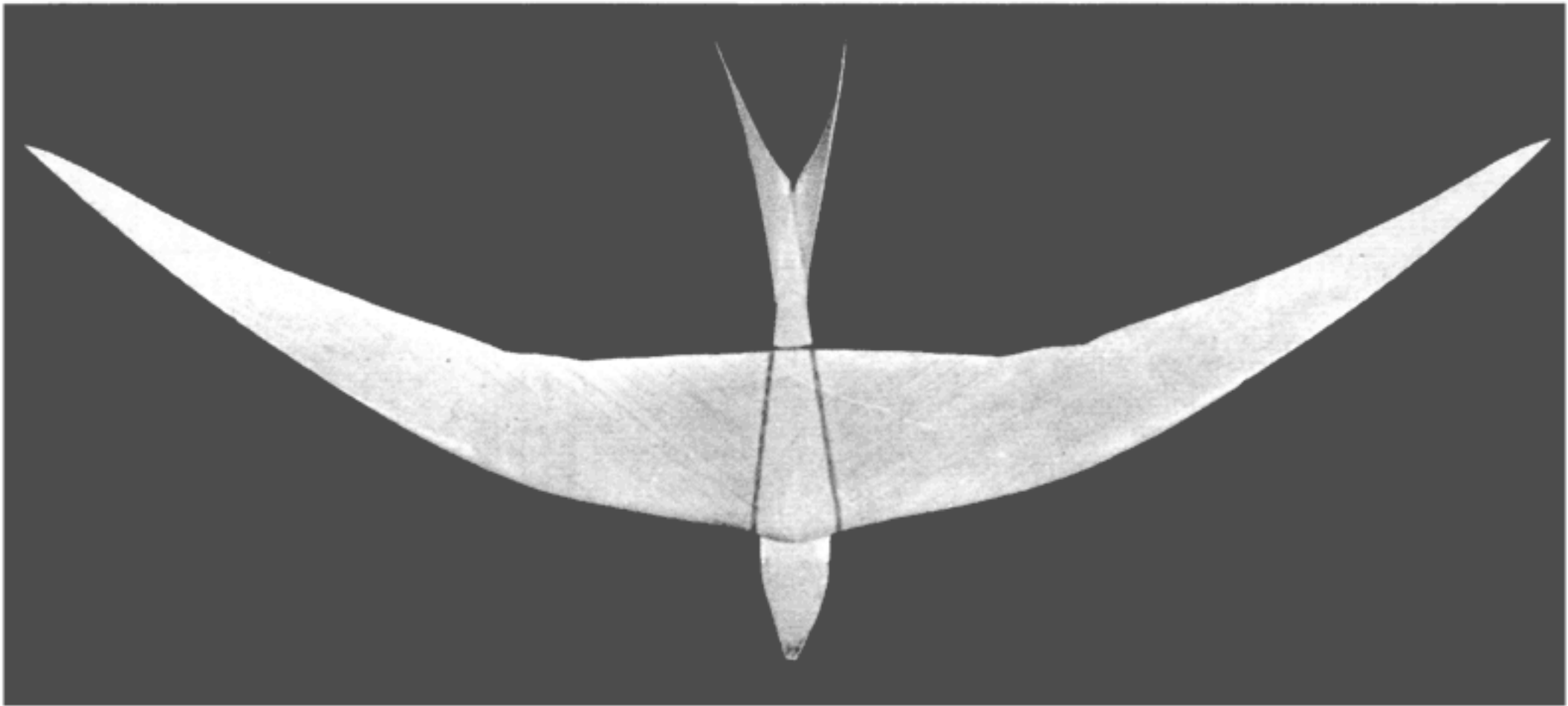


# Der Schwingenflug in der Natur und in der Technik

## Teil V

Flugphysikalische Gesetzmäßigkeiten und ganz bestimmte Bewegungsweisen müssen übereinstimmend vorhanden sein, damit der natürliche Schwingenflug der Vögel, bzw. des Fluggetiers, zustande kommen kann. Von diesen Voraussetzungen sind sowohl die einen als auch die anderen erforschbar und zum großen Teil bekannt. Durch Modellversuche gelang es dem verstorbenen Naturwissenschaftler Erich v. Holst, einen bemerkenswerten Beweis zu führen.

gänge, von denen wir zwar den Erfolg, nicht aber die physiologische Auslösung einwandfrei beobachten können. Sehr viele Fragen, die sich in diesem Zusammenhang ergeben, können durch systematische Modellversuche weitgehend geklärt werden. Ich denke hier an die Probleme der Gewichtverteilung, des Kraftaufwandes für verschiedene Flugzustände sowie der Stabilisierungs- und Steuerungsmöglichkeiten. Vorausgesetzt, daß wir am Modell analoge Bedingungen künstlich schaf-

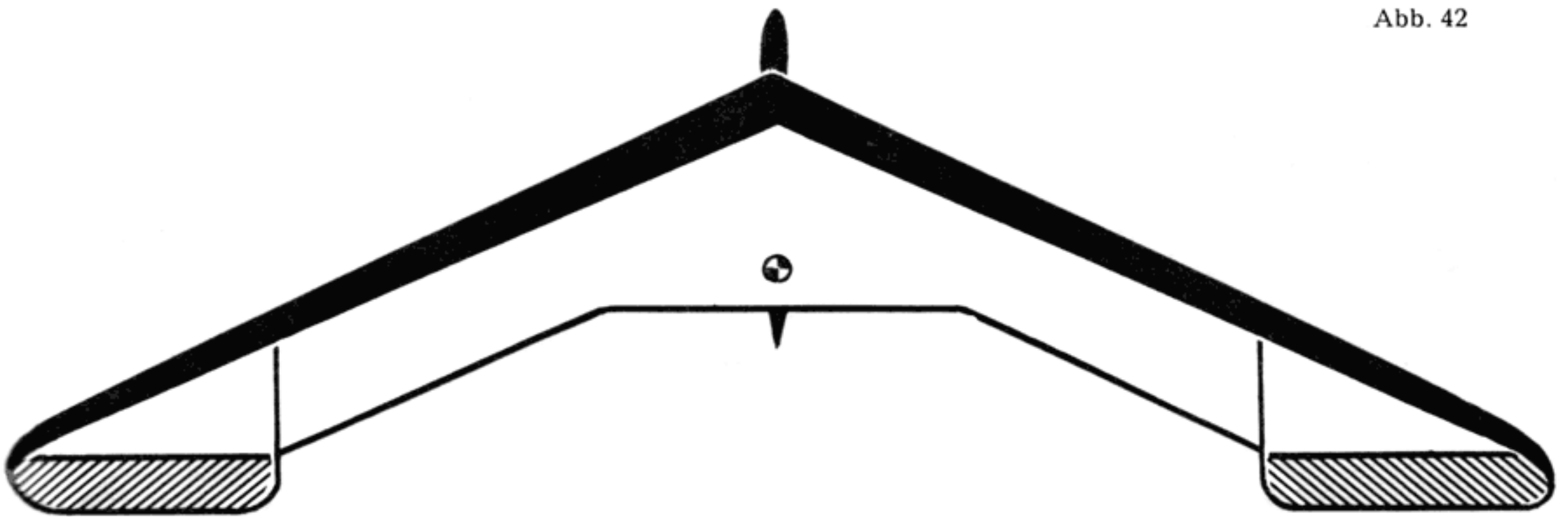


Das gleiche Schema eines Bewegungsablaufs, das in der Natur zum Kraftflug der Vögel und des sonstigen Fluggetiers führt, kann mit angetriebenen mechanischen Apparaten nachgebildet werden. Entspricht der Apparat außerdem den flugphysikalischen Grundsätzen, die sich vom Körperbau des Vorbilds ableiten lassen, und hat er diesem gegenüber eine vergleichbare aerodynamische Qualität, so ist er zum freien Flug befähigt und bewegt sich dabei in der gleichen charakteristischen Weise, die dem Vorbild eigentümlich ist. Der Satz klingt ermutigend, enthält aber eine äußerst wichtige Einschränkung. Von der gesamten Potentialität des Freiflugs aktualisiert der Apparat immer nur jene ganz bestimmten Möglichkeiten, die von der Konstruktion her vorgesehen sind. Spezielle Bewegungsweisen des freiflugbefähigten lebenden Wesens kann das Modell nur dann zusätzlich wiedergeben, wenn es mit ergänzenden mechanischen Vorrichtungen analoger Funktion ausgerüstet wird.

Nun gibt es aber im Bewegungsablauf des frei fliegenden Lebewesens bestimmte Vor-

fen können, wie sie beim Lebewesen von Natur aus vorhanden sind bzw. entstehen, lassen sich vom experimentell hervorgerufenen Modellverhalten Rückschlüsse auf die Biophysik des Schwingenflugs ziehen. Vom Modellflieger darf man erwarten, daß er sich am meisten für die Nutzenwendungen interessiert, die aus solchen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für seine Arbeit gezogen werden können.

In den bisherigen Abhandlungen unserer Beitragsfolge sprachen wir immer nur von der Kraftflugphase und vom anschließenden Gleitflug. Wir gaben uns damit zufrieden, wenn sich ein Schwingenflugmodell aus eigener Kraft starten ließ, seine Gipfelhöhe erreichte und mit möglichst geringer Sinkgeschwindigkeit wieder zu Boden schwebte. Jeder einzelne dieser Versuche ist natürlich ein neuer Beweis, daß ein technischer Schwingenflug möglich ist; im Grunde genommen wird aber nichts anderes erreicht, als eine Wiederholung längst errungener Erfolge. Wenn man weiterarbeiten will, muß man im Modellversuch zum gesteuerten Schwingenflug kommen.



Im Prinzip wird ein Schwingenflugmodell nicht viel anders gesteuert als andere Flugmodelle, nur ist in unserem Fall die Sache weniger übersichtlich. Identisch sind die Achsen, um die einerseits ein Schwingenflugmodell und andererseits ein Starrflügelmodell gesteuert werden. Das Starrflügelmodell hat aber mit Höhen-Seiten- und Querruder ein verhältnismäßig leicht überschaubares System. In die Verhältnisse am Schwingenflugmodell wird sich am leichtesten ein Nurflügel spezialist hineinendenken können, denn er ist daran gewöhnt, Leitwerksfunktionen an den äußeren Flügelpartien hervorzurufen.

Im Gegensatz zum Nurflügel muß das Schwingenflugmodell eine Schwanzflosse haben, die als nichttragend profiliertes Höhenleitwerk wirksam wird. Sie dient dazu, labile Flugzustände, die sich im Verlauf der Flügelbewegungen einstellen, auszugleichen und ungewollten Lageänderungen um die Querachse entgegenzuwirken. Die Funktion ist auf den Ausgleich des Flügeldrehmoments beschränkt und läßt sich am einfachsten als Windfahnenwirkung innerhalb der strömenden Luft definieren. Nimmt das kursabweichende Modell die Rumpfnase nach unten, bewirkt die Flosse ein aufrichtendes Moment; analog tritt der entgegengesetzte Effekt ein, sobald die Rumpfnase nach oben ausweicht. Ein leichter positiver Ausschlag, der am Flossenende als Trimmung

fest eingestellt wird, kann während des Kraftfluges nützlich sein. Weitere Funktionen wollen wir uns zunächst vom Höhenleitwerk des Schwingenflugmodells nicht erwarten.

Abweichend von den Verhältnissen, die beim Modell herrschen, ist der Vogel nicht unbedingt auf seine Schwanzflosse angewiesen; sie befähigt ihn zwar zu einigen Zusatzmanövern — er kann sie z. B. als schnell wirkende Flugbremse und als Landehilfe benutzen — er fliegt aber auch dann noch um alle Achsen gesteuert, wenn er seine Schwanzfedern aus irgend einem Grund verloren hat. Z. B. die Gewichtshöhensteuerung, die der Vogel durch absichtliches Verlegen relativ schwerer Gliedmaßen zustande bringt, die also auf einer intensionsabhängigen Schwerpunktverlagerung beruht, läßt sich am Modell nicht ohne weiteres nachmachen. Beim Schwingenflugmodell müssen wir davon ausgehen, daß es einen genau festgelegten konstanten Schwerpunkt

Abb. 41 *Flugfähiges Vogelmodell vom Typ „Mauersegler“ aus Balsaholz: Spannweite 53 cm, Länge 21 cm, Fluggewicht 18 g, Flächeninhalt 2,25 dm<sup>2</sup>, Flächenbelastung 8 g/dm<sup>2</sup>*

Abb. 42-44 *Versuchsmodelle von Nurflüglern, die zur Untersuchung der Steuerfunktionen gebaut wurden*  
Abb. 45 *Entwurf eines negativ gepfeilten Flugmodells, zur theoretischen Untersuchung von Steuerfunktionen*

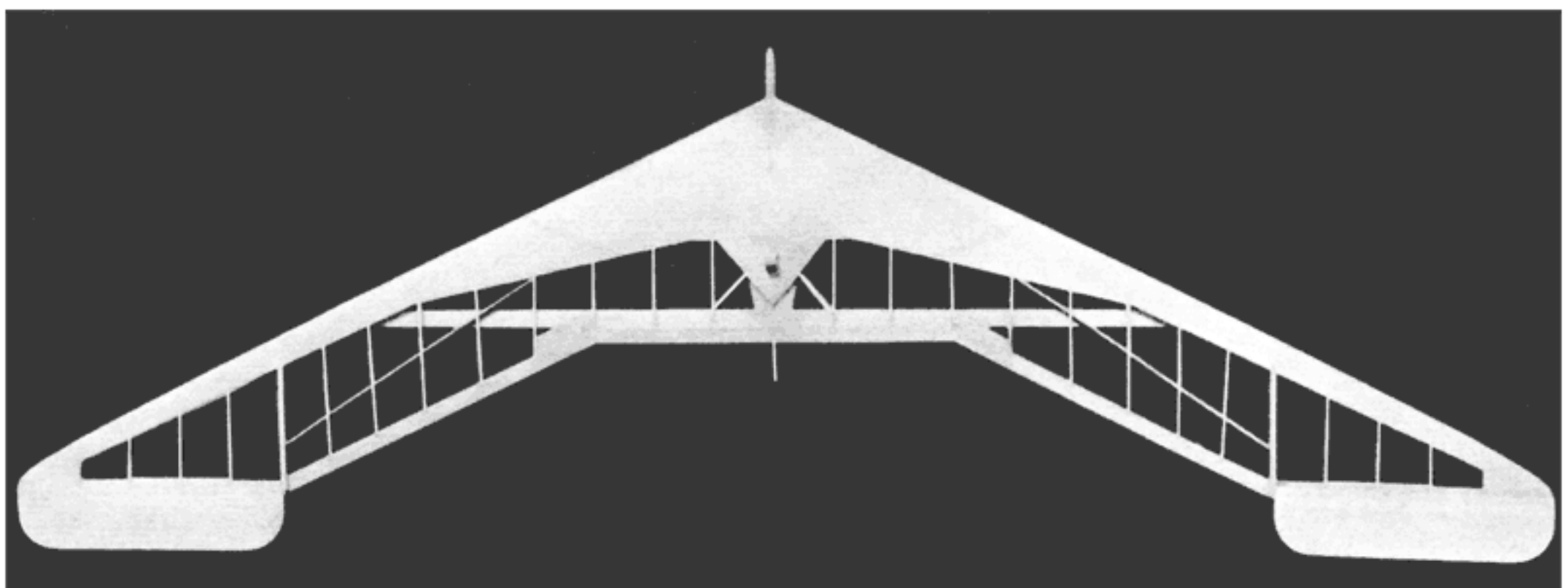




Abb. 44

hat. Bezugssituation ist die „Gleitflugstellung der Flügel“, in der die geringste Sinkgeschwindigkeit möglichst bei einer stabilen Fluglage erreicht werden soll.

Gierbewegungen um die Hochachse könnte man beim Schwingenflugmodell wahrscheinlich genau so mit einem Seitenruder hervorgerufen, wie dies bei Starrflügelmodellen möglich ist; nur werden dieses Seitenruder sehr groß sein müssen, da sie nicht weit genug vom Schwerpunkt entfernt sind, um ausreichend stark zu wirken. Außerdem zeigt hier wiederum das Beispiel des Vogels, daß auch Bewegungen um die Hochachse möglich sind, ohne daß eine Seitenflosse in Aktion treten müßte. Wirksame Ruder in die Außenzone des Flügels zu verlegen, ist außerdem eine vom Nurflügel her bekannte Praxis. So wie hier Wendemomente hervorgerufen werden können, gelingt dies auch beim Vogelflügel, nur nicht ganz auf die selbe Art.

Einigen wichtigen Grundsätzen der Schwingensteuerung kann man auf die Spur kommen, indem man einfache Versuche mit antriebslosen Modellen durchführt. Das Verfahren, das hier empfohlen werden soll, hat einige Ähnlichkeit mit den üblichen Wurfgleiter-Untersuchungen, nur wollen wir uns in diesem speziellen Fall ganz auf naturähnliche Vogelmodelle beschränken.

Dem Mauersegler nachgestaltet ist ein kleiner Balsa-Wurfgleiter (Abb. 41), der Vollbalsaflügel und einen ganz einfachen Schalenrumpf hat. Das Modell wurde in verschiedenen Größen gebaut; bei einer Spannweite von 54 cm hatte es ein Fluggewicht von 18 g; die größte Version mit 72 cm Spannweite wog 45 g. Die Flugeigenschaften waren gut. Bemerkenswert war außerdem, daß die Modelle nach dem Start ihre Nase grundsätzlich gegen den Wind einstellten. Im Grund genommen handelt es sich bei diesem naturähnlichen Entwurf um nichts anderes als einen positiv gepfeilten Nurflügel; er ist deshalb auch in entsprechender Weise steuerbar (Abb. 42). Die Funktion des Höhenleitwerks wird von Flügelteilen übernommen, die hinter dem Schwerpunkt liegen.

Biegt man die Endfahne eines einzigen, z. B. des linken Flügels nach oben, entsteht an seiner Unterseite geringer Überdruck. Gleichzeitig verringert sich der Auftrieb, den diese Flügelhälfte erzeugt. Es entsteht ein Wendemoment, und das Modell beginnt um den ausgeschlagenen Flügel nach innen zu kurven. Unterstützt wird die eingeleitete Richtungsänderung durch den vergrößerten Widerstand, den die nach oben ausgeschlagene Endfahne erzeugt. Dieser Flügel erfährt also einseitig eine Abbremsung, so daß ihm der andere im Kurvenbogen vorausseilt.

Wird auf beiden Seiten des Nurflügels die Endfahne unter gleich großen Winkeln nach oben ausgeschlagen, führt das Modell eine Bewegung um die Querachse aus und hebt dabei die Rumpfnase. Die beiden als Ruderklappen wirkenden Endfahnen haben auf jeder Seite des Modells die gleiche auftriebs- und druck-

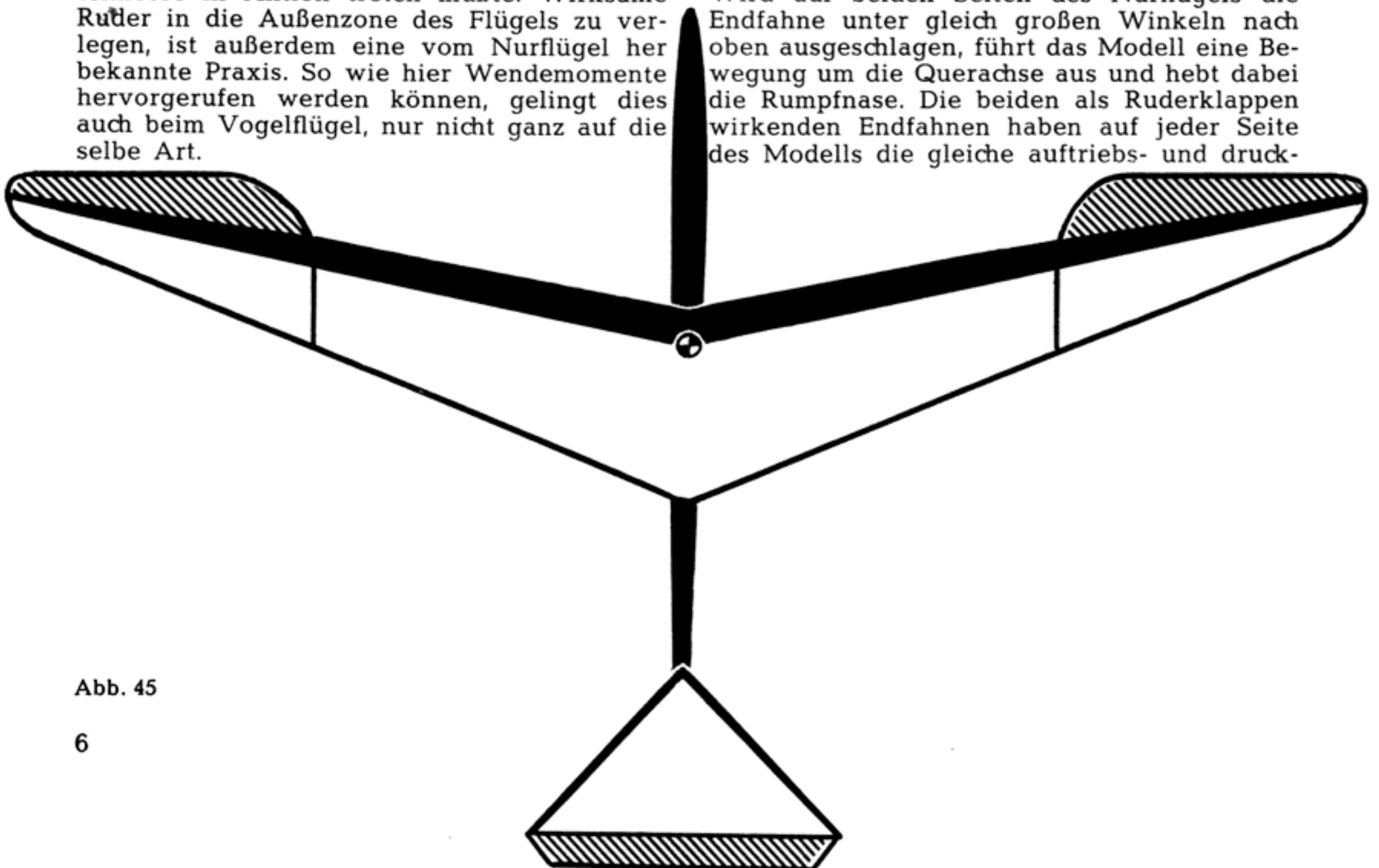


Abb. 45

verändernde Wirkung hervorgerufen und der Druckpunkt wanderte nach vorne.

Interessante, zumeist aber recht unerwünschte Auswirkungen hat der einseitige Ruderausschlag nach unten. Die betreffende Seite des Nurflügels wird durch Auftriebserhöhung angehoben, aber gleichzeitig durch den vergrößerten Widerstand abgebremst. Sein Kurvenflug wird also mit einer falschen Stellung um die Längsachse eingeleitet, und die am Flügel hervorgerufenen Kräfte heben sich teilweise gegeneinander auf. Die Folge ist ein negatives Wendemoment und unter Umständen ein instabiler Flugzustand. Abbildung 43 und 44 zeigen Versuchsmodelle, die zur Untersuchung dieses Fragenkomplexes gebaut worden sind.

Interessehalber könnte man jetzt die dargestellten Verhältnisse einfach umdrehen und rein theoretisch ein Flugmodell mit negativ gepfeilten Flügeln entwerfen. In baulicher Hinsicht würde dabei nichts anderes geschehen, als daß wir den Nurflügel umdrehen und mit veränderter Flugrichtung und Profilierung auf einen Rumpfstab setzten (Abb. 43). Es zeigt sich aber jetzt ein prinzipieller Unterschied; es ist nämlich nicht gleichgültig, ob die Ruderwirkungen vor oder hinter dem Schwerpunkt hervorgerufen werden. Die Teile des Flügels, die zuvor eine reine Tragflächenfunktion hatten, liegen jetzt hinter dem Schwerpunkt, während ihm die zur Ruderfunktion befähigten äußeren Flügelteile weit voraus fliegen. Abgesehen davon, daß Ruderausschläge bei dieser Anordnung Umströmungsstörungen hervorrufen würden, müßten sie die gleichen bremsenden und kurvenleitenden Erscheinungen hervorrufen wie im vorher beschriebenen Fall. Der Unterschied liegt darin, daß Hauptfunktionen der Auftriebserzeugung einer gleichen Umkehrung der Verhältnisse unterliegen. Der stärkste Auftrieb wird jetzt von den Flügelteilen erzeugt, die vor dem Schwerpunkt weit außen liegen, sie müssen deshalb einen größeren Anstellwinkel erhalten. Übersetzt auf ein Schwingenflugmodell würde das bedeuten, daß die größte auftrieberzeugende Wirkung ausgerechnet in den Bereich der Handschwinge verlegt wurde, wo sich Profil und Bewegungsart hauptsächlich zur Vortriebserzeugung und Steuerung eignen; die Ruder müßten dagegen an die Stelle gebracht werden, wo allein schon das Armschwingenprofil den besten Auftrieb erwarten läßt. In dieser Umkehrung der normalen Verhältnisse ist der Grund zu suchen, warum negativ gepfeilte Schwingenflugmodelle schlechte Kraftflugeleistungen haben. Die rumpfnaher Armschwinge muß vornehmlich Auftrieb und die rumpferne Handschwinge hauptsächlich Vortrieb und Ruderwirkung liefern.

Der Effekt, den wir uns hier experimentell ausgedacht haben, ist übrigens gar nicht so abwegig, wie man vielleicht meinen könnte. Verschiedene Vogelarten nützen ihn beim Landemanöver aus. Sie bringen ihre Flügel aus der Normalflugstellung kurz vor der Bodenberührung in eine stark vorgepfeilte Hal-

tung und erreichen eine Verringerung der Landegeschwindigkeit durch einen kurzfristigen Auftriebsanstieg vor dem endgültigen Abreißen der Strömung. Das ist aber m. E. der einzige Fall, in dem sich beim Vogelflug eine negative Flügelpfeilung feststellen läßt.

Bei Normalflugmodellen, die nicht mit Vogel- sondern mit technischen Profilen ausgestattet sind, kann die negative Pfeilung mitunter sehr vorteilhaft sein. Wie festgestellt wurde, beeinträchtigt sie auch die Gleitflugeigenschaften eines Schwingenflugmodells nur unwesentlich. Für den Kraftflug ist sie aber jedenfalls nachteilig.

K. Herzog

(wird fortgesetzt)

---

#### Neuer Technik-Katalog erschienen!

Amateurfunk – Radiotechnik – Elektronik – Transistortechnik – Modellbau – Fernsteuerungen – Bausätze – fertige Geräte – Bauteile – Röhren – Transistoren – Funksprechgeräte – Werkzeuge u. v. a. m. Den interess. u. vielseitig. Katalog (130 S. Großformat) erhalten Sie gegen Einsendg. einer Schutzgebühr v. DM 1.– durch TECHNIK-Versand KG, Abt. K 5 Bremen 17 – Postfach

---

---

#### EPISKOP nur DM 38.—

Projektionsapparat für Fotos, Ansichtskarten, Bilder, Zeichnungen etc. (keine Dias) Prospekt gratis!  
ELKA-Me, 75 Karlsruhe, Postfach 511

---

## Flugveranstaltungen

vereinen Tausende, deren Liebe der Fliegerei gehört. Kunstflüge, die Vorführung neuer Modelle oder auch Segelfluggonkurrenzen schaffen eine erregende Atmosphäre.

Man wünscht sich, bei jeder Veranstaltung dabei sein zu können.

Diesen Wunsch erfüllt Ihnen FLUGWELT.

Mit FLUGWELT haben Sie Ihren Platz direkt auf dem Rollfeld. FLUGWELT bringt Ihnen das Geschehen durch Fotos und Berichte direkt ins Haus.

Bitte fordern Sie ein kostenloses Probeheft vom



KRAUSSKOPF-FLUGWELT-VERLAG  
MAINZ · LESSINGSTRASSE 12-14