

Der Schwingenflug in der Natur und in der Technik

(Teil IV, 6. Fortsetzung)

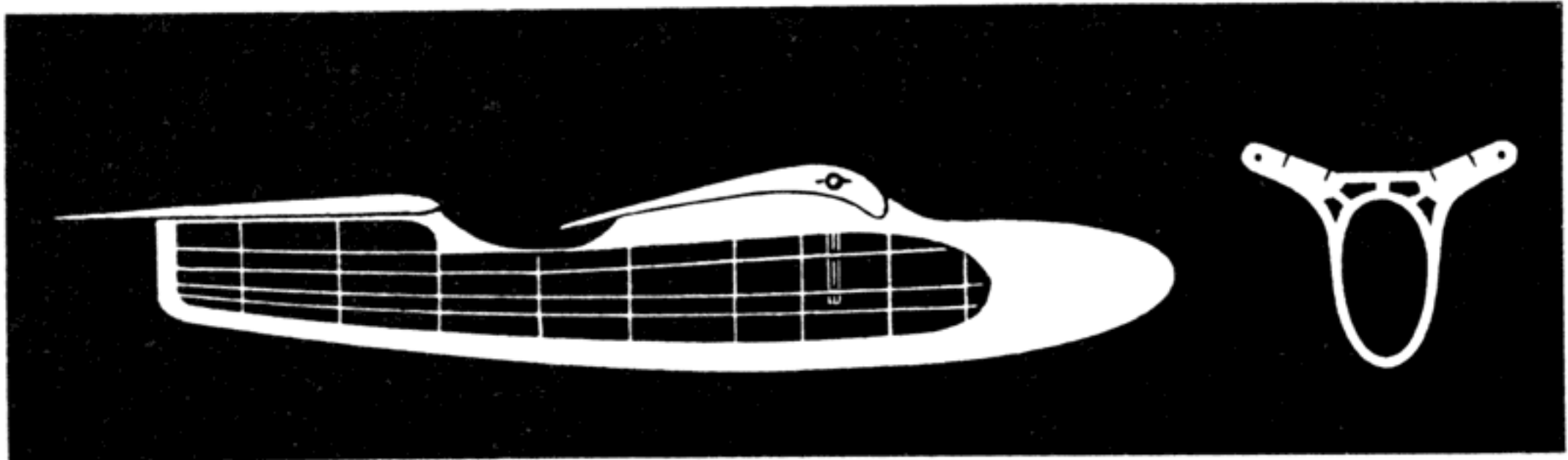


Abb. 35 Rumpf des Adlermodells, von der Seite und im Querschnitt (Sperrholzspant). Das Flügelmittelstück ist V-förmig und liegt über dem Hohlraum des Rumpfes.

Die aerodynamische Qualität, die ein Vogelprofil von Natur aus hat, ließ sich am Modell wirkungsvoller zum Einsatz bringen, wenn die Strömungsverläufe möglichst wenig durch schräg verlaufende Knicke oder Biegekanten gestört wurden. Dieser Forderung entspricht weitgehend das „Adler“-Modell nach dem Bauvorschlag C.

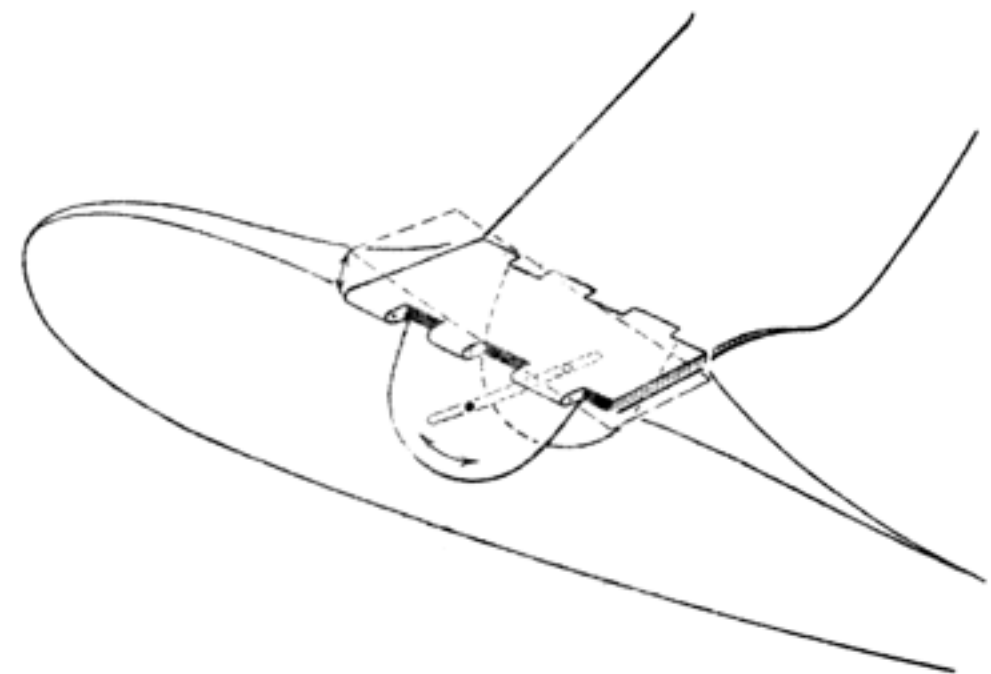
Auf das Kugelgelenk, das beim Modell A bauliche Schwierigkeiten verursachte, ist hier verzichtet worden. An seiner Stelle trat ein ausschlagbegrenztes Scharnier, um das die am Flügelmittelstück eingehängte Armschwinge regelmäßige Pendelbewegungen ausführt. Diese Vereinfachung der Bauweise mußte zunächst einmal durch einen nicht unbeträchtlichen Nachteil erkauft werden. Die aktive Dreh-schwingung der Armflügel, die vom Schultergelenk ausgeht und sich im rumpfnahen Bereich vollzieht, ist bekanntlich im Kraftflug des Vogels ein typischer Bewegungsablauf; er kann durch einen anderen nur unzureichend ersetzt werden. Hier verzichteten wir aber vorläufig auf eine Nachahmung dieser Bewegungskomponente. Besser als bei den früheren Entwürfen läuft dagegen die passive Drehschwingung an den äußeren Flügelteilen ab. Ein Teil der Handschwinge überlappt den äußeren Bereich der Armschwinge frontal und kippt bei seinen Ausschlägen um eine Achse, die in der Flucht der Armschwingenvorderkante liegt. Wird nun diese Handschwinge um ihre Achse bewegt, so wirkt sie wie ein Hebel, dessen kurzer Arm vorn und dessen langer Arm hinten liegt. Beim Flügelniederschlag weicht die hinter der Achse gelegene Fahne nach oben aus, wodurch nach dem Kipphebelprinzip die Flügel-nase gleichzeitig nach unten gedrückt wird (Pronation). Umgekehrt weicht die Handflügelfahne bei der Flügelhebung passiv nach unten aus (Supination), während ihre profilierte Nase zwangsläufig angehoben wird. Im Ergebnis entsteht eine regelmäßige Bewegungs-folge, die mit den ursprünglich ge-

forderten aktiven Drehschwingungen des natürlichen Vogelfluges Ähnlichkeit hat.

Gerade beim Modell „Adler“ würde es aber möglich sein, die Kraftflugeistung beträchtlich zu verbessern, wenn man auch am Armflügel die üblichen Drehschwingungen hervor-rufen könnte. Das Prinzip scheint ziemlich ein-fach zu sein; lediglich die konstruktive Seite dieser Aufgabe harret noch der Lösung. Es ist daran gedacht, das Flügelmittelstück beweglich zu lagern und anzutreiben. Im Schlagrhythmus der Flügel müßte es begrenzte Schaukelbewegungen (Skizze, Abb. 35a) um eine zentral gelagerte Achse ausführen, so daß es gleichfalls in den regelmäßigen Wechsel von Flügelhebung und Niederschlag einbezogen wird.

Unbefriedigend sind jetzt nur noch Kleinigkeiten: Die Achsen, um die einerseits die Armschwinge und andererseits die Handschwinge ihre Pendelbewegungen ausführen, stehen rechtwinklig zueinander; bei jedem Maximalausschlag bildet sich deshalb zwischen den

Abb. 35a Lösungsvorschlag für die Wiedergabe der aktiven Drehschwingung im Armflügelbereich



Flügelteilen ein großer Spalt. Außerdem soll die Bewegung der Armschwinge möglichst leichtgängig sein, während die der Handschwinge einer gewissen Dämpfung bedarf. Beide Schwierigkeiten lassen sich durch eine einzige Maßnahme beheben: man setzt zwischen die Fahne der Armschwinge und die der Handschwinge ein flexibles Zwischenstück ein, das im gesamten Anstellwinkelbereich ständig zwischen beiden Flügelteilen vermittelt und den Spalt verschließt.

Modellversuche haben ergeben, daß die Version C den Modellen A und B vor allem in der Kraftflugphase eindeutig überlegen war. Die letzteren hatten dagegen etwas günstigere Gleitflugeigenschaften und eigneten sich besser zum Thermiksegeln. Vor allem das Bussardmodell (B) läßt sich mit einem motorgetriebenen Nurflügel vergleichen. Im Unterschied zu diesem muß aber das Schwingenflugmodell auf jeden Fall eine Schwanzflosse haben.

Das Höhenleitwerk

Ein lebender Vogel kann beim Flug willentlich den Schwerpunkt verlagern, indem er das Gewicht der Beine, des Halses und des Kopfes zum Einsatz bringt; außerdem ist er auch befähigt, durch Veränderung der Flügelneigung den Auftriebsmittelpunkt in gewissen Grenzen zu verschieben. Diese Gewichts-Höhensteuerung wird bewußt oder durch physiologische Reflexe bewirkt und kann deshalb am ungesteuerten Modell nicht nachgemacht werden.

Das Modell muß autostabil sein, also nach Störungen immer wieder von selbst in die Normalfluglage zurückfinden. Führt das Modell aus irgendwelchen Gründen kursabweichende Bewegungen um die Querachse aus, wird das Leitwerk unter verschiedenen großen Winkeln angeblasen, wodurch Auftriebs- oder Abtriebskräfte und somit abkippende oder aufrichtende Momente hervorgerufen werden. Wie beim Segelflugmodell hängt diese Wirkung von der Größe des Leitwerks und des Hebelarmes ab, nur gibt es für Schwingenflugmodelle noch keine zuverlässigen Erfahrungswerte. Bei meinen eigenen Versuchen habe ich den Eindruck gewonnen, ein großer Leitwerks-Hebelarm führe zu einer Art Wellenflug; um das Leitwerk pendelt der Rumpf dann in Abhängigkeit von den Flügelschlägen nach oben und unten. Die nämliche Eigenart kann man übrigens in der Natur an den wellenförmigen Flugbewegungen der Elster beobachten; die Elster gehört aber zu den schlecht fliegenden Vögeln, und ihr charakteristisches Merkmal ist die außerordentlich lange Schwanzflosse. Auf Grund solcher Überlegungen habe ich es später vermieden, lange, schmale und weitabstehende Höhenleitwerke zu bauen. Empfehlenswert scheint mir ein Leitwerk zu sein, das eher breit und nicht zu klein ist; es muß fest mit dem Rumpf ver-

bunden sein und ziemlich hoch über dem Rumpfe stehen. Eine biegsame Endfahne kann zur Einstellung bestimmter Ruderausschläge benützt werden.

Der Rumpf

Es kam mir darauf an, eine außergewöhnlich feste Zelle zu bauen, wobei sich die Abmessungen nach dem ziemlich ausladenden Antriebsmechanismus zu richten hatten. Es entstand ein hochgeformter Rumpf mit elliptischem Querschnitt (Abb. 35), der sich nach hinten verjüngte und dabei zum Leitwerksträger hin kontinuierlich anstieg. Unten war das Rumpfheck in Form einer schmalen Kiel-flosse ausgebildet, wodurch die Richtungsstabilität des Modells verbessert werden sollte. Auf dem Leitwerksträger wurde die Höhenflosse mit 0° Einstellwinkel waagrecht festgeleimt. Das Modell ist als Hochdecker entworfen. Das V-förmige Flügelmittelstück wurde oben aufgesetzt und unmittelbar in die Rumpfkonstruktion einbezogen. Das Rumpfsegment unterhalb des Flügelmittelstücks sollte die Antriebsanlage aufnehmen und mußte deshalb besonders fest gebaut werden. Hier bestehen die Spanten aus Sperrholz 1,5 und 2 mm. Alle übrigen Rumpfspanten sind Balsa. Zusammengehalten wird das Gerippe durch Längsurte aus Balsa und Kiefer. Die Rumpfteile vor dem Schwerpunkt wurden beplankt, der Rest ist bespannt.

Die Flügel

Das Schwingenflugproblem ist auch ein Schwingungsproblem. Bei jedem Flügelschlag werden beträchtliche Massen bewegt; die bewegte Masse tritt umso schwerer in Erscheinung, je größer ihr Abstand vom Drehpunkt ist. Alle Teile, die aus konstruktiven Gründen ein relativ hohes Gewicht haben müssen, werden deshalb nach Möglichkeit in den rumpfnahen Flügelabschnitt verlegt. Nach dem Ende hin soll der Flügel immer leichter werden. Mehr als ein normaler Tragflügel eines Segelflugmodells werden die Schwingen der Massenzerrung ausgesetzt. Die Abb. 36 — 38 zeigen Konstruktionsarten, die mit den drei Entwürfen aus Abb. 34 übereinstimmen. Jeder einzelne Flügel ist in Holm-Rippenbauweise hergestellt. Die Holme der beiden Armschwingen tragen im proximalen Drittel einen leichten Knick nach oben; sie sind nicht massiv, sondern als Kastenholme ausgebildet. Im Innern steckt jeweils ein kurzes Stück dünnwandiges Stahlrohr, das man mit Überlänge aus der Flügelwurzel herausstehen läßt. Das herausragende Stahlrohrende soll später zum Anschluß des Antriebsmechanismus benützt werden; zunächst ragt es nur durch das Armflügelscharnier bis in das Innere des Flügelmittelstücks. Die Abbildungen 30 — 38 lassen erkennen, daß die Armschwingen jeweils einen konventionellen Aufbau haben. Ihre Flügel-nase ist beplankt; nach hinten zu ist die Fläche bespannt. Beim Bau der Handschwinge wurden strahlenförmig verlaufende Leichtbauholme in ein übliches Rippensystem eingezogen. Steif ist nur

Elektro-Handbohrmaschine **DM 85.-**
(Black + Decker) mit 6 mm Bohrfutter
einschl. 12teil. Heimwerkerzub. nur 129.— franko Nachn.
Ing. F. W. Wüllner, Abt. B, 61 Darmstadt, 1163

die beplankte Flügelnase der Handschwinge, während die lamellierte Endleiste eine gewisse Elastizität behalten hat.

Jeweils die Trennrippen bestehen aus Sperrholz, alle anderen aus Balsa.

Das Scharnier zwischen Armflügel und Handschwinge wurde bei meinen Versuchsmodellen durch dünnwandige Messingröhrchen gebildet. Das Ms-Rohr wurde auf der einen Seite der Anschlußstelle festgeleimt, auf der anderen Seite brachte ich in gewissen Abständen Balsa-Füllklötze an, die zwischen die Rippen eingefügt waren. Jeweils an den Stellen, an denen die Balsa-Füllklötze endeten, wurde das Messingrohr durchtrennt, so daß sich schließlich auf die Länge des Anschlusses immer ein Balsa-Füllklotz und ein Stück Messingrohr miteinander abwechselten. Ein Stahldraht, der nur im Balsaholz festgeleimt wurde, diente als Achse.

Eine verhältnismäßig große Bedeutung ist im gegebenen Zusammenhang der Profilwahl beizumessen. Vorarbeiten hat hier der Österreicher E. Jedelsky geleistet, der aber vor allem die Brauchbarkeit von Vogelprofilen für starre Tragflügel untersuchte. In unserem Fall besteht eine gewisse Schwierigkeit darin, daß Armflügel und Handschwinge unterschiedlich geformte Profile haben müssen. In Anlehnung an das natürliche Erscheinungsbild des Vogelflügels sollen die Armrippen (Abb. 39 A) stärker konkav gewölbt sein als die Rippen der Handgegend (Abb. 39 H). An kleineren Modellen sind hochgewölbte Konkavprofile vorteilhaft; bei Modellen mit großen Spannweiten haben sich flacher gewölbte Flügelquerschnitte besser bewährt. Der wichtigste Unterschied zwischen den Flügelprofilen des Arm- und des Handabschnitts scheint mir darin zu bestehen, daß die Profilnase der Armschwinge stets nach vorne unten heruntergezogen ist, während die Profile des Außenflügels mehr Ähnlichkeit mit den technischen Profilen haben. Vergewärtigen wir uns noch einmal die Bewegungsweise, die E. v. Holst im Modellversuch erschlossen hat, so ist der Grund für diesen Formen-Unterschied einzusehen. Bekanntlich rotiert der Flügelholm im Schultergelenk und umschreibt dabei den Mantel eines sehr spitzen Kegels. Im rumpfnahen Bereich ist der Kegelradius sehr klein; verhältnismäßig groß wird er erst an den Flügelenden. Im Bereich der kleinen Drehschwungung hat nun der Flügel die größte Wölbung und ist vorne schaufelartig nach unten gezogen; wo die Drehschwungung aber einen großen Radius hat, verändert sich zugleich auch der Anstellwinkel am stärksten, und dort ist deshalb die Unterseitenwölbung des Profils am geringsten. Um diese Eigenschaften des natürlichen Vorbilds am Modell sinngemäß wiedergeben zu können, wird die Handschwinge mit einer fest eingestellten Schränkung gebaut, die von $+3^\circ$ an der Anschlußrippe auf 0° an der Endrippe verläuft.

(wird fortgesetzt)

K. Herzog

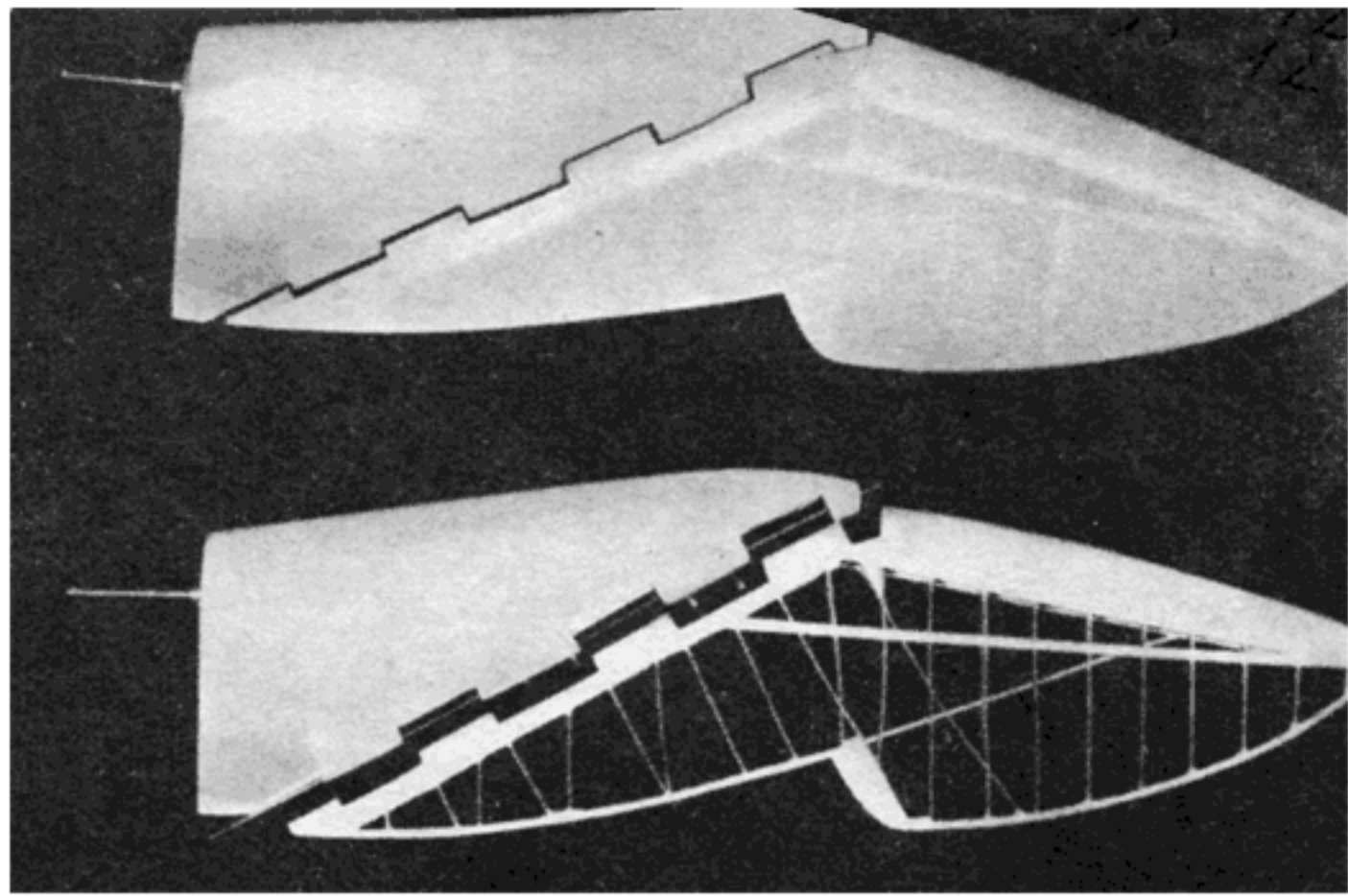


Abb. 36 Rechter Flügel des Möwenmodells (Bautypus A), unten Rohbau beplankt, oben fertig. Die Handschwinge ist durch eine Scharnierverbindung von hinten an den Armflügel angegliedert (vgl. Übersichtszeichnung Me 10/63, S. 412)

Abb. 37 Rechter Flügel des Bussardmodells (Bautypus B), unten Rohbau beplankt, oben fertig. Der Armflügel wird von einem vorgebauten „Eckflügel“ der Handschwinge überlappt.

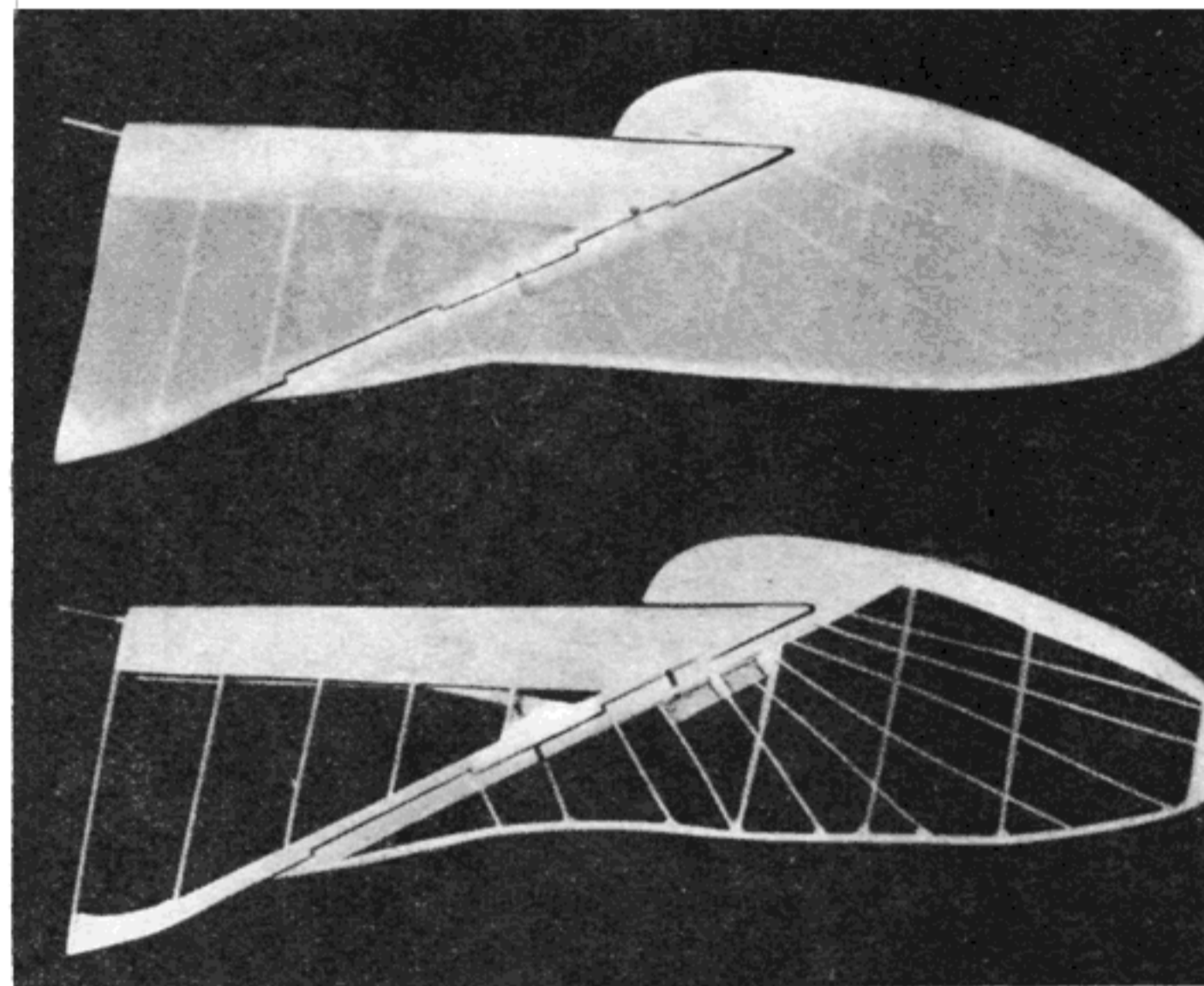


Abb. 38 Rechter Flügel des „Rohrweihemodells“ (ähnlich wie Bautypus C), unten Rohbau beplankt, oben fertig. Die Übergangsklappe (Kontinuitätsklappe) besteht aus zwei übereinanderliegenden dünnen Lamellen und hat eine Drähtchen-Röhrchen-Konstruktion zur Grundlage.

