

Die Werkstoffformen im Metallflugmodellbau

Von Ing. Maurus Glas, Schmalkalden

Jeder Flugmodellbauer, der sich erstmalig mit der Metallbauweise befaßt, wundert sich darüber, daß die Werkstoffformen nicht auf einige wenige Ausführungen beschränkt sind, sondern eine Vielheit von Profilierungen besteht. Wenn ihm auch bei der Betrachtung der Profilliste die Gründe dieser Vielheit in groben Umrissen erklärt werden, indem dort die Profile gruppenweise unter Angabe der verschiedenen Verwendungszwecke wie „für Rippen und Spanten“, „für Holme“, „für Nasenleisten“ usw. geord-

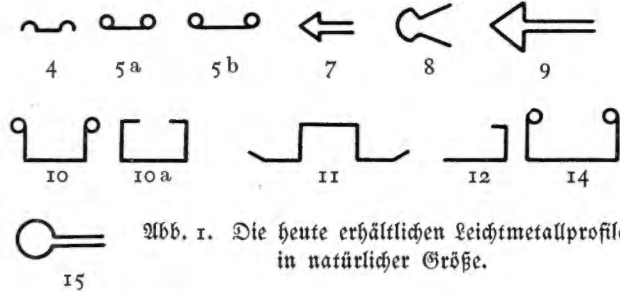


Abb. 1. Die heute erhältlichen Leichtmetallprofile in natürlicher Größe.

net sind, so begreift er doch erst beim Bau der ersten Bauplanflugmodelle¹⁾, wie notwendig diese Verschiedenartigkeit ist. Aus den Erfahrungen bei der Leitung von Kursen im Metallflugmodellbau ergibt es sich, daß es zur Förderung des konstruktiven Denkens des Anfängers und auch des fortgeschrittenen Metallflugmodellbauers ratsam ist, die Notwendigkeit der vielfachen Profilierungen des Metallwerkstoffes und dessen vielseitige Anwendungsmöglichkeiten bei Benutzung der Mecos-Sonderwerkzeuge einmal eingehender zu erklären. Mit diesen Beschreibungen dürfte der Flugmodellbauer gleichzeitig einen Eindruck davon erhalten, welcher Aufwand an Überlegungen und praktischen Versuchen erforderlich war, bis die Metallprofilliste ihr heutiges Aussehen erhielt. Es dürfte ihm dann auch nicht schwerfallen, zu begreifen, daß manches Profil, das nach langen Versuchen entstanden war, auf Grund der Erkenntnis bei neuen Versuchen heute gar nicht in der Liste erscheint, sondern durch ein anderes ersetzt ist.

Für die aus Abb. 1 ersichtliche Verschiedenartigkeit der Profilierung des Metallwerkstoffes waren fünf Hauptgründe maßgeblich:

1. Beibehaltung der geringen Gewichts- und hohen Zugfestigkeitswerte aus der Holzbauweise,
2. Erreichung größtmöglicher Biege- und Knickfestigkeit,
3. Einstellung der Querschnittstärke und Metallart auf die Größe der Beanspruchungen,
4. Erreichung vielseitiger Verbindungs- und Entwurfsmöglichkeiten, insbesondere hinsichtlich der Größe der Beanspruchungen,
5. Erreichung eines tiefliegenden, d. h. sich aus der späteren Beanspruchung nicht hervorhebenden Setz- bzw. Schließkopfes der Aluminiumniete,

¹⁾ Wolkmanns Baupläne flugfähiger Flugmodelle in Metallbauweise, Baupläne 1 bis 3.

6. Erfüllung besonderer Entwurfsforderungen aus strömungstechnischen Gründen.

Vorher auf die unter 1. bis 6. aufgeführten Gründe im einzelnen eingegangen wird, sei festgestellt, daß nicht für jedes Profil alle Gründe zutreffen. Die Notwendigkeit der Herstellung des einen oder anderen Profiles ergab sich mitunter nur aus einem oder zwei der aufgeführten Hauptgründe.

Zu 1: Das spezifische Gewicht des Werkstoffes Duralumin, aus dem die meisten der Profile hergestellt sind, beträgt rund 2,75. Aus dieser Tatsache ergibt sich gegenüber dem Werkstoff Holz rund das vierfache Gewicht.

Wenn trotzdem Flugmodelle und große Flugzeuge in Metall nicht schwerer sind als solche in Holz, so liegen hier in erster Linie Festigkeitsfaktoren vor.

Das für den Flugzeugbau zur Anwendung gelangende Leichtmetall hat eine ungleich größere Festigkeit als das Holz, das für den Holzflugzeugbau benutzt wird. Vergleicht man z. B. nur die Zugfestigkeit der beiden Werkstoffe, so ergibt sich folgendes: Eine den Ansprüchen des Holzflugzeugbaues genügende Kiefernholzleiste im Querschnitt von 10 × 10 mm geht bei einer Zugbeanspruchung von

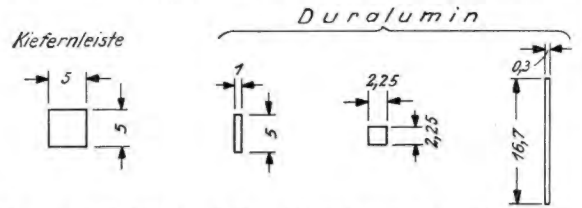
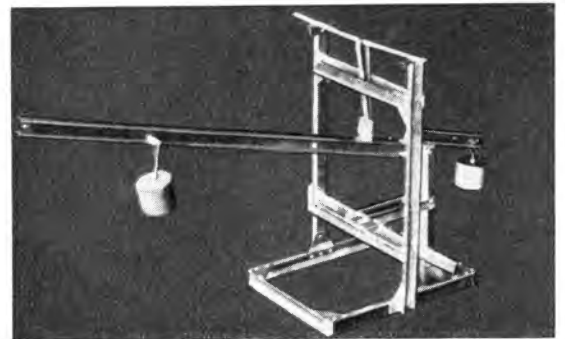


Abb. 2. Festigkeits- und Querschnittsvergleich zwischen Kiefernholz und Duralumin.

600 bis 700 kg zu Bruch. Eine Duraluminleiste im selben Querschnitt von 10 × 10 mm erreicht die Bruchgrenze bei Zugbeanspruchung erst bei 3400 bis 4400 kg. Die Zugfestigkeit des Duralumin ist demnach rund fünfmal so groß wie die des Kiefernholzes. Stellt man die vorstehenden gewichtsmäßigen und festigkeitsmäßigen Feststellungen gegenüber, so kommt man zu dem Ergebnis, daß sich mit Duralumin im Flugmodellbau bei gleicher Festig-



Bilder (4): Gebr. Haller, Schmalkalden

Abb. 3. Belastungsturm aus Metall zur Messung der Festigkeit der Leichtmetallprofile. Rechts ein Ausgleichsgewicht für den linken Hebelarm, links das Laufgewicht für die Messungen.

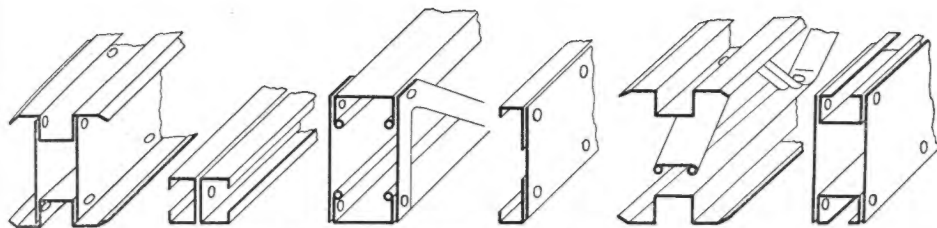


Abb. 4. Verschiedene Möglichkeiten der Holzmusammensetzung.

feit (auf Grund der vorstehenden Erörterungen allerdings nur auf die Zugfestigkeit beschränkt) ein geringeres Rohbaugewicht erreichen läßt als im Holzflugmodellbau.

Bei der Schaffung der Metallbauweise im Flugmodellbau war die Forderung maßgebend, daß ein Metallflugmodell nicht schwerer, aber auch nicht weniger haltbar sein dürfte als dasselbe Flugmodell aus Holz. Daß die Forderung theoretisch einhaltbar war, geht aus den oben gegenübergestellten Festigkeits- und Gewichtswerten hervor. Die mit der Forderung des geringen Gewichtes verbundene Verminderung der aus dem Holzflugzeugbau gewohnten Werkstoffquerschnitte führte zwangsläufig zur Benutzung des Metalls in Blechform. Abb. 2 stellt den Querschnitt einer im Holzflugmodellbau üblichen 5×5 mm starken Kiefernleiste dem eines Blechstreifens aus Duralumin gegenüber. Beide Werkstoffstücke haben die gleiche Zugfestigkeit. An Stelle des 1×5 mm starken Blechstreifens hätte zwar auch eine Metallleiste im quadratischen Querschnitt von $2,25 \times 2,25$ mm gesetzt werden können. Aus der Betrachtung der Abb. 2 dürfte aber klar hervorgehen, daß aus rein handwerklich praktischen Gründen die Blechleistenform vorgezogen wurde. — Man ging aus praktischen Gründen noch weiter und beließ die Blechstärke nicht auf 1 mm, sondern setzte sie auf 0,2 mm und 0,3 mm herab. Aus der Forderung der Weibehaltung der Gewichts- und Festigkeitswerte des Holzflugmodellbaues entstand somit für den Metallflugmodellbau der Leichtmetallblechstreifen und damit das Leichtmetallprofil.

Zu 2: Ein einfacher flacher Leichtmetallblechstreifen hat zwar eine hohe Zugfestigkeit. Diese steht aber in keinem Verhältnis zu seiner geringen Biege-, Druck- und Knickfestigkeit. Der flache Blechstreifen kommt also nur für solche Bauteile in Frage, die nur auf Zug oder nur in geringem Maße auf Biegung, Druck und Knickung beansprucht werden. Da nur auf Zug beanspruchte Bauteile in einem Flugmodell selten auftreten, so mußte versucht werden, die Biege-, Druck- und Knickfestigkeit durch eine besondere Formgebung des Querschnittes des Blechstreifens zu erreichen.

Auf Abb. 1 ist zu ersehen, daß die für die Herstellung von Rippen und Spanten bestimmten Profile 4, 5 a und 5 b mit besonders geformten Rändern versehen sind. Die Profile sind auf Grund dieser Formgebung in erster Linie zur Aufnahme von Biegebeanspruchungen bestimmt. Die Beanspruchungen treten weniger während des Fluges oder bei der Landung des Modells als beim Transport auf, wenn z. B. der Tragflügel oder der Rumpf ergriffen und getragen wird.

Auf Biege-, Druck- und Knickbeanspruchungen, die während des Fluges oder bei der Landung auftreten,

sind insbesondere die für den Holmbau bestimmten Winkel- und U-Profile berechnet, wobei hervorgehoben werden soll, daß die umgebördelten bzw. rechtwinklig abgebo- genen Profilseiten die Knickfestigkeit wesentlich erhöhen.

Um bei der Schaffung der Profile die Festigkeit messen und Festigkeitsvergleiche anstellen zu können, wurden besondere Geräte benötigt und hergestellt. Abb. 3 zeigt z. B. einen Belastungsturm, auf dem die Profile auf Biegefestigkeit geprüft wurden. Da dieses Prüfgerät auch für die Messung der Biegefestigkeit von Holzleisten benutzt werden kann, so war es möglich, Vergleichsmessungen zwischen Holzleisten und Metallprofilen durchzuführen. Lehrsreich dürfte hierbei u. a. folgende Feststellung sein: Das Duraluminprofil 5 a besitzt bei Biegebeanspruchung über die Schmalseite eine größere Bruchlast als eine $2,5 \times 5$ mm starke Kiefernleiste, die ebenfalls über ihre Schmalseite geprüft wird. Beide Leisten haben bei gleicher Länge dasselbe Gewicht.

Zu 3: Die einzelnen Bauteile eines Flugmodells werden je nach ihrer Lage und Bestimmung stärker oder schwächer beansprucht. Um zu vermeiden, daß für einen Bauteil Profile benutzt werden, die eine größere Festigkeit haben als erforderlich ist, sind für den gleichen Verwendungszweck verschiedenartige Profile hergestellt worden. Der Unterschied liegt teils in der Form und teils in der Blechstärke. So wird der sachkundige Flugmodellbauer z. B. für die Herstellung besonders stark beanspruchter Flügelrippen, wie an der Flügelwurzel das aus 0,3 mm starkem Duralblech bestehende Profil 5 b wählen, während er für die übrigen Flügelrippen das etwas schmalere und aus nur 0,2 mm starkem Duralblech hergestellte Profil 5 a benutzt. Setzt er der besseren Formgebung wegen in die Tragflügelnahe halbe Zwischenrippen ein, so steht ihm hierfür das Profil 4 zur Verfügung, das im übrigen für die Rippenherstellung von Flugmodellen mit geringer Spannweite bestimmt ist. Unter ähnlichen Erwägungen und

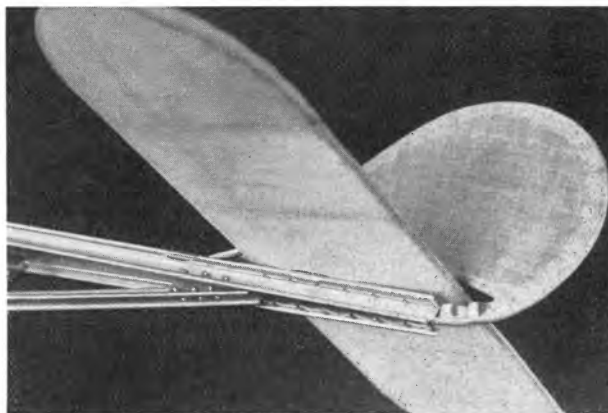


Abb. 5. Bei der Mecos-Metallbauweise liegen die Nietköpfe völlig verdeckt in den Profilen, so daß ein Abheben der Beanspruchung nicht eintritt.

Voraussetzungen sind die verschiedenen für Holmentwürfe bestimmten Profile entstanden. Man ist hierbei in der Verschiedenartigkeit noch einen Schritt weitergegangen und stellt z. B. die Profile 8, 10, 10 a und 14 nicht nur aus Duralumin, sondern auch aus dem weniger festen Aluminium her. Der Erfolg derartiger Maßnahmen äußert sich in Gewichtserparnissen und Verminderung der Gesteckungskosten der Profile für den Flugmodellbauer.

Zu 4: Da als Verbindungsmittel des Metallflugmodellbaues die Niete benutzt wird, so mußten die Metallprofile so beschaffen sein, daß sich die Nieten mit Hilfe der Loch- und Nietwerkzeuge ohne Schwierigkeiten anbringen ließen. Bei der Schaffung der Profile für Holmentwürfe war diese Forderung besonders schwer zu erfüllen. Die Einzelteile des Holmes — insbesondere bei Holmen, die sich aus

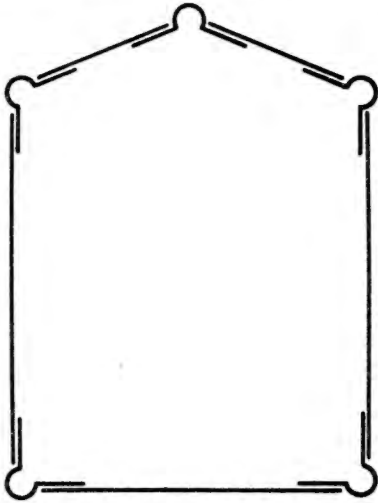


Abb. 6.
Rumpfgurte aus dem Profil 8, das gewöhnlich als Nasenleistenprofil für Tragflügel benutzt wird.

Gurten und Stegen zusammensetzen — sollten nicht nur untereinander vernietbar sein, sondern es mußte auch die Möglichkeit bestehen, an den Holmen Knotenbleche und Rippengurt- oder Spantengurtprofile zu befestigen. Abb. 4 zeigt einige Holmentwürfe, die erkennen lassen, wie weitgehend die Forderungen der vielseitigen Möglichkeiten der Zusammensetzung des Holmprofils aus Gurten und Stegen erfüllt worden sind, wodurch der Bestimmung der Festigkeit des Holmes weite Grenzen gezogen werden. Die für die Nietungen vorgesehenen Profilteile sind mit den Nietwerkzeugen bequem zugänglich.

Zu 5: Während in den Anfängen der Metallbauweise als Bindemittel vorwiegend die Hohlните benutzt wurde, ging man bald dazu über, diese durch die volle Halbrundните zu ersetzen. Man hatte festgestellt, daß die Festigkeit der Hohlнитеverbindung nicht an die der Vollнитеverbindung heranreichte. Ein anfänglicher Nachteil der neuen Nietverbindung lag jedoch in der Form und Größe des

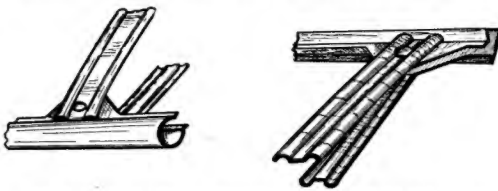


Abb. 7. Nasen- und Endleistenprofil eines Höhenleitwerkes sind zur Gewichtsersparnis beschneiden.

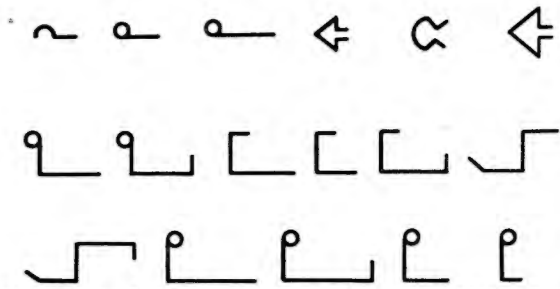


Abb. 8. Neue Profile durch Beschneiden der üblichen Profile mit der Mecoblechschere.

Nietkopfes. Während der Schließ- und der Setzkopf der Hohlните nur wenig aus dem vernieteten Blech hervorstehen, heben sich die Köpfe der Halbrundните etwa 1,5 mm vom Nietblech ab. Da nun im Flugzeugbau darauf geachtet werden muß, daß die von der Luft überströmte Oberfläche des Fluggerätes keine Unebenheiten aufweist, so mußte eine Profilierung gewählt werden, die ein Hervorstehen der Nietköpfe aus der Bespannung von vornherein ausschloß. Diese Forderung ist bei allen Profilen, die unmittelbar unter die Bespannung zu liegen kommen, wie bei den Rippen- und Spantenprofilen, restlos erfüllt. Abb. 5 zeigt die Teilansicht eines bespannten Metallflugmodells, die von der glatten Oberflächenbeschaffenheit der Bespannung Zeugnis ablegt.

Zu 6: Die Profilliste weist ferner unter den Nummern 7, 8, 9 und 15 Profile auf, die aus rein strömungstechnischen Gründen entstanden sind. Alle Lufteintrittskanten eines Flugzeuges sollen zum Zweck der strömunglinigen Durchbildung rund sein und alle Luftabflußseiten spitz auslaufen. Im Holzflugmodellbau ist der Modellbauer gezwungen, die Abrundung von Nasenleisten und die Zuspitzung von Endleisten mit Hilfe des Hobels und der Feile vorzunehmen. Dem Metallflugmodellbauer stehen in den fertigen Nasen-, Endleisten- und Kandleistenprofilen Profilleisten zur Verfügung, die keiner weiteren Bearbeitung als vielleicht der des schwachen Auf- oder Zubiegens bedürfen. Die Leisten sind so beschaffen, daß sie sowohl den

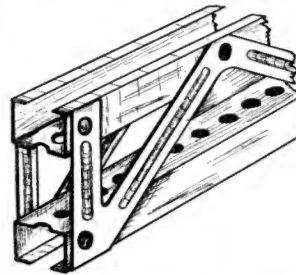


Abb. 9.
Lochauseparungen in den Holmgurten zur Gewichtsersparnis.

obengestellten Forderungen der Stromlinienform genügen, als auch die strömungstechnisch einwandfreie Befestigung von Profilen bzw. Knotenblechen gestatten. Daß diese Profile nicht nur für die auf der Profilliste angegebenen Zwecke benutzt werden können, wird auf der Abb. 6 gezeigt.

Die in den vorstehenden Ausführungen beschriebenen Leichtmetallprofile reichen völlig aus, um jedes Bauplanflugmodell und jeden Eigenentwurf herzustellen. Der fortgeschrittene Flugmodellbauer, der sich vielleicht damit befaßt

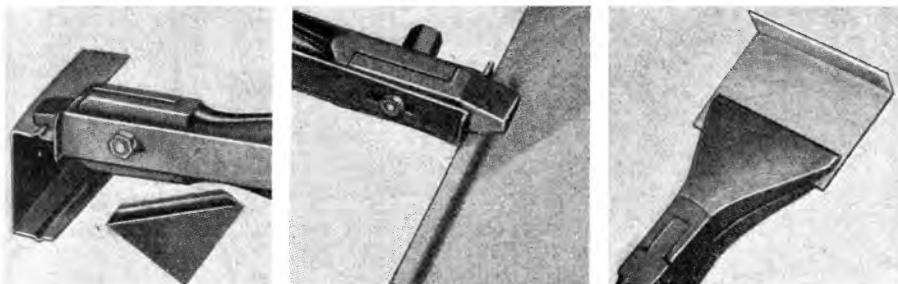


Abb. 10. Rillenzange, Absehzange und Abkantzange geben die Möglichkeit, die Ränder von Blechen zu versteifen und abzukanten.

Segelflugmodelle von über 2500 mm Spannweite oder Motorflugmodelle mit Benzinmotorenantrieb herzustellen, stößt vielleicht einmal auf Entwurfsmomente, bei denen er nach neuen Profilen sucht. So kann es z. B. vorkommen, daß eines der Profile, das an sich mehr zur Aufnahme von Knick- und Druckbeanspruchungen hergestellt war, für einen Bauteil benutzt werden soll, der nur auf Zug beansprucht wird. Das Profil der Profilliste ist also überbemessen. Aus irgendeinem Grunde muß jedoch auf ein geringes Baugewicht geachtet werden. In solchen Fällen hat der Modellbauer zumeist Gelegenheit, das Profil durch Beschneiden mit der Mecco-Blechscherer auf geringeres Gewicht und auf die Festigkeit zu bringen, die noch ausreichend ist. Die Abb. 7 veranschaulicht einige Beispiele dieser Art, bei denen z. B. das Nasen- und das Endleistenprofil entsprechend geändert worden ist. Es lassen sich auf diese Weise fast sämtliche Profile auf andere Formen umwandeln. Abb. 8 zeigt die Änderungsmöglichkeiten. Eine



Abb. 11. Selbsthergestellte Profile mit Hilfe der Rillenzange, Absehzange und Abkantzange.

weitere Möglichkeit der Gewichtersparnis liegt darin, daß einige Profile, insbesondere Holmprofile, an den nicht oder nur gering beanspruchten Profilseiten, wie auf Abb. 9 gezeigt, Lochaussparungen erhalten.

Um dem Flugmodellbauer Gelegenheit zu geben, über die Profile der Profilliste und die Änderungsmöglichkeiten hinaus neue Profile selbst zu gestalten und damit allen Ansprüchen auf Vielseitigkeit der Entwürfe zu entsprechen, sind besondere Profilierungswerkzeuge hergestellt worden. Diese Werkzeuge, eine Rillenzange, eine Absehzange und eine Abkantzange, sind auf Abb. 10 zu sehen.

Mit Hilfe der Rillenzange können die Ränder von Knotenblechen und auch von Profilen der Profilliste zur Erhöhung der Knickfestigkeit mit Rillen versehen

werden. Desgleichen können Flachprofile versteift werden, so daß sich neue auf Abb. 11 dargestellte Profilformen ergeben. Abb. 12 zeigt einen Rumpffentwurf, bei dem die

Diagonalversteifungen aus einem Blechstück bestehen, das mit der Blechscherer ausge schnitten und mit der Rillenzange versteift worden ist. Der Rumpf zeichnet sich durch große Verdrehungsfestigkeit aus.

Die Hauptanwendung der Absehzange liegt in dem Anbringen von Absätzen an größeren Blechstücken. Der Rand des Bleches erhält somit eine gute Versteifung, und es ergibt sich ferner die Möglichkeit, das Blech mit anderen Bauteilen zu verbinden, ohne daß die Nietstelle sich über die Blechfläche erhebt. Diese letzte Eigenschaft ist vor allem beim Anbringen von Rumpfs- und Flügelnasenverkleidungen wichtig.

Durch Benutzung der Abkantzange, die in den Maulbreiten von 30 und 50 mm hergestellt wird, ist es möglich, schnell und genau die Kanten von Profilen oder größeren Blechstücken zur Versteifung in jedem gewünschten Winkel abzukanten.

Werden die in den vorstehenden Absätzen erörterten Benutzungs- und Veränderungsmöglichkeiten der Profile und die Möglichkeit der Profilselbsterstellung zusammengefaßt, so ergibt sich die dem heutigen Stand des Metallflugmodellbaues entsprechende Erkenntnis: Auf Grund der vorhandenen Werkstoffformen und Metallbearbeitungswerkzeuge weist der Metallflugmodellbau kein Entwurfsproblem auf, das nicht gelöst werden könnte.

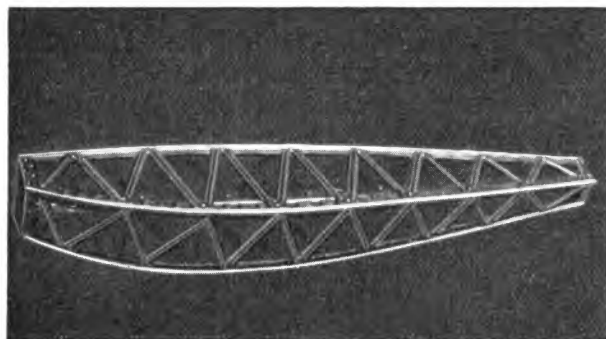


Abb. 12. Die Diagonalversteifungen des Metallrumpfes bestehen aus je einem mit der Mecoschere ausgeschnittenen und der Rillenzange versteiften Blechstück.

Der im Heft 4 angekündigte Bericht über die

Schalenrumpfbauweise

kann aus drucktechnischen Gründen erst im Januarheft veröffentlicht werden.

Die Schriftleitung.