

Objektyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **123/124 (1944)**

Heft 20

PDF erstellt am: **24.09.2024**

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.

INHALT: Bemerkungen über den Rückstossantrieb von Flugzeugen. — Neue Leichtstahlwagen der SBE. — Das Internationale Komitee vom Roten Kreuz als Welttransport-Unternehmen. — Eidg. Institut für Schnee- und Lawinen-Forschung auf Weissfluhjoch/Davos. — Warum wir den Nussbaumersee schützen wollen. — Eine freigelegte Bodenverfestigung. — Mitteilungen: S. I. A.-Fachgruppe der Ing. für Brücken- und Hochbau. Hydraul. Erscheinungen im Einspritzsystem bei Verbrennungsmotoren.

Zustandsbild und Aussichten der Französischen Eisenbahngesellschaft. Kraftwerk Tagental. Dreissig Jahre Kaplan-Turbinen. Elektr. Akkumulierherde. Schweiz. Vereinigung für Landesplanung. Naturstein und seine besondere Verwendung im Hochbau. Luzerner Betoninstruktions-kurse. — Nekrologe: Ludwig Chomton. Ernst Renner. Prof. Dr. Rob. Eder. — Wettbewerbe: Planung der Region Solothurn und Umgebung. Planung der Region Olten und Umgebung. — Literatur.

Band 123

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. 20

Bemerkungen über den Rückstossantrieb von Flugzeugen

Von Prof. Dr. J. ACKERET, E. T. H., Zürich
Seinem verehrten Kollegen Prof. H. QUIBY
zum 60. Geburtstag gewidmet

In letzter Zeit hat der sogenannte Rückstossantrieb für Flugzeuge wieder viel von sich reden gemacht. Es sind zwar vor einigen Jahren schon in Italien (*Campini*) interessante Ergebnisse erzielt worden. Die neue Anordnung von *Whittle* in England soll aber jetzt wesentlich bessere Resultate ergeben haben. Nun liegen leider nur recht dürftige Angaben über dies letzte Flugzeug vor, aus denen man kaum sichere Schlüsse ziehen kann¹⁾. Aber unabhängig von den Details kann man durch einfache thermodynamisch-mechanische Betrachtung sich ein Bild verschaffen über die *Möglichkeiten*, die überhaupt vorliegen.

Zunächst ist zu bemerken, dass der Unterschied zwischen gewöhnlichem Flugzeugantrieb mit Motor und Schraube und dem Rückstossantrieb nicht ganz so gross ist, wie man vielleicht annehmen wird.

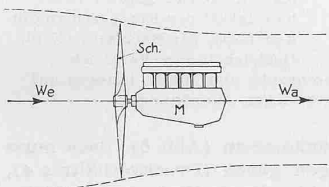


Abb. 1. Normaler Schraubenantrieb. Die Luft wird von der relativen Eintrittsgeschwindigkeit w_e durch die Schraube Sch auf w_a beschleunigt. Die Reaktion der Luft äussert sich als Schraubenschub

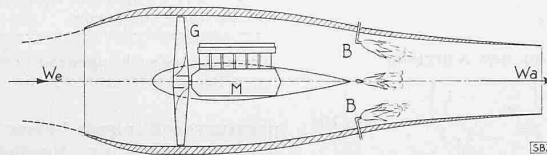


Abb. 2. Anordnung CAMPINI. Die Luft wird bis zum Gebläse G verzögert, erhält dann Druckenergie und wird durch die Brenner B zusätzlich erwärmt

In Abb. 1 wird eine Luftschaube *Sch* durch den Motor *M* angetrieben. Sie bewirkt (beobachtet von einem flugzeugfesten Koordinatensystem) eine Beschleunigung der mit der entgegengesetzten Fluggeschwindigkeit w_e ankommenden Luft auf die höhere Geschwindigkeit w_a . Der so hervorgerufene «Rückstoss» entspricht gerade dem Schube *S* der Schraube.

Bei *Campini*, Abb. 2, wird die Schraube in einen Tunnel verlegt, wirkt also als Gebläse *G*, und wird als neu hinzukommend, der Schraubenstrahl durch Oelbrenner *B* erhitzt. Die Luft tritt somit nicht nur mit erhöhter Geschwindigkeit w_a , sondern auch mit höherer Temperatur aus. Das Gebläse schafft eine Vorverdichtung; die Erhitzung ergibt eine Volumenvermehrung bei konstantem Druck und damit eine zusätzliche Geschwindigkeitsvergrößerung. Die Schwäche des Verfahrens liegt darin, dass man weder mit der Verdichtung in *G* noch auch mit der Temperaturerhöhung in *B* weit gehen darf, weil sonst w_a zu gross wird. Wenn auch grosses w_a grossen Schub ergibt, so bedeutet andererseits die zurückbleibende Absolutgeschwindigkeit ($w_a - w_e$) des Luftstrahles einen beträchtlichen kinetischen Energieverlust.

Bei der im Folgenden näher betrachteten Anordnung nach Abb. 3 ist eine Variation insofern vorgenommen, als der Antrieb des Gebläses nicht durch einen Flugmotor, sondern durch eine Gasturbine erfolgt, der die Brenner *B* vorgeschaltet sind. Die Anlage wird dadurch wesentlich eleganter und wahrscheinlich auch leichter.

¹⁾ Beispielsweise in den «Illustrated London News», 15. Januar 1944. Zieht man Kombinationen von Benzinmotoren, Gasturbinen, Luftschauben und Rückstoss-Strahlen in Betracht, so gelangt man zu sehr zahlreichen Baumöglichkeiten mit teilweise höheren Wirkungsgraden. Auch ist es möglich, durch Mischung des Auspuffstrahles mit Aussenluft zusätzliche Effekte zu erzielen. Wir haben uns hier auf den einfachsten Fall beschränkt.

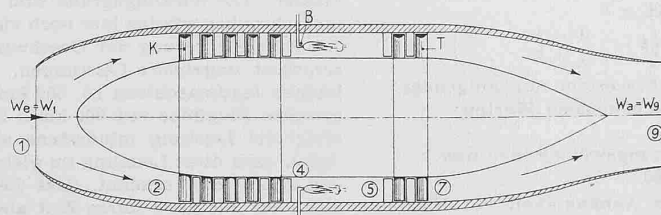


Abb. 3. Reaktionsantrieb mit Gasturbine. Die Erwärmung erfolgt zwischen Kompressor K und Turbine T. Die eingetragenen Zahlen entsprechen den Punkten im Entropiediagramm Abb. 4

Man kann den Arbeitsprozess einigermaßen vereinfacht im (schematischen) Entropiediagramm Abb. 4 verfolgen und erhält dann einen Ueberblick, insbesondere aber die Möglichkeit der Berechnung des Verbrauchs an Brennstoff.

Die Maschine fliege mit einer Geschwindigkeit w_1 in einer Flughöhe, der die Temperatur T_1 entspricht. Wir betrachten die Zustands- und Geschwindigkeitsänderungen eines Kilogramms Luft. Zunächst wird die Luft von w_1 auf w_2 verlangsamt. w_2 nehmen wir gleich Null an, was keine besondere Vernachlässigung bedeutet. Erfahrungsgemäss sind die Verluste bei guter Formgebung der Mündung recht klein, sodass wir sie, indem wir damit etwas zu günstig rechnen, weglassen können.

Die Temperaturerhöhung ergibt sich zu:

$$\frac{A w_1^2}{2 g c_p} = T_2 - T_1$$

Führen wir die Schallgeschwindigkeit $a_1 = \sqrt{g k R T_1}$ und die

$$\text{Mach'sche Zahl } M_1 = \frac{w_1}{a_1} \text{ ein,}$$

$$\text{so folgt } \frac{T_2}{T_1} = 1 + \frac{k-1}{2} M_1^2 = \mathfrak{M}$$

für Luft ($k = 1,4$) also:

$$\mathfrak{M} = 1 + 0,2 M_1^2 \dots (1)$$

Die nun folgende Verdichtung messen wir durch das zugehörige adiabatische Temperaturverhältnis:

$$\vartheta = \frac{T_3}{T_2} \dots (2)$$

Es ist für:

$\frac{p_3}{p_2} = 1,5$	2	2,5	3	4
$\vartheta = 1,123$	1,219	1,299	1,369	1,487

Für die Verdichtung im Kompressor ist ein Wirkungsgrad η_K einzusetzen, sodass:

$$T_4 - T_2 = \frac{T_3 - T_2}{\eta_K}; \quad \frac{T_4}{T_1} = \mathfrak{M} \left(1 + \frac{\vartheta - 1}{\eta_K} \right) \dots (3)$$

Die Erwärmung durch die Brenner erfolgt von T_4 auf T_5 , für das wir setzen:

$$T_5 = K T_1 \dots (4)$$

Würden wir nun einfach adiabatisch auf den Aussenruck expandieren, so würde die Temperatur T_8 erreicht:

$$\frac{T_5}{T_8} = \frac{T_3}{T_1}$$

da adiabatische Expansion zwischen gleichen Drücken, also:

$$\frac{T_8}{T_1} = \frac{T_5}{T_3} = \frac{K T_1}{\mathfrak{M} \vartheta T_1} = \frac{K}{\mathfrak{M} \vartheta} \dots (5)$$

Nun müssen wir aber einen Teil des Gefälles in der Turbine umsetzen, nämlich gerade so viel, dass die Kompressorarbeit gedeckt werden kann. Mit dem Turbinenwirkungsgrad η_T muss also sein:

$$\frac{T_3 - T_2}{\eta_K} = (T_5 - T_6) \eta_T$$

bzw.

$$T_4 - T_2 = T_5 - T_7$$

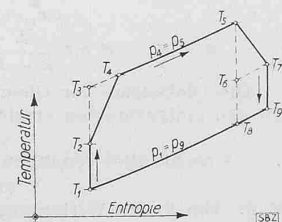


Abb. 4. Entropiediagramm (Schema), des Vorgangs in Anordnung nach Abb. 3