

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81/82 (1923)
Heft: 10

Artikel: Segelflug und Flugzeug-Bautechnik
Autor: Fritsch, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38876>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Es ist nun zu kontrollieren, ob der für αl gefundene Wert von 2,901 richtig oder ob ein Zusatz von 2π oder einem Vielfachen davon noch beizufügen ist. Ueber diese Frage gibt Gleichung (13) Aufschluss. Messungen an einzelnen Fabrikationslängen des Kabels lieferten im Mittel die Werte: $K = 0,042$ mf und $L = 0,0095$ H.

Somit ist:

$$\alpha l = \omega l \sqrt{KL} = \frac{6220 \times 23,1}{10^3} \sqrt{0,042 \times 0,0095} = 2,873,$$

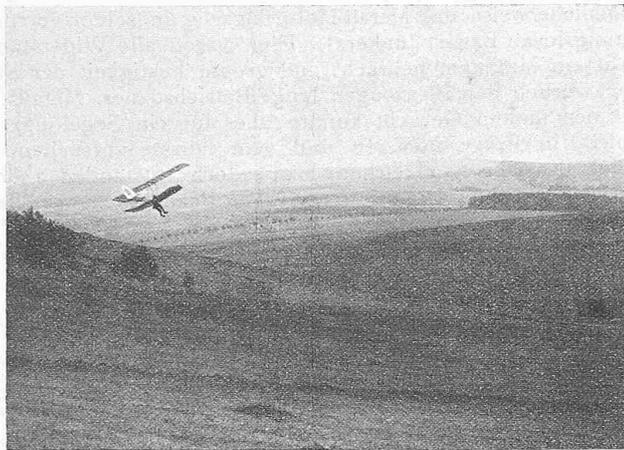


Abb. 1. Hänge-Gleitflugzeug von Schulz und Pelzner am Südostabhang der Wasserkuppe, 1921.

in seiner Skizze aus dem Segelflug-Wettbewerb in Gstaad („S. B. Z.“ vom 10. Juni 1922) mit vorzüglicher Anschaulichkeit darüber berichtet hat. Auch der Aufsatz über die Entwicklung des (Motor-) Flugzeuges von Oberleutnant H. Jenny im Frühjahr 1920 (Bd. 75, S. 139 ff.) ist sehr lesenswert, da er einen ausgezeichneten, übersichtlichen Auszug aus der Entwicklung der Flugtechnik darstellt.¹⁾

Man sieht aus allem, wie Motor- und Segelflug aus gleichen Kinderschuhen aufwachsen, bis sich schliesslich

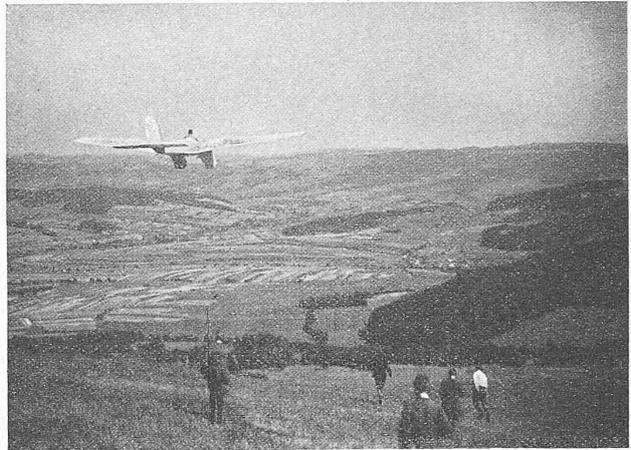


Abb. 2. Der Eindecker von Klemperer „Blaue Maus“ (Aachen) am Rhön-Wettbewerb 1921 (vergl. Abb. 3 bis 6).

woraus folgt, dass ein Zusatz im vorliegenden Falle nicht zu machen ist. Es kommt dies davon her, dass die Kabel-länge kleiner ist, als die Wellenlänge. Nach Gleichung (8) beträgt diese $2\pi : 0,1255 = 50,06$ km.

Aus den Gleichungen (9) und (10) ergibt sich weiter:

$$\gamma l Z = 1423 \cdot e^{j76^\circ 27'} = 333,4 + j1383 = l(R + j\omega L)$$

$$R = 14,43\Omega \text{ und } L = 0,00963 \text{ H}$$

$$\frac{\gamma l}{Z} = 0,0060 \cdot e^{j89^\circ 49'} = 19,2 \cdot 10^{-6} + j0,006 = l(A + j\omega K)$$

$$K = 0,0418 \text{ mf und } A = 0,83 \cdot 10^{-6}$$

Zum Schlusse noch eine kleine Kontrollrechnung. Die vier Grundkonstanten in Gleichung (14) eingesetzt, gibt für die spezifische Dämpfung den Wert

$$\beta = \frac{1}{10^3} \left[7,21 \sqrt{\frac{0,0418}{0,00963}} + 0,4 \sqrt{\frac{0,00963}{0,0418}} \right]$$

$$= \frac{1}{10^3} (14,9 + 0,19) = 0,01510$$

Es stimmt, wie man sieht, dieses Resultat mit dem aus Gleichung (6) erhaltenen β ausgezeichnet überein.

Segelflug und Flugzeug-Bautechnik.

Von Dipl.-Ing. *Walter Fritsch*, Aachen.

Die grossen Fortschritte, die im vergangenen Jahre auf dem Gebiete des motorlosen Segelfliegens erzielt wurden, zunächst in Deutschland, sodann, angestachelt durch die ausserordentlichen Leistungen, in England und neuerdings auch in Frankreich, haben allgemein solche Bewunderung und solches Interesse hervorgerufen, dass es die Leser der „S. B. Z.“ vielleicht interessieren mag, auch aus der baugeschichtlichen Entwicklung und der Bautechnik des Segelfluges etwas zu hören.

Auf die aerodynamischen Vorgänge beim Segelflug, auf die Möglichkeiten der Energiegewinnung aus der Luft gegenüber dem mit Energie ausgerüsteten Motorflugzeug braucht hier nicht eingegangen zu werden, da Ing. R. Gsell

der grundlegende Unterschied herauskristallisiert. Der Motorflieger sucht durch einen möglichst kräftigen, zuverlässigen Motor von den jeweiligen Witterungsverhältnissen und Zufälligkeiten der Luft unabhängig und unbehelligt zu werden, der Segelflieger hingegen versucht, sich ihnen anzupassen, um sie auszunützen, und die Energie, die Kraft zum Fliegen aus ihnen gewinnen zu können.

Zunächst war man auch beim Motor-Flugzeug noch vor allem auf leichtes Gewicht bedacht; als dann aber die Entwicklung der Motoren-Industrie leistungsfähigere Flugzeugmotoren schuf, traten Festigkeit und gute Form in den

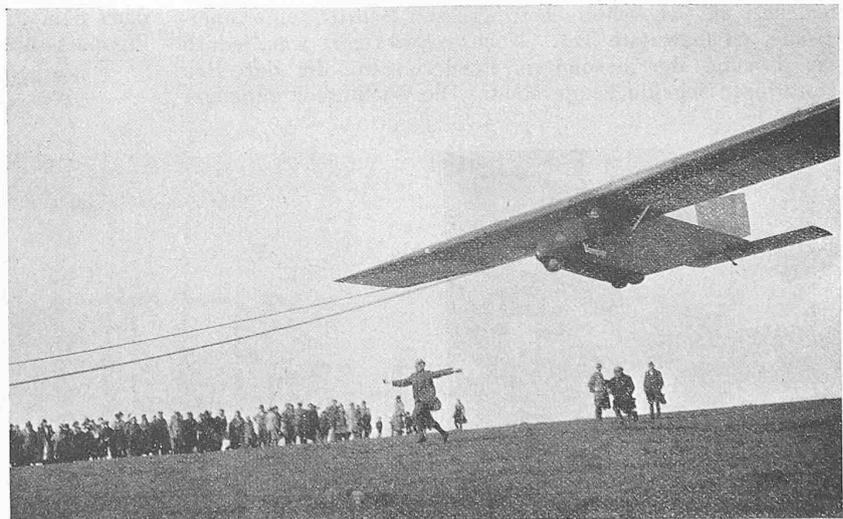


Abb. 9. Der Start des Eindeckers „Vampyr“ (Hannover) an der Wasserkuppe 1922 (vergl. Abb. 8 u. 11).

Vordergrund, die schliesslich zum Metallflugzeug führten. Der Segelflieger dagegen hat als obersten Grundsatz mög-

¹⁾ Nicht zu vergessen der ersten Arbeit des schweizerischen Segel-Flug-Pioniers *Carl Steiger* (Kilchberg b. Zeh.), der schon vor 15 Jahren in diesem Blatte (Bd. 51, 4. April und 2. Mai 1908) Wege gezeigt und Formen vorgeschlagen hatte, die seither in hohem Masse sich als richtig erwiesen haben. Von den Ausführungen von cand. ing. E. Meyer in letzter Nummer hatte Herr Fritsch keine Kenntnis. *Red.*

lichst geringes Gewicht bei aerodynamisch bis aufs äusserste vollendeter Form. Mit jedem Gramm wird gerechnet, am kleinsten Gewicht gespart, wo immer möglich. Daher auch die verblüffende Tatsache, dass ein Segelflugzeug von 10 m Spannweite und 5 1/2 m Rumpflänge, wie z. B. die „Blaue Maus“ von Klemperer (Abbildungen 2 bis 6), kaum 53 kg wiegt, d. h. also nur rund 2/3 soviel, als der Pilot selbst. Darum konnte z. B. auch der Rhönflieger Espenlaub sein 18 m spannendes Segelflugzeug (Abb. 10)

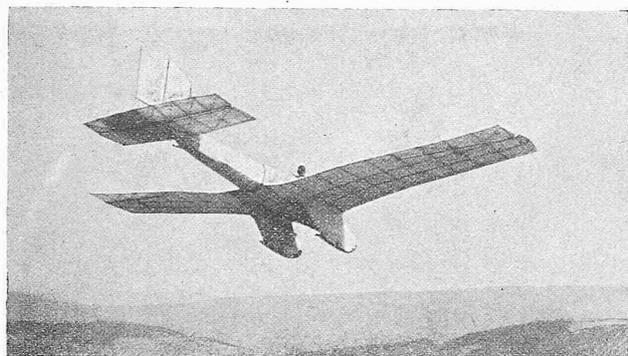


Abb. 3. Aachener Eindecker „Blaue Maus“ (Rhön 1921) mit Rumpf, Stützkufern (statt Rädern) und verspannungslosen Tragflächen. Konstrukteur Ing. Klemperer.

allein beim Schwanz packen und wie einen Kinderwagen kilometerweit zum Startplatz rollen.

Diese erstaunliche Leichtigkeit ist eine der Grundlagen zu den grossen Segelflug-Erfolgen und der Ruhm gebührt daher nicht allein den persönlichen Leistungen der Flieger, sondern in ebenso grossem Masse auch den Konstrukteuren und der Werkstatt, die in zähem Arbeiten unter Ueberwindung zahlreicher Schwierigkeiten die Maschinen in ihrer vollendeten aerodynamischen Form schufen. Die Lösung dieser Probleme ist weit schwieriger als die Mehrzahl der Menschen, die die Entwicklung des Segelfluges mit Interesse verfolgen, zu erkennen vermag. Das Brechen mit dem Althergebrachten, das Loslösen von den Grundsätzen des Motorflugzeugbaues, wie sie die Vorkriegszeit und insbesondere der Zeitabschnitt des Krieges festlegten, bedeutet an sich schon einen grossen Schritt, eine energische, zielbewusste Tat. Noch schwieriger war jedoch die Lösung der besondern Forderungen, die der Bau motorloser Segelflugzeuge stellte. Die Wichtigkeit günstiger

aerodynamischer Form mit geringstem Luftwiderstand und doch möglichst leichten Gewichts ist schon hinreichend betont worden. Daneben sind Festigkeit, insbesondere auch für Start und Landung, und, soll das Segelflugzeug Eingang in weiteste Sportkreise finden, nicht zuletzt Billigkeit und gute Transportfähigkeit die wesentlichsten, zum Teil einander entgegenstehenden technischen Probleme, die, wenn auch noch nicht restlos, so doch in gewissem Masse als gelöst anzusehen sind.

Den Weg, der hierbei zu beschreiben war, wies eigentlichlicherweise das Metall-Motorflugzeug in seiner verspannungslosen Bauart Junkers¹⁾. Hier waren alle Widerstände auf ein Minimum gebracht und grosse Festigkeit der Bauart verlieh den Flugzeugen lange Betriebsdauer. Metall mit seinem hohen Gewicht konnte aber für ein Segelflugzeug nicht in Frage kommen und man musste versuchen, in Holz dasselbe zu erreichen. Hier jedoch entstanden andere Schwierigkeiten. Die relativ geringen Beanspruchungsziffern von Holz erfordern zur Aufnahme der bei freitragenden Konstruktionen auftretenden grossen Kräfte bedeutende Materialquerschnitte, die wiederum hohes Gewicht in sich schlossen. Die Lösung fand Klemperer. Er baute in Verbindung mit der „Flugwissenschaftlichen Vereinigung Aachen“ erstmalig einen freitragenden Eindecker aus Holz, dessen Festigkeit und geringes Gewicht im Rhön-Wettbewerb 1920 allgemein überraschten; die Richtigkeit dieses Weges bewies er den über das dicke Flügelprofil²⁾ höhennenden Konkurrenten, das mit 15 m/sek Wind noch nicht vom Boden kommen würde, indem er schon bei 5 bis 6 m/sek Wind mit seiner „Blauen Maus“ (Abb. 2 und 3) 1921 den deutschen Rekord ausflog (144,6 sek, 1830 m).

Das Grundprinzip der Konstruktion Klemperers, das auch in seinen weiteren Bauten erhalten ist, besteht in der konsequenten Anwendung der Sperrholz-Fachwerkbauart. Nur so ist es möglich, die auftretenden Luftkräfte durch verhältnismässig geringe Mengen Material aufzunehmen. Das Gitterfachwerk der Tragflächenholme, das in seiner Bauart der von Brücken- und Kranträgern gleicht, vermag z. B. bei der „Blauen Maus“ mehr als das fünffache der im Normalflug auftretenden Luftkräfte aufzunehmen, wobei das Gewicht des Hauptholms nur 7 kg beträgt. Das Auftreten reiner Biegekräfte wird bei dieser Ausführung nach Möglichkeit vermieden. Zug- und Druckkräfte werden nach dem Prinzip der T- und I-Träger entsprechend der Eigenart ihrer Beanspruchung unter Berücksichtigung der

¹⁾ Vgl. „S. B. Z.“, 9. April, 10. und 24. Dezember 1921. Red.

²⁾ Von jeher eine Forderung C. Steigers. Red.

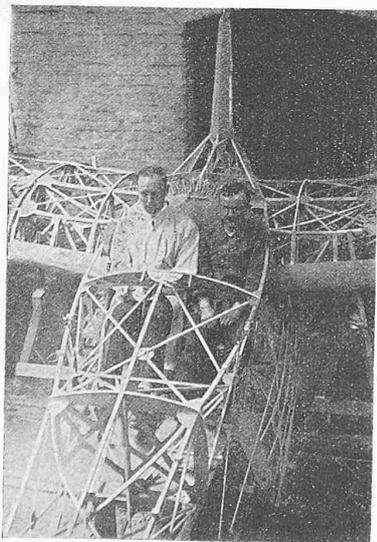


Abb. 7. Die Aachener „Ente“ im Bau. Zweisitzer-Segelflieger mit Höhensteuer vorn, Hauptflügel und Seitensteuer hinten.

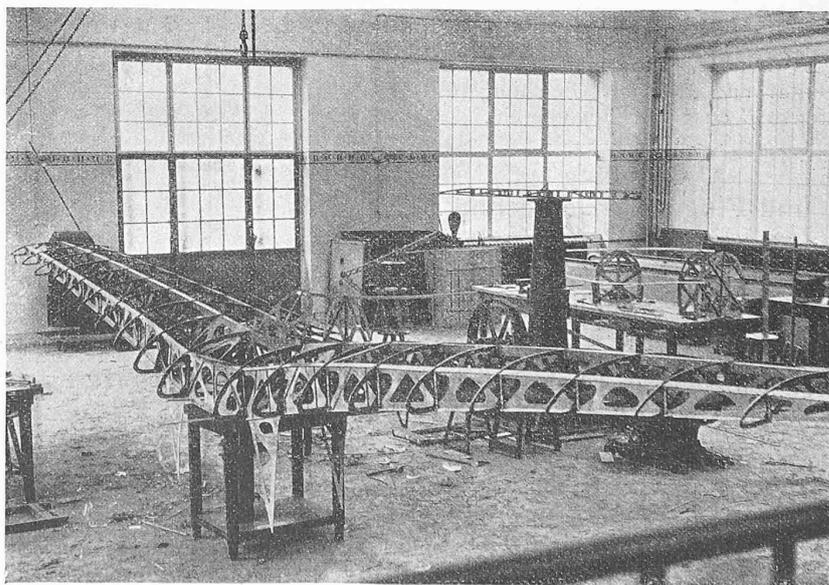


Abb. 4. Flügelgerippe des Aachener Eindeckers „Blaue Maus“, Konstrukteur Ing. Klemperer. In der Gleiterbau-Werkstätte der Flugwissenschaftl. Vereinigung Aachen.

für das Baumaterial zulässigen Beanspruchungsziffern aufgenommen. Besondere Schwierigkeiten bereitet die Aufnahme der auf die Tragflügel wirkenden Verdrehungskräfte. Da die Spannweite der heutigen Segelflugszeuge durchweg 12 m und mehr beträgt, bedarf es schon besonders ausgebildeter Raumdiagonalen und Fachwerkverbände, um genügende Steifigkeit zu erzielen (Abb. 4 bis 6).

Wenn man berücksichtigt, dass diese Verbindungen von Streben, Diagonalen, Rippen und Holmen ohne jeden Metallbeschlag und ohne Nägel hergestellt werden, so wird man sich vorstellen können, mit welchem Geschick die Ausbildung der Knotenpunkte erfolgen muss. Abbildung 6 zeigt sehr deutlich, wie Rippen, Holme und Diagonalen ineinandergreifen und unter Verwendung von Hilfsklötzchen verleimt werden; die besonders wichtigen Stellen werden ausserdem noch mit leimgetränktem Band umwickelt. Man erkennt auf dem Bilde auch gut die T-Querschnittsform der Rippen und der beiden äusseren Holme, während der mittlere Holm als Kastenholm ausgebildet ist. Die Stege sind hierbei aus dünnem, dreiteiligem Sperrholz von 0,8 bis 1,2 mm Stärke hergestellt, die Gurte aus stärkeren Holzleisten (z. B. Rippen je zwei zu 3×5 mm; Holme je zwei zu 10×12 mm).

Naturgemäss vervollkommen die durch den Bau gewonnenen Erfahrungen ständig die Ausbildung dieser Sperrholz-Fachwerke, sodass z. B. die heute von der Aachener Flugzeubau-G. m. b. H. (deren Chefkonstrukteur Klemperer ist) herausgebrachten Flugzeuge in ihren Einzelheiten teilweise schon ganz bedeutend von Klemperers erstem Segelflugzeug abweichen, das noch von Studenten der Aachener Hochschule gebaut worden war. Aber das Grundprinzip ist dasselbe geblieben und findet sich auch bei den 1922 so bewunderten Maschinen von Hannover (Hentzen, Martens) und Darmstadt (Hachmach, Botsch) vor. Auch die erfolgreichen Maschinen des englischen Wettbewerbs sind als verspannungslose, freitragende Eindecker gebaut. Man kann daher sagen, dass diese 1920 entstandene Bauart bahnbrechend für die weitere Entwicklung wirkte.

Wie hoch die Anforderungen an die Qualität der Arbeit sind, mit welcher Genauigkeit die einzelnen Leimstellen zusammen passen müssen, damit eine sichere, feste Leimung (sie geschieht fast ausschliesslich unter Druck) stattfindet, mag daraus erhellen, dass, wenn nur ein einziger wichtiger Knotenpunkt im Fluge nachgibt, er den Absturz des Fliegers zur Folge hat. Dazu kommt noch, dass man Holz nicht über Hirn verleimen kann, sondern nur mehr oder minder in Richtung der Faser. Welche

Ueberlegung daher ein einziger Knotenpunkt oft erfordert, leuchtet ohne weiteres ein, und vermag man auch aus den Abbildungen 4 bis 7 zu ersehen.

Sämtliche Bilder lassen die typische Klemperer-Bauart erkennen. Aber man sieht doch recht deutlich, dass Abbildung 7 schon bedeutend verfeinerte und gleichmässige Arbeit zeigt. Es sind eben die Anforderungen an ein konkurrenzfähiges Segelflugzeug mittlerweile so gestiegen, dass nur erstklassig geschulte, tüchtige Facharbeiter

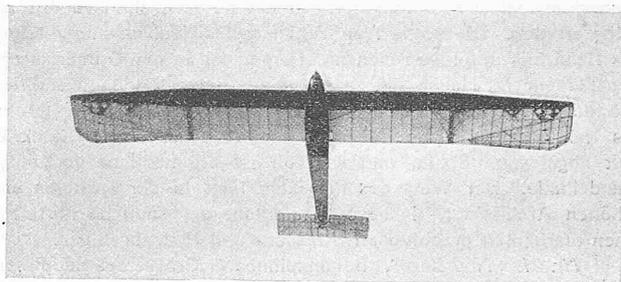


Abb. 8. Untersicht des „Vampyr“. Konstrukteur Dr.-Ing. Madelung. Bau der Hannoverschen Waggonfabrik. Rhön 1922. Flügelenden verwindbar, Fussbälle statt Fahrrollen (vergl. Abb. 9).

ihnen noch gewachsen sind. So wurden z. B. Rippen- und Holmstege bei dem ersten Segelflugzeug (Abb. 4 bis 6) von den Aachener Studenten noch mittels Laubsäge oder Stechisen ausgeschnitten. Heute arbeitet der Tischlermeister in der Werkstatt mit der Maschinensäge in einem Zehntel der Zeit viel sauberer und exakter; er kann dabei auch gleich sechs bis acht Rippenteile auf einmal bearbeiten. Der Konstrukteur seinerseits richtet sich darnach ein, aus Verkaufspreis-Rücksicht, und sucht seine Konstruktion solchen Möglichkeiten anzupassen, oder aber eine Firma baut gleich mehrere Flugzeuge auf einmal. Abbildung 7 zeigt die Anordnung des Sitzes im Rumpf-Fachwerk des zweisitzigen Segelflugzeuges „Ente“, das der Werkmeister und der Betriebs-Ingenieur der Aachener Flugzeubau-G. m. b. H. gerade ausprobieren.

Wenn das Segelflugzeug nun auch noch keineswegs zu höchster Vollkommenheit gebracht ist, so darf man doch wohl annehmen, dass es in seiner Grundform heute festliegt und sich kaum mehr nennenswert anders gestalten wird. Die Merkmale sind: verspannungslos, relativ grosse Spannweite bei kleiner Flügeltiefe und Rumpflänge, vorzüglichster Luftabfluss, d. h. möglichste Verminderung des

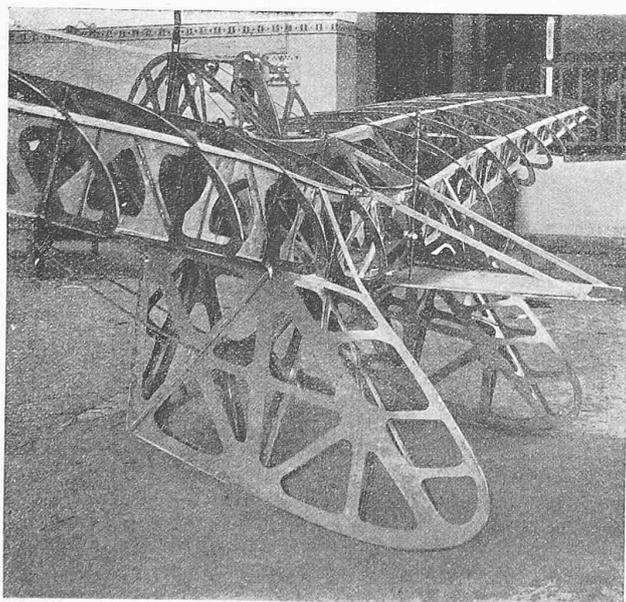


Abb. 5. Rumpfvorderteil, Führersitz mit Steuerknüppel, Stützkufen- und Flügel-Gerippe der „Blauen Maus“ (Aachen).

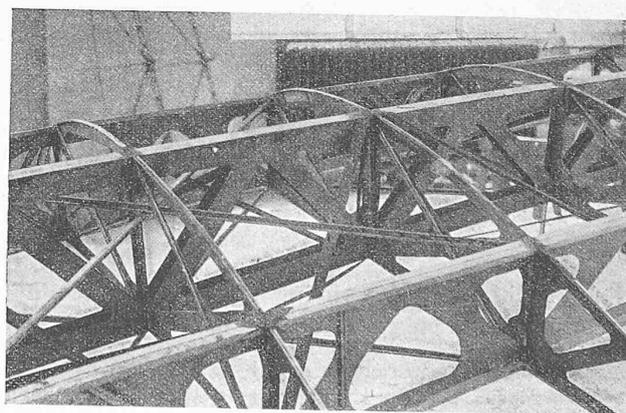


Abb. 6. Hölzernes Raumfachwerk der „Blauen Maus“ (Aachen).

Luft-Widerstandes. Als neueste Flugzeuggattung der Sport-Flugzeuge werden wir wohl bald das Kleinmotorflugzeug kennen lernen, das mit einem Hilfs-Motor von nur 10 bis 15 PS ausgerüstet ist. Damit ist ein neuer herrlicher Sport geschaffen, der an das Segeln auf dem Wasser erinnert, dieses aber an Reiz und Schönheit noch weit übertrifft.



Abb. 11. Die Rekord-Segelflüge vom 24. August 1922 in der Rhön am Westabhang der Wasserkuppe; oben der Eindecker „Vampyr“ (Flugdauer 3 h 10 min), unten der Eindecker „Edith“ (Flugdauer 1 h 25).

Spannungsschwingungen in allen um $2\pi/a$ km von einander abstehenden Leitungspunkten im nämlichen Bewegungszustand, d. h. in Phase. Somit ist die Wellenlänge gegeben durch die Beziehung:

$$\lambda = \frac{2\pi}{a} \dots \dots \dots (8)$$

Hieraus ist zu erkennen, dass die Phasenkonstante a massgebend ist für die Grösse der Wellenlänge.

Aus den Gleichungen (5), (6) und (7) auf Seite 117 lassen sich die Grössen Z, γ, β und α ermitteln, sofern die Scheinwiderstände U_1 und U_2 bekannt sind.

Zur Berechnung der vier Grundkonstanten der Leitung dienen die Gleichungen (3) und (4). Es folgt nämlich aus diesen $\gamma l Z = l(R + j\omega L) \dots \dots (9)$

und
$$\frac{\gamma l}{Z} = l(A + j\omega K) \dots \dots (10)$$

Es ist nun noch darauf hinzuweisen, dass der von den Gleichungen (6) und (7) gelieferte Winkel αl nur dann richtig ist, wenn die Leitungslänge l kleiner ist als die Wellenlänge λ . Trifft diese Bedingung nicht zu, so muss zum berechneten Wert von αl noch 2π oder ein ganzes Vielfaches davon addiert werden. Es geht diese Tatsache aus Gleichung (8) hervor.

Um festzustellen, ob und allfällig was für ein Zusatz zu αl gemacht werden muss, bedarf es eines Kriteriums. Ein solches lässt sich aus den Gleichungen (4) und (7) gewinnen.

Es ist nämlich:

$$(R + j\omega L)(A + j\omega K) = \beta^2 - \alpha^2 + 2ja\beta.$$

Werden hierin die reellen und die imaginären Glieder einander gleich gesetzt, so entstehen zwei neue Gleichungen, aus denen β und α berechnet werden können. Man findet:

$$2\alpha^2 = (\omega L \omega K - AR) + \sqrt{[A^2 + (\omega K)^2][R^2 + (\omega L)^2]} \quad (11)$$

$$2\beta^2 = -(\omega L \omega K - AR) + \sqrt{[A^2 + (\omega K)^2][R^2 + (\omega L)^2]} \quad (12)$$

Diese allgemeinen Ausdrücke für α und β lassen sich für bestimmte Fälle wesentlich vereinfachen. Ist z. B. R

gegenüber ωL und A gegenüber ωK vernachlässigbar klein, was bei künstlich mit Selbstinduktion belasteten Leitungen zutrifft, so gelangt man nach einigen Umformungen zu folgenden, einfachen Zusammenhängen:

$$\alpha = \omega \sqrt{KL} \dots \dots \dots (13)$$

und

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{K}{L}} + \frac{A}{2} \sqrt{\frac{L}{K}} \dots \dots \dots (14)$$

Die Grundkonstanten einer Leitung sind zum vornherein wenigstens angenähert bekannt, bei Kabeln z. B. aus Messungen an einzelnen Fabrikationslängen oder anderswie. Mit Hilfe von Gleichung (13) kann also αl angenähert berechnet werden. Durch Vergleich dieses Wertes mit dem aus Gleichung (6) gefundenen lässt sich mit Sicherheit feststellen, ob und wie der letztere zu korrigieren ist.

Auf Grund der gegebenen theoretischen Erläuterungen ist es nun möglich, unser Zahlenbeispiel vollständig durchzurechnen.

Nach Gleichung (5) hat man:

$$Z = \sqrt{U_1 U_2} = \sqrt{1176 \cdot 202} \cdot e^{j \frac{24^\circ 38' - 38^\circ 0'}{2}} = 487 \cdot e^{-j 6^\circ 41'}$$

Ferner ist:

$$\frac{\sqrt{U_2}}{U_1} = \sqrt{\frac{202}{1176}} e^{-j \frac{38^\circ 0' + 24^\circ 38'}{2}} = 0,415 \cdot e^{-j 31^\circ 19'} = 0,354 - j 0,216.$$

Hieraus ergibt sich weiter:

$$\frac{1 + \sqrt{U_2/U_1}}{1 - \sqrt{U_2/U_1}} = \frac{1,354 - j 0,216}{0,646 + j 0,216} = \frac{1,371 \cdot e^{-j 9^\circ 3' 50''}}{0,681 \cdot e^{j 18^\circ 29' 20''}} = 2,013 \cdot e^{-j 27^\circ 33' 10''}$$

Nach Gleichung (6) ist nun

$$\gamma l = \frac{1}{2} \lg. \text{ nat. } 2,013 \cdot e^{-j 27^\circ 33' 10''} = \frac{1}{2} [2,3 \cdot \lg. \text{ brigg. } 2,013 + j 332^\circ 26' 50'']$$

Der Winkel $\varphi = 27^\circ 33' 10''$ muss unter allen Umständen positiv sein, da die Phasenkonstante α eine positive Grösse ist. Aus diesem Grunde ist an Stelle von $-\varphi$

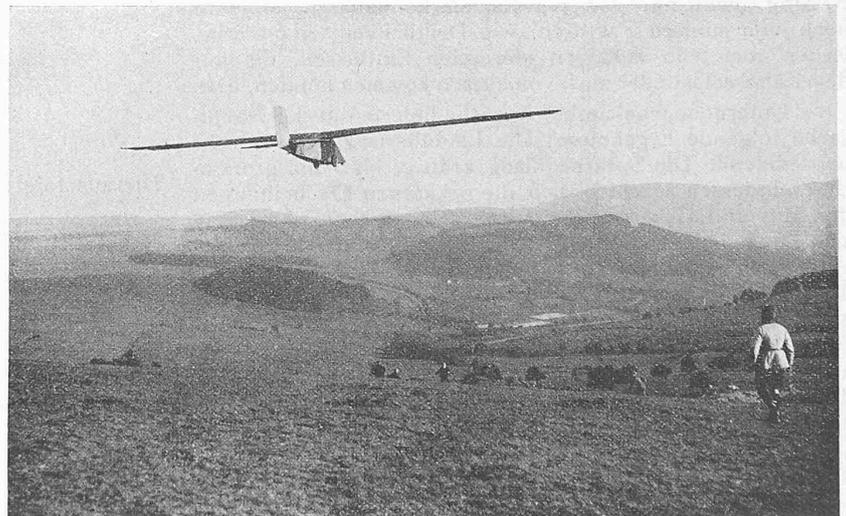


Abb. 10. Der Eindecker von Espenlaub (Spannweite 18 m) am Südostabhang der Wasserkuppe, 1922.

der Winkel $+(360 - \varphi)$ einzuführen. Drückt man diesen in Bogengraden aus, so erhält man weiter:

$$\gamma l = \frac{1}{2} [2,3 \times 0,3038 + j 5,802] = 2,922 \cdot e^{j 83^\circ 7' 55''}$$

Nach Gleichung (8) ist

$$\beta l = 0,3498 \text{ und } \alpha l = 2,901$$

Die Leitungslänge l beträgt 23,1 km. Es ist somit:

$$\beta = 0,01513 \text{ und } \alpha = 0,1255$$