

Wilhelm Haas.

Der Bau von FLUGMODELLEN



WOBST

TEIL **2** FÜR FORTGESCHRITTENE

von F. Stamer und A. Lippisch

VERLAG C. J. E. VOLCKMANN NACHF. G. M. B. H. BERLIN-CHARLOTTENBURG 2

Sämtliche

Werkstoffe und Baupläne

**für alle Segelflug- und Motormodelle
s i n d l a u f e n d v o r r ä t i g .**

Modellbauer, die nach eigenen Entwürfen arbeiten, decken ihren Bedarf ebenfalls aus meinem vielseitigen Lager.

Schulen, Ortsgruppen des Deutschen Luftsport-Verbandes, Modellbaugruppen der Hitlerjugend ebenso des Jungvolkes können Posten in jeder beliebigen Menge von mir beziehen.

Fordern Sie ausführliche Preisliste über Baupläne u. Werkstoffe.

Flugmodellversand

H. B U F E

Berlin-Lichterfelde 1

Finkenstein-Allee 33 neben der ehem. Kadettenanstalt

Ruf: G 3 2474 / Postscheckkonto: Berlin 129452

Der Bau von Flugmodellen

herausgegeben im Auftrage des
Deutschen Luftsport-Verbandes

von

J. Stamer und A. Lippisch

Teil II

Für Fortgeschrittene

Mit 100 Abbildungen
und 2 Tafeln.

3. neubearbeitete Auflage

1 9 3 5

C. J. C. Volkmann Nachf. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2

Vorwort

zur dritten Auflage.

Seit dem Erscheinen der 2. Auflage unseres Modellbuches hat der Modellflugsport einen fast ungeahnten Aufschwung genommen. Der Reichsmodellwettbewerb für Motormodelle und der Segelflugmodellwettbewerb auf der Wasserkuppe haben die Entwicklung des Modellbaues fruchtbringend gefördert. Aus allen deutschen Gauen sind die Modellbauer zusammengeströmt und haben gezeigt, daß unsere flugbegeisterte Jugend den Modellbau von sich aus zu fördern imstande ist. Aber auch in uns alten Modellbauern lebt die Liebe und Begeisterung zum Modellbau weiter, und wenn uns auch andere Aufgaben in der Luftfahrt gestellt sind, so wollen wir trotzdem dem Modellbau nicht untreu werden. Wir haben deshalb die 3. Auflage dieses 2. Bandes fast vollständig neu bearbeitet und so dem Buch eine Gestalt gegeben, die alle Elemente des Modellbaues berücksichtigt. Der Modellbau ist die Vorstufe des Flugzeugbaues, und deshalb kehren alle Fragen, die den jungen Modellbauer einst beschäftigt haben, bei einer späteren Tätigkeit in der Fliegerei wieder. In diesem Sinne ist die Neuauflage durchgearbeitet worden. Sie enthält keine Bauanleitungen mehr, sondern in ihr soll der Modellbauer auf alle Fragen Antwort finden und zu eigener Arbeit angeregt werden. Zugleich gibt das Buch in dieser Form einen Anhalt zur Gestaltung des Luftfahrtunterrichts in den Schulen. Wir wünschen, daß wir neue Anregungen zur Weiterentwicklung des Modellbaues gegeben haben, damit die großen Erfolge der letzten Jahre in Zukunft noch gesteigert werden können.

Berlin/Darmstadt, März 1935.

Fritz Stamer. Alexander Dippisch.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
Flugmodelle	5
Zweck des Modellbaues	5
Das Flugmodell und seine Bauteile	6
Einteilung der Modelle	7
Modellaerodynamik	10
Das Profil	10
Auftrieb, Profilform, Druckverteilung, Widerstand, Ab- reißen, Druckmittelpunkt.	
Der Flügel	15
Seitenverhältnis, Randwiderstand, Flügelumriß, Schrän- kung, Auftriebsverteilung.	
Stabilität	19
Längsstabilität, Schwerpunktlage, Abwind, Ruderwirkung, Richtungsstabilität, Querstabilität, Knickflügel, Fasnir- flügel.	
Schwanzlose Modelle	26
Wirkung des Pfeilsflügels, Schränkung, Schwerpunktlage, Seitensteuerung.	
Aerodynamische Feinheiten	30
Flügel — Rumpf — Übergang, Ausschnitte, Verkleidungen.	
Das Triebwerk	34
Die Luftschraube und ihre Wirkung	34
Luftschraubenauswahl	37
Bau der Luftschraube	39
Theoretisches	43
Motordrehmoment	45
Bauart verschiedener Motoren	47
Leistungsmotoren	49
Zusammenwirken von Luftschraube und Modellflugzeug	55
Modellbaustatik	56
Knickung, Biegung	57-62
Torsion	62
Modellkonstruktion	65
Der Flügel	65
Rahmenbauweise, Einholmflügel, Zweiholmflügel, Quer- ruder, Beschlüge, Strakplan.	
Der Rumpf	73
Verkleideter Motorstab, Fachwertrumpf, Strakplan.	
Die Leitwerke	78
Rahmenleitwerk, Profilleitwerk, gesteuerte Leitwerke, Flugfiguren.	
Das Fahrwerk	82
Normalfahrwerk, Achsloses Fahrwerk, Einbeinfahrwerk, Räder, Schwimwerk.	
Metallbauweise	86
Segelflugmodelle	88
Bauweise	89
Sinkgeschwindigkeit und Gleitwinkel, Stabilität	89-90
Bewährte Modelle	91
Langhester, Welteniegler, Lippisch-Storch, Lippisch-Brett, Winkler, Gentisch, Pendelflügel.	
Praktische Ratschläge	97
Aus der Praxis	99
Geländeausswahl für Motormodelle, Startvorbereitungen, das Starten, Rudereinstellung, Geländeausswahl und Start von Segelflugmodellen, Geländeaufwind, Gleitflugversuche, Drachentart.	
Flugmodellbaupläne	107

Flugmodelle.

Unter einem Flugmodell verstehen wir ein kleines unbemanntes Flugzeug. Es ist keineswegs gesagt, daß es sich dabei um die naturgetreue Verkleinerung einer großen Flugzeugtype handeln muß.

In der Natur haben wir Vorbilder, auch die Natur baut Flugmodelle. Viele Pflanzen haben, wie wir wissen, Mittel, ihre Samenkörner möglichst weit fortzutragen, um so der Pflanze die Verbreitung zu sichern. Uns allen bekannt ist der zart gefiederte Samen des Löwenzahns, der mit dem Winde weit forttreibt. Linde und Ahorn geben ihren Samen feine Flügel mit, mit denen sie ein Stück durch die Luft wirbeln können. Der Hauptzweck dieser Flughäute scheint aber zu sein, dem auf dem Boden liegenden Samenkorn als Segel zu dienen, so daß der Wind es erfassen und über den Erdboden blasen kann, bis es an einem Hindernis liegen bleibt und später Wurzel faßt.

Wir kennen aber auch wirkliche Flugsamen, wenn auch nicht in unseren Breiten. Der Samen der indonesischen Klettersträucher (Kufurbitazeen), der sog. Janoniasamen, ist regelrecht mit Flügeln versehen und so geformt, daß er, sich selbst steuernd, fliegt. Wir nennen das eigenstabil und kommen später darauf zurück.

Ein ganz einfaches und allgemein bekanntes Flugmodell mit hübschen Flugeigenschaften ist die Papierschwalbe, die jeder von uns wohl schon aus Festpapier gefaltet hat.

Der Drachen, den wir an der Schnur steigen lassen, ist eine Art Flugmodell, jedoch kein freifliegendes Modell. Wir haben ihn in Teil I unseres Buches beschrieben.

Zweck des Modellbaues.

Das Flugmodell bietet die einzige Möglichkeit für die Jungen, die so oft neugierig und begeistert den dahinziehenden Flugzeugen nachschauen, sich ebenfalls im Flugwesen zu betätigen. Wie überall, so kann auch hier die Jugend ihre Welt im Kleinen haben.

Nichts erfordert so viel Liebe und Sorgfalt, so viel Eingehen auf das Material und dessen Bearbeitungsweise wie der Flugmodellbau. So erzieht er zu Genauigkeit und Sauberkeit.

Naturbeobachtung, Studium von Wind und Gelände sind notwendig, will man gute Flüge erzielen.

Welcher Junge möchte nicht basteln und konstruieren, wer möchte nicht wie ein Trapper jede Geländefalte beobachten, Wind und Wetter studieren und dem Fliegen und Segeln der Vögel die Geheimnisse ablauschen wollen.

Wenn dann das riesige Verkehrsflugzeug über Euch hinwegzieht, dann könnt Ihr mit Genugtuung sagen: „Wir tragen bei zu Eurer Entwicklung, wir basteln und versuchen, einmal wird schon etwas daraus werden!“

So lernt man auf Böen und Glauten achten und erkennt Vorgänge in der Natur, die sonst unbeobachtet blieben.

Die Flugforschung bedient sich des Modelles für Messungen und Experimente, und studiert daran die Eigenschaften neuer großer Flugzeuge, die sich daraus entwickeln sollen.

Nun zum Modell selbst.

Das Flugmodell und seine Bauteile.

In Abb. 1 ist ein Flugmodell so dargestellt, daß wir alle wesentlichen Teile sehen und uns die Bezeichnung dieser Teile an Hand der Abbildung einprägen können.

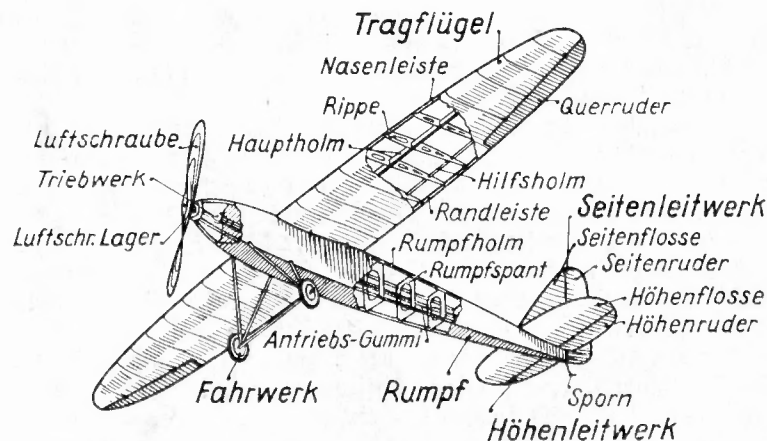


Abb. 1. Teile des Flugmodells.

Das Flugmodell besteht aus den Bauteilen:

1. Tragwerk,
2. Rumpf,
3. Leitwerk,
4. Fahrwerk oder Schwimmwerk,
5. Triebwerk.

Das Tragwerk besteht hier aus einem Tragflügel, und dieser Tragflügel ist aus verschiedenen Einzelteilen zusammengesetzt. Die Vorderkante bildet die „Nasenleiste“. Die Querschnittform wird durch „Rippen“ erhalten, die von einem „Hauptholm“ und einem leichten „Hilfsholm“ als Längsträger gehalten werden. Die Hinterkante wird durch eine „Randleiste“ gebildet. Das Tragflügelgerippe ist mit Stoff oder Papier bespannt. Flügel und Rumpf sind durch Beschlüge miteinander verbunden. An den

Außenenden des Tragflügels befinden sich bewegliche Steuerklappen, die Querruder.

Der Flügel sitzt auf dem Rumpf, dem eigentlichen Körper des Flugzeugs. Dieser Rumpf ist ebenfalls aus verschiedenen Einzelteilen hergestellt, und zwar im Wesentlichen aus den „Rumpfholmen“ als Längsträger und den „Rumpfspanten“ zur Herstellung der gewünschten Querschnittform. Auch der Rumpf ist bespannt.

Am Ende des Rumpfes befinden sich das Höhen- und Seitenleitwerk. Beide Leitwerke bestehen aus einem feststehenden Teil, der „Flosse“, und einem beweglichen Teil, dem „Ruder“. Man spricht also von „Höhenflosse“ und „Höhenruder“, oder „Seitenflosse“ und „Seitenruder“. Die Leitwerkflossen dienen zur Stabilisierung, die Ruder zur Steuerung des Flugzeuges.

In den Rumpf ist das Triebwerk eingebaut; es besteht hier aus einem Gummistrang, der vor dem Flügel aufgedreht wird und so die Luftschrabe in Drehung versetzt, sodaß ein Vorwärtzug entsteht.

Am Rumpf ist weiterhin ein Fahrwerk angebracht, sodaß das Flugzeug am Boden anrollen oder ausrollen kann. Die vom Rumpf ausgehenden Fahrwerkstreben tragen die Achse, auf der die Räder gelagert sind. Anstelle der Räder können auch Schwimmer am Flugzeug angebracht sein. Zum Fahrwerk gehört dann auch noch zum Schutz gegen Beschädigungen beim Abflug und bei der Landung der am Rumpfende angebrachte Sporn.

Einteilung der Modelle.

Es gibt die verschiedensten Arten von Flugmodellen, die man durch besondere Merkmale von einander unterscheidet. Man spricht

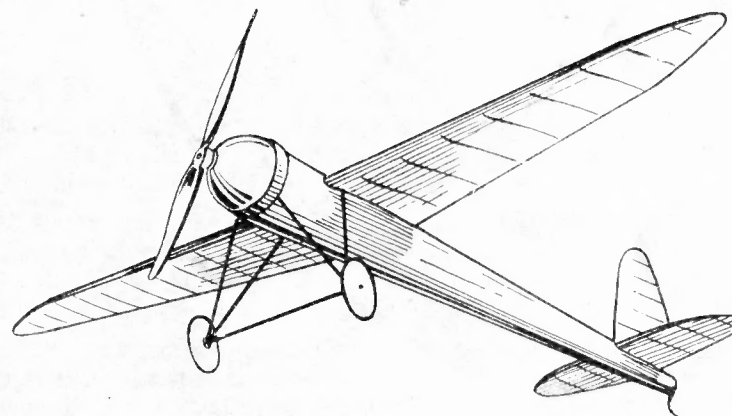


Abb. 2. Schulterdecker mit Holzrohrumpf.

also etwa, um eine besondere Modellform zu kennzeichnen, von einem „Tandem-Doppeldecker mit Gummimotor“, einem „Wasser-

flugmodell mit Druckschraubenantrieb“. Mit diesen Namen sind Bauweise, Antriebsart und Verwendungsgebiet soweit gekennzeichnet, daß der zünftige Modellbauer sich eine Vorstellung von diesen Modelltypen machen kann.

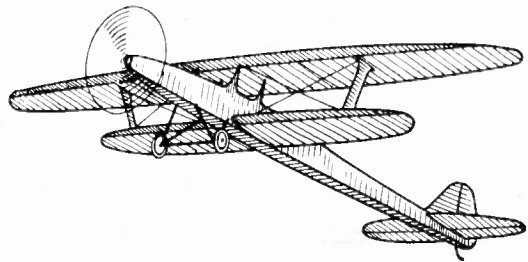


Abb. 3. Doppeldecker-Rumpfmodell.

Wir unterscheiden einmal die beiden großen Modellbaugruppen, nämlich Motorflugmodelle und Segelflugmodelle.

Innerhalb dieser großen Gruppen unterscheiden wir wiederum nach der grundsätzlichen Bauweise des ganzen Modells:

1. Modelle in Normalbauweise, d. h. solche Modelle, die wie die üblichen großen Flugzeuge (Abb. 1, 2 und 3) aufgebaut sind, also hinter dem Tragwerk am Rumpfsende Seiten- und Höhenleitwerk tragen.

2. Modelle in Tandembauweise. Bei diesen befinden sich zwei nahezu gleiche Flügel hintereinander (Abb. 4).

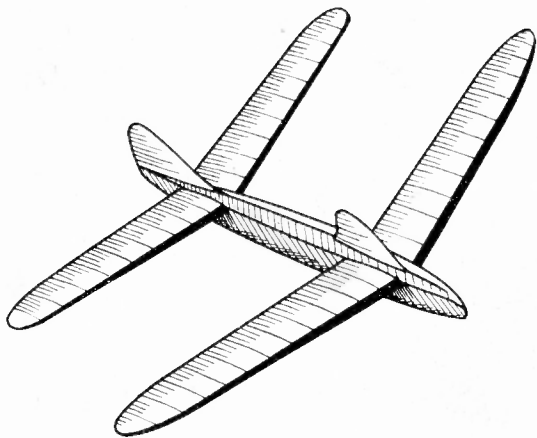


Abb. 4. Tandemeindecker-Segelflugmodell.

3. Modelle des Ententyps. Bei dieser Bauform liegt das Höhenleitwerk vorne und der Tragflügel am Ende des Flug-

zeuges (Abb. 5). Diese ersten drei Bauarten sind insofern untereinander verwandt, als stets zwei hintereinanderliegende Flächen

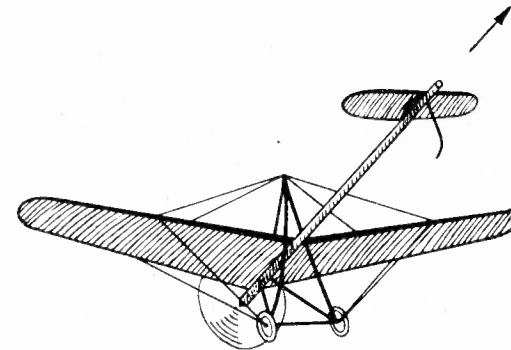


Abb. 5. Enteneindecker-Stabmodell.

vorhanden sind; denn das Höhenleitwerk ist ja nichts weiter als ein kleiner Tragflügel. Es gibt aber auch Bauformen, die keine

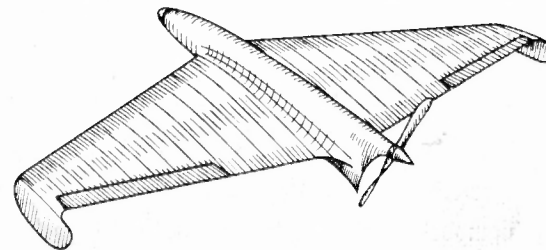


Abb. 6. Schwanzloses Nurflügelmodell mit Druckschraube.

vom Tragflügel getrennt angeordneten Leitwerksflächen besitzen. Man nennt sie deshalb „Nurflügelflugzeuge“ oder auch „Schwanzlose Flugzeuge“ (Abb. 6).

Außer diesen Bauformen gibt es dann noch Sonderbauarten wie „Windmühlenflugzeug“, „Schlagflügelflugzeug“, „Hubschrauber“. Da sich diese Bauarten noch im Anfangsstadium der Entwicklung befinden, sind sie im Modellbau z. Zt. kaum vertreten.

Bei den verschiedenen genannten Bauweisen kann man nun wiederum unterteilen nach der Art der Flügelanordnung in Ein-, Doppel- und Mehrdecker (Eindecker = Abb. 2, Doppeldecker = Abb. 3). Z. Zt. werden hauptsächlich Eindecker im Modellbau bevorzugt. Aber auch der Doppeldecker hat seine Berechtigung, weil man durch die gegenseitige Abstützung der Flügel besonders leicht und fest bauen kann. Weiterhin unterscheiden wir zwischen

Land- und Wasserflugmodellen. Das Landflugmodell hat ein Fahrwerk, das Wasserflugmodell ein Schwimmwerk (Abb. 7).

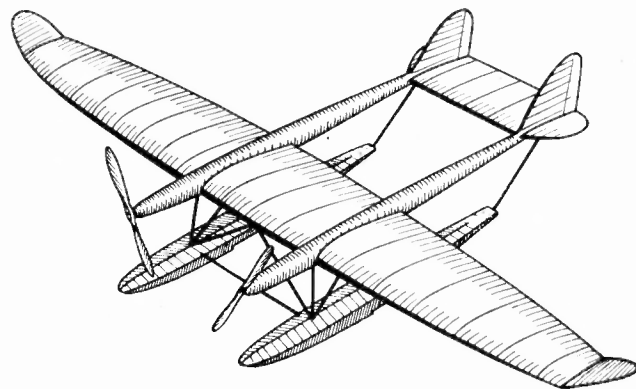


Abb. 7. Zweimotoriger Wassereindecker, Doppelrumpf.

Innerhalb der Motorflugmodelle unterscheidet man nach der Art und Anordnung des Triebwerkes. Zum Antrieb von Modellen dienen Gummimotoren, Preßluftmotoren und kleine Benzinmotoren.

Bei der Anordnung des Triebwerkes unterscheiden wir zwischen Zugschrauben- (Abb. 1, 2, 3 usw.) und Druckschraubenantrieb (Abb. 5, 6). Auch die Anzahl der Triebwerke kann verschieden sein, dementsprechend unterscheiden wir einmotorige, zweimotorige und mehrmotorige Modelle. Das Modell in Abb. 7 ist also ein „zweimotoriger Wasser-Eindecker in Normalbauweise.“

Da die Flugmodelle beim Wettbewerb verschiedenartig gestartet werden, unterscheidet man zwischen Handstart, Bodenstart und Drachenstart.

Modellaerodynamik.

Das Profil.

Der Auftrieb. Unser Modell fliegt genau wie das große Flugzeug dadurch, daß der Tragflügel Auftrieb erzeugt und damit das Gewicht des Modells in der Schwebelage hält. Das Zustandekommen eines Fluges ist also in erster Linie abhängig von der Erzeugung eines genügend großen Auftriebs des Flügels. Während die Luftballons und Luftschiffe durch den Auftrieb leichter Gase (Wasserstoff) getragen werden (statischer Auftrieb), wird das Flugzeug durch den infolge der Flugbewegung erzeugten Tragflügelantrieb (dynamischer Auftrieb) getragen. Der Auftrieb des Flügels kann nur dann entstehen, wenn der Flügel die Luft mit einer gewissen

Geschwindigkeit durchschneidet. Hierbei wird der Flügel durch die einzelnen Luftteile umströmt. Wie diese Umströmung an einem Flügelquerschnitt, dem sogen. Flügelprofil, aussieht, zeigt Abb. 8.

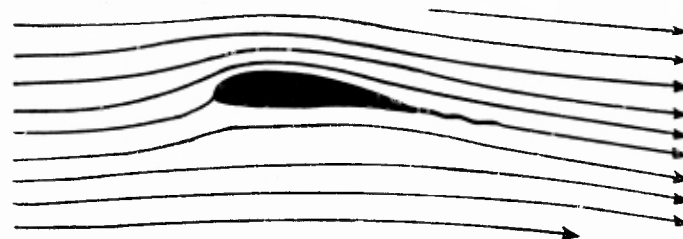


Abb. 8. Umströmung des Profils.

Wir sehen, wie die Stromfäden eine Wellenbahn durchlaufen und dabei auf der Oberseite des Flügels zusammengedrängt und auf der Unterseite des Flügels auseinandergezogen werden. Dies bedingt, daß die Luft auf der Oberseite schneller und auf der Unterseite des Profils langsamer fließt. Dadurch werden auf der Oberseite des Profils Saugkräfte und auf der Unterseite Druckkräfte von der Luft auf den Flügel ausgeübt, deren Gesamtheit den Auftrieb ergibt. Man spricht deshalb auch von der Profil- oder Flügeloberseite als Saugseite und von der Profil- oder Flügelunterseite als Druckseite.

Die Profilform. Es ist verständlich, daß die Formgebung des Flügelprofils maßgebend ist für die Größe der Auftriebserzeugung. Die besondere Form der Flügelprofile erzeugt die das Flugzeug tragende Luftwelle. Ein sich der Krümmung dieser Welle richtig anschmiegendes Profil wird besonders günstig sein. Deshalb besitzen die üblichen Auftriebsprofile eine mehr oder weniger kräftige Wölbung. Je stärker die Wölbung, um so größer ist der Auftrieb, den wir mit diesem Profil erzeugen können. Da alle Flügelprofile eine gewisse Dicke besitzen, ist die wahre Wölbungslinie des Profils nicht aus der Profilunterseite, sondern aus der Mittellinie zwischen Ober- und Unterseite abzuleiten. Das Profil denkt man sich also entstanden aus einer günstig geformten Mittellinie, um die eine schlanke Stromlinienform herumgelegt wurde (Abb. 12).

Druckverteilung. Die Saug- und Druckkräfte auf Profilober- und Unterseite sind keineswegs gleichmäßig verteilt. Den größten Teil zur Auftriebserzeugung liefern die vorderen Profilteile, wie wir aus Abb. 9 ersehen. Hier ist die Verteilung dieser Sog- und Druckkräfte längs eines Flügelprofils dargestellt. Wir sagten schon, daß die Summe aller dieser Einzelkräfte den Auftrieb ausmacht, während der Angriffspunkt dieser Gesamtkraft im Schwerpunkt der Sog- und Druckkräfte zu suchen ist.

Widerstand. Durch die Umströmung werden jedoch nicht nur Auftriebskräfte, sondern auch Widerstandskräfte hervorgerufen, die dadurch entstehen, daß sich die Luft an der Flügeloberfläche reibt. Der Widerstand entsteht also durch Luftreibung, und um diese Reibung so klein wie möglich zu machen, müssen die Oberflächen aller Flugzeugteile (Flügel, Rumpf, Leitwerk usw.) durch Lädieren so glatt wie möglich gemacht werden. Außer der Reibung gibt es noch andere Widerstandsursachen, und zwar in der Hauptsache den Widerstand durch Wirbelbildung.

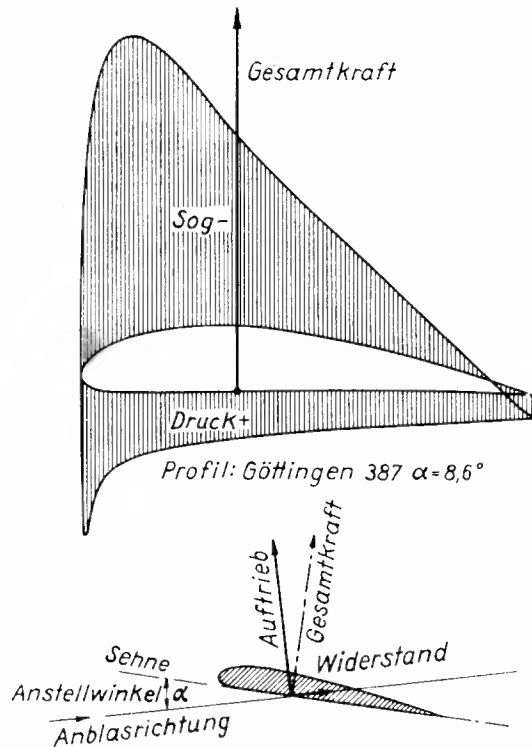


Abb. 9. Druckverteilung am Profil, Anstellwinkel und Luftkräfte.

Abreißen. Wir hatten oben festgestellt, daß die Auftriebswirkung dann am günstigsten ist, wenn sich das Profil der tragenden Luftwelle anschmiegt. Vergrößern oder verkleinern wir den Anblaswinkel, so liegt der Flügel zur Strömung nicht mehr so günstig, und es wird beim stetigen Vergrößern des Winkels schließlich eine Stellung des Profils zur Luftströmung erreicht werden, bei der die Luftfäden dem Zwang der Profilform nicht mehr folgen wollen und abreißen. Man nennt deshalb die Stelle, welche die Grenze der möglichen Auftriebserzeugung darstellt, den Abreißpunkt. Dieses Abreißen tritt also stets ein, wenn der Flügel mit zu großem

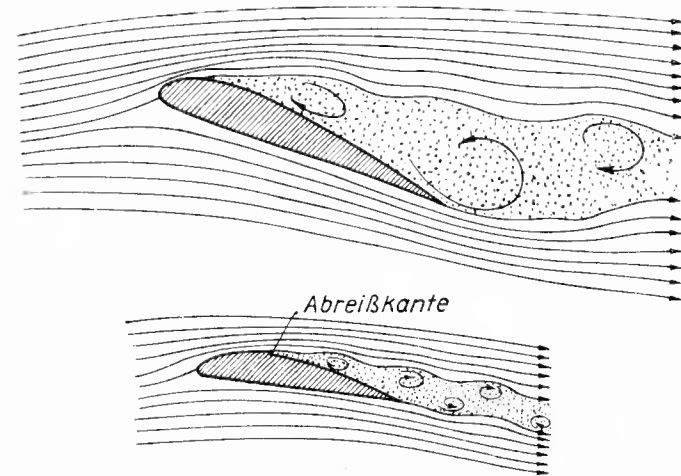


Abb. 10. Abgerissene Flügelströmung.

Anblaswinkel gegen die Luftströmung gestellt wird. Den Vorgang veranschaulicht Abb. 10.

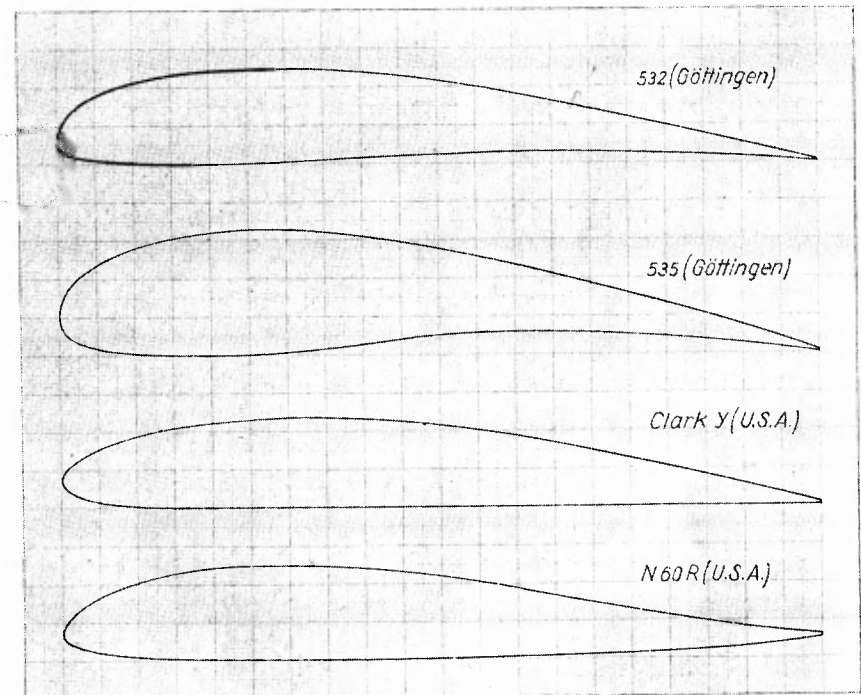


Abb. 11. Empfehlenswerte Flügelprofile. N 60 R ist ein druckpunktfestes Profil.

Wir erkennen, daß die kritische Stelle des Profils auf der Oberseite dicht hinter der Flügelnafe liegt. Die Strömung, die eigentlich nach unten abbiegen müßte, löst sich von der Oberseite des Flügels ab, und nun bildet sich auf den dahinter liegenden Teilen der Flügeloberseite ein mit unregelmäßigen Wirbeln gefülltes Windschattengebiet. Dieses Windschattengebiet erstreckt sich von der Flügeloberseite weit nach hinten, und immer neue Wirbel werden vom Flügel aus nach hinten fortgespült. Die Erzeugung dieser Wirbel erfordert Flugarbeit, die durch einen erhöhten Flugwiderstand in Erscheinung tritt.

Hätten wir unser Flügelprofil nicht sauber gerundet, sondern Ecken und Kanten daran gelassen, dann würde bereits im Normalfluge an diesen Kanten ein Abreißen der Strömung eintreten. Jede Kante, die an unserem Flugzeug vorhanden ist, wird zur Wirbelbildung Anlaß geben, jede Wirbelbildung aber erzeugt Widerstand. Deshalb werden wir alle diese Kanten abrunden, um Widerstand zu sparen (Abb. 10). Die günstige Form verschiedener Flügelprofile ist durch zahlreiche Versuche an Flügelmodellen in Windkanälen festgestellt worden. Der Modellbauer verwendet deshalb diese für große Flugzeuge entworfenen Profile auch an seinen kleinen Flugzeugen. Abb. 11 zeigt eine Reihe besonders guter Flügelprofile, die wir dem Modellbauer empfehlen können.

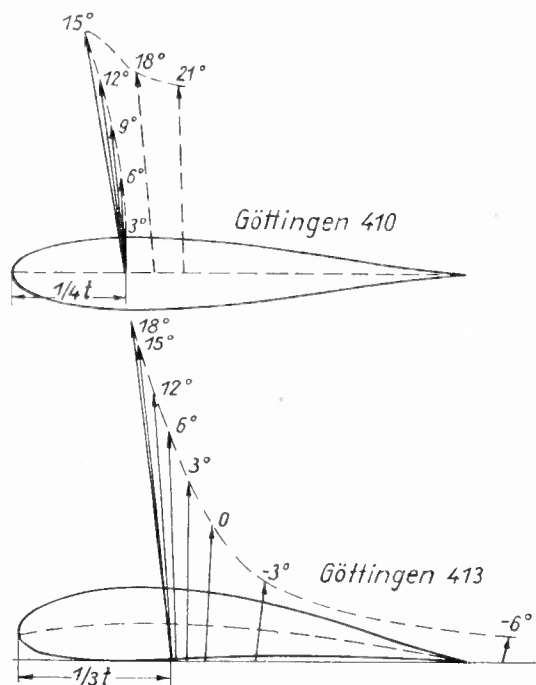


Abb. 12. Größe und Lage der Luftkräfte am symmetrischen und gewölbten Profil. Das gewölbte Profil ist durch Krümmung des symmetrischen Profils entstanden.

Druckmittelpunkt. Die verschiedenen Stellungen des Flügels zur Anströmungsrichtung werden durch die Größe des Anstellwinkels, gemessen zwischen Profilsehne und Anströmungsrichtung, festgelegt. Die Verteilung der Auftriebskräfte längs des Flügelprofils ist von der Größe des Anstellwinkels abhängig. Je steiler wir ein gewölbtes Profil gegen die Luft anstellen, um so mehr werden die vorderen Teile des Profils zur Auftriebserzeugung herangezogen. Dadurch ändert sich der Angriffspunkt der gesamten Luftkräfte, d. h. mit wachsendem Anstellwinkel rückt dieser Angriffspunkt der gesamten Luftkraft, der sogenannten Druckmittelpunkt, nach vorne. Verkleinern wir den Anstellwinkel, so tritt die umgekehrte Erscheinung ein, d. h. der Druckmittelpunkt rückt immer weiter nach hinten, weil nunmehr die rückwärtigen Profilteile den Auftrieb erzeugen, während die stark nach unten geneigte Profilnafe bereits Oberdruck erfährt, also Abtrieb liefert. Diese Änderung der Lage des Druckmittelpunktes wird Druckpunktwanderung genannt. Je größer die Wölbung des Profils, um so stärker ist die Druckpunktwanderung. Ebene Profile haben keine Druckpunktwanderung, sie sind druckpunktstetig. Das gleiche gilt für solche Profile, die eine doppelt gekrümmte Mittellinie besitzen, deren Vorderteil also normal gewölbt und deren Profildende umgekehrt gewölbt ist. Man sagt, die Profilmittellinie hat einen S-Schlag. Diese Profile verwendet man vorzugsweise bei schwanzlosen Flugzeugen und Modellen. Im normalen Flugzustand liegt der Druckmittelpunkt der gebräuchlichen gewölbten Profile etwa im ersten Drittel der Flügeltiefe. Bei druckpunktstetigen Profilen liegt er weiter vorn, und zwar im ersten Viertel der Flügeltiefe (Abb. 12).

Der Flügel.

Seitenverhältnis. Wie das Profil maßgebend ist für das Zustandekommen eines günstigen Auftriebs an jedem einzelnen Flügelquerschnitt, so ist die Formgebung des ganzen Flügels von wesentlicher Bedeutung für die Gewinnung guter Flugleistungen und Flugeigenschaften. Neben der Gestaltung des Flügelumrisses im Einzelnen wird die Wirkung des Flügels insbesondere durch das ihm gegebene „Seitenverhältnis“ beeinflusst. Dieses Seitenverhältnis, auch Flügelstreckung genannt, wird bestimmt als Verhältnis der Spannweite zur mittleren Flügeltiefe. Wir erklären uns dies am leichtesten an einem Beispiel. Ein Flügel mit 100 cm Spannweite und 10 cm Flügeltiefe besitzt das Seitenverhältnis 10; ein Flügel mit 120 cm Spannweite und 20 cm Flügeltiefe das Seitenverhältnis 6. Ist der Flügel nicht rechteckig mit gleichbleibender Flügeltiefe, sondern gerundet oder zugespitzt, so müssen wir uns zuerst aus dem Flächeninhalt die mittlere Flügeltiefe ausrechnen. Wir können uns jedoch diese Rechnung sparen, wenn wir die Flügelstreckung aus dem Verhältnis des Spannweitenquadrats zum Flügelinhalt bestimmen. Es hat also beispielsweise ein Flügel von 1,2 m Spannweite und 0,18 qm Flächeninhalt eine Flügelstreckung von $1,2 \times 1,2 : 0,18 = 8$.

Randwiderstand. Um den Einfluß der Flügelstreckung auf die Luftkräfte kennen zu lernen, betrachten wir einen rechteckigen Flügel im Luftstrom. Von dem Abschnitt „Das Profil“ her wissen wir, daß auf der Oberseite dieses Flügels ein Ober- und auf der Unterseite ein Unterdruck herrscht. An den Seitenrändern des Flügels wird ein Ausgleich dieser einander entgegengesetzten Drücke auftreten, d. h. die Luft wird nicht nur am Flügel vorbeiströmen, sondern es wird sich außerdem eine Querströmung der Luft um den Flügelrand ausbilden. Wie beim elektrischen Strom fließt auch die Luft von Plus nach Minus, d. h. vom Überdruck zum Unterdruckgebiet, also von der Flügelunter- nach der Flügeloberseite. Insbesondere werden die seitlichen Flügelränder von unten nach oben von der Luft umspült.

Es tritt also in jedem Falle ein Druckausgleich ein, der zur Folge hat, daß der Auftrieb nach dem Flügelende zu infolge dieses Druckausgleichs verschwindet. Die Umströmung der Flügelränder erzeugt an jedem Flügelende einen nach hinten abgehenden Wirbelzopf, den sogenannten Randwirbel. Da während des Fluges diese Wirbel dauernd neu erzeugt werden, wird in ihnen ebenfalls Flugarbeit verbraucht, also Widerstand erzeugt. Dieser Randwiderstand ist sehr beträchtlich, insbesondere beim Flug mit großem Auftrieb, also etwa im Steigflug. Ein Flügel mit kleiner Flügelstreckung hat einen verhältnismäßig längeren Seitenrand als ein Flügel großer Flügelstreckung gleichen Flächeninhalts. Deshalb ist bei kleiner Flügelstreckung der Randwirbel kräftiger, und der Randwiderstand dieses Flügels ist größer als der eines Flügels mit großer Flügelstreckung. Wollen wir also günstige Widerstandsverhältnisse erreichen, so müssen wir Flügel mit guten Seitenverhältnissen bauen. Die guten Seitenverhältnisse liegen etwa zwischen Flügelstreckungen von 8–20. Darüber hinaus ist der Widerstandsgewinn im Verhältnis zum Bauaufwand so schlanker Flügel nicht mehr lohnend.

Wir haben uns das Zustandekommen des Randwiderstandes allein durch das Umspülen der Seitenränder des Flügels erklärt. In Wirklichkeit ist die Querströmung am ganzen Flügel vorhanden; nur die Flügelmitte besitzt keine Querströmung, von da ab jedoch wächst diese Querströmung nach den Flügelenden zu immer mehr an. Die Luft strömt also, in Flugrichtung gesehen, von der Mitte der Flügeldruckseite mit wachsender Geschwindigkeit nach den Flügelenden, umströmt das Flügelende und strömt nunmehr auf der Flügeloberseite mit stetig verminderter Geschwindigkeit wiederum der Flügelmitte zu. Abb. 13 veranschaulicht diesen Vorgang.

Flügelumriß. Wer eingehender über das Zustandekommen dieser Randströmung nachdenkt, der wird sehr bald auf den Gedanken kommen, daß es nicht gleichgültig sein kann, welche Umrißform man dem Flügel im Einzelnen gibt. Die baulich einfachste Form ist zweifellos der Rechteckflügel; die schwächste Randströmung und damit den geringsten Randwiderstand liefert jedoch der Flügel mit elliptischem Umriß. Wird der Flügel noch stärker als die Ellipse nach den Enden zugespitzt, so wächst der Randwiderstand

wieder an, weil der Druckausgleich bereits im Mittelflügel beginnt. Der vollkommen dreieckige Flügel wird dann sogar wesentlich schlechter als der Rechteckflügel.

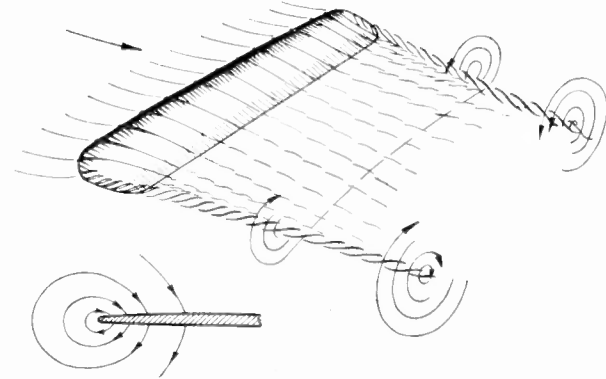


Abb. 13. Flügelströmung mit Randwirbeln.

Aber auch aus anderen Gründen sind die stark zugespitzten Trapezflügel ungünstig. Bei diesen Flügeln werden die äußeren Flügelteile infolge der Ausgleichsströmung verhältnismäßig stärker belastet, das heißt 1 qcm am Innenflügel trägt weniger als der an gleicher Stelle des Profils befindliche qcm Flügeloberfläche des Außenflügels. Diese höhere spezifische Belastung des Außenflügels bei Spitzflügeln wird dadurch verursacht, daß die Randströmung den Anstellwinkel am Außenflügel vergrößert. Geben wir nun dem ganzen Flügel einen immer größer werdenden Anstellwinkel, so wird die Strömung an dem Außenflügelprofil zuerst abreißen. Da dieser Abreißvorgang bei den stets vorhandenen kleinen Verschiedenheiten beider Flügel niemals ganz gleichzeitig einsetzt, wobei auch Seitenböen eine Rolle spielen können, wird zuerst an einer Flügelspitze das Abreißen beginnen, und die plötzliche kräftige Widerstandserhöhung wird diesen Flügel stark abbremsen. Das Modell kippt dann über diesen Flügel ab, kommt ins Abrutschen oder Trudeln und wird meistens sehr unsanft den Boden berühren.

Schrägung. Wir brauchen aber gerade für unsere Modelle, in denen kein Führer durch Steuerbewegungen das Flugzeug wieder in den Geradeflug zwingt, solche Flügel, die selbst in kritischen Fluglagen ihre Querstabilität beibehalten, d. h. wir müssen nach einer Flügelformgebung suchen, die bei jeder Störung und auch beim Fluge mit großen Anstellwinkeln ein Einpendeln in die normale gerade Querlage des Flügels begünstigt. Deshalb müssen wir in erster Linie dafür sorgen, daß die spezifische Belastung des Außenflügels kleiner ist als die des Innenflügels. Dies erreichen wir dadurch, daß wir die Flügel gleichseitig nach außen verwinden,

also beim Bau des Flügels den Einstellwinkel der einzelnen Profile gleichmäßig von innen nach außen abnehmen lassen. Wir sagen, der Flügel wird geschränkt. Die gleiche Wirkung wie die Abnahme des Einstellwinkels erzeugt die Abflachung der Profilwölbung nach den Außenflügeln. Während wir also im Innenflügel ein übliches gewölbtes Profil verwenden, wird das letzte Außenflügelprofil wölbungslos oder symmetrisch sein und alle dazwischen liegenden Profile, dem Uebergang von Mitte zu Flügelende entsprechend, abgeflacht werden. Diese Schränkung durch Profiländerung nennen wir „aerodynamische Schränkung“, während die Schränkung durch Einstellwinkeländerung „geometrische Schränkung“ genannt wird. Verwenden wir beide Maßnahmen gemeinsam, so können wir ein hohes Maß von Querstabilität erzeugen.

Auftriebsverteilung. Es gelingt uns infolge der Schränkung, die Belastungsverteilung des Flügels beliebig zu ändern. Ein Flügel, der ohne Schränkung die Belastungskurve „A“ der Abb. 14

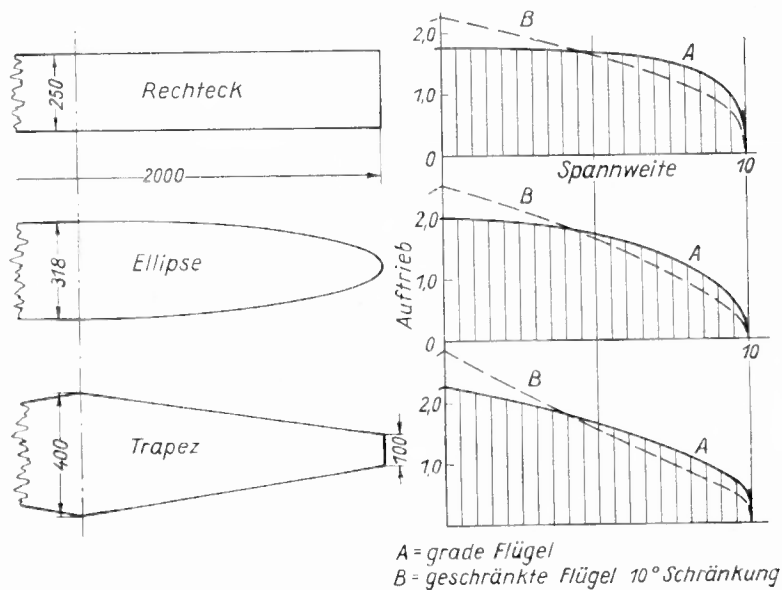


Abb. 14. Die Auftriebsverteilung des geraden und geschränkten Flügels.

besitzt, erhält infolge der Schränkung die Belastungskurve „B“. Wir sehen also, daß wir dadurch einen Teil des Auftriebs des Außenflügels nach dem Innenflügel verlagert haben. Dies ist günstig, weil einmal diese Auftriebskräfte nur an einem kurzen Hebelarm wirken, zum andern eine solche Maßnahme die Quer- und Richtungsstabilität erhöht, weil, wie gesagt, das Abreißen am Außenflügel nicht so leicht eintreten kann. Die Gestalt dieser Belastungslinie längs der Spannweite, wie sie in Abb. 14 dargestellt ist, nennt man die Form der Auftriebsverteilung. Bei gro-

ßen Flugzeugen wird diese Auftriebsverteilung sehr genau berechnet, für den Modellbauer genügt es zu wissen, daß durch Änderung des Flügelumrisses und der Flügelschränkung Änderungen an der Auftriebsverteilung vorgenommen werden können. Abb. 14 zeigt die charakteristischen Formen der Auftriebsverteilung verschiedener Flügelumrisse, und zwar einmal ohne Schränkung, im anderen Falle mit gradliniger Schränkung. Das Flügelprofil ist hier überall gleichbleibend gedacht.

In Verbindung mit einer besonderen Gestaltung der Auftriebsverteilung gibt man dem Flügel zur weiteren Verbesserung der Quer- und Richtungsstabilität ein Längsprofil, d. h. man führt den Flügel in der Vorderansicht nicht gerade, sondern etwa vogel- flügelartig geknickt aus. Ein solcher Flügelnick kann in Verbindung mit der Schränkung eine besondere Kielung des Modells vollkommen ersetzen. Ehe wir jedoch näher auf diese Fragen eingehen, wollen wir zuerst die Grundlagen der Flugstabilität betrachten.

Stabilität.

Längsstabilität. Ein normales Flugmodell soll so gestaltet sein, daß es sowohl im Motorflug als auch im Gleitflug eine entsprechend der Steuereinstellung gewünschte Fluglage und Flugrichtung bis zur Landung beibehält. Ein solches Modell nennen wir „flugstabil“. Wie ein Pendel sich stets wieder in seine alte Lage einspielt, so muß das richtig entworfene Modell, auch wenn es durch Böen gestört wurde, wieder in seine ursprüngliche Lage einpendeln. Sind die Rudersflächen, die Schwerpunktlage und die Flügelgestaltung nicht richtig entworfen, so kann es wohl vorkommen, daß das Modell unstabil wird. Bei ruhiger Luft gelingt dann möglicherweise ein Stück geraden Fluges, doch die kleinste Böe erzeugt eine Änderung der Fluglage, und das unstabile Modell hat nun nicht das Bestreben, sich wieder einzupendeln, sondern die einmal erfolgte Abweichung bis zum Absturz zu vergrößern.

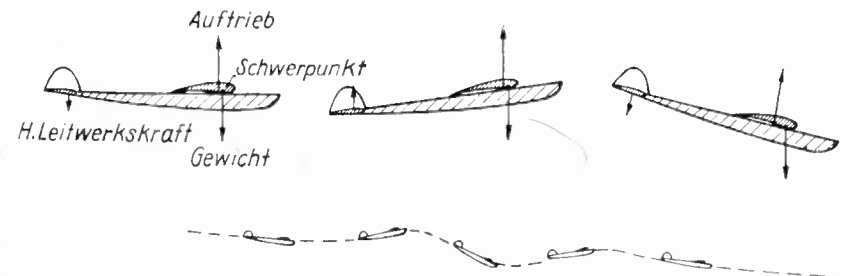


Abb. 15. Kräfte und Bewegungen des längsstabilen Modells.

In erster Linie ist die Längsstabilität eines Modells von Wichtigkeit. Sie wird beeinflusst durch die Schwerpunktlage, den Abstand und die Größe des Höhenleitwerks und durch den Schrängungswinkel zwischen Flügel und Höhenleitwerk. Betrachten wir hierzu Abb. 15, die uns die Seitenansicht eines Flugmodells zeigt.

Wie wir bereits vom Abschnitt „Das Profil“ her wissen, greift die das Modell tragende Auftriebskraft im Normalfluge in etwa $\frac{1}{4}$ der Flügeltiefe an. Die nach unten wirkende Schwerkraft greift im Schwerpunkt des ganzen Modells an, der in diesem Falle vor dem Angriffspunkt des Auftriebes angeordnet sein möge. Beide Kräfte zusammen würden also das Modell vornüber kippen und zum senkrechten Absturz bringen. Entgegen dieser Drehbewegung wirkt am langen Hebelarm des Rumpfes eine kleine Abtriebskraft am Höhenleitwerk. Da sich das Modell, wie jeder freibewegte Körper, stets um den Schwerpunkt dreht, wirken Tragflügelantrieb und Höhenleitwerkabtrieb wie die Kräfte an einem einarmigen Hebel. Stellen wir uns nun vor, daß durch einen Aufwindstoß die Anblasrichtung der Luft gegen das Modell vergrößert wird. Wie ändern sich nun die Luftkräfte? Der Angriffspunkt des Auftriebes am Tragflügel wandert um ein geringes nach vorn, und der Auftrieb wird größer. Da aber auch das Höhenleitwerk mit größerem Anstellwinkel angeblasen wird, verschwindet der Abtrieb und wandelt sich in schwachen Auftrieb um. Und was geschieht? Das Modell neigt sich nach unten, es verkleinert selbständig den Anstellwinkel, um den früheren Flugzustand mit richtigem Anstellwinkel wieder zu erreichen. Normalerweise wird es hierbei erst einmal wie ein aus der Ruhe gebrachter Pendel über die Normallage hinaus ausschlagen und einen zu kleinen Anstellwinkel einstellen. Ueberlegen wir uns, wie in dieser Lage die Luftkräfte wirksam sind? Die Verkleinerung des Anstellwinkels bedingt ein Rückwandern des Druckmittelpunktes und eine Verkleinerung des Auftriebes, d. h. die Auftriebskraft wird die gleiche, vornüberkippende Drehbewegung ausüben wollen wie im Normalfluge, da der Hebelarm größer, die Kraft aber kleiner geworden ist. Infolge der Verkleinerung des Anstellwinkels hat sich jedoch die Abtriebskraft am Höhenleitwerk gegenüber der Normalfluglage noch vergrößert. Diese Kraft hat also das Bestreben, das Modell wieder aufzurichten und in die Normallage zurückzuführen. Der ganze durch die Störung verursachte Flugweg verläuft also in einer immer flacher werdenden Wellenbahn, und nach einigen Schwingungen befindet sich das Modell wieder im Normalflug.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Stabilitätsbetrachtung zusammen, so haben wir folgende Voraussetzungen erfüllt:

1. Der Schwerpunkt liegt ein wenig vor dem Druckmittelpunkt des Tragflügels ($\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ der mittleren Flügeltiefe).
2. Das Höhenleitwerk ist zum Flügel negativ eingestellt (geschänkt), so daß hier eine schwache Abtriebskraft entsteht.

Damit das Höhenleitwerk die richtige Abtriebskraft erzeugt, muß es neben der negativen Einstellung auch die richtige Flächengröße besitzen. Erfahrungsgemäß soll ein Modell-Höhenleitwerk nicht kleiner sein als etwa der siebente Teil des Tragflügelinhalts. Haben wir also einen Tragflügel von 1,2 m Spannweite und 15 cm mittlerer Flügeltiefe, so ist der Tragflügelinhalt $12 \times 1,5 = 18$ qdm (im Modellbau rechnet man meist die Flächeninhalte in qdm). Das

Höhenleitwerk soll also mindestens einen Inhalt von $18 : 7 = 2,6$ qdm haben.

Nun gibt es aber auch Modellbauarten, die der für das Normalmodell abgeleiteten Stabilitätsbedingung scheinbar widersprechen, nämlich die Modelle der Tandem- und Entenbauart.

Die Tandembauart können wir uns entstanden denken durch Vergrößerung des Höhenleitwerks eines Normalmodells. Sind Leitwerk und Flügel dann etwa gleich groß, so nennt man diese Anordnung ein Tandem.

Machen wir nun den hinten liegenden Flügel des Tandems noch größer und verkleinern dafür den vorderen Tragflügel, so entsteht als Umkehrung des Normaltyps die sogenannte Entenbauweise.

Wie steht es nun mit den Stabilitätsbedingungen dieser Bauarten?

Alle diese Bauarten müssen einer grundlegenden Stabilitätsbedingung genügen; sie lautet:

Die vorausliegenden Flächen müssen stets den größten spezifischen Auftrieb erzeugen, d. h. die vorderen Flächen sind gegenüber den hinteren Flächen stets um einen gewissen Winkel geschänkt.

Die **Schwerpunktlage** läßt sich dann bei allen Bauweisen aus dem Hebelgesetz auf einfache Weise ableiten. Hätten nämlich die vorderen und hinteren Flächen gleichen spezifischen Auftrieb, so müßte sein: Flächeninhalt des vorderen Flügels mal Schwerpunktabstand seines Druckmittels = Flächeninhalt des hinteren Flügels mal Schwerpunktabstand dieses Druckmittels (Abb. 16).

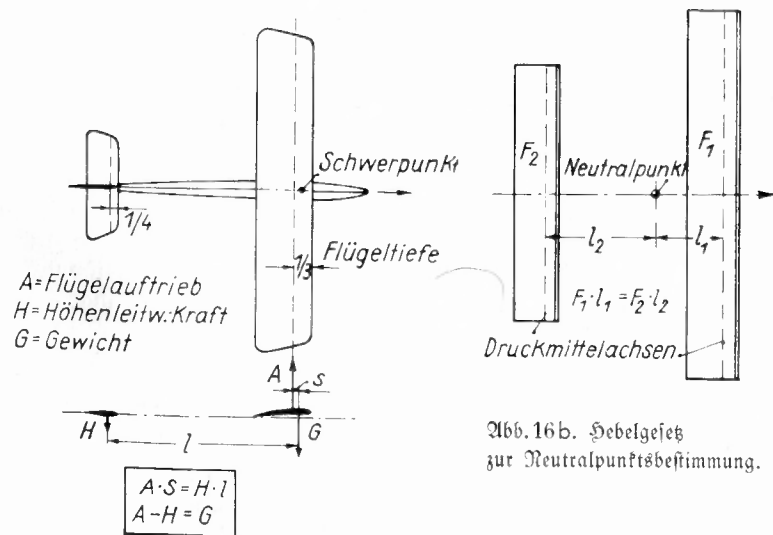


Abb. 16a. Hebelgesetz zur Schwerpunktsbestimmung.

Die Druckmittelpunkte können wir bei gewölbten Profilen bei $\frac{1}{3}$ der Flügeltiefe annehmen und bei geraden, symmetrischen Flü-

gehn bei $\frac{1}{4}$ der Flügeltiefe. Der wahre Schwerpunkt muß nun stets vor dem durch das Hebelgesetz bestimmten sogenannten „Neutralpunkt“ liegen. Diese Vorlage des Schwerpunktes ist im allgemeinen nicht größer als 10–20% der mittleren Flügeltiefe.

Abwind. Auf eine Erscheinung, die für die Längsstabilität von Bedeutung ist, wollen wir hier noch hinweisen, das ist die Wirkung des Tragflügelabwindes auf das Höhenleitwerk. Da der Tragflügel bei der Auftriebserzeugung eine tragende Luftwelle erzeugt, entsteht hinter dem Flügel eine abwärtsgerichtete Luftströmung. Während die Luft also beispielsweise horizontal gegen den Flügel anströmt, wird sie hinter dem Flügel nur einige Winkelgrade nach abwärts geneigt, abströmen. In diesem Abstrom befindet sich das Höhenleitwerk oder auch jeder andere größere Flügel. Dadurch entsteht also bereits eine schwache Schränkung; denn der im Abwind befindliche Flügel arbeitet unter einem Anstellwinkel, der um den Abwindwinkel verkleinert ist. Diese Schränkung durch Abwind kann zur Erzeugung einer schwachen Längsstabilität bereits ausreichen, und wir brauchen uns deshalb nicht zu wundern, wenn bei scheinbar zur Längsachse gleichen Einstellwinkeln das Modell bereits Stabilität zeigt.

Im allgemeinen ist diese Schränkung durch Abwind jedoch zu schwach, um eine gute Längsstabilität zu erzeugen.

Ruderwirkung. Durch Verstellen des Höhenruders haben wir es in der Hand, Schwerpunktlage und Höhenrudereinstellung so aufeinander abzustimmen, daß die gewünschten Flugeigenschaften eintreten. Verstellen wir das Ruder nach oben, so verstärken wir den Abtrieb des Leitwerks, wodurch sich das Modell im Fluge dann stärker aufrichtet. Drücken wir das Ruder nach unten, so wird die Flugbahn des Modells steil abwärts gerichtet, und bei noch größerem Ruderausschlag nach unten geht das Modell in den Sturzflug oder gar in die Rückenfluglage.

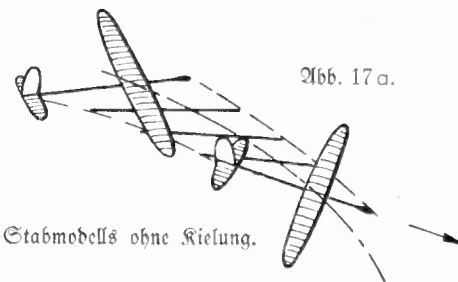
Bei richtiger Schwerpunktlage entspricht jeder Ruderstellung ein Flugzustand, den das Modell dauernd beibehalten will. Nur wenn wir zuviel Höhensteuer geben, ist die hierzu gehörige Fluglage mit sehr großem Auftrieb wegen des Ueberschreitens des Abreißpunktes nicht mehr möglich. Das Modell bäumt sich auf und sackt dann infolge des Abreißens der Strömung durch oder kippt bereits vorher infolge einseitigen Abreißens an einem Außenflügel nach dieser Seite weg.

Liegt der Schwerpunkt jedoch zu weit hinten, dann gibt es keine Fluglage, die das Modell auf die Dauer beibehält. Trotz allem Verändern der Rudereinstellung gerät das Modell nach kurzem Geradeausflug in immer stärker werdende Schwingungen, oder es überzieht sofort restlos und stürzt ab. Hier hilft nur Vorlage des Schwerpunktes durch Zusatzgewichte oder ein Zurückschieben des Tragflügels, da dann der Gesamtschwerpunkt, bezogen auf die Flügelvorderkante, ebenfalls nach vorne rückt. Die Längsstabilität hängt also nur von der richtigen Schwerpunktlage ab. Richtige

Schwerpunktlage bedeutet Stabilität, zu große Rücklage des Schwerpunktes bedeutet Instabilität.

Das Flugmodell muß jedoch nicht nur längsstabil, sondern auch kurs- und querstabil sein. Kursstabilität oder, wie man auch sagt, Richtungsstabilität, ist die Eigenschaft des Modells, seine Flugrichtung zur Luft stets beizubehalten. Querstabilität bedeutet das Bestreben des Modells, sich bei seitlichen Schwankungen stets wieder in Horizontallage einzupendeln.

Die Richtungsstabilität wird durch die am Modell angebrachten senkrechten Flächen erzeugt (Rumpf, Seitenleitwerk, besondere Kielfläche). Diese Vertikalflächen müssen zur Erzeugung von Richtungsstabilität so zum Schwerpunkt angeordnet sein, daß die beim seitlichen Anblasen erzeugte seitliche Luftkraft hinter dem Schwerpunkt angreift. Das Modell dreht sich dann wie eine Windfahne in die neue Anströmungsrichtung hinein. Die größte Richtungsstabilität würde dadurch entstehen, daß man alle Seitenflächen hinter den Schwerpunkt legt, also etwa nur ein Seitenleitwerk am Rumpfeinde eines Stabmodells anbringt. Läßt man jedoch ein solches Modell fliegen, so wird man feststellen, daß der erwartete Geradeausflug bei böigem Wetter nicht in Erscheinung tritt. Das Modell wird nämlich durch Seitenböen auf einen Flügel geworfen, und nun rutscht es mangels jeglicher Kielung nach dieser Seite weg, geht in



Flugbahn eines Stabmodells ohne Kielung.

eine Kurve und kommt schließlich völlig aus dem Kurs (Abb. 17 a). Wir müssen also in jedem Falle vor dem Schwerpunkt so viel

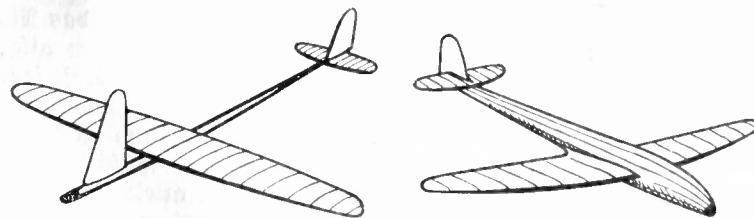


Abb. 17b. Stab- und Rumpfmodell mit richtigem Seitenflächenausgleich.

Seitenfläche anordnen, daß das Modell bei der Störung seiner Querlage nicht nach vorne seitlich abrutscht. Ein kurzes Stück wird

jedes Modell seitlich rutschen; wir müssen nur durch richtige Anordnung der senkrechten Flächen dafür sorgen, daß das Modell während dieser Rutschbewegung seine Richtung nicht ändert. Demnach muß der Schwerpunkt nahezu der Neutralpunkt aller Vertikalflächen sein. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß gut fliegende Modelle nur sehr schwach richtungsstabil sein dürfen (Abb. 17b).

Die Querstabilität erzeugen wir dadurch, daß wir beispielsweise die Flügelenden höher legen als die Flügelmitte, d. h. dem Flügel

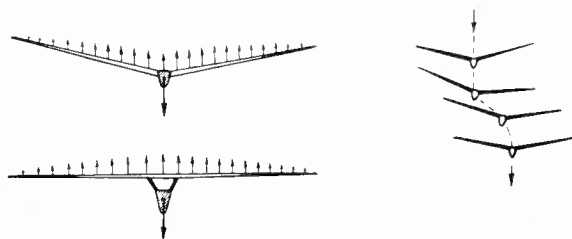


Abb. 18. Wirkung von V-Form oder Schwerpunkttiefelage auf die Querstabilität. Durch seitliches Rutschen wird die Querlage wiederhergestellt.

eine sogenannte V-Form geben. Wir können auch den Flügel im Ganzen hoch legen, so daß der Schwerpunkt sich unter dem Flügel befindet und bei Störung der Querlage als Pendel wirkt.

Die Querstabilität bei V-Stellung der Flügel beruht darauf, daß bei seitlichem Rutschen der nach dieser Seite hängende Flügel wieder gehoben wird. Gibt man einem Modell sehr kräftige V-Stellung, so kann es leicht vorkommen, daß es im Fluge dauernd hin und her pendelt. Auch wirkt starke V-Stellung verschlechternd auf die Flugleistungen, da nur ein Teil des Auftriebes wirksam wird. Man kann jedoch durch V-Stellung des Flügels Vertikalflächen erzeugen. Denn man kann die V-Stellung betrachten als die Verschmelzung eines geraden Flügels mit einer in der Mitte angeordneten, nach oben herausragenden Kielfläche. Aus diesem Grunde gibt man den Flügeln von Stabmodellen meist V-Stellung, wenn man sich die Anbringung besonderer, vor dem Schwerpunkt angebrachter Kielflächen ersparen will.

Die Querstabilität ist nicht nur dann vonnöten, wenn das Modell durch Böen auf einen Flügel geworfen wird, aber im allgemeinen im Normalflug bleibt. Bei der Besprechung der Auftriebsverteilung des Flügels haben wir festgestellt, daß auch ohne besondere Störung der Querlage, nur durch Ueberziehen und darauffolgendes einseitiges Abreißen eines Flügels, Querunsstabilität eintreten kann. Da jedes richtig eingestellte Modell allein durch kräftige Aufwindstöße in den überzogenen Flugzustand gebracht wird, müssen wir dafür sorgen, daß das Modell auch dann noch querstabil bleibt. Dies können wir, wie bereits erläutert, nur durch Schränkung des Flügels erreichen.

V-Form allein würde im überzogenen Zustande nicht viel nützen.

Man wird also gut tun, dem Außenflügel eines Modells durch Schränken kleinere Einstellwinkel zu geben.

Knickflügel. Man braucht die V-Form des Flügels nicht durchgehend gleichmäßig auszuführen; es hat sich vielmehr besonders gut bewährt, das Mittelstück des Flügels gerade zu lassen und den Außenflügel stufenweise nach oben abzuknicken (Winkler-Modell).

Fasnir-Flügel. Neben diesen etwa sichelförmig nach oben gebogenen Flügeln sind im Modellbau, in Anlehnung an das Segelflugzeug „Fasnir“, die vogelflügelartig geschwungenen Tragdeckenformen verwendet worden. Die Vorteile des Fasnir-Flügels liegen darin, daß der Flügel von sich aus kurs- und querstabil ist. Dies wollen wir uns an Hand der Abb. 19 klar machen. Wir sehen hier

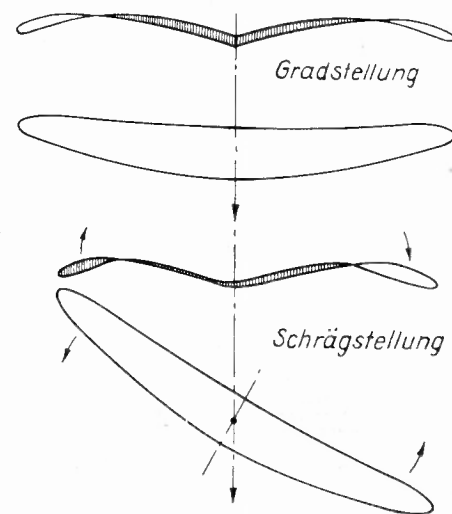


Abb. 19. Quer- und Richtungsstabilität des Fasnirflügels.

einen vogelflügelartig gekrümmten Flügel, der gleichzeitig nach außen negativ geschränkt ist, in der Vorderansicht. Da wir in der Anströmungsrichtung blicken, sehen wir im Mittelflügel die Unterseite und infolge der Schränkung von den Außenflügeln die Oberseite. Stellen wir uns nun vor, daß dieser Flügel ins seitliche Schieben kommt oder, was dasselbe ist, von einer Seitenböe getroffen wird. Betrachten wir nun den Flügel von dieser Richtung, so sehen wir, daß die Symmetrie der Anstellwinkel zur neuen Anblasrichtung nicht mehr vorhanden ist. An dem vorausseilenden Flügel hat sich am Außenflügel der Anstellwinkel noch weiterhin vermindert, während sich an dem gleichen Innensügel nur wenig geändert hat. Am anderen Flügel liegen die Verhältnisse natürlich umgekehrt. Diese Anstellwinkeländerung beim Schieben bedingt, daß der vorausseilende Flügel infolge der Verminderung des Auftriebs

des Außenflügels herabgedrückt, während der nachschleppende Flügel durch die Vergrößerung des Auftriebs seines Außenflügels gehoben wird. Dadurch neigt sich das Modell auf die Seite des vorausseilenden Flügels, beschreibt infolge der Neigung zwangsläufig eine Kurve, bis es wieder mit der Nase gegen den Wind steht. Man kann also mit Hilfe einer solchen geknickten Flügelform — man sagt auch M-Form — einen Flügel bauen, der sowohl quer- als auch kursstabil ist. Die Querstabilität wird natürlich durch die V-Form des Innenflügels erzeugt. Wir brauchen uns nur die Bewegung des seitlichen Rutschens vorzustellen, um dies einzusehen. Wir erkennen andererseits aus dem Beispiel des Fasnirflügels, daß Quer- und Kursstabilität eng miteinander zusammenhängen. Macht das Modell nämlich eine Wendung, so ist die Fluggeschwindigkeit der in der Kurve außen liegenden Flügelspitze größer als die mittlere Geschwindigkeit und die der inneren Flügelspitze kleiner. Dadurch legt sich das Modell von selbst in die Kurve, ohne daß eigentlich die Aenderung der Querneigung besonders gesteuert wurde. Vielfach ist diese Eigenschaft sehr erwünscht; denn das Modell kommt meistens aus diesen Kurven nicht wieder heraus, und als Segelflugmodell braust es dann meist in den Hang hinein. Man vermeidet die unerwünschte Querneigung dadurch, daß man vor und über dem Schwerpunkt Kielflächen anbringt, deren Angriffspunkte höher liegen als die des Seitenleitwerks. Beim Richtungswechsel erzeugt eine solche Flosse eine gegen die Querneigung des Flügels arbeitende Luftkraft. Ähnliche Wirkungen würde die V-Stellung erzeugen.

Für die vielen möglichen Zusammenstellungen läßt sich kein endgültiges Rezept angeben, da immer eins aufs andere abgestimmt sein muß. Die vielen Einzelerfahrungen muß jeder Modellbauer selbst machen und selbst verarbeiten. Das ist ja gerade der eigentliche Wert des Modellbauens, daß wir über all diese Stabilitäts- und Steuerungsfragen am praktischen Beispiel aufgeklärt werden.

Schwanzlose Modelle.

Wirkung des Pfeilflügels. Wir haben unsere Betrachtung bisher stets auf gerade Flügel beschränkt, d. h. solche Flügel betrachtet, bei denen die Druckmittelpunkte der einzelnen Profile auf einer im wesentlichen geraden Querachse angeordnet sind. Wir wissen aber auch, daß bei manchen großen Flugzeugen aus bestimmten Gründen die Flügel von der Mitte nach hinten außen gezogen werden, d. h. daß vielfach pfeilförmige Tragflügel Verwendung finden. Ein Flügel, der also im Grundriß keine im wesentlichen gerade Querachse zeigt, besitzt Pfeilform. Liegen die Flügelspitzen weiter zurück als die Mitte, so nennt man dies „positive“ Pfeilform. Sind die Flügelspitzen nach vorn gerichtet, so spricht man von „negativer“ Pfeilform.

Die Pfeilform des Flügels hat einen beträchtlichen Einfluß auf die Längsstabilität des Flugzeugs; man kann lediglich durch Pfeil-

stellung des Flügels ohne besondere Anbringung eines Höhenleitwerks Längsstabilität erzeugen. Dies erklären wir uns am leichtesten an Hand der Abb. 20. Wir sehen dort im Grundriß ein

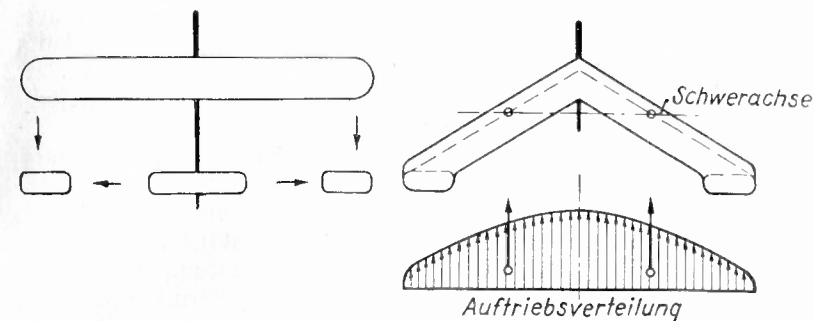


Abb. 20.

Entstehung des Pfeilflügels aus dem Normalmodell und seine Schwerpunktbestimmung.

Normalflugzeug mit einem hinter den Flügeln angeordneten Höhenleitwerk. Es leuchtet ein, daß wir an der Stabilität dieses Flugzeuges nichts ändern, wenn wir das Leitwerk in zwei gleiche Teile teilen und im ursprünglichen Abstand hinter den Außenflügeln anbringen. Ziehen wir nun den Flügel im Ganzen nach außen zurück, so können wir uns besondere Träger für die Anbringung des Leitwerks sparen und Höhenleitwerk und Außenflügel in eins verschmelzen. Damit erhalten wir einen pfeilförmigen Flügel, dessen Flügelenden die Aufgabe des Höhenleitwerks übernehmen. Nun wissen wir andererseits, daß das Höhenleitwerk des Normalmodells eine gewisse Schränkung gegenüber dem Tragflügel haben muß, damit Stabilität eintritt. Diese Schränkung überträgt sich also jetzt auf den Außenflügel des Pfeilflügels, wenn er ohne Leitwerk längsstabil sein soll.

Wir hätten auch aus dem allgemeinen Stabilitätsgesetz diese Schränkung ableiten können, wenn wir überlegen, daß die vorausfliegenden Flächenteile stets den spezifisch höchsten Auftrieb haben müssen. Folglich muß der am weitesten vorn liegende Teil des Pfeilflügels, der Mittelflügel, größeren Anstellwinkel besitzen als die Außenflügel.

Auch der Flügel mit negativer Pfeilstellung kann dadurch längsstabil gemacht werden, daß die Außenflügel größere Einstellwinkel besitzen als der Mittelflügel. Nur wird bei solcher Form die Querstabilität Schwierigkeiten bereiten, weil ja dann beim Ueberziehen die Außenflügel zuerst abreißen. Der übliche eigenstabile Pfeilflügel wird im Gegensatz hierzu besonders hohe Querstabilität aufweisen, weil der Mittelflügel beim Ueberziehen zuerst abreißt und die noch tragenden Außenflügel dem Flugzeug automatisch Tiefensteuer geben.

Schränkung. Wenn wir uns überlegen, daß wir auch beim Nor-

malmodell mit geraden Flügeln zur Züchtung guter Flugeigenschaften den Außenflügel schränken, so ist es wohl einleuchtend, daß wir dann auch gleich Pfeilstellung anbringen, um diese an sich notwendige Schränkung zur Herstellung der Längsstabilität zu verwenden. Wir könnten uns also das Höhenleitwerk sparen und auch einen großen Teil des Rumpfes fortfallen lassen. Es entsteht dann eine Flugzeugform, die dem Idealtyp des Flugzeugs — dem Rurflügelflugzeug — schon sehr nahe kommt. Diese Pfeilflügelflugzeuge nennt man im allgemeinen „schwanzlose“ Flugzeuge.

Man kann sowohl etwa rechteckige Flügel als auch stark trapezförmige Flügel durch Pfeilstellung in schwanzlose Modelle umwandeln. Dies hängt davon ab, welche Bauform einem im Großen vorzweht. Wollen wir möglichst günstige Stabilitätsverhältnisse schaffen, so müssen wir den Verlauf der Schränkung der Umrißform anpassen; wir sehen dies in Abb. 21. Bei Verwendung eines

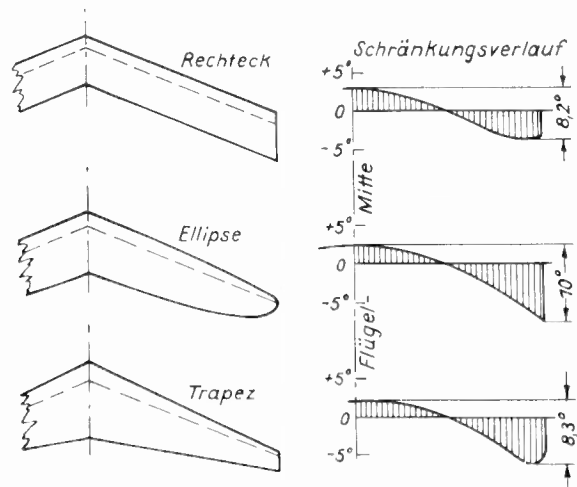


Abb. 21. Der günstige Schränkungverlauf bei stabilen Pfeilflügeln mit verschiedener Umrißform. (Die gleichen wie Abb. 14.)

flach gewölbten Profils, etwa Clark Y, müßte der Schränkungverlauf den dort gezeigten Kurven entsprechen. Wir sehen, daß es bei Flügeln mit gleichbleibender Tiefe eine Wellenlinie sein soll. Die Hauptschränkung liegt also im mittleren Teil des Halbsflügels. Der elliptische Flügelumriß verlangt eine parabolische Schränkung, sie wird nach dem Ende zu also immer stärker. Der trapezförmige Umriß liegt zwischen der Ellipse und dem geraden Flügel, innen parabolisch und an der Flügelspitze Umkehrung der Schränkung, da die Spitze sonst zu stark belastet wird.

Wird die Pfeilstellung kleiner als in der Abbildung, so wird die Schränkung im entsprechenden Maße größer oder umgekehrt. Verwenden wir druckpunktsteife Profile, so brauchen wir nur etwa halb so stark zu schränken.

Als Steuerflächen dienen die Querruder, die, gleichsinnig betätigt, Höhen- oder Tiefensteuerung bewirken und, gegensinnig betätigt, die übliche Querruderwirkung erzeugen.

Schwerpunktlage. Wie wir beim Normalmodell die Lage des Schwerpunktes von einem Neutralpunkte aus bestimmt haben, so können wir auch bei schwanzlosen Modellen einen ähnlichen Neutralpunkt feststellen, der die größtmögliche Rücklage des Schwerpunktes angibt. Wir legen durch alle Flügelschnitte eine Linie, die alle Punkte in $\frac{1}{4}$ der Flügeltiefe mit einander verbindet. Bei der üblichen Pfeilflügelbauart wird diese Linie eine Gerade sein. Nun denken wir uns längs dieser sogenannten Neutralachse die Auftriebsverteilung des Flügels aufgetragen.

Wir können jetzt den Auftrieb jedes Halbsflügels durch eine resultierende Kraft ersetzen, auf deren Verbindungslinie der gesuchte Neutralpunkt liegt. Abb. 20 veranschaulicht diese Schwerpunktbestimmung. Da wir die Auftriebsverteilung nicht genau kennen, schätzen wir den Angriffspunkt der Auftriebskraft eines Halbsflügels in 40–42% der Halbspannweite von der Flügelmitte. Wenn das Modell in diesen Punkten unterstützt wird, muß es noch leicht vorderlastig sein. Je spitzer der Flügelumriß oder je stärker die Schränkung ist, um so mehr rückt die Auftriebskraft des Halbsflügels nach der Mitte.

Da die Querruder zugleich Höhenruder sind, müssen sie etwas größer sein als beim Normalmodell. Zu Kurvenflügen können wir jedoch meistens nur mit dem Seitenruder durchkommen.

Seitensteuerung. Die Seitenruder sind bei schwanzlosen Flugzeugen allgemein auf den Flügelenden als sogenanntes Endscheibenleitwerk angebracht. Auch die Seitenruder sind so entstanden zu denken, daß man das ursprünglich am Rumpfe befindliche Leitwerk geteilt und an den Außenflügel verlegt hat. Die Endscheiben-seitenruder reichen natürlich nicht aus, um dem Modell Kursstabilität zu geben, es fehlt auch hier noch die Kielfläche in und vor dem Schwerpunkt. Die Kursstabilität schwanzloser Modelle macht jedoch noch aus anderen Gründen Schwierigkeiten; denn durch die Pfeilform geht ein solches Modell bei schrägem Anblasen sehr leicht aus dem Wind, weil der eine Flügel nunmehr fast senkrecht angeblasen wird, während der andere Flügel erheblich an Wirkung einbüßt. Damit diese Auftriebsunterschiede beim Schräganblasen klein bleiben, wähle man nur geringe Pfeilstellung und eine möglichst wirksame Seitensteuerung.

Eine günstige Anbringung der Endscheiben zeigt Abb. 22.*) Im Grundriß gesehen, sind die Endscheiben nach außen verschwenkt, ihre Sehnen treffen sich in einem Punkte vor dem Flügel. In der Vorderansicht stehen die Endscheiben schräg nach unten, sie bilden also ein kleines abgeknicktes Flügelende des leicht V-förmig gestellten Flügels. In der Seitenansicht sollen die Endscheiben lang-

*) Diese Form wurde erstmalig 1922 von Lippisch verwendet.

gestreckt sein und über das Flügelende herausragen. Um weiterhin das seitliche Rutschen zu vermeiden, muß noch ein Kiel über der Flügelmitte angebracht werden.

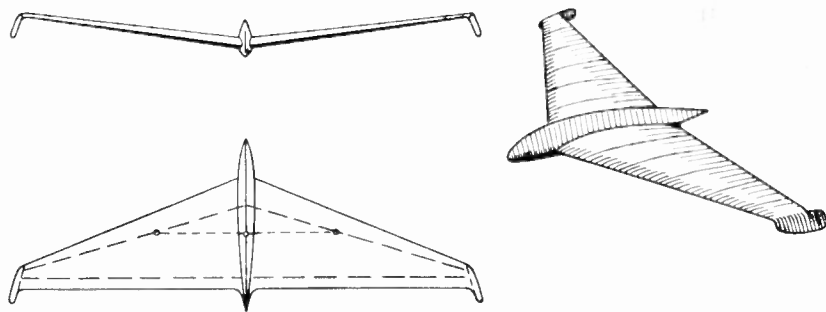


Abb. 22. Kursstabiles Kurzflügelmodell nach dem Delta-Prinzip Köhn 1930.

Wird ein solches Modell nun seitlich angeblasen, so erzeugt die Endscheibe des gegen den Wind stehenden Flügels kräftigen Abtrieb und Bremsung zugleich, so daß der Flügel nicht mehr hoch kommen kann und das Modell nun auch automatisch in den Wind dreht. Will man mit dem Seitensteuer eine Kursabweichung ausgleichen, so betätigt man nur dasjenige Ruder, das nach außen geschlagen werden muß. Der Flügel wird dann stärker gebremst und bleibt zurück. Stellt man beide Ruder gemeinsam stärker nach außen, so kann man, insbesondere bei starkem Wind, die Kursstabilität dadurch verbessern.

Die schwanzlosen Modelle eignen sich ganz besonders als Segelmodelle, weil sie besonders gute Gleitwinkel aufweisen. Zur Anbringung eines Gummimotors fehlt dem schwanzlosen Modell meist die genügende Rumpflänge, und es wäre zu überlegen, ob man mit Hilfe eines Regelradantriebes das Gummi im Flügel, quer zur Flugrichtung unterbringt. Der Druckschraubenantrieb ist natürlich vorteilhafter.

Aerodynamische Feinheiten.

So klein auch unsere Flugmodelle gegenüber den großen Flugzeugen sind, müssen wir doch immer wieder feststellen, daß richtige Formgebung, wie sie bei den großen Maschinen heutzutage angestrebt wird, auch die Flugleistung eines Modells wesentlich verbessern kann. Denken wir nur an das Naturvorbild — den Vogel — der ja auch nicht größer ist als unser Flugmodell, aber in jeder Hinsicht bis ins kleinste so hervorragend gestaltet wurde, daß seine Leistungen auch heute noch, menschlichem Können gegenüber, überragend sind. Betrachten wir einmal die wunderbare Formgebung des Flügels und den Übergang des Flügels zum Rumpf. Hier ist nichts kantig und edig, alles weiche Formen, an denen die Luft ohne Wirbelbildung abstreichen kann. Es hat Zeiten gegeben, wo wir den Einfluß dieser Übergänge als geringfügig erachteten und es

auf ein paar PS mehr in der Motorleistung nicht ankam. Inzwischen sind die Forderungen aber immer höher gestiegen, und dabei mußte auch das letzte PS nutzbringend verwendet werden. So stieß man auch wieder auf jene Feinheiten der Formgebung und stellte fest, daß man sogar beträchtlichen Gewinn an Widerstand durch richtige Gestaltung der Übergänge erreichen kann.

Flügel — Rumpf — Übergang. Wir wollen deshalb an einem Beispiel das Grundprinzip einer solchen Formgebung kennen lernen. In Abb. 23 sehen wir ein als Mitteldecker mit vierkantigem Rumpf

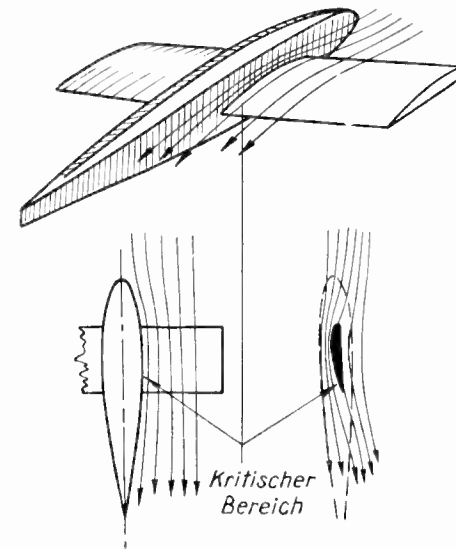


Abb. 23. Strömungsvorgänge am Schulterdecker.

gebautes Modell, dessen Flügel ohne besonderen Übergang mitten an die Rumpfwand geführt ist. Denken wir uns nun diejenigen Stromlinien, die an der Oberseite des Flügels unmittelbar an der Rumpfwand entlang laufen. Im vorderen Teil des Profils drängen sich die Stromlinien zusammen, und da auch die Rumpfwand durch die Verdickung des Rumpfes schräg verläuft, so wird dieses Zusammendrängen noch besonders an dieser Stelle verstärkt. Nachdem die Stromlinien den Höhepunkt des Profils überschritten haben, laufen sie nunmehr wieder auseinander, da der ihnen zur Verfügung stehende Raum breiter geworden ist. Aber auch der Rumpf selbst verjüngt sich nach hinten, so daß nicht nur eine Verbreiterung des Querschnittes durch das Profil, sondern auch durch die Rumpfform gegeben ist. Die Stromlinien müssen also an dieser Stelle mehr auseinanderstreben als an allen übrigen Flügelquerschnitten, da eine doppelte Querschnittserweiterung durch Flügel und Rumpf erzeugt wird.

Da die Stromlinien sich auf eine bestimmte Länge aber nur um einen gewissen Betrag verbreitern können und dann, sowie ihnen mehr zugemutet wird, abreißen, ist die Anschlußstelle zwischen Flügel und Rumpf derjenige Punkt, an dem das Abreißen zuerst einsetzt und eine erhebliche Widerstandszunahme erzeugt. Auch die Reibung der Stromlinien an der Wand des Rumpfes spielt eine gewichtige Rolle; denn hier kann die Strömung nur langsamer fließen und dementsprechend weniger Auftrieb liefern.

Wir vermeiden diese kritische Stelle dadurch, daß wir einen weichen Uebergang schaffen, so daß die Stromlinien auch hier nicht stärker auseinanderstreben müssen als an anderen Stellen des Flügels (Abb. 24). Wir setzen deshalb ein keilförmige Hohlkehle ein,

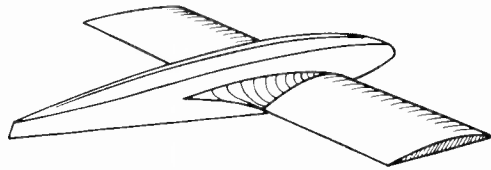


Abb. 24. Flügelübergang am Schulterdecker zur Vermeidung der Wirbelbildung.

die die Ecke auskleidet und das Anschlußprofil an der Rumpfwand soweit verlängert, daß kein Abreißen mehr erfolgen kann. Wir sehen, daß die rumpfnahen Profile immer flacher verlaufen, so daß auch die Hinterkante des Flügels im Bogen in die Rumpfwand geführt wird.

Gehen wir nun noch einen Schritt weiter, so erkennen wir, daß der Rumpf eigentlich auch nur ein beträchtlich verlängertes Flügel-mittelstück ist und ebenfalls im Querschnitt die Form eines flachen Profils besitzen sollte. Die logische Folge ist, daß jeder Längsschnitt, ob er nun im Rumpf selbst oder im Flügelübergang gelegt wurde, eine Profilform zeigen muß.

Es wäre jedoch verkehrt, wollten wir das Flügelprofil selbst im Uebergang verwenden. Wir müssen vielmehr die Zwischenprofile dem Rumpfprofil stetig annähern und dabei mit zunehmender Flügeltiefe in der Wölbung immer flacher und im Anstellwinkel immer kleiner werden, sollen doch der Rumpf und die Uebergangs-

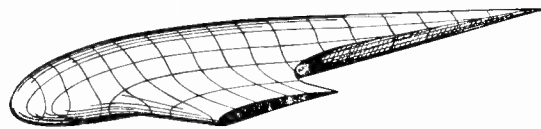


Abb. 25. Idealer Flügelübergang nach Muttran.

stücke den gleichen Auftrieb erzeugen wie das durch diese Teile ersetzte Flügelmittelstück. Da die Rumpflänge aber ein Vielfaches der

Flügeltiefe ist, müssen zur Erzeugung gleichen Auftriebes Wölbung und Anstellwinkel entsprechend kleiner gewählt werden. Wir sehen in Abb. 25 eine besonders günstige Einfügung des Rumpfes mit dem Uebergang des Tragflügelprofils zum Rumpfprofil.

Es ist hierbei verhältnismäßig gleichgültig, ob es sich um einen Hoch-, Mittel- oder Tiefdecker handelt. Wenn auch bei Hochdeckern ohne Uebergang das frühzeitige Abreißen auf der Flügeloberseite nicht stattfindet, so stört doch der einfach angehängte Rumpf das ganze Strömungsbild, falls wir ihn nicht in der eben geschilderten Weise einfügen. Da man die günstigste Formgebung bei Mittel- oder Tiefdeckern erreicht, sind diese Bauarten für den Flugmodellbau zu bevorzugen.

Nicht nur zwischen Flügel und Rumpf, sondern auch zwischen Leitwerk und Rumpf gelten die Vorzüge weicher Uebergänge. Wir brauchen es also im Kleinen nur genau so zu machen wie im großen am Flügel.

Ausschnitte. Wir haben erkannt, daß der Rumpf als ein verlängertes Flügelmittelstück angesehen werden muß und können nun überlegen, was wir zu tun haben, wenn einmal der umgekehrte Fall eintritt. An vielen großen Flugzeugen sehen wir, daß Ausschnitte am Flügelmittelstück aus konstruktiven Gründen ausgeführt werden. Hier wird also der Flügel schmaler und dementsprechend müssen die nun kleiner gewordenen Flügeltiefen genau soviel tragen können wie die daneben liegenden tieferen Flügelteile. Das können sie aber nur dann, wenn sie stärker gewölbt werden und auch größeren Anstellwinkel erhalten. Die Profile des Flügelausschnittes müssen wir also in der Art der Abb. 26 abändern, damit das

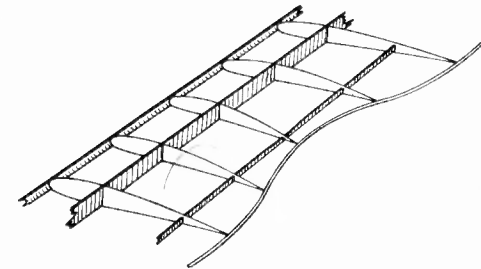


Abb. 26. Richtige Profiländerung in der Gegend des Flügelausschnittes.

ausgeschnittene Flügelstück ersetzt wird. Nach Möglichkeit werden wir Flügelausschnitte überhaupt vermeiden.

Verkleidungen. Daß wir bei hochwertigen Modellen Verspannungen und Verstrebungen tunlichst vermeiden, ist selbstverständlich, wo wir aber wirklich nicht darum herumkommen und vielleicht auch viel Gewicht sparen können, dürfen wir die Bauglieder nur anwenden, wenn sie sauber stromlinig verkleidet sind. Eine stumpfe Stromlinienform ist zwecklos und vermindert den Widerstand nur

wenig; erst wenn wir das Verhältnis von Länge zur Breite größer als 3:1 machen, erreichen wir den gewünschten Gewinn (Abb. 27).

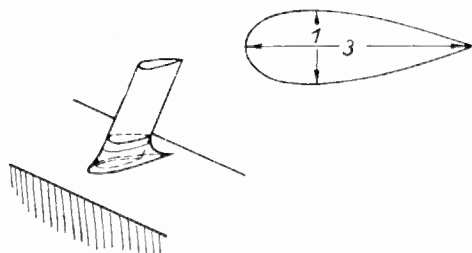


Abb. 27. Strebenprofil und Strebenübergang.

Die Strebe, die an der Rumpfwand oder am Flügel endet, soll auch hier durch weiche Uebergänge angelegt werden (Abb. 27).

Wer diese Maßnahmen folgerichtig an allen Stellen durchführt, spart mit vielen kleinen Widerständen einen großen Anteil am Gesamtwiderstand. So verkleiden wir auch das Fahrwerk, die Luftschraubennabe und kommen zum Schluß zu einem Modell, dessen äußere Form den Eindruck des Naturgewachsenen macht. Schon der Modellbauer soll bestrebt sein, in Stromlinien zu denken!

Das Triebwerk.

Erklärung der Luftschraube und ihrer Wirkung.

Die Luftschraube ist neben dem Tragflügel das wichtigste Glied des Modellflugzeuges. Von ihrer richtigen Auswahl und Durchbildung hängt es ab, ob es uns gelingt, das Modell zu größeren Flügen zu bringen.

Der Name sagt bereits, daß wir es hier mit einer Schraube zu tun haben, die sich ähnlich wie eine Holzschraube ins Holz in die Luft hineinschraubt und dabei das Flugzeug nach sich zieht (Abb. 28).

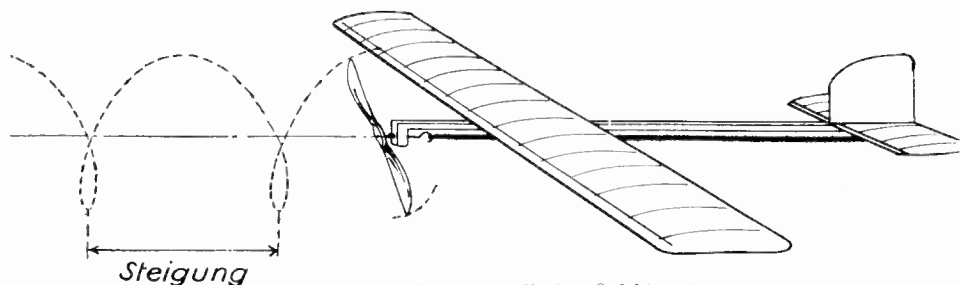


Abb. 28. Wirkungsweise der Luftschraube.

Die Wirkung der Luftschraube ist also die, daß sie, durch den Motor in Drehung versetzt, eine Zugkraft entwickelt, den Schrauben-

zug oder Schraubenschub, der so stark sein muß wie der durch die Vorwärtsbewegung des Flugzeuges durch die Luft entstehende Luftwiderstand.

Der Vergleich mit der Holzschraube ist nun so ohne weiteres nicht einzusehen, ist doch das Auffallende an der Schraube, das Gewinde, an der Luftschraube nicht vorhanden.

Ganghöhe oder Steigung

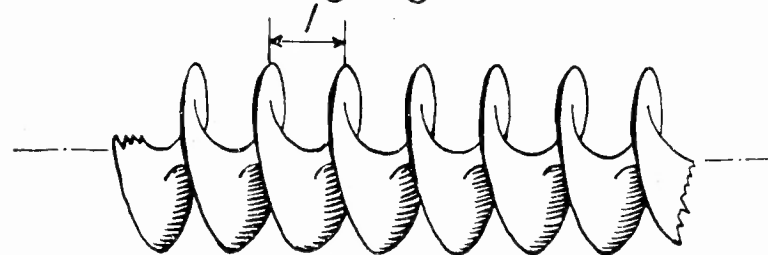


Abb. 29. Darstellung der Schraubenfläche.

Auf Abb. 29 sehen wir eine Schraubenfläche, wie wir sie schon vielleicht alle als Teil einer Fleischzerkleinerungs-Maschine in der Küche kennen gelernt haben.

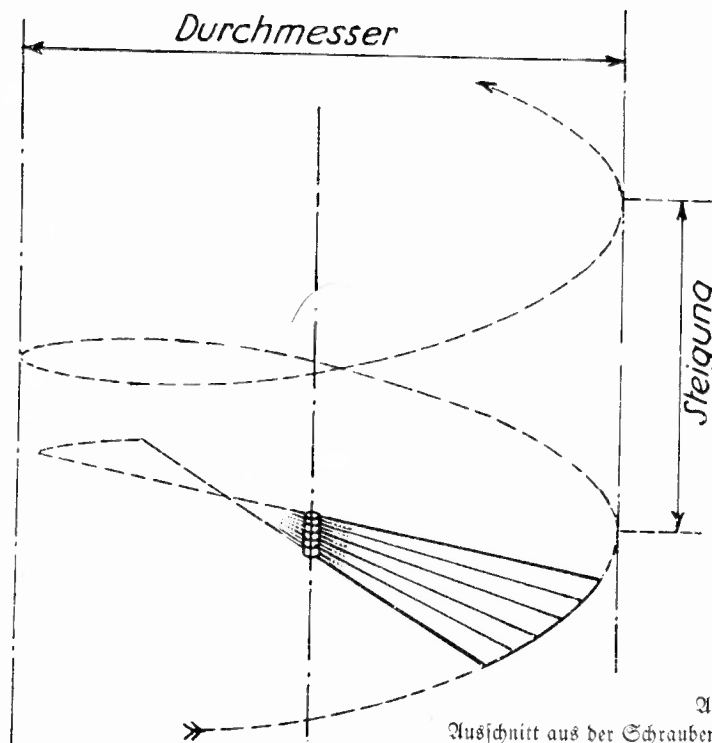


Abb. 30.
Ausschnitt aus der Schraubenfläche.

An ihr können wir bereits ein Grundmaß jeder Schraube, die sogenannte Ganghöhe oder Steigung klar machen.

Drehen wir die Schraube in einen festen Körper hinein, so wird sie sich nach einer vollen Umdrehung um ein bestimmtes Maß in den Körper hinein geschraubt haben. Dieses Maß nennen wir die Schraubensteigung. Sie ist an der Schraube selbst zu messen als Abstand zwischen zwei Gängen.

Von der Größe der Steigung hängt es ab, wie weit sich die Schraube bei einer Umdrehung fortbewegt.

Der Flügel einer Luftschraube ist nun ein Ausschnitt aus einer solchen Schraubenfläche, wie dies aus Abb. 30 ersichtlich ist. Nach beiden Seiten fortgesetzt, können wir aus der Luftschraube die dazu gehörige Schraubenfläche wieder herstellen.

Die Entstehung der Luftschraube aus einer Schraubenfläche bedingt nun, daß die einzelnen Teile des Luftschraubenblattes gegeneinander verdreht sind und der Einstellwinkel von innen nach außen gesetzmäßig abnimmt, was wir bei der Konstruktion der Schraube zu beachten haben.

In Abb. 31 ist eine Luftschraube dargestellt. Wir nennen den

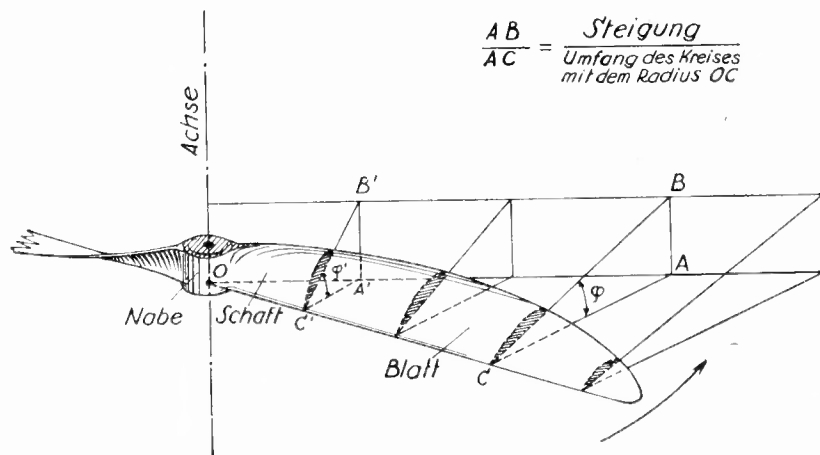


Abb. 31. Darstellung einer Luftschraube mit Bezeichnung der Teile.

an der Achse liegenden Teil die Nabe, den darauf folgenden Teil den Schaft, der das Blatt trägt.

Das Blatt ist derjenige Teil der Luftschraube, der die Zugwirkung hervorbringt. Auf seine Formgebung ist der größte Wert zu legen. Die Unterseite des Blattes macht man im allgemeinen ganz eben, so daß sich diese Fläche vollständig an die entsprechende Schraubenfläche anlegt.

Die Oberseite hingegen wird profilartig gerundet, so daß die Querschnitte die in Abb. 31 angedeutete Form erhalten.

Für jeden Querschnitt des Blattes ist nun bei bekannter Steigung ein bestimmter Einstellwinkel φ gegeben. Dieser Winkel ist

aus dem rechtwinkligen Dreieck ABC zu entnehmen, indem sich die Seiten AB zu AC verhalten wie die Steigung zum Umfang des um die Achse mit dem Radius OC beschriebenen Kreises. Für die in der Nähe der Achse liegenden Teile des Blattes wird deshalb der Winkel größer, weil AC nach innen immer kleiner wird.

Die im Fluge wirksamen Anblasrichtungen fallen mit den Seiten BC (B'C') zusammen.

Auswahl der zum Modell passenden Luftschraube.

Wir wollen nun an die Konstruktion einer Luftschraube gehen.

Dazu müssen wir in erster Linie die notwendige Steigung und den Durchmesser kennen.

Zur Bestimmung dieser beiden Konstruktionsgrößen benutzen wir die Tafel 1 und 2.

Um die richtige Luftschraube auszuwählen, müssen wir nämlich erstens wissen, wie schnell unser Modell fliegt, und ferner, wieviel Gummi wir für den Gummimotor benötigen.

Zu diesem Zwecke wiegen wir unser Modell ab und rechnen den Flügelinhalt in Quadratdezimetern aus (qdm).

Daraus bestimmen wir die Flächenbelastung, indem wir das Gewicht (in Gramm) durch den Flügelinhalt (in Quadratdezimeter) dividieren.

Unser Normalmodell hat beispielsweise ein Gewicht von 120 g bei einem Flügelinhalt von 10 qdm. Wir erhalten dann eine Flächenbelastung von 12 g/qdm.

Diese Größe 12 suchen wir auf der Skala Flächenbelastung auf und ziehen durch diesen Punkt einen waagerechten Strich, der rechts auf der Normalflugkurve und links auf der für das Modellgewicht gültigen Kurve endet, an der 120 angeschrieben ist.

Von diesen beiden Punkten gehen wir nun senkrecht nach unten und lesen auf der Fluggeschwindigkeitsteilung 4,8 m/sec (Meter je Sekunde) Fluggeschwindigkeit ab. Nun steht es uns offen, irgendeine Umlaufszahl zu wählen oder die Steigung festzulegen. Wir tun das letztere und entscheiden uns für 40 cm Steigung. Ziehen wir dann eine Waagerechte durch den Schnittpunkt der mit 40 bezeichneten Geraden mit der rechten senkrechten Linie, so finden wir auf der Umlaufzahlenteilung die Zahl 830.

Der notwendige Gummiquerschnitt bestimmt sich dann als der Schnittpunkt dieser unteren waagerechten mit der linken senkrechten Linie. Der Punkt liegt zwischen den Geraden 35 und 40 näher an 35 heran. Das heißt, wir brauchen ungefähr 36 qmm (Quadratmillimeter) Gummiquerschnitt. Das wären zum Beispiel 9 Gummistränge 2 × 2 oder 4 × 1 mm.

Den Luftschraubendurchmesser bestimmen wir aus der Tafel 2.

Wir gehen von Punkt 36 der Gummiquerschnittsteilung waagrecht nach rechts und von der Umlaufszahl 830 senkrecht nach oben. Der Schnittpunkt liegt ganz nahe an der Kurve 25. Das heißt, der Luftschraubendurchmesser ist 25 cm.

Damit wir nun auch wissen, wie weit wir unsern Gummi, ohne ihn zu überanstrengen, aufziehen dürfen, können wir auf der linken Seite der Tafel die zulässige Aufziehzahl ablesen.

Mit 60 cm Hakenabstand erhalten wir eine Aufziehzahl von 250 bei dem Querschnitt von 36 qmm. Das heißt, wir dürfen ohne Gefahr des Zerreißen 250 Drehungen auf den Gummimotor aufwickeln. Um uns im Gebrauch der Tafeln zu üben, lösen wir folgende Aufgaben.

1. Gegeben: Modellgewicht 180 g
 Flügelinhalt 16,4 qdm
 Flächenbelastung $\frac{180}{16,4} = 11 \text{ g/qdm}$

- Wie groß ist 1. die Fluggeschwindigkeit?
 2. der Gummi-querschnitt?
 3. der Luftschraubendurchmesser?
 4. die Aufziehzahl bei 60 cm Hakenabstand?

- Antwort: 1. Fluggeschwindigkeit 4,7 m/sec.
 2. Gummi-querschnitt 46 qmm
 Umlauf- oder Tourenzahl (40 cm Steigung)
 810 je Minute.
 3. Luftschraubendurchmesser 26–27 cm.
 4. Aufziehzahl 220 Umdrehungen.

2. Wieviel Gramm darf ein Modell wiegen, das 20 qmm Gummi-querschnitt hat und eine Luftschraube von 20 cm Durchmesser?

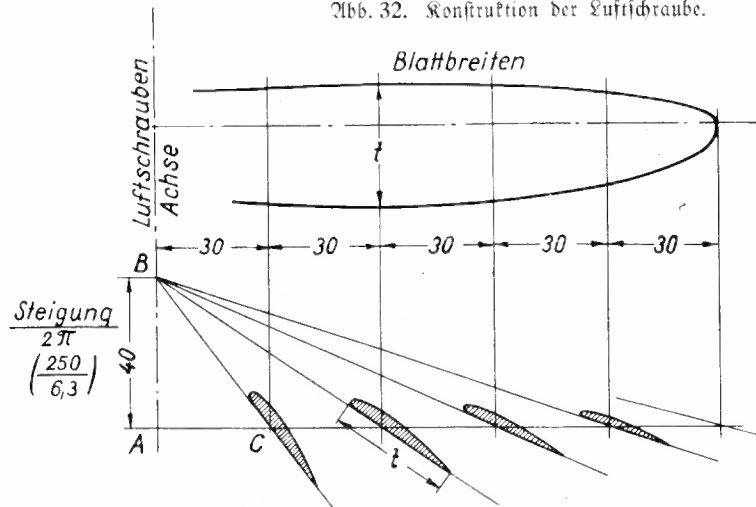
Wie groß sind hierbei Aufziehzahl und Fluggeschwindigkeit, wenn der Hakenabstand 80 cm und die Steigung 30 cm beträgt?

Antwort: Das Modell darf ungefähr 70 g wiegen bei 10 g/qdm Flächenbelastung.

Die Fluggeschwindigkeit ist 4,4 m/sec und die Aufziehzahl 450 Umdrehungen.

Bei dieser Angabe geht man aus Tafel 2 mit der Tourenzahl 1030 je Minute und 20 qmm Gummi-querschnitt in den unteren Teil der Tafel 1 und findet dort für 30 cm Steigerung die angegebenen Größen.

Abb. 32. Konstruktion der Luftschraube.



Bau der Luftschraube.

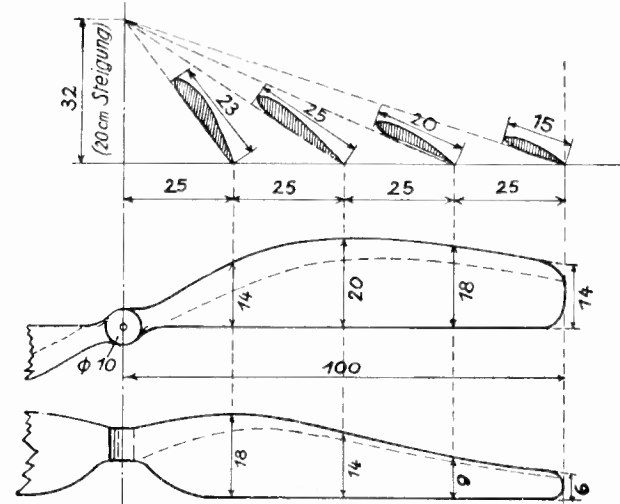


Abb. 32a. Luftschraubenentwurf. Radius 100 mm.

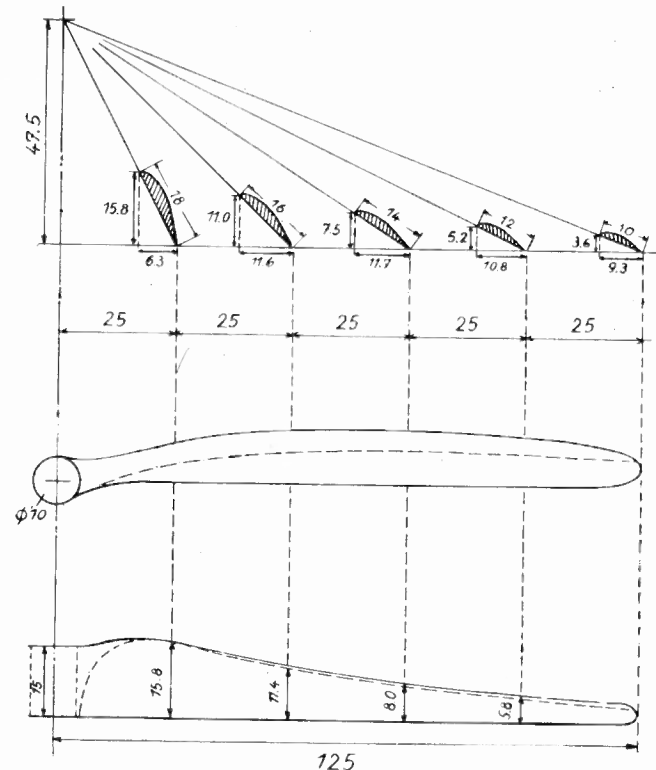


Abb. 32b. Modell-Luftschraube $\varnothing = 250 \text{ mm}$, $H = 300 \text{ mm}$.

Wollen wir nun unsere Luftschraube bauen, so müssen wir uns zuerst eine kleine Zeichnung entwerfen, wie sie in Abb. 32a dargestellt ist.

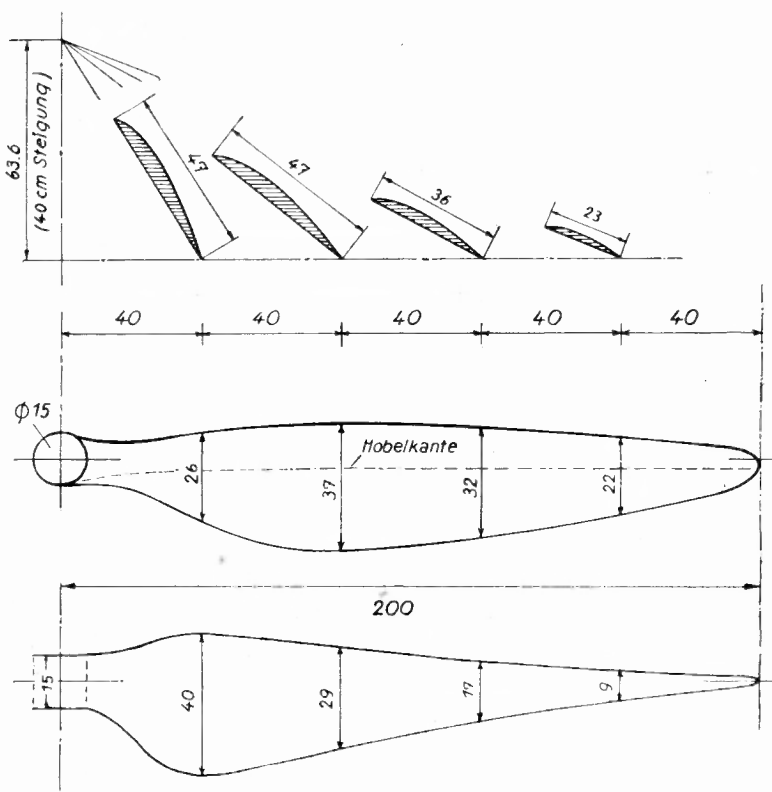
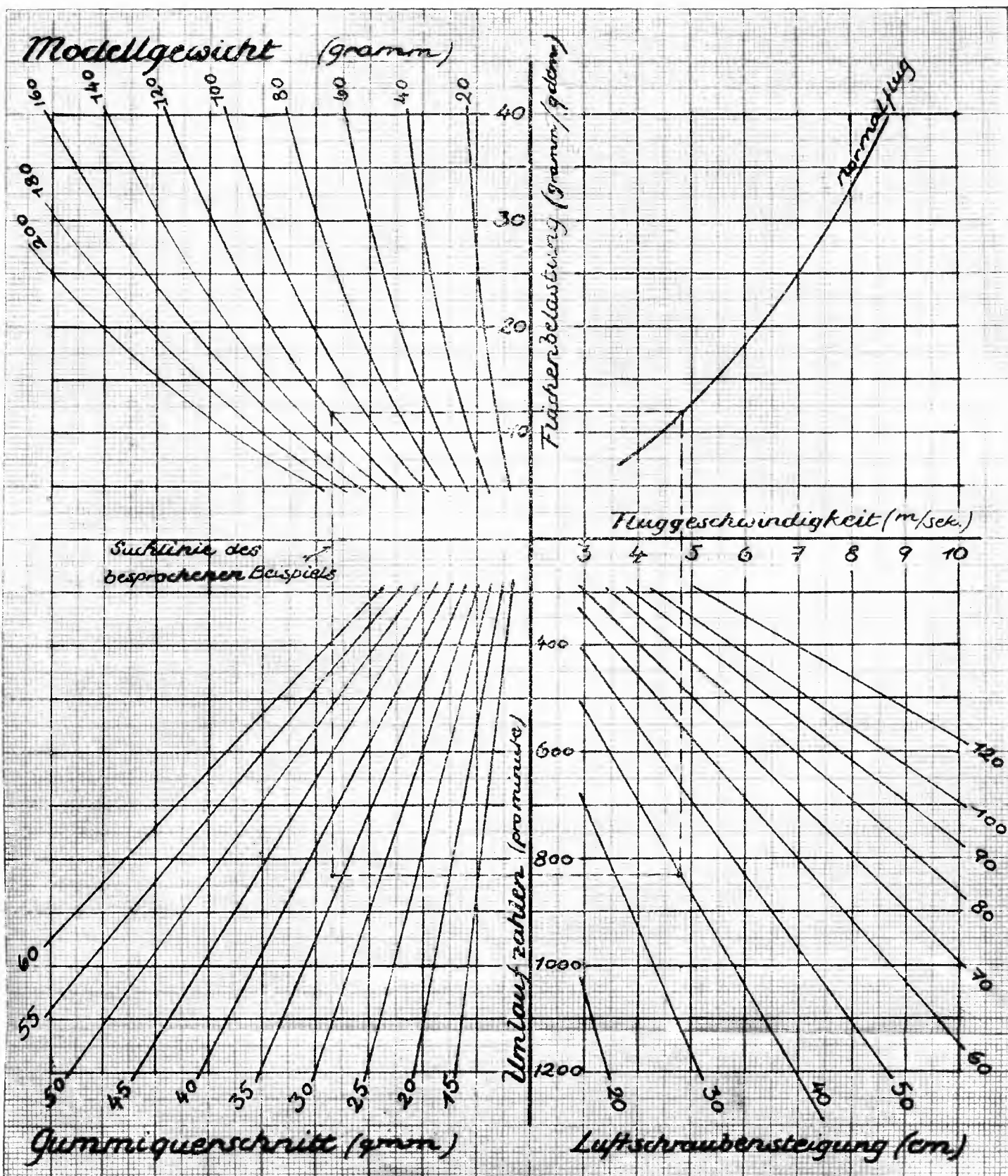


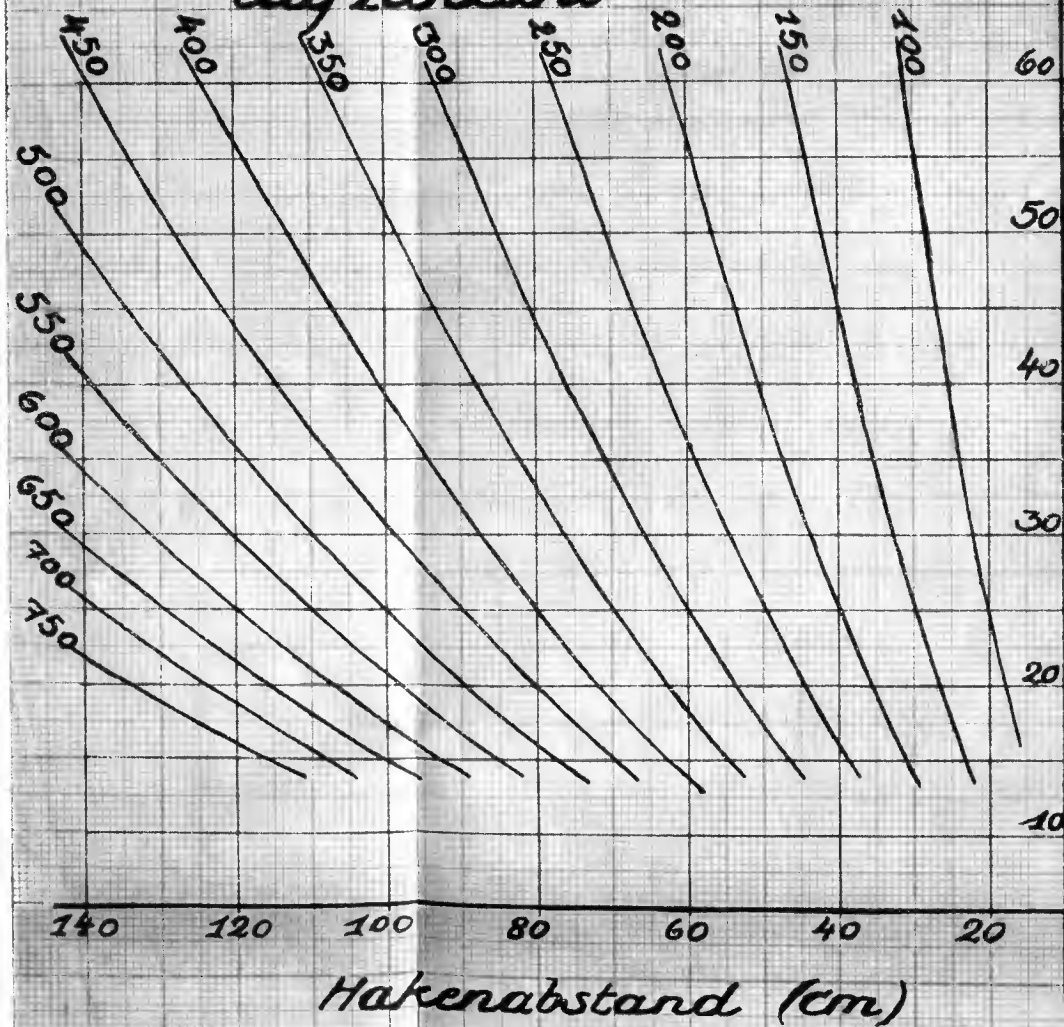
Abb. 32c. Luftschraubenentwurf für größere Modelle.

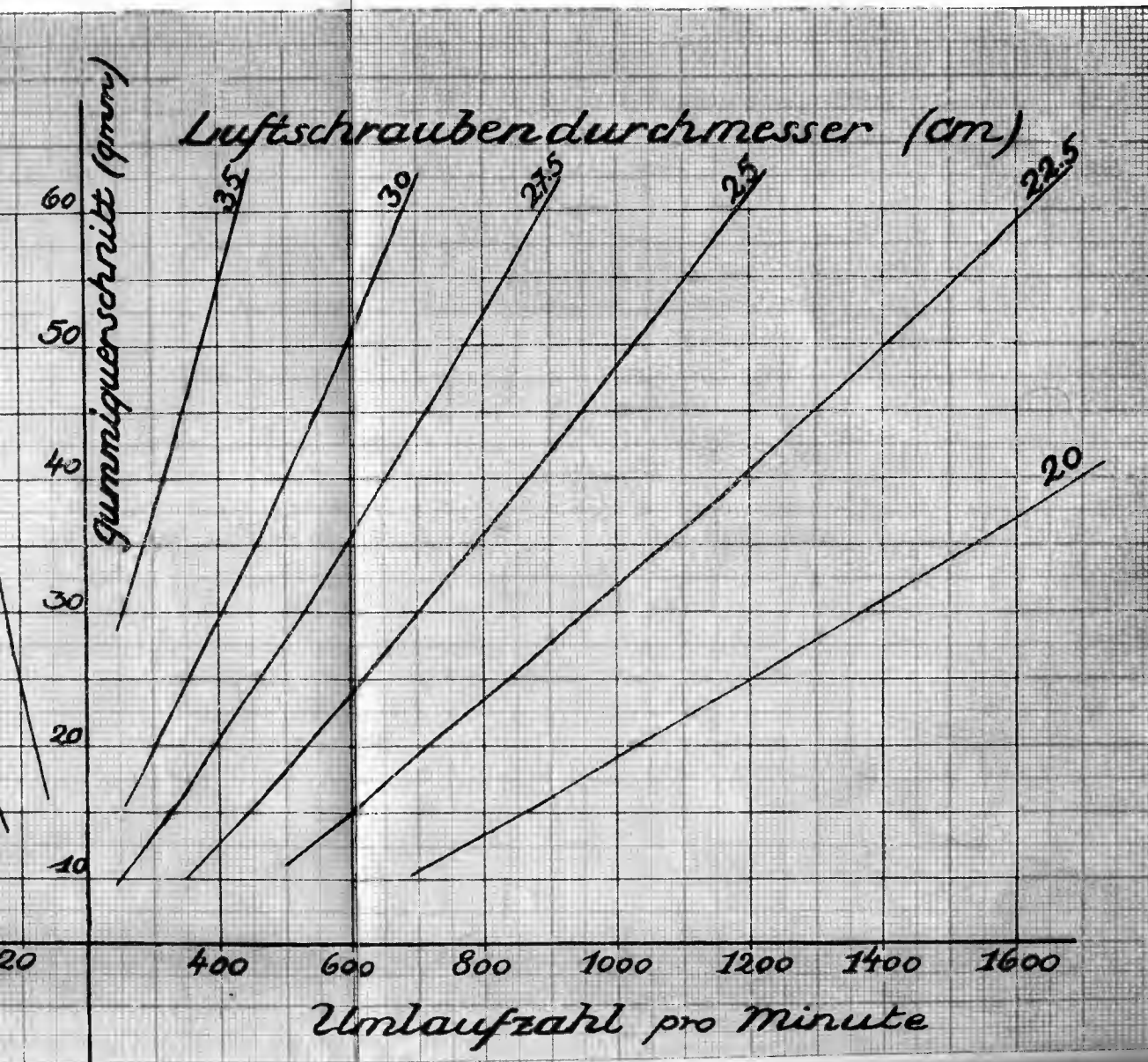
Um den Einstellwinkel der Profile und ihre Form festzulegen, tragen wir auf einer Senkrechten die Länge AB ab, die gleich der Steigung, dividiert durch $6,3$ (2π) sein muß. Durch A ziehen wir eine Waagerechte. Auf dieser waagerechten Achse legen wir beispielsweise alle 3 cm (30 mm) einen Punkt (C) fest und bestimmen durch Ziehen der Geraden (CB) die Einstellwinkel der betreffenden Querschnitte, die dann zu den Entfernungen $3, 6, 9$ und 12 cm von der Achse gehören. Die Blattiefe wählen wir einstweilen beliebig und gleichmäßig nach dem Schaft zunehmend; denn wir müssen bedenken, daß die äußeren Teile des Blattes, weil sie sich schneller bewegen müssen, mehr Luftwiderstand erfahren und deshalb schmaler sein müssen. Die Querschnittsformen zeichnen wir nun wie auf Abb. 32a—c ein. Aus diesem Querschnittsplan können wir Grundriß und Aufsicht leicht ableiten.

Da wir die Luftschraube erst vierkantig ausarbeiten, denken wir



Aufzichzahl





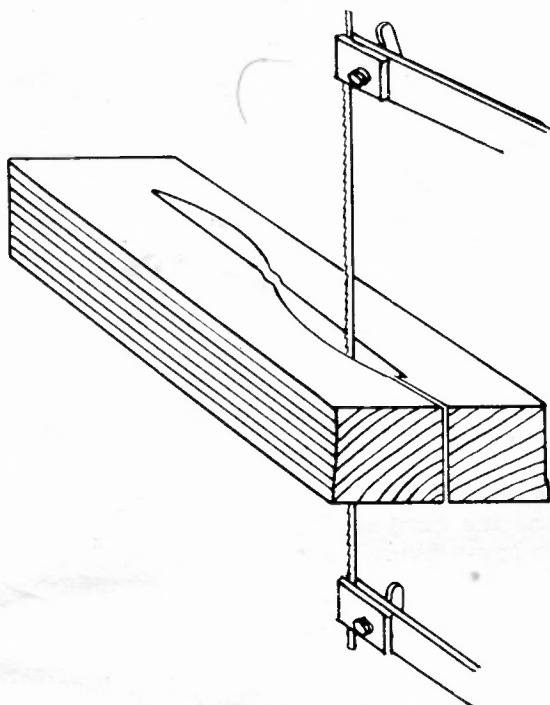


Abb. 33a. Herstellung der Luftschraube. Ausfägen.

uns die Querschnitte durch ein spitzes, schiefes Viereck eingeschlossen, dessen Kanten die in der Grundriß- und Seitenrißzeichnung ein-
getragenen Hobelkanten ergeben.

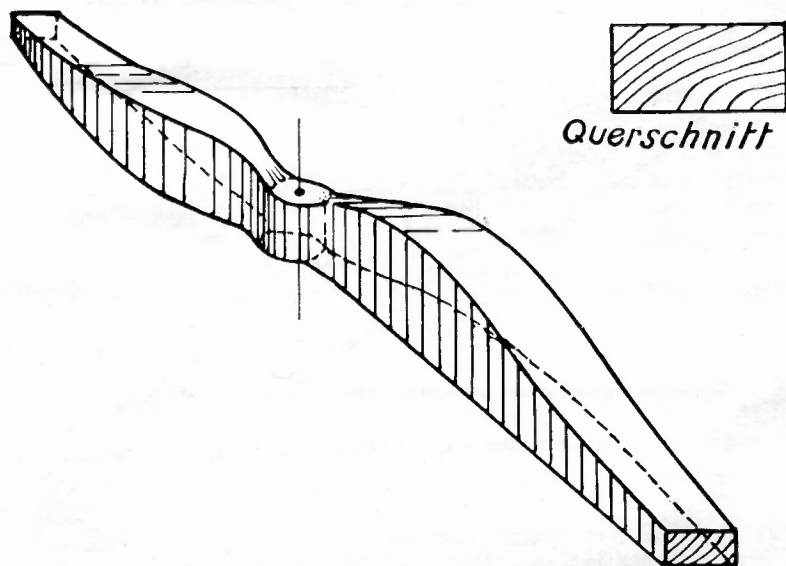


Abb. 33b. 1. Stadium. Blockform.

Querschnitt

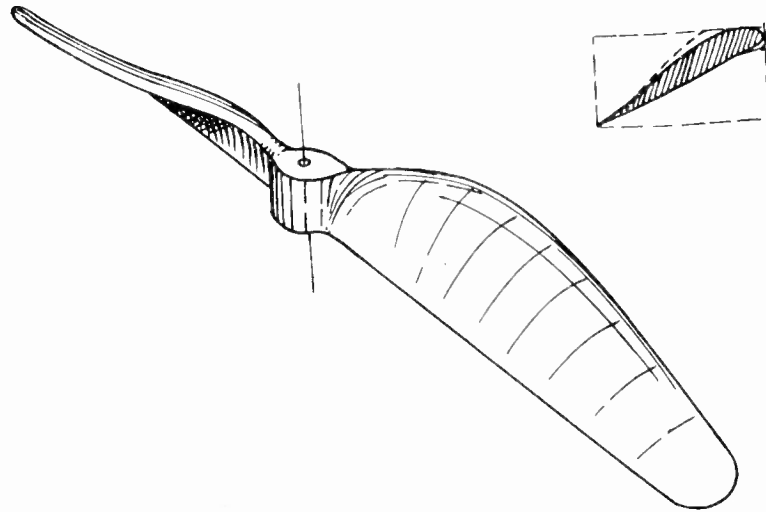


Abb. 33c. 2. Stadium. Kantig ausgearbeitet.

Wir fertigen die Luftschaube aus gutem Schnitzholz. Dazu eignet sich am besten Erle, Linde, Weide oder das ausländische Satinholz.

Hobelkante
Oberseite

Hobelkante
Vorderseite

Querschnitt

Hobelkanten

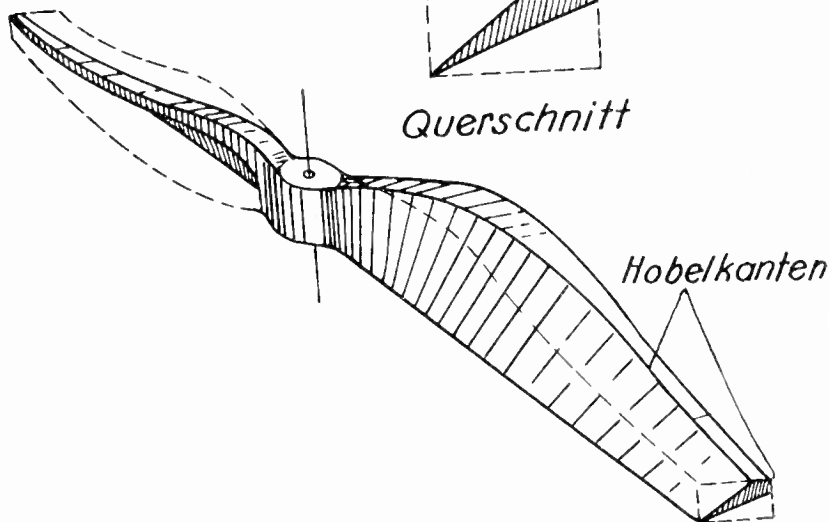


Abb. 33d. 3. Stadium. „Fertig“. Kanten gerundet.

Auf einen genügend großen Klotz zeichnen wir erst die Grundrißform auf und sägen sie heraus (Abb. 33a).

Dann zeichnen wir die Seitenrisse seitlich auf und sägen auch diese aus (Abb. 33b).

Wir erhalten dann ein vierkantiges Stück, das die Grundriß- und Seitenrißform der Luftschaube hat.

Dann zeichnen wir auf die Oberseite und die Vorderseiten die Hobelkanten auf und arbeiten den Block bis auf die in Abb. 33c ersichtliche kantige Luftschaubenform heraus.

Wir verfolgen diesen stufenweisen Herstellungsgang deshalb, weil wir auf diesem Wege am einfachsten eine genau und gleichmäßig gearbeitete Luftschaube herstellen können.

Bei der kantigen Form brauchen wir nun nur noch die vorderen drei Kanten zu runden und die ganze Luftschaube möglichst fein mit Glaspapier abzus Schleifen (Abb. 33d).

Dann bohren wir das Achsloch (1,5–2 mm) und stecken die Schraube auf die Stahl Drahtachse. Diese setzen wir in den Lagerbock ein, um zu prüfen, ob unsere Schraube auch genau gleich schwere Blätter hat. Fällt ein Blatt nach unten, so feilen wir vorsichtig so viel ab, bis die Luftschaube in allen Stellungen in der Lage bleibt.

Dann geben wir der Luftschaube noch einen Anstrich mit Spirituslack, um sie ganz glatt und feuchtigkeitsbeständig zu machen. Die Glätte der Schraube ist eine wesentliche Kraftersparnis, weil jede Rauigkeit bei der schnellen Umdrehung Luftwiderstand erzeugt.

Theoretisches (Luftschaube und Gummimotor).

Die Gesetze, die unserer Luftschaubenauswahl zugrunde lagen, wollen wir kurz erläutern.

Der Gummistrang, auf den wir die aus Tafel 2 bestimmten zulässigen Umdrehungen aufwickeln, ist weiter nichts als ein Energiespeicher. Haben wir bis zu einem bestimmten Punkt aufgezogen, so steckt in dem Gummi dieselbe Energie, die wir beim Aufziehen mit der Hand benötigen. Diese Energie ist abhängig von dem Gummiquerschnitt, dem Hakenabstand und der Anzahl der aufgespulten Umdrehungen (Aufziehzahl). Die beim Ablaufen auftretende Leistung ist nun abhängig von der Ablaufzeit.

Je schneller der Motor abläuft, um so größer wird die Leistung: $\frac{\text{Energie}}{\text{Wirkungsdauer}} = \text{Leistung}$.

Da wir nun eine bestimmte Leistung zum Fluge benötigen, die von der Flächenbelastung und dem Modellgewicht abhängig ist, müssen wir eine bestimmte Ablaufzeit einhalten.

Ablaufzeit und Aufziehzahl ergeben indessen eine mittlere Umlaufzahl.

Haben wir zum Beispiel eine Aufziehzahl von 250 und eine Laufzeit von 18 Sek. (0,3 Minuten), so ist die mittlere Umlaufzahl

gleich der Aufziehzahl geteilt durch die Ablaufzeit in Minuten (da die Umlaufzahl in Minuten gerechnet wird).

Also nach einem Beispiel: $\text{Umlaufzahl} = \frac{250}{0,3} = 830$ je Minute.
Umgekehrt bestimmen wir aus der Umlaufzahl und der Aufziehzahl die richtige Ablaufzeit als: $\text{Ablaufzeit} = \frac{\text{Aufziehzahl}}{\text{Umlaufzahl}}$ (auch in Minuten) $830 = 0,3$ Minuten.

Die Umlaufzahl wird nun je nach der verwendeten Luftschraube verschieden sein. Je größer der Durchmesser der Schraube, um so größer ist die zu ihrer Umdrehung benötigte Energie. Die aus Gummiquerschnitt und Umlaufzahl bekannte Leistung erfordert also einen bestimmten Luftschraubendurchmesser. Steigung, Umlaufzahl und Fluggeschwindigkeit sind wiederum voneinander abhängig. Bei einer Steigung von beispielsweise 40 cm und einer Umlaufzahl von 830 wird die Luftschraube sich in der Minute um 40×830 cm (332 m) in den festen Körper hineinschrauben. Das Ausweichen der Luft bedingt nun eine um ca. 10% größere Steigung, als sie aus der Fluggeschwindigkeit und der Umlaufzahl zu bestimmen ist. Es ist nämlich die Steigung (in Meter) — $\frac{60 \times \text{Fluggeschwindigkeit}}{\text{Umlaufzahl}}$.

In Tafel 1 ist dieses Ausweichen der Luft, Slip oder Schlüpfung genannt, bereits berücksichtigt.

Die Luft ist kein fester Körper wie Holz oder Eisen, und ein Teil der von der Schraube getroffenen Luft weicht aus und wird unnütz abgleiten. Andererseits erzeugt auch die Schraube Wirbel, ähnlich denen an dem Tragflügel. Alle diese Vorgänge verzehren etwas von der verfügbaren Energie, und nur ein Teil derselben kommt als Schraubenzug zur Geltung. Das Verhältnis der aufgewendeten Energie zur tatsächlich zur Wirkung kommenden Energie nennen wir den Wirkungsgrad der Luftschraube. Haben wir erst einige Erfahrung mit Luftschrauben gesammelt, dann erkennen wir sehr bald, welche von unseren Schrauben den besseren Wirkungsgrad hat. Nur dürfen wir uns nicht davon täuschen lassen, daß eine schneller laufende Schraube besser zieht, denn mit der größeren Umlaufzahl wird ja auch die Leistung größer, dafür läuft die Schraube aber um so schneller ab.

Betrachtet man diese wechselseitigen Wirkungen eingehend und sucht die Ursachen bestimmter Zusammenhänge auf, so kommt man bald zu folgendem Ergebnis:

Baut man Gummimotoren ohne Untersezung, so wird man das zugehörige Modell möglichst leicht machen, einen großen Hakenabstand wählen und wenig Gummiquerschnitt verwenden. Die Aufziehzahl wird dann größer werden.

Die längste Laufzeit indessen erreicht man dann, wenn das Gummigewicht doppelt so groß ist wie das Gewicht des Modelles ohne Gummi. Dies ist indessen nur zu verwirklichen, wenn man die Gummistränge auf ein Untersezungsgetriebe arbeiten läßt, da sonst der Luftschraubendurchmesser zu groß wird.

Motordrehmoment.

Noch eine Erscheinung sei erläutert:

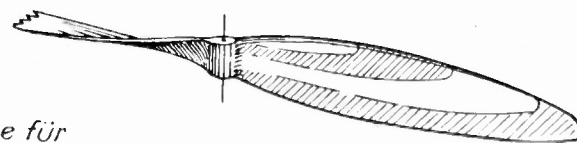
Das Modell wird im Fluge immer das Bestreben haben, bei laufendem Motor entgegen der Drehrichtung abzuweichen. Dieses ist die Wirkung des sogenannten Motordrehmomentes.

Halten wir, nachdem wir den Gummi aufgezogen haben, das Modell nur an der Luftschraube fest, so wird das Modell durch den Gummi langsam in der entgegengesetzten Richtung um die Luftschraubenachse gedreht. Da die Luftschraube bei der Drehung auch einen Luftwiderstand erfährt, so wird die Kraft im Gummi neben der an der Luftschraube zur Wirkung kommenden Drehkraft eine entgegengesetzte Wirkung auf das Modell selbst ausüben.

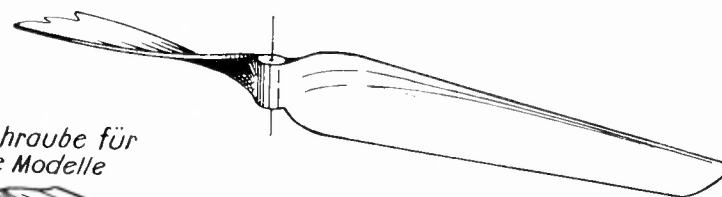
Es ist deshalb durch Verstellen des Seitensteuers oder Verwinden der Fläche notwendig, bei rechtslaufender Schraube eine schwache Linkskurve, bei linkslaufender Schraube eine entgegengesetzte Kurve einzustellen.

Der geschickte Modellbauer berücksichtigt diese unerwünschte Wirkung dadurch, daß er den Motorstab etwas schräg zum Flügel einbaut. (Bei rechtslaufender Schraube muß die Luftschraubenachse nach links zeigen.) Dann können wir ohne Steuereinstellen einen geraden Kraftflug erreichen, und auch einen geraden Gleitflug. Anderenfalls wird das Modell entweder im Kraftflug oder im Gleitflug geradeaus fliegen. Beides zusammen erreichen wir nur auf dem zuletzt angedeuteten Wege.

Schichten Propeller



Schraube für kleine Steigungen



Luftschraube für kleine Modelle

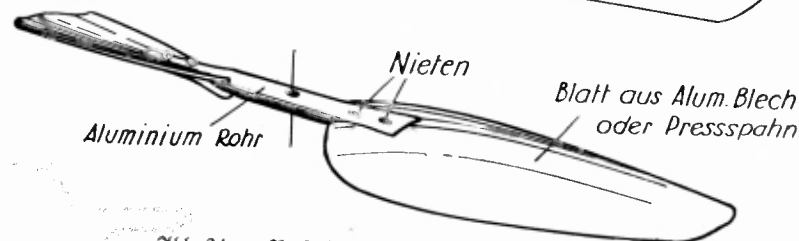


Abb. 34a. Verschiedene Luftschraubenformen

Bei der Gelegenheit soll noch erwähnt werden, daß am Flugzeug rechts und links immer, hinter dem Modell stehend und in Flugrichtung blickend, angegeben wird.

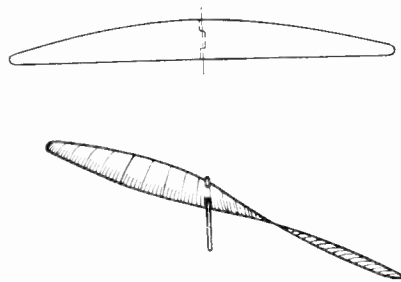


Abb. 34b. Metallluftschraube aus Aluminiumblech getrieben.

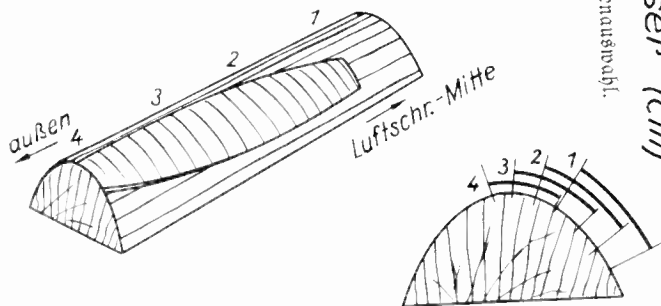
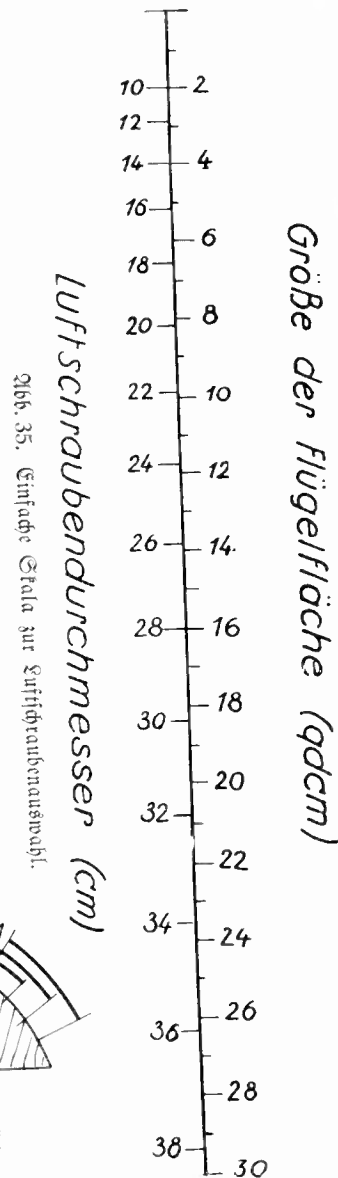


Abb. 34c. Schalenluftschraube, Blattherstellung. Über einem parabolischen Prisma (Holzform) werden mehrere Lagen Sperrholz übereinander geleimt. Aus dieser Schale werden die Blätter herausgeschnitten.

In Abb. 29 geben wir noch eine Darstellung verschiedener Propellerformen, während Abb. 30 eine einfache Skala zur Auswahl eines Propellers darstellt, für diejenigen, denen der Gebrauch der Tafeln 1 und 2 zur richtigen Auswahl zu schwierig ist.



Bauart verschiedener Motoren.

Nachdem wir uns nun eingehend mit den Grundlagen der Luftschraube und des Gummimotors befaßt haben, wollen wir die verschiedenen Arten der Modellmotoren, und das sind zu 99% Gummimotoren, erläutern. Die einfachste Ausführungsart wird bei allen Stabmodellen angewendet, es ist die freie Anbringung unter- oder auch oberhalb des sogenannten Motorstabes. Wir kennen ja solche Stabmodelle bereits aus dem ersten Band unseres Buches sowie aus verschiedenen Bauplänen. Abb. 36 zeigt den normalen Aufbau

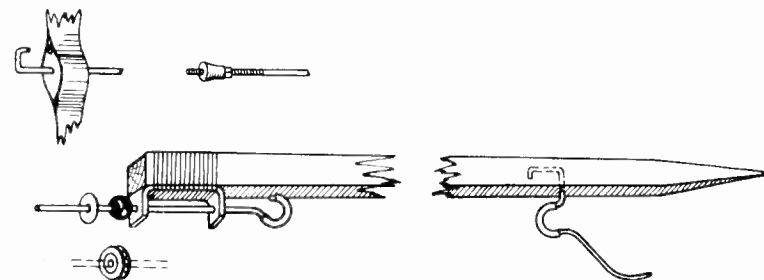


Abb. 36. Motorstab mit Einzelteilen.

eines solchen Stabmotors. Den Hauptträger bildet der Motorstab, der meist einen quadratischen Querschnitt von den Abmessungen 7×7 bis 12×12 mm hat. Als Material verwendet man im Modellbau vielfach Erle, aber auch Kiefer ist gut geeignet. Da dieser Stab die Knick- und Drehbeanspruchungen des aufgezogenen Motors aushalten muß, kommt nur ausgewähltes astreines, gradfaseriges Holz in Frage. Die besten Motorstäbe erhält man durch Abspalten von einem gradfaserigen Brett und nachfolgendem Bearbeiten mit Hobel und Feile, da man dann sicher geht, daß die Faserichtung in der Stabrichtung verläuft.

Am Kopf des Motorstabes wird die Lagerung der Luftschraubenwelle angebracht. Diese ist gewöhnlich ein U-förmiges Aluminium- oder auch Stahlblech, dessen Schenkel zur Aufnahme der Welle durchbohrt sind. Das Blech wird mit guter Hanfschnur an den Motorstab angewickelt und die Schnur sodann mit Leim getränkt. Die Luftschraubenwelle biegt man aus Stahl Draht von etwa 2 mm Stärke. Vorteilhafterweise verwendet man das Ende einer Fahrradpeise, da man den Rippel dann gleich zur Befestigung der Luftschraube verwenden kann. Anderenfalls wird die Welle nach dem Aufstecken der Luftschraube nochmals zurückgebogen und in die Luftschraube als Mitnehmer hineingesteckt. Das andere Ende der Welle trägt einen offenen runden Haken, in den man das Gummi einhängt. Zum Schutz des Gummis wird ein Fahrradventilschlauch über den Haken geschoben.

Zwischen Luftschraube und Lagerbock wird ein Drucklager angebracht, damit die Reibung möglichst klein ist. Das einfachste Druck-

lager besteht aus einer Glasperle, die zwischen zwei Unterlegscheiben läuft. Eine noch bessere Lagerung erzielt man durch Verwendung kleiner Druckkugellager. Diese Kugellager sind in Modellbaugeschäften käuflich. Es ist selbstverständlich, daß man auch diese kleine Lagerung mit feinem Maschinenöl schmieren muß, damit sie leicht läuft.

Am Ende des Motorstabes befindet sich ein fester Haken, in den der Gummistrang ebenfalls eingehängt wird. Dieser Haken wird aus Stahldraht gebogen und vielfach gleich so geformt, daß das andere Ende des Drahtes den Sporn bildet. Auch der hintere Haken ist mit einem Fahrradventilgummi überzogen.

Will man den Motorstab besonders leicht bauen, so verwendet man anstelle des Vollholzstabes ein aus Sperrholz hergestelltes Holzrohr. Dann empfiehlt es sich jedoch, den Gummi in das Rohr zu verlegen, da der Stab dann durch den Gummizug nicht einseitig beansprucht wird.



Abb. 37. Holzrohr für Stabmotore.

Ein solcher Holzrohrmotor ist in Abb. 37 dargestellt. Dieses Holzrohr kann man sich selbst herstellen, indem man einen entsprechend breiten Sperrholzstreifen von 0,6–1,5 mm Stärke um ein 20–30 mm dickes Stahlrohr herumlegt und verleimt. Als Leim verwendet man in diesem Falle natürlich Kaltleim, und zur Anpressung umwickelt man das Ganze mit breitem Widelband. Damit man das Holzrohr nach der Trocknung von dem Stahlrohr leicht abziehen kann, legt man Papier zwischen Stahlrohr und Sperrholz.

Dieses Rohr wird an den Enden durch Aufkleimen einer zweiten bzw. zweiten und dritten Sperrholzschicht verstärkt.

Wir stellen uns nun einen gut passenden Holz- oder Korkstopfen zur Lagerung der Luftschraubenwelle her. Dieser Stopfen wird durchbohrt und die Welle hindurchgesteckt. In der Form der Welle und in der Anbringung der Luftschraube und des Drucklagers zwischen Luftschraube und Stopfen besteht kein Unterschied gegenüber dem einfachen Stabmotor. Auch in das andere Ende wird ein Stopfen eingepaßt und in diesem Stopfen die rückwärtige Gummiaufhängung angebracht. Das nach hinten herausstehende Ende des Drahtes ist so geformt, daß es sich in eine entsprechende Raste, die wir in das Rohr eingeschnitten haben, einlegt, damit sich der Haken nicht drehen kann. Weiterhin ist noch eine Dose vorgesehen, an der nach Herausziehen des ganzen Stopfens mit Hilfe einer Bohrmaschine das Gummi schnell und sicher aufgezo-gen werden kann.

Um den an den Motorflug anschließenden Gleitflug des Modells nicht durch die stillstehende Luftschraube zu bremsen, bringt man

zwischen Luftschraube und Motorwelle eine Kuppelung durch Mitnehmer an. Diese Kuppelung ist in Abb. 38 dargestellt.

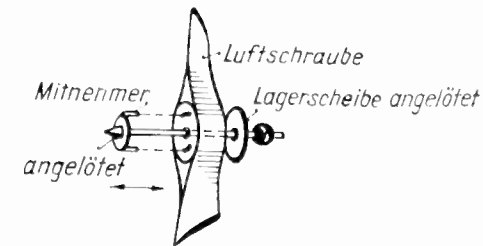


Abb. 38. Kuppelungseinrichtung an der Luftschraubenlagerung.

Solange die Luftschraube das Modell zieht, drückt die Luftschraube nach vorn, so daß der Mitnehmer die Luftschraube antreibt. Ist der Motor abgelassen, so erzeugt die Luftschraube Widerstand, schiebt sich auf der längeren Motorwelle zurück, aus dem Mitnehmer heraus und kann nun frei umlaufen. Wir müssen deshalb zur Aufnahme des Lagerdruckes eine kleine Scheibe auf der Welle festlöten oder das vordere Stück der Welle mit Gewinde versehen und eine Mutter bis ans Ende aufschrauben. Weitere Ausführungsformen solcher Freilauf-Luftschraubennaben mögen unsere Leser sich selbst auskno-beln.

Baut man ein Rumpfmotormodell, so kann man die Kräfte des Gummis durch die Bauglieder des Rumpfes ohne Zuhilfenahme eines besonderen Motorstabes aufnehmen. Man bringt dann die Lagerung der Luftschraubenwelle am vordersten Rumpfpunkt an. Praktischerweise ist diese Anbringung so konstruiert, daß das Gummi samt der Lagerung beim Aufziehen nach vorn herausgezogen werden kann. Der Gegenhaken am Rumpsende muß entweder von der Seite oder von hinten zum Auswechseln des Gummis zugänglich sein. Verlegt man bei der Rumpfbauart den Motor in einen besonderen Motorstab, so können Holme und Spanten des Rumpfes so leicht wie irgend möglich gehalten werden. Solche Rumpfe sind deshalb besonders einfach herzustellen.

Leistungsmotoren.

Der fortgeschrittene Modellbauer wird stets danach trachten, möglichst große Flugstrecken oder Flugzeiten zu erreichen. Er wird deshalb sein besonderes Augenmerk auf den Bau guter, leistungsfähiger und zugleich längere Zeit laufender Motoren richten.

Es ist selbstverständlich, daß man in erster Linie das Modell selbst so bauen wird, daß die zum Fluge notwendige Leistung so klein wie möglich wird. Dann wird man mit Hilfe verschiedener Luftschrauben und verschieden starker Gummistränge diejenige Zusammenstellung erproben, mit der die besten Leistungen herausgeholt werden können. Will man jedoch noch mehr erreichen —

und dies ist durchaus möglich —, dann wird man Motorenbauarten suchen, die während einer längeren Laufdauer eine entsprechende

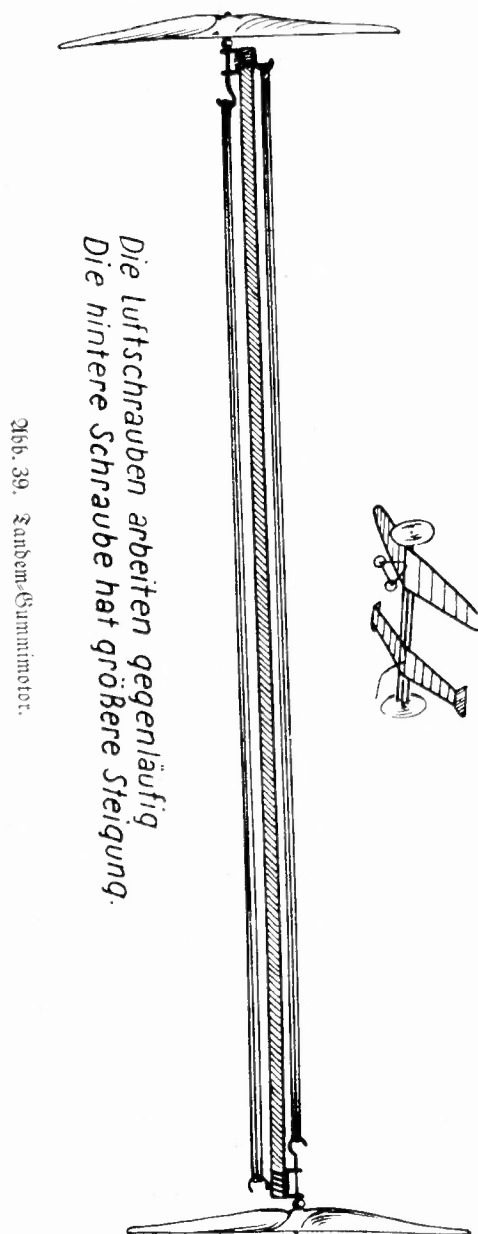


Abb. 39. Tandem-Gummimotor.

Die Luftschrauben arbeiten gegenläufig
Die hintere Schraube hat größere Steigung.

Leistung hergeben. Dieses Ziel wird man beim Gummimotor nur durch Anbringung einer größeren Gummimenge erreichen können.

Verdoppelt man beispielsweise das Gummigewicht von 30 g auf 60 g, so könnte man die doppelte Energie aufspeichern, während das Modellgewicht sich nur um 30 g vergrößert. Würde dieses Mehrgewicht z. B. 20% des Gesamtgewichtes ausmachen, so müßte dadurch die Flugleistung nur um $1,5 \times 20 = 30\%$ gesteigert werden. Die doppelte Energie ergibt dann eine etwa anderthalbfache Laufzeit (nämlich 2:1,30).

Wie baut man nun solche „Leistungsmotoren“?

Abb. 39 zeigt die einfachste Ausführung, den sogenannten „Tandem-Motor“.

Zwei gleiche Stränge Gummi sind an einem gemeinsamen Motorstab angebracht und treiben je eine Luftschraube an. Diese Luftschrauben laufen gegenläufig — eine rechts herum, die andere links herum —, womit wir einerseits erreichen, daß das Motordrehmoment fortfällt und andererseits, daß der Motorstab keine Verdrehungssträfte aufzunehmen hat. Wir brauchen also keinen kräftigeren Stab als bei nur einem Motor. Da die Luftschrauben an beiden Stabenden sitzen, müssen wir das Modell dazu etwas anders bauen. Am besten geht es wohl als Tandembauart (ähnlich, wie Abb. 39 zeigt) oder als schwanzloses Modell.

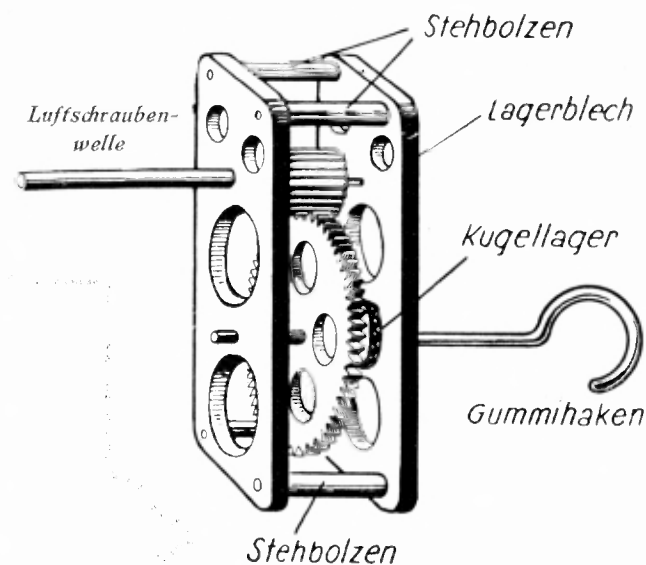


Abb. 40. Einfaches Getriebe.

Nimmt man nun diejenige Gummimenge, bei der die größte erreichbare Laufzeit erzielt werden kann, und das ist ungefähr der Punkt, bei dem das Leergewicht des Modells gleich dem Motorgewicht ist — im letzteren ist alles, was zum Motor gehört, mit inbegriffen —, dann kommt man normalerweise zu so kräftigen Motoren, daß die Luftschrauben, wenn sie direkt angetrieben werden,

viel zu groß werden und viel zu langsam umlaufen müßten. Daraus ergibt sich dann ganz von selbst die notwendige Verwendung eines Uebersetzungsgetriebes.

Abb. 40 zeigt ein einfaches Modellgetriebe.

Die Getrieberäder sind einem alten Weckerwerk entnommen und zwar verwendet man diejenigen Radpaare, die Uebersetzungverhältnisse von 1:2,5 — 1:4 ergeben. Mit der Uebersetzung höher hinauf zu gehen, hat wegen der dann größer werdenden Reibung keinen Sinn mehr.

Am Wecker selbst mißt man den richtigen Abstand der beiden Achsen genauestens ab, da ein kleiner Fehler im Achsenabstand die Reibung vergrößern kann und die Räder sich sehr schnell abnutzen.

Man fertigt dann zwei gleiche Lagerbleche (aus Stahl, Dural oder Messing) an, die man noch mit Erleichterungslöchern versieht.

Die beiden Bleche werden durch Stehbolzen oder Nieten mit darüber geschobenen Abstandsöhrchen verbunden. Die Zahnräder setzt man auf entsprechende Stahl Drahtachsen und bringt zur Aufnahme der Zugkräfte des Gummistranges ein Gleit- oder Kugellager an.

Falls man ein solches Getriebe nicht selbst bauen kann, läßt man es sich von einem Uhrmacher herstellen.

Fertige Getriebe kann man leider noch nicht im Handel erhalten, bzw. das, was man hier bekommt, ist nicht sauber genug hergestellt.

Wenn man nämlich Uebersetzungen verwendet, muß man peinlich darauf achten, daß die Teile durchaus einwandfrei gearbeitet sind.

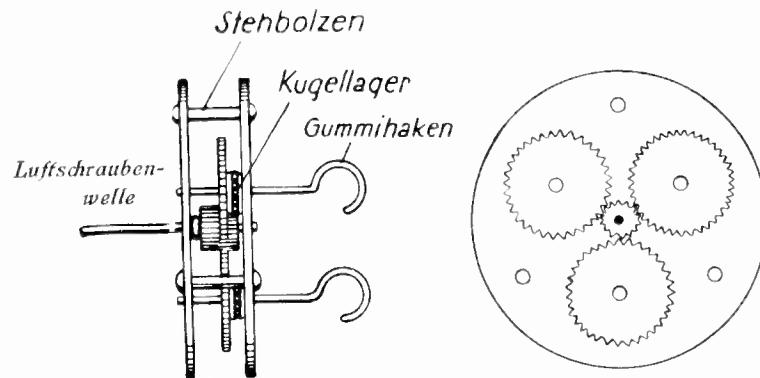


Abb. 41. Dreifaches Getriebe.

Mit guten Getrieben wird man wesentlich bessere Ergebnisse erzielen. Bei großen Gummimengen kommt man meist mit einem dicken Strang nicht mehr aus, und es ist auch in bezug auf die zu übertragenden Kräfte günstiger, mehrere dünnere Stränge auf eine oder zwei Luftschrauben arbeiten zu lassen.

Für solche Motoren baut man sich am besten ein Getriebe für drei Gummistränge, wie es auf Abb. 41 dargestellt ist.

Die notwendigen Zahnräder besorgen wir uns am besten auch durch einen Uhrmacher. Die Lagerbleche werden in ähnlicher Weise hergestellt wie beim einfachen Getriebe. Auch hier werden wir nach Möglichkeit durch Anbringung von Erleichterungslöchern Gewicht sparen.

Zur sauberen Herstellung solcher kleinen Werke gehört schon allerhand Geschick, und man wird zweifellos auch hierbei erst manche Enttäuschung erleben. Hat man aber erst Übung in der Herstellung dieser Teile bekommen, so eröffnet sich einem ein ausichtsreiches und zugleich lohnendes Arbeitsfeld.

Wir hätten ja auch auf den Gedanken kommen können, anstatt des Gummimotors gleich ein Uhrwerk als Antrieb einzubauen. Da hätte es sich jedoch sehr bald gezeigt, daß der Uhrwerkmotor viel wiegt und wesentlich weniger leistet. Dies liegt daran, daß die Stahlfeder für ihr Gewicht viel weniger Energie aufzuspeichern imstande ist als der Gummi. Ähnlich wird es uns mit Preßluftmotoren ergehen.

Der beste Preßluftmotor wiegt immerhin 300 g. Was könnten wir mit diesem Gewicht für einen Rekord-Gummimotor bauen?

Wir können ein tadelloses Getriebe bauen, alles kräftig ausführen, die Gummistränge in einem Sperrholzrumpf unterbringen und haben dann wesentlich mehr Leistung und größere Laufzeiten bei gleichem Gewicht. Solange man also nicht sehr große Modelle baut, die man dann schon mit einem kleinen Benzinmotor (Cokerell, Piccolo) ausrüsten kann, bleibt der Gummistrang ohne oder mit Getriebe stets das beste, einfachste und leichteste Triebwerk.

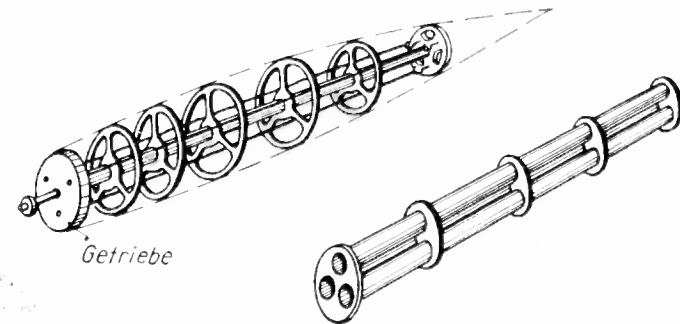


Abb. 42. Anordnung für Dreifach-Motoren.

Es wäre dann noch etwas über den Raketenantrieb bei Flugmodellen zu sagen, aber auch diese Fragen wollen wir hier nicht behandeln. Sie sollen mit den ebenfalls nicht ungefährlichen Benzinmotoren später einmal ausführlich gewürdigt werden.

Hier nur den guten Rat: Bleibt beim altbewährten Gummimotor und laßt die Finger von diesen brenzlichen Geschichten. Ihr könnt nur selbst dabei Schaden nehmen, und damit nützt ihr unserer gemeinsamen schönen Sache gewiß nicht.

Die mehrsträngigen Getriebemotoren muß man so einbauen, daß die einzelnen Stränge sich nicht ineinander verwickeln können.

Das geschieht besonders dann sehr leicht, wenn der Motor ziemlich weit abgelaufen ist und die Stränge locker werden. Abb. 42 zeigt den Aufbau eines solchen Mehrfachmotors. Hier sind die Spanten des Rumpfes so ausgeschnitten, daß sie die Gummistränge gegeneinander abgrenzen. Vorteilhafter ist noch die Verlegung jedes einzelnen Gummistranges in ein besonderes Holzrohr.

Wir haben schon weiter vorne erwähnt, daß bei schwanzlosen Motormodellen die Anbringung eines normalen Gummimotors wegen des kurzen Rumpfes Schwierigkeiten macht. Der lange Motor, der in der Flugrichtung liegt, läßt sich mit dieser Kurzflügelbauart sehr schlecht vereinbaren und stört die Formgebung des Modells. Es sei deshalb hier auf die Bauart eines im Flügel untergebrachten Motors eingegangen (Abb. 43). Die Gummistränge werden am

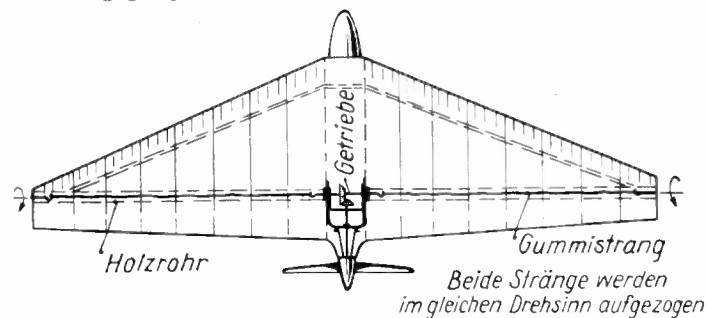


Abb. 43. Im Flügel untergebrachter Gummimotor.

besten in Rohre, die zugleich als Holme dienen, oder neben einem besonders verstärkten Holm angebracht. In der Mitte enden diese Rohre an einem Getriebekasten, der eine quer zur Flugrichtung liegende durchlaufende Welle trägt, an der auf beiden Seiten die Haken zum Einhängen der Gummistränge angebracht sind. Die Gummistränge drehen sich also beim Ablauf gleichsinnig, da der aufgezogene Motor sonst die Flügel verwinden würde. Auf dieser durchlaufenden Welle sitzt ein Regelrad, das über ein zweites in Flugrichtung lagerndes Regelrad die hintenliegende Luftschaube antreibt. Die Regelräder selbst kann man noch gegeneinander übersetzen, so daß man große Gummimengen verwenden kann. Ein solches Getriebe muß allerdings sorgfältig gearbeitet werden, damit es einwandfrei läuft.



Abb. 44. Gummizugmotor für Flügeinbau.

Anstelle des aufgedrehten Gummis kann man auch gezogene Gummistränge für Flügelmotoren verwenden. Das Schema eines solchen Motors zeigt Abb. 44. Da der gezogene Gummistrang drei-

bis viermal soviel Energie aufspeichert, kommt man mit wesentlich weniger Gummimenge aus. Der in der Mitte angeordnete Strang ist durch dünne Seile aus Hanf, Seide oder feinstem Violinsaitendraht über eine am Flügelende angebrachte Rolle mit der dünnen Motorwelle verbunden. Durch Zwischenschaltung eines Flaschenzuges kann die aufgewickelte Seillänge verlängert werden. Wenn auch der Aufbau infolge der Seilumlenkung gewisse Schwierigkeiten macht, so ist doch die wesentlich bessere Ausnutzung der vorhandenen Gummimenge ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Das Zusammenwirken von Luftschaube und Modellflugzeug.

Der geschickte Modellbauer hat zweifellos bereits die Erfahrung gemacht, daß man mit dem Luftschaubenstrahl allerhand Wirkungen auf das Modell ausüben kann. Der Zug, den die Luftschaube auf das Modell ausübt, der sogenannte Schraubenschub, wird dadurch erzeugt, daß die Geschwindigkeit, mit welcher der durch die Schraube hindurch gesogene Luftstrahl abströmt, größer ist als die Fluggeschwindigkeit. Deshalb erfahren alle Teile des Modells, die sich in dem Schraubstrahl hinter der Schraube befinden, eine erhöhte Anblasgeschwindigkeit, haben also größeren Widerstand, aber möglicherweise auch größeren Auftrieb. Wenn man die Luftschaube also richtig zum Flügel anordnet, kann man den Auftrieb und damit die Steigfähigkeit des Modells steigern.

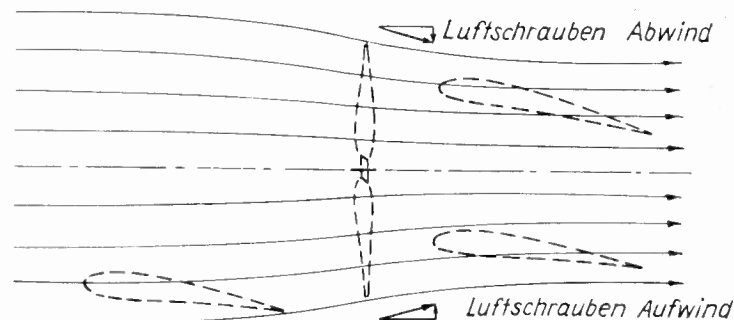


Abb. 45. Die Luftschaubenströmung und ihre Wirkung auf den Flügel in verschiedenen Stellungen.

Wo müßten wir nun die Luftschaube anbringen? Diese Frage ist auf Grund einfacher aerodynamischer Überlegungen zu beantworten. Wir wissen aus dem Abschnitt „Modellaerodynamik“, daß die Auftriebsströmung über dem Flügel erhöhte Luftgeschwindigkeit und unter dem Flügel verzögerte Geschwindigkeit erzeugt. Hierdurch entsteht der Auftrieb, der um so größer wird, je größer der Unterschied der Geschwindigkeiten über und unter dem Flügel ist. Wir müssen also die Luftschaube vor und über dem Flügel anbringen, damit der Schraubstrahl die Luftgeschwindigkeit über dem Flügel noch verstärkt und den Auftrieb dadurch steigert. Betrachten wir nun eingehender einen Querschnitt durch den Luftschaubenstrahl (Abb. 45), so sehen wir, daß der Strahl infolge der

Beschleunigung in der Gegend der Luftschraube düsenförmig erzeugt wird. Bringen wir einen Flügel in den unteren Teil des Schraubenstrahls, so treffen ihn die Stromfäden schräg von unten. Der Flügelteil befindet sich also im Aufwindgebiet des Schraubenstrahls. Legen wir den Flügel nach oben, so tritt die umgekehrte Wirkung ein, die uns durchaus nicht erwünscht ist.

Die Auftriebserhöhung und die Widerstandsverminderung durch die vor und über dem Flügel angebrachte Luftschraube bildet einen wesentlichen Vorteil der Tiefdeckerbauweise. Wir sollten also auch im Motormodellbau die Tiefdeckerbauweise bevorzugen. Wie man beim Tiefdecker Rumpf und Flügel günstig formt, ist in dem Abschnitt „Aerodynamische Feinheiten“ näher erläutert.

Durch Verschwenken der Luftschraubenachse kann man nicht nur das Motordrehmoment ausgleichen, sondern auch Höhen- oder Tiefensteuerwirkungen erzeugen. Der Schraubenstrahl trifft ja zum Schluß auf das Leitwerk und erzeugt auch hier eine Vergrößerung der Luftkräfte. Haben wir also z. B. am Leitwerk Abtrieb, so wird dieser Abtrieb bei laufender Schraube größer werden, und das Modell wird sich im Fluge steiler aufrichten als die eingestellte Gleitfluglage. Dies ist im allgemeinen vorteilhaft, da das Modell dann mit laufendem Motor Steigflug ausführt und bei abgelautener Schraube von selbst in Normalgleitflug übergeht. Voraussetzung hierfür ist selbstverständlich richtige Längsstabilität. Ist das Höhenleitwerk zu klein entworfen, so kann trotzdem ein stabiler Motorflug stattfinden, weil der durch den Luftschraubenstrahl gesteigerte Leitwerkabtrieb nunmehr ausreicht. Der Gleitflug wird dann allerdings sehr steil verlaufen und kann zum Sturzflug werden. Auch hier hilft nur ein größeres Höhenleitwerk.

Bei Enten- und schwanzlosen Modellen wird man vorzugsweise Druckschraubenanordnung wählen, da das freie Anblasen des beschleunigten Schraubenstrahles dann keinen zusätzlichen Widerstand erzeugt. Auch bei der Druckschraubenanordnung ist die Lage der Luftschraube über der Flügelhinterkante am günstigsten; denn auch hier noch wird der Auftrieb in der Hauptachse durch den Aufwind im Luftschraubenstrahl verbessert (Abb. 45).

Zu hoch über die Flügel darf man bei schwanzlosen Modellen die Achse nicht legen, da der Schraubenschub, weil er oberhalb des Schwerpunktes angreift, das Modell sonst kopflastig macht. Beim Entenmodell macht dies nicht viel aus, da das Kopfleitwerk einen langen Hebelarm hat.

Bei allen Modellbauarten tut man gut, die Tiefdeckerbauweise zu bevorzugen. Weiterhin wird man aus der Vorstellung von dem Verlauf des Schraubenstrahles manche wertvolle Schlüsse auf Eigenschaften und Unarten des Modells ziehen können.

Modellbaustatik.

Die Statik des Modellbauers besteht meistens darin, daß er aus praktischen Erfahrungen die Querschnitte der verschiedenen Bauteile

festlegt. Wenn das eine oder andere Teil sich als zu schwach erweist, verstärkt er es solange, bis es hält. Es hätte für ihn gewiß auch keinen Zweck, wie der Flugzeugbauer, eine Festigkeitsberechnung herzustellen; das braucht der Modellbauer nicht. Was er aber wissen muß, ist, wie man eine vorhandene Querschnittsfläche so gestaltet, daß wir im Verhältnis zum aufgewendeten Gewicht so fest wie möglich bauen. Kurz und gut, er muß ein Gefühl für die richtige Konstruktionsweise in bezug auf Festigkeit bekommen, und dieses Gefühl muß mit ein paar Festigkeitsdaten unterbaut werden.

Knüpfung.

Wir wollen deshalb im Folgenden, ohne Formeln und ohne Rechnung, ein paar allgemeine Festigkeitsgrundsätze erkennen lernen. Hierzu geben wir einige Beispiele: In Abb. 46a sehen wir

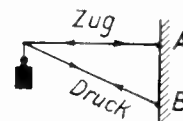


Abb. 46a.
Die Kräfte in den Streben eines einfachen Gerüsts.

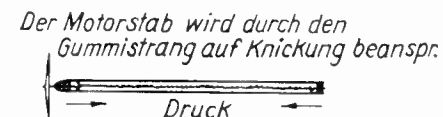


Abb. 46b.
Beanspruchung des Motorstabes.

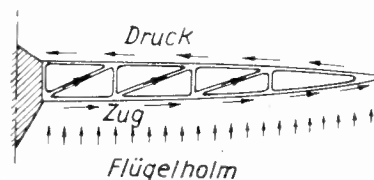


Abb. 46c.
Kräfte in einem Fachwerkhalm.

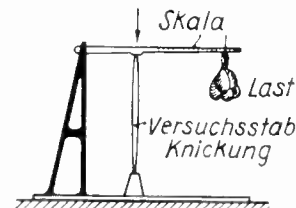


Abb. 46d.
Prüfung der Knickfestigkeit.

ein an der Wand angebrachtes Gerüst, an dem eine Last aufgehängt ist. Wir wissen, daß diese Last Beanspruchungen in den beiden Stäben des Gerüsts erzeugt, und wir können uns leicht von der Richtung und Größe der auftretenden Kräfte einen Begriff machen, wenn wir uns vorstellen, daß der Anschließpunkt A oder der Anschließpunkt B sich lösen würde. Lösen wir den Anschließpunkt A, so kippt das Gerüst nach unten, wollen wir es festhalten, so müßten wir an der oberen Strebe ziehen. Löst sich der Anschließpunkt B, so könnte höchstens die Strebe an der Wand nach unten abrutschen; denn die untere Strebe drückt gegen die Wand. In der oberen Strebe ist also Zug, in der unteren Druck. Die Zugkraft ist leicht aufzunehmen, wir könnten ja an Stelle der Strebe sogar einen Spannungsdraht einhängen. Der Druck in der unteren schrägen Strebe verlangt ein viel stärkeres Bauglied. Würden wir nämlich den Stab zu dünn machen, so würde er infolge der auf ihm

lastenden Druckkraft ausknicken. Es müssen also die Druckstäbe im Querschnitt so gestaltet sein, daß sie möglichst viel Knickung aushalten.

Wir sind überzeugt, daß das einleuchtet, aber Ihr sagt mit Recht, daß Ihr ja gar keine solche Gestelle bauen wollt, sondern daß Ihr Flugmodelle baut. Gewiß, aber am Flugmodell gibt es viele Bauteile, die ebenfalls auf Knickung beansprucht werden. Denken wir nur einmal an unseren Motorstab. Der Gummistrang erzeugt im aufgezogenen Zustande kräftigen Zug an den Haken und hat das Bestreben, den Motorstab durch die Druckbeanspruchung zu zerknicken (Abb. 46b). Wirkt der Gummizug noch einseitig wie beim gewöhnlichen Motorstab mit außenliegendem Gummi, dann wird die Geschichte erst recht kritisch, denn dann wirkt nicht nur eine Druckkraft, sondern der Stab wird durch den exzentrischen Kraftangriff noch gebogen.

Wir betrachten nun den als Gitterträger gebauten Flügelholm (Abb. 46c). Durch die Auftriebsbelastung wird der Untergurt des Holmes gezogen und der Obergurt gedrückt. Bei zu starker Belastung kann also ebenfalls der Obergurt auf Knickung zu Bruch gehen.

Weiterhin gibt es im Rumpfschwerk, am Fahrwerk und bei vielen anderen Einzelteilen auf Knickung beanspruchte Stäbe.

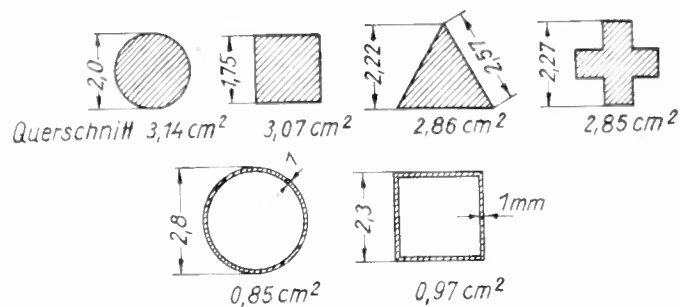


Abb. 47. Vergleich verschiedener Querschnitte gleicher Knickfestigkeit.

Wie mache ich die Stäbe so leicht wie möglich? Nun, das könnte man ja probieren, indem man sich ein ganz einfaches Hebelgestell baut (Abb. 46d) und hier an verschiedenen Stäben ihre Knickfestigkeit untersucht. Das ist sehr lehrreich, besonders wenn man die Belastung schrittweise vergrößert und das Zustandekommen eines solchen Bruches sozusagen mit der Zeitlupe beobachtet. Lange Zeit geschieht gar nichts weiter, als das sich die Stäbe in sich zusammendrücken, dann biegt sie infolge kleiner Unregelmäßigkeiten beim Versuch um einen kleinen Betrag nach rechts oder links aus. Bringen wir jetzt noch etwas mehr Last an, so wird die Durchbiegung zusehends größer, und schon bricht der Versuchsstab. Aber ich will hier nicht weiter darauf eingehen, denn was da im einzelnen vor sich geht, das müßt Ihr mit eigenen Augen kennen lernen.

Wie man eine bestimmte Knickkraft mit möglichst geringem Materialaufwand bewältigt, zeigt Abb. 47. Stäbe aus gleichem Mate-

rial und gleicher Länge würden, mit den verschiedenen dargestellten Querschnitten versehen, gleiche Knickfestigkeit besitzen. Dabei ist, wie wir sehen, der Querschnitt des Voll-Rundstabes mit mehr als 3 gem am ungünstigsten, das Rundrohr dagegen am günstigsten. Besser als der volle Rundstab ist bereits der quadratische Stab, besser als dieser der Stab mit dem Querschnitt eines gleichschenkeligen Dreiecks, noch ein wenig besser der Stab mit dem Kreuzquerschnitt. Allen diesen Vollquerschnitten sind die Hohlquerschnitte weit überlegen. Wo es geht, verwende man also Rohrquerschnitte zur Konstruktion.

Biegung.

Keihen wir zurück zu unserem am Gestell aufgehängten Gewicht. Wir hängen das Gewicht nun an einem einzelnen Stab frei auf (Abb. 48). Dieser Stab wird weder gezogen noch gedrückt, er wird

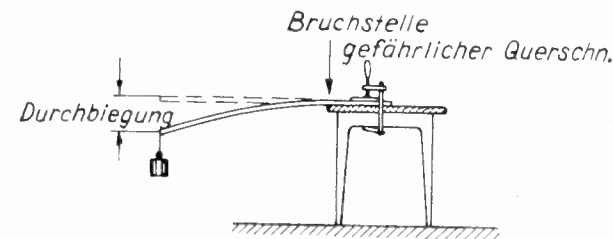


Abb. 48. Einfacher Biegeversuch.

vielmehr gebogen. Wir wissen bereits aus Erfahrung, daß der Stab an der Einspannstelle abbricht, dort ist — wie man sagt — sein gefährlicher Querschnitt. Die Biegebeanspruchung ist also hier am größten, sie nimmt mit der Entfernung vom Aufhängepunkt des Gewichtes ab. Auf halbem Wege erfährt der betreffende Querschnitt nur noch die halbe Biegebeanspruchung. Die Teile unseres Flugmodells, die Biegebeanspruchung erfahren, brauche ich wohl kaum aufzuzählen; an erster Stelle stehen die Flügelholme.

Wir wollen deshalb wieder die Frage beantworten, wie wir mit möglichst wenig Materialaufwand einen möglichst festen Biegeträger bauen. Einen Vergleich gibt uns hier Abb. 49 und Abb. 50. Gehen wir aus vom quadratischen Stab 1×1 cm. Er trägt auf eine gewisse Länge das Gewicht 1 (1 kg auf 90 cm Länge, Material Kiefer). Die gleiche Querschnittsfläche hat ein Stab von $2 \times \frac{1}{2}$ oder $3 \times \frac{1}{3}$ cm Querschnitt. Der Flachkantstab $2 \times \frac{1}{2}$ cm trägt nur noch die Hälfte, halten wir den Stab aber hochkant, so trägt er die doppelte Last. Nehmen wir nun noch den Hochkantstab $3 \times \frac{1}{3}$ cm, so hält er bereits das Dreifache. Diese Erkenntnis, die wir Euch mit Abb. 49 so recht anschaulich vor Augen geführt haben, müßt Ihr Euch ganz besonders einprägen. Die Flügelholme, die wir aus dem Vollen schneiden, werden stets als hochkant stehende Brettchen ausgebildet.

Wir können aber den Querschnitt noch anders aufteilen und aus dem vorhandenen Material einen sogenannten Kastenträger bauen, d. h. wir denken uns den quadratischen Stab in zwei Leisten

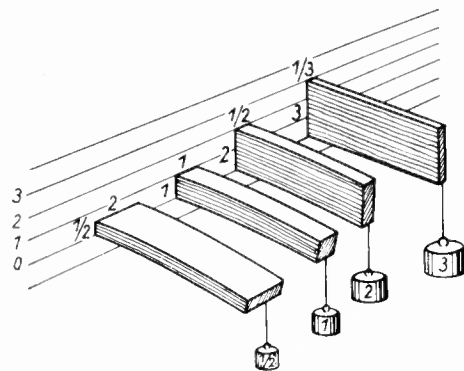


Abb. 49. Biegeträger aus Vollmaterial mit gleicher Querschnittsfläche. Vergleich der Tragfähigkeit.

$1 \times \frac{1}{2}$ cm gespalten und diese Leisten als Gurte eines Kastenholmes verwendet (Abb. 50). Machen wir den Kastenholm 2 cm hoch,

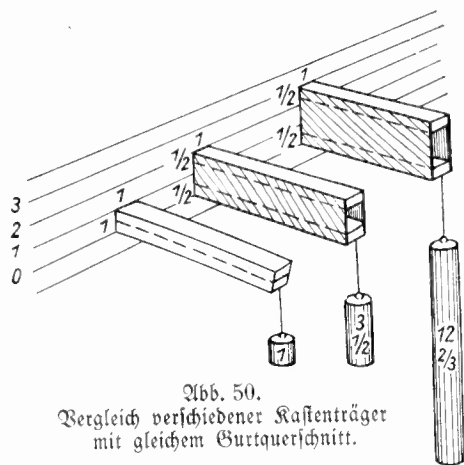


Abb. 50. Vergleich verschiedener Kastenträger mit gleichem Gurtquerschnitt.

so daß die lichte Weite 1 cm wird, dann hält dieser Holm auf gleicher Länge wie der quadratische Träger das $3\frac{1}{2}$ fache, also mehr als der Vollholzholm $3 \times \frac{1}{2}$ cm. Machen wir den Kastenholm nun 3 cm hoch, dann hält er nicht nur etwa noch einmal soviel, sondern 12% mal soviel wie der quadratische Träger. Der günstigste Biegequerschnitt ist also der des Kastenholms. Die Verbindung zwischen beiden Gurten bilden die dünnwandigen Stege, die wir aus dünnem Sperrholz, bei kleinen Holmen auch aus Pappe herstellen können.

Die Stege des Kastenholms können wir auch in die Mitte des Trägers verlegen und erhalten so den bekannten Doppel-T-Quer-

schnitt. Wir können dann noch den Vollwandsteg durch ein Gitterwerk in Dreieckverband ersetzen (Abb. 51). Die dreieckigen Streben

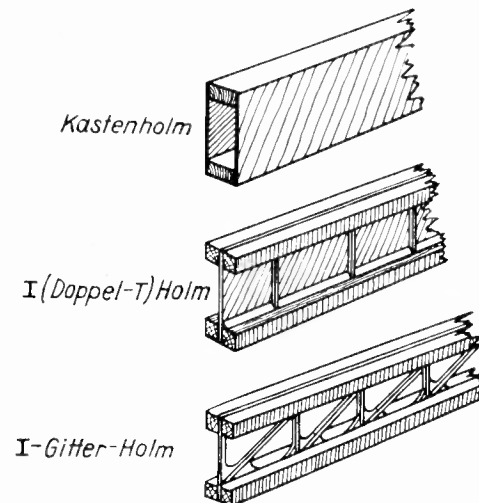


Abb. 51. Verschiedene Holmbauweisen.

des Gitterholms legt man nach Möglichkeit so, daß sie bei den größeren Beanspruchungen Zugkräfte aufnehmen müssen, also bei Auftriebskräften (Abb. 46 c), desgleichen bei Stoßbeanspruchungen von unten gegen die Flügelspitzen.

Ein Freiträger dieser Art erfährt die größten Beanspruchungen an der Stelle, an der er aufgehängt ist, im gefährlichen Querschnitt. Je weiter wir nach außen gehen, um so schwächer werden die Beanspruchungen, wobei die Lastverteilung eine wesentliche Rolle spielt. Dies zeigt uns Abb. 52. Wir sehen hier drei gleichstarke Träger,

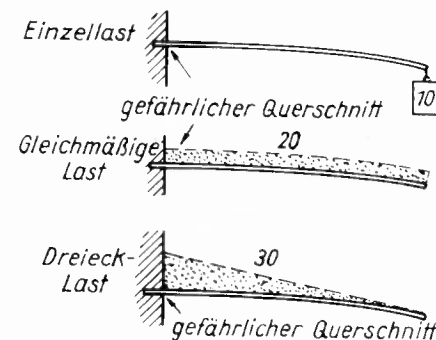


Abb. 52. Die Tragfähigkeit eines Freitragers bei verschiedener Lastverteilung.

die verschieden belastet sind. Wirkt eine Einzellast am Ende des Trägers, so kann der Träger, im Fall unseres Beispiels, 10 kg tra-

gen. Würden wir die Last gleichmäßig über den Träger verteilen, so können wir ihn um das Doppelte belasten, ohne ihn höher zu beanspruchen. Verteilen wir die Last dreieckig, also den größeren Lastanteil an die Trägerwurzel, so können wir dem Träger sogar das Dreifache aufbürden.

Da die Belastung nach außen schwächer wird, können wir den Träger, um Gewicht zu sparen, ebenfalls nach außen schwächer werden lassen. Dies zeigt Abb. 53. Bei Lastangriff außen muß der

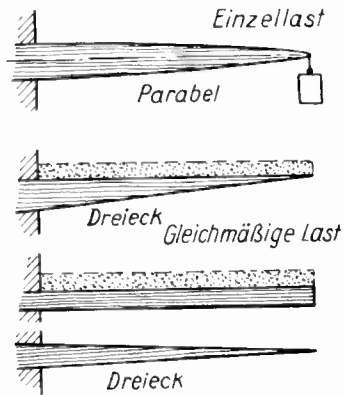


Abb. 53. Nach dem Ende verjüngte Freitrager bei verschiedener Lastverteilung.

Träger parabolisch verjüngt werden. Ist die Last gleichmäßig über den Träger verteilt, so kann er entweder in der Höhe oder in der Breite dreieckig verjüngt werden, falls es sich um einen vollen Träger handelt.

Torsion (Verdrehung).

Außer der Knickungs- und Biegebeanspruchung spielt die Verdrehungsbeanspruchung (Torsion) eine wesentliche Rolle im Flugzeugbau. Auch der Modellbauer hat oftmals damit zu tun. Schon der aufgezogene Gummimotor übt außer der Zugkraft erhebliche Verdrehungsbeanspruchungen auf den Motorstab oder den Rumpf aus. Weiterhin erfahren die Flügel infolge der Druckpunktveränderung bei verschiedenen Anstellwinkeln Verdrehungsbeanspruchungen. Ist der Flügel nicht torsionssteif gebaut, so verdreht er sich, ändert damit seinen Anstellwinkel, und die Längs- und Querstabilität wird erheblich gestört. Wie baue ich nun einen Körper (Rumpf oder Flügel) torsionssteif? Betrachten wir zuerst einmal als Beispiel ein rechteckiges Prisma; dieses Prisma sei vorn und hinten offen, etwa ein kurzes rechteckiges Rohr wie eine Streichholzschachtel ohne Kasten. Versuchen wir nun dieses Gebilde zu verdrehen, so werden wir feststellen, daß es ohne weiteres möglich ist. Wir sehen nämlich, daß sich die Seiten des Prismas in sich verwinden, wäh-

rend die Kanten gerade bleiben. Nun fügen wir die beiden Seitenwände ein, indem wir entsprechend unserem Beispiel, den Kasten in die Streichholzschachtel einschieben. Wenn der Kasten dicht paßt, so machen wir die Feststellung, daß eine Verdrehung des Körpers nun nicht mehr möglich ist. Wenden wir unsere ganze Kraft an, so zerbrechen wir zum Schluß die Schachtel, ohne daß sie sich dabei vorher erheblich verwunden hat. Wir folgern daraus, daß wir Verdrehungssteifigkeit nur dann erreichen, wenn wir einen allseitig umschlossenen Körper hergestellt haben. Denken wir z. B. an ein Rumpfstück. Dieses Rumpfstück wird erst dann torsionssteif sein, wenn es als allseitig geschlossener Körper angesehen werden kann. Dazu gehört nicht nur, daß alle Seiten beplankt sind, sondern daß auch die Spanten in gewissen Abständen als Wände ausgebildet werden. Hierbei ist es nicht notwendig, die Spanten voll zu be-

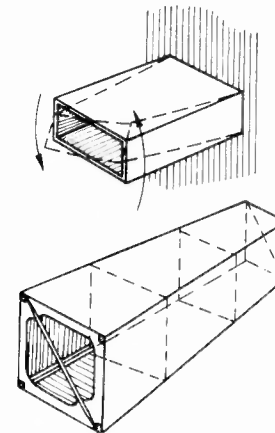


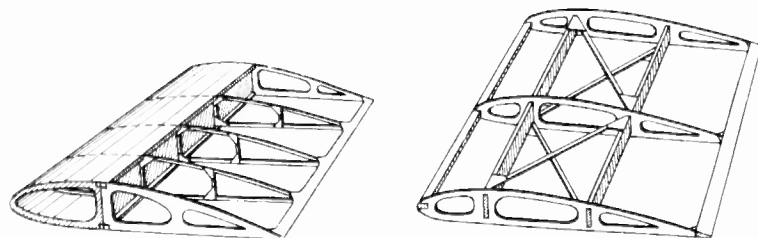
Abb. 54. Der torsionssteife Kasten (Bierkan-Rumpf) muß allseitig geschlossen sein.

planzen, es genügt, wenn wir eine Diagonale einfügen, die ja wie beim Steg des Doppel-T-Holms eine feste Wand ersetzt.

Der günstigste Torsionsquerschnitt ist das Rundrohr; denn hier werden alle Teile gleichmäßig beansprucht, so daß die größtmögliche Ausnutzung des Materials stattfindet. Im Gegensatz zu den kantigen prismatischen Körpern brauchen wir bei Rundrohren deshalb auch keine formsteifen Querschnitte einzusetzen, da bei der Torsionsbeanspruchung keine Querschnittveränderung auftritt, während die rechteckigen Querschnitte der Schachtel ohne Seitenwände durch das Verwinden rombische Form annehmen.

Die beplankte Flügelnase der einholmigen Bauweise stellt einen flachen Halbrohrquerschnitt dar und ist deshalb zur Torsionsaufnahme besonders geeignet. Um die Verdrehungssteifigkeit eines Modellflügels herzustellen, genügt vielfach die straff gespannte Beplankung, da dieser Körper dann allseitig geschlossen ist. Will man einen zweiholmigen Flügel besonders torsionssteif bauen, so legt man zwischen beide Holme noch einen besonderen Torsionsver-

band, der durch Diagonalen gebildet wird. Die Diagonalen er-
setzen hier zusammen mit den Rippen die obere und untere Wand
des dann allseitig geschlossenen Körpers (Abb. 55).



a) Einholm mit Torsionsnahe. b) Zweiholm mit Raumdiagonalen.
Abb. 55. Bauweise verdrehsteifer Flügel.

Abb. 56 zeigt vergleichsweise verschiedene Querschnitte mit glei-
cher Festigkeit gegen Verdrehung. Man sieht, daß von den vollen
Querschnitten der Rundstab der günstigste ist. Nimmt man jedoch
statt dessen ein Rundrohr, so vermindert sich die Querschnittsfläche
auf ein Viertel, der betreffende Stab wird also 75% leichter.

Damit wollen wir den Abschnitt „Modellbaustatistik“ schließen,
möchten aber allen Modellbauern raten, selbst auf diesem Gebiete
weiter zu arbeiten, denn nur dann kann man fest und zugleich leicht
bauen. Will man sich über das Verhalten einer bestimmten Kon-
struktionsweise Aufklärung verschaffen, so baue man aus Karton:

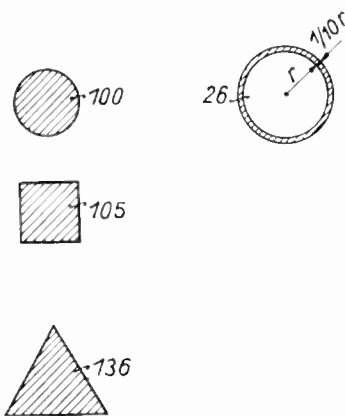


Abb. 56. Querschnitte gleicher Torsionsfestigkeit. Die Zahlen dienen zum
Vergleich der erforderlichen Querschnittsflächen und damit des Gewichtes.

pappe ein Modell des betreffenden Baugliedes. Durch Beanspruchen
erkennt man die schwachen Stellen und erhält so wertvolle An-
gaben für den Kraftverlauf.

Modellkonstruktion.

Der Flügel.

Der Flügel als wichtigster Bauteil des Modellflugzeuges bedarf
bei seiner Herstellung ganz besonderer Sorgfalt, deshalb muß man
beim Ausarbeiten der einzelnen Teile sowie bei der Auswahl der
Materialien besonders gewissenhaft vorgehen.

Rahmenbauweise. Die einfachste, allerdings aerodynamisch auch
ziemlich mangelhafte Flügelbauweise ist die, wir wollen sagen,
Rahmenbauweise (Abb. 57). Der Flügel ist im Querschnitt kein

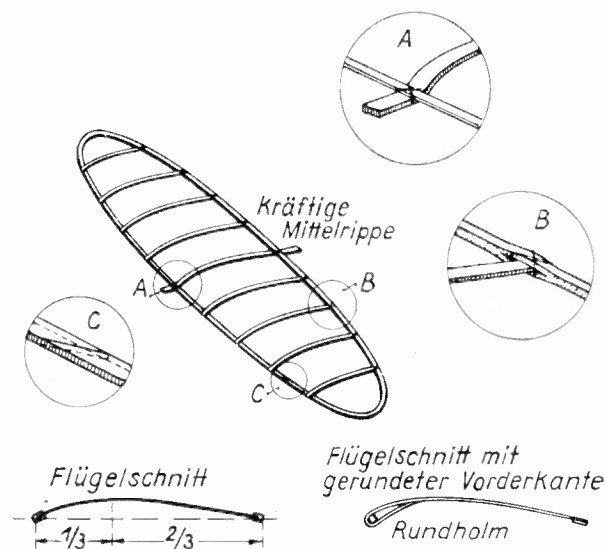


Abb. 57. Rahmenflügel (Bambus oder Stahlbraht).

Hohlkörper, sondern besteht nur aus einem durch Rippen und Rand-
leisten gebildeten, einseitig bespannten Rahmen. Der Querschnitt
durch die Rippen, die Krümmung, die der Mittellinienform eines
Profils entspricht, ist demnach etwa parabolisch, so daß die größte
Höhe der Wölbung in etwa $\frac{1}{3}$ der Flügeltiefe liegt. Da die Rand-
leiste zugleich die Aufgabe eines Vorderholmes und Hinterholmes
zu übernehmen hat, muß die Leiste kräftig sein. Um andererseits
nicht zuviel Widerstand zu erzeugen, darf sie so wenig wie möglich
hervorstehen. Man verwendet deshalb für Rippen und Holme bei
diesen Flügeln als Material entweder Bambus oder guten Klavier-
saitendraht, der an den Verbindungen weich gelötet wird.

Im allgemeinen kann man einen solchen Flügel nicht freitragend
bauen, sondern muß ihn durch Streben und Verspannungen ab-
fangen. Die Streben sind dann ebenfalls aus Bambus oder Stahl-
draht anzufertigen. Bespannt wird ein solcher Flügel von der

Oberseite, damit in der Zone der größten Luftgeschwindigkeit nicht zu große Widerstände auftreten. Der Flügel schließt auch nach hinten mit der Randleiste ab. Es hat keinen Zweck, die Rippen darüber hinaus stehen zu lassen und die Hinterkante des Flügels durch einen Faden von Rippe zu Rippe zu binden. Die Luft ist längs des Profils schon so verwirbelt, daß der Widerstand der nach unten herausstehenden Randleiste nicht in Erscheinung tritt.

Einholm-Flügel. Der beste und zweckmäßigste Modellflügel ist zweifellos der einholmige Profilflügel (Abb. 58). Außer der kräf-

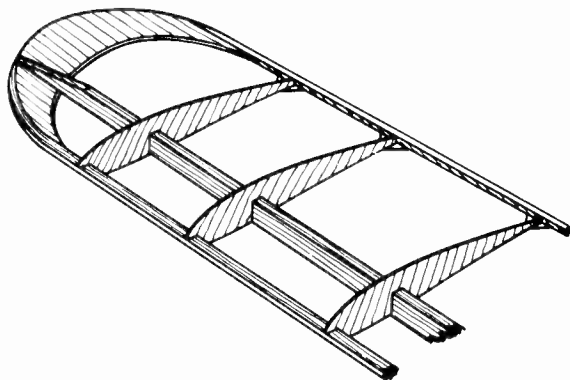


Abb. 58. Einholmflügel. Bauweise für kleinere Modelle.

tigen Nasenleiste und einer etwas schwächeren Abschlußleiste ist etwa im ersten Drittel des Profils ein kräftiger Längsträger eingebaut, der die ganzen Auftriebskräfte des Flügels nach dem Rumpf leitet. Die Rippen sind entweder aus Sperrholz ausgeschnitten oder aus feinen Holz- bzw. Bambusstäben in Art großer Flugzeugrippen zusammengebaut, letzteres nur bei großen Modellen. Den Abschluß des Flügels bildet ein Rundbogen, der ebenfalls aus Sperrholz ausgeschnitten oder aus Bambus gebogen wird.

Handelt es sich um einen kleineren Modellflügel bis zu etwa 15 cm Tiefe, so besteht der Holm aus einer Leiste von rechteckigem Querschnitt. Der Querschnitt steht im Flügel hochkant, da der Holm so die größten Biegekräfte aufnimmt (siehe den Abschnitt „Modellbaustatik“). Holme größerer Modelle baut man aus zwei übereinanderliegenden Leisten, dem Ober- und Untergurt des Holmes und verbindet die Gurte zwischen den Rippen durch ein oder zwei Sperrholzstege (Abb. 59). Einen solchen Holm muß man schon in einer Schablone bauen, d. h. die Holmform auf ein Brett aufzeichnen, durch eingeschlagene kurze Stifte, denen die Köpfe abgezwickelt werden, die Lage der beiden Gurte festlegen und die Sperrholzstege anleimen. Aus den Rippen werden dann die Querschnitte von Ober- und Untergurt ausgeschnitten, so daß die Rippen an den betreffenden Stellen des Holmes strampfassend eingesetzt werden können.

Zum Zusammenbau eines solchen Flügels braucht man in den meisten Fällen bereits eine Flügelhelling, d. h. eine aus Brettern

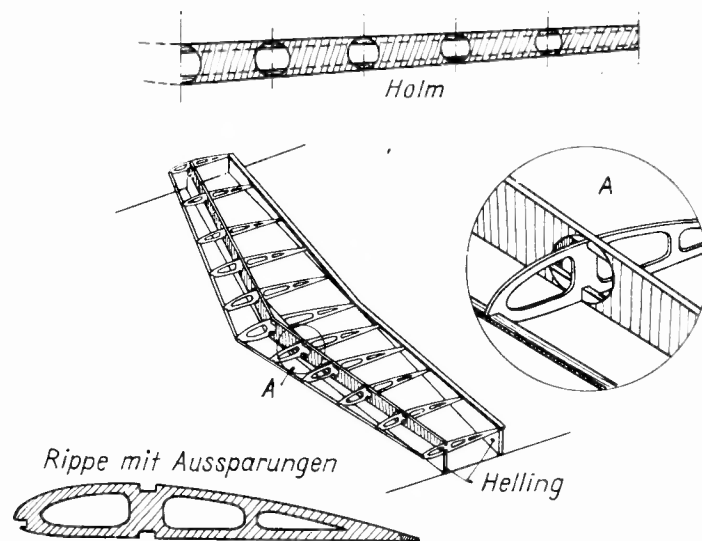


Abb. 59. Einholmflügel. Kastenholm mit durchgesteckten Rippen, auf der Helling gebaut.

hergerichtete Unterlage, so daß der darauf gebaute Flügel von vorn herein die beabsichtigte Form erhält. Eine solche Flügelhelling ist in Abb. 59 dargestellt. Sind alle Teile genau gearbeitet, so läßt sich der Flügel auf der Helling im Nu zusammenstecken, und wir brauchen uns beim Ausrichten der einzelnen Profile keine Gedanken zu machen. Die Nasenleiste eines solchen Flügels macht man ebenfalls von rechteckigem Querschnitt, so daß das Rechteck mit der langen Seite in Flugrichtung liegt. So hält die Nasenleiste die größten Beanspruchungen gegen Stöße von vorne. Die Abschlußleiste hat keilsförmigen Querschnitt, verläuft also nach hinten spitz aus. Die Rippen werden in passende Nuten der Randleiste eingesteckt. Zwecks Anbringung des Flügels am Rumpf werden am Flügel Beschläge angebracht, damit Flügel und Rumpf zerlegbar, aber sonst fest miteinander verbunden sind. Um die Naseform gut zu erhalten, wird die Nase bis zum Holm bei kleineren Modellen mit Zeichenkarton, bei größeren Modellen mit dünnem Sperrholz beplankt. Die rückwärtigen Teile des Flügels werden mit Stoff oder Japanpapier bespannt. Die mit dem Holm verbundene Beplankung der Nase erzeugt eine große Verdrehungssteifigkeit. Das Bespannen des Flügels geschieht ebenfalls auf der Helling, damit der Flügel sich beim Imprägnieren und Lackieren ja nicht verzieht.

Diese Bauart des größeren einholmigen Flügels mit verdrehungssteifer Nase wird beim Segelflugzeug und auch beim Motorflugzeug verwendet. Naturgemäß ist diese steife Nase beplankt

schwerer als eine dünne Bespannung, und es gehört ein gewisses Geschick dazu, die Flügelnahe so aufzuziehen, daß der Einstellwinkelverlauf längs der Spannweite den Bauangaben entspricht.

Zweiholm-Flügel. Ein zweiholmiger Flügel ist in dieser Beziehung leichter herzustellen, weil die Lage der einzelnen Rippen bei sauberer Arbeit durch die Gestaltung der Holme und die Lage der einzelnen Rippenausschnitte gegeben ist. Wir sehen den üblichen Aufbau eines zweiholmigen Modellflügels aus Abb. 60.

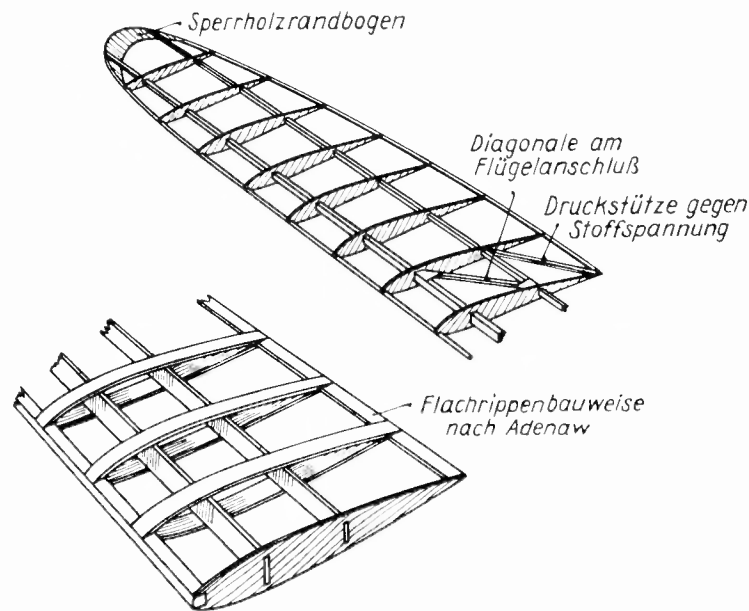


Abb. 60. Zweiholmflügel.

Die Rippen sind ebenfalls meist aus Sperrholz gearbeitet und größere Rippen durch Ausparungen erleichtert. Die in diesem Falle aus Vollmaterial gearbeiteten Holme haben nicht die volle Rippenhöhe. Das hat seinen Grund darin, daß ein bis ProfiOber- oder Unterseite reichender Holm einen Knick in der Bespannung hervorruft. Bei der Wölbung der Rippen, insbesondere auf der Oberseite, fällt die Bespannung zwischen den Rippen stets etwas ein, und es würde sich zwischen den Rippen am Holm eine Kante bilden, an der die Strömung leicht abreißen kann. Man wählt bei zweiholmigen Flügeln die Holmlage etwa so, daß der Vorderholm dicht hinter der Nase, in etwa 10% der Flügeltiefe, und der Hinterholm zwischen Profilmittle und letztem Profildrittel, also zwischen 50 bis 70% der Flügeltiefe, angeordnet ist.

Eine vielholmige Bauweise, wie sie bei großen, insbesondere bei Metallflugzeugen angewendet wird, ist im Modellbau zu verwickelt und wird deshalb schwerer werden als die einfache Bauweise.

Querruder. Bei vielen Modellen sind an den Flügeln außen besondere Querruderklappen angebracht. Sie bestehen aus bespannten Drahtrahmen oder sind aus Sperrholz ausgeschnitten. Die Querruderklappen sind so am Flügel befestigt, daß man sie beim Einfliegen verstellen kann. Man erreicht dies am leichtesten durch eingeschobene Blechstreifen oder Stahl Drahtstücke, die nach erfolgter Einstellung ihre Lage auch dauernd beibehalten. Abb. 61 zeigt

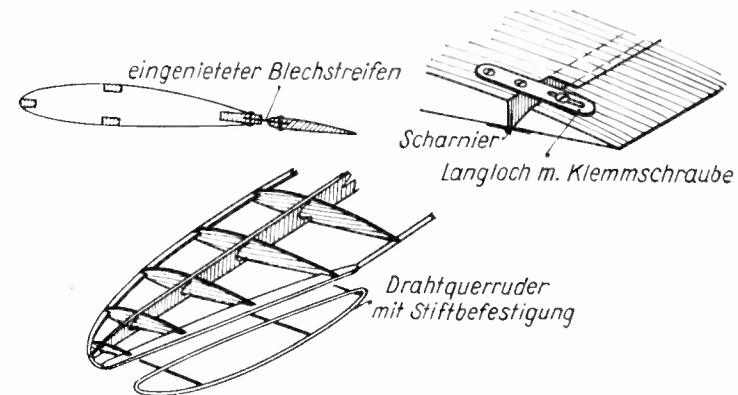


Abb. 61. Querruderbauweisen.

solche Querruderanbringung. Viele Modellbauer begnügen sich damit, die an sich festen Querruderklappen oder auch den ganzen Außenflügel bei der Einstellung des Modells zu verdrehen. Der Flügel bzw. das Querruder wird dann in der gewünschten Form verzogen, aber die Elastizität des Baustoffes bringt Flügel oder Klappe nach einer gewissen Zeit doch wieder in die alte Lage. Man erlebt dann, daß so ein Modell anfangs sehr gut geradeaus fliegt, nach einer gewissen Zeit aber doch wieder in den alten Fehler des Kurvens verfällt, weil der Flügel sich inzwischen zurückgebogen hat. Nehmt deshalb einstellbare Ruder, es wird sich beim Fliegen bestätigen lohnen.

Beschläge. Wir haben oben schon erwähnt, daß zum Befestigen des Flügels am Rumpf- oder einzelner Flügelteile untereinander Beschläge angebracht werden müssen. Da eine leicht lösbare Verbindung von Holzteilen sich wegen der Weichheit des Materials sehr bald ausleiern würde, sind die Beschläge stets aus Metall, und zwar aus Stahl, Eisen oder Leichtmetall. Die einfachste Beschlagsart ist die Laschenverbindung (Abb. 62a). Durch Schrauben und Nieten ist der Beschlag mit dem Holz verbunden und dort, wo beide Beschläge zusammengefügt werden, dient ein Gelenkholz mit Schrauben- oder Splintföhrung als Verbindung. Diese übliche Beschlagsweise hat den Mangel, daß sie völlig starr ist, so daß eher das Modell zu Bruch geht, als daß sich die Verbindung von selbst lösen würde. Im Modellbau brauchen wir solche bei zu großen

Beanspruchungen selbsttätig auslösende Beschläge; denn nur zu leicht kann das ungesteuerte Modell beim Landen unsanft aufschlagen und erheblichen Schaden leiden. Es ist deshalb bei fast allen neuzeitlichen Modellen dafür gesorgt, daß bei hartem Aufschlag am Boden oder gegen ein Hindernis das Modell sich in die einzelnen

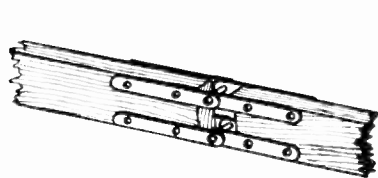


Abb. 62a.
Einfache Laschenverbindung.

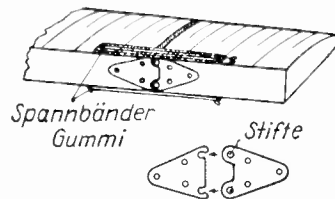


Abb. 62b.
Anschlußbeschlag mit Gummispannbändern
zur Auslösung bei hohen Beanspruchungen.

Bauteile zerlegt, insbesondere Rumpf und Flügel voneinander getrennt werden. Abb. 62b zeigt beispielsweise einen Beschlag zur Verbindung des Flügelholms, der durch den Zug eines Gummistranges zusammengepreßt wird. Wird die auf den Flügel ausgeübte Kraft zu groß, so wird der Gummistrang gestreckt, und der Flügel kann dem Stoß ausweichen. In ähnlicher Weise befestigt man den ganzen Flügel am Rumpf durch Gummibänder (Abb. 63).

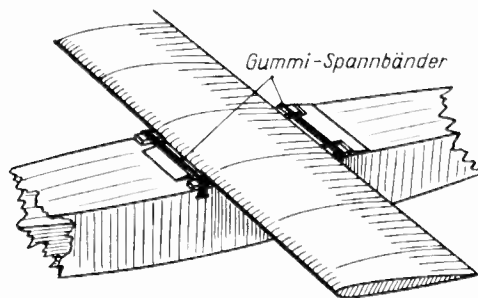


Abb. 63. Lösbare Flügelaufhängung.

Bei starken Stößen springt hier der ganze Flügel aus seiner Lagerung und weicht der Beanspruchung aus, die ihn sonst zerbrechen würde. Das Prinzip des Spannbandes kann man an den verschiedensten Stellen anwenden.

Hervorragend bewährt hat sich eine andere Beschlagart, die von Gentsch, Dresden, zuerst gezeigt wurde (Abb. 64a). Bei ihr werden am Flügelstoß Druckknöpfe als Verbindung angebracht; bei starker Beanspruchung öffnen sie sich und geben die Flügel frei. Abb. 64 zeigt diese Bauweise. In ähnlicher Weise kann man durch Drahtfedern lösbare Verbindungen herstellen (Abb. 64b).

Straakplan. Bei der Herstellung eines Profilflügels, der nach außen verjüngt, verwunden oder noch eine Profiländerung nach außen aufweisen soll, haben alle Rippen verschiedene Form oder Abmessungen. Meistens legen wir der Konstruktion eines solchen Flügels an einigen Stellen, z. B. innen und außen, bestimmte Profile zu Grunde, und alle dazwischen liegenden Profile müssen entsprechend der Umrißform, oder der Schränkung ihrer Lage im Flügel entsprechend, konstruiert werden, weil zum Schluß die Längsschnitte durch den Flügel einen glatten Linienfluß haben sollen, d. h. der Flügel soll „straaken“. Würden wir die Zwischenprofile nach Gutdünken aufzeichnen, so wird der Flügel aller Wahrscheinlichkeit nach in der Längsrichtung wellig werden, und wir müssen erst durch Befestigen der Rippen den glatten Verlauf herstellen. Wie wir einen solchen Straakplan anfertigen, wollen wir an Hand von

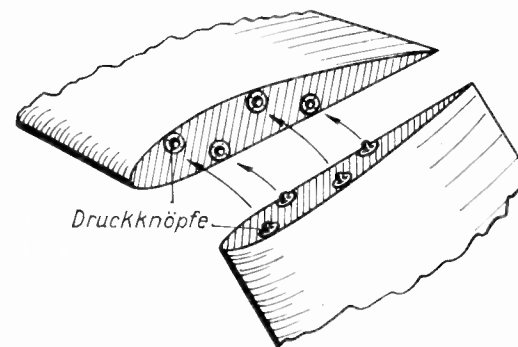


Abb. 64a. Flügelanlüsse durch Druckknöpfe nach Gentsch.

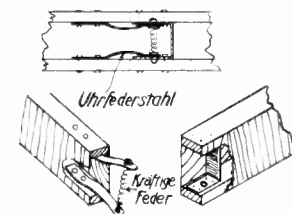


Abb. 64b. Lösbare
Holmverbindung mit
Stahlfederung.

Abb. 65 kennen lernen. Wir sehen hier einen Tragflügel, bei dem drei Profile gegeben sind, und zwar das kräftig gewölbte Innenprofil, ein flacheres Profil an der Knickstelle des Flügels und ein symmetrisches Stromlinienprofil als letzte Außenflügelrippe. Im ganzen besitzt der Flügel 12 Rippen, die wir mit 1 bis 12 bezeichnen. Die Knickstelle liegt bei Rippe 5.

Wir denken uns nun den Flügel von der Seite gesehen und zeichnen uns für den Straak des Innenflügels Rippe 1 und Rippe 5 in der richtigen Lage und Größe, ineinandergelegt, auf. Für den Straak des Außenflügels machen wir das Gleiche mit Rippe 5 und Rippe 12. Nun teilen wir jede Rippe in eine Anzahl gleicher Teile, in diesem Falle 6, ein und bezeichnen die Punkte dieser Teilung auf Ober- und Unterseite mit den entsprechenden Teilnummern. Wir verbinden nun die Punkte der Vorder- und Hinterkante sowie alle anderen der Teilnummer nach zugehörigen Punkte beider Profile miteinander. Da wir für den Innenflügel drei Profile zeichnen müssen und im Außenflügel sechs Zwischenprofile, haben wir zwischen den Profilen im Innenflügel vier gleiche Teile und im Außenflügel sieben gleiche Teile. Wir teilen also die Verbindungslinie der zusammengehörigen Punkte beim Innenflügelstraak in vier und im Außenflügelstraak in sieben gleiche Teile und bezeichnen die

Punkte auf diesen Linien mit den laufenden Rippennummern. Verbinden wir nun die Punkte gleicher Nummer auf den verschiedenen

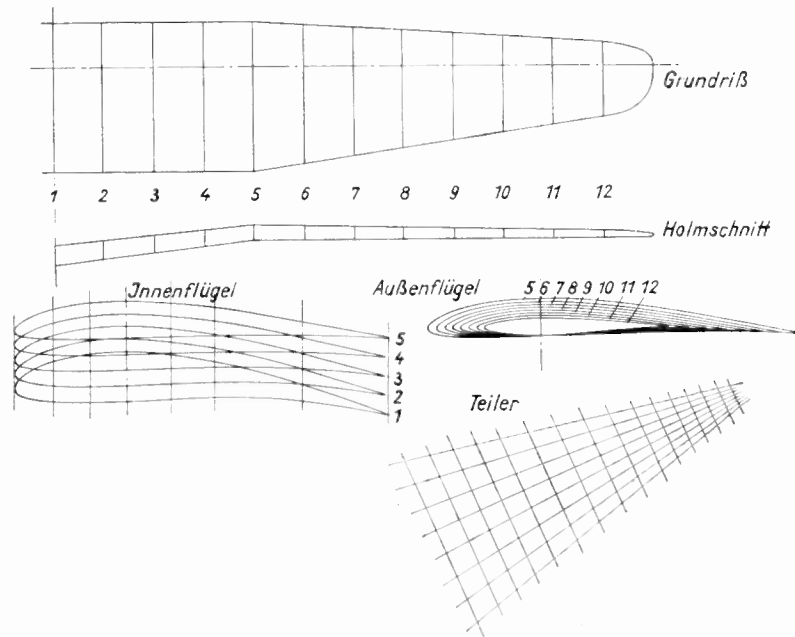


Abb. 65. Strakplan eines Flügels.

Linien miteinander, so erhalten wir die genaue Form des betreffenden Zwischenprofils. Die Teilung der Verbindungslinien in gleiche Teile mit Zirkel oder Maßstab würde schwierig und ungenau werden. Wir benutzen dazu einen sogenannten Teiler. Dieser Teiler ist ein auf durchsichtiges Papier gezeichnetes Linienbüschel, das die gleichen Teile einer kurzen und einer langen Grad, die einander parallel sind, verbindet. Zwischen diese beiden Grad, die wir noch eine beliebige Anzahl Parallelen ein. Wollen wir nun eine Viererteilung ausführen, so legen wir den Teiler auf die Endpunkte der zu teilenden Grad mit den Strahlen 1 und 4 und zwar so, daß die zu teilende Grade ebenfalls als Parallele durchscheint. Wir stechen dann mit einer feinen Nadel die zwischenliegenden Schnittpunkte der anderen Strahlen durch, und im Nu ist die Linie in 4 genau gleiche Teile geteilt.

Bei der Aufzeichnung des Teilers müssen wir die größte und die kleinste zu teilende Strecke für die Aufzeichnung des Strahlenbündels zu Grunde legen. Selbstverständlich müssen wir genau und sauber zeichnen, und zwar den Strakplan auf gutem Zeichenkarton, damit er sich nicht verzieht. Aus dem Strakplan pausen wir uns dann die Umrisse der einzelnen Rippen heraus und zeichnen die Ausparungen in diese eigentlichen Rippenzeichnungen ein. Auch

die Holmquerschnitte an den Stellen der einzelnen Rippen können aus dem Strakplan entnommen werden. Trägt der Flügel keinen Knick, ändert sich also das Profil gradlinig bis nach außen, dann brauchen wir natürlich nur einen Strakplan für den ganzen Flügel.

Der Rumpf.

Neben den Flügeln ist der Rumpf mit das wesentlichste Bauteil des Modells. Im Modellbau unterscheidet man zwischen Stab- und Rumpfmodell, obwohl der Motorstab sinngemäß auch ein Rumpf und zwar der einfachste Rumpf ist. Da wir bei der Behandlung des Motors die Herstellung eines solchen Motorstabes bereits beschrieben haben, brauchen wir hier nicht nochmals darauf einzugehen.

Verkleideter Motorstab. Ein Rumpf ist also in der Modellbausprache stets ein Körper, der den Motor strömungslinienförmig umkleidet und

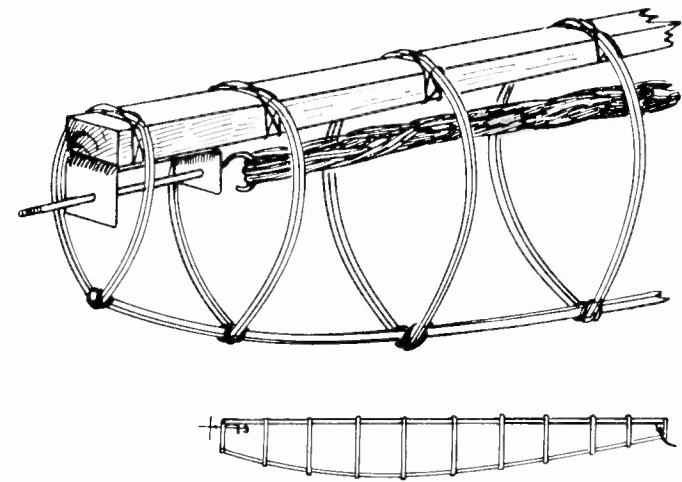


Abb. 66. Verkleideter Motorstab.

im Verhältnis zur Größe des ganzen Modells etwa den Abmessungen großer Flugzeuge entspricht. Wir hatten beim Gummimotor bereits die verkleideten Motorstäbe erwähnt. Abb. 66 und 67 zeigen

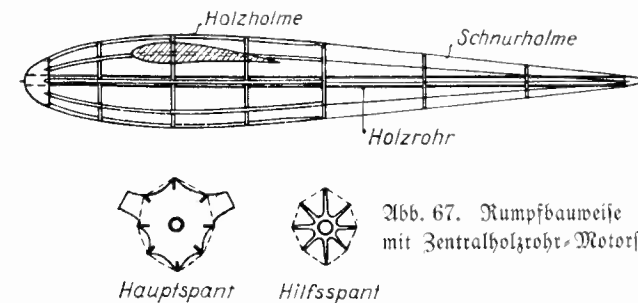


Abb. 67. Rumpfbaueise mit Zentralholzrohr-Motorstab.

Hauptspant Hilfsspant

gen zwei Ausführungsbeispiele. Im ersten Falle ist ein rechteckiger Motorstab mit außenliegendem Gummistrang durch angeordnete Ringe aus Peddigrohr verkleidet. Im zweiten Falle ist der rohrförmige Motorstab mit innenliegendem Gummi durch übergeschobene sternförmige Spanten verkleidet, die ganz leicht gehaltene Längsholme tragen. Da der Rumpf nach hinten heraus gradlinig verläuft, können gespannte Schnüre die Holme ersetzen. Flügel-, Leitwerk- und Fahrwerkanschlüsse müssen wir durch kräftigere Spanten oder unmittelbar mit dem Holzstab verbinden.

Fachwerkrumpf. Der verkleidete Motorstab wird jedoch nur selten angewendet. Im allgemeinen baut man einen aus Längsholmen und Spanten bestehenden Rumpf, der in seinem Aufbau

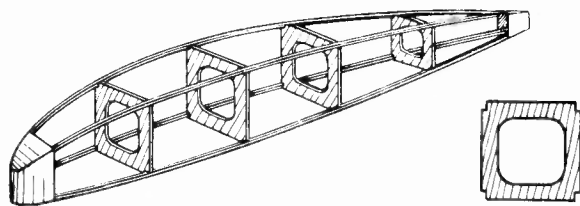
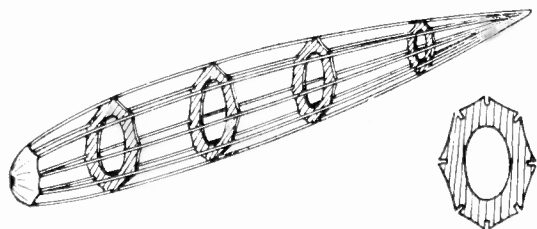


Abb. 68. Übliche Rumpfbauweise, Viereck oder Ovalrumpf.



den Rümpfen großer Flugzeuge ähnelt. Abb. 68 zeigt die üblichen Bauarten und zwar den kantigen und den ovalen Rumpf. Zum Zusammenbau eines solchen Rumpfes müssen wir uns ein Brett mit

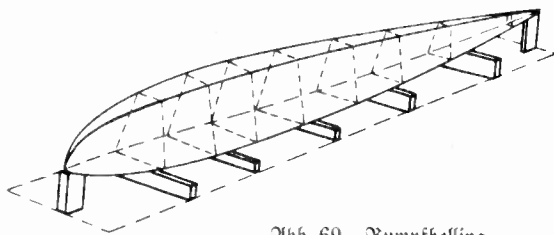


Abb. 69. Rumpfhelling.

daraufgesetzten Klöcken als Rumpfhelling herrichten (Abb. 69). Hierbei werden die Klöcke so aufgesetzt, daß beispielsweise die Lage der beiden Seitenholme festgelegt wird. Die Klöcke liegen stets

unmittelbar neben einem Spant, so daß die Spanten während des Zusammenbaues durch Anklemmen oder Befestigung mit dünnen Drahtstiften in ihre richtige Lage zur Rumpfachse aufgestellt werden können.

Die aus Sperrholz oder Balsaholz bestehenden Spanten sind an den Punkten, durch die die Holme laufen, entsprechend ausgekerbt; man sagt in der Fachsprache: die Holmquerschnitte sind an den Spanten „ausgellinkt“. Sind die Spanten richtig gebaut und ausgerichtet, so müssen die einzelnen Längsholme glatt verlaufen, also straken; d. h. auch zum Rumpfbau muß man zuerst einen Straakplan entwerfen. Nachdem Holm und Spanten verleimt sind, wird der Rumpf, soweit es die Helling zuläßt, gespannt. Dann wird der Rumpf von der Helling heruntergenommen, die noch fehlenden Einzelheiten werden angebaut, und der dann auch meist im Rohbau fertige Flügel wird probeweise montiert. Man kontrolliert nun, ob alles paßt. Da sowohl Flügel als auch Rumpf noch nicht steif sind, kann man Ungenauigkeiten ausgleichen. Erst nachdem man sich überzeugt hat, daß alles ordnungsgemäß hergestellt ist, bespannt man den Rumpf endgültig, wobei man sehr darauf achten muß, daß der Rumpf dabei gerade bleibt und nicht in sich verdreht wird. Nach der Bespannung wird die Rumpfhaut imprägniert, so daß die Oberfläche glatt und straff wird. Auch hierbei besteht Gefahr, daß durch ungleichmäßige Spannungen Formänderungen entstehen; deshalb muß man gleichmäßig streichen und den Rumpf zum Trocknen auf das entsprechend umgearbeitete Hellingbrett aufspannen. Der vorderste Rumpfspant ist zur Aufnahme der Luftschraubenwelle und deren Lagerung verstärkt. Die Lagerung mitsamt der Welle muß zur Einhängung des Gummistranges herausnehmbar sein. Zur Einhängung des Stranges an dem rückwärtigen Gegenhaken bedient man sich meist einer seitlichen Rumpfoffnung, ein abnehmbares Rumpfheck ist jedoch vielfach vorteilhafter (Abb. 70). Anstelle der

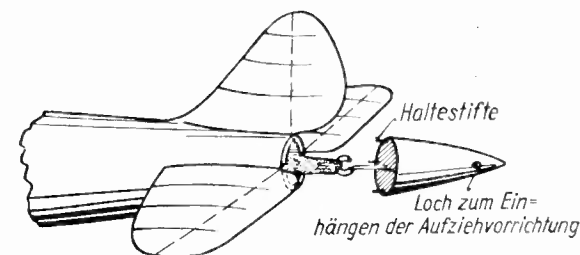


Abb. 70. Abnehmbares Rumpfheck zum Auswechseln des Gummistranges, sowie zum Aufziehen.

Stoffbespannung wählt man bei großen Modellen gelegentlich auch dünne Sperrholzbeplankung. Man braucht dann wesentlich weniger Spanten, aber der Rumpf wird trotzdem schwerer werden als mit Stoffbespannung.

Man kann auch beide Behälter, mit Sperrholz und mit

Stoff, an einem Rumpf ausführen, und zwar das Vorderteil mit Sperrholz, das Rumpfsende mit Stoff.

Besonders hochwertige und formensöhne Modelle haben ovalen Rumpfquerschnitt. Die Herstellung unterscheidet sich nicht von der eines kantigen Rumpfes. Um bei Stoffbespannung die gewünschte Form auch wirklich zu erreichen, muß man eine größere Anzahl entsprechend dünnerer Rumpfhölme verwenden. Es werden dann trotzdem die Fälle eintreten, daß Absätze in der Bespannung an den Spanten entstehen, da der Anstrich den Stoff strammt und leicht einfallen läßt. Der geschickte Modellbauer klinkt deshalb die Hölme eines ovalen Rumpfes nicht ein, legt also die Hölme über die Spanten, denn dann können keine quer zur Flugrichtung liegende Kanten an den Spanten entstehen. Abb. 71 veranschaulicht dieses.

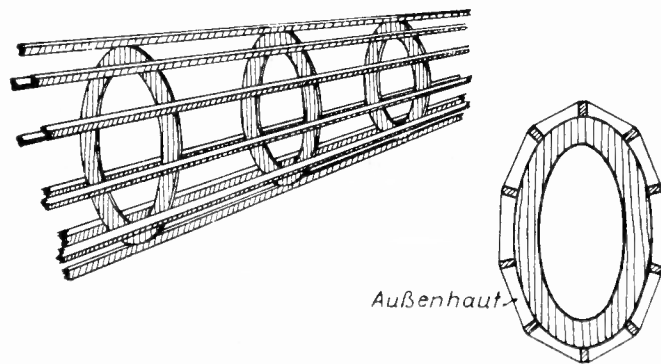


Abb. 71. Ovale Rumpfbauweise mit außen aufliegenden Längshölmen.

Bei Mitteldecker- und Tiefdeckerbauarten mit aerodynamisch günstigem Flügel-Rumpfübergang müssen zur Erhaltung der Formen sogenannte Formleisten eingezeichnet werden. Man baut dann Mittelstück des Flügels und Rumpf in einem und muß die Flügel vor der Fertigstellung des Rumpfes genau anpassen. Am besten baut man ein solches hochwertiges Modell auf einer gemeinsamen Flügel- und Rumpfhelling.

Strakplan des Rumpfes. Zum Verständnis des Folgenden diene Abb. 72. Wir sehen hier den Rumpf in den drei Hauptansichten (Seitenriß, Grundriß, Vorderansicht) dargestellt, und zwar handelt es sich in diesem Falle um einen fünfkantigen Rumpf. Aus dem Entwurf des Modells sind sowohl Seitenansicht als auch Grundriß gegeben, und wir können die Linienführung dieser beiden Ansichten beliebig wählen, wobei wir natürlich darauf achten, daß die Linien einen glatten Verlauf haben. Wir zeichnen sodann die Spantenzeichnung im Seiten- und Grundriß ein und bestimmen in Vorder- bzw. Rückansicht die Umrißform der einzelnen Spanten. Hierbei entnehmen wir die Höhenmaße dem Seitenriß und die Breitenmaße dem Grundriß. So zeichnen wir links diejenigen

Spanten, die vor dem größten Querschnitt des Rumpfes liegen, und rechts die dahinter liegenden Spanten. Damit haben wir ein-

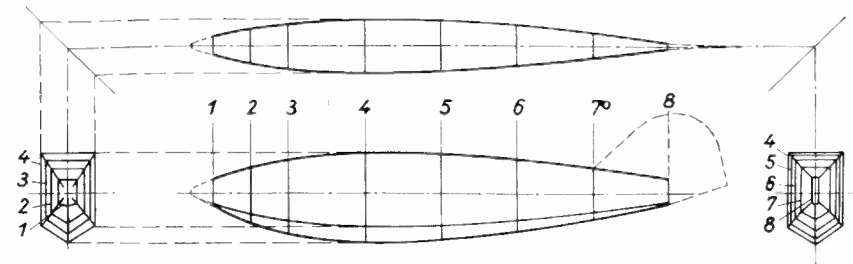


Abb. 72. Strakplan eines kantigen Rumpfes.

wandfrei Gewähr dafür, daß die Spanten beim Zusammenbau passen und die Linienführung des Rumpfes wirklich einwandfrei wird. Die Linienführung des ovalen Rumpfes ist ebenfalls durch Abb. 73 erläutert. Hier ist es vorteilhaft, die Form der äußeren

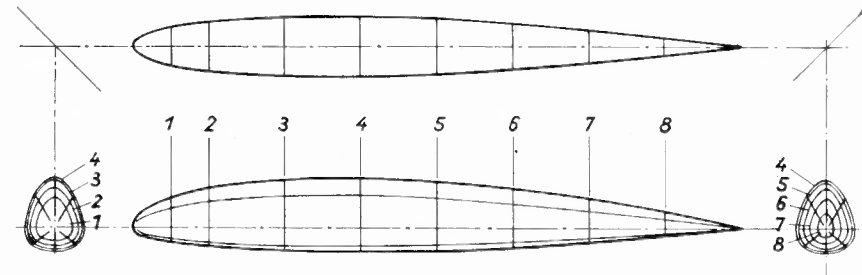


Abb. 73. Strakplan eines ovalen Rumpfes.

Spanten sowie des mittleren Spants festzulegen und die Hölme so verlaufen zu lassen, daß die Hölme in der Borderansicht strahlenförmig von der Rumpfschneise ausgehen, da die Hölme dann in Grund- und Seitenriß durch die betreffenden Punkte der Endspanten und des Hauptspants bestimmt sind. So wird man den Verlauf der Hölme in Grund- und Seitenriß als schlanke Kurve einzeichnen und kann nun alle anderen Spanten herauskonstruieren. Stellt man dabei fest, daß einzelne Spanten noch keine günstige Form erhalten, so ändert man den Linienverlauf der Hölme in Grund- und Seitenriß dementsprechend. Man wird also in manchen Fällen um das Ausprobieren einer günstigen Linienführung nicht herumkommen, denn mit der Angabe von Seiten- und Grundriß allein sind die Spanten des runden Rumpfes nicht eindeutig gegeben. Deshalb geht man meist davon aus, eine charakteristische Spantenform für das Modell festzulegen und alle Spanten einander ähnlich zu machen. Dies ist ebenfalls aus unserem Strakplan ersichtlich.

Leitwerksbau.

Die Herstellung der Höhen- und Seitenleitwerke ähnelt der Herstellung des Flügels, da ja die Leitwerke als kleine Tragflügel anzusehen sind.

Rahmenleitwerk. Die einfachste Herstellungsart besteht darin, die Flächen lediglich als gespannte Rahmen auszubilden. Der steife Rahmen besteht dann entweder aus gebogenem Bambus oder aus Stahldraht. Abb. 74 zeigt ein Ausführungsbeispiel. Fügt man

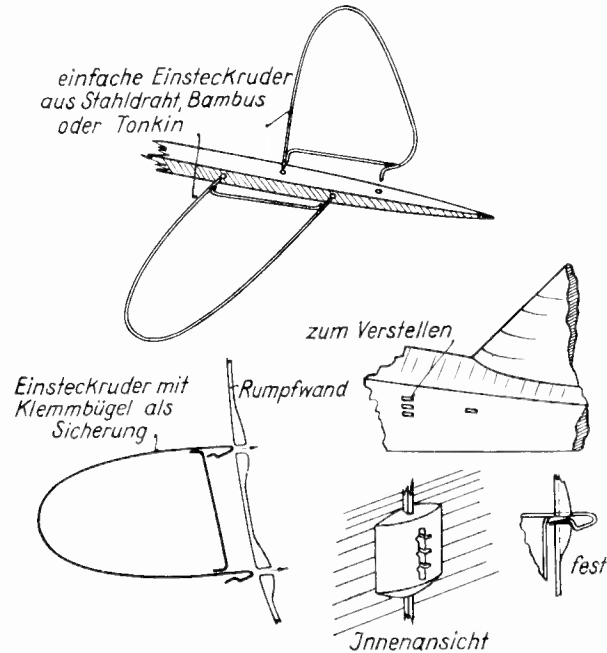


Abb. 74. Bauweise verschiedener Rahmenleitwerke.

nun noch einzelne Rippen ein, so erhält man bereits eine auch bei besseren Modellen bewährte und vielfach angewendete Bauweise.

Man kann die Leitwerkflächen auf einfache Weise abnehmbar herstellen, indem man sie in die Rundbogen oder Holme bzw. in den Motorstab oder den entsprechenden Rumpfpant einsteckt. Man hat dann zwei Höhenleitwerkhälften und ein Seitenleitwerk und kann durch Anbringung mehrerer übereinander angebrachter Bohrungen eine Verstellung der ganzen Leitwerkflächen zur Trimmung oder zum Richtungsantrieb heranziehen.

Infolge des Motordrehmoments muß das Seitenleitwerk meist etwas schräg eingestellt werden, damit die Kursänderung bei laufendem Motor ausgeglichen wird. Im Gleitflug geht das Modell dann jedoch in die Kurve, da nunmehr das Motordrehmoment ausfällt. Man kann sich hier durch eine einfache und sinnreiche An-

ordnung helfen, wie sie in Abb. 75 erläutert ist. Das aus Stahldraht hergestellte Seitenleitwerk ist durch den Motorstab gesteckt und

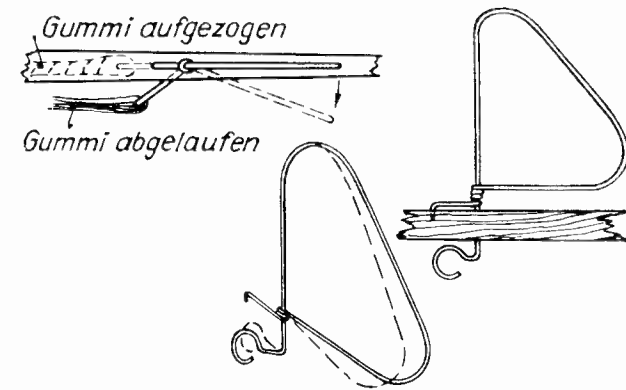


Abb. 75. Stahldraht-Seitenleitwerk mit automatischem Motor-Drehmomentausgleich.

der hintere Gummihaken unmittelbar an den Stab gebogen. Der Gummihaken selbst ist nach der Seite gebogen. Ist nun der Motor aufgezogen, so dreht der Haken das Seitenruder in die gewünschte Richtung; je mehr der Gummi nachläßt, d. h. je weiter der Motor abläuft, um so mehr stellt sich das Ruder wieder gerade, bis es, bei abgelassenem Motor, wieder in die Nullstellung zurückfedert. Dadurch erreicht man einen geraden Motorflug und einen geraden Gleitflug.

Profilleitwerk. Die Leitwerkflächen von Leistungsmodellen werden wie die Tragflügel in Profilbauweise hergestellt (Abb. 76).

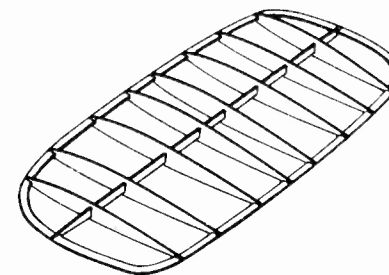


Abb. 76. Profilleitwerk.

Die gerundeten Randbögen sind meist aus Bambus. Aus Sperrholz ausgeschnittene Randbögen sind einfacher herzustellen, aber schwerer und weniger dauerhaft.

Nur sehr selten verwendet man besonders einstellbare Höhen- und Seitenruderflächen, meistens verstellt man die Leitwerke als

ganzes oder verbiegt die Hinterkanten entsprechend. Bei großen Modellen sind einstellbare Ruderflächen vorteilhaft, besonders wenn man das Modell auf Kunstflugfiguren einstellt. Als Rudergelenke verwendet man entweder die bereits beim Tragflügelquerruder besprochene Anordnung oder leichte kleine Scharniere, die man sich aus Konservenbüchsenblech oder ähnlichem Material selbst herstellen kann.

Gesteuerte Zeitwerke. Ich erwähnte vorhin, daß wir die Modelle zum Figurenfliegen einstellen können, d. h. wir können mit unserem Modell nicht nur Strecken-, Dauer- oder auch Höhenflüge durchführen, sondern es ist auch möglich, das Modell so einzustellen, daß es gewünschte Kunstflugfiguren, wie Uberschlag (Looping), Rückenflug, Steilkurven und sogar auch Rollen fliegt. Die Schwierigkeit besteht hierbei in der Hauptsache darin, daß das Modell vom Start aus die Flugfiguren beginnen muß und in einer meist ziemlich ungünstigen Fluglage landet. Wir können uns jedoch, wenn wir ein bißchen erfinderisch sind, beim Motormodell helfen, indem wir durch die Drehung des Gummistranges während des Ablaufens eine selbsttätige Steuerung schaffen (Abb. 77). Beobachten wir die

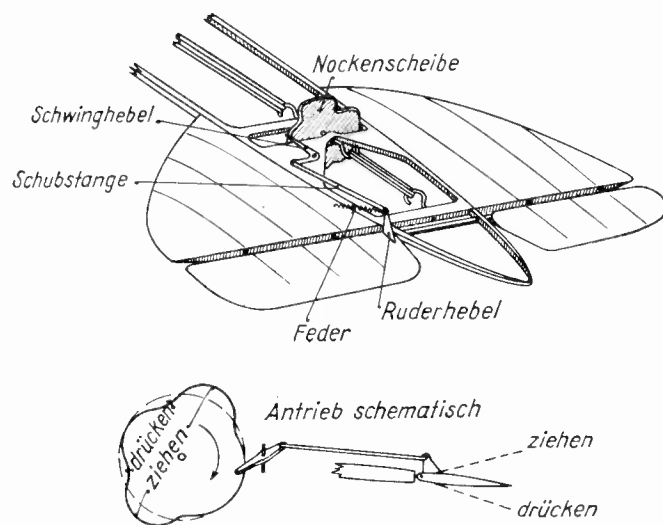


Abb. 77. Steuerungsautomat von Gummimotor angetrieben.

Drehung des Gummistranges beim Ablauf, so stellen wir fest, daß der Gummistrang nahe am vorderen Haken etwa soviel Umdrehungen macht wie die Luftpumpschraube selbst, je weiter wir zurückgehen, um so weniger Drehungen werden abgespult, denn am hinteren Gegenhaken dreht sich ja der Gummistrang überhaupt nicht mehr. Setzen wir nun eine kurze Welle mit zwei Haken oder eine Rohrhülse vom Querschnitt des Gummistranges in den hinteren Teil des Stranges ein, so können wir an dieser Stelle mit Hilfe der wenigen

Umdrehungen, die die gelagerte Welle oder die Hülse macht, eine Nockenscheibe antreiben und damit während des Fluges die Ruder betätigen.

Flugfiguren. Es ist außerordentlich lehrreich und fesselnd, durch Ausarbeitung verschiedenartiger Nockenscheiben eine gedachte Flugfigur zur Ausführung zu bringen. Ueberlegen wir uns einmal den Verlauf eines Uberschlags (Looping). Anfangs muß das Modell einen Steigflug ausführen, also mit leicht gezogenem Höhenruder fliegen. Anschließend muß die Flugbahn flach werden, das Höhenruder wird also normal gestellt und dann etwas gedrückt, damit das Modell auf Fahrt kommt. Nun wird der Uberschlag durch kräftiges Höhenruder eingeleitet, das erst herausgenommen wird, wenn das Modell in Normalfluglage liegt. Würden wir das Höhenruder nur wenig herausnehmen und daran anschließend wieder kräftig ziehen, so würde das Modell noch ein zweites Mal und möglicherweise auch ein drittes Mal den Uberschlag ausführen. Geben wir in Rückenlage kräftig Tiefenruder, so bleibt das Modell im Rückenflug und wird dann erst nach Normalstellung des Ruders in Normalfluglage übergehen. Mit Seiten- und Höhenruder zusammen können wir das Modell „Achten“ fliegen lassen, wobei wir in der Kurve das Höhenruder etwas anziehen müssen, da das Modell sonst leicht Höhe verliert. Auch der bekannte Immelmann-Turn ist mit Höhen- und Seitenruder ausführbar. Das Modell wird aus dem Steigflug in schnellen Geradeausflug gebracht, das Höhenruder sodann angezogen und kurz danach kräftig Seitenruder gegeben. Darauf geht das Höhenruder und kurz danach das Seitenruder ebenfalls zurück und sogar etwas auf die Gegenseite. Mit gerade gestellten Steuern geht das Modell anschließend in die Normalfluglage zurück. Rollbewegungen kann man natürlich nur unter Zuhilfenahme des Querruders ausführen, denn in der Rolle sind alle Ruder in Tätigkeit. Während der ganzen Dauer der Bewegung bleibt das Querruder ausgeschlagen. Anfangs ist das Höhenruder zum Schnellflug noch etwas gedrückt. Dann folgen für ein Beispiel der Rolle, links herum (entgegen dem Uhrzeigersinn) folgende Steuerauslässe: Modell beginnt die Linksdrehung — Höhenruder wird leicht gezogen, Seitenruder dreht auf Rechtskurve. Flügel in senkrechter Lage — Höhenruder normal bis gedrückt, Seitenruder kräftig rechts ausgeschlagen. Drehung bis in die Rückenlage — Höhenruder wird immer mehr gedrückt (Rückenflug), Seitenruder geht voll zurück. Drehung von der Rückenlage in die Senkrechte — Tiefenruder geht in die Normallage, Seitenruder geht aus Normallage auf kräftige Linkskurve. Drehung aus der Senkrechten in die Normalfluglage — Seitenruder geht zurück, Höhenruder wird leicht gezogen, sodann beide Ruder in Normallage und Querruder zurück.

Ihr seht, eine solche Flugfigur verlangt schon allerhand Kopferbrechen und es wird uns mit dem Modell auch nicht gleich glücken, da heißt es beharrlich probieren, die Nockenscheiben gegeneinander verstellen, hier und da ausfeilen, oder eine neue Scheibe herstellen. Die vielen anderen Kunstflugfiguren, die man alle noch

mit dem Modell ausführen kann, brauche ich nicht näher zu beschreiben, Ihr habt sie ja auf Flugtagen von unseren großen Kunstflugmeistern gewiß auch schon oft gesehen, nun probiert einmal selbst Eure Kunst und wenn erst einige von Euch die Sache heraus haben, dann machen wir einen Modell-Kunstflugwettbewerb mit Zwangs- und Kürprogramm.

Auch mit Segelflugmodellen kann man Kunstflugfiguren ausführen, man braucht dazu jedoch einen besonderen Ruderantrieb, den man durch ein eingebautes Uhrwerk, oder durch eine durch den Fahrtwind angetriebene Luftschraube, als Windmühle, betreibt. Alles weitere ist entsprechend dem Motormodell. Das Figurenfliegen von Segelflugmodellen wird man am besten mit der Hochstartmethode über der Ebene zur Ausführung bringen.

Das Fahrwerk.

Zur Herstellung eines Fahrwerks müssen wir außer den Rädern selbst die Fahrwerkstreben herstellen und am Rumpf anbringen. Es gibt sehr viele verschiedene Fahrwerksbauarten, so daß wir uns hier auf drei klare Typen beschränken wollen.

Normalfahrwerk. Zuerst behandeln wir das Normalfahrwerk, wie es bei Stabmodellen und auch wohl bei Rumpfmodellen Ver-

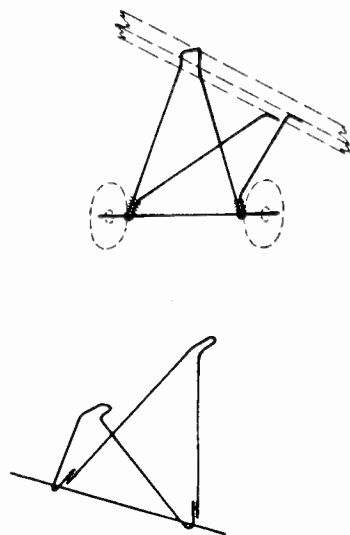


Abb. 78. Normale Fahrwerkbauteile, Stahldraht.

wendung findet. Zur Herstellung der Streben dient in den meisten Fällen Stahldraht, 1,0–1,5 mm stark. Der Draht wird zuerst gerade gerichtet; aus einem längeren Stück werden die vier vom Rumpf nach den Rädern laufenden Streben gebogen. Die Anschlüsse an den Rumpf werden durch Wickelung hergestellt, und zwar wird

jeder Teil des Fahrgestells unmittelbar an den Motorstab oder an die Strebe angewickelt, dann wird die Achse einmontiert, die man ebenfalls an der Strebe festwickelt. Zum Schluß werden die Räder aufgeschoben und durch Umbiegen des letzten Achsstummels gesichert. Die Wickelung der Fahrwerkstreben untereinander und mit der Achse wird durch Blumendraht hergestellt, den man verlötet (Abb. 78).

Man kann die vorderen und hinteren Fahrwerkstreben auch aus zwei Drahtstücken biegen, man wird dann eine Abstützung etwas kürzer machen, das Fahrwerk dadurch etwas erleichtern und eine gewisse Federung damit erreichen. Der Mangel eines solchen Fahrwerks besteht darin, daß die durchlaufende Achse sehr nahe am Boden liegt und bei Start und Landung an Unebenheiten hängen bleiben kann.

Achsloses Fahrwerk. Wir vermeiden dieses durch ein achsloses Fahrwerk (Abb. 79). Die Achse ist hier gewissermaßen nach dem

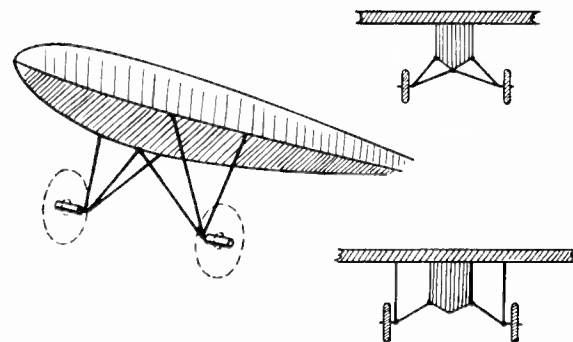


Abb. 79. Achslose Fahrwerkankordnungen.

Rumpfskiel hochgezogen, und die beiden V-förmigen Strebenpaare stützen sich gegen den Seitenholm des Rumpfes. Man kann auch die Achse ganz weglassen und eine senkrechte Abstützung nach dem Tragflügel ausführen.

Einbein-Fahrwerk. Da der Luftwiderstand immerhin verhältnismäßig groß ist, wird man nach solchen Fahrwerkkonstruktionen Ausschau halten, die diesen Mangel nach Möglichkeit vermeiden. Am besten ist hier das Einbein-Fahrwerk, wie es auch beim modernen Motorflugzeug vielfach Verwendung findet (Abb. 80). Hier wird das Rad nur durch eine kräftige Strebe gehalten. Der kurze Achsstummel, der durch Abwinkelung der Strebe gebildet ist, trägt das Rad. Für die Strebe kann man als Material stärkeren Stahldraht (2–2,5 mm) oder einen aus mehreren Teilen zusammengeleimten Bambusstab verwenden. Bei den großen Flugzeugen läuft die Strebe meist an den Flügelholm, an dem sie befestigt ist. Bei Flugmodellen wird diese Befestigung kaum ausreichen. Auch liegt dann

das Fahrwerk zu weit hinten, da das Fahrwerk des Flugmodells die Aufgabe hat, die Luftschraube vor Stößen von unten zu schützen

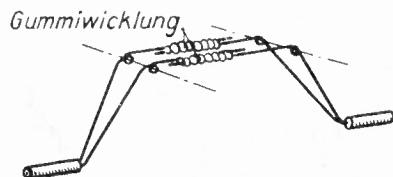
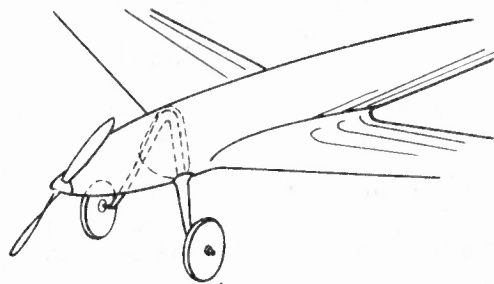


Abb. 80. Einbeinfahrwerk mit und ohne Federung.

und einen Heberschlag bei der Landung nach Möglichkeit zu verhüten. Wir befestigen deshalb das Einbeinfahrwerk an einem kräftigen Rumpfspant in der Gegend der Flügelvorderkante. Die Strebe selbst wird durch Umkleben mit Kartonpappe oder mit Balsaholz windschnittig verkleidet. Auch das Rad erhält eine Stromlinienverkleidung, die ebenfalls aus Kartonpappe hergestellt wird. So ein Einbeinfahrwerk kann auch gefedert werden. Die Konstruktion ist aus Abb. 80 ersichtlich. Jedes Bein besteht aus zwei nahe aneinander liegenden Drähten, die gemeinsam verkleidet sind und in den Rumpf hineinflaufen. Im Rumpf bildet jede Strebe eine Nische, durch die die Schwenkachse läuft. Die Streben sind horizontal abgewinkelt und die von rechts und links kommenden Strebenenden durch eine Gummiwicklung federnd miteinander verbunden. Die Achse bildet ein über die unteren Strebenenden gestecktes Aluminiumröhrchen.

Räder. Für die Räder gibt es die verschiedenartigsten Herstellungsmöglichkeiten (Abb. 81). Einfache Räder werden aus 1,5 bis 2,0 mm starkem Sperrholz ausgeschnitten. Durch Aufkleben auf kleine Verstärkungsscheiben wird das Lager verstärkt. Will man dickere Räder mit einer breiteren Lauffläche herstellen, so macht man die Räder aus Vollholz (Linde oder Balsa). Damit die Lagerung sich nicht allzu schnell ausweitet, setzt man ein Messingröhrchen als Nabe ein. Da bei größeren Modellen das Gewicht solcher Räder immerhin spürbar ist, wird man versuchen, die

Räder als Hohlkörper herzustellen. Die Nabe bildet dann ein durchbohrtes Hartholzstäbchen, auf das von außen zwei Sperrholz-

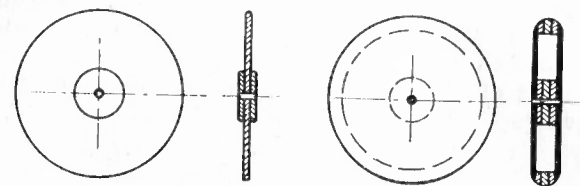


Abb. 81. Baueise von Modellrädern.

scheibchen aufgeleimt werden. Den Radkranz bilden mehrere übereinander geleimte Sperrholzringe oder ein mit der Laubsäge ausgeschnittener Vollholzring. Besonders formschöne Räder, die aus Aluminium gedrückt sind oder sogar Gummibereifung tragen, kann man in Modellbaugeschäften kaufen. Soll das Modell für Bodentart eingerichtet sein, und das muß ja eigentlich jedes Modell, so sorge man dafür, daß die Räder nicht zu kleinen Durchmesser haben. Je größer die Räder, desto besser rollt das Modell auch auf unebenem Boden.

Wer Lust und Freude am Austüfteln von Neukonstruktionen hat, der möge sich überlegen, wie er ein einklappbares Fahrwerk herstellt. Wir können hier wiederum, wie beim Mechanismus der Ruderbetätigung, das Abläufen des Motors zur Betätigung des Ein- und Ausklappens heranziehen. Bei größeren Modellen ist eine solche Anordnung lohnend, da man den Luftwiderstand beträchtlich vermindern kann.

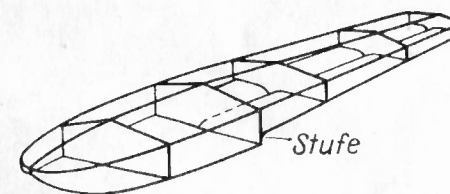


Abb. 82. Schwimmer.

Schwimmwerk. So wie es Wasserflugzeuge gibt, gibt es auch Wasserflugmodelle. Der Selbststart vom Wasser ist zwar sehr schwierig, denn der Widerstand ist bedeutend größer, und man wird ein solches Modell nur mit großem Leistungsüberschuß abheben. Als Schwimmwerk verwendet man zwei Schwimmer, die durch Streben fest mit dem Rumpf verbunden sind. Die Schwimmer haben gegen die Flugzeuglängsachse positiven Einstellwinkel, so daß das Modell, auf dem Wasser schwimmend, in gedrückter Lage ist. Mit voll laufendem Motor haben die Schwimmer dann positiven Einstellwinkel gegen die Wasseroberfläche, und das Modell kommt leichter frei.

Die Schwimmer selbst werden aus Spanten und Längsholmen, ähnlich wie ein kleiner Kumpf, hergestellt. Einen solchen Schwimmer zeigt Abb. 82. Der Schwimmer ist mit Stoff bespannt und mehrfach gut imprägniert. Die Schwimmer von Flugmodellen müssen verhältnismäßig länger sein als die der großen Flugzeuge, damit das Modell beim Starten Kurs hält. Gewiß könnte man auch Flugboote als Modell bauen, es ist aber sehr zweifelhaft, ob man ein solches Flugboot zum Selbststart bringt.

Metallbauweise.

In letzter Zeit ist mit Erfolg versucht worden, den Metallbau für Segelflugmodelle zu verwenden. Früher kannte man im Modellbau als Metallbauweise lediglich die Verwendung von Stahldraht bei Motormodellen.

Die neuentwickelte Metallbauweise verwendet Bleche und Profile aus Leichtmetall (Dural, Lantal, Pantal, Elektron usw.). Bei diesen Materialien handelt es sich um Aluminium- oder Magnesiumlegierungen, die durch Spezialbehandlung vergütet werden und hierdurch die Festigkeit gebräuchlicher Stahlsorten erreichen.

Für den Modellbau kann man natürlich nur ganz dünne Bleche dieser Materialien verwenden, denn das Raumgewicht dieser Leichtmetalle ist immer noch 3—6 mal so groß wie das unserer Modellbauhölzer. Da man die Bleche weder löten noch schweißen darf, können die Verbindungen nur durch Nieten oder Schrauben hergestellt werden. Diese kleinen Nieten können ohne Spezialwerkzeuge nicht hergestellt werden, und so war die Entwicklung des Leichtmetallmodells auch erst möglich nach Schaffung solcher Werk-

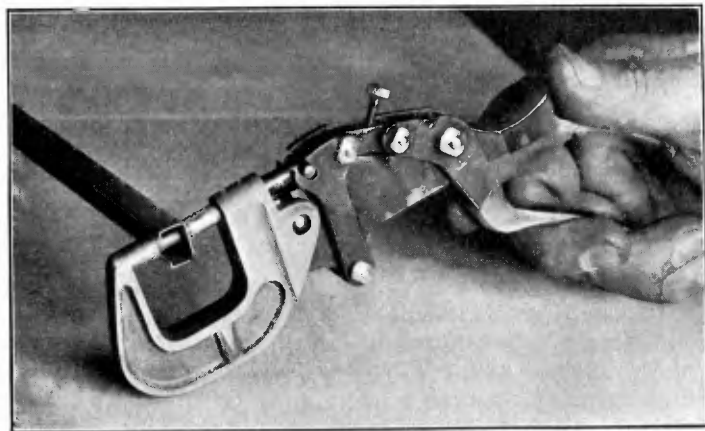


Abb. 83. Metallbauzange, Konstruktor zum Nieten.
(Hersteller-Firma Heller, Schmalkalden).

zeuge. Dieses sind die „Mechanikus“ und „Konstruktor“-Zangen, die die Firma Gebr. Heller, Schmalkalden, herausgebracht hat (Abb. 83).

Weiterhin gebraucht man außer den Blechtafeln gezogene Profile und Rohre verschiedener Form und Größe, da die Herstellung dieser Profile mit der Hand nicht möglich ist. Es ist jedoch zu erwarten, daß der Modellbauer diese Materialien in Zukunft in den Modellbaugeschäften erhält.

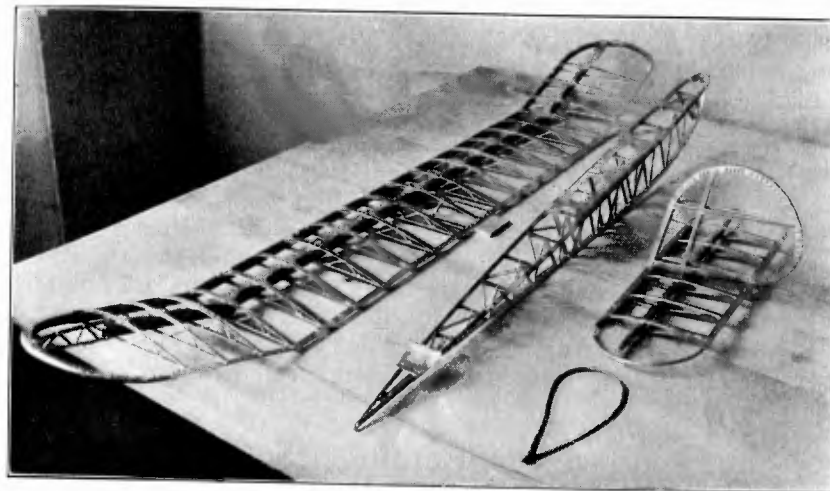


Abb. 84. Einzelteile eines Segelflugmodells in Metallbauweise.

Die Herstellung eines Leichtmetallmodells verlangt genaue und saubere Arbeit, und nur der sollte sich mit dieser Arbeit befassen,

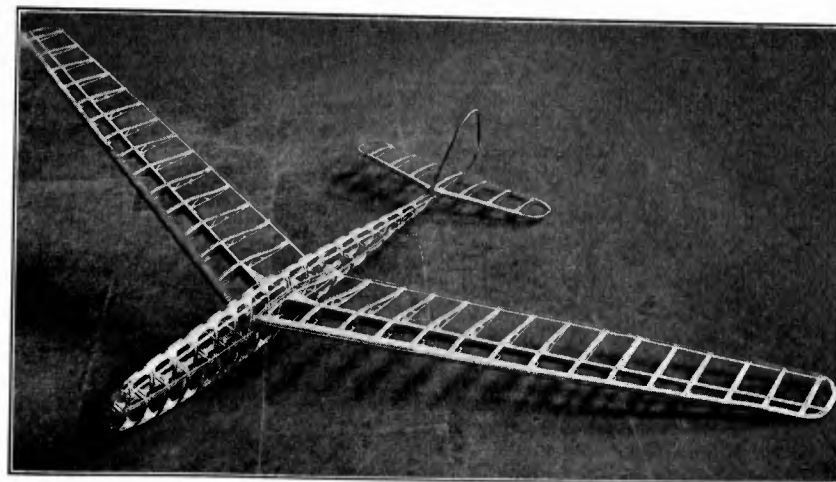


Abb. 85. Segelflugmodell als Pfeilflügelmitteldecker in Metallbauweise.
Material Dural.

der bereits gute Leistungsmodelle in Holzbauweise hergestellt hat. Abb. 84 und 85 zeigen ein aus Leichtmetall gebautes Segelflug-

modell. Wir sehen, daß aus glatten Blechen, Winkel-, U- und Rohr-Profilen eine Konstruktionsweise verwirklicht wurde, mit Hilfe deren man ohne Mehrgewicht das gleiche wie im Holzbau erreichen konnte. Ja, es ist durchaus denkbar, daß das Metallmodell im Dauergebrauch vorteilhafter ist, weil es sich nicht durch Feuchtigkeitseinflüsse verziehen kann und auch großen Beanspruchungen gewachsen sein dürfte.

Trotzdem wird die Metallbauweise im Modellbau stets ein Spezialgebiet bleiben, denn die Mehrkosten werden nur wenigen die Verwendung dieses Baustoffes möglich machen. Weiterhin ist man an die Verwendung bestimmter Profile gebunden und kann deshalb nicht so freizügig konstruieren wie im Holzbau. Man muß auch schon richtig konstruieren können, denn hier kann man späterhin nicht mehr anleimen oder abschneiden. Da diese Bauweise heute noch im Anfangstadium ist, können wir nicht näher darauf eingehen, sie wird gewiß noch manche Wandlung erfahren.*) Dem geschickten und geübten Modellbauer können wir die Beschäftigung mit der Metallbauweise durchaus empfehlen, da das Arbeiten mit dem neuen Baustoff vielseitige Anregungen vermittelt.

Segelflugmodelle.

Der Aufschwung des Segelfluges hat auch dem Modellflugwesen neue Wege gezeigt. Während in früheren Jahren fast nur Motormodelle gebaut wurden, beschäftigt sich der Modellbauer heute vielfach nur noch mit Segelflugmodellen, da die Leistungen der Segelflugmodelle die der Motormodelle seit Jahren weit übertroffen haben. Diese Entwicklung ist insbesondere gefördert worden durch die D.V.Segelflugmodellwettbewerbe, die seit 1930 auf der Rhön zu Pfingsten stattfinden.

So wie das große Segelflugzeug brauchen auch die Segelflugmodelle Aufwind, um längere Flüge ausführen zu können. Nun ist nicht nur an jedem vom Wind angeblasenen Hang Aufwind durch die Ablenkung der Strömung nach oben zu finden, sondern auch über ebenem Gelände bilden sich durch ungleichmäßige Erwärmung der Erdoberfläche sogenannte thermische Aufwinde, kurz „Thermik“ genannt. Trockene Sandflächen geben wohl die beste Thermik. Wir wissen heute, daß diese thermischen Aufwinde in große Höhen hinaufreichen, denn sie bilden die Cumuluswolken, deren Türme mehrere tausend Meter hoch steigen.

Unsere Landsegelvögel, wie z. B. die Bussarde, nutzen diese Thermik aus, um kreisend, ohne Flügelschlag, Höhe zu gewinnen. Eingehende Beobachtung dieser lebenden Vorbilder des Segelfluges lehrt auch uns die Stellen ausfindig machen, an denen solche Thermikaufwinde ausgelöst werden. Dort müssen wir auch unsere Modelle durch Hochstart hineinbringen, damit sie hochgetragen werden.

* Bis auf die Kostenfrage ist der Metallbau inzwischen mit gutem Erfolg weiter entwickelt worden.

Bauweise.

Die Bauweise der Segelflugmodelle gleicht im wesentlichen der größerer Motormodelle. Wenn man auch anfänglich glauben möchte, daß ein Segelflugmodell besonders leicht sein muß, so hat die Praxis gerade das Gegenteil gezeigt. Das liegt daran, daß das Segelflugmodell auch bei kräftigerem Wind stabil und flugfähig bleiben muß. Dann muß aber seine Fluggeschwindigkeit größer sein als die Windgeschwindigkeit, denn am Hang wird es ja gegen den Wind gestartet. Man richtet ein Segelflugmodell am besten so ein, daß es durch Zusatzgewicht im Schwerpunkt mit verschiedenen hoher Belastung fliegen kann. Bei reinen Thermikflügen und bei schwachem Wind vermindert man dann die Belastung des Modells.

Sinkgeschwindigkeit und Gleitwinkel.

Die Formgebung des Segelflugmodells berücksichtigt zwei wesentliche Gesichtspunkte. Damit das Modell geringe Aufwinde auszunutzen imstande ist, muß es möglichst kleine Sinkgeschwindigkeit aufweisen. In ruhiger Luft würde das Modell, richtig ausgemessen, einen flachen Gleitflug ausführen. Es würde, beispielsweise aus 2 m Höhe abgeworfen, 20 m weit gleiten, also einen Gleitwinkel von 1:10 erreichen (Abb. 86). Braucht es zu dieser

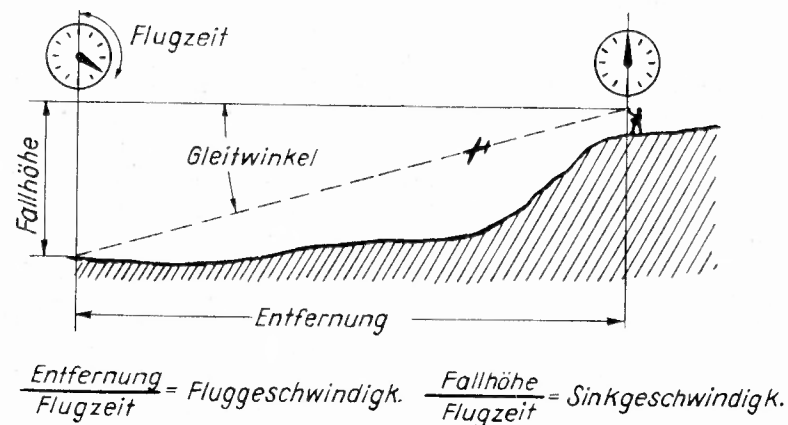


Abb. 86. Gleitwinkel und Sinkgeschwindigkeit.

Strecke die Zeit von 4 Sekunden, so ist es 5 m pro Sekunde geflogen. Da das Modell dabei 2 m Höhe verloren hat, besitzt es eine Sinkgeschwindigkeit von $2:4 = \frac{1}{2}$ m je Sekunde. Wäre das Modell nun bei gleicher Fluggeschwindigkeit 30 m weit gegleitten, so hätte sich der Gleitwinkel auf 1:15 verbessert, und das Modell wäre nicht 4, sondern 6 Sekunden geflogen. Die Verbesserung des Gleitwinkels hat aber eine Verminderung der Sinkgeschwindigkeit zur Folge, denn nun hat das Modell die 2 m Höhe in 6 Sekunden

verbraucht, also eine Sinkgeschwindigkeit von $\frac{1}{4}$ m je Sekunde entwickelt.

Wir müssen also das Modell so bauen, daß es bei der notwendigen Belastung und der entsprechenden Fluggeschwindigkeit möglichst guten Gleitwinkel besitzt. Eine Verbesserung des Gleitwinkels ist jedoch nur dadurch zu erreichen, daß wir den Luftwiderstand soweit wie möglich vermindern. Wir bauen deshalb einen Flügel mit günstigen Profilen, etwa Göttingen 535, 532 oder Clark V und geben dem Flügel eine größere Streckung zwischen 8 und 12. Die Flügelstreckung vermindert, wie wir wissen, den Widerstand der Randwirbel. Bei den kleinen Abmessungen und Fluggeschwindigkeiten der Modelle ist der Randwiderstand allerdings nicht so beträchtlich, und es kann sogar günstiger sein, bei gleicher Bauhöhe des Holmes einen tieferen Flügel mit flacheren Profilen zu verwenden.

Die durch den Rumpf und die Leitwerkflächen erzeugten Nebenviderstände müssen wir ebenfalls soweit wie möglich verkleinern. Wir verwenden deshalb möglichst schlanke Rumpfformen, die nur seitlich eine größere Angriffsfläche bieten und geben den Leitwerkflächen schlanke, symmetrische Profilform. Während es also beim Motormodell doch wohl in erster Linie darauf ankommt, Gewicht zu sparen, müssen wir beim Segelflugmodell in erster Linie Widerstand sparen.

Stabilität.

Das aerodynamisch beste Segelflugmodell nützt uns wenig, wenn es nicht in allen Richtungen gute Stabilitätseigenschaften zeigt. Neben großer Längsstabilität müssen die Modelle vor allem Kurs- und Querstabilität besitzen. Das haben die Siegermodelle der Rhön-Wettbewerbe deutlich gezeigt. Sowohl das Winkler- als auch das Gentschmodell sind insbesondere auf gute Kurs- und Querstabilität hin entwickelt. Dieser zweite Grundsatz, gute Eigenstabilität, ist für das Zustandekommen guter Segelflüge von entscheidender Bedeutung. Die Aufgabe des Segelflugmodellbauers besteht nun darin, gute aerodynamische Eigenschaften mit großer Eigenstabilität zu verknüpfen. Das ist leichter gesagt als getan, denn fast jede Art von Stabilisierung verzehrt Flugarbeit und vermindert nützbringenden Auftrieb. Nur durch systematische Versuche wird man die richtige Grenze feststellen können. Ein Versuchsmodell sollte man deshalb so konstruieren, daß man alle möglichen Veränderungen an Ort und Stelle während des Übungsfliegens durchführen kann. Solche Veränderungen wären: mehrteiliger Flügel, verschiedene V-Form, Flügelknicke oder Pfeil-Form, aufsteckbare Ohren an den Flügelenden nach oben oder unten, aufsteckbare Seitenflächen vor und hinter dem Schwerpunkt, verschiedene große Leitwerke, Schwerpunktverschiebung und Einstellwinkeländerung bei Flügel und Höhenleitwerk. Jeder fortgeschrittene Modellbauer sollte sich so ein Studiermodell anfertigen. Durch Vergleichsflüge wird er sehr bald die Wirkung einzelner Maßnahmen erkennen und

keine Folgerungen bei dem Bau eines Leistungsmodells daraus ziehen. Ein solches Übungsmodell soll nicht zu groß sein. Eine Reihe wichtiger Aufschlüsse über die stabilisierende Wirkung bestimmter Maßnahmen bei der Gestaltung des Flügels und der Seitenflächen können wir bereits am kleinen Papiermodell erproben. Als Material dient Zeichen- oder Aktendekkarton; die Vorderkante wird durch Einkleben eines Stahldrahtes versteift. Haltbarere Modelle dieser Art stellt man aus dünnem Hartaluminiumblech her. Stärke 0,2—0,3 mm. Auch hier wird die Vorderkante durch Einrollen eines Stahldrahtes in das Blech verstärkt. Zur Schwerpunktseilegung bringt man Zink- oder Bleiblechstücke an der Vorderkante an. Der Vorteil dieser Blechmodelle ist ihre Unzerstörbarkeit und die Möglichkeit, die verschiedensten Formen biegen zu können. Da sie schwerer sind als Pappmodelle, lassen sie sich auch bei stärkerem Wind erproben, so daß wir mannigfaltige Versuche damit ausführen können.

Bewährte Segelflugmodelle.

Zur Erläuterung des eben Gesagten wollen wir eine Reihe bewährter Segelflugmodellarten besprechen.

Das erste erfolgreiche Segelflugmodell, das auch heute noch wettbewerbsfähig wäre, ist das *Lanchester-Modell* von 1894 (Abb. 87). Durch eingehende theoretische Überlegungen über die

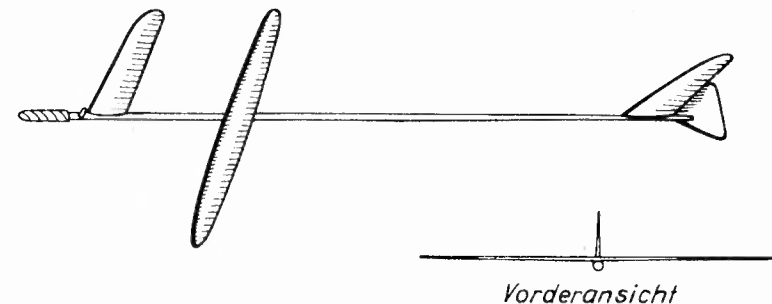


Abb. 87. Segelflugmodell von Lanchester 1894.
Spannweite 100 cm, Seitenverhältnis 1:13.

Erhaltung der Längs-, Kurs- und Querstabilität kam der englische Pionier des Flugwesens zu dieser Bauweise. Der elliptisch umrissene Flügel mit dem Seitenverhältnis 1:13 ist aus Vollholz gearbeitet und sitzt auf einem langen Stabrumpf. An diesem Rumpf ist vor dem Schwerpunkt und am Rumpfsende je eine hohe Vertikalfläche angebracht, wobei die vordere Fläche etwa eineinhalb mal so groß ist wie das Seitenleitwerk am Rumpfsende. Das Höhenleitwerk hat dreieckigen Grundriß und liegt hinter dem Seitenleitwerk. Da auch die anderen Flächenanteile aus Vollholz gearbeitet sind, war die Flächenbelastung des Modells sehr groß, sie betrug 10 kg

je qm. Deshalb wurde das Modell von einem Gummiseilkatapult gestartet. Die Spitze des Rumpfstabes bildete ein aus Bleiblech gewickeltes Gewicht, das zur Schwerpunktkorrektur diente. Besonders fesselnd sind an diesem Modell die hohen Kielflächen, die sowohl Kurs- als auch Querstabilität erzeugen; sie richten das Modell bei Störungen der Querlage sofort wieder auf und dämpfen jede Richtungsänderung ab.

Eine deutliche Anlehnung an das Naturvorbild zeigt das schwanzlose Weltensegler-Modell nach Went (Abb. 88).

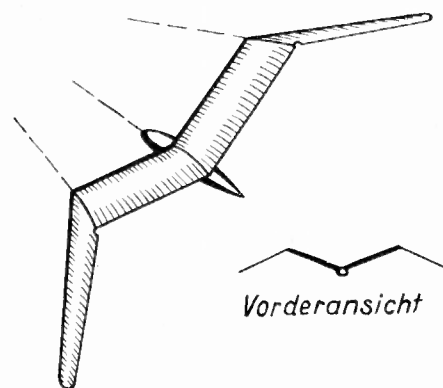


Abb. 88. Weltenseglermodell von Went 1921.

Es ist die Formgebung der Möwenarten, die diese Modelle nachahmen. So wie der Vogel keinerlei Seitenruder besitzt, sind auch hier nur Horizontalflächen vorhanden; die Kursstabilität soll allein durch die Flügel hervorgerufen werden. Auch diese Modelle sind am einfachsten einholmig zu bauen, und zwar in vier Einzelsügel zerlegt. Die Innensügel sind im Grundriß gerade, oder haben nur geringe negative Pfeilstellung, besitzen durchlaufend gleiches Profil und in der Vorderansicht kräftige V-Form. Das Profil des Innensügels braucht nicht druckpunktfest zu sein, soll jedoch nur flach gewölbt werden. Die Außensügel, auch „Steuerdecks“ genannt, haben im Grundriß Pfeilform (etwa 30°), sind länger als der Innensügel und besitzen in der Vorderansicht negative V-Form. Der Flügel ist also geknickt. Um eine Anstellwinkeldifferenz zwischen Innen- und Außensügel zu erreichen, liegt die Schnittkante des Knicks nicht genau in Flugrichtung, sondern um etwa 10° nach vorn innen verschwenkt. Dadurch entsteht eine zur Stabilisierung notwendige Schränkung zwischen Innen- und Außensügel. Die Profile der Außensügel sollen druckpunktfest (symmetrisch) sein. Die vom Knick ab nach unten hinten verlaufenden Außensügel dürfen mit ihren Enden nicht tiefer liegen als die Flügelmitte, lieber etwas höher. Als Rumpf verwendet man einen Stromlinienrumpf, am besten aus Holz gedreht, mit einer Metallspitze zur Nachvorn-

verlegung des Schwerpunktes. Der Schwerpunkt eines solchen Modells liegt etwa auf $\frac{1}{3}$ der Flügeltiefe des Mittelflügels.

Modelle dieser Art sehen sehr schnittig aus und haben ebenfalls ganz ausgezeichnete Gleit- und Schwebeeigenschaften. Die Kursstabilität macht gewisse Schwierigkeiten; bei genauer und fester Bauweise kann dieser Mangel jedoch behoben werden. Die Modelle müssen allerdings sehr genau eingestellt werden, weil sie sehr fein reagieren.

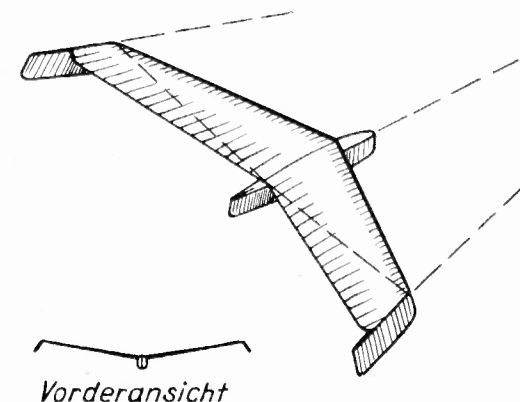


Abb. 89. Storchmodell Lippisch 1922.

Abb. 89 zeigt ein schwanzloses Segelflugmodell nach Lippisch. Auf Grund vieler Versuche mit solchen Modellen entstanden die schwanzlosen Flugzeuge „Storch“ und „Delta“. Der pfeilförmige Flügel ist einholmig, und die Profile sind von innen nach außen durch Abflachung der Wölbung und durch Einstellwinkelverminderung um etwa 10° geschränkt. Der Flügel hat leichte V-Form; an den Enden sind nach unten abgeknickte Endscheiben angebracht, die schräg nach außen stehen und um etwa 3–5° nach vorne innen verschwenkt sind. Ein kurzer Rumpf ist als stützende Vertikalfläche unter dem Flügel angebracht, so daß die größere Fläche vor dem Schwerpunkt liegt. Die aerodynamischen Eigenschaften dieser Modellform sind ganz hervorragend und von keinem Normalmodell zu übertreffen. Schwierigkeiten macht die einwandfreie Kursstabilisierung. Ist das Modell sauber und genau gearbeitet, so ist auch die Kursstabilität kein Kunststück; den Verfassern sind schon manche Modelle dieser Art auf Nimmerwiedersehen davongeflogen. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, daß nur mäßige Pfeilstellung gute Flugeigenschaften hervorruft. Als Maß lege man Vorderkante-Außensügel und Hinterkante-Innensügel auf eine Gerade. Man versuche einmal an kleineren Papp- oder Blechmodellen die Wirkungsweise verschiedener Pfeilformen.

Als weiteres schwanzloses Segelflugmodell mit sehr guten Flugleistungen und Flugeigenschaften sei die ebenfalls von Lippisch er-

probte Brettform genannt (Abb. 90). Ein solches Modell ist am einfachsten herzustellen, denn der Flügel hat durchgehend gleiches

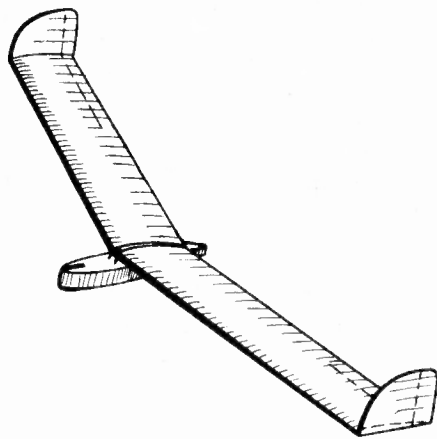


Abb. 90. Schwanzloses Modell „Das Brett“ Lippisch 1928.

symmetrisches Profil, an dessen Stelle man auch ein druckpunktfestes S-Profil verwenden kann. Man baut den Flügel am einfachsten einholmig zweiteilig auf einer geraden Tischschablone. Der Flügel braucht nicht verwunden zu werden. In der Vorderansicht hat der Flügel V-Form, etwa 1 : 30. An den Flügelenden sind nach oben stehende und über die Flügelkante etwa flügelstief hinausragende Endscheiben angebracht. Die Endscheiben sind ebenfalls nach vorne leicht gekielt. Der kurze gedrungene Rumpf hängt unter dem Flügel und hat viel Seitenfläche vor dem Schwerpunkt. Der Flügel ist gegen die Rumpfachse um 6–8° eingestellt.

Sehr sorgfältig muß bei diesem Modell der Schwerpunkt ausgewogen werden, er liegt auf $\frac{1}{4}$ der Flügelstiefe oder wenige Millimeter davor, niemals dahinter. Hängt man das Modell in diesem Punkte auf, so soll der Flügel wenig Anstellwinkel besitzen, d. h. der Rumpf hängt in dieser Lage noch nach vorn übergeneigt. Quer- und Seitenruder sollen einstellbar sein, denn es kommt bei diesem Modell sehr auf genaue Einstellung an. Ist man aber erst soweit, so wird die hervorragende Flugeigenschaft in Erstaunen versetzen. Große Modelle dieser Art flogen oftmals kilometerweit.

Abb. 91 zeigt das bekannte Winkler-Modell, dessen hohe Stabilitätseigenschaften noch heute vorbildlich sind. Der in Zweiholmbauweise hergestellte Flügel ist in zwei Stufen nach oben abgelenkt, so daß der Mittelflügel gerade ist, der Außenflügel mittlere V-Form besitzt und die Flügelenden unter steilem Winkel als „Ohren“ ausgebildet sind. Dabei ist der Flügel von innen nach außen verwunden, um die Querstabilität noch weiterhin zu verbessern. Der Mittelflügel hat hochgewölbtes Profil, das sich nach außen abflacht. Im Grundriß hat der Flügel schwache Pfeilform

mit gerader Hinterkante. Der Rumpf besitzt keine Breitenstreckung, sondern ist lediglich als Seitenfläche ausgebildet. Auffallend ist

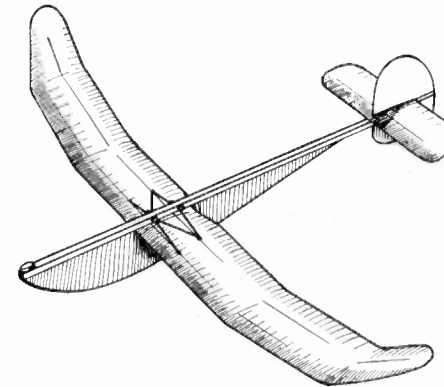


Abb. 91. Segelflugmodell von Horst Winkler.

die große Seitenfläche des Rumpfes vor dem Schwerpunkt, hierdurch ist die Kursstabilität so ausgeglichen, daß das Modell bei seitlichem Rutschen nicht aus der Richtung kommt. Die Leitwerksflächen zeigen normale Bauweise. Das Höhenleitwerk ist groß, um auch beim Fluge mit großem Anstellwinkel ausreichende Längsstabilität zu gewährleisten.

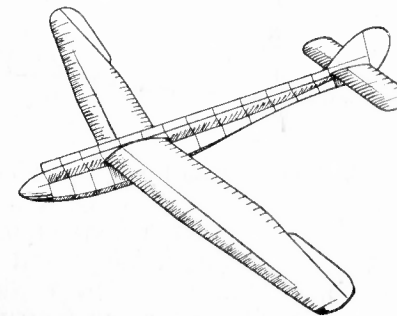


Abb. 92. Segelflugmodell von D. Gentsch.

Abb. 92 zeigt ein zweites Siegermodell des Rhön-Wettbewerbes, das Gentsch-Modell, das sich insbesondere durch hervorragende Streckenflüge ausgezeichnet hat. Gentsch hat eine möglichst flugzeugähnliche Formgebung angestrebt und die stabilisierenden Maßnahmen der Formgebung des ganzen Modells untergeordnet. Der einholmige Flügel besitzt leichte V- und Pfeilform und ist durch Profiländerung und Schränkung nach außen kräftig verwun-

den. Besonders charakteristisch ist der schlanke sechskantige Rumpf, der auf der Oberseite zur Erzielung guter Kursstabilität eine durchgehende senkrechte Schneide trägt. Deshalb ist das Seitenleitwerk nur klein, und auch das Höhenleitwerk kann infolge der Rumpflänge klein gehalten werden. Das Modell ist höher belastet und besitzt große Fluggeschwindigkeit. Das rührt z. T. auch davon her, daß flache Flügelprofile verwendet wurden. Bei richtiger Einstellung zeigt das Modell ganz hervorragende Flugleistungen, es ist ein ausgesprochenes Streckensegelflugmodell.

Ich will zuletzt noch ein weiteres Segelflugmodell beschreiben, das wir vor vielen Jahren auf der Wassertuppe erprobt haben. Es ist dies die Kombination eines schwanzlosen mit einem normalen Modell. Wie auf Abb. 93 ersichtlich, ist der an sich gerade und nur

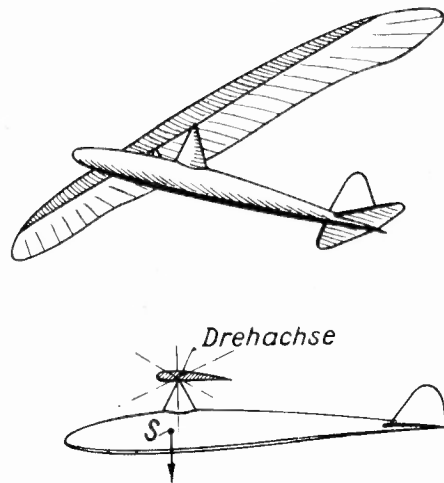


Abb. 93. Segelflugmodell mit Pendelflügel.

leicht V- und pfeilförmige Flügel durch hochgezogene Außenflügelenden in der Art der Zanoniasamen längsstabil gemacht. Der Flügel allein wird also, durch ein Gewicht richtig ausgewogen, einen stabilen Gleitflug in ruhiger Luft ausführen. Wir hängen nun den Flügel über dem Rumpf, um eine Querachse drehbar, auf, wobei diese Achse wenig vor dem Druckmittel liegen soll. Der Rumpf trägt Seiten- und Höhenleitwerk. Der Schwerpunkt des Rumpfes mit den Leitwerken ist so ausgetrimmt, daß der Rumpf in horizontaler Lage unter dem Flügel pendelt. Der Flügel wird in der Ruhelage nach hinten herunterkippen, da sein Schwerpunkt hinter der Drehachse liegen wird. Halten wir das Modell nun in den Wind, so stellt sich der eigenstabile Flügel mit richtigem Anstellwinkel ein, und jeder Wechsel der Luftströmung in vertikaler Richtung wird durch den Flügel derart pariert, daß Ueberziehen durch

Aufwindstöße und entsprechende Längsschwingungen des ganzen Modells gar nicht auftreten können. Das Modell fliegt also auch bei böigem Wind in der Längslage wesentlich ruhiger und nutzt alle Aufwinde besser aus, weil der Flügel zur Luftströmung immer die Stellung günstigsten Flugzustandes selbsttätig einstellt.

Man kann diese Einstellfähigkeit des Flügels noch unterteilen, indem man den rechten und linken Flügel für sich einstellbar macht. Dann ist das Modell imstande, auch Seitenböen auszugleichen. Die Flügellagerung muß natürlich sehr leicht laufen, damit die Luftkräfte durch Reibung an der richtigen Einstellung des Flügels nicht behindert werden. Noch vorteilhafter ist es, den Flügel durch Zusatzgewichte in der Nase gewichtlich so auszugleichen, daß die Drehachse mit der Schwerachse des Flügels zusammenfällt.

Modelle dieser Art zeigen gute Flugeigenschaften und Flugleistungen, und man kann mit ihnen sehr fesselnde Versuche durchführen.

Praktische Ratschläge.

Die verschiedenen im Modellbau verwendeten Materialien wurden in Teil 1 unseres Werkes eingehend behandelt, es braucht daher an dieser Stelle nicht mehr näher darauf eingegangen zu werden. Die in Folgendem angegebenen Winke sollen dem Modellbauer wichtige und doch immer wieder übersehene Anweisungen nochmals ins Gedächtnis zurückrufen.

Es ist gut, alle Leimungen nach dem Trocknen mit Spirituslack zu bestreichen, um sie unempfindlich gegen Feuchtigkeit zu machen. Kann man Kaltleim bekommen, verwende man möglichst diesen. Kaltleim verarbeitet sich außerordentlich bequem, ist unempfindlich gegen Feuchtigkeit und besitzt große Bindekraft. Es ist nötig, sich bei seiner Verwendung genau nach der beigegebenen Gebrauchsanweisung zu richten.

Durch Holzteile, die leicht aufplatzen, bohrt man besser nicht, sondern brennt mit einem dünnen Draht, den man glühend macht, die Löcher durch. Ein gutes Mittel, die Lebensdauer und die Kraftleistung eines Gummimotors zu steigern, ist, die Gummischnüre vor dem Start mit Glycerin einzureiben. Die Schnüre kleben dann weniger aneinander und müssen nach Gebrauch wieder abgenommen und in Talcum gelegt werden. Vor dem Einreiben mit Glycerin müssen die Schnüre gut von anhaftenden Talcumteilen gereinigt werden.

In Abb. 94 ist eine Reihe oft vorkommender Baufehler als Beispiele und Gegenbeispiele zusammengestellt. Die richtige Ausführung macht gewiß oft mehr Arbeit, die Festigkeit des Modells bei hohen Beanspruchungen macht die Mehrarbeit trotzdem in jedem Falle lohnend.

Das Haupt- und Universalwerkzeug jedes Modellbauers ist ein starkes, gut geschliffenes Taschenmesser. Messer in der Art, wie sie Schuster oder Korbmacher verwenden, sind glänzend geeignet.

Weiter braucht man einen Leimtopf, möglichst mit Wasserbad, und kleine Pinsel für Leim, sowie ganz weiche Pinsel für Spiritus-

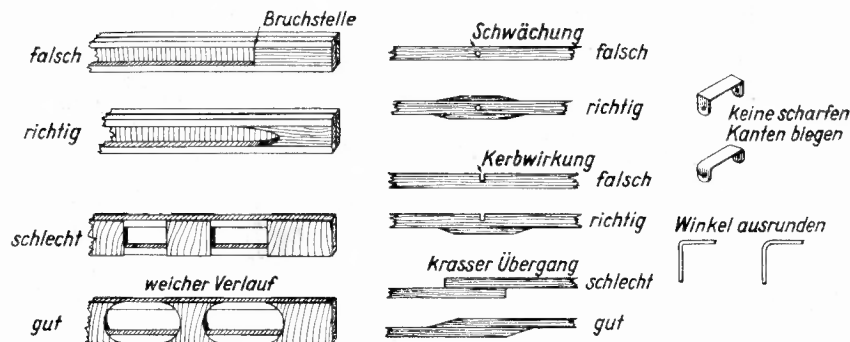


Abb. 94. Zusammenstellung einiger Baufehler, Beispiele und Gegenbeispiele.

lad. Zur Not kann man mit diesen einfachen Hilfsmitteln den Bau ganz einfacher Modelle schon beginnen. Für den Gummimotoren-
bau braucht man eine Rund-Biegezange, einen kleinen Drillbohrer mit einem Satz verschieden starker Bohrer, unter Umständen auch Metallbohrer. Dann benötigt man eine Laubsäge mit Sägeblättern, eine Holzfeile, einige Stecheisen, wenn möglich auch einige Rundstangen, sog. Holzbildhauereisen, eine Kombinationszange, einen Hobel, eine Ziehflinge, Glaspapier und eine Stahlkneifzange zum Abzwickeln von Stahldraht.

Es ist ratsam, sich einen handlichen Werkzeugkasten mit Werkzeug und Material für einfache Ausbesserungen immer mit ins Gelände zu nehmen, damit nicht durch belanglose Beschädigungen die Versuche abgebrochen werden müssen.

Bei allen Modellversuchen muß man immer mit kleinen, durchlochten Bleiflugeln versehen sein, die man mit Bindendraht befestigen kann, um das Modell bei falscher Lastigkeit richtig austrimmen zu können.

Vor jedem Fluge prüft man die Gleichmäßigkeit der Einstellwinkel der beiden Flügel, indem man das Modell mit ausgestrecktem Arm vor sich hält und über die Flügelunterseiten visiert, von Unterseite, Flächenhinterkante nach der Flächenhinterkante. Ungleich verwundene Flügel muß man ausrichten.

Wirklichen Wert erhalten die Versuche, wenn man über die Flügel jedes Modells gewissenhaft Buch führt, unter Angabe aller Nebenumstände, von Tageszeit, annähernder Windgeschwindigkeit, Bewölkung, Jahreszeit, Art des Fluges, bemerkenswerten Störungen usw. Ein solches Buch ist schon nach kurzer Zeit überaus lehrreich, zeigt es doch bald, daß es zum Beispiel im Sommer um die Mittagszeit am böigsten ist, daß es bei völliger Bewölkung sehr ruhig in der Luft ist, daß im Sommer die stärksten thermischen

Aufwindwirkungen auftreten und vieles mehr. Man kommt erst auf diese Weise zu einwandfreier Beurteilung der erzielten Ergebnisse, da man oft an einem Tage am Modell Eigenschaften wahrnimmt, die es an anderen Tagen nicht zeigt; und man wird an Hand des Buches feststellen können, daß bei Wiederholung dieser Erscheinungen bestimmte äußere Umstände sich ebenfalls wiederholen. Man gewinnt auf diesem Wege eine große Kenntnis der atmosphärischen, der Gelände- und Temperatureinflüsse.

Man soll sich auch bei jedem Modell über die Flächenbelastung klar sein, indem man es genau auswiegt und das Gesamtgewicht in Gramm durch die Anzahl Quadratdezimeter Tragfläche dividiert, um so bei Vergleichen verschiedener Modelle gegeneinander ermitteln zu können, welche Gründe außer verschiedenen großen Gesamt widerständen verschiedenartige Flugeigenschaften haben.

Dann soll auch hier noch einmal gesagt sein, daß viel Geduld zur Sache gehört, sowohl zum Bau als auch zu den Versuchen. Es ist so ziemlich jedes Modell zum Fliegen zu bringen, wenn man ruhig nachdenkt, um auf Grund des durch unser Buch Gelernten den Fehler zu ermitteln. Auf gut Glück zu verstellen und zu probieren führt nur selten zum Ziel.

Die Modellversuche sind keine Spielerei, es gehört scharfes Beobachten und folgerichtiges Überlegen dazu!

Aus der Praxis.

Geländeauswahl für Motormodelle.

Laßt uns mit unserem Modell Flugversuche aufstellen! Wie das große Flugzeug, so braucht auch das Modell seinen Flugplatz, und wir wollen keine Mühe scheuen, uns diesen Modellflugplatz auszusuchen.

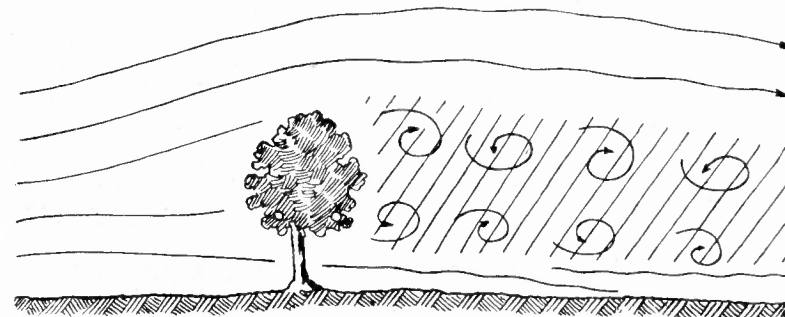


Abb. 95. Wind hinter Hindernissen.

Wenn wir daran denken, wie wenig zuträglich dem Modell das harte Pflaster der Straßen sein wird und wie leicht es von einem Automobil überfahren werden kann; wenn wir weiter überlegen,

wie ungehalten die Passanten sein dürften, wenn wir ihnen unser Modell an den Kopf experimentieren, dann kommen wir von selber dazu, Straßen und Plätze nicht zum Flugplatz zu erklären.

Haben wir diese Erfahrung gemacht, dann werden wir feststellen, daß unser Modell draußen im Freien viel besser und ruhiger fliegt. Das hat seinen Grund darin, daß der Wind überall da, wo sich ihm Hindernisse in den Weg stellen, Wirbel bildet, die wir vergleichen können mit den Wirbeln im Wasser, die wir alle schon beobachtet haben. Diese Wirbel werfen das fliegende Modell natürlich umher und stören den Kurs und das Gleichgewicht. Es folgt daraus, daß wir größere Wiesen, Sand- oder Heideflächen bevorzugen, zumal auch weicher oder bewachsener Boden die größte Sicherheit gegen Beschädigung bei der Landung bietet (Abb. 95).

Startvorbereitungen.

Machen wir uns also zum Start fertig. Der vorsorgliche Modellflieger prüft sein Flugzeug vor dem Start genau so gewissenhaft wie der Flugzeugführer, ob alles in Ordnung ist.

Beim eigentlichen Start handelt es sich darum, dem Modell die nötige Geschwindigkeit durch die Luft zu verleihen, die das Modell flugfähig macht. Man startet aus diesem Grunde genau wie das große Flugzeug gegen den Wind. Das Modell erreicht so die erforderliche Geschwindigkeit viel eher, denn schon während es gegen den Wind gerichtet auf dem Boden steht oder in der Hand gehalten wird, hat es ja Geschwindigkeit durch die Luft.

Ist der Wind so stark, daß das Modell, noch während es in Ruhe ist, schon hochgerissen wird, dann ist die Windgeschwindigkeit höher als die Eigengeschwindigkeit des Modelles, und wenn wir es nicht unbedingt zerschlagen wollen, vertagen wir den Versuch besser. Das Modell würde rückwärts abtreiben und sicher zu Bruch gehen.

Ist unsere Windgeschwindigkeit nicht zu groß, dann gehen die Startvorbereitungen weiter. Der erste Flug ist immer das sogenannte Einsfliegen, ganz gleichgültig, ob es sich um ein längst erprobtes oder um ein neues Modell handelt. Die Eigenschaften des neuen Modells kennt man noch nicht, aber auch an dem bewährten Modell kann sich etwas verstellt haben, was diesen Versuchsflug, das Einsfliegen, nötig macht. Haben wir einen Gummi- oder Spiralfedermotor, so werden wir ihn nicht vollständig aufziehen, haben wir einen Preßluft- oder Benzinmotor, so werden wir nicht völlig aufpumpen oder wenig Benzin auffüllen, damit der erste Flug nicht zu weit oder zu hoch wird und ganz besonders, damit bei eventuellen Abstürzen das Modell nicht mit Vollgas in den Boden sauft.

Das Starten.

Zuerst versuchen wir mit unserem Modell mit stehendem Gummi- oder Benzinmotor und stehender Luftschraube Gleitflüge, indem wir es aus der Hand zu Boden gleiten lassen. Wir führen diese Gleitflüge

gegen den Wind aus und geben dem Modell beim Abflug einen leichten Stoß. — Das Motorflugmodell muß, wenn es richtig eingestellt ist, einen gestreckten Gleitflug ausführen.

Je nachdem für welche Startart unser Modell gebaut ist, oder welche Startart wir wählen, geht das Weitere vor sich. Beim Handstart fassen wir das Modell mit der rechten Hand ungefähr im Schwerpunkt, während wir mit der Linken den ausgezogenen Motor an der Luftschraube festhalten. Im Augenblick des Startes lassen wir die Luftschraube frei und stoßen einen Augenblick später mit leichtem Schwung das Modell gerade gegen den Wind horizontal von uns. Es hat keinen Wert, das Modell nach unten oder nach oben abzustößen, da sich daraus meistens gleich im Anfang ein unruhiger Flug ergibt.

Ist das Modell in der Luft, dann vollzieht sich alles Weitere ohne unsere Mitwirkung. Es irgendwie wieder aufzufangen, ist nicht ratsam, da es meistens daneben gelingt, oft aber zu Bruch oder gar zu Verletzungen durch die Luftschraube führt. Beim Starten von Benzin- oder Preßluftmotormodellen verfährt man bei Handstart ganz ähnlich, nur daß man die Hände in möglichst achtungsvoller Entfernung von der Luftschraube bewegt. Beim Bodentart, also beim Start auf den Rädern, Schneekufen, Schwimmern oder dergleichen muß man sich die Startbahn ansehen. Bei Schnee oder Wasser ist die glatte Oberfläche gegeben, beim Räderstart auf dem Boden jedoch nicht. In Gras oder Heide wird man sich aus diesem Grunde eine Startbahn anlegen müssen, entweder dergestalt, daß man Gras oder Heide entfernt und den Boden glättet, oder dadurch, daß man sich aus Brettern oder dergleichen eine regelrechte Startbahn schafft, die den rollenden Rädern möglichst geringen Widerstand bietet.

Auch hier geht der Start unbedingt genau gegen den Wind vor sich. Man läßt die Luftschraube frei und das Modell anrollen. Gegebenenfalls beschleunigt man durch leichtes Anstoßen des Modelles auf dem Boden diesen Start. Bei Modellwettbewerben sind über diese Startarten meist sehr genaue Bestimmungen getroffen.

Rudereinrichtung.

Das Schwierigste bei den ersten Flügen ist zweifellos, das Modell genau für die richtige Fluglage einzustellen und zum Geradeausfliegen zu bringen. Hierzu ist immerwährendes Nachstellen der verschiedenen Ruder nötig sowie scharfe Beobachtung des Fluges, ehe das Modell wunschgemäß fliegt. Erst dann beginnt man, sich gewisse Aufgaben zu stellen: Kreisfliegen rechts, Kreisfliegen links, Streckenfliegen, Steiffliegen usw.

Schon daraus ist ersichtlich, wie mannigfaltig die Versuchsmöglichkeiten sind. Mit geeigneten Modellen kann man zum Schluß sogar Kunstflugversuche, wie Looping, Rolling, Spiralen usw. durchführen. Wenn man besonders weite Flüge erzielen will, kann man mit einem gut ausgeprobten Modell auch Handstart in den Wind versuchen, so daß das Modell dann im Rückenwind fliegt.

Geländeauswahl und Start von Segelflugmodellen.

Geländeaufwind.

Nun zu den Versuchen mit Segelmodellen. Hier spielt der Modellflugplatz und seine geschickte Auswahl bei den verschiedenen Windrichtungen eine ausschlaggebende Rolle. Die Kraft, die wir dem Winde entnehmen wollen, rührt meistens von Bodeneinflüssen her. Es wurde vorher bereits erwähnt, daß sich an Hindernissen, die sich dem Winde entgegenstellen, Wirbel bilden. Der Wind muß also irgendwie ausweichen und bildet dabei Wirbel. Wir müssen nun ein Gelände suchen, in welchem der Wind durch ein Hindernis gezwungen wird, nach oben auszuweichen.

Ideal sind gestreckte Hügel, Dämme, Deiche und ähnliches. Der Wind muß, wenn diese Bodenerhebungen quer vor dem Winde liegen, natürlich darüber hinweg ausweichen. Das bedeutet, daß der Wind auf der Luvseite, das ist die dem Winde entgegengesetzte Seite, aufwärts weht, während er auf der dem Winde abgekehrten Seite, der Leeseite, abwärts strömt. Er füllt somit den Raum hinter dem Hindernis wieder aus. Den aufwärts wehenden Wind nennt man „Aufwind“, während man die abwärts fallende Strömung mit „Fallwind“ bezeichnet (Abb. 96).

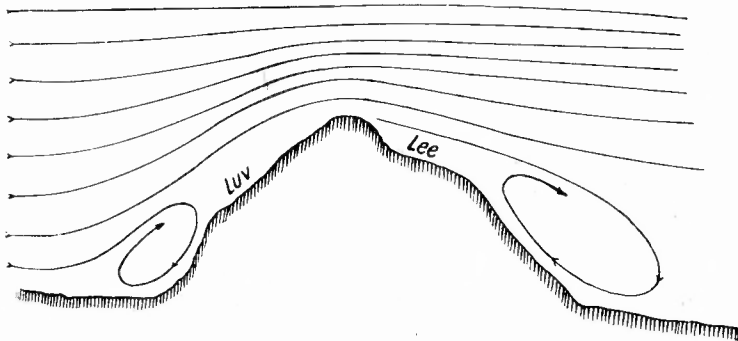


Abb. 96. Aufwind und Fallwind.

Für unsere Versuche kommt natürlich nur der Aufwind in Betracht. Wir stellen uns in die Nähe der abfallenden Seite auf unsere Erhebung und stoßen das Modell, ähnlich wie vorher beschrieben, mit leichtem Schwung gegen den Wind ab. Wir sehen nun, daß es wohl abwärts gleitet, aber in der sich hebenden Luftschicht unter Umständen langsamer abwärts gleitet, als diese Luftschicht sich hebt. Das Modell gewinnt dann an Höhe, es segelt.

Hat man das Modell nun auf Geradeausflug eingestellt, so wird es langsam aus dem Aufwind herauskommen und abwärts gleiten. Man kann es nun zum Kreisfliegen einstellen, um es länger im Bereich des Aufwindes zu belassen. Auf diese Weise ist es möglich, die Flughöhen und Flugzeiten zu verbessern.

Der Aufwind reicht um so höher hinauf, je höher das Hindernis

sich über die umgebende Ebene erhebt. Zu beachten ist bei der Auswahl noch, daß der Wind frei und ungestört durch vorgelagerte Höhen, Bäume, Häuser oder dergleichen anblasen kann. Das Gelände würde andernfalls durch die Abwindwirbel dieser vorgelagerten Hindernisse gestört werden.

Wir glauben nicht zuviel zu sagen, wenn wir behaupten, daß das praktische Erproben und das Segeln von motorlosen Modellen bei weitem schöner und lehrreicher ist als Versuche mit Motormodellen. Wo irgend geeignetes Gelände zur Verfügung steht, dürfte sich gerade diese Art des Modellsportes einbürgern.

Auf der Wasserkuppe in der Rhön, dem großen deutschen Segelflugplatz, ist es keine Seltenheit, daß Versuchsmodelle viele Minuten lang segeln und Höhen erreichen, die sie dem Auge des Beobachters entziehen.

Hier ist Naturbeobachtung zur Auswahl des Geländes von größter Wichtigkeit. Wer hätte nicht schon Bussarde oder in ebenem Gelände Störche ohne Schwingenschlag ruhig kreisen sehen. Da, wo der Vogel scheinbar ohne Kraftverbrauch sich schwebend erhält oder gar kreisend an Höhe gewinnt, muß Aufwind sein, wie wir ihn für unsere Versuche wünschen.

Temperaturaufwind.

Oftmals werden wir nun aber feststellen können, daß die Vögel an Stellen segeln, wo wir keine Aufwind gebende Erhöhung feststellen können. In solchen Fällen handelt es sich durchweg um sogenannten Temperaturaufwind.

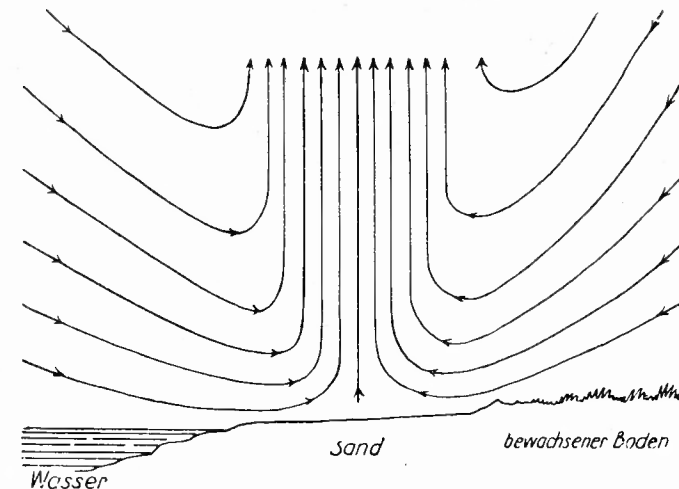


Abb. 97. Temperaturaufwind.

Wenn ein bestimmter Bodenfläch, sei es durch seine Beschaffenheit oder durch seinen Bewuchs, der ihm eine bestimmte Färbung gibt, sich an Tagen mit starker Sonnenbestrahlung stärker erwärmt

als die umliegenden Teile, dann bildet sich über diesen Flecken ebenfalls Aufwind. Die erwärmte Luft drückt sich infolge ihrer großen Ausdehnung und ihres sich daraus ergebenden geringeren Gewichtes nach oben durch, und die über den umliegenden Geländeteilen lagernde kühlere Luft strömt nach, fällt also abwärts. Es entsteht die Wirkung, wie wir sie am Ofen, im Kamin beobachten und mit Zug bezeichnen (Abb. 97).

In diesem Temperaturaufwind ist ebenfalls ein Segeln möglich, nur ist es ungleich schwieriger, ein Modell richtig in diesen „Zug“ zu bringen. Aber dennoch, ein Versuch lohnt sich.

Wir finden übrigens diese Wirkung an Flußläufen und an Seeufern sehr oft, da sich meistens der Erdboden schneller und stärker erwärmt als die Wasseroberfläche.

Gehen wir nun mit diesen Kenntnissen einmal hinaus. Wir werden viele geeignete Gelände finden.

Gleitflugvorversuche.

Wenn wir in der Stadt zu Hause sind und ein Segelmodell gebaut haben, dann können wir es, ehe wir in unser Gelände hinauswandern, in der Nähe schon erproben, damit unsere Versuche draußen auch Erfolg haben. Letzten Endes ist ja ein Segelmodell immer ein Gleitflugzeug. Es wird beim Abwärtsgleiten im Aufwind ja nur durch diesen Aufwind gehoben.

Also können wir in der Nähe unserer Wohnung irgendwo immer schon erproben, ob unser Modell einen einwandfreien Gleitflug ausführt. Haben wir es so weit gebracht, daß es tatsächlich gut gleitet, dann fehlt eben nur in geeignetem Gelände noch der Aufwind, und unser Modell segelt.

Seilstart und Drachenstart.

Nun wollen wir noch auf eine Startart eingehen, die besonders für größere Modelle üblich ist, den Seilstart. Zu diesem Zweck müssen wir an unserem Modell einen Starthaken anbringen. Es ist das ein unten offener Haken, aus dem das Seil herausfallen kann, sobald das Modell selbständig fliegt. Man könnte nun an einem gewöhnlichen Bindfaden das Modell durch Laufen gegen den Wind in die Luft ziehen. Da man dabei wenig vom Fluge sieht, dann aber auch bei schwachem Wind tüchtig laufen muß und das Laufen recht unregelmäßig und stoßweise wäre, starten wir lieber mit einer Gummischnur. Damit das Herausfallen der Gummischnur aus dem Haken glatt vonstatten geht, befestigen wir an der Schnur einen Metallring (Abb. 98). Man kann nun die ausgespannte Gummischnur vor dem Modell im Boden festpflochen oder durch einen Helfer halten lassen. In beiden Fällen baut man sich ein Hindernis unmittelbar in der Startrichtung auf. Um das zu vermeiden, nimmt man zwei Gummischnüre, die man auf den Ring vereinigt, und spannt sie nach den Seiten auseinander. Nun hat man die Startrichtung frei (Abb. 99).

Beim Start läßt man das Modell durch die Gummischnüre über den Boden gegen den Wind ziehen, bei ungeeignetem Gelände über eine Startbahn.



Abb. 98. Starthaken mit Ring am Startseil.

Beim Seilstart werden die Modelle in ähnlicher Weise zum Abflug gebracht wie die großen Segelflugzeuge am Hang durch die Startmannschaft mit Gummiseil. In den letzten Jahren haben sich

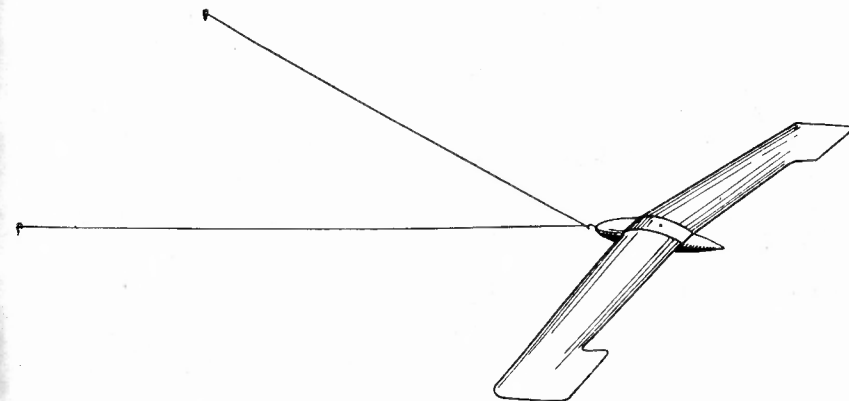
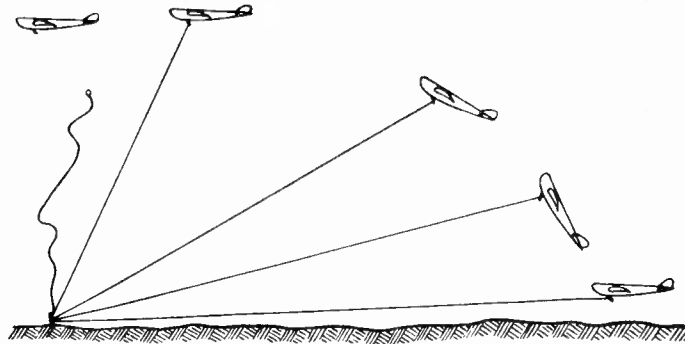


Abb. 99. Seilstartanordnung im Gelände.

für Segelflugübungen in der Ebene Startarten entwickelt, die es möglich machen, das Flugzeug vom Boden aus auf mehrere hundert Meter Höhe zu bringen. Dies ist der Auto-Schleppstart und der Windenstart. Diese Startarten entsprechen bei den Segelflugmodellen den sogenannten Drachenstartmethoden. Sie sind in der Baubeschreibung des großen Winklermodells bereits des Näheren geschildert worden.*) Erstmalig wurde diese Startmethode von Altmeister D. Lilienthal, der ja auch ein sehr eifriger Modellbauer war, angewendet. Das Wesentliche dieser Startmethode ist, daß der Starthaken nicht an der Rumpfspitze, sondern an der Rumpfunterkante, kurz vor dem Schwerpunkt, angebracht wird (Abb. 100). Das Startseil wird in der Erde festgesteckt, es besteht aus einer langen Gummischnur (10–40 m). An der Gummischnur ist in

*) Das Hochleistungs-Segelflugmodell (Der große Winkler). Voldmanns Baupläne flugfähiger Flugmodelle, Bauplan 12. C. J. E. Voldmann Nachf., G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2.

üblicher Weise ein Ring zur Befestigung am Starthaken angebracht. Man legt das Startseil genau in Windrichtung aus und hängt das



* Abb. 100. Verschiedene Phasen des Hochstartes.

Gummiseil ein. Dann geht man mit dem Modell und eingehängtem Startseil immer genau in Windrichtung soweit zurück, bis die Seilspannung dem gewünschten Startschwung entspricht. Das aus Modellgummi — Querschnitt 2×2 bis 4×4 mm — bestehende Startseil läßt sich ohne Gefahr des Zerreißens bis auf die vierfache Länge ausziehen. Das am Schwanz festgehaltene Modell wird nun, genau gegen den Wind ausgerichtet, losgelassen. Infolge des rückwärtig angebrachten Hakens stellt sich das Modell so ein, daß die Seilrichtung durch den Modellschwerpunkt geht. Demzufolge schießt das Modell anfangs fast senkrecht hoch und legt sich dann immer flacher, bis das Seil steil hochsteht und der Haken von selbst den Ring freigibt. Dann segelt das Modell frei weiter. Die Ausklinkhöhe entspricht etwa der Seillänge.

Um das Modell auf besonders große Höhe zu bringen, ist es ratsam, nur einen Teil des Seiles aus Gummi zu verwenden und für den übrigen Teil dünne feste Hanfschnur zu nehmen. Die Hanfschnur ist wesentlich leichter und hindert das Modell infolge des geringen Gewichtes nicht am Hochkommen. Auf diese Weise kann man Seillängen von mehr als 100 m verwenden und beträchtliche Ausklinkhöhen erreichen.

Man kann die Bezeichnung Drachenstart auch anders auffassen, nämlich Start vom Drachen. Gedacht ist dabei, das Modell von einem Drachen hochziehen zu lassen, um es dann oben auszulösen. Man hängt das Modell zu diesem Zweck als Schwanzstück, mit dem Kopf nach unten, am Drachen auf. Hat man nun eine Vorrichtung zum Auslösen, so setzt man diese in Tätigkeit und läßt den Drachen steigen.

Eine nach einer gewissen Zeit in Tätigkeit tretende Auslösevorrichtung kann man zum Beispiel aus einer Auslösevorrichtung für Photoapparate, wie sie überall käuflich sind, herstellen, noch

einfacher aus Zündschnur, bei der die Verbindung mit dem Drachen einfach durchbrennt.

Das Modell kann man auch an der Schnur des bereits hochgelassenen Drachens als sogenannten Drachenbrief nach oben schicken und sich eine Vorrichtung, ähnlich einer Mausefalle, konstruieren, die das Modell beim Anstoßen an ein oben in die Schnur geknotetes Holzstück auslösen läßt. Will man es ganz einfach machen, kann man auch hier das Modell durch Zündschnur auslösen lassen. Unter Umständen kommt die Auslösevorrichtung infolge ihres geringeren Luftwiderstandes wieder herunter. Andernfalls muß man sich mehrere derartige Auslösevorrichtungen bauen, um eine ganze Kette von Versuchen hintereinander anstellen zu können.

Flugmodellbaupläne.

Wir haben im 1. und 2. Teil unseres Werkes versucht, die wesentlichen Grundlagen des Modellbaues zusammenzustellen. Dem aufmerksamen Leser wird es möglich sein, ein Modell nach seinen Ideen herzustellen. Die erstmalige Modellherstellung wird aber auf manche Schwierigkeiten stoßen, denn man kann mit der besten Beschreibung die notwendige eigene Erfahrung im Modellbau nicht ersetzen. Deshalb ist es zur Einarbeitung in den Modellbau vorteilhaft, zuerst einmal bewährte Flugmodelle an Hand eines genauen Bauplanes auszuführen. Wir wollen deshalb in Folgendem diejenigen Bauplanmodelle kurz besprechen, die in Volkmanns Sammlung flugfähiger Flugmodelle erschienen sind.*)

Alle diese Baupläne enthalten außer den eingehend durchgearbeiteten Bauzeichnungen eine Bauanleitung und die Zusammenstellung der zum Bau erforderlichen Baustoffe. Die Reihenfolge entspricht etwa der Schwierigkeit der Herstellung.

Gleitflugmodell aus Pappe und Papier, H. Winkler (13. Bauplan).

Es werden verschiedene Modellformen besprochen, die im wesentlichen der Bauart bewährter Segelflugmodelle entsprechen. Die Herstellung der Modelle ist sehr einfach und ähnelt den in Teil 1 dieses Werkes besprochenen einfachen Pappmodellen. Es sind Zimmermodelle, doch kann man solche Modelle bei ruhigem Wetter auch im Freien fliegen lassen.

Drachen und Segler, von B. Horstenke und P. Wächter (10. Bauplan).

In diesem Bauplan werden besonders leistungsfähige Drachen, die z. T. auch freifliegend als Segelmodelle Verwendung finden können, beschrieben. Der Bauplan bildet also gewissermaßen eine Fortsetzung zu den in Teil 1 dieses Werkes beschriebenen Drachen.

* Diese Abbildung ist aus dem umseitig erwähnten Bauplan 12 entnommen.

*) Verlag C. J. E. Volkmann Nachf. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2.

Zusammenlegbare Flügeldrachen in Vogel- und Flugzeugformen, von P. Wächter (7. Bauplan).

Für diesen Bauplan gilt das gleiche wie für den 10. Bauplan. Es handelt sich um erprobte Drachenformen, die besonders gute Steigfähigkeit aufweisen.

Schüler-Segelflugmodell „Winkler-Junior“, von H. Winkler (5. Bauplan).

Der Winkler-Junior ist infolge seiner einfachen Bauweise zur Schulung des Modellbauanfängers besonders geeignet. Die Formgebung des Modells bedingt hohe Stabilität und damit gute Segel-eigenschaften. Flügel: einholmige Bauweise mit kräftigem Nasenholm, nach oben abgeknickte Flügel, durchgehend gleiche Profile, Flachrumpf mit großer vorderer Kielung, Rumpfsende und Leitwerk in Bambusbauweise. Das Modell eignet sich infolge großer Querrur's Kursstabilität gut zum Drachenstart.

Segelflugmodell Grunau II, von R. Müller (14. Bauplan).

Dieser Bauplan behandelt ein Hochdeckersegelflugmodell mit geschlossenem Rumpf. Um einfachen und zugleich Wettbewerbsansprüchen zu genügen, sind zwei Ausführungen dieses Modells und zwar eine einfache und eine größere Wettbewerbsausführung dargestellt. In der Bauweise sind beide Ausführungen gleich. Der einholmige Flügel zeigt gradess Mittelstück, während die Flügelen den kräftige V-Form und Verwindung aufweisen. Der Rumpf zeigt flachgedrückte Stromlinienform mit fünfeckigem Querschnitt. Die Leitwerke sind ebenfalls in Profilbauweise hergestellt. Als Baumaterial wird im wesentlichen Sperrholz und Kiefer verwendet.

Als einfach zu bauendes Segelflugmodell füllt dieser Bauplan eine bisher vorhandene Lücke zwischen dem Einheitsmodell des DVV. und dem Leistungssegelflugmodell.

Stabmodell mit Gummiantrieb für Anfänger, von E. Schalk (6. Bauplan).

Das Modell dieses Bauplans ist ein besonders einfach herzustellendes Motorflugmodell, das trotzdem gute Leistungen aufweist. Der Flügel ist in Rahmenbauweise aus Bambus hergestellt, desgl. die Leitwerke, Motorstab und Fahrwerk in normaler einfachster Ausführung.

Stabmotormodell „So 40“, von R. Müller (6a. Bauplan).

Der Bauplan dieses Modells ist in der Neuauflage von Teil 1 dieses Werkes enthalten. Es handelt sich ebenfalls um ein einfach herzustellendes Stabmodell, dessen Flügel und Leitwerke aus Tonfinrohr hergestellt sind. Die Bauanweisung ist besonders ausführlich. Das Modell entstand als Lehrmodell für Modellbaukurse.

Entenmodell E. S. 120, von E. Schalk (3. Bauplan).

Das hier wiedergegebene Entenmodell eignet sich infolge seiner besonders leichten Bauweise zur Erzielung von Rekordleistungen. Der Verfasser E. Schalk gewann mit diesem Modell mehrere Wettbewerbs-Preise. Zum Studium solcher Modellbautypen ist dieser

Bauplan besonders geeignet. Flügel und Leitwerke sind aus Bambus. Das Modell ist mehrfach verspannt. Es ist ein Stabmodell.

Hochdecker-Rumpfm odell, von W. Britschow (4. Bauplan).

Auch bei diesem Bauplan handelt es sich bereits um ein Rekordmodell, und zwar eignet sich das Modell insbesondere für Streckenflüge. Der leicht pfeilförmige Flügel zeigt einholmige Bauweise, desgleichen das Profilleitwerk. Der Rumpf ist ein Günstant-Rumpf mit unten liegender Schneide. Die Bauweise des Rumpfes zeigt bewährte einfache Formen. Die Herstellung des Modells bietet keine besonderen Schwierigkeiten.

Rumpf-Rekordmodell, von A. Vippmann sen. (15. Bauplan).

Der Bauplan behandelt ein Hochdeckermodell mit Vierkantrumpf, das aus langjährigen Erfahrungen mit Leistungsmodellen entstanden ist. Mit dem Modell errang der Erbauer verschiedentlich erste Wettbewerbspreise. Der Flügel zeigt leichte V- und Pfeilform und ist in einholmiger Bauweise durchgeführt. Material: Sperrholz und Kiefer. Der schmale Rumpf mit rechteckigem Querschnitt ist ebenfalls in üblicher Bauweise, aus Sperrholzspanen und Kiefernleisten hergestellt. Die Leitwerke zeigen Profilbauweise. Die Bauweise des Modells ist übersichtlich und einfach, trotzdem ist das Gewicht durch Aussparungen weitgehend vermindert.

Die Herstellung des Modells erfordert wohl sorgfältige Arbeit, es werden jedoch keine Sonderkenntnisse verlangt, sodaß das Modell von jedem gewissenhaften Modellbauer hergestellt werden kann. Es eignet sich deshalb zum Nachbau in Schulungskursen fortgeschrittener Modellbauer.

Schulterdecker-Rumpfm odell, von G. W. Polzin (8. Bauplan).

Auch dieses Modell ist ein Leistungsmodell. Es ist als Motormodell besonders auch auf Segelfähigkeit entwickelt und eignet sich vorzüglich für Dauerflüge. Der schmale Flügel von fast 2 m Spannweite ist einholmig. Profilleitwerke. Vierkant-Rumpf mit kleinem Querschnitt. Die Bauweise gibt dem fortgeschrittenen Modellbauer verschiedenartige Anregungen, so beispielsweise die kugelgelagerte Luftschraubenwelle und die feste und leichte Bauweise des Rumpfes und Flügels.

Renntflugzeugtiefl decker-Rumpfm odell, von H. J. A. Schelhasse (2. Bauplan).

Dieses Modell ist besonders auf hohe Fluggeschwindigkeit gezüchtet. Die Bauweise weicht von der üblichen Modellbauweise insofern ab, als es sich um einen aus Journalier hergestellten Schalenflügel und einen Journalierrohr-Rumpf handelt. Praktische Kenntnisse dieser Bauweise werden durch die Herstellung dieses Modells vermittelt.

Schnellflugzeugmodell H. S. 55, von H. J. A. Schelhasse (11. Bauplan).

Dieses Modell ist eine fast maßstäbliche Verkleinerung bewährter ausländischer Schnellflugzeugtypen. Die Konstruktion ist in vielen

Einzelteilen sehr lehrreich. Zur Erzielung der besonderen Uebergänge und Verkleidungen wird an vielen Stellen Balsaholz verwendet. Flügel zweiholmig, Rumpfvorderteil in Rohrbauweise, Rumpfsende mit Ringspant und vielen Längsholmen, Gummimotor mit Verlängerungstrieb, Luftschraubenwellen-Rugellagerung, Verstellluftschraube. Zum Studium der Herstellung eines Leistungsmodells ist dieser Bauplan besonders geeignet. Das Modell zeigt sehr gute Flugeigenschaften.

Das Hochleistungs-Segelflugmodell (Der große Winkler), von Horst Winkler (12. Bauplan).

Dieses Segelmodell wurde bereits im Abschnitt „Segelflugmodelle“ dieses Buches besprochen. Es ist eines der bewährtesten Rekordflugmodelle und hat in seiner Formgebung zahlreiche Nachahmungen erfahren. Diese Formgebung ist beim Winkler-Modell besonders fesselnd; sie hat infolge einer aus Versuchen ermittelten Flügel- und Rumpfgestaltung zu ausgezeichneten Ergebnissen in bezug auf Kurs- und Querstabilität geführt. Der Flügel des Modells ist in zweiholmiger Bauweise ausgeführt. Es werden entweder Elektron- oder Holzholme verwendet. Der Flügel ist in zwei Stufen nach oben abgeknickt und dabei nach außen kräftig verwunden. Der Rumpf ist ein Flachrumpf und zeigt besonders charakteristische Form durch große Vertikalsflächen vor dem Schwerpunkt. Zur Ausführung dieses bewährten Leistungsmodells gehört bereits einige Bau Erfahrung, da genaues Arbeiten Voraussetzung ist, um die guten Eigenschaften des Modells auch beim Nachbau zu erreichen. Die Bauanweisung erläutert die Stabilisierungsgründäge des Segelflugmodells.

Segelflug-Rumpfm o d e l l, von D. Gentsch (1. Bauplan).

Auch dieses Modell wurde bereits an anderer Stelle unseres Buches besprochen. Im Gegensatz zum Winkler-Modell zeigt das Gentsch-Modell eine an die Bauart der großen Segelflugzeuge angelehnte Gestaltung. Der einholmige Flügel zeigt schwache V- und Pfeilform und ist nach außen hin kräftig verwunden. Der Sechskant-Rumpf trägt auf dem First eine lange Vertikalschneide zur Kursstabilisierung. Die Herstellung dieses Modells verlangt ebenfalls Erfahrung im Modellbau. Die Flugeigenschaften des Modells sind hervorragend.

Nurflügel-Segelflugmodell H.A.W. X, von H. Adenaw (9. Bauplan).

Dieser Bauplan beschreibt ein schwanzloses Segelflugmodell. Der Flügel besitzt außen schwache V-Form und Pfeilform. Die Stabilisierung erfolgt im wesentlichen durch Profiländerung. Innenflügel flach gewölbt, Außenflügel flach negativ gewölbt. Der Flügel ist zweiholmig in Flachrippenbauweise ausgeführt, dadurch wird die Herstellung der Rippen wesentlich vereinfacht. Der kurze Stromlinienrumpf ist aus dem Vollen gearbeitet. Trotzdem erfordert die Herstellung auch dieses Modells Geschicklichkeit und sorgfältige Arbeit. Das Modell besitzt sehr gute Gleit- und Segel Eigenschaften.

Sämtliche Werkstoffe und Werkzeuge für den Flugmodellbau

Werkstoffsätze für die Modelle des D. L. V.

Das **Einheitssegelflugmodell** des D. L. V. von Horst Winkler D.R.G.M. mit ausgestanzten Sperrholzteilen im bedruckten Baukasten.

Ausgabe B: Bauzeichnung und Werkstoff mit gestanzten Sperrholzteilen M. 1.30

Ausgabe C: Bauzeichnung und Werkstoff mit angeritzten Sperrholzteilen M. 1.30

Ausgabe D: 50 Bauzeichnungen und 50 Sätze Werkstoff in Bündeln und Kanistern M. 57.50

Alleiniger Lizenzinhaber und Lieferant.

Einzelteile, Baupläne und Flugliteratur, Einzelwerkzeuge.

A. Ikier / Werkstoffe und Werkzeuge für den Flugmodellbau

Leipzig-N. 22, Lenastr. 12, Fernruf 51656

Fordern Sie meinen illustrierten Prospekt.

Achtung!

Modellflugzeug-Erbauer

Neue Preisliste anfordern!

Otto Ehrich, Berlin-Adlershof,

Bismarckstraße 68

Tel.: F3 Adlershof 7633

Postscheckkonto Berlin 22701 * Preisliste kostenlos!

Werkstoffe für den Flugmodellbau

Luftfahrtliteratur / Spezialwerkzeuge

Lehr- und Anschauungsmittel

Georg Brüdern - Hannover 1 N

Vahrenwalder Straße 47

Fernsprecher 6 2579 / Postscheckkonto Hannover 355 27

Sämtliche Werkstoffe für den Flugmodellbau

Balsa-Holz / Sperrholz / Bespannstoffe / Gummimotoren usw.
Vollständige Baustoffsätze für die Modellbaupläne des D.L.V.
Spezialität: Luftschrauben aus Holz und Metall
Auskünfte über alle Fragen des Flugmodellbaues unverbindlich / Preisliste kostenlos



Georg W. Polzin, Berlin NW 21
Bochumer Straße 6 Telefon: C 9 Tiergarten 9929

Sämtliches Konstruktionsmaterial Baupläne, fertige Modelle usw.

liefert billigst

Flugmodell-Werk Rudolf Pause

Pasing bei München

Verlangen Sie reichillustrierte Liste

Eine Umwälzung im Flugmodellbau

bedeutet die

**Metallbauweise mit den
Meco-Bauwerkzeugen**



„Constructor“ DRP a



Mechanicus DRP

Meco-Baumaterial

aus hochwertigem Leichtmetall

Verlangen Sie Angebot und Prospekte von

GEBRÜDER HELLER

Werkzeugfabriken / **Schmalkalden (Thür. Wald)**

Alle Materialien für den Flugmodellbau

Baupläne — Bambusrohr — Tonkinrohr — Sperrholz
Japanpapier — Rohbatist — Stahldraht — Holzleisten
Kaltleim — Gummifäden — Propeller, und viele andere

Fertige Modelle und Materialpackungen

===== Preisliste kostenlos! =====

Hugo Wegner, Flugmodellversand
Naumburg (Saale) - Scherbitzberg

Hunderte Anerkennungen von Fachkreisen, Schulen, D. L. V.-
Ortsgruppen und Modellbauern aus allen Gauen Deutschlands.
Lieferant tausender deutscher Schulen seit über 11 Jahren.

Wasserfest:

UHU

Gut riechend:

UHU

Schnell trocknend:

UHU

DER FLUGZEUGMODELL-KLEBER

Bestempfohlen und verwendet von:
Herrn Flugzeugmodellkonstrukteur Horst Winkler, Berlin; Werklehrerseminar f. Flugzeug-
modellbau, Berlin-Johannisthal; Herrn Ing. Otto Gawron, Leit. d. Modellbauabtlg. des D.L.V.,
Baden-Baden; Flugzeugmodellbauwerk Rudolf Pause, Pasing b. München, u. vielen anderen.

In Tuben ab 15 Pfennig in einschlägigen Geschäften erhältlich.

Alleinhersteller: Chemische Fabrik Ludw. Hoerth, Bühl (Baden)

Japanpapier-Import-Gesellschaft

Drissler & Co.

Frankfurt a.M. 17, Elbestr. 10

Die Spezialfirma

echter Japan-Papiere

sofort lieferbar.

Bezugsquellen werden an allen Plätzen nachgewiesen.

Baupläne

**Einzelteile und Baustoffe
für Flugmodelle**

Sperrholz · Tonkin

Bambus · Leisten · Gummi

Japanpapier · Batist

Spannlack

Fertige Propeller

Bleche · Stahldraht

Werkzeuge

und vieles andere.

Fordern Sie ausführliche Preisliste!

Horst Zumpt, Ingenieur

Berlin-Pankow

Elisabethweg 9

Fernsprecher: D 8 Pankow 2288

In
Rheinland und Westfalen
erhalten Sie schnellstens alle

**Werkstoffe
und Baupläne
für Modellbau:**

Flugzeug - Bedarf

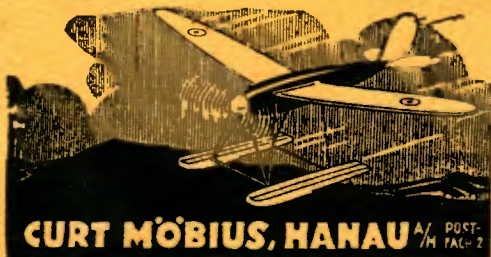
HANS WÜST

Duisburg, Sonnenwall 54

Ruf 21834

Für Modellbaugruppen:

Amtlicher Flug-Modellbau-Lehrplan
(methodische Modellbau-Reihen-
folge nach D.L.V.), herausgegeben
im Auftrage des Deutschen
Luftsport-Verbandes.



**25 Jahre
Flugmodellbau.**

8

Welthöchstleistungen.

Verlangt Katalog!

Liefert alles Erforderliche für den Flugmodellbau in Schulen und Vereinen.

Japanpapier-Import-Gesellschaft

Drissler & Co.

Frankfurt a. M. 17, Elbestr. 10

Die Spezialfirma

echter Japan-Papiere

sofort lieferbar.

Bezugsquellen werden an allen Plätzen nachgewiesen.

Baupläne

Einzelteile und Baustoffe
für Flugmodelle

Sperrholz · Tonkin
Bambus · Leisten · Gummi
Japanpapier · Batist
Spannlack
Fertige Propeller
Bleche · Stahldraht
Werkzeuge
und vieles andere.

Fordern Sie ausführliche Preisliste!

Horst Zumpt, Ingenieur

Berlin-Pankow

Elisabethweg 9

Fernsprecher: D 8 Pankow 2288

In
Rheinland und Westfalen
erhalten Sie schnellstens alle

**Werkstoffe
und Baupläne
für Modellbau:**

Flugzeug - Bedarf

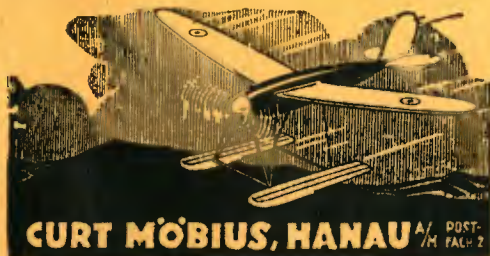
HANS WÜST

Duisburg, Sonnenwall 54

Ruf 21834

Für Modellbaugruppen:

Amtlicher Flug-Modellbau-Lehrplan
(methodische Modellbau-Reihen-
folge nach D.L.V.), herausgegeben
im Auftrage des Deutschen
Luftsport-Verbandes.



Liefert alles Erforderliche für den Flugmodellbau in Schulen und Vereinen.

**25 Jahre
Flugmodellbau.**

8

Welthöchstleistungen.

Verlangt Katalog!

Druck Paul Fleck, Berlin SO 16, Schmidstr. 8 a

Wilhelm Haas.

Der Bau von FLUGMODELLEN



TEIL **2** FÜR FORTGESCHRITTENE

von F. Stamer und A. Lippisch

VERLAG C. J. E. VOLCKMANN NACHF. G. M. B. H. BERLIN-CHARLOTTENBURG 2

F. Stamer und A. Lippisch, Der Bau von Flugmodellen. Teil II: Für Fortgeschrittene.