Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95/96 (1930)**

Heft 14

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Zur Berechnung von spitzendigen Eindecker-Tragflügeln. — Haus B. Séquin am Zürichberg (mit Tafeln 8 bis 11). — Fliegeraufnahmen für Kartenzwecke. — Bubenberg- und Bahnhofplatz in Bern. — Rheinkorrektion oberhalb des Bodensees und die Wildbachverbauungen in Graubünden. — Mitteilungen: Ueber die Ursache von Brandfällen. Geschweisste Rohrleitungen in Hochhäusern. Dreirosenbrücke in Basel. Kraftwerke Oberhasli. — Wettbewerbe: Kunst- und Konzerthaus in Luzern. — Mitteilungen der Vereine: Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Bern. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 95 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 14

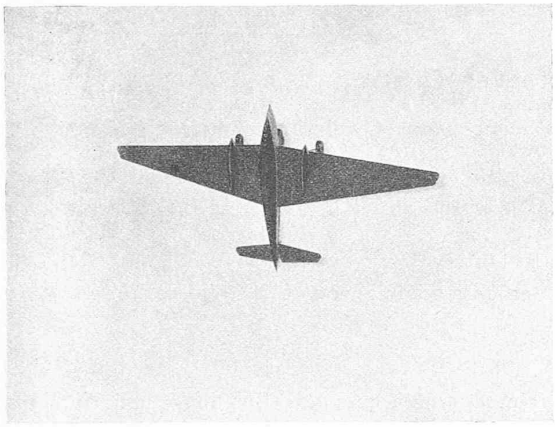

Abb. 1. Flugboot Rohrbach „Romar", ein typischer Vertreter der Bauart mit freitragendem spitzendigem Eindeckerflügel.

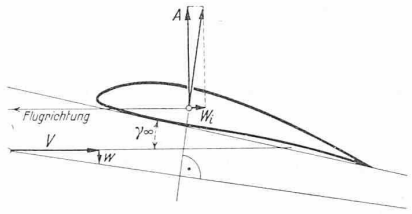

Abb. 2. Entstehung des induzierten Widerstandes W_i durch Veränderung der Anblaserichtung.

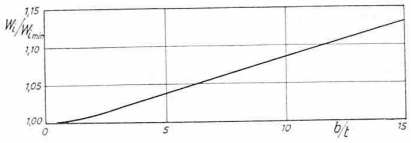

Abb. 3. Veränderung des Verhältnisses des induzierten zum kleinstmöglichen Widerstand eines Rechteckflügels in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis, nach *Betz*.

Zur Berechnung von spitzendigen Eindecker-Tragflügeln.

Von Dipl. Ing. ED. AMSTUTZ, Zürich.

I. EINLEITUNG UND ZUSAMMENFASSUNG.

Seit einiger Zeit werden in immer steigendem Mass freitragende Eindeckerflugzeuge gebaut, deren Flügel nicht mehr den seit langem üblichen rechteckigen oder ellipsenähnlichen Grundriss aufweisen, sondern ausgesprochen spitzendig sind. Ein auffallender Vertreter dieser Bauart ist das Flugbot „Romar" der Rohrbach-Gesellschaft (Abb. 1).

Es leuchtet ein, dass durch diese Grundrissform eine starke Konzentration des Auftriebes nach der Mitte (Symmetrie-Ebene) des Flügels erzwungen wird und dadurch das Biegemoment der Auftriebskräfte in jener Mittelebene bedeutend verkleinert wird. Da gleichzeitig der die Beanspruchung aufnehmende Querschnitt (das Flügelprofil) dort gerade besonders gross wird, ergeben sich insgesamt sehr kleine Beanspruchungen des Flügelmaterials und nebenbei auch willkommener Raum zur Unterbringung von Lasten im Flügel. Leider ist diese statisch so hervorragende Flügelausbildung aerodynamisch nicht ohne Nachteile, die sorgfältig abgewogen werden müssen, wenn Misserfolge vermieden werden sollen. Diesen aerodynamischen Fragen ist die nachfolgende Betrachtung gewidmet.

Die Tragflügeltheorie, wie sie von *Prandtl*[1]) hauptsächlich entwickelt wurde, hat vor allem gezeigt, dass die Widerstandskräfte des Flügels in zwei scharf zu trennende, physikalisch prinzipiell verschiedene Anteile zu zerlegen sind. Erstens haben wir den sogen. Profilwiderstand, der durch Oberflächenreibung und Grenzschichtablösung hervorgerufen wird. Er hängt von der Profilform und der gesamten Oberfläche, nicht aber von der speziellen Umrissform ab, wir haben uns demgemäss nicht weiter damit zu befassen. Der hier allein in Betracht kommende zweite Anteil rührt her von Sekundärbewegungen, die der Flügel der Luft dadurch erteilt, dass er ja ständig das zu tragende Gewicht des ganzen Flugzeuges an sie abgibt. Da in der Sekundärbewegung Energie steckt, muss der Flügel einen Widerstand erfahren, der (nicht sehr glücklich) „induzierter" Widerstand genannt wird.

Im einzelnen kommt dieser induzierte Widerstand folgendermassen zustande: Die Luft, über die der Tragflügel hinweggestrichen ist, hat von ihm einen Antrieb nach unten erfahren, die Teile, an denen er dicht vorbeiging, sind stärker, die, die weiter weg waren, weniger stark in Bewegung gesetzt. Durch das Ausweichen vor den abwärts in Bewegung versetzten Luftmassen kommen seitlich neben den Flügelenden auch Seitwärts- und Aufwärtsbewegungen vor, wodurch sich in Verbindung mit der Abwärtsbewegung unter und über dem Flügel ein Umkreisen der Flügelenden ergibt, das sich wegen des Beharrungsvermögens der Luft als langgestrecktes Wirbelsystem über die ganze durchflogene Bahn erstreckt. Der Flügel selber steht in einer von ihm selbst geschaffenen absteigenden Strömung und muss sich auf ihr wie auf einer schiefen Ebene wieder hinaufarbeiten.

Durch diese absteigende Strömung wird ein Element des Flügels (Abb. 2) nicht entgegengesetzt der Richtung der Fluggeschwindigkeit V angeblasen, sondern unter einem um den Betrag w/V kleinern Winkel (gemessen in absolutem Mass), wenn w die Abwärtsgeschwindigkeit der Störungsbewegung am Orte des Flügelelementes bedeutet. Der hydrodynamische Auftrieb steht dann auch nicht senkrecht zu V, sondern senkrecht zur resultierenden Geschwindigkeit, sodass in Bezug auf die Flugrichtung die Komponente Aw/V einen Widerstand, eben den induzierten Widerstand W_i ergibt.

Die Grösse der Abwärtsgeschwindigkeit w an jeder Stelle des Flügels ist abhängig von der Verteilung des Auftriebes längs der Flügelspannweite. *Prandtl* und *Munk* haben nachgewiesen, dass die Energie der Sekundärströmung und damit der induzierte Widerstand zu einem Minimum wird, wenn der Auftrieb nach einer Halbellipse über die Spannweite verteilt ist. Die Abwärtsgeschwindigkeit w ist dann längs dieser konstant, wodurch die rechnerische Behandlung des Widerstandsproblems wesentlich vereinfacht wird, da es auf die Lösung einer leicht lösbaren Potentialaufgabe zurückgeführt werden kann. Dieser Minimumsatz ist übrigens sehr verallgemeinerungsfähig und kann auch auf komplizierte Flügelsysteme übertragen werden.

Jede nicht elliptische Auftriebsverteilung erzeugt jedoch Abwärtsgeschwindigkeiten, die etwa in Flügelmitte oder an den Flügelenden am grössten sind, je nachdem sie völliger oder weniger völlig als die elliptische ist. Weil die Abwärtsgeschwindigkeit die Anströmungsrichtung der einzelnen Flügelelemente ändert, wirkt sie selbst wieder auf die Auftriebsverteilung ein und die Ermittlung des induzierten Widerstandes für beliebige Flügelformen bietet wegen dieser Wechselwirkungen nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Genau behandelt wurde der rechteckige Flügel durch *Betz*[2]), das Ergebnis seiner Untersuchung ist in Abbildung 3 dargestellt.

[1]) Siehe etwa *L. Prandtl* und *A. Betz*: „Vier Abhandlungen zur Hydrodynamik und Aerodynamik". Göttingen 1927. Abh. II und III: Tragflügeltheorie I und II von L. Prandtl.

[2]) *A. Betz*: „Beiträge zur Tragflügel-Theorie mit besonderer Berücksichtigung des einfachen rechteckigen Flügels". Gött. Diss. München 1919.