Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **107/108 (1936)**

Heft 2

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: Der Verbrennungs-Raketenmotor. — Eigenheim des Architekten Hans Roth beim «obern Mönchhof» in Kilchberg bei Zürich. — Versuche über das wärme- und schalltechnische Verhalten verschiedener Deckenkonstruktionen. — Aktuelle Probleme hochwertiger unarmierter und armierter Zementrohre. — Mitteilungen: Anwendung der Alpha-Konstruktion im holländischen Brückenbau. Bohrpfahlgründung in aussergewöhnlichen Abmessungen. Der erste Diesel-Leichttriebwagen der SBB. Kerben und Formziffer. Ausbau der schweiz. Alpenstrassen. Internationaler Kongress für Bodenmechanik und Gründungstechnik. Das Betriebswissenschaftliche Institut an der E. T. H. Luftschutz bei den SBB. Der Genfer Automobil-Salon 1936. Das 100. Gramm Radium in der Tschechoslowakei. Eidg. Technische Hochschule. — Ungesunde Zustände im Wohnungsbau. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 107 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. 2

Der Verbrennungs-Raketenmotor.

Von Dr. Ing. EUGEN SÄNGER, Wien.

1. Wozu Raketenmotoren? Die praktische Flugtechnik verlangt neben den üblichen Luftschraubentriebwerken für gewisse Sonderzwecke Vorrichtungen zur Erzeugung sehr hoher Antriebskräfte durch nur kurze Zeiten. Beispielsweise fliegen moderne Langstrecken-Verkehrsmaschinen dank ihrer aerodynamischen Verfeinerung mit verhältnismässig so schwachen Motoren, dass ihr Start bei der geringen Leistungsreserve sehr lang und mühsam wird. Schon lange bestehen solche Startschwierigkeiten auch mit starkmotorigen Maschinen beim Abflug vom Wasser. Aehnlich ist die Steiggeschwindigkeit der Jagdflugzeuge durch das gegebene Triebwerk sehr beengt und lässt sich praktisch nicht genügend erhöhen, weil ein ausreichend starker Steigmotor für Arbeitsflug und Landung zu schwer würde. Für gewisse fliegerische Höchstleistungen, z. B. Geschwindigkeitsrekordflüge, sind besonders hohe Antriebskräfte nötig. In den genannten Beispielen sind die hohen Triebkräfte zur Erzielung der gewünschten Wirkung nur durch kurze Zeiten, z. B. wenige Sekunden des Startes oder wenige Minuten des Aufstieges oder Rekordfluges notwendig, Anforderungen, denen der Raketenmotor grundsätzlich entspricht. Die fernerliegenden Verwendungsgebiete des Raketenmotors für Stratosphärenflug und dessen Weiterentwicklung sind bekannt [1, 2, 3] [1]).

2. Die Auspuffgeschwindigkeit. Der Raketenmotor hat die Aufgabe, durch Abstossen der sekundlichen Kraftstoffmasse m mit der wirksamen Geschwindigkeit c entgegen der Flugrichtung während einer kurzen Zeit t auf das Flugzeug eine hohe Antriebskraft $P = m\,c$ auszuüben. Je grösser c, desto kleiner kann, bei vorgeschriebener Antriebskraft und Wirkungszeit, die insgesamt mitgeführte Kraftstoffladung $m\,t$ sein; desto grösser wird bei gegebener Kraftstoffladung und Antriebskraft die Wirkungszeit. Grösstmögliche wirksame Auspuffgeschwindigkeit ist demnach die Grundforderung an den Raketenmotor. Erst seit $c = 3000$ m pro sec erreicht werden konnten, ist die Einführung des Raketenmotors in die Flugtechnik eine ernste Frage geworden.

3. Der Verbrennungs-Raketenmotor. Zur Erreichung hoher Auspuffgeschwindigkeiten steht technisch gegenwärtig ein Weg offen: Verbrennung von Kraftstoffgemischen (Brennstoff + Sauerstoff) sehr hohen Heizwertes E in Cal pro kg Gemisch zu Feuergasen von hohem Wärmeinhalt $J_0 = \int c_p dT = \eta_0 E$ und demgemäss hoher absoluter Temperatur T in einem widerstandsfähigen Ofen, aus dem ausströmend die Feuergase ihren Wärmeinhalt nach dem Energiesatz der Gasströmung in Strömungsenergie $c^2/2g = \eta_d J_0/A$ verwandeln. c_p ist die spez. Feuergaswärme bei konst. Druck in Cal/kg, g in m/sec² die Erdbeschleunigung und A in Cal/kgm das mechanische Wärmeäquivalent. Jede der beiden Energieumwandlungen erfolgt nicht vollständig, sondern mit bestimmtem Wirkungsgrad, die Verbrennung mit dem Ofenwirkungsgrad $\eta_0 = J_0/E$ und die Ausströmung mit dem Düsenwirkungsgrad $\eta_d = c^2/2g : J_0/A$. Der Gesamtvorgang vollzieht sich zweckmässigerweise stetig und mit gleichbleibendem, hohem Feuergasdruck.

4. Der Ofenwirkungsgrad η_0 wurde in einer grösseren Zahl von Modellversuchen [2]) an Oel-Sauerstoff-Raketenmotoren untersucht. Die Vollständigkeit der Umwandlung von E in J_0 und damit der Ofenwirkungsgrad ist in überwiegendstem Mass durch die Vollständigkeit der Verbrennung im Ofen bestimmt. Demgegenüber treten andere Verluste vollständig zurück, insbesondere auch die Kühlverluste durch die Wand des Ofens, wenn die Kraftstoffe selbst ohne Rückkühlung als Kühlmittel verwendet werden und dann so vorgewärmt in den Ofen gelangen.

Die Vollständigkeit der Verbrennung hängt bei ausreichender Durchmischung der Kraftstoffe in erster Linie von der Aufenthaltsdauer der Kraftstoffe im Ofen ab. Die Aufenthaltsdauer zerfällt in den Zeitraum vor der Entzündung des Gemisches und in die darauffolgende eigentliche Verbrennungszeit innerhalb des Ofens. Diese ist unter sonst gleichen Verhältnissen umso grösser, je geringer der Zündverzug ist, also z. B. je besser vorgewärmt (etwa durch ihre Verwendung als Kühlmittel) die Betriebstoffe bereits in den Ofen gelangen.

Nach den vorliegenden Versuchsergebnissen muss die Aufenthaltsdauer auch bei günstigsten Zündverhältnissen grösser als etwa $^1/_{500}$ sec sein. Sie hängt hauptsächlich von dem Verhältnis des nutzbaren Ofenraumes V zum engsten Querschnitt der Ausströmöffnung f' ab, dagegen sehr wenig von den Betriebszuständen, etwa dem Feuergasdruck oder dergl. [4].

Der Zusammenhang zwischen V/f' und η_0 ist in Abbildung 1 dargestellt, soweit er aus den in kleinem Massstab (bis 30 kg Schub) ausgeführten Modellversuchen erkennbar wurde. Ist demnach ein grosses V/f' erwünscht, so darf anderseits dieses Verhältnis nicht beliebig wachsen, da der Wärmedurchgang durch die vermehrte feuerberührte Wandoberfläche bald so beträchtlich wird, dass die abzuführende Wärme von den Kraftstoffen als Kühlmittel nicht mehr beherrscht werden kann, also die Betriebssicherheit in Gefahr gerät. Nach den praktischen Erfahrungen ergibt sich so die erste wichtige Bauregel:

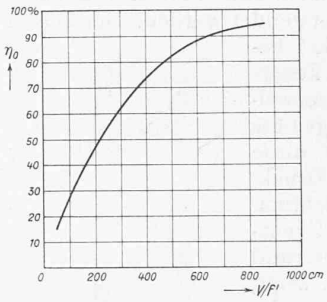

Abb. 1. Abhängigkeit des Ofenwirkungsgrades η_0 eines Raketenmotors vom Verhältnis des Ofenvolumens V zur engsten Querschnittsfläche f' der Feuerdüse.

I. „Die Grösse des nutzbaren Verbrennungsraumes (in cm³) muss zur Grösse der engsten Querschnittsfläche der Ausströmöffnung der Feuergase (in cm²) in dem Verhältnis 50 bis 5000 cm stehen".

Der Bestwert von V/f' dürfte bei etwa 500 cm zu suchen sein. Er kann mit reiner Kraftstoffkühlung allerdings nur an relativ starken Motoren mit 500 bis 1000 kg Schub eingehalten werden, da erst bei grösseren Motoren das Verhältnis von Ofenoberfläche zu Ofeninhalt hinreichend klein ist, um eine gehörige Kühlung der Ofenoberfläche mittels der durch die Ofengrösse V bestimmten Kraftstoffmenge zu gewährleisten, wenn man nicht zu unwirtschaftlich hohen Feuergasdrücken greifen will.

6. Der Düsenwirkungsgrad η_d bezeichnet die Vollständigkeit der Umsetzung des Feuergas-Wärmeinhaltes im Ofen J_0 in die der wirksamen Auspuffgeschwindigkeit c entsprechende kinetische Energie des Feuerstrahles $c^2/2g$. Die wirksame Auspuffgeschwindigkeit c ist bekanntlich nicht identisch mit der wirklichen Strömungsgeschwindigkeit des Feuerstrahles [4], da sie sich aus dem wirksamen Schub des Raketenmotors ableitet, der — als vektorielle Summe

[1]) Die eckigen Klammern beziehen sich auf das am Ende (S. 17) angeführte Schrifttum.

[2]) Der Verfasser ist dem Verband der Freunde der Technischen Hochschule-Wien für die materielle und moralische Unterstützung dieser Arbeiten sehr zu Dank verpflichtet, desgleichen den Herren Dr. Ing. Stefan Sztatecsny und Dipl. Ing. Friedr. Sztatecsny für ihre aufopfernde Mitarbeit.