

Der Schwingenflug in der Natur und in der Technik

(Teil V — Schluß)

Wege zum technischen Schwingenflug

Um darzustellen, welche Flügelformen und Proportionen mir selbst als zweckmäßig erscheinen, möchte ich aus meiner Serie von Versuchsmodellen die beiden erfolgversprechendsten in Gesamtansichten zeigen (Abb. 46 u. 47). Zur Erklärung reiner Steuerfunktionen sind diese Photos allerdings nicht sehr instruktiv, weil die Modelle in dieser Hinsicht nicht ganz kompromißlos gebaut wurden. Die Kippachse der Handschwinge liegt bei ihnen vor dem Schwerpunkt, wobei die Lage des Auftriebsmittelpunkts zum Schwerpunkt in uncharakteristischer Weise verändert wird.

Ich möchte deshalb vorschlagen, daß wir zuerst einmal ein kleines Demonstrationsmodell einer Saatkrähe aus Zeichenkarton 200 g/m² bauen und einige flugphysikalische Experimente damit durchführen. Ähnlich geformte Balsamodelle haben übrigens am Hang beachtliche Flugleistungen gezeigt. Die Übersichtszeichnung (Abb. 48) enthält Form und Abmessungen der Einzelteile. Abb. 49 zeigt ein fertiges Versuchsmodell, dessen Rumpf- und Leitwerksträger leicht abgerundet sind. Modelle dieser Art zeichnen sich dadurch aus, daß an ihren Handschwingen verschiedene Einstellwinkel der Reihe nach ausprobiert werden können. Zuerst sucht man die Einstellung, bei der ein einwandfreier Geradeausflug zustande kommt. Anschließend sollen andere Flugzustände experimentell herbeigeführt werden (Abb. 50). Die V-Stellung der Armflügel wird auf einen günstigen Wert zwischen +3 und +5° eingestellt und bleibt dann unverändert. Sobald nun die beiden Handschwingen einen Einstellwinkel von 0° erhalten, soll das Modell geradeaus gleiten. Wird dann die linke Handschwinge so eingestellt, daß ihre Flügel-nase nach unten, die Flügel-fahne aber nach oben zeigt (Pronation*), kommt eine Rechtskurve zu Stande (Abb. 50a). Umgekehrt erzielt man eine Linkskurve, wenn die rechte Handschwinge in der entsprechenden Weise verdreht wird.

Verringert man den Einstellwinkel, indem man beide Handschwingen in Pronationsstellung (Abb. 50b) bringt, nehmen der linke und der rechte Flügel in gleicher Weise sowohl an der Verlagerung des Auftriebsmittelpunktes als auch an der Auftriebsverringering teil; das Modell bleibt im Geradeausflug, es wird aber schneller und gleitet steiler.

Derartige Veränderungen der Flugzustände treten nur ein, wenn sich die Einstellwinkelwerte im Bereich bis zu etwa -5° bewegen. Werden diese Werte auf einer Seite unterschritten, erfolgt hier eine Quersteuerung; der Auftrieb bricht zusammen, und der Flügel wird auf dieser Seite des Modells nach unten gedrückt. Der umgekehrte Effekt tritt auf, wenn man den Handflügel so einstellt, daß

die Flügel-nase nach oben und die Flügel-fahne nach unten geht (Supination). Auf der betreffenden Seite wird dann der Flügel vorwiegend von unten angeblasen; er wird abgebremst und zugleich angehoben (Abb. 50c). Hat z. B. die linke Handschwinge die Supinationsstellung (mit positivem Einstellwinkel) erhalten, kommt eine Linkskurve zustande, die allerdings unsauber geflogen wird, weil die Kombination von Flügelanhebung und Abbremsung ein negatives Wendemoment und damit einen unstabilen Flugzustand hervorruft. Die Pronationsstellung (negative Einstellung) der linken Handschwinge führt dagegen zu einer einwandfreien Rechtskurve (vgl. Abb. 50a). Die Nutzenwendungen für den rechten Flügel sind in analoger Weise zu ziehen. Extrem starke Pronation beider Handschwingen führen zur Quersteuerung. Starke Supination beider Handschwingen ruft eine Landeklappenwirkung hervor (Abb. 50d). Ein Vogelmodell kann fast auf der Stelle auf den Gegenkurs wenden; es geschieht dies, wenn der eine Handflügel in Supinations- der andere in Pronationsstellung gebracht wird. Steigflug, Seitensteuerung, Quersteuerung sowie Verringerung und Vergrößerung der Fluggeschwindigkeit lassen sich beim Vogelmodell allein durch Einstellungen der Handschwinge einleiten.**

* Anm. d. Red.: Mit dem lateinischen Begriff „Pronation“ bezeichnet man in der Anatomie bzw. Physiologie diejenige Einwärtsdrehung des Vorderarms und der Hand, derzufolge, z. B. beim herabhängenden Arm, der Handteller nach hinten und der Daumen nach einwärts bewegt wird. Im Gegensatz dazu wird bei der Supination der Handteller nach vorne und der Daumen nach auswärts gedreht.

** Anm. d. Red.: Bei dem vom Autor beschriebenen Modell handelt es sich um eine für Gleitflugzwecke entworfene Starrflügelversion, in deren Schwingenform anatomische Besonderheiten des natürlichen Vogelflügels nachgebildet werden sollten. Gerade das Streben nach Naturtreue macht aber Hilfs-lösungen erforderlich, die es exakt in dieser Form weder beim technischen Starrflügelmodell (Nurflügel) noch beim lebenden Vogel gibt. Jener querschraffierte Zwickel (Abb. 47, Fig. 4), der am Kartonmodell zwischen den unterschiedlichen Einstellwinkelwerten der Hand- und Armschwinge vermittelt, ist für sich genommen schon aerodynamisch wirksam und modifiziert das Flugverhalten so weitgehend, daß der ursprünglich vom Autor beabsichtigte Vergleich zum Nurflügel kaum mehr gezogen werden kann. Während der Vogelflügel an der entsprechenden Stelle in einem kontinuierlich gekrümmten Übergang geschränkt ist, hat der Modellflügel einen Knick, der bei genügender Größe vermutlich zu einem Abreißen der Strömung im Außenflügel führen wird. Verringert man die Einstellwinkeldifferenz (Schränkung) rechtsseitig, so wird der Knick flacher, bzw. wirkungsloser: die Strömung liegt rechts an, und eine Linkskurve ist die Folge.

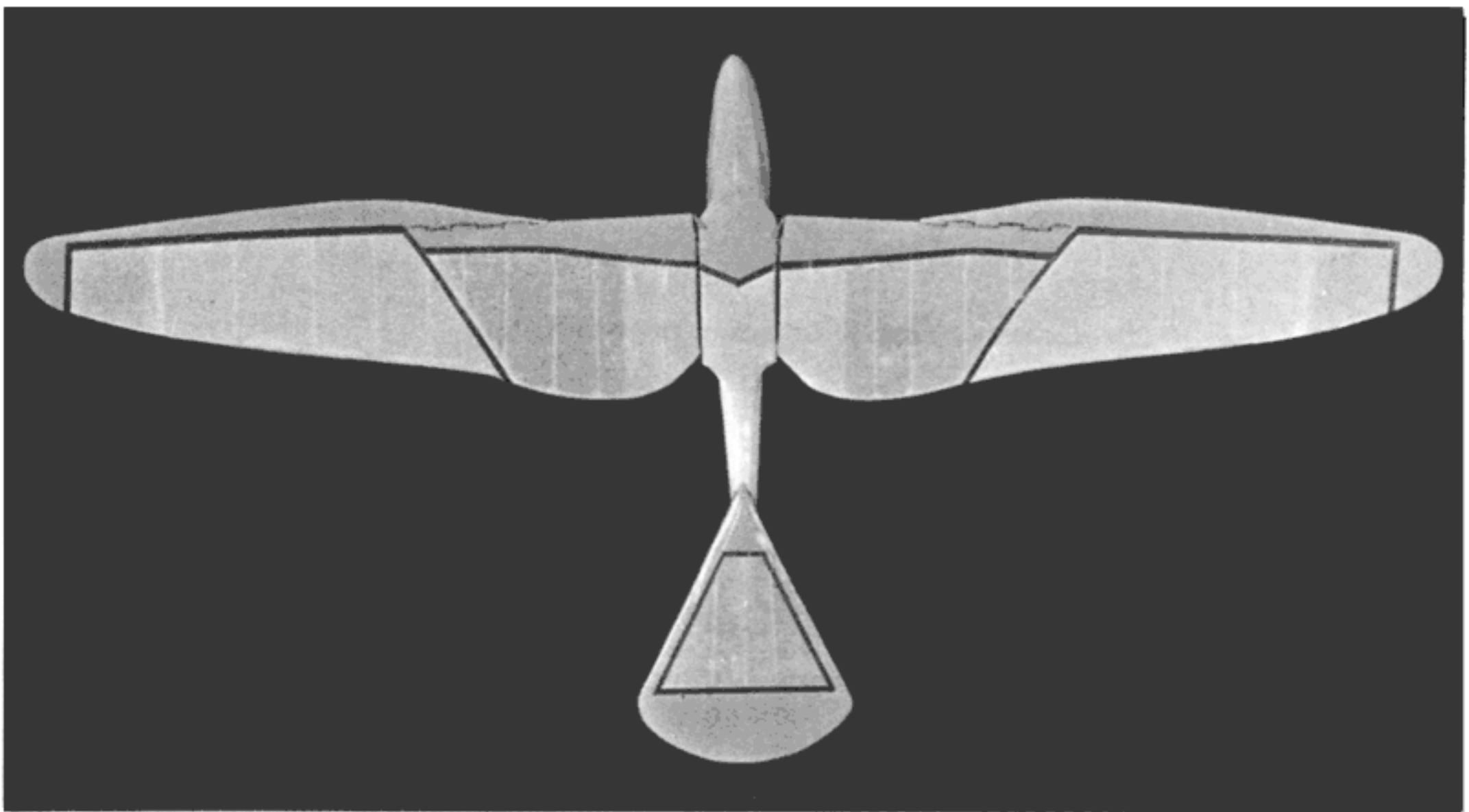


Abb. 46 Flugfähiges Vogelmodell „Sperber“ in Rippen-Gurt-Bauweise: Spannweite 107 cm, Länge 54 cm, Fluggewicht 192 g, Flächeninhalt 12,70 dm², Flächenbelastung 15,12 g/dm²

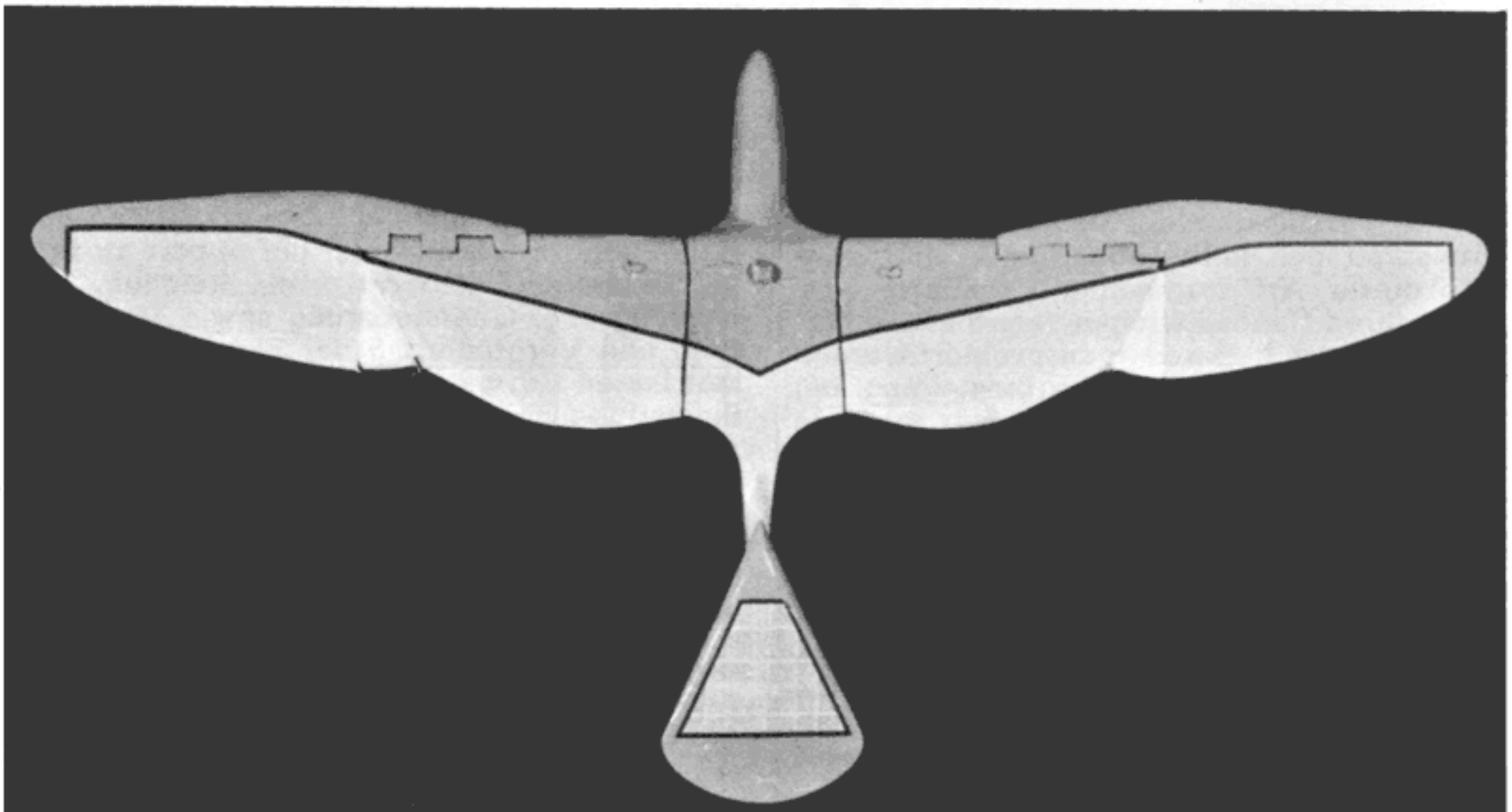


Abb. 47 Schwingenflugmodell „Rohrweihe“ in Rippen-Gurt-Bauweise: Spannweite 165 cm, Länge 87 cm, Fluggewicht 513 g, Flächeninhalt 34,70 dm², Flächenbelastung 14,80 g/dm²

Versuche, die mit so einem verstellbaren Wurfgleiter durchgeführt wurden, haben selbstverständlich in erster Linie für die Gleitflugphase des Schwingenflugmodells Bedeutung; für den Kraftflug gelten die Ergebnisse nur mit Einschränkungen. Während der Flügelschläge des Kraftflugs treten nämlich viel größere positive und negative Veränderungen des Einstellwinkels auf, ohne daß dadurch die Fluglage im dargestellten Sinn beeinflußt werden könnte: Hier sind veränderliche Anstellwinkelwerte im Bereich von $+20^\circ$ bis -12° zulässig, und die Strömung reißt trotzdem nicht ab. Es hängt dies damit zusammen, daß sich das Modell beim Kraftflug vorwärts bewegt, so daß anders gerichtete Kräfte auftreten als beim Gleitflug. Einseitige Vergrößerung oder Minderung des Einstellwinkels wird sich aber

trotzdem im Sinn der oben erwähnten Richtungsänderungen auswirken; nur sind die technischen Lösungen für eine Kombination von Kraftflug und Steuerung noch nicht ausgereift. Zunächst könnten wir zufrieden sein, wenn der Kraftflug ungesteuert und nur der Gleitflug steuerbar wird. Trotzdem läßt sich der Flug auch im erstgenannten Fall beeinflussen. Bekanntlich hängt die Kraftflugleistung eines Schwingenflugmodells weitgehend vom Ausmaß der Drehschwingung des Handflügels ab. Beim Adler-Modell (vgl. MECHANIKUS 12/63, S. 487, Abb. 40) haben wir ein Verfahren gefunden, nach welchem diese Drehschwingung mittels eines Steuerhebels reguliert werden konnte. Der nämliche Mechanismus hat sich auch bei meinem Modell der Rohrweihe (Abb. 47) bewährt. Stellt man die Drehschwingung

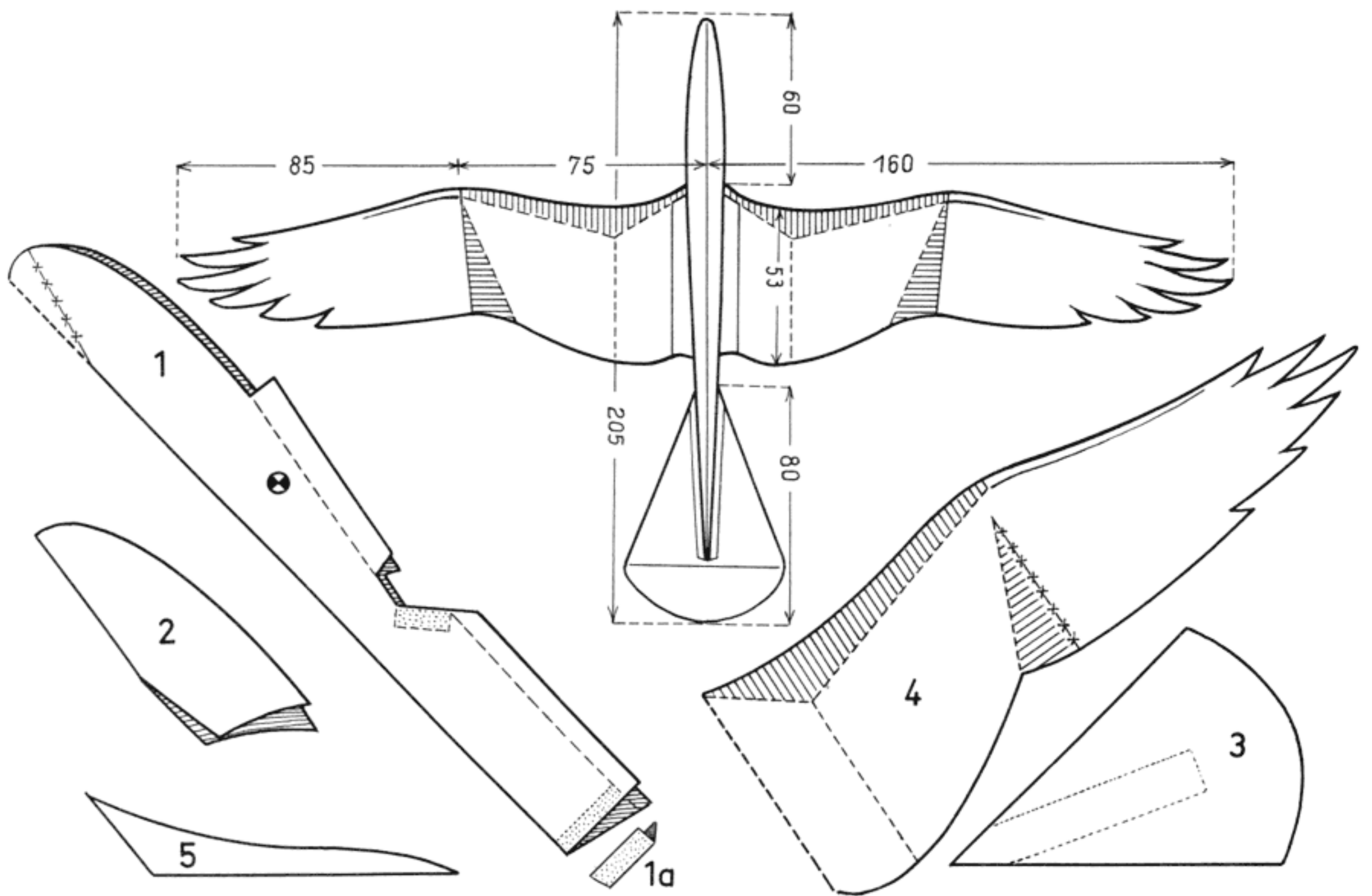


Abb. 48 *Flugfähiges Vogelmodell vom Typ „Saatkrähe“ in Karton-Bauweise: Baumaterial bei 32 cm Spannweite, Schoellershammer Zeichenpapier G3; bei 48 cm Spannweite, Schoellershammer Zeichenpapier G5; bei 85 cm Spannweite, Balsa. Bedeutung der Zahlen und Zeichen: 1 = Rumpf, gestrichelte Linien nach außen, gestrichelte Linien mit Kreuzen nach innen falzen; 1a = Klebestreifen, bildet den Abschluß des Leitwerksträgers. 2 = Ballast, zweimal anfertigen und in den Rumpfkopf einkleben. 3 = Schwanzflosse, wird waagrecht auf den senkrecht stehenden Leitwerksträger aufgeleimt. 4 = Flügelpaar (abgebildet ist nur die Hälfte), wird in einem Stück hergestellt; dünn gestrichelte Linie bedeutet eine Falzung nach unten, gestrichelte Linie mit Kreuzen, eine Falzung nach oben. 5 = Flügelversteifung, ist nur bei Modellen mit größeren Abmessungen erforderlich. Schwerpunkt unter der Flügelmitte.*

auf verhältnismäßig kleine Werte ein, wird am Modell ein harter Flügelschlag erzielt, der bei hohem Kraftaufwand zu einem schnellen Geradeausflug mit merklicher Streckenleistung führt. Demgegenüber hat ein am Steuerhebel groß eingestellter Wert einen weichen Flügelschlag zur Folge; bei verringertem Kraftaufwand und minimaler Streckenleistung wird ein ziemlich steiler Steigflug ausgeführt. So lange noch kein sicheres Verfahren zur Fern-

steuerung von Schwingenflugmodellen gefunden worden ist, muß man beim Kraftflug zwischen diesen beiden Möglichkeiten wählen. Trotz mancher Versuche, die ich in dieser Richtung unternahm, habe ich noch keinen Flügel entwickeln können, der sich in Abhängigkeit von der geringeren oder höheren Schlagfrequenz automatisch auf seinen jeweils besten Wirkungsgrad einstellte. Trotzdem scheint mir dies möglich zu sein.

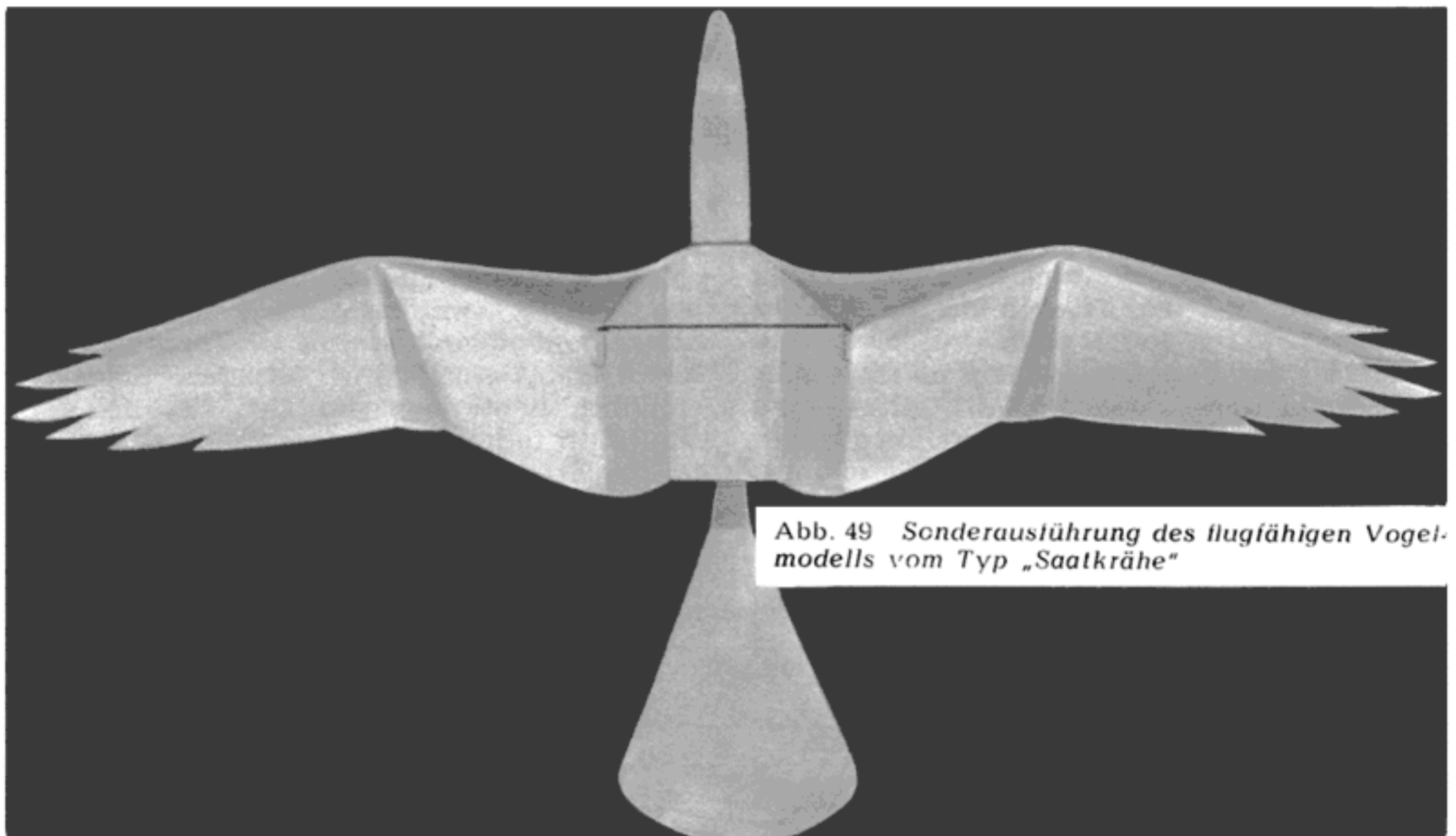


Abb. 49 *Sonderausführung des flugfähigen Vogelmodells vom Typ „Saatkrähe“*

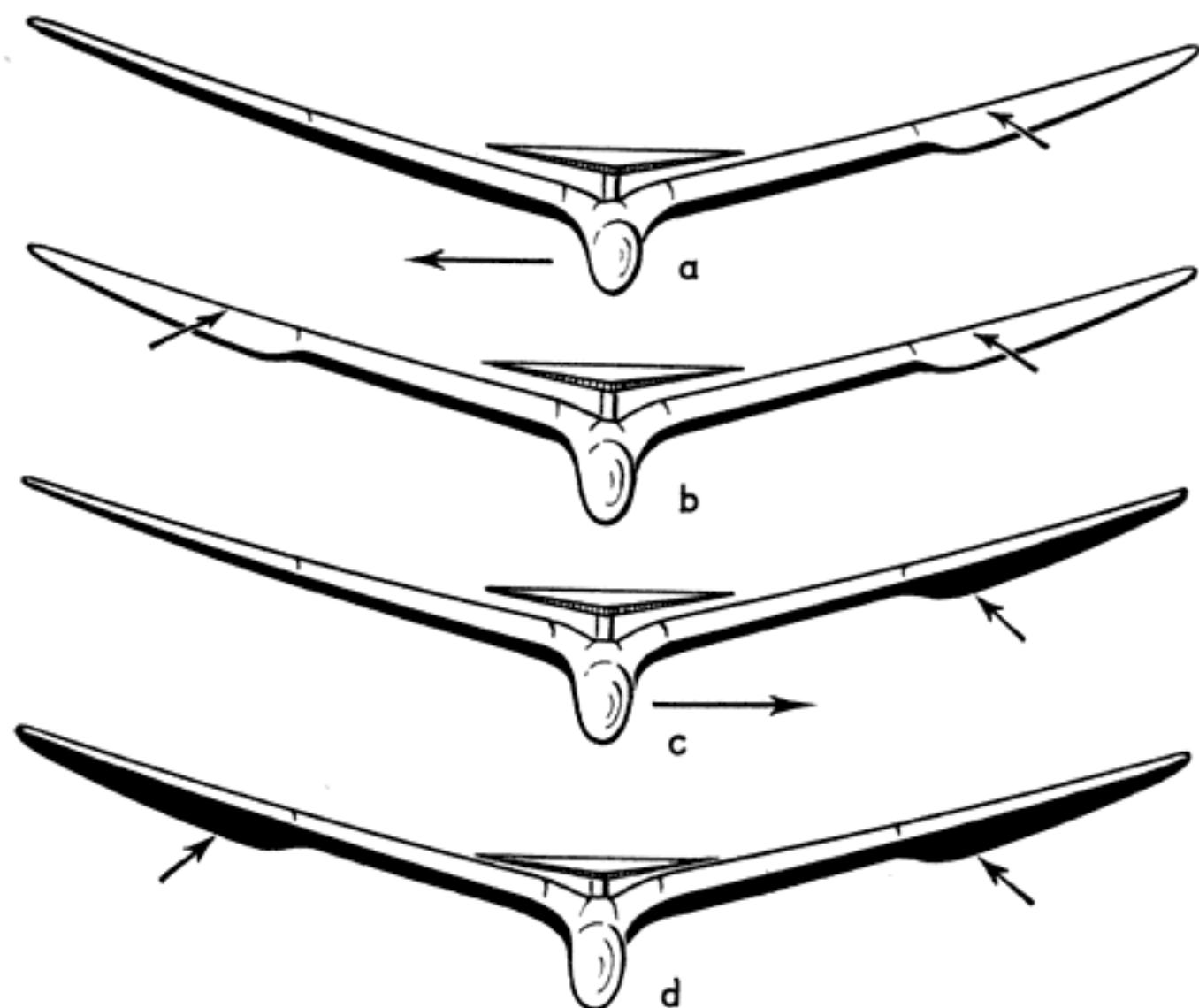


Abb. 50 Steuerfunktionen: a u. c Seiten-, bzw. Quersteuerung; b steigen, c fallen

Oftmals ist schon vermutet worden, der Kurvenflug des Vogels komme dadurch zustande, daß mit dem einen Flügel weiter oder schneller ausgeschlagen werde als mit dem anderen. Um derartige Ideen ad absurdum zu führen, baute E. v. Holst 1943 ein Versuchsmodell, das nur mit einem Flügel aktiv ausschlagen konnte. So lange man den Rumpf mit der Hand festhielt, bewegte sich ein Flügel im

nicht anders als durch intensionsabhängige Flügelverwindung bewirkt.

Gleichgültig ob es sich um die Kraftflug- oder Gleitflugphase handelt, werden also Richtungsänderungen des Vogels sowie auch des Schwingenflugmodells ausschließlich durch veränderte Einstellung der Handschwinge bzw. beider Handschwingen herbeigeführt. Künstlich angebrachte Seitenruder, die ich versuchsweise an einzelnen meiner Vogelmodelle montierte, haben in keinem Fall eine merkliche Kursänderung bewirkt. Da ich stets die Proportionen lebender Wesen auf meine Modelle übernahm, war der Hebelarm immer zu kurz.

Steil ansteigende Steigflüge oder gar Rüttelflüge auf der Stelle, wie sie E. v. Holst mit einzelnen seiner Modelle vorgeführt hatte, sind mit meinen abgeänderten Baumustern nicht geglückt. Sie müßten aber bei einem Hochleistungsmodell ebenso möglich sein wie in der Natur, zumal die für den Hörsaal entwickelte Leichtbauversion dieses Kunststück ausgeführt hat.

Absichtlich stellte ich an den Schluß dieser Beitragsfolge ein kleines Verzeichnis der unerfüllten Wünsche, das man noch um vieles ergänzen könnte. Mir kam es nämlich darauf an, einem großen Publikum zu zeigen, wie ermutigend die Anfänge waren, und wie wenig weiterhin geschah.



Abb. 51 Seitensteuerung während des Ruderfluges. Hier wird der linke Flügel (im Bild rechts) mit starker Pronation nach unten geschlagen. Der Vogel kurvt rechts (im Bild links) ohne Kurvenüberhöhung.

Schlagwinkel von 90° , und der andere stand still. Kaum wurde jedoch das Modell freigegeben, schlugen auf einmal beide Flügel im Winkel von je 45° , und der künstliche Vogel flog geradeaus davon. Obwohl nur die eine der Schwingen aktiv angetrieben wurde, machte die andere den Bewegungsablauf im Rhythmus der Schwingungsresonanz passiv mit — und die Flugrichtung blieb unverändert. Ein gleiches Experiment wiederholte ich 1953 mit meinem Schwingenflugmodell „Bussard“ (vgl. Me. 4/63) und kam zum selben Ergebnis. Es kann somit als erwiesen gelten, daß der Vogel seine Richtungsänderungen auch während des Kraftfluges

Mechanisch angetriebene freifliegende Schwingenflugmodelle gibt es schon seit geraumer Zeit. Wenn sich viele Leute mit diesem äußerst interessanten Spezialgebiet des Modellflugs beschäftigen, werden in absehbarer Zeit Schwingenflugmodelle mit Verbrennungsmotoren und Fernsteuerung fliegen. Selbstverständlich liegt dann der Gedanke nahe, ob man nicht technische Nutzenanwendung für Luftfahrzeugzwecke daraus ziehen sollte. Obwohl sich die Techniker längst anders entschieden haben, ist nämlich das mannttragende Schwingenflugzeug keine Utopie.

Einstmals hatte die Natur wahre Giganten an



Abb. 52 Gleitflug-Kurve nach links (im Bild rechts). Der höhergelegene Außenflügel ist verwunden (Pronation) und bewirkt eine Kurve mit Schräglage.

flugfähigen Lebewesen hervorgebracht. Im Tertiär (Eozän) lebte ein Albatros, der Spannweiten bis zu 6,50 m erreichte. In den eiszeitlichen Ablagerungen Kaliforniens fanden sich die Knochen eines Geiers (*teratornis incredibilis*), der eine Flügelspannweite von etwa 7 m gehabt haben muß. Das größte Flugtier aller Zeiten war wohl die Kurzschwanz-Flugechse (*pteranodon ingens*) mit 8 — 9 m Spannweite. Die errechneten Fluggewichte halten durchaus den Vergleich mit denen kleiner Sportflugzeuge aus. Wenn man bedenkt, daß diese gewaltigen Massen durch Muskelkräfte auf riesigen Schwingen bewegt wurden, müßten unsere heutigen Motoren zur technischen Wiederholung dieser natürlichen Erscheinung jedenfalls ausreichen.

„Das Schwingenflugzeug bietet die Möglichkeit, einen Flugzeugtyp zu schaffen, der alle Eigenschaften in sich birgt und die Vorteile

des Starrflügelflugzeuges mit denen des Hubschraubers vereinigt.“ Dieses Zitat stammt von Alexander Lippisch. Im Hinblick auf die Möglichkeit, Motorsegler mit Schlagflügel auszustatten, vermutete Wolf Hirth vor vielen Jahren: „Vielleicht kann man, wenn das Problem einmal gelöst ist, mit Schlagflügeln arbeiten, die in Ruhestellung keinen, oder doch nur vernachlässigbaren Widerstand bieten.“ Mit Schlagflügelflugzeugen wurden zu Beginn der fünfziger Jahre noch einmal erfolgversprechende Versuche gemacht. Das Schwingenflugzeug hat seine ganze Zukunft vor sich.

Bei Kriegsflugzeugen und in der großen Passagierluftfahrt wird man dem Arbeitsprinzip des Vogelflugs heute keine Chancen mehr einräumen dürfen; es kann hier nicht mit den modernen Verfahren konkurrieren. In der Sportfliegerei und im Modellflug ist dagegen das Feld noch weit und überdies offen.

K. Herzog

Quellennachweis

Bilder:

- Autor-Archiv*: Abb. 3, 11, 12, 17, 18, 19, 31 bis 35, 39 bis 45, 48 bis 50
Deutsches Museum: Abb. 1 und 2
Feneis, H. J.: Abb. 46 und 47
Holst, E. von: Abb. 10, 15, 16, 20 bis 30
Jerusalem, Chr., Dr.: Abb. 36 bis 38
Keystone: Abb. 7 bis 9
Schack, W.: Abb. 13 und 14, 51 und 52
MECHANIKUS-Archiv: Abb. 4 und 5

Literatur:

- Augusta, J. — Burian, Z.*: Flugsaurier und Urvögel. *Artia* 1961
Aymar, G. C.: Herrlicher Vogelflug. Verlag W. Krebser-Thum 1949
Demoll, R.: Die Flugbewegungen bei großen und kleinen Vögeln. *Zeitschr. für Biol.*, Bd. 90, Jahrgang 1930
Focke, H.: Wie die Möwe fliegt. In: Wunder des Möwenfluges. Von W. Schack, Umschauverlag Frankfurt 1943
Gymnich, A.: Der Segelflugmodellbau in Theorie und Praxis. Otto Maier Verlag, Ravensbg. 1951/1959
Hirth, W.: Handbuch des Segelfliegers. Franckh-Verl. Stuttgart 1957
Holst, E. von: Untersuchungen über Flugbiophysik. *Biol. Zentralblatt* 63, 1943
Holst, E. von: Über „künstliche Vögel“ als Mittel zum Studium des Vogelfluges. *Journ. für Ornithol.* 91, 1943
Holst, E. von: Prinzipien des Tierfluges und ihre technische Bedeutung. *Fra fysikkens verden* 1951
Holst, E. von: Vom Vogelflug und von „künstlichen Vögeln“. *Das neue Universum*, Bd. 71, Jahrgang 1954, Seite 186—193
Holst, E. von: Der Saurierflug. *Paläont. Zeitschrift*, 31 Stuttgart, 1957

Jacobs, W.: Fliegen, Schwimmen, Schweben.

Springer-Verlag, Heidelberg, 1954

Jedelsky, E.: Fünf Jahre Profilentwicklung in Wien. *Der Modellflug*, C. Lange-Verl., Duisbg. 1953/54, Seite 83—87

Lilienthal, O.: Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Berlin, 1889

Lippisch, A.: Gedanken zur Entwicklung des Schwingenfluges. *Der Modellflug*, Band 3, Jahrgang 1938, Nr. 1

Lippisch — Stammer: Der Bau von Flugmodellen. Volckmann-Verl., Berlin, 1937

Lorenz, K.: Beobachtetes über das Fliegen der Vögel. *Journ. für Ornithol.* 81, Jahrg. 1933, S. 107—235

Mechanikus: Hinein in die Thermik durch Schlagflügel. Eblingen 1954/55, Seite 212

Supi, P.: Die Eroberung des Luftreiches. Konradin-Verl., Stuttgart, 1955

Supi, P.: Das Buch der deutschen Fluggeschichte. Bd. I, Dreibrunden-Verlag, Stuttgart, 1958

Schmidt, H.: Der Flug der Tiere. Waldemar Kramer-Verl., Frankfurt, 1960

Schmitz, F. W.: Aerodynamik des Flugmodells. Carl Lange-Verl., Duisbg., 1953

Stolpe, M. — Zimmer, K.: Physikalische Grundlagen des Vogelfluges. *Journ. für Ornithol.* 85, 1937

Stolpe, M. — Zimmer, K.: Der Vogelflug. Leipzig, 1939

Stresemann, E.: Aves. Kükenhals Handbuch der Zoologie, 1927/34

Thomsen, O.: Fliegen liegt in der Luft. A. Schumacher-Verl., Berlin, 1953

K. H.

Bastelbücher — Baupläne sowie auch alle anderen Bücher liefert auch auf Teilzahlung. Feldberg-Buchhandlung, 6 Frankfurt/M.-Bonames. Prospekt A 1 gern kostenlos und unverbindlich.