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

Artikel: Aerodynamik und Maschinenbau
Autor: Keller, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-53072

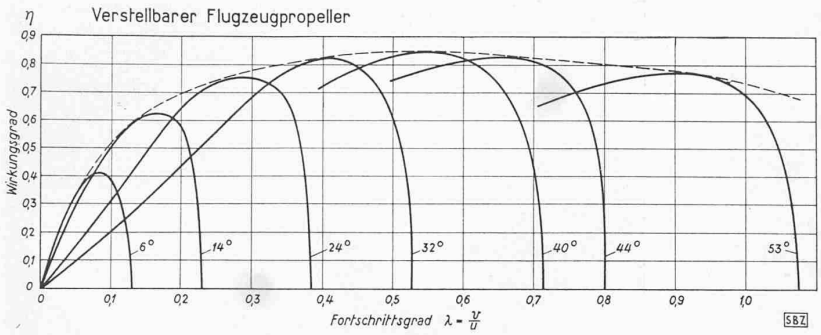
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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

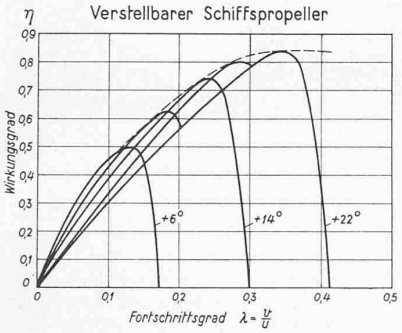
Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans 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

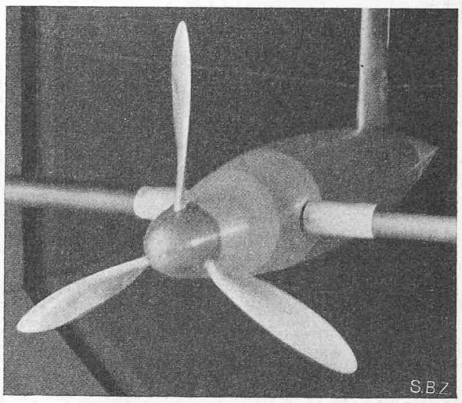
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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







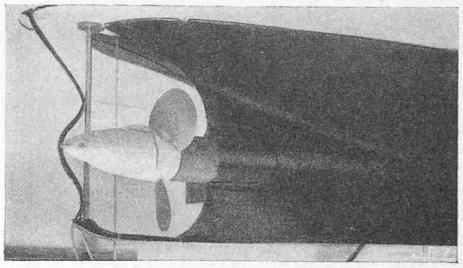


Abb. 1 und 2 (oben). Gemessene Wirkungsgrade der neuen Escher Wyss-Verstellpropeller für Flugzeuge

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 *Wärmerekuperation*[3]). Dieser Schritt erlaubt die Erstellung derjenigen Anlagen, für die die dabei erzielbare Wärmeausnützung von nicht viel mehr als $^1/_6$ 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 Beispiel[4]).

Für die Weiterentwicklung der Gasturbine ist der Uebergang 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 Wyss[5]), 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 Meerschiffahrt, sich einen der allerersten Plätze auf dem Weltmarkt errungen[6]).

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 ist[7]). Parallel hierzu verfolgen Gebr. Sulzer die Entwicklung der *Pescara-Freikolben-Generatoren;* das sind kurbelwellenlose Zweitaktmotor-Kompressoren[8]). 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.

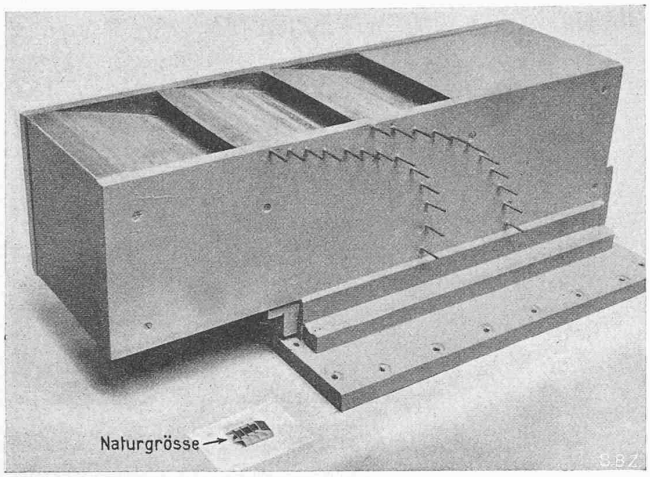
Aerodynamik und Maschinenbau

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 erwünscht kleinen Abmessungen und zu Materialersparnis führt. Solche Maschinen, meist mit tragflügelförmigen Schaufelungen, wie z. B. Axialverdichter für Luft und Gase, Propeller, hochwertige Dampf-, Gas- und Aerodynamische Turbinen sowie Wasserturbinen und Pumpen mit propellerartigen Laufrädern, 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*.



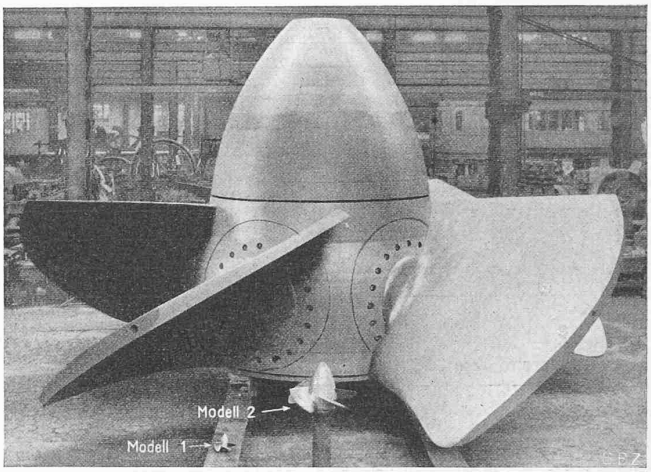


Abb. 5 Für Dampfturbinenelemente (Leitapparat links) werden im Luftversuch vergrösserte Modelle benützt, für hydraulische Turbinen in aerodynamischen Versuchständen kleine Modellräder. In beiden Fällen verläuft die Luftströmung im Modellversuch ähnlich wie die Dampf- bzw. Wasserströmung in Wirklichkeit Abb. 6

Das eigentliche Feld der Aerodynamik war vorerst die Flugtechnik. Dort drang man von Anfang an viel konsequenter als auf anderen Gebieten des Maschinenbaues wirklich zu den Einzelheiten der Strömungserscheinungen vor, um die Kraft- und Reibungswirkung der Luft auf tragende Flächen, Propeller usw. zu ergründen. Eine grosse Zahl planmässiger Modellversuche auf den Grundlagen der Aehnlichkeitsgesetze, der Tragflügeltheorie und der allgemeinen physikalischen Strömungslehre schufen in besonderen Forschungsanstalten in verhältnismässig kurzer Zeit reiches und geordnetes Erfahrungsmaterial über früher unbekannte oder unbeachtete Strömungsvorgänge, das zu dem heute vor aller Welt sichtbaren Fortschritt in der Flugtechnik geführt hat.

Im Strömungsmaschinenbau begann eine neue Phase, als es offensichtlich wurde, dass viele dieser Erkenntnisse, die mit flugtechnischen Problemen zusammenhängen, sinngemäss auch auf die aktiven und strombestrichenen Teile der obengenannten Strömungsmaschinen übertragen werden konnten. Es sind hauptsächlich die Arbeiten der schweizerischen Fabrik- und Hochschul-Forschungsanstalten, die in den letzten zehn Jahren die Anwendungsmöglichkeiten prüften und die konsequente Einführung dieser Anschauungen in die Maschinentechnik und deren Versuchswesen zu fördern begannen[1]). Vor allem das 1934 an der E. T. H. eröffnete Aerodynamische Institut[2]) hat seither unter der Leitung von Prof. Dr. J. Ackeret nicht nur für die Entwicklung der Flugtechnik, sondern gerade auch durch die grundlegende Bearbeitung verschiedenster Probleme der technischen Strömungslehre und der Gasdynamik im Maschinenbau und durch die Ausbildung von Ingenieurnachwuchs auf diesem neuen Gebiete wertvollste praktische Beiträge und wegleitende Anregungen und Impulse für die Industrieforschung geliefert. Einige charakteristische Ergebnisse neuerer Untersuchungen werden im folgenden in einem zusammenfassenden Ueberblick besprochen.

Für die Anwendung der aerodynamischen Ergebnisse auf die einzelnen Gebiete des Strömungsmaschinenbaues, wo Maschinen mit verschiedensten Arbeitsmitteln, mit Gasen oder Flüssigkeiten arbeiten, ist ein ordnendes Prinzip notwendig. Will man ferner die Versuchswerte aus Modell- oder Grossversuchen von einem Teilgebiet des Maschinenbaues auf das andere zahlenmässig übertragen, so ist das auch nur möglich, wenn man so etwas wie einen Generalnenner, eine gemeinsame Basis und einen Wegweiser zur Durchführung und Beurteilung der Untersuchungen schafft. Die mechanischen Aehnlichkeitsgesetze für Strömungen, schon 1883 von Osborne Reynolds aufgestellt und lange nur dem

[1]) Ueber diese, von der Fachwelt anerkannten Pionierarbeiten wurde in der SBZ bereits eingehend berichtet. Im Aufsatz: «Die Verwendung von Luft als Untersuchungsmittel für Probleme des Dampfturbinenbaues» (Ackeret, Keller, Salzmann, Bd. 104, Dez. 1934) wurden die Grundlagen für die Dampfmodellversuche behandelt. Der Aufsatz: «Aerodynamische Versuchsanlagen für hydraulische Maschinen» (Keller, in Bd. 110, Okt. 1937) lieferte die entsprechenden Grundlagen der aerodynamischen Versuchsmethoden zur Erforschung hydraulischer Maschinen mittels Luft.

[2]) Eingehend beschrieben in Bd. 111, S. 73* ff. 1938.

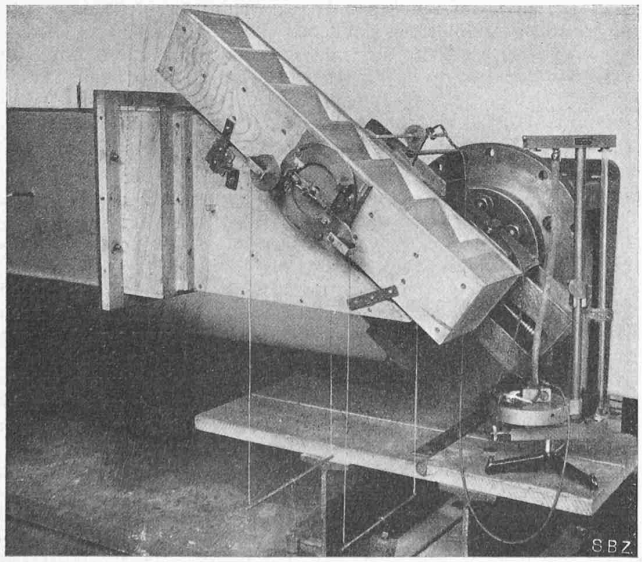


Abb. 10. Luftversuche an vergrösserten Modellen von Dampfturbinen-Laufschaufelgittern

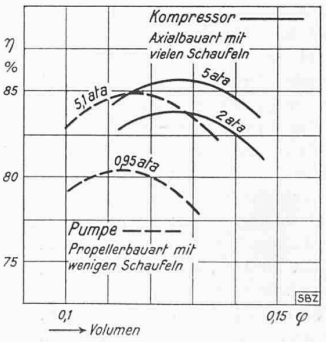


Abb. 12. Durch Ueberdruckbetrieb in geschlossenen Kanälen mit Umlauf der Luft kann der Einfluss der Aenderung der Reynolds'schen Zahl ermittelt werden und damit die sogenannte Aufwertung (Reibungsverminderung) zwischen Modell- und Grossausführung durch Druckvariation: Wirkungsgradmessungen an Axialgebläsen und Pumpen im Ueberdruckkanal bei verschiedenen Luftdrücken (Variation der Reynolds'schen Zahl)

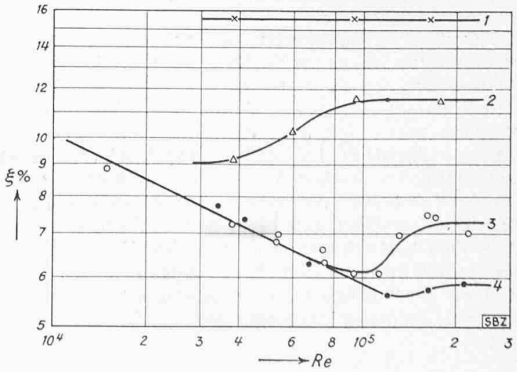
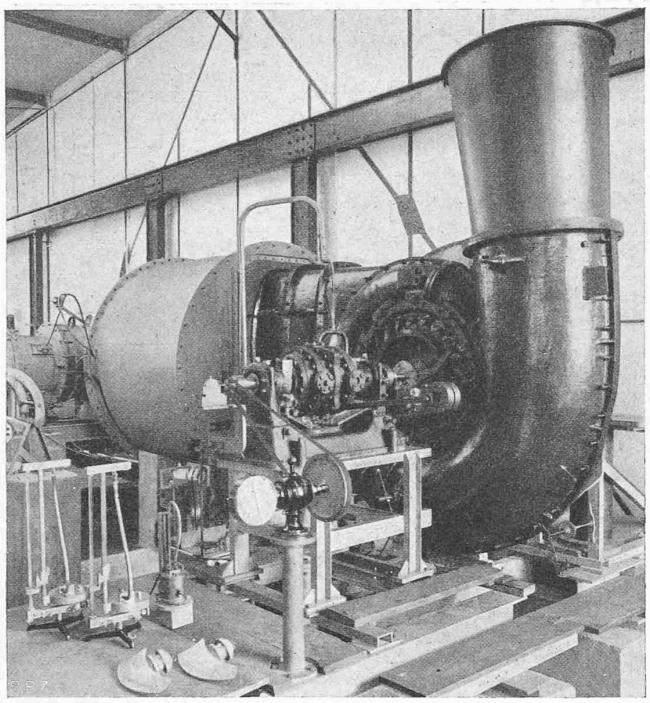


Abb. 11. Im Modellversuch ermittelte universelle Verlustzahlen von Dampfturbinenkanälen, nach Reynolds'scher Kennzahl und Rauhigkeiten von 1 bis 4 geordnet



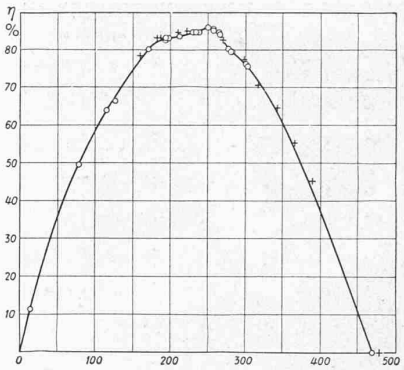


Abb. 8. Vergleichsmessungen des Wirkungsgrades im gleichen Modellrad einer Kaplanturbine mit Wasser (+) und mit Luft (0) zeigen Uebereinstimmung.

Abb. 7 (Photo links). Aerodynamischer Versuchstand für Wasserturbinen (Patent Escher Wyss). Modellturbinengruppe mit Einlaufspirale horizontal gelagert. Ein Gebläse im Hintergrund links saugt Luft aus der Umgebung in die Turbine, die durch diese Luft wie durch Wasser betrieben wird. Die entstehende Leistung von einigen PS wird durch eine Bremse gemessen.

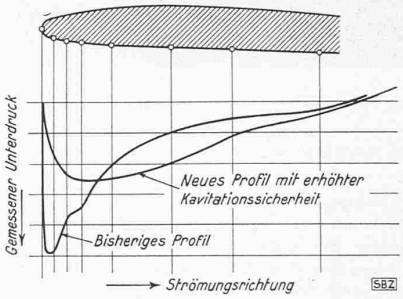


Abb. 9. Luftversuche ermöglichen Druckmessung an allen Stellen der Maschinenschaufelungen unter Betriebsbedingungen. Durch Formänderungen der Eintrittkanten auf Grund der direkten Messung des Druckverlaufes können z. B. kavitations-sichere Laufräder planmässig gezüchtet werden.

Physiker bekannt, wurden erst vor kurzem mit ihren Begriffen der Kennzahlen (Reynolds-sche Zahl, Mach-sche Zahl u. s. w.) als wesentliche Variable auch in den Begriffkreis des Maschineningenieurs aufgenommen. An Stelle einer Unzahl sich oft widersprechender mehr oder weniger willkürlicher Spezial- und Einzelversuche in den verschiedenen Gebieten ohne sichtbaren Zusammenhang tritt damit heute der planmässig nach physikalischen Richtlinien geordnete Modellversuch. In einzelnen Gebieten, wie im Schiffbau, der Flugtechnik, teilweise im Wasserbau, fanden diese Anschauungen schon länger praktische Verwendung, im Gegensatz zum Turbomaschinenbau, wo sie z. B. in der Dampftechnik kaum beachtet wurden, vielleicht deshalb, weil hier eine von der Tradition beherrschte erfolgreiche Entwicklung genügend spezielles Erfahrungsmaterial für normale Entwicklung bot.

Heute ist aber wohl überall der Punkt erreicht, wo ein empirisches Vorgehen für eine weitere Entwicklung viel zu zeitraubend und unsicher, wenn nicht gar aussichtslos ist. Ohne intensive experimentelle Untersuchungen auf neuen Wegen und mit feineren Mitteln sind auf allen Gebieten der Technik Vervollkommnungen nicht mehr möglich. Dies gilt vor allem auch für den Bau hochwertiger Kraft- und Arbeitsmaschinen, der von der Schweizer Industrie von jeher besonders gepflegt wurde. Für den Aussenstehenden ist aber die Rolle der Forschung im Maschinenbau und die Art des Vorgehens auf den ersten Blick nicht immer augenscheinlich. Das aussere Ansehen von Wasserturbinen, Pumpen, Dampfturbinen, Kompressoren, Propellern und verwandten Maschinen hat sich in den letzten Jahren nicht umwälzend verändert, jedoch haben die inneren, aktiven und strombestrichenen Teile, die für den Energieaustausch und die Wirkungsgrade massgebend sind, gerade in der letzten Zeit wichtige Formänderungen erfahren. Diese Neubildungen sind fast durchgehend das Ergebnis experimenteller Studien.

Der Modellversuch hat auch im Maschinenbau eine grosse Bedeutung erlangt. Es gab eine Zeit, wo der Ingenieur das Experimentieren eher als etwas ihm Unwürdiges empfand und hoffte, mit theoretischen Annahmen und Berechnungen die meisten Probleme auf dem Papier lösen zu können. Wir sind heute in dieser Beziehung wieder viel bescheidener geworden und beachten die Grenzen der Theorie. Sie ist wohl unentbehrlich, denn sie allein weist qualitativ den richtigen Weg der Untersuchung. Daneben steht aber heute gleichwertig der wissenschaftliche Versuch. Theorie und Experiment ergänzen sich und bilden die gemeinsame Grundlage jeder gesunden technischen Entwicklung.

Bis vor kurzem hat sich aber diese Entwicklung der einzelnen Gattungen von Kraft- und Arbeitsmaschinen auf völlig getrennten Wegen abgespielt. Hydraulische und kalorische Maschinen vervollkommneten sich hauptsächlich dank der Spezialuntersuchungen und -Erfahrungen in den betreffenden Gebieten unabhängig voneinander. Je nachdem das Arbeitsmittel kompressibel, wie bei Gasen und Dämpfen, oder eine inkompressible Flüssigkeit war, herrschten bei Berechnung, Konstruktion und Versuch verschiedene Anschauungen und Untersuchungsverfahren vor. Man war sich im allgemeinen auch in Ingenieurkreisen kaum dessen bewusst, dass alle diese Strömungsmaschinen durch viele gemeinsame physikalische Gesetzmässigkeiten unter sich verwandt sind, und dass Uebertragungen der Erfahrungen von einem Teilgebiet auf das andere vom Standpunkt der neueren Anschauungen der Aerodynamik und der Aehnlichkeits-Gesetze aus wohl möglich sind. Man betonte eigentlich immer mehr das Trennende als das Gemeinschaftliche, was zu Spezialisierung in Hochschule, Literatur und Fabrikation führte. Die moderne Strömungslehre hat nun hier Wandlung geschaffen und es scheint, dass unter dem Gesichtspunkt der gemeinsamen Eigenschaften der Turbomaschinen eine weitere fruchtbringende Entwicklung sich anzeigt.

Während bei oberflächlicher Betrachtung zwischen Flüssigkeit und kompressiblen Gasen ein grundsätzlicher Unterschied besteht, lehrt nämlich die mehr physikalische Betrachtungsweise der Strömung in beiden Fällen, dass bei technisch meist zulässigem Grad der Vernachlässigung der Unterschied im Maschinenbau oft gar nicht von der erwarteten Grösse ist. Es zeigt sich, dass, vom Standpunkt der Aehnlichkeitsgesetze aus betrachtet, zwischen den einzelnen Maschinenarten viele gemeinsame Eigenschaften, vor allem bezügl. Kraftwirkung durch oder auf das durchströmende Arbeitsmittel bestehen, sei dies Dampf, Luft, Wasser, Oel oder ein anderes Medium. Derart betrachtet ist z. B. der Mechanismus der Flüssigkeitsförderung und der Druckerhöhung in einer Kreiselpumpe und der Gasförderung in einem Kreiselverdichter, oder die Strömung um einen Schiffs- und einen Flugzeugpropeller oder um eine Kaplanturbinenschaufel in den Grundphänomenen weitgehend dasselbe. Man kann in vielen Fällen Luft, Gase und Dämpfe wie Flüssigkeit und umgekehrt behandeln und macht nun von dieser Tatsache bei Modellversuchen Gebrauch.

Als Untersuchungsmittel für Modelle von vollständigen Maschinen oder von Elementen solcher Maschinen wird in immer steigendem Masse konsequent Luft verwendet und zwar für die Darstellung von Dampf- oder Gas- sowie auch von Wasserströmungen. Die Skepsis, mit der z. B. die Hydrauliker oder Dampfspezialisten solchen Versuchen noch vor kurzem begegneten, ist heute im Schwinden, nachdem in den letzten Jahren eine grosse Zahl von Messungen die Uebertragbarkeit der Luftergebnisse auf die wirkliche Maschine, auf Dampf- oder Wasserturbine bestätigt haben[1]). Diese für den Aussenstehenden auf den ersten Blick erstaunlichen Tatsachen sind folgerichtig und lükkenlos im Maschinenbau früher nie angewendet worden. Es sind wohl ab und zu Modellversuche mit Ersatzmedien gemacht worden, aber sie dienten in erster Linie zu blossen qualitativen Demonstrationszwecken von Strömungsformen und gaben zahlen-

[1]) Vgl. Escher Wyss-Mitteilungen 1939, Sonderheft «Forschung an Turbomaschinen». Auszug davon in SBZ Bd. 114, S. 196*.

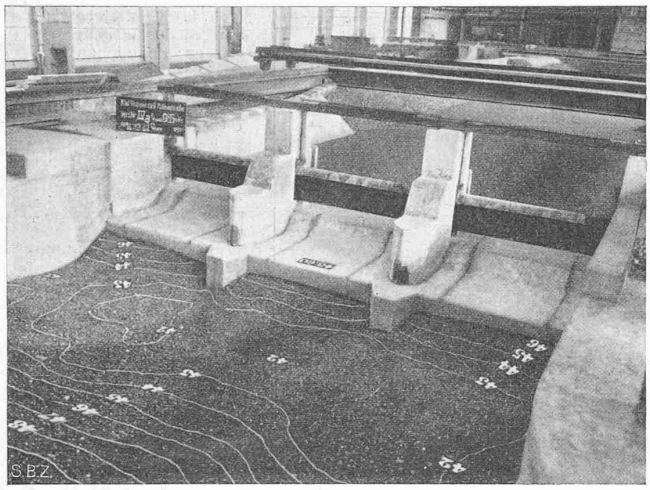


Abb. 1. Symmetr. HW-Abfluss (985 m³/s)

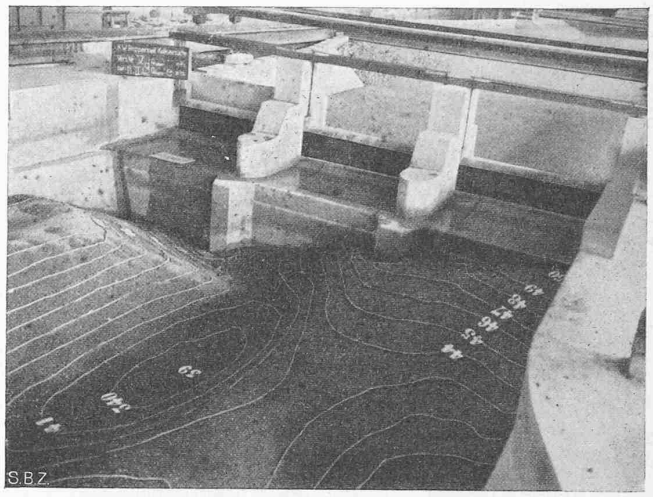


Abb. 2. Unsymmetr. Abfluss (HW-Spitze 1300 m³/s)

Modellversuche Stauwehr Rupperswil

mässig keine zuverlässigen, vielfach sogar widersprechende Ergebnisse.

Die Vorteile der aerodynamischen Versuchsmethode bestehen für die Untersuchung kalorischer und hydraulischer Maschinen. In der Dampftechnik sind damit die Schwierigkeiten behoben, die das Experimentieren mit Heissdampf und unter Druck mit sich brachte, wie hohe Temperaturen, kleine Abmessungen der zu prüfenden Objekte, Kondensationsstörungen, hohe Umfangsgeschwindigkeiten, Unmöglichkeit der direkten Beobachtung. Im hydraulischen Maschinenbau kann man im Luftbetrieb leicht mit verkleinerten handlichen Nachbildungen der wirklichen Objekte, Turbinen, Rohrleitungen, Absperrorganen arbeiten. Die Modell- und Versuchskosten sind naturgemäss kleiner, denn viele Teile können in Holz hergestellt werden. Beim Wasserversuch liegt das zu untersuchende Stück unter Wasser; im Luftversuch ist es der Beobachtung weit besser zugänglich. Es lassen sich an den interessierenden Stellen auch Druckverteilungen unter Betriebsbedingungen viel leichter und genauer ermitteln, die die exakten Berechnungsgrundlagen für die wirklich auftretenden Kräfte in der Wirklichkeit liefern.

Die Bilder dieses Aufsatzes geben einige wenige typische Beispiele solcher moderner Modellversuche der letzten Zeit aus verschiedenen Gebieten des Maschinenbaues und zeigen, wie durchgehend fruchtbar der Grundsatz der gemeinschaftlichen Behandlung auf den Grundlagen der Aehnlichkeitsgesetze, wie sie die Aerodynamik für die Praxis aufgedeckt hat, ist. Die heutige Versuchstechnik befasst sich vorwiegend mit der grossen Mannigfaltigkeit der Einzelheiten, wie Reibungsvorgänge in den dünnen Wandgrenzschichten, Mechanismus der Wärmeübertragung, der ebenfalls wesentlich in diesen Schichten sich abspielt, mit Ablösungen, Wirbelbildungen u. s. w., also mit Feinheiten, die früher die Mittelwertstheorie wenig oder gar nicht beachtete. Seit der Klärung der Vorgänge in diesen dünnen, unmittelbar an die strombestrichenen Flächen anstossenden sog. Grenzschichten, die in der allgemeinen Strömungslehre als für den Sitz der Verluste ausschlaggebend erkannt wurden, musste auch in den Anschauungen des Maschinenbauers eine Wandlung eintreten. Solche Erscheinungen treten nun vielfach in gleicher Weise bei allen Kreiselmaschinen und ihren zugehörigen Apparaten, in Kühlern, Wärmeaustauschern, Wärmeübertragungsflächen u. s. w. auf. Sie lassen sich aber nicht mehr durch Berechnung am Konstruktionstisch, sondern nur durch Modellversuche mit neuen Untersuchungsmethoden und Messverfahren klären. Entwicklungsarbeiten und Studien haben sich daher in letzter Zeit stark vom Konstruktions- und Berechnungsbureau in die Laboratorien verschoben, wo das wissenschaftliche Experiment heute die Lösung theoretisch nicht mehr restlos zu erfassender komplizierter Vorgänge und Probleme liefert. Die Erkenntnis von der grossen Bedeutung der technisch-wissenschaftlichen Forschung an der Hochschule und in den einzelnen Werken unserer Industrie ist ja im letzten Jahrzehnt allgemein geworden. Sie findet ihren Ausdruck im derzeitigen Ausbau verschiedener staatlicher und privater Laboratorien, von deren Arbeiten man eine Festigung des technischen Rufes der Schweizer Industrie, die Entwicklung neuer Erzeugnisse und damit das beste Mittel zur Erhaltung ihrer internationalen Konkurrenzfähigkeit erwartet.

Aus der Versuchsanstalt für Wasserbau der E.T.H.

Ueber einige Probleme des Kraftwerkbaues

Von Prof. Dr. E. MEYER-PETER, E. T. H., Zürich

I. Kolkerscheinungen bei Stauwehren von Niederdruckwerken

Versuche, die den Zweck verfolgen, die auf der Unterwasserseite von Stauwehren zu erwartenden Sohlenvertiefungen und damit die erforderlichen Fundationstiefen zu ermitteln, stossen — so einfach sie grundsätzlich auch erscheinen mögen — auf eine Reihe von Schwierigkeiten, die in der naturgemässen

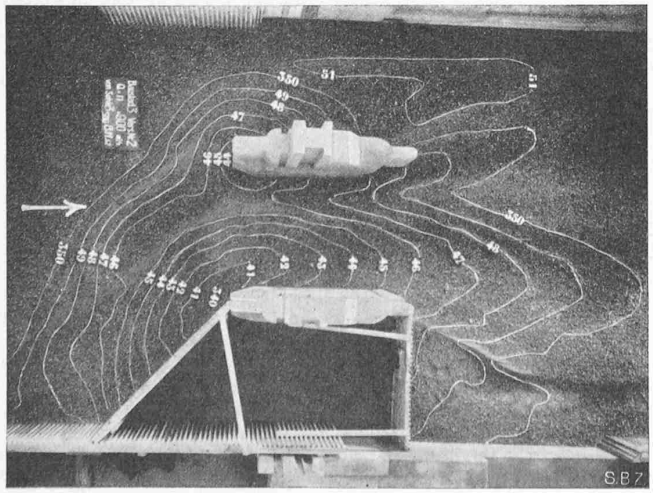


Abb. 3. Baustadium 3 (900 m³/s)

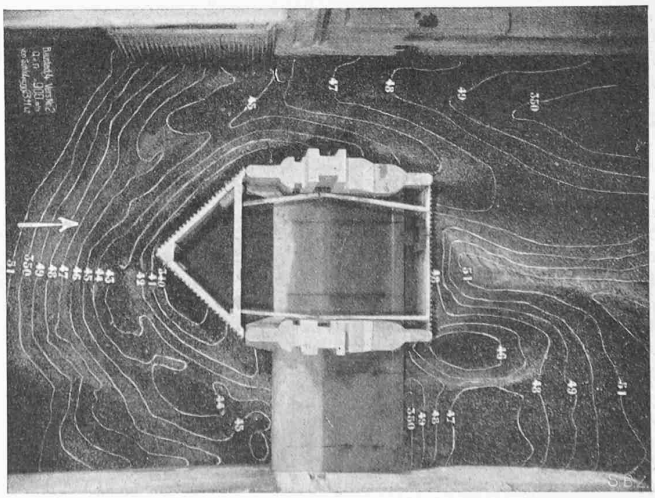


Abb. 4. Baustadium 4 (900 m³/s)

Modellversuche zum Wehrbau Rupperswil