Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 1

Inhaltsverzeichnis

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

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

INHALT: Probleme des Flugzeugantriebes in Gegenwart und Zukunft. — Die Normung der im Hochbau verwendeten Baustoffe. — Wettbewerb für ein neues Passionsspielhaus in Selzach bei Solothurn. — Das neue schweizerische Strafgesetzbuch. — Mitteilungen: Schweiz. Landesausstellung Zürich 1939. Klimaanlagen für die Industrie. Der Trolleybus in England und Italien. Flugzeug-Abwurfbehälter. Internat. Vereinigung für Brückenbau und Hochbau. Alte Kaplan-Turbine. — Wettbewerbe: Universitätsbibliothek in Basel. Reformierte Kirche in Zürich-Seebach. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 112 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nr. 1
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Probleme des Flugzeugantriebes in Gegenwart und Zukunft

Von Prof. Dr. J. ACKERET, E. T. H. Zürich

In einem Vortrag, den ich am 25. Februar 1938 in Winterthur gehalten habe*), sind u. a. einige Betrachtungen und Resultate erwähnt worden, deren kurze Mitteilung auch unabhängig vom übrigen Inhalt für den einen oder andern von Interesse sein kann.

A. Zur Thermodynamik der Oberflächenreibung.

Es ist bemerkenswert, dass der Arbeitsaufwand zum Schleppen einer Fläche durchaus nicht das theoretische Minimum der notwendigen Leistung darstellt, auch wenn in die eigentlichen Reibungsvorgänge nicht eingegriffen werden kann.

Wir betrachten eine parallel angeströmte Platte, auf der sich in bekannter Weise eine Grenzschicht ausbildet (Abb. 1). Sie verlässt die Platte mit einer Geschwindigkeitsverteilung, die wir (relativ zur Platte ruhend) dimensionslos darstellen können:

$$u = U\, f\left(\frac{y}{\delta}\right) \quad \text{(Abstand)}$$

δ = Grenzschichtdicke

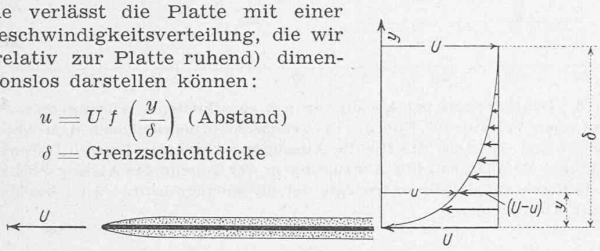

Abb. 1. Grenzschicht an einer mit der Geschwindigkeit U bewegten Platte. Rechts vergrössertes Geschwindigkeitsprofil

Aus dem Impulssatz folgt für den Widerstand (der Einfachheit wegen Inkompressibilität angenommen):

$$W = \varrho \int_0^\delta (U - u)\, u\, dy \quad \text{für eine Plattenseite.}$$

Die Schleppleistung, die z. B. eine Luftschraube abgeben müsste, ist

$$L = W\, U = \varrho U \int_0^\delta (U - u)\, u\, dy$$

Die verlangsamte Luft ist nun durch Reibung etwas erwärmt worden. Es ist aber nicht etwa so, dass die Erwärmung das Aequivalent der Schlepparbeit darstellt, diese ist vielmehr grösser. Betrachten wir die Vorgänge vom Standpunkt der ruhenden Luft aus, dann sehen wir hinter der Platte einen *Nachlauf* von erwärmter Luft. Vom Nachlauf wird im Abstand y in jeder Sekunde ein Stück von der Länge

$$U - (U - u) = u \text{ erzeugt.}$$

Deren kinetische Energie ist

$$K = \varrho/2 \int_0^\delta (U - u)^2\, u\, dy$$

Von der Schleppleistung ist dieser Betrag abzuziehen, um die Wärmeerzeugung zu bekommen. Wir finden dafür (in mechanischem Mass):

$$Q = L - K = \varrho/2 \int_0^\delta u\, dy\, [2\, U\, (U - u) - (U - u)^2]$$

$$= \varrho/2 \int_0^\delta (U^2 - u^2)\, u\, dy$$

Das ist genau der Betrag, den man erhält, wenn man für die einzelnen Stromfäden der Reibungsschicht die Summe von Wärmeinhalt und kinetischer Energie konstant setzt.

Wir können uns nun einen *idealen Vortriebsapparat* vorstellen, bei dem ein mechanischer Nachlauf vermieden wird. Man muß im Prinzip jeden Teil der Grenzschicht einzeln erfassen und auf die volle Geschwindigkeit U bringen. Thermodynamisch bedeutet dies die Vermeidung aller makroskopischen Bewegung im Nachlauf; nur der Anteil der Arbeit, der wirklich irreversibel ist, ist unvermeidlich. Somit kann als *Minimum der möglichen Vortriebsarbeit* die Wärmeleistung

$$Q = \varrho/2 \int_0^\delta (U^2 - u^2)\, u\, dy$$

angegeben werden, was man nun sofort direkt bestätigen kann als notwendigen Leistungsaufwand zur Erzeugung der vollen Geschwindigkeit U bei konstantem Druck, ausgehend vom jeweiligen u.

Das Verhältnis $\alpha = \frac{Q}{L} = 1 - \frac{K}{L}$ gibt also ein Mass für den Gewinn, den eine solche Detailerfassung der Grenzschicht prinzipiell ermöglichen würde.

Für das Potenzgesetz $\frac{u}{U} = \left(\frac{y}{\delta}\right)^{1/n}$ (Abb. 2) erhält man leicht:

$$\alpha = \frac{n+2}{n+3}$$

bezw. die Kurve Abb. 3.

B. Verwendung dicker Profile.

Es ist wohlbekannt, dass dicke Profile mehr Widerstand ergeben als dünne. Heute sind Verhältnisse von Dicke : Tiefe von 12 bis 16 % gebräuchlich, höhere praktisch ausgeschlossen. Abb. 4 zeigt den enormen Widerstandsanstieg mit zunehmender Dicke. Woher kommt dies? Der Widerstand kann zerlegt werden in einen Anteil von den tangentialen Oberflächenkräften herrührend, und in einen von Normaldrücken abhängend. Es ist nun ganz sicher, dass bei sehr stumpfen Körpern dieser zweite Teil den Mehrwiderstand ausmacht. Weniger eindeutig ist die Beantwortung im Falle mittlerer Dicken (z. B. 25 bis 30 %). Die Messungen ergeben aber, dass überwiegend Druckwiderstand vorliegt. An der Hinterkante herrscht theoretisch ein Druckanstieg bis zum vollen Staudruck, praktisch aber ist nur ein Bruchteil dieses Anstieges da, mithin ein Widerstand vorhanden. Der niedrige Druck stellt sich dadurch ein, dass die Grenzschicht gegen die Hinterkante sich rasch verdickt, die Strömung abdrängt und dadurch weniger umlenkt. Wenn es gelänge, die Grenzschicht vor Eintritt in die Druckanstiegzone sehr dünn zu machen, so müsste eine bessere Annäherung an die theoretische Kurve erfolgen. In der Tat beobachtet man bei Vergrösserung der Grenzschichtdicke durch Rauhigkeit eine weitere Verschlechterung (Abb. 5), durch Wegsaugen der Grenzschicht aber eine Verbesserung (Abb. 6).

Bei passender Ausbildung der Absaugeschlitze ist der für die Absaugung nötige Unterdruck recht gering; die früher an-

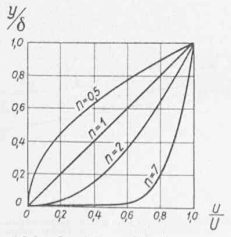

Abb. 2. Verschiedene Exponenten des Geschwindigkeitsverteilungsgesetzes

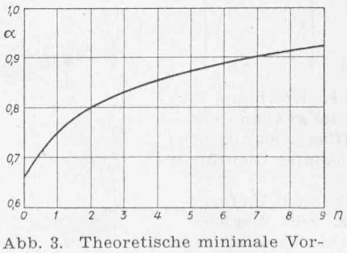

Abb. 3. Theoretische minimale Vortriebsarbeit für verschiedene Exponenten der Geschwindigkeitsverteilung

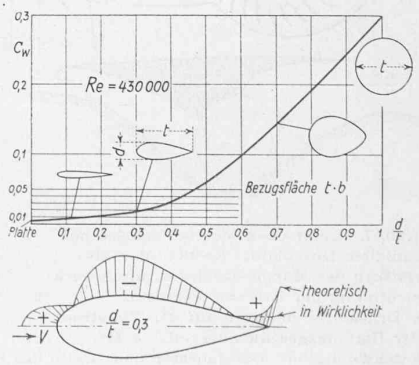

Abb. 4. Zunahme des Profilwiderstandes mit der Profildicke. Unten Druckverlauf an einem dicken symmetrischen Profil

*) Vergl. Bericht in Bd. 111, S. 237 (30. April 1938). Red.