

Tragendes oder nichttragendes Leitwerk

Der Titel, den wir für diesen Beitrag gewählt haben, lautet ebenso, wie die Überschrift zum letzten Kapitel des Buches „Aerodynamik des Flugmodells“ von F. W. Schmitz*, wobei wir diese Wahl nicht ohne Bedacht getroffen haben. Es geschah nämlich in der Absicht, eigene Erfahrungen mit den Feststellungen zu vergleichen, die in dem genannten Text getroffen worden sind. Der Übersicht halber wollen wir den Wortlaut nachstehend zitieren. Es heißt da:

„Wie in den vergangenen Abschnitten gezeigt wurde, erzeugt das Leitwerk, wenn man den Schwerpunkt hinter den Druckpunkt des Flügels legt, Auftrieb. Alle neuen Leistungsmodelle besitzen diese Schwerpunktlage und ein tragendes Leitwerk, um möglichst viel der Gesamtlage, die durch die FAI-Vorschriften je nach Klasse begrenzt ist, zur Auftriebserzeugung heranzuziehen. Man hat aber bei diesen Konstruktionen übersehen, daß die Auftriebsleistung des Leitwerks in jedem Falle nur dazu dient, das Flügeldrehmoment auszugleichen, denn für einen stabilen Flug ist Momentengleichgewicht unbedingt erforderlich. Der effektive Leitwerksauftrieb, der den Gesamtauftrieb vergrößern sollte, ist also gleich Null, weil Leitwerksauftrieb und Flügeldrehmoment sich immer das Gleichgewicht halten. Der einzige Vorteil, den die Zurückverlegung des Schwerpunkts und das tragend profilierte Leitwerk bieten, ist, daß man mit kleinerem Trimmgewicht an der Rumpfspitze auskommt, doch hat diese Gewichtsersparnis bei dem heute üblichen Leichtbau und der relativ hohen Mindestflächenbelastung, die die FAI vorschreibt, praktisch nur noch wenig Bedeutung. Entscheidend sind die Nachteile dieser Bauweise: Die auftretenden Drehmomente sind sehr groß, so daß sich bei Abweichungen aus der Gleichgewichtslage, entsprechend den großen Kräften, große Differenzen der Drehmomente ergeben können. Die Modelle sind deshalb sehr bösenempfindlich. Der Widerstand eines tragenden Leitwerks ist größer als der eines neutralen. Wesentlich günstiger sind Konstruktionen, bei denen man den Schwerpunkt in den Bereich des wandernden Druckpunktes legt und ein symmetrisches Leitwerk an einem langen Hebelarm verwendet. Es ergeben sich kleine Drehkräfte, die von einem kleinen Leitwerk kompensiert werden können...

... Man kann bei der Konstruktion eines Modells den Schwerpunkt so festlegen, daß es sich im Bereich der optimalen Sinkgeschwindigkeit in Indifferenzfluglage befindet und damit der Leitwerkswiderstand zu einem Minimum wird. Die Stabilität und Flugleistung eines Modells ist also, neben Profilauswahl und äußerer Formgebung, im wesentlichen von der richtigen Schwerpunktlage abhängig.“

Wenn man von den hier vorliegenden Nachrichten und Unterlagen ausgehen will, hat es zunächst einmal den Anschein, als seien viele Modellflieger bei ihren eigenen Versuchen zu anderen Ergebnissen gekommen. Es dürfte demnach an der Zeit sein, das Problem der verschiedenartigen Leitwerksprofile eingehender zu untersuchen. Wir wollen dabei die Vor- und Nachteile des tragenden Höhenleitwerks ver-

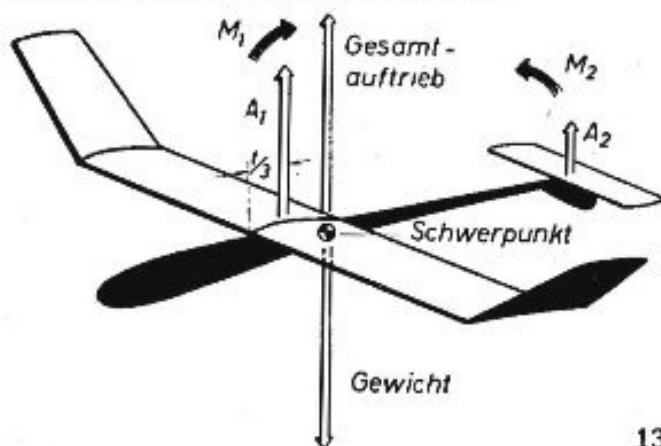
suchsweise ermitteln und zusehen, wie es sich auf die Flugleistung und auf die Flug-(Längs-) Stabilität auswirkt. Zunächst soll dafür festgestellt werden, was im einzelnen geschieht, wenn ein Modell mit einem symmetrischen Höhenleitwerk und, in einem anderen Fall, mit einem gewölbten fliegt.

Gewölbtes Höhenleitwerk

Das gewölbte Höhenleitwerk stellt den einfacheren Fall dar. Wenn man von der grundlegenden Bedingung ausgeht, daß der Schwerpunkt vor dem Neutralpunkt liegen muß, braucht man keine weiteren Einschränkungen hinsichtlich der Schwerpunktlage zu berücksichtigen. Am Tragflügel und am Höhenleitwerk greifen Auftriebskräfte an, die sich in der ungestörten Gleitfluglage zum Gesamtauftrieb = Fluggewicht zusammensetzen. Der Pfeil, der nach üblicher Zeichenmanier den Gesamtauftrieb darstellt, hat dann einen Angriffspunkt, der mit der Schwerpunktlage zusammenfällt. Ist das Modell stabil, so wandert der Gesamtauftriebspfeil beim Aufbäumen nach hinten, beim Nachdrücken dagegen nach vorne, wobei jedesmal ein stabilisierendes Moment um den Schwerpunkt entsteht. Diese Darstellungsart des längsstabilen Verhaltens wird den meisten Modellfliegern bekannt sein. Sie ist zwar recht anschaulich, läßt sich jedoch für unsere weiteren Untersuchungen nicht gut gebrauchen. Man geht hier zweckmäßig auf die Momente M_1 und M_2 zurück, die um den Schwerpunkt wirken und von den beiden Auftriebskräften A_1 und A_2 erzeugt werden. Zunächst sei das Bild dieser Kräfte gegeben (Abb. 1).

Die Hebelarme, an denen die Auftriebe angreifen, sind gleich den Abständen, die ihre Pfeile vom Schwerpunkt haben. Das Moment M_1 ist ein schwanzlastiges (positiv), M_2 ein kopflastiges (negativ). Der ungestörte Gleitflug ist dann dadurch definiert, daß sich die Momente aufheben, also $M_1 + (-M_2) = 0$ ist. Betrachten wir dagegen eine gestörte Fluglage: Die Einzelauftriebe ändern dabei ihre Größe und es entsteht das eingangs erwähnte stabilisierende Moment um den Schwerpunkt, weil z. B. beim Aufbäumen das kopflastige Moment des Höhenleitwerks schneller zunimmt als das schwanzlastige des Tragflügels. Die Größe des resultierenden Moments bei einer Störung hängt wesentlich

Abb.1 Das Bild der Kräfte, die an einem Modell mit tragendem Höhenleitwerk angreifen



* Anm. d. Red.: F. W. Schmitz, Aerodynamik des Flugmodells, 4. ergänzte Auflage mit 127 Abbildungen, 1960. Vgl. auch Besprechung des Buches in MECHANIKUS 6/60, S. 287. Der hier leicht gekürzte Wortlaut des genannten Kapitels kann auch in „Flugmodellbau“ Heft 5/60 nachgelesen werden.

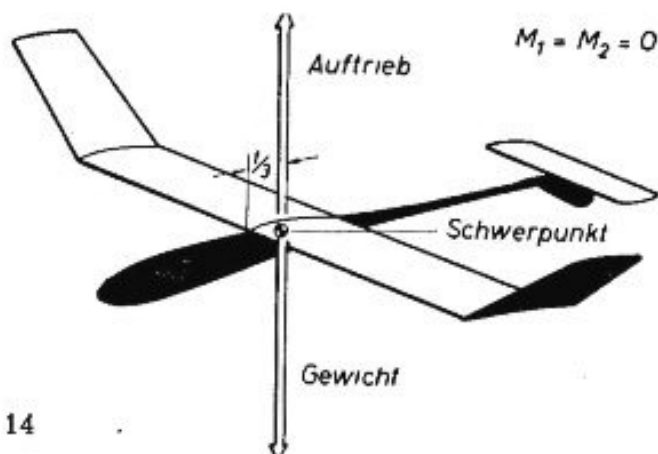
von der Schwerpunktslage ab (d. h. wie weit der Schwerpunkt vor dem Neutralpunkt liegt) und bestimmt das Verhalten des Modells. Die Bestimmung der Neutralpunktlage wurde in MECHANIKUS 7/59, S. 291–294 behandelt. Dort sind auch gebräuchliche Werte für die Schwerpunktslage angegeben.

Symmetrisches Leitwerk

Grundsätzlich liegen die Verhältnisse beim symmetrischen Höhenleitwerk nicht anders als beim gewölbten. Auch wenn man ein symmetrisches Höhenleitwerk verwendet, kann man mit einem weit zurückliegenden Schwerpunkt z. B. 70 % t fliegen. Vielleicht mag diese Behauptung manchem Modellflieger zunächst noch unwahrscheinlich vorkommen. Man muß sich jedoch klarmachen, daß das symmetrische Höhenleitwerk dann auch in der Indifferenzlage Auftrieb liefert. Ganz unversehens erscheint das symmetrische Leitwerk somit als ein „tragendes“ und es wird offensichtlich, daß wir von mangelhaften Begriffsbestimmungen genarrt worden sind. Die bisher übliche Unterscheidung „symmetrisch“ als Gegensatz zu „tragend“ ist nämlich gar nicht bezeichnend und trifft den Kern der Sache nicht. Was eigentlich in Vergleich gesetzt werden sollte, heißt „symmetrisch“ und „gewölbt“. In der Praxis wird man gewiß das symmetrische Höhenleitwerk nicht so verwenden, wie es des Beispiels halber eben herangezogen worden ist; man trachtet vielmehr stets danach, daß es in der Indifferenzlage **keinen** Auftrieb liefert. Der Schwerpunkt muß dazu bekanntlich im Druckpunkt des Tragflügels beim gewünschten Anstellwinkel liegen, während das Höhenleitwerk die entsprechende Einstellung erhält, damit es symmetrisch angeblasen wird. Der Schwerpunkt liegt dann etwa im ersten Drittel und man trimmt durch Verstellung des Höhenleitwerks. Das Bild der Kräfte sieht dabei so aus wie in Abb. 2.

Im Gegensatz zum Modell mit gewölbtem Leitwerk liegt hier der Schwerpunkt des Modells in 35 % t von vornherein fest. Es empfiehlt sich in diesem Fall, das Höhenleitwerk so klein zu machen, daß der Neutralpunkt in 50–55 % t zu liegen kommt, was einem Abstand Schwerpunkt – Neutralpunkt von 15–20 % t entspricht. Liegt der Neutralpunkt weiter hinten (größeres symmetrisches Leitwerk), so ist das Modell überstabil. Es sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Berechnung des Neutralpunktes nicht das geringste mit den verwendeten Profilen zu tun hat.

Abb. 2 Die Kräfte an einem Modell mit symmetrischem Höhenleitwerk



Fliegt ein Modell mit gewölbtem Höhenleitwerk länger?

Dies ist zunächst eine Frage nach der Leistung, genauer gesagt nach der Sinkgeschwindigkeit. Um eine Antwort zu finden, sehen wir uns erst einmal an, was sich eigentlich ändert, wenn man das symmetrische Höhenleitwerk durch ein gewölbtes ersetzt. Nach den Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt, liefert der Flügel beim symmetrischen Höhenleitwerk in der Indifferenzlage einen Auftrieb, der gleich dem Fluggewicht ist, also 216 g, bezogen auf ein A 1-Modell mit 12 g/dm² Flächenbelastung. Verwendet man ein gewölbtes Leitwerk, so bringt der Tragflügel bei gleichem Anstellwinkel weniger Auftrieb, da das Modell mit gewölbtem Leitwerk langsamer fliegt, als wenn es ein symmetrisches hätte. Das „weniger“ am Auftrieb des Tragflügels wird hier nun von dem tragenden Höhenleitwerk beigeleitet, so daß der Gesamtauftrieb unverändert 216 g beträgt. Das gewölbte Höhenleitwerk dient also nicht zur Erhöhung des Gesamtauftriebes. Eine solche ist nicht möglich, sondern, bezogen auf die Leistung, bestenfalls zur Erhöhung eines auf das ganze Modell bezogenen Auftriebsbeiwertes. Dieser Gesamtauftriebsbeiwert setzt sich aus dem c_a des Flügels und dem des Höhenleitwerks zusammen und kommt unter Berücksichtigung ihrer Flächen zustande. Das symmetrische Leitwerk fliegt mit $c_a = 0$, das gewölbte mit einem c_a größer als Null. Der Auftriebsbeiwert des Flügels ist in beiden Fällen gleich. Man sieht daraus leicht, daß der Gesamtauftriebsbeiwert beim Modell mit gewölbtem Leitwerk größer sein muß; gerade darum fliegt ein solches Modell ja auch langsamer als eines mit symmetrischem Leitwerk. Die genannte c_a -Erhöhung ist jedoch ziemlich klein und dieser Vorteil wird z. T. auch noch durch den größeren Widerstand des gewölbten Leitwerks entwertet. Eine eindeutige Aussage kann man also aus diesen Erwägungen nicht erhalten. Darum hat der Verfasser eine Leistungsberechnung für ein A 1-Modell mit gewölbtem und symmetrischem Leitwerk durchgeführt:

Modell 1: Übliches A 1-Modell mit 3 dm² großem Leitwerk. Neutralpunkt bei 72 % t. Schwerpunkt bei 60 % t, also Abstand 12 % t. Im Flügel und Leitwerk die gewölbte Platte 417 a.

Modell 2: Symmetrisches Leitwerk von 1,8 dm² (ebene Platte) (Flügel jetzt 16,2 dm² gegen 15 dm² vorher). Durch das kleine Leitwerk liegt der Neutralpunkt bei 54 % t, das sind 20 % t hinter dem Schwerpunkt, im ersten Drittel.

Die Berechnung ergibt für Modell 1 eine Sinkgeschwindigkeit von 33,8 cm/sec entsprechend 148 sec Gleitflugzeit aus 50 m Höhe, für Modell 2 eine Sinkgeschwindigkeit von 36,6 cm/sec entsprechend 140 sec. Trotz der etwas größeren Flügelfläche ist das Modell mit symmetrischem Leitwerk etwas schlechter. Im ganzen ist der Leistungsunterschied aber viel geringer als erwartet und läßt sich wohl kaum durch einen Flugversuch erfassen.

* Anm. d. Red.: Im Gleitflug ist der Auftrieb immer genau so groß, wie das Modell, bzw. das Flugzeug schwer ist, d. h. $A = G$.

Verteilung von Auftrieb und Auftriebsbeiwerten – ein Berechnungsbeispiel

Interessant ist in diesem Zusammenhang noch die Verteilung des Auftriebs auf Flügel und Leitwerk und die Größe der Auftriebsbeiwerte. Man hört oft die Meinung, das Leitwerk trage fast nichts zum Gesamtauftrieb bei. Die Antwort ist leicht zu finden, denn die Auftriebe verhalten sich umgekehrt wie es ihre Hebelarme im Bezug auf den Schwerpunkt tun. Ein Feld-, Wald- und Wiesen-A 1-Modell des Verfassers hat einen Abstand des 1. Drittel des Flügels und des Leitwerks von 4,4 dm. Der Schwerpunkt liegt 0,4 dm hinter dem 1. Drittel der Flügeltiefe. In diesem Beispiel liefert der Flügel 91 % und das Leitwerk 9 % des Auftriebs. Die Auftriebe verhalten sich wie 1:10, während sich die Flächen (15 dm² und 3 dm²) wie 1:5 verhalten. Daraus läßt sich ohne weiteres ableiten, daß der Flügel mit einem doppelt so großen c_a fliegt, wie das Leitwerk. Der Flügel hat ein $c_a \approx 1$, das sich aus der Flugeschwindigkeit schätzen läßt, das Leitwerk also etwa $c_a = 0,5$.

Die in Abb. 3 gegebene Polare gilt zwar speziell für die gewölbte Platte, kann aber für diese qualitativen Untersuchungen durchaus verwendet werden. Sie zeigt, daß das Modell bei annähernd $c_a = 1$ etwa mit einem Anstellwinkel von 6° fliegt (ohne Berücksichtigung des Einflusses der Flügelstreckung). Bei einem Schrägungswinkel von 3° und einem Abwindwinkel von 2° fliegt das Höhenleitwerk etwa mit 1° Anströmung und somit in Übereinstimmung mit obigem Wert etwa bei $c_a = 0,5$. Dieses Ergebnis erscheint im Vergleich zu anderen Modellen etwas hoch. Die Werte dürften bei $c_a = 0,3$ bis 0,5 liegen. Bei der Behandlung der Stabilität wird dies noch wichtig sein.

Das Leitwerk als Stabilisator

Wichtiger als die Betrachtung der Flugleistung ist in diesem Zusammenhang die Frage der Stabilisierung des Modells in abnormen Fluglagen. In ihr ist ja die eigentliche Aufgabe des Höhenleitwerks zu suchen und nicht etwa in der Erzeugung von Auftrieb. Geht man von der Modellbeobachtung im freien Flug aus, so kann man die Güte des Leitwerks dadurch beschreiben, daß man die Beruhigungszeit nach einer Störung und den dabei auftretenden Höhenverlust feststellt. Bis auf den Sonderfall eines extrem weit zurückliegenden Schwerpunkts (wenige Prozente vor dem Neutralpunkt) ist bei kleiner Beruhigungszeit auch der Höhenverlust klein. Dieser Sonderfall tritt im wesentlichen bei einigen Verbrennungsmotormodellen, seltener bei Gummimotor- und Segelflugmodellen auf (Einstellwinkeldifferenz $\approx 0^\circ$).

Von der theoretischen Seite her gesehen, sind es zwei Faktoren, die die Güte der Stabilisierung angeben: Zunächst braucht man ein Profil, das eine gutmütige Abreißcharakteristik aufweist und dessen Strömung in einem möglichst großen Anstellwinkelbereich anliegt. Zum zweiten sucht man das Profil, das in diesem ausnutzbaren Anstellwinkelbereich einen möglichst großen Auftriebsanstieg aufweist.

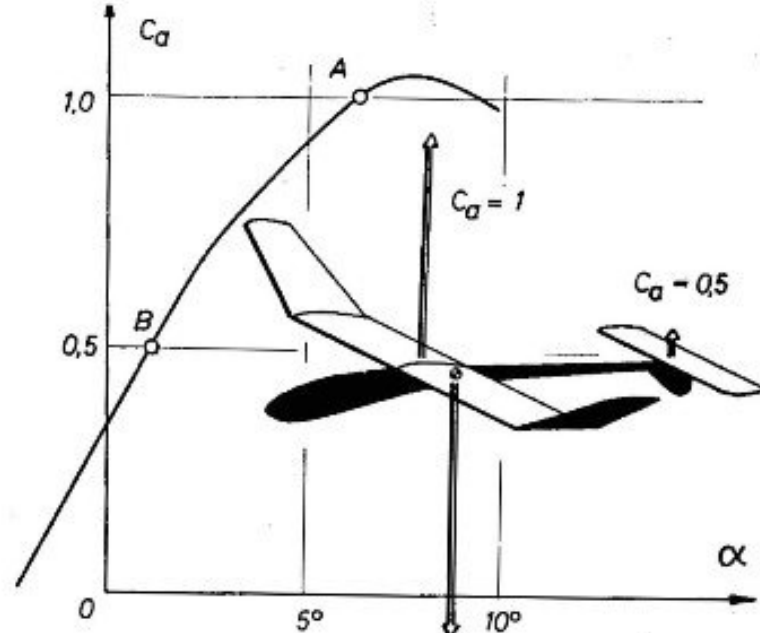


Abb. 3 Polare einer gewölbten Platte bei $Re\ 40\ 000$. Maßstabgetreue Auftriebsverteilung. A, B = Arbeitspunkte des Flügels und des Leitwerks

Zur allgemeinen Orientierung sind in Abb. 4 die Polaren der ebenen und einer gewölbten Platte sowie der erreichte Auftriebsanstieg aufgezeichnet. Nun stimmen die in der Praxis verwendeten Profile „Ebene Platte“ und „Gewölbte Platte“ aus 1 oder 2 mm Balsa nie ganz mit den Windkanalmodellen überein. Dazu kommt noch die prinzipielle Abhängigkeit der Polare, genauer „ c_a über α -Kurve“ von der Streckung, so daß die Abb. 4 nur qualitativen Charakter hat. Sie gibt aber den Unterschied zwischen beiden Profilen gut wieder. Die ebene Platte hat das geringere $c_{a\ max}$, d. h. einen kleineren ausnutzbaren Bereich, in dem die Strömung anliegt. Dies gilt zumindest nach höheren Anstellwinkeln hin. Bei kleinen Anstellwinkeln stabilisiert die gewölbte Platte schlechter als die ebene, denn ihr Auftriebsanstieg nimmt schon bei -3° ab, der der ebenen Platte wegen der Symmetrie erst bei -6° . In unserem Fall ist das nicht so schlimm, weil das Abfangen aus gedrückten Fluglagen bei weitem nicht mit so viel Höhenverlust verbunden ist wie der Stabilisierungsvorgang nach starkem Aufbäumen. Das gewölbte Profil ist also eindeutig günstiger. Das gilt in noch größerem Maße für die in der Praxis vorkommenden endlichen Flügelstreckungen (z. B. $\lambda = 5$, s. die Werte weiter unten. Der unendlich lange Flügel $\lambda = \infty$, findet vorzugsweise in theoretischen Abhandlungen Verwendung).

Bei allen Leistungsmodellen liegt der Arbeitspunkt des Flügelprofils dicht unterhalb seines $c_{a\ max}$. Das Leitwerk dagegen soll etwa in der Mitte des Bereiches anliegender Strömung fliegen, denn nur dann ist beim Aufbäumen des Modells, und in gewissem Maße auch in gedrückter Fluglage, eine wirksame Stabilisierung gewährleistet. Beim symmetrischen Leitwerk ist das sicher erfüllt, da es bei richtiger Schwerpunktslage mit der Anströmung 0° fliegt. Das Beispiel im letzten Abschnitt zeigt, daß diese Forderung aber auch für gewölbte Profile annähernd erfüllt ist, die mit ungefähr 0° bis 2° fliegen.

Bei der für Leitwerke üblichen Streckung $\lambda = 5$ werden folgende Auftriebsanstiege erreicht:

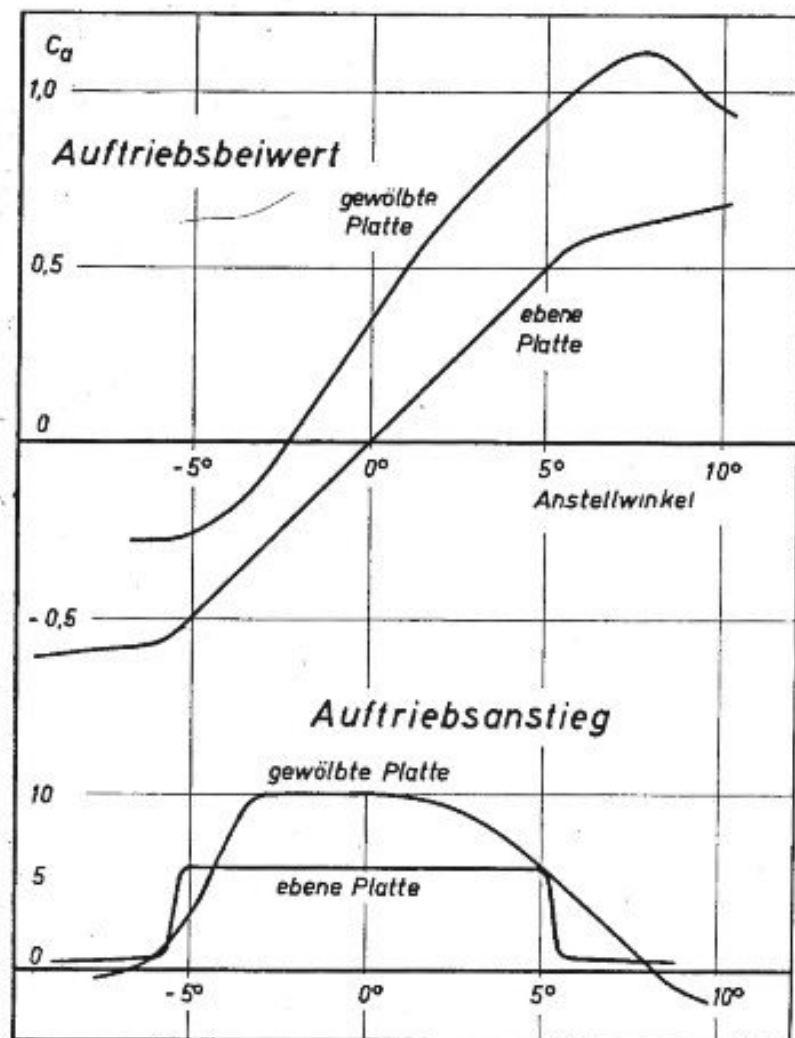


Abb. 4 Auftriebsbeiwert und Auftriebsanstieg für die ebene und gewölbte Platte ($\lambda = \infty$)

Ebene Platte 3,5; Profile mit gerader Unterseite 3 bis 4; gewölbte Platte 417a etwa 5 und bei heruntergezogener Endleiste bis 6. Dabei reißt die Strömung der ebenen Platte ($\lambda = 5$) bei 7,6° ab, an der gewölbten Platte erst bei 14°.

In allen Fällen können diese Werte nur erreicht werden, wenn die Strömung nicht durch vorzeitige Ablösung gestört ist. Im Zusammenhang damit ist die Frage berechtigt, inwieweit die Strömung überhaupt auf der Leitwerks-oberseite anliegt. Eine weitverbreitete Ansicht ist, daß sie abgerissen sei, weil das Leitwerk in der Wirbelschlepp der Tragfläche fliege. Das ist aber falsch, wie die oben angeführte Beispielrechnung zeigt. Das dort an einem wirklichen Modell bestimmte c_a kann ein Leitwerk nur erreichen, wenn seine Oberseitenströmung ebenso gut anliegt, wie diejenige des Flügels, also etwa bis zu 80 % der Profiltiefe. Auch müßten sonst hochgesetzte Leitwerke (T-Leitwerke) eine bessere Stabilisierung gewährleisten, weil dort die Wirbelschlepp sicher unter dem Leitwerk vorbeizieht. Ein solcher Effekt ist aber bei Flugmodellen nie beobachtet worden.

Jetzt wird die Sache ausprobiert

Um wieder auf die praktische Seite zurückzukommen, hat der Verfasser sein schon erwähntes A 1-Modell mit zwei verschiedenen umriß-

gleichen Leitwerken versehen, einer ebenen Platte aus 1,5 mm Balsa und einer 5 % gewölbten Platte mit der größten Wölbung bei ca. 60 % t, beide 3 dm² groß. Als das gewölbte Leitwerk verwendet wurde, lag der Schwerpunkt bei 60 % t und 12 % vor dem Neutralpunkt, in Angleichung an das bei der Leistungsberechnung verwendete Modell 1. Bei der ebenen Platte wurde der Schwerpunkt in das 1. Drittel der Flügeltiefe verlegt. Die Leitwerke wurden in beiden Fällen auf optimalen und für die beiden Modellkombinationen möglichst gleichmäßigen Gleitflug eingestellt. Schon beim Handstart zeigte sich, daß das Modell mit dem gewölbten Leitwerk sicherer gegen Überziehen war als das mit dem symmetrischen. Beim horizontalen Handstart mit Übergeschwindigkeit schien das Modell zunächst gebremst zu sein, als müsse es durch einen zähen Brei fliegen. Es stieg fahrluhartig etwa 2 m empor und führte dann erst einen ruhigen Gleitflug aus. Mit dem symmetrischen Leitwerk zeigte das Modell stärkere Überzieheigenschaften.

Nach Abschluß der entsprechenden Messungen wurde das symmetrische Leitwerk von 3 dm² auf 1,8 dm² verkleinert, um die theoretisch vorhandene Überstabilität des 3 dm²-Modells zu beseitigen, (Angleichung an Modell 2). Es zeigte sich, daß das Modell dann schon im Handstart weniger zum Überziehen neigte.

Beim Hochstart wurde das Modell nicht vorsichtig ausgeklüfft sondern kräftig herausgerissen, damit man die Beruhigungszeit messen kann. Die Kurvensteuerung war vorher festgesetzt worden und das Modell auf Geradeausflug eingestellt. Je nach der Stärke des Herausreißen waren die Beruhigungszeiten verschieden. Für das gewölbte Leitwerk wurden nacheinander 20, 6, 10, 10 sec gemessen, für das symmetrische lag die Beruhigungszeit stets über 30 sec. Nach Verkleinerung des Leitwerks auf 1,8 dm² wurden Beruhigungszeiten um 20 sec gemessen. Das Ergebnis ist eine vollendete Bestätigung für die Neutralpunkt-methode. Bei dem 1,8 dm²-Modell ist die Stabilität besser als beim 3 dm²-Modell, weil das erstere den günstigeren Abstand von 20 % zwischen Schwerpunkt und Neutralpunkt aufweist, während das andere mit einem Abstand von etwa 38 % überstabil ist.

Ergebnis

Das gewölbte Leitwerk ist nach Leistung und Stabilität etwas besser als das symmetrische. Bei richtiger Bemessung des letzteren durch die Neutralpunkt-methode ist der Unterschied jedoch geringer als man gemeinhin erwartet. Das symmetrische Leitwerk ist also besonders für einfache Modelle durchaus zu empfehlen.

Die Suche nach dem günstigsten Profil führt zu einer gewölbten Platte, deren maximale Wölbung bei ca. 60 % t liegt. Man gestalte die Eintrittskante nicht zu flach (wegen der Abrießeigenschaften und des erreichbaren $c_{a \max}$).

Und wie sieht nun die Praxis aus?

Man wird bald feststellen, daß es in der Praxis nicht mit der Verwendung des so ausgewählten

* Anm. d. Verl.: Der Auftriebsanstieg ist der differentielle c_a -Zuwachs bezogen auf den Bogen 1 entsprechend 57,3°.

Profils getan ist. Die Längsstabilität hängt eben noch von vielen anderen Faktoren ab, von denen hier nur das Trägheitsmoment (vgl. MECHANIKUS 10/59, S. 440-445) um die Querachse und die Schwerpunktslage genannt seien. Von der letzteren hängt dann die Einstellwinkeldifferenz direkt ab, so daß diese nicht extra behandelt werden muß. Die Einflüsse sind so vielseitig, daß eine einigermaßen vollständige Behandlung in diesem Rahmen nicht möglich ist. Sie seien deshalb hier nur kurz erläutert. Das Trägheitsmoment muß möglichst klein sein. Aus diesem Grund verbietet sich ein kleines eventuell symmetrisches Leitwerk an langem Hebelarm. Der Verfasser hat es erlebt, daß ein A 1-Modell mit 90 cm langem relativ schwerem Stabumpf nach Auswechseln gegen einen leichten 68 cm langen Rumpf, ohne Veränderung von Flügel und Leitwerk, eine bessere Längsstabilität aufwies (!). Das Beispiel zeigt den großen Einfluß des Trägheitsmomentes. Was die Schwerpunktslage betrifft, so sei nochmals auf die Ausführungen zur Neutralpunkt-methode in MECHANIKUS 7/59 verwiesen. Das beste Leitwerksprofil nützt nichts, wenn das Modell durch falsche Auslegung der Konstruktion und Schwerpunktslage überstabil ist und sich dadurch nach einer Störung totpumpt. Der

Fall der Überstabilität tritt ein, wenn der Abstand zwischen Schwerpunkt und Neutralpunkt zu groß ist. So fliegen die meisten Modelle mit symmetrischem Leitwerk überstabil. Der Verfasser hat diesen Fehler jedoch auch des öfteren bei Modellen mit gewölbtem Leitwerk beobachtet.

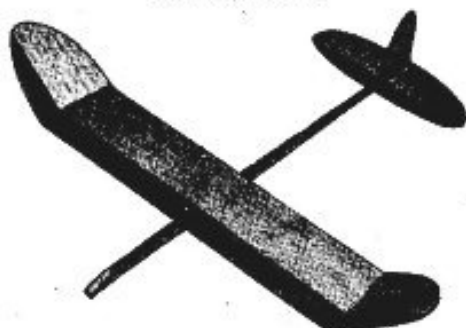
Mit diesen Ausführungen sind durchaus noch nicht alle Fragen geklärt. Wie wirkt es sich z. B. aus, wenn man im Modell 2 das symmetrische Leitwerk durch ein 1,8 dm² großes gewölbtes ersetzt. Bei Schwerpunktslage im 1. Drittel müßte das Modell leistungs- und stabilitätsmäßig besser sein. Doch scheint es, daß man trotz theoretisch gleicher Stabilisierung des Leitwerks aus aerodynamischen Gründen und wegen der geringeren Re-Zahl das Leitwerk nicht zu klein machen darf. Hier ist noch Raum für viele Untersuchungen.

Zusammenfassung

Es werden die Vor- und Nachteile von symmetrischen und gewölbten Leitwerksprofilen im Bezug auf Leistung und Längsstabilität untersucht. Die Ergebnisse weisen einen geringen Vorsprung des gewölbten Profils hinsichtlich der Leistung und Längsstabilität aus.

K. P. Beuermann

NEUHEIT



Blitz

Wurfsegler mit profilgefrästem Flügel von O. Schmolinske. Spannweite 415 mm, Länge 420 mm. In Minuten zu bauen. Alle Teile vorbearbeitet. Bestell-Nr. 105 Baupackung DM 2,75

Josef Friedrich Schmidt

München 13 · Blütenstraße 21



Alle beliebten Marken -
PRISMEN-FELDSTECHER
portofrei 1 Woche zur Ansicht.
Beim Wandern, Reisen u. beim Sport
„Mehr sehen - mehr erleben“
a. W. Teilzahlung bis 12 Monatsraten

Gratis-Katalog W 14 anfordern

Robert Geller KG.

Opt. Anstalt - GIESSEN/Hess.

Lips hat alles!

lt. Volksmund seit 1875

M. Lips, Hannover

Das älteste Modellbaufachgeschäft Hannovers

Holzmarkt 2 · Fernruf 13076 · Flug-, Schiffs-,
Eisenbahn- und Maschinen-Modellbau, Industrie-
modellbau · Präzisionsschrauben bis M 6, Zahnräder
bis m=2,0, Kleinstarmaturen, Eigene Werkstatt,
Anfertigung von Getrieben u. dergleichen
Prospekte nur gegen Voreinsendung v. Rückporto

Jeder kann studieren

Der 2. Studienweg setzt weder Abitur noch mittl. Reife voraus. Fachlehrer urteilen: „Eine so gründliche Ausbildung auf dem Fernwege hätte ich nicht für möglich gehalten. Rationelles Lernen durch Lehrstoff-Doppelgliederung. Auf Wunsch: Prüfungsvorbereitung in Seminarwochen. Zeugnis.“

Erbitte kostenl. Studienpläne u. Berufsbuch. Mich interessiert:

- | | |
|--|--|
| ☐ Technischer Zeichner | ☐ Techniker*) |
| ☐ Waren Dekorateur | ☐ Werkmeister |
| ☐ Bilanzbuchhalter | ☐ Techn. Kaufmann |
| ☐ Kostenrechner | ☐ Betriebswirt/Kfm. |
| ☐ Innenarchitekt | ☐ Graphiker**) |
| ☐ Werbefachmann | ☐ Ingenieur*) |
| ☐ Journalist/Schriftsteller | ☐ Architekt |

*) Masch.-Bau, Hoch- u. Tiefbau, Elektrotechnik, Heizung

***) Werbung, Modzeichner, Karikatur, Presse, Schrift

STUDIENGEMEINSCHAFT
Abt. H 3 **Darmstadt**

