Karl Herzog: Der Schwingenflug in der Natur und in der Technik.
Erschienen in der Heftreihe Mechanikus, J.F. Schreiber Verlag Esslingen, **März 1963**
Das Copyright liegt heute beim AUE-Verlag, Möckmühl, Deutschland.
Texte und Zeichnungen dürfen nicht an anderer Stelle veröffentlicht werden.

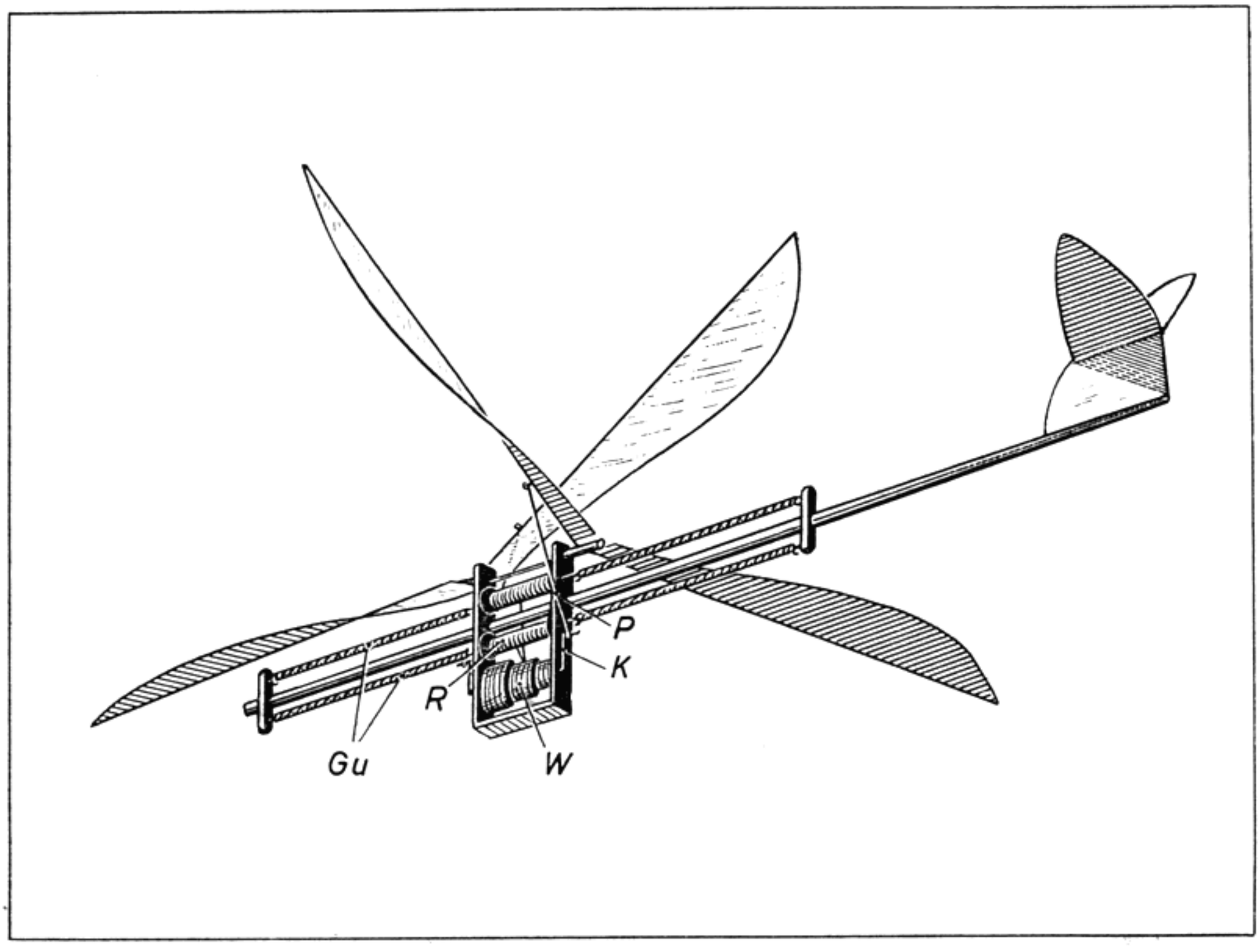
Der Schwingenflug in der Natur und in der Technik

TEIL III. — Schwingenflugmodelle von E. v. Holst

Der Biologe, Professor **Dr. Erich v. Holst,** war bis zu seinem Tod am 26. Mai 1962, Direktor des Max-Planck-Instituts für Verhaltensphysiologie in Seewiesen bei Starnberg. Er gehörte als ordentliches Mitglied der Göttinger und der Heidelberger Akademie der Wissenschaften sowie der deutschen Akademie der Naturforscher zu Halle an und war korrespondierendes Mitglied der bayerischen Akademie der Wissenschaften. Als Naturforscher und Aerodynamiker war er weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt. Ein beträchtlicher Teil seines Lebenswerkes steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der Lösung elementarer und auch höchst komplizierter modellfliegerischer Probleme; sein Name bleibt repräsentativ für mehrere Entwicklungsrichtungen in der Geschichte des wissenschaftlich betriebenen Modellflugs. Es ist an der Zeit, seine Versuche und Ergebnisse aus diesem Forschungsgebiet zumindest in einer gedrängten Übersicht darzustellen, so lange dies aus der persönlichen Erinnerung und aus nachgelassenen Schriften noch möglich ist.

Erich v. Holst war als Wissenschaftler sehr vielseitig. Unter anderem machte er es sich zur Aufgabe, den Schwingenflug der Vögel, Fledermäuse und Insekten zu erforschen. Am Zoologischen Institut der Universität Göttingen experimentierte er mit Insekten und Schmetterlingen. Durch ausgedehnte und sorgfältige Beobachtungen stellte er fest, auf welche Weise die Schwingenbewegungen kleiner Insektenflügel ausgeführt werden und ermittelte deren Schlagfrequenz. Als er 1939 diese Untersuchungen im wesentlichen abgeschlossen hatte, bewies er die Richtigkeit seiner Ergebnisse durch Freiflugversuche. Zunächst baute er ein kleines *„künstliches Insekt"*, also ein freifliegendes Schwingenflugmodell, das möglichst genau nach dem Prinzip des Insektenflugs arbeiten sollte; es hatte eine Spannweite von 35 cm und das erstaunlich geringe Gewicht von nur 7 g. Gebaut war das Modell aus Stroh-

Abb. 19 *Übersichtszeichnung der „künstlichen Libelle": Gu=Gummimotor, R=Fadenrolle, W=stufenförmige Wickelplatte mit elliptischem Querschnitt, K=Kurbel, P=Pleuelstange*



halmen, Nähseide und Seidenpapier. Trotz des verhältnismäßig klein dimensionierten Gummimotors erreichte es, bei einer Steighöhe von etwa 2 m, die beachtliche Flugzeit von 44 sec — schade, daß dieses einzigartige Miniaturmodell damals nicht fotografiert worden ist. Die Bauunterlagen sind nicht erhalten geblieben.

Von seiner 1940 gebauten *„Libelle"* existiert dagegen noch eine Übersichtszeichnung (Abb. 19), in der die Wirkungsweise schematisch dargestellt ist. Bei einer Länge von 48 cm hatte dieses Modell eine Spannweite von 53 cm und ein Fluggewicht von 12 g. Wie eine natürliche Libelle trug das Modell 2 Flügelpaare, die hintereinander angeordnet waren. Die Flügel, die sich beim Auf- und Niederschlag verwanden, hatten Holme mit fest eingestellter positiver V-Stellung; beide Flügelpaare waren auf einer gemeinsamen Welle gelagert, auf der sie in bestimmten Grenzen Kippbewegungen nach rechts und links ausführen konnten. Zum Antrieb jedes Flügelpaares diente ein eigener Gummimotor, der über ein Rollensystem Fadenzüge in Bewegung setzte (Abb. 19). Der genaue Ablauf soll in einem späteren Zusammenhang dargestellt werden; hier sei zunächst nur das Prinzip erwähnt. Durch das Fadengetriebe wurde erreicht, daß die Flügelpaare gegensinnig ausschlugen; während der Flügel der einen Seite hochging, schlug der dahinterliegende Flügel der gleichen Seite nach unten. Auf der anderen Seite erfolgte die nämliche Bewegung in umgekehrter Reihenfolge. Der Rumpf war ein Stab aus Balsaholz; alles andere bestand aus Strohhalmen, Binsen und Seidenpapier. Das Modell hatte verhältnismäßig gute Flugeigenschaften; im Steigflug erreichte es Höhen von 6—7 m. Durch das Auf- und Niederschlagen der Flügel wurde die Flugstabilität nicht beeinträchtigt.

Auf der gleichen Entwicklungslinie ist ein weiteres Modell einzuordnen, bei dem eine strengere Synchronisation des Flügelschlages erreicht werden sollte. Im Unterschied zur ersten „Libelle" wurden hier gegenläufige Schwinghebel eingebaut, die jeweils eine vordere Flügelhälfte mit der gegenüberliegenden anderen Flügelhälfte des hinteren Flügelpaares verbanden. Die voneinander abhängige Bewegungsfolge entspricht etwa der von rasch schwingenden Waagebalken. Die kennzeichnenden Merkmale des Libellen-Flugs waren auch bei diesem verfeinerten Versuchsmodell vollständig beibehalten worden.

Modelle, die den physiologisch untersuchten und richtig definierten Ablauf natürlicher Bewegungen unter Zuhilfenahme der Mechanik imitierten, haben selbstverständlich nicht viel mit den eigengesetzlich entwickelten Leistungsmodellen der sportlichen Wettbewerbspraxis zu tun. Ihre Eigenschaften sind nicht mit denen der heute üblichen Klassenmodelle vergleichbar. Obwohl es sich bei ihnen um Flugmodelle handelt, muß man sie in erster Linie als mechanische Demonstrationsapparate auffassen, die bei der Erforschung der Natur und bei der Erklärung des in diesem Zusammenhang beobachteten Verhaltens Hilfsdienste leisteten. Da sich aber E. von Holst bei der Erforschung des natürlichen Flugs technischer Mittel bediente, kam er hinsichtlich seiner Methode den Forschungsplänen der Luftfahrtindustrie nahe.

Gerade von dem erwähnten Modell der künstlichen „Libelle" sind Anregungen übernommen worden, als die Focke-Wulf-Flugzeugwerke ein Triebflügelprojekt in Angriff nahmen. Unter Benützung der bei der „Libelle" gemachten Erfahrungen, baute E. von Holst ein Triebflügel-Flugmodell mit elastisch verwindbaren Flügelpaaren, die gegenläufig rotierten (Abb. 20 u. 21); er führte es dem Focke-Wulf-Chefkonstrukteur Prof. Tank 1943 in Bad Eilsen im Flug vor.

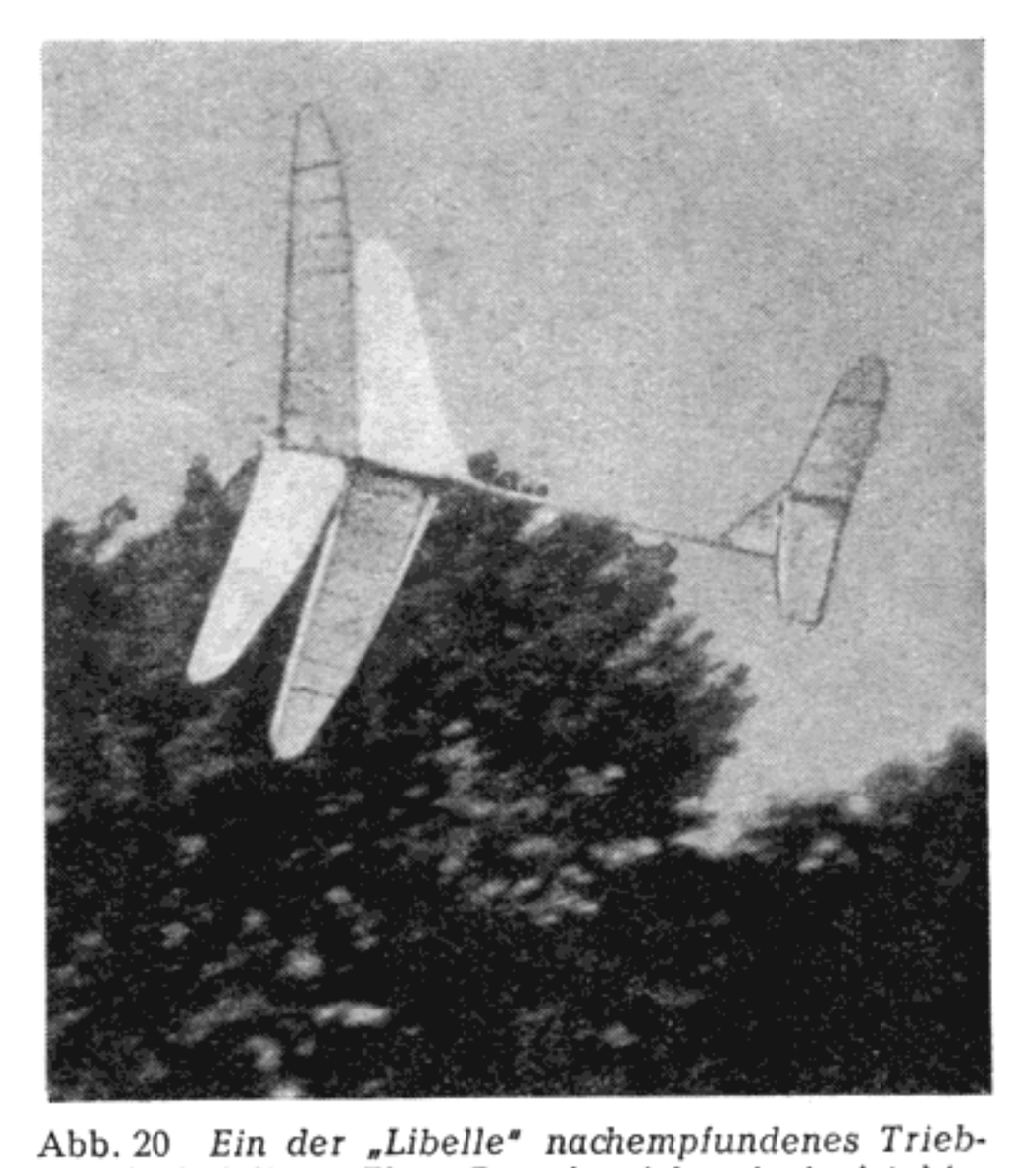


Abb. 20 *Ein der „Libelle" nachempfundenes Triebflügel-Modell im Flug. Das Antriebsprinzip ist hier ähnlich wie bei Abb. 19; nur wurde in diesem Fall eine gegenläufige Rotation der in sich weich verwindbaren Drehflügelpaare erprobt.*

Ein weiteres Arbeitsgebiet, dessen sich E. von Holst jahrzehntelang angenommen hat, war die Erforschung des Vogelflugs. Auch hier war er bemüht, die am natürlichen Bewegungsablauf gewonnenen Erkenntnisse unmittelbar auf das Flugmodell zu übertragen. Seine *„künstlichen Vögel"* erregten damals in Fachkreisen beträchtliches Aufsehen. Zwar sind diese Schwingenflugexperimente in den Jahren vor dem Krieg in Büchern, Fachzeitschriften, sowie in Privat- und Sonderdrucken beschrieben worden; heute besteht aber die Gefahr, daß sie der junge Techniker oder Modellflieger nicht einmal mehr dem Hörensagen nach kennen lernt. Deshalb sollen die bezeichnenden Merkmale der wichtigsten Vogelmodelle nachstehend wiedergegeben werden.

Das erste Modell von E. von Holst war der *„Bussard"* (Abb. 22). Es hatte eine Rumpflänge

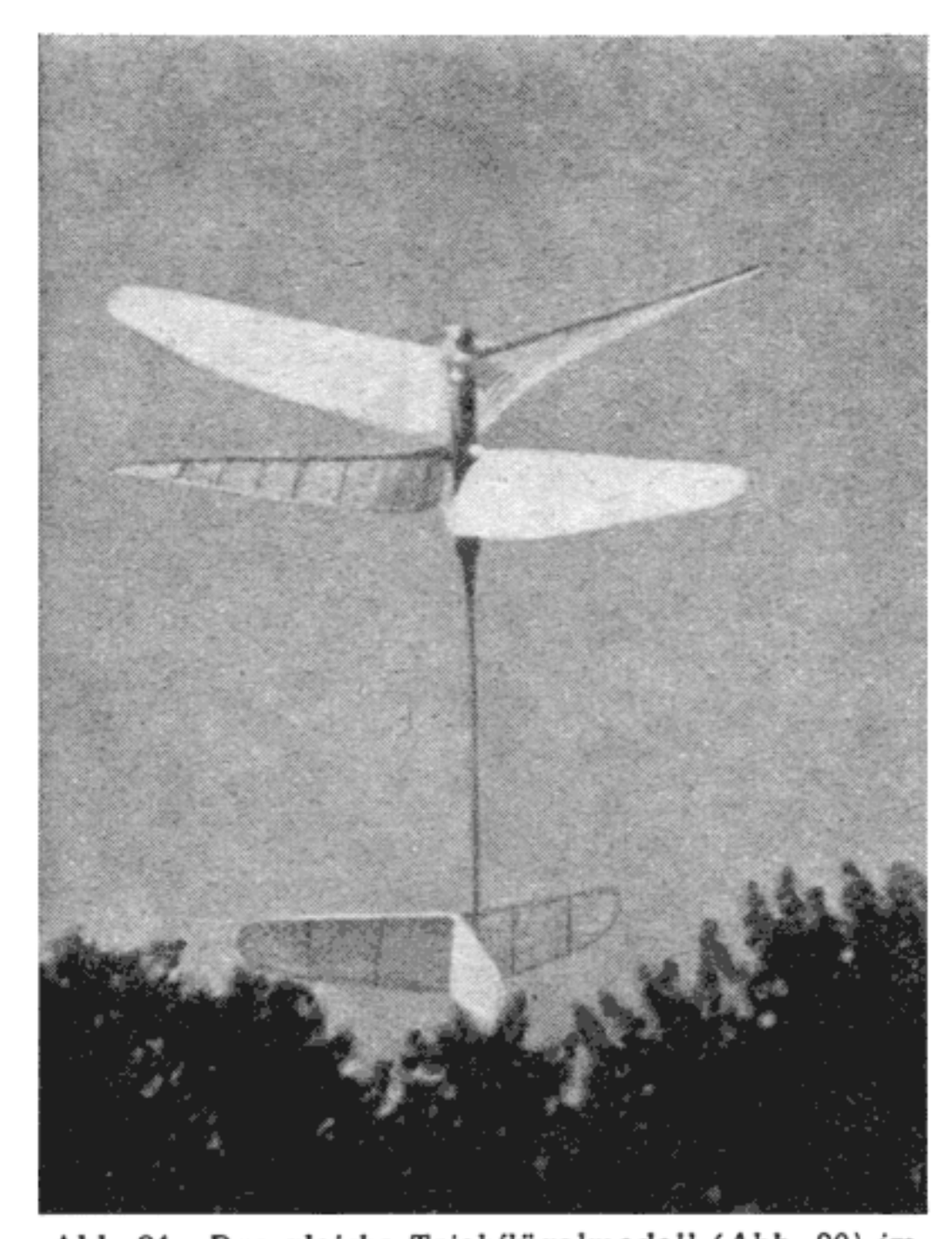
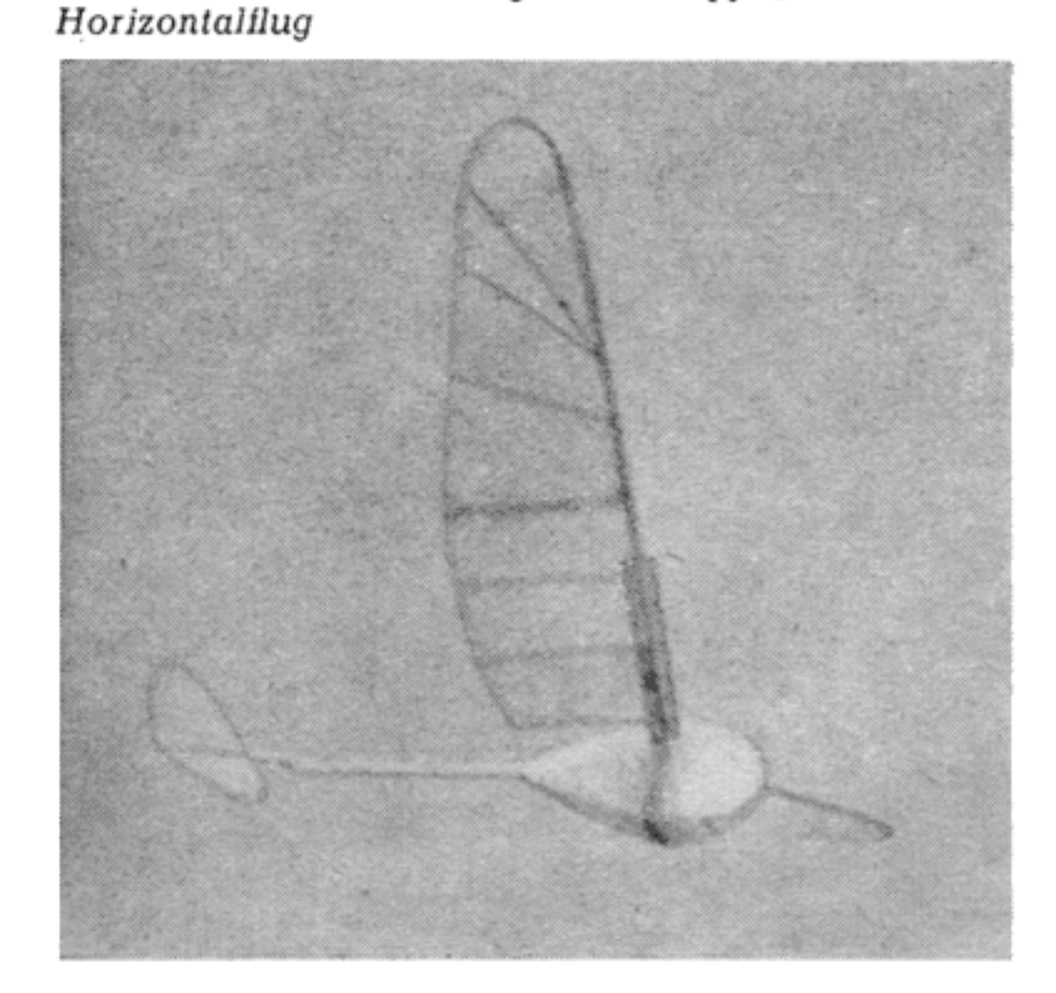


Abb. 21 *Das gleiche Triebflügelmodell (Abb. 20) im senkrechten Steigflug*

von 45 cm, eine Spannweite von 97 cm und ein Fluggewicht von 24 g. Zwei stark dimensionierte Gummimotore, die vor und hinter den Flügelholmen angebracht waren, dienten zum Antrieb dieses leichten Modells. Es stieg in einem Winkel von etwa 45° (Abb. 23) und vermochte, wie gewisse Raubvogelarten, in der Luft zu rütteln (vgl. S. 49, Abb. 16); nach Ablauf des Gummimotors kehrte das Modell im Gleitflug leicht und elegant zur Erde zurück.

Abb. 22 *Künstlicher Vogel vom Typ „Bussard" im Horizontalflug*



1953 baute E. von Holst seinen *„Schwan"* (Abb. 24). Dieser mächtige Vogel hatte eine Spannweite von 245 cm, eine Rumpflänge von 125 cm und ein Fluggewicht von 185 g. Als Baumaterial wurden diesmal vorwiegend Balsaleisten verwendet; dazu kamen Schilfrohr und Strohhalme; als Bespannung diente Japan-Seidenpapier. Die Flächenbelastung lag etwa bei 3,50 g/dm². Bei diesem sehr leicht gebauten Modell arbeiteten die Flügel langsam; aber schon mit einer Frequenz von 1 bis 1½ Schwingenschlägen pro Sekunde, lieferten die Flügel genügend Auftrieb zum freien Flug und dazu noch einen beträchtlichen Vortrieb. Weil dieser künstliche Vogel geradezu im Zeitlupentempo flog, konnte man den Ablauf der Flügelbewegung zum ersten Mal mit dem bloßen Auge verfolgen. Abb. 25 u. 27 zeigen den „Schwan" im Moment der Flügelhebung, Abb. 24 u. 26 während des Flügelniederschlages. Die Aufnahmen lassen erkennen, daß der Armabschnitt des Flügels in allen Phasen der Schwingenbewegung vorwiegend in Flugrichtung

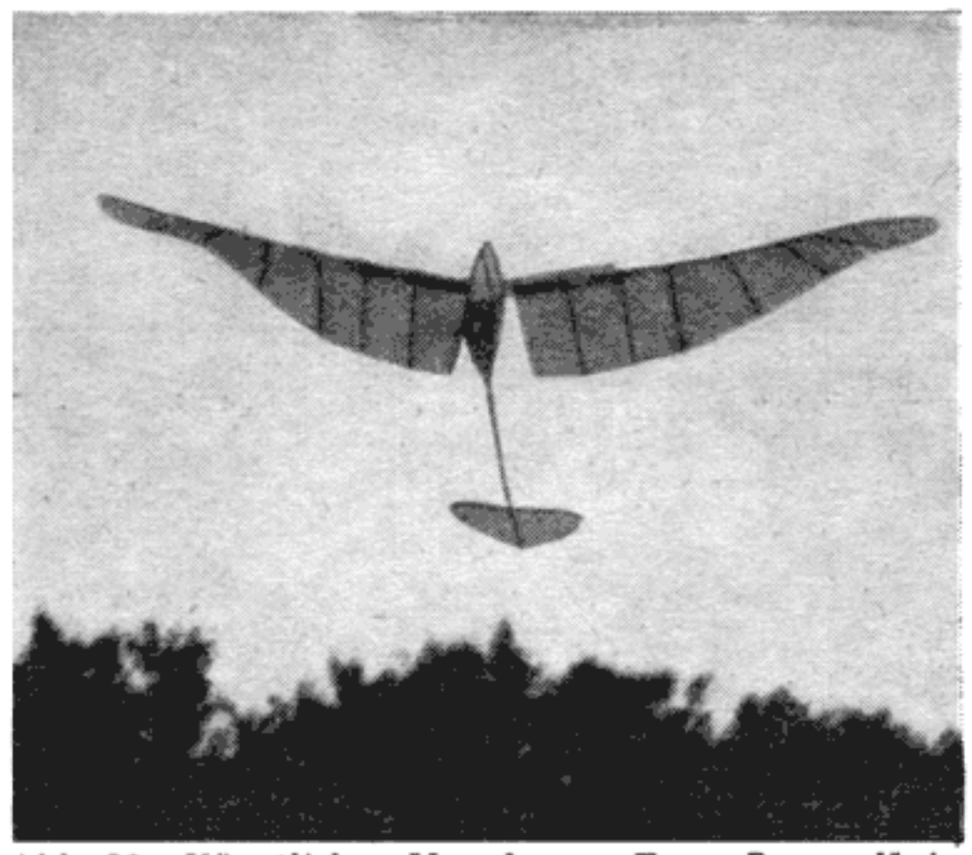


Abb. 23 *Künstlicher Vogel vom Typ „Bussard" im Steigflug*

eingestellt bleibt, womit er also seiner Aufgabe als Tragfläche gerecht wird; die Handschwinge führt hingegen fortlaufend Drehschwingungen aus und liefert dadurch Vortrieb. Das Modell „Schwan" erhob sich mit langsamen Flügelschlägen bis zur Höhe der Baumspitzen und kam im Gleitflug wieder zur Erde zurück. Die größte Steigflughöhe (Abb. 27) wurde mit 15 m gemessen. Mit dem Modell des „Schwan" hat E. von Holst seine grundlegenden Schwingenflugexperimente praktisch abgeschlossen. Er stellte damit unter Beweis, daß seine Theorien über den Tierflug richtig sind; gleichzeitig hat er aber auch gezeigt, daß ein technischer Schwingenflug nach dem Vorbild der Natur möglich ist. Sowohl der tierische Flug als auch der Schwingenflug der Modelle kommt durch „Präzisionsbewegungen" zustande, deren Wirkung nur in ganz engen Grenzen optimal sein kann. Die einzelnen Phasen, die innerhalb der Bewegungsabläufe eines Schwingenflugs möglich sind, lassen sich

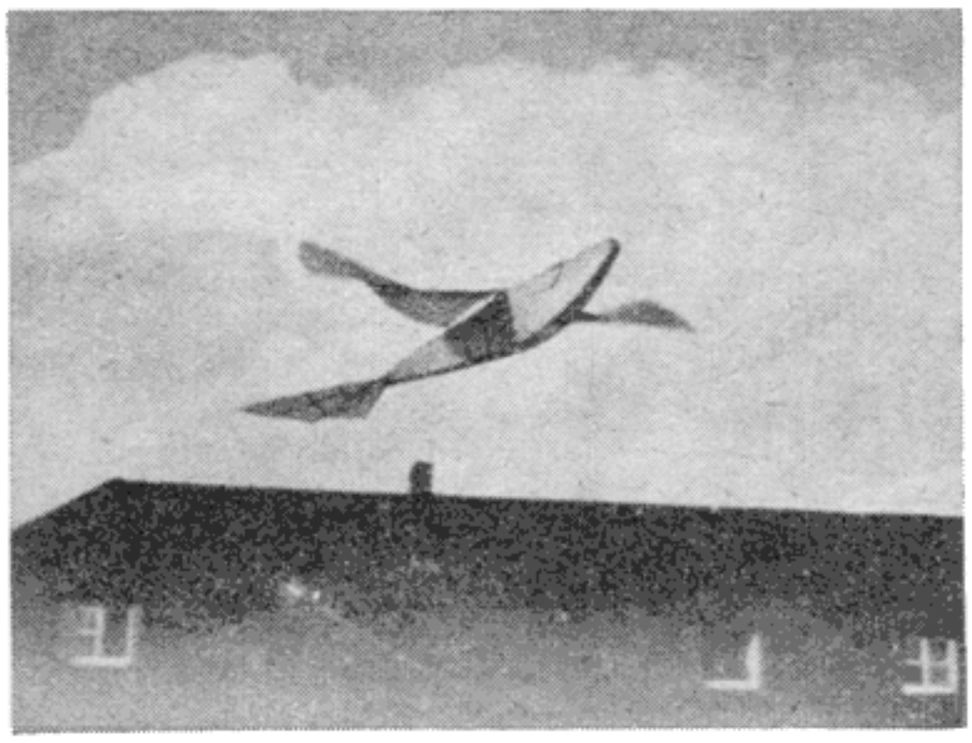


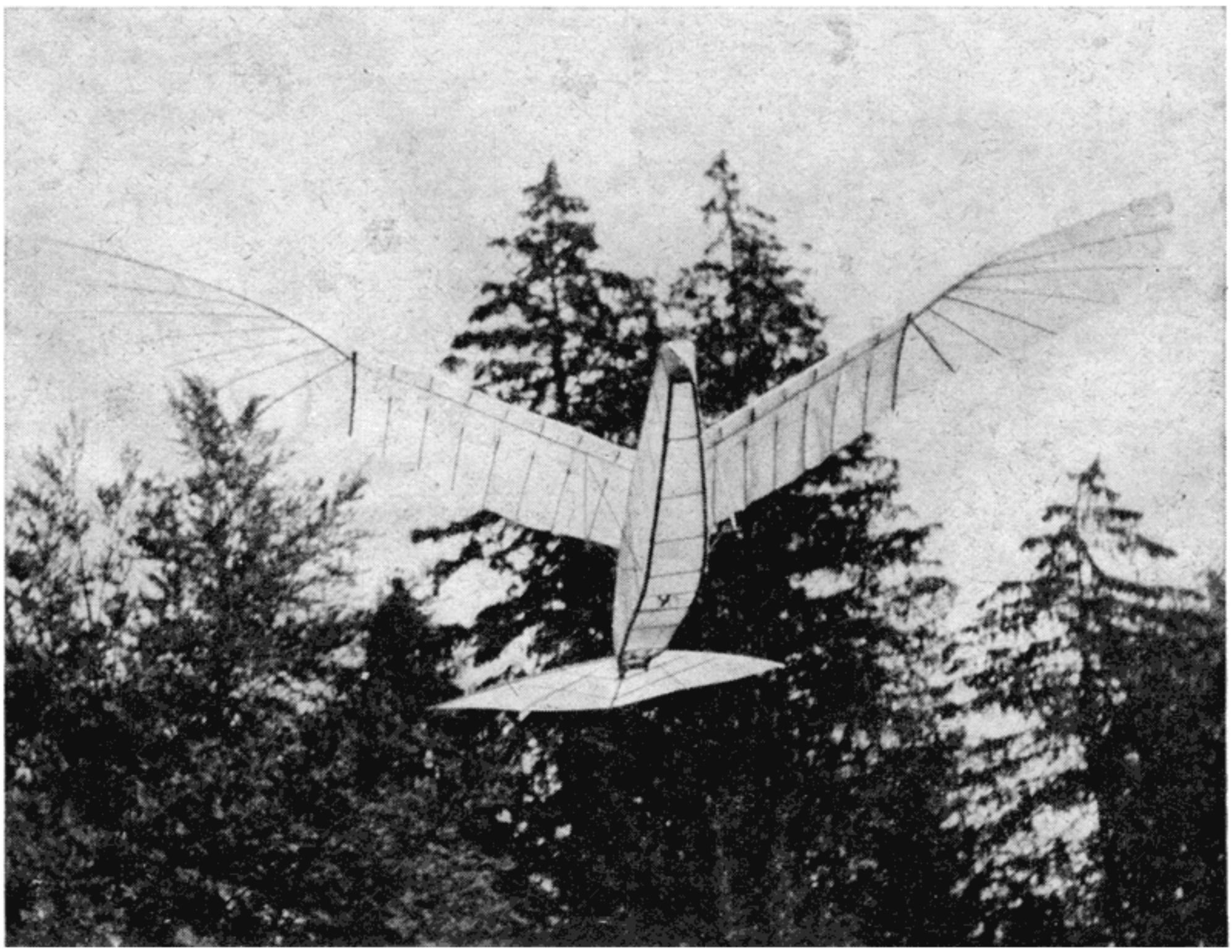
Abb. 24 *Künstlicher Vogel vom Typ „Schwan" im Augenblick des Flügelniederschlags; beachtenswert: die Flügelverwindung (Drehschwingung)*

ziemlich genau definieren. Diese einfache Feststellung wird erst dann aufsehenerregend, wenn man aus ihr die Schlußfolgerung zieht, daß demnach die biophysikalischen Gesetze, die im Modellversuch ihre Bestätigung fanden, für den Flug aller größerer Lebewesen, also auch der Fledermäuse, und Flugechsen, gleich sein müssen.

Um auch dafür den Beweis anzutreten, baute E. von Holst das Modell eines längst ausgestorbenen Flugsauriers, des *„Rhamphorhynchus"* (Abb. 28—30). Das Vorbild ist der Paläontologie seit langem bekannt. Fossile Reste hat man in Juraformationen des öfteren in gut erhaltenem Zustand als Versteinerungen

Abb. 27 *Der „Schwan" hat eine Steighöhe von ca. 15 m erreicht und wird bald in den Gleitflug übergehen*

Abb. 25 *Der „Schwan" in der Phase der Flügelhebung*

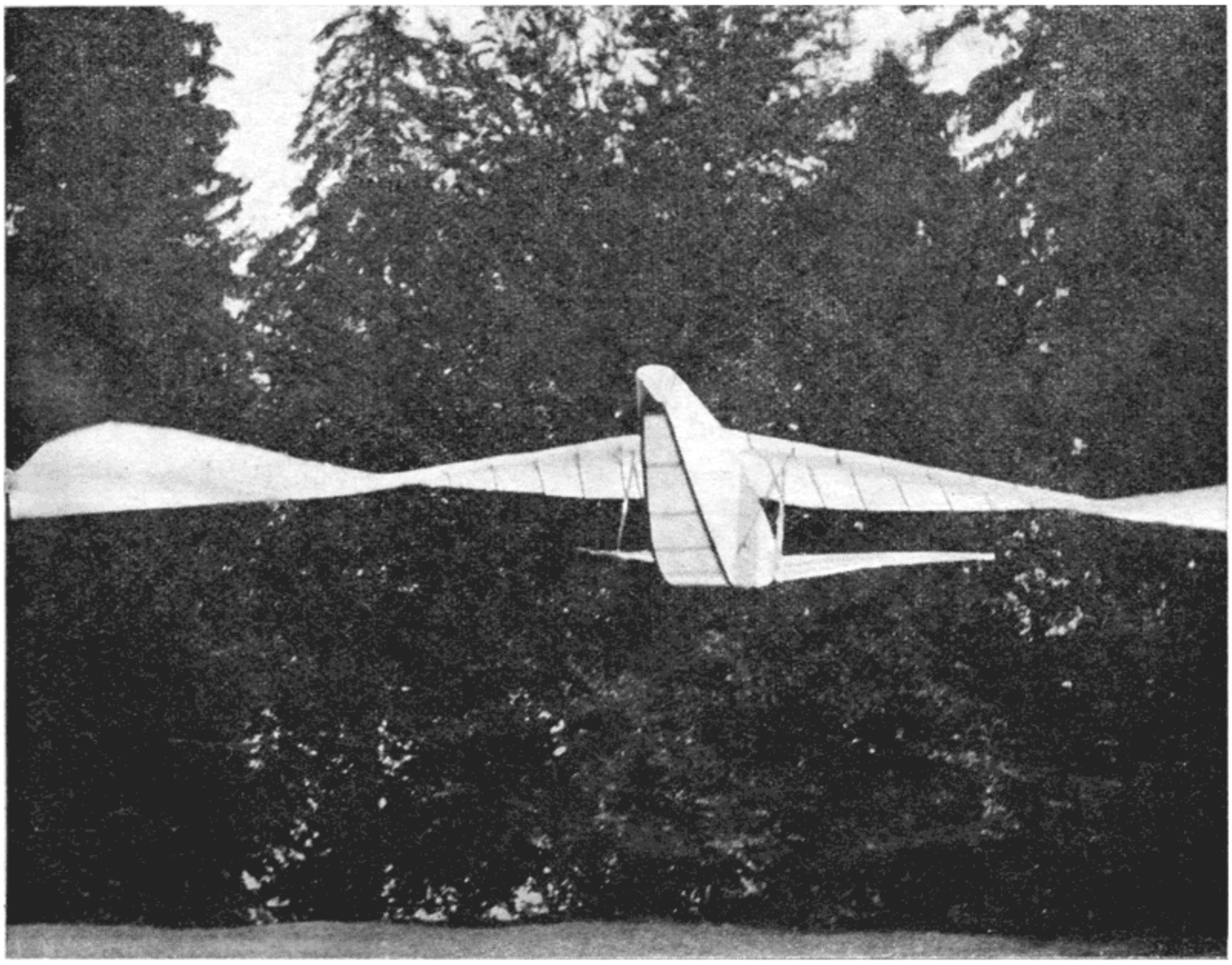


gefunden. Das Modell wurde dem längst ausgestorbenen Original möglichst genau nachgebildet. Es hatte folgende Maße: Länge 68 cm; Spannweite 108 cm; Armlänge 22 cm; Handlänge 32 cm; Flügelbreite: am Armflügel 15 cm, in der Gegend der Handwurzel 12 cm. Der Flugsaurier selbst dürfte seinerzeit ein Lebendgewicht von 160 bis 180 g gehabt haben. Da aber der zierliche Rumpf des Demonstrationsmodells nur einen sehr kleinen Gummimotor aufnehmen konnte, wählte E. von Holst ein möglichst geringes Baugewicht; das seiner Form nach naturgetreu gebaute Modell hatte ein Fluggewicht von nur 24 g. Bei seiner Flächenbelastung von 1,8 g/dm², war es im Verhältnis leistungsfähiger und flugtüchtiger als der „Schwan". Wenn der Motor ganz aufgezogen war, konnte das Modell des Flugsauriers senkrecht steigen (Abb. 29), bei halb abgelaufenem Motor blieb es in der Luft auf der erreichten Stelle stehen. Wenn schließlich die Kraft des Gummimotors verbraucht war, kam das Modell mit ziemlich langsamen Flügelschlägen herunter und konnte mit der Hand abgefangen werden. Das Modell, das eigentlich für Vorführungen im Hörsaal entworfen worden war, hatte auch im Freien recht gute Flugeigenschaften (Abb. 30). Auch bei leichtem Wind blieb sein Rumpf erschütterungsfrei und die Stabilität wurde durch die Schwingenbewegung nicht gestört.

Kam es im Flug zu einer Begegnung mit natürlichen Vögeln, waren diese zunächst sehr unbefangen, ergriffen dann aber regelmäßig die Flucht. Die Ursache dafür dürfte in dem schnarrenden Geräusch der Kurbeltriebe zu suchen sein, das sich offenbar für einen Vogel unheimlich anhört. Diese Beobachtung stimmt mit Erfahrungen des Hangsegelflugs überein, wo anfliegende große Raubvögel durch ein Fernsteuerkommando zu erschreckten Abwehrbewegungen veranlaßt werden konnten, weil sie in diesem Augenblick immer das seltsame Geräusch der Rudermaschine zu hören bekamen.

Für den Modellflieger besonders interessant sind die mechanischen Vorrichtungen, mit denen E. von Holst das physiologische Geschehen modellgerecht nachzubilden bemüht war. Zunächst einiges über die *Antriebsverfahren* (Abb. 31): Das Herz des Modells ist ein Faden-Getriebe (Fig. A), das aus einer gestuften oder konisch geformten Fadenrolle (Fr) und einer ebenfalls gestuften, exzentrisch gelagerten Wickelplatte (W) besteht. Durch die exzentrische Lagerung wird erreicht, daß der Flügelniederschlag mit größerer Kraft erfolgt als der Flügelaufschlag; zur Unterstützung dieser Tendenz ist auch noch eine andere konstruktive Vorsorge getroffen, die später erläutert werden soll. Fadenrolle und Wickelplatte bilden zusammen ein Untersetzungsgetriebe. Die Stufung bewirkt, daß sich der Bewegungsablauf gegen Ende der Fadenwicklung nicht verlangsamt. Sobald man von Hand an der Wickelplatte (W) dreht, wird der Faden von der Rolle (Fr) abgespult und auf die rotierende Platte (W) herübergewickelt; dadurch zieht sich gleichzeitig der Gummimotor (Gm) auf. Sobald die Wickelplatte (W) freigegeben wird, versetzt der Gummimotor die Fadenrolle (Fr) in Umdrehung und spult damit

Abb. 26 *Der „Schwan" in der Phase des Flügelniederschlags (auch hier ist die Drehschwingung deutlich sichtbar)*



den Faden zurück. Die Wickelplatte (W) und die beiden mit ihr verbundenen Kurbeltriebe (K) kommen dadurch in Umlauf. In die Kurbelzapfen ist jeweils eine der beiden Pleuelstangen (P) eingehängt, die abwechslungsweise als Schub- und Zugstange auf den ihnen zugeordneten Flügel wirken. Sobald die Kurbel über Motor und Fadengetriebe in Umlauf gesetzt wird, kommt somit die Flügelbewegung in Gang; diese besteht allerdings nicht nur aus einem linearen Auf- und Abschlagen und muß deshalb noch einmal in ihrem ganzen Verlauf dargestellt werden.

Später hat E. von Holst die mechanische Einrichtung stark vereinfacht. So wurde beim „Schwan" und beim „Rhamphorhynchus" auf die Fadenrolle verzichtet (Abb. 31, Fig. B). Der Motor bestand hier aus einem ziemlich langen unverdrillten Gummistrang (G), der über mehrere Rollen (R) im Innern des Rumpfes hin und her geführt wurde. Bei diesem neu entwickelten Antrieb spulte sich der auf Dehnung beanspruchte Gummistrang unmittelbar auf die stufenförmig ausgebildete Wickelplatte (W) auf; zuerst, so lange der Gummistrang noch wenig gedehnt war, wurde er auf die Stufe mit großem Durchmesser und dann mit zunehmender Spannung auf die kleineren aufgewickelt, so daß sich ein sehr gleichmäßiger Lauf während der ganzen Dauer der Bewegungen erzielen ließ. In Abb. 31 (Fig. B) ist der Drehsinn der Kurbel (K) durch einen Pfeil angegeben. Figur C zeigt die Wirkungsweise der Pleuels auf den Angriffspunkt (A), der am Flügel durch das Führungsblech (Fb) gegeben ist. Die in Figur C dargestellte 2-Seitenansicht läßt auch den elliptischen Querschnitt der Wickelplatte (W) erkennen; nach den perspektivischen Bildern könnte sie auch fälschlich als walzenförmige Stufenscheibe aufgefaßt werden.

Nach Figur B wird das Schema eines Modells angenommen, dessen Hauptholme (Aa + Ha = Armabschnitt und Handabschnitt) im wesentlichen mit der Flügelnase zusammenfallen. In dem Flügelgelenk (Fg) sind sie beweglich, wie in einem Kugelgelenk eingehängt. Nur der einfacheren Bauweise wegen, wurden die Hauptholme (Aa) an ihrem zum Rumpf weisenden Ende nadelförmig zugespitzt und unter Zugkraft in eine Bohrung am Flügelgelenkträger (Fg) eingesetzt.

Abweichend vom Vorbild üblicher Kraftmaschinen, bei denen bekanntlich die Drehbewegung einer Kurbel in linear verlaufende Arbeitstakte übersetzt wird, fehlt dem Pleuel des hier verwendeten Kurbeltriebs die exakt lineare Führung. Je nach der unterschiedlichen Angriffsrichtung, in der das Pleuel auf seine Aufhängung im Führungsblech (Fb) wirkt, bewegen sich die Holme in leichten Drehschwingungen, die um das Flügelgelenk (Fg) einen annähernd kegelförmigen Verlauf haben. Modifiziert wird diese Rotation durch Gummifäden (Gf), die einerseits in die Führungsbleche (Fb) und andererseits in Haken vorne am Rumpf eingehängt sind. Da die Gummizüge nach vorne und zugleich nach schräg unten geführt sind, wird außerdem erreicht, daß der Flügelabschlag mit größerer Kraft erfolgt, als der Flügelaufschlag; denn bei dem letzteren wirkt die Zugkraft der Gummifäden der Pleuelwirkung entgegen, während sie diese bei dem ersteren unterstützt.

Eine konstruktive Besonderheit der in solcher Art bewegten Flügel, besteht darin, daß der Flügelholm nur mit einer der Rippen starr verbunden ist, so daß nur diese (Ri) die dem Holm mitgeteilten Bewegungen genau mitmacht. Alle anderen Rippen haben keine starre Verbindung zum Holm; sie sind mit ihm lediglich durch Gazestreifen und durch das Bespannpapier verbunden. Da nun die rumpfnächste Rippe jeder Flügelhälfte, jeweils mit ihrem rückwärtigen Ende, durch einen Faden (f) am Rumpf festgebunden ist, kann die mit ihr zusammenhängende innere Zone der Flügelfläche nicht allen Bewegungen des Holms unbehindert folgen. Einmal in Gang gesetzt, schwingt aber der Holm in seinem äußeren Bereich ziemlich stark und überträgt seine wuchtigen Bewegungsimpulse über die Rippe (Ri) auf die Außenzone des Flügels, die somit aktiv ausschlägt, während die innere Zone einseitig festgelegt ist. Im Erfolg werden die elastischen Verbindungen zwischen Holm und Flügelfläche stark beansprucht und es entsteht eine Verwindung, die von der Flügelwurzel zum Randbogen in bestimmten Verhältnissen zunimmt (vgl. Abb. 26). Sowohl der Bau des Antriebsmechanismus als auch die Herstellung der Flügel setzen Präzisionsarbeit voraus. Selbstverständlich dürfen die Gewichte der beiden Flügel nicht differieren; alle Angriffspunkte von Kräften müssen beiderseits exakt die gleichen Abstände vom Drehpunkt haben, und auch die Spannung der beiden Gummifäden darf nicht unterschiedlich sein. Für das Gleichmaß der den beiden Flügeln mitgeteilten Verwindung ist Sorge zu tragen.

Bauanleitung für das Schwingenflugmodell „Bussard" (Abb. 32)*

Den Bau des *Rumpfes* (Fig. C) beginnt man mit der Herstellung des Getrieberahmens (Ra), der aus Balsaleisten 7 x 2 mm zusammengeleimt wird. Aus dem gleichen Material bestehen die für die Fadenrollen bestimmten Lagerträger (Rl), die man oben an die Innenseiten der senkrechten Rahmenteile leimt. Die beiden Fadenrollen (Fig. E) erhalten Wellen aus Stahldraht 0,5 mm ⌀; die Wickelplatte (W) wird mit einer 1,25 mm ⌀ Welle versehen. Die Wellen sollen sich in den Rollen bzw. in der Platte nicht verdrehen können, weshalb man sie in dem vom Holz überdeckten Bereich schlangenförmig biegt. Der Einbau in die Rollen bzw. in die Wickelplatte macht keine Mühe, sofern man sich bei der Anfertigung dieser Hartbalsateile der Schicht- bzw. Sandwichbauweise bedient. In der Form des gebogenen Drahtes werden dann Rillen in die zueinander gekehrten Schichtseiten eingearbeitet, bevor man die gekröpfte Welle ein-

* Anm. d. Red.: Übersichtszeichnung in MECHANIKUS 4/63

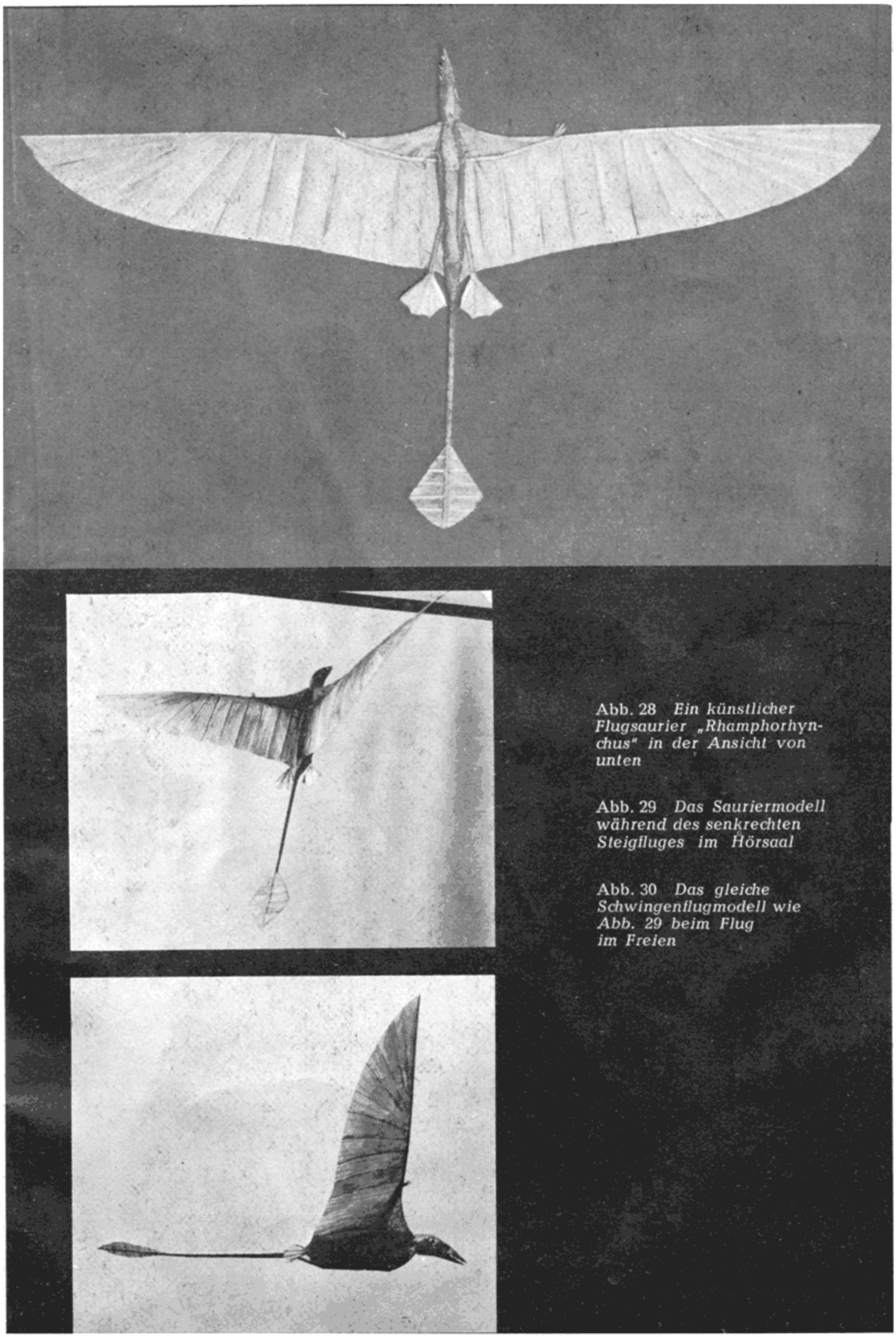


Abb. 28 *Ein künstlicher Flugsaurier „Rhamphorhynchus" in der Ansicht von unten*

Abb. 29 *Das Sauriermodell während des senkrechten Steigfluges im Hörsaal*

Abb. 30 *Das gleiche Schwingenflugmodell wie Abb. 29 beim Flug im Freien*

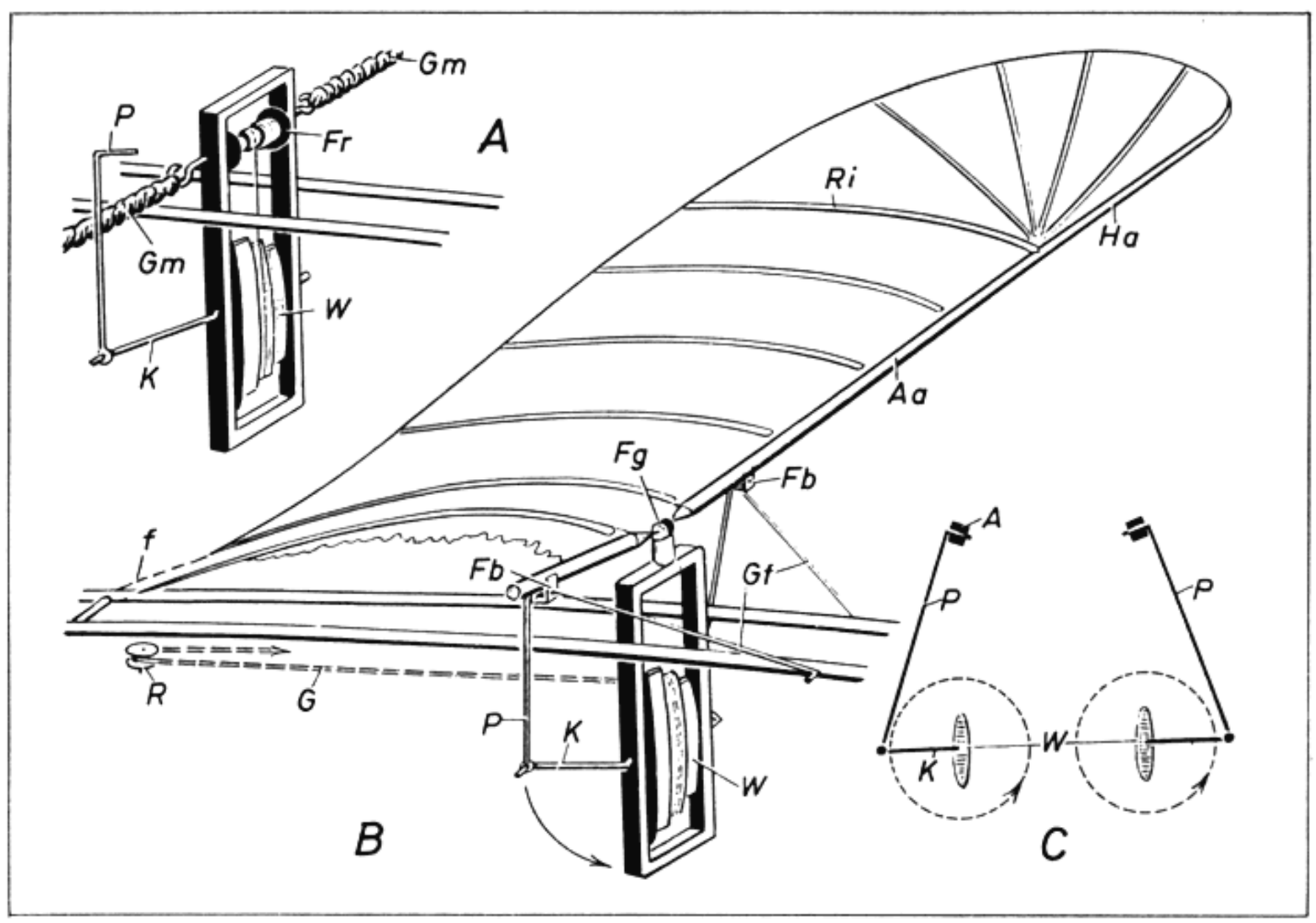


Abb. 31 *Das von Prof. E. von Holst entwickelte Faden-Getriebe mit Gummimotor*

paßt. Die Verbindung der Schichten untereinander erfolgt schließlich durch Hartkleber und kleine Holznägel. Auf die Enden der fertig zusammengefügten Fadenrolle werden kreisförmige Scheiben aus 0,3 mm Sperrholz aufgeleimt. Die nach Fig. D fertiggebauten Fadenrollen schiebt man durch vorbereitete Schlitze von oben her in die am Lagerträger angebrachten Bohrungen (Rl). Anschließend werden Lager und Schlitze mit Hartkleber (Rudol 333 oder UHU-hart) gefüllt. Wenn man die Wellen nach dem Trocknen wieder gängig macht, haben sie laufsichere Lager, die aus einer ausgehärteten Kunststoffschicht bestehen. Die Welle der Wickelplatte wird auf die gleiche Weise in die unten am Rahmen eingezeichneten Lagerstellen eingesetzt.

Das restliche Rumpfskelett besteht aus gebogenen, 0,8 mm dicken Bambusspänen, deren Enden in einem Verbindungsstück aus Balsaholz zusammengeführt werden. Weil das Verbindungsstück wie ein Pfropfen aussieht, wurde es in Figur C mit (Pf) bezeichnet. Was beim normalen Flugmodell der Leitwerksträger wäre, sei beim Vogelmodell ein Schwanzstab, (Sw) aus Balsa; er ist durch eine verleimte Fadenwicklung mit einem Strohhalm (Sk) elastisch verbunden. Zwischen diesem Schwanzkiel (Sk) und dem Stab (Sw) wird ein Klötzchen (Kl) eingeschoben und mit einem Paketgummiring festgeklemmt. Je nach dem, ob das Klötzchen nach vorne oder nach hinten verschoben wird, erhält die Schwanzflosse (Sf) einen mehr oder minder großen Einstellwinkel. Die Schwanzflosse selbst hat einen Rahmen, aus elliptisch gebogenem Binsen- oder Piassavagras, der auf den Schwanzkiel (Sk) aufgeleimt wird. Zur Bespannung des Rumpfes und der Schwanzflosse verwendet man dünnes Japanpapier.

Die *Flügel* (Fig. B) haben als Holm einen Balsa-Vierkantstab, der keilig verjüngt ist, der also gegen das eine Ende zu allmählich dünner wird. Er ist unterteilt in einen Armabschnitt (Aa) und einen Handabschnitt (Ha). Beide Teile (Fig. G) sind durch ein elastisches Gelenk (Uf) verbunden, das aus 2 mm breitem, 0,25 mm dickem Uhrfederstahl besteht. Am Schultergelenk ist der Armabschnitt (Fig. F) zugespitzt. In die Spitze ist ein Drahtstift eingeleimt, der in die Bohrung des Flügelgelenks (Fg) eingreift. Das Flügelgelenk selbst wird aus dünnem Messingblech gebildet. So lange die Verbindung auf Druck beansprucht ist, arbeitet sie wie ein Kugelgelenk. Da die Stränge des Gummimotors einerseits am Flügelholm, andererseits aber am Getriebe im Rumpfrahmen eingehängt sind, ist diese Voraussetzung erfüllt.

Die Haken des Gummimotors werden im Holm durch ein Balsastäbchen (M) gestützt, das in einer Diagonalbohrung sitzt; im Querschnitt gesehen führt die Bohrung von der unteren Hinterkante zur oberen Vorderkante des Holmes (Fig. H). Der Gummimotor selbst verläuft beiderseits des Holmes und hat Hakenabstände von 17 cm. Die parallel geführten Stränge verlaufen vor und hinter dem Holm, in einem Abstand, der durch Länge und Einbaurichtung des Rundholzes (M) (vgl. Fig. G u. H) bestimmt wird.

(wird fortgesetzt) *K. Herzog*