

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 121/122 (1943)
Heft: 14: 60 Jahre: 1883-1943

Artikel: Ueber neue Entwicklungen im Arbeitsgebiet der Thermodynamik
Autor: Eichenberg, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53071>

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: 23.02.2026

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

sind vielleicht die Erfahrungen, die unter dem unerbittlichen Zwang des Krieges unter Inkaufnahme sonst untragbarer Risiken beim Betrieb stark überladener startender Flugzeuge in allen Wetterlagen bei erheblich behindertem Flugsicherungsdienst gewonnen werden.

Da heute Flugzeuge mit 250 bis 300 kg/m² Flächenbelastung im Betrieb stehen, während 1932 60/80 kg/m² und 1939 100/120 kg/m² als normal und 150 kg/m² als sehr hoch bezeichnet wurden (am Schluss des letzten Krieges 1918 wurden die 50 kg/m² des Fokker D-VIII als übertrieben waghalsig abgelehnt!), lässt darauf schliessen, dass die Reichweite schneller Flugzeuge ganz enorm gesteigert werden konnte, sodass auch im Ueberseeluftverkehr ohne, oder doch mit sehr wenig Stützpunkten auszukommen ist. Für diese hohen Flächenbelastungen gewinnt auch die 1941 mit dem Escher Wyss-Verstellpropeller erstmals im praktischen Flugbetrieb verwirklichte Auslaufbremsung durch Ausnützen der Motorleistung mit auf negativen Anstellwinkel durchgedrehten Propellerblättern an Bedeutung. Die durchgeführten Vermessungen des Ausrollweges eines Jagdflugzeuges (Abb. 5) bestätigten die erwartete Wirksamkeit¹⁾. Gegenüber dem bisher durch blosses Radbremsen Erreichbaren konnte der Ausrollweg auf rund $\frac{1}{3}$ und damit auf unter 100 m verkürzt werden.

Im Grossflugzeugbau ist das lange Jahre unübertroffene Fluggewicht des Do-X (Abb. 3) von 52 t bei 7200 PS nun von Landflugzeugen (Douglas B-19 mit 64 t bei 8000 PS) und Flugbooten (Martin «Mars» mit 70 t bei 8000 PS) überschritten worden.

Damit haben das Flugzeug und die Technik seiner Verwendung eine Entwicklungsstufe erreicht, die nach dem Kriege eine

¹⁾ Siehe Ackeret; SBZ Bd. 112, S. 1* (1938).

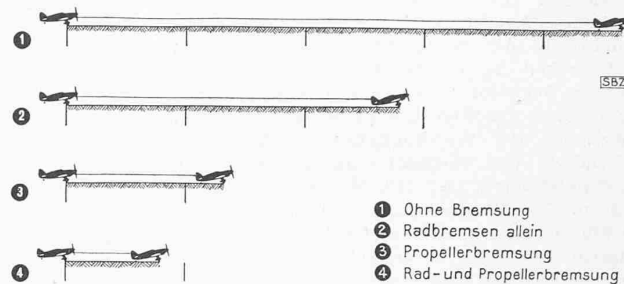


Abb. 5. Gemessene Ausroll-Strecke bei der Landung eines modernen Jagdflugzeuges, ausgerüstet mit Escher Wyss-Verstellpropeller

grosszügige Verwendung dieses Transportmittels für eilwertige Güter im Weltverkehr erlauben werden. Die gewaltig verkürzten Reisezeiten lassen eine starke Belebung des Reiseverkehrs über weltweite Strecken voraussehen.

Auch auf abseitigen Gebieten der Flugtechnik haben die letzten zehn Jahre Fortschritte gezeigt. Der Hubschrauber ist dank den Arbeiten von Prof. Focke zu beachtenswerten Flugleistungen gelangt und im Segelflug wurden bis 6838 m Höhe über Start, 50 Std. 26 Min. Dauer erreicht und in gerader Linie 749,2 km zurückgelegt. Auch die Alpen wurden mehrmals im Segelflug überquert, wobei Schweizer-Flieger namhafte Pionierarbeit geleistet haben.

Ueber neuere Entwicklungen im Arbeitsgebiet der Thermodynamik

Von Prof. Dr. G. EICHELBERG, E. T. H., Zürich

Eine erschöpfende Behandlung des Themas, wie sie in diesem Ueberblick nicht in Frage kommt, müsste sich in drei Richtungen gliedern:

Allgemein wäre zunächst über den Ausbau der Theorie der Wärme zu referieren; etwa über neuere Arbeiten zur Thermodynamik der Dämpfe und der Mehrstoffgemische, über Strömungserscheinungen in kompressiblen Gasen, über Wärmeleitung und -Strahlung und über Wärme- und Stoffaustausch. Jedes dieser Kapitel würde, selbst für einen Ueberblick, recht umfangreich. — Im besonderen müsste sodann die neuere Grundlagenforschung über Teilvorgänge in kalorischen Maschinen und Anlagen behandelt werden; Untersuchungen etwa über den Verbrennungsablauf in Motoren und in Feuerungen, über stationäre und instationäre Strömungsvorgänge in Maschinen, über den Wärmefluss in Motoren oder Turbinen, über Strahlungsaustausch in Feuerungen oder über das Höhenverhalten von Flugmotoren u. a. m. Auch hierzu sind in den Forschungsabteilungen unserer Industrie und der E. T. H. wertvolle Arbeiten durchgeführt und teils veröffentlicht worden, auf die hier nicht eingegangen werden soll. — Schliesslich bleibt im thermodynamischen Feld ein letzter Abschnitt zu besprechen, der der technischen Realisationen. Diese sind die Früchte aller angesetztten Arbeiten; denn die Entwicklung kann bis zur Realisation im technischen Gebiet nur vorgetrieben und gesichert werden durch immer tiefere Verankerung im Boden der Theorie einerseits und durch immer breitere Fundierung durch die experimentelle Grundlagenforschung andererseits.

Dies war vor auszuschicken, wenn nun über neuere, von unserer Industrie verwirklichte technische Realisationen im Gebiet der Thermodynamik kurz berichtet werden soll. Dabei muss das Thema noch einmal eingengt werden durch einen Verzicht auf die weiten Sondergebiete etwa der thermo-chemischen Prozesse, der Klimatisierung, Heizung und Trocknung, der Kompressions- und Absorptions-Kältetechnik, bzw. der heute besonders aktuellen Wärmepumpenentwicklung im allgemeinen. Denn das Hauptinteresse konzentriert sich doch mit Recht auf die Wärmekraftanlagen, als die ausschlaggebenden Energielieferanten für das gesamte Räderwerk der modernen Technik.

Ausgangspunkt der Wärmekraftgewinnung ist die chemische Energie von Kohle und Oel, die wir leider noch nicht gelernt haben auf dem theoretisch vielversprechenden direkten Weg unmittelbar in elektrische Energie umzuwandeln. So geht es denn noch immer, seit James Watt, auf dem Umweg über die Wärme zur mechanischen und weiter zur elektrischen Energie. Und zwischen Wärme- und mechanischer Energie haben wir lernen müssen zu verzichten. Die Grundsätze der Thermodynamik erlauben nur eine teilweise Umsetzung, oder, genauer gesagt: Aus der chemischen Energie entsteht bei der Verbren-

nung eigentlich zweierlei Wärme, geordnet-organisierte und chaotische, von denen sich nur die erste in mechanische Energie überführen lässt, soweit sie uns dabei nicht noch nachträglich ins Chaotische abgleitet. Und leider ist die Natur darauf versessen, den Schritt von der «O-Wärme» zur «C-Wärme» bei jeder sich bietenden Gelegenheit zu vollziehen, während sie das Umgekehrte hartnäckig bleiben lässt (II. Hauptsatz).

Dabei kann die Brennwärme von Kohle und Oel direkt oder indirekt zum Einsatz kommen. Direkt geschieht dies in unsern Verbrennungsmaschinen, in denen die Brenngase selbst das treibende Arbeitsmedium sind; indirekt geschieht es in den Dampfkraftanlagen, in denen die Wärme zunächst von den Brenngasen an den Arbeitsdampf weitergegeben werden muss. Dies geschieht im Dampfkessel, der im Prinzip nichts anderes ist, als die wärmedurchlässige, aber stoffdichte Trennwand zwischen Feuergas und Arbeitsdampf. So einfach wie dies klingt, ist die Sache selbst aber nicht. Im Kesselbau steckt eine Unsumme wissenschaftlicher Arbeit und praktischer Erfahrung. Zwei wesentliche Entwicklungsschritte kann dabei unser Land im letzten Jahrzehnt verzeichnen: auf der Dampfseite den Schritt vom Umwälzkessel zum Einrohrdampfzeuger der Gebrüder Sulzer¹⁾; auf der Feuer-gasseite der Schritt von der Niederdruck- zur Hochdruckfeuerung, oder, anders ausgedrückt, von der normalen offenen Verbrennung unter Aussendruck zur aufgeladenen Feuerung, wie sie im Veloxkessel von Brown Boveri²⁾ verwirklicht ist. Ueber beide Systeme ist schon so eingehend berichtet worden, dass ich mich damit begnüge, auf die von ihnen ausgehende Weiterentwicklung hinzuweisen. — Kein Versuch ist bisher gemacht worden, die sich im übrigen nicht berührenden Arbeitsprinzipien der beiden Kesselarten konstruktiv zu vereinigen, obwohl dies etwa mit Rücksicht auf die hohen Dampfdrücke und die Wärmeübergänge nicht uninteressant erscheint. Dagegen sind bei BBC erfolgversprechende Arbeiten im Gang, um den Verwendungsbereich des Veloxkessels zu erweitern durch Uebergang von der Oelfeuerung zur Kohle- bzw. Kohlenstauffeuerung. Von Interesse ist ferner der in neuester Zeit von BBC beschrittene Weg, den Veloxkessel als blossen Ueberhitzer auszubilden, um ihn so in eine moderne Gesamtanlage als Zwischenüberhitzer einzuschalten. Dies, in Verbindung mit gesteigerter Anzapfdampf-Vorwärmung und weiteren Verfeinerungen moderner Dampfkraftanlagen erlaubt schon rund ein Drittel der Brennstoffwärme in mechanische Energie umzusetzen, und damit den im Verbrennungsmotorengebiet erreichten Wirkungsgraden nahe zu kommen.

Zur Erzielung solcher Ergebnisse haben die in jüngster Zeit erarbeiteten Verbesserungen der Dampfturbinen einen wesentlichen Anteil. Die Strömungsforschung hat sich hier im beson-

¹⁾ Siehe Bd. 100, S. 203*; Bd. 103, S. 6* (Stodola); Bd. 104, S. 180*.

²⁾ Bd. 101, S. 151*; Bd. 102, S. 61* (Quiby); Bd. 107, S. 275*.

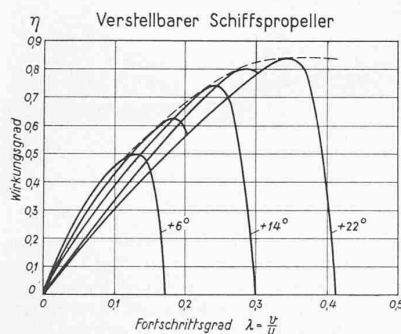
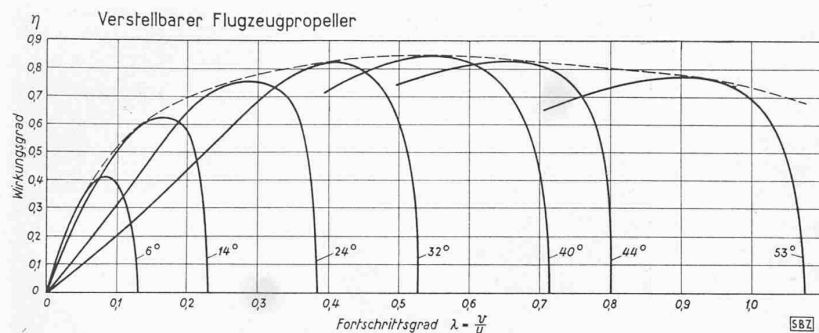
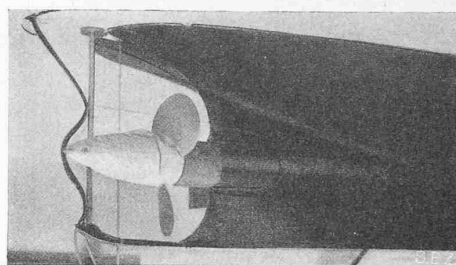
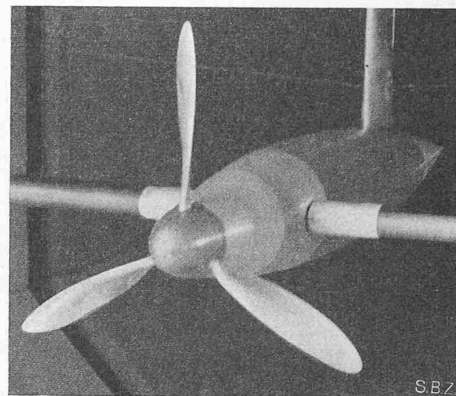


Abb. 1 und 2 (oben).
Gemessene Wirkungsgrade der
neuen Escher Wyss-Verstell-
propeller für Flugzeuge

Modellversuche im Windkanal der E. T. H.

Abb. 3 (links) und 4 (rechts).
Desgl. für Verstellpropeller
zum Schiffsantrieb



deren als fruchtbar erwiesen, indem sie in den letzten Jahren die Turbomaschinen — Turbine und Axialgebläse — im Rahmen des noch Möglichen sprunghaft verbessert hat.

Gerade diese Ergebnisse waren entscheidend für eine erfolgversprechende Inangriffnahme des *Gasturbinenproblems*, dieses schon alten Programmpunktes der Thermodynamik. Die heute erreichten Wirkungsgrade der Turbinen und Axialgebläse erlauben — unter Verwendung der von der Stahlwerk-Forschung geschaffenen hochhitzebeständigen Legierungen — an die Verwirklichung der Gasturbine zu schreiten. Hier ist, das darf man wohl sagen, in unserm Lande in den letzten Jahren entscheidende Pionierarbeit geleistet worden, die uns eine führende Stellung in diesem Gebiet sichern dürfte.

Sichtbar ist von dieser Entwicklung zunächst der erste, von BBC realisierte Schritt der *normalen Gasturbine mit Gleichdruckverbrennung*, sei es mit oder ohne *Wärmerekupération*³⁾. Dieser Schritt erlaubt die Erstellung derjenigen Anlagen, für die die dabei erzielbare Wärmeausnutzung von nicht viel mehr als $\frac{1}{6}$ bereits wirtschaftlich ausreichend ist. Es sind dies vorwiegend Spitzen- und Reserveanlagen, sei es in Kraftwerken, in der Kriegsmarine oder im Bahnbetrieb. Die 2200 PS-Gasturbinen-Lokomotive von BBC ist hierfür das gegebene Beispiel⁴⁾.

Für die Weiterentwicklung der Gasturbine ist der Übergang auf neue, hochwertigere thermodynamische Arbeitsprozesse entscheidend. Gerade in dieser Richtung wird heute in der Schweiz — begünstigt durch eine wirtschaftspolitische Ausnahmelage — intensiv gearbeitet und zwar von allen führenden Grossfirmen des Wärmekraftmaschinenbaues. Ueber die verschiedenen Arbeitsprozesse, wie sie bei Brown Boveri, bei Escher Wyss⁵⁾, bei Sulzer und in der Maschinenfabrik Oerlikon in Entwicklung sind, kann jetzt noch nicht im einzelnen berichtet werden. Es lässt sich aber schon heute erkennen, dass damit entscheidende und eine führende Stellung begründende Verfahren für unser Land gesichert erscheinen.

Nicht weniger erfreulich ist die Entwicklung, die im Gebiet der *Verbrennungsmotoren* im Fortschreiten ist. Schon früh hatten hier im Grossmotorenbau Gebr. Sulzer durch die Entwicklung des *Zweitaktmotors*, vor allem für die Meerschifffahrt, sich einen der allerersten Plätze auf dem Weltmarkt errungen⁶⁾.

In anderer Richtung hat später das Büchi-Syndikat durch die Entwicklung der *Aufladung des Viertaktmotors mittels Abgasturbine und Gebläse* eine durch Lizenzen in der ganzen Welt anerkannte Pionierarbeit geleistet. Schon durch ein Patent aus dem Jahre 1905 hatte Büchi ganz generell die Unterteilung des Arbeitsprozesses in einen dem Motor zugewiesenen Hochdruckteil und einen der Turbine zu übertragenden Niederdruckprozess vorgeschlagen. In dieser Richtung geht auch heute die Entwicklung weiter.

³⁾ Siehe Bd. 115, S. 13* (Stodola) und S. 17* (Ad. Meyer).

⁴⁾ Siehe Bd. 119, S. 229* und 241* (Ad. Meyer).

⁵⁾ Aerodynamische Wärmekraftanlage Bd. 113, S. 229* (Ackeret, Keller).

⁶⁾ 12500 PS-Motoren für die «Oranje», Band 112, Seite 299*.

Einen entscheidenden Schritt haben hier Gebr. Sulzer in neuester Zeit vollzogen durch die Entwicklung von *Hochlade-Zweitakt-Maschinen* — in der Form von längsgespülten Doppelkolbenmotoren —, die durch ein mit dem Motor gekuppeltes Turboaggregat auf mehrere Atmosphären Anfangsdruck aufgeladen werden. Damit konnte eine Leistungsdichte auf engstem Raum erzielt werden, wie sie im Grossmotorenbau bisher nicht erreicht worden ist⁷⁾. Parallel hierzu verfolgen Gebr. Sulzer die Entwicklung der *Pescara-Freikolben-Generatoren*; das sind kurbelwellenlose Zweitaktmotor-Kompressoren⁸⁾. Sie erzeugen heisse Abgase unter mehreren Atmosphären Druck, die dann in einer Gasturbine Arbeit leisten.

Die Entwicklungsprogramme unserer Grossfirmen sind somit reich besetzt und vielversprechend. Dass darüber hinaus auch im Fahrzeugmotorenbau und im Flugmotorenbau initiativ in neuen Bahnen gearbeitet wird, soll abschliessend wenigstens noch erwähnt sein.

Aerodynamik und Maschinenbau

Von Obering. Dr. sc. techn. C. KELLER, Escher Wyss, Zürich

Hätte früher der Ingenieur gesagt, dass er die Strömungsmittel von Wasserturbinen oder Pumpen, von Dampfturbinen und Gasturbinen, Schiffs- und Flugzeugpropellern «wie Luft» behandelt, so hätte man ihm dies als Nachlässigkeit angerechnet, weil alles beim alten geblieben wäre; wenn er das gleiche aber heute tut, so weiss man, dass er auf dem besten Wege zu neuen Erkenntnissen und Fortschritten ist. Die modernen Untersuchungs- und Betrachtungsmethoden der Aero- und Hydrodynamik, die erst in den letzten Jahren im Maschinenbau Eingang fanden, behandeln eben vieles wie Luft, d. h. mit Luft.

Wenn im vergangenen Jahrzehnt im Gebiete der Strömungsmaschinen und insbesondere des Turbomaschinenbaues der Schweiz eine offensichtlich beschleunigte Weiterentwicklung mit neuen Bauformen zu verbesserten Maschinen einsetzte, die eine gewisse frühere Stagnation in der Entwicklung durchbrach, so ist dies vor allem den Auswirkungen dieser neuen Disziplinen zu verdanken. Die Technik der Strömungsmaschinen hat dadurch äusserst wertvolle neue Hilfsmittel für Berechnung und Versuch erhalten, mit denen auf neuen Wegen gerade in den letzten Jahren oft unerwartete Verbesserungen und Neuschöpfungen gelungen sind. Der heutige Bau von Turbomaschinen ist gekennzeichnet durch die Tendenz zum Schnellauf, was infolge der hohen Drehzahlen zu erwünschten kleinen Abmessungen und zu Materialersparnis führt. Solche Maschinen, meist mit tragflügelartigen Schaufelungen, wie z. B. Axialverdichter für Luft und Gase, Propeller, hochwertige Dampf-, Gas- und Aerodynamische Turbinen sowie Wasserturbinen und Pumpen mit propellerartigen Lauf- rädern, beruhen in ihrer Ausführung wesentlich auf den letzten Erkenntnissen der Strömungslehre und der Aerodynamik.

⁷⁾ Bd. 119, S. 147*, 166* (Oederlin). — ⁸⁾ Bd. 119, S. 149*.