Der Einfluss hoher Umfangsgeschwindigkeiten auf den Wirkungsgrad von Luftschrauben

Autor(en): **Ackeret, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **101/102 (1933)**

Heft 1

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-82932

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

dessen Ummantelung mit Beton eine Durchbiegung in ihm erzeugt wurde, die dem Momentenverlauf in diesem Träger bei geschlossenem Dach entspricht. Der Beton im endgültigen Verbundquerschnitt ist nun bei geschlossenem Dache praktisch spannungslos, bei geöffneten Dachhälften auf seiner Unterseite auf rd. 65 kg/cm² Druck beansprucht; die Deckenuntersicht wird demnach rissfrei bleiben.

Auch der Beton der gesamten Dachkonstruktion des Kinogebäudes liegt innerhalb der Wärmeisolierung durch Kork, bezw. Celotexplatten. Die Isolierung gegen Wasser geschieht durch Blecheindeckung.

Die Vorbelastung der Laufbahnträger geschah wie folgt: Die Profilträger wurden auf die teilweise ausgeführte Unterkonstruktion versetzt, vernietet, mit der endgültigen Rundeisenarmierung umflochten und an ihren Widerlagern einbetoniert. Nach Erhärten dieses Betons, der den Profilträger auf seine Spannweite von 22 m frei liess, wurde der Profilträger an vier Stellen durch Zugbänder nach den Fundamenten hinunter verankert. Durch Zwischenschalten von hydraulischen Pressen mit Messapparaten konnten auf diese Zugbänder bestimmbare Kräfte ausgeübt werden (Abb. 47). Die Vorbelastung wurde kontrolliert nach der aufgebrachten Last, nach der entstehenden Einsenkung (Abb. 46), und den Dehnungen (Spannungen).

Auch in diesen Laufbahnträgern, sowie in den genannten hohlen Dachunterzügen, haben wir zwecks späterer Deformationskontrolle Messpunkte eingebaut. Messungen nach einem halben Jahr Betrieb haben ergeben, dass die Dachlängsträger, und damit ein grosser Teil der Dachschale, von der Bewegung des Schiebedaches vollständig unbeeinflusst bleiben.

Wir glauben sagen zu dürfen, dass sich in diesem Bau die enge Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur ausserordentlich günstig ausgewirkt hat. C. H.

Der Einfluss hoher Umfangsgeschwindigkeiten auf den Wirkungsgrad von Luftschrauben.

Schon seit mehreren Jahren ist bekannt, dass die Luftschrauben bei Umfangsgeschwindigkeiten, die in der Nähe der Schallgeschwindigkeit liegen, unangenehme Wirkungsgradeinbussen erleiden, sodass es sich empfiehlt, hohe Umfangsgeschwindigkeiten zu vermeiden, auch wenn die Festigkeit der Schraube diese zuliesse. Doch war man über das Quantitative dieses Einflusses nicht unterrichtet. Nun liegen zum ersten Male umfassende Versuche an naturgrossen Schrauben vor[1]), die eine sehr erwünschte Klärung bringen und interessante Uebertragungen auf gewisse maschinenbauliche Probleme gestatten. Es dürfte sich deshalb lohnen, sie an dieser Stelle kurz zu besprechen.

Die 2,75 m bezw. 2,90 m grossen zweiflügeligen Aluminium-Luftschrauben wurden im künstlichen Luftstrom von 6 m Durchmesser des Propeller-Windtunnels Langley-Field[2]) untersucht. Sie wurden durch einen 435 PS Benzinmotor getrieben und erreichten Spitzenumfangsgeschwindigkeiten bis 410 m/sec. Die grösste Kanal-Windgeschwindigkeit, entsprechend der Flugzeug-Geschwindigkeit im freien Flug, ist rd. 50 m/sec, ein für heutige Verhältnisse etwas niedriger Wert, der dazu zwang, die Steigung der Flügelblätter entsprechend klein einzustellen. Das hat zur Folge, dass die Wirkungsgrade bei den Versuchen durchschnittlich niedriger sind als im Flug. Es ist somit nicht ganz sicher, ob die mit wachsender Umfangsgeschwindigkeit grösser werdenden Wirkungsgradabfälle in genau gleichem Verhältnis auch bei grösseren Steigungen vorhanden sind; sie dürften aber von den Versuchswerten kaum stark abweichen.

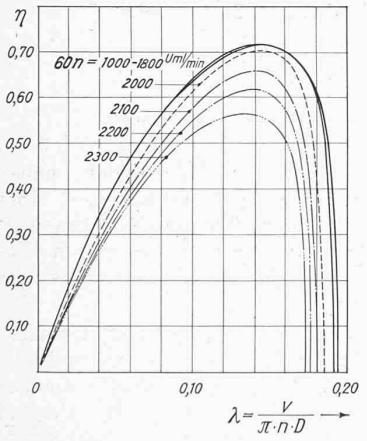


Abb. 1. Verlauf des Wirkungsgrades über dem Fortschrittsgrad bei verschiedenen Drehzahlen. Verminderung des Wirkungsgrades bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten.

Insgesamt wurden zehn Propeller bei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten untersucht. Sie unterscheiden sich einesteils durch verschiedene Verteilung der Blattbreiten über den Radius, anderseits wurden auch verschiedene Flügelschnitte verwendet, deren maximale Dicke abgestuft wurde. Das Versuchsmaterial ist in einheitlicher Weise verarbeitet. Abb. 1 gibt beispielsweise die Ergebnisse einer bestimmten Schraube (D = 2,90 m, Profil Clark Y). Ueber dem sogen. Fortschrittsgrad = Vorwärtsgeschwindigkeit V : Spitzenumfangsgeschwindigkeit ist der Wirkungsgrad aufgetragen für verschiedene Drehzahlen. Zwischen 1000 und 1800 Uml/min ist fast keine Aenderung feststellbar, von 2000 Uml/min an aber ist der Abfall in η ausserordentlich schroff. Statt 72 % bei mässiger Drehzahl ist η bei 2300 Uml/min nur 56 %. Trägt man η_{max}, den Gipfelpunkt einer einzelnen Wirkungsgradkurve, in Abhängigkeit von der sogen. Mach'schen Zahl M = Spitzenumfangsgeschwindigkeit : Schallgeschwindigkeit auf, so ergibt sich Abb. 2, die für einen festen Durchmesser und für einen bestimmten Flügelschnitt, aber mit verschiedenem Verhältnis Profildicke : Profiltiefe gilt.

Der Abfall beginnt ersichtlich schon etwas unterhalb der Schallgeschwindigkeit, ferner sind dünne Profile vorteilhafter in Bezug auf die Lage des Knickpunktes. Der Abfall ist rd. 10 % für je 30 m/sec grössere Umfangsgeschwindigkeit. Wie stark beim Eintritt in die Schallgeschwindigkeit die Profileigenschaften verschlechtert werden, kommt besonders drastisch zum Vorschein, wenn man bedenkt, dass ja die innern Teile der Schraube auch nach Eintritt der Spitzengeschwindigkeit in das gefährliche Gebiet noch gut arbeiten, die äussern Flügelelemente also weit mehr an Wirkungsgrad nachlassen, als dies im mittleren Wirkungsgrad für die ganze Schraube zu Tage tritt. Die übrigen untersuchten Schrauben gaben überraschend wenig Unterschied in ihrem Verhalten, sodass man für die meist angewendeten dünnen Profile den relativen Abfall bezogen auf den Wirkungsgrad bei niedrigen Umfangsgeschwindigkeiten als universelle Kurve zeichnen kann (Abb. 3).

[1]) D. H. Wood. National Advisory Committee for Aeronautics. Washington 1931, Report 375.

[2]) Siehe S. 188* letzten Bandes (1. Oktober 1932). Red.

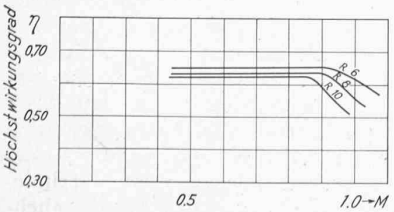


Abb. 2. Höchstwirkungsgrade bei verschiedenen Mach'schen Zahlen für Schrauben von gleicher Konstruktion mit Profilen von 6, 8, 10 % Dicke.

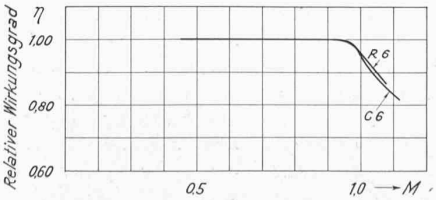


Abb. 3. Relative Wirkungsgrade zweier Schrauben gleicher Konstruktion mit verschiedenen Profilen (R bezw. C) von gleicher Dicke (6 %).

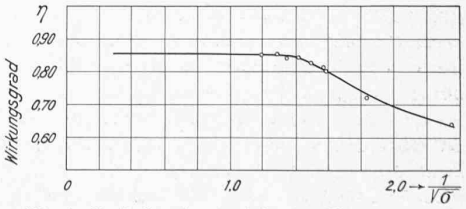
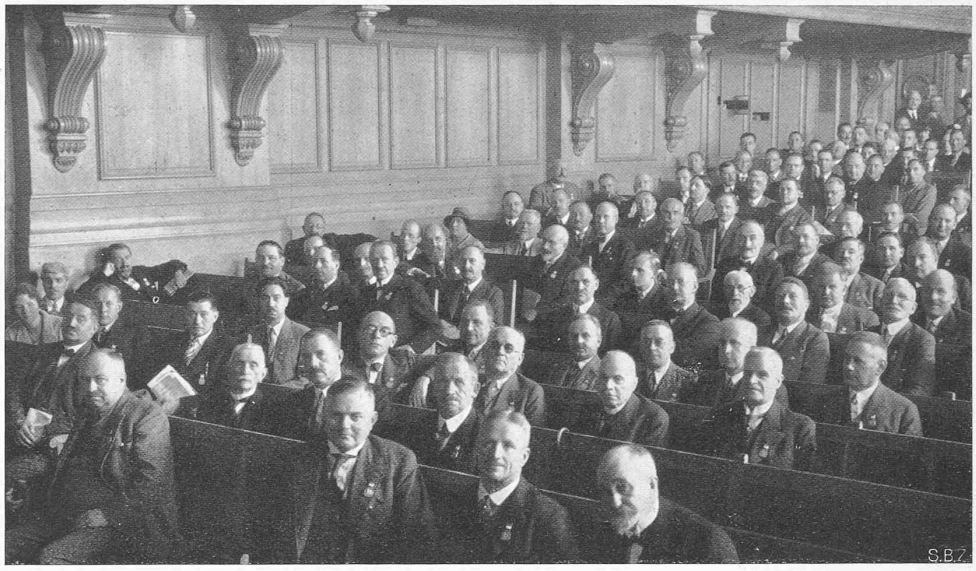


Abb. 4. Kavitationscharakteristik einer Wasser-Propeller-Turbine. Wirkungsgrad in Abhängigkeit von einer der Mach'schen Zahl analogen Kavitationszahl.

Physikalisch massgebend ist eigentlich das Verhältnis von resultierender Relativgeschwindigkeit der Luft gegen die Profile zur Schallgeschwindigkeit; die Umfangsgeschwindigkeit ist nur bei Propellern kleiner Steigung als Mass brauchbar. Man wird deshalb als Regel einführen dürfen, dass die Relativ-Geschwindigkeit der Luft am äussersten Umfang rund 10 % unter der Schallgeschwindigkeit bleiben muss, wenn störende Einflüsse der Kompressibilität gerade noch vermieden werden sollen. Bei einer Fluggeschwindigkeit von 90 m/sec und einem Propellerdurchmesser von 2,8 m darf z. B. die Drehzahl höchstens 2000 Uml/min betragen; man müsste den Durchmesser auf rd. 2,50 m verkleinern, wenn die Schraube mit 2300 Uml/min laufen soll. — Die selben Grenzen gelten auch für axiale Gebläse; auch hier darf man nicht schrankenlos (d. h. höchstens durch Festigkeitsgründe gehemmt) die Relativgeschwindigkeiten vergrössern, um grössere Stufendrücke zu erreichen.



Die 53. Generalversammlung des S. I. A. im Palais de Rumine, Lausanne, am 24. September 1932.

Es ist nun sehr interessant, mit den Kurven der Abb. 3 eine Kavitationscharakteristik eines Propeller-Turbinenrades zu vergleichen (Abb. 4). Die Aehnlichkeit ist eine so frappante, dass sie kaum auf Zufall beruhen dürfte. In der Tat liegt die Verschlechterung des Wirkungsgrades in beiden Fällen in einer *Ablösung* der Strömung auf der Flügelsaugseite durch Kompressibilität bezw. Kavitation begründet. Dass die Knickgrenze etwas unter der Schallgeschwindigkeit liegt, ist verständlich, wenn man von der Vorstellung ausgeht, dass die Ablösung vermutlich dann einsetzt, wenn lokal die Schallgeschwindigkeit erreicht wird. Die lokalen Höchstgeschwindigkeiten sind aber bei geringen Auftriebzahlen tatsächlich um einige Prozent grösser als die Relativgeschwindigkeit.

Weiterhin werden im erwähnten Bericht wertvolle Beobachtungen über den Propellerlärm mitgeteilt, der den Motorenlärm wesentlich übertreffen kann und der ein unangenehmes Aequivalent der verlorenen Wirkungsgradprozente darstellt. Das Brummen ist auffallend stark in der Propellerebene, schwächer davor und dahinter und am schwächsten in der Propelleraxe, übrigens in bestem Einklang mit der Theorie. Zusammenfassend darf man wohl sagen, dass der Einfluss der Kompressibilität auf die Ablösung ein ausserordentlich grosser ist und dass beim Entwurf der Propeller, Gebläseflügel usw. sorgfältig darauf geachtet werden muss, dass auch *lokal* die Schallgeschwindigkeit nicht erreicht wird.

Prof. Dr. J. Ackeret, Zürich.

Weiteres zum Kapitel Berufsmoral.

Mit Bezug auf die Mitteilungen von Seite 278, 321 und 333 letzten Bandes haben wir einiges nachzutragen:

Das kant. bernische Gewerbesekretariat, an dessen Präsidenten wir am 19. November v. J. unsere Nr. 21 gesandt hatten, schreibt uns (am 20. Dezember), dass es leider noch sehr viele „Ingenieure" und „Architekten" gebe, die . . . „als Nichtmitglieder des S. I. A. dieser letztern Organisation und dem Ansehen dieser beiden akademischen Berufstände schweren Schaden zufügen". — Dass demnach der *allgemein* erhobene Vorwurf sich nur auf *Nichtmitglieder* bezieht, auf die der S. I. A. keinen Einfluss ausüben kann, ging aus dem Zirkular des Kantonalverbandes nicht hervor.

*

Die *„Baustoffwerk Schleitheim-Oberwiesen A.-G."* macht uns, ebenfalls am 20. Dezember, brieflich darauf aufmerksam, dass die beanstandete Provisionsofferte (vom 29. Juli 1932) sie in keiner Weise belaste, da jenes Zirkular noch von ihrer Rechtsvorgängerin (Privatfirma gleichen Namens) erlassen worden sei. Die *A.-G.* obigen Namens bestehe nämlich erst seit 17. Oktober 1932; sie halte sich streng an die allgemein üblichen Grundsätze, wovon wir gerne Kenntnis nehmen und geben.

*

Die Firma *Rob. Suter, Zentralheizungsbau usw.* Zürich 6, die gegen 3000 Fr. Jahresaufträge eine Gratis-Zeppelin-Fahrt offeriert, figuriert im amtlichen Telephonverzeichnis 1932/33 bescheiden als „Dachrinnen-Reinigungsgeschäft", worauf uns ein Kollege aufmerksam macht; ihr Aufstieg zum „Zentralheizungsbau" lt. Briefkopf scheint demnach sehr rasch (*zu* rasch!) erfolgt zu sein.

*

Das Sekretariat des *Zürcher Gewerbeverbandes* veröffentlichte in der Tagespresse unter dem Titel „Krisenerscheinungen im Gewerbe" a. a. folgendes:

„. . . Die *Firma Pfander & Egger*, Schlosserei und Eisenbauwerkstätten in Zürich 7, offeriert in einem Rundschreiben sämtliche Reparaturen 10 % billiger als andere Firmen am Platz und qualifiziert ihre Arbeit jeder andern nicht nur als ebenbürtig, sondern behauptet ebenso ruhig als selbstbewusst, dass diese Arbeit in technischer wie auch in praktischer Hinsicht ein gutes Stück voran sei. — Wir überlassen die Beurteilung dieser Art von Kundenwerbung dem gesunden Urteil der Oeffentlichkeit und bemerken hierzu lediglich, dass der zürcherische organisierte Handwerker- und Gewerbestand sich über solche Berufs- und Standesangehörige nicht besonders freut", fügt das Sekretariat hinzu.

Auch hiervon, von der Bereitwilligkeit der Gewerbeverbände zu *solidarischem Zusammenwirken* mit dem S. I. A. in der Bekämpfung derartiger Unsitten, wird man in Ingenieur- und Architektenkreisen sehr gerne Kenntnis nehmen.

*

Die Beteiligung an und die Herausgabe von *Architekten-Monographien, Gratis-Broschüren* auf Kosten der Unternehmer und Lieferfirmen, ist vom C.-C. des S. I. A. *wiederholt*, letztmals in „S. B. Z." vom 20. Februar und vom 12. November 1932, als gegen unsere Berufsmoral (Art. 6 der S. I. A.-Statuten) verstossend, den Mitgliedern ***ausdrücklich verboten*** worden. — Dessenungeachtet sieht sich der Zürcher Gewerbeverband, wie auch der Baumeister-Verband Zürich, in allerjüngster Zeit wieder genötigt, durch Zirkulare seine Mitglieder vor diesen „Monographien" (unter Nennung aktueller Beispiele) eindringlich zu warnen! — Es ist schon bedenklich, dass es immer wieder Architekten gibt, die ihr Propaganda-Bedürfnis nicht zügeln können, und dass der *Gewerbe*verband seine Mitglieder vor S. I. A.- (und B. S. A.-) Kollegen warnen muss. Dem C. C. wird nichts anderes übrig bleiben, als *Exempel zu statuieren*, Fehlbare seinerseits ebenfalls zu nennen und letzten Endes aus unserm Berufsverband auszuschliessen.