leistung, weil einmal der Motorantrieb etwa 50% der Gummienergie in Schlagarbeit verwandelt; denn in der Totpunktlage wird die Energie nutzlos verpufft, und die Reibung verzehrt auch einiges.

Andererseits sind die einfachen Schwingen wohl kaum als aerodynamisch hochwertig zu erachten. Um so erstaunlicher sind die Leistungen, und ich glaube bestimmt, daß wir auf diesem Gebiet noch manche Überraschung erleben werden. Damit sehen wir aber klar, wie wir weiterarbeiten müssen:

1. Verbesserung des Antriebswirkungsgrades dadurch, daß der Verlust der Totpunktarbeit ausgeschaltet wird.
2. Beherrschung der Schlagflügelfrequenz auch bei schweren Flügeln durch Massenausgleich und zusätzliche Federung (Frequenzabstimmung).
3. Verbesserung der Schwingen in aerodynamischer Hinsicht, insbesondere beim Übergang zu größeren Modellen.
4. Zwangsweise Steuerung der Schwingeneinstellwinkel, z. B. durch eine weitere Kurbelkröpfung, die phasenverschoben ist.
5. Versuche zur Kenntlichmachung der Strömungsvorgänge an dem schwingenden Flügel.
6. Versuche mit anderen Schlagflügelanordnungen, wie ich sie bereits früher beschrieben habe.*)
7. Aufmerksame Beobachtung des Vogelfluges. Aufzeichnungen über Schlagdauer in Abhängigkeit von der Flügelgröße und Fluggeschwindigkeit.

Zum Schluß noch einen Rat: Immer Schritt für Schritt vorwärtsarbeiten, nicht gleich ein zu großes, kompliziertes Modell bauen! Nur folgerichtige, systematische Arbeit bringt einen neuen Erfolg.

*) Siehe meine Aufsätze „Der Schwingenflug" im „Segelflieger", XI. Jahrgang, Heft 9, 10, 11 und 12/1936.

Fragebogen-Muster

Anschrift:

Angaben über das Modell:

1. Gewicht (flugfertig) . . . . . (Gramm)
2. Flügelinhalt (gesamt) . . . . . (qdcm)
3. Flügelinhalt der Schlagflügel . . . . . je . . . . . (qdcm)
4. Spannweite (gesamt) . . . . . (cm)
5. Spannweite der Schwinge je . . . . . (cm)
6. Gewicht des Antriebsgummis . . . . . (Gramm)
7. Hakenabstand . . . . . (cm)
8. mittlere Schlagzahl . . . . . (pro Minute)
9. Schlagweite an der Flügelspitze bzw. Ausschlagwinkel . . . . . (cm, Grad)
10. Angaben über besondere Formgebung und konstruktive Gestaltung (gegebenenfalls Lichtbild des Modells) . . .

Mitteilung:

Senden an:

Deutsche Forschungsanstalt für Segelflug, Abt. VI,
Darmstadt,
Flughafen.

Schwingenflugmodell

von Alexander Lippisch, Darmstadt

Werkstoffpackung einschl. Klebstoffe

in vorschriftsmäßiger, besonders geprüfter Zusammenstellung RM 1.50

Hellingbrett RM -.30 zuzügl. Porto und Verpackung

Hugo Wegner · Naumburg (Saale)

Scherbitzberg