

Zeitschrift: Schweizer Pioniere der Wirtschaft und Technik
Herausgeber: Verein für wirtschaftshistorische Studien
Band: 75 (2003)

Artikel: Aurel Stodola (1859-1942) : Wegbereiter der Dampf- und Gasturbine
Autor: Lang, Norbert
Kapitel: Verschlungene Wege zur Gasturbine
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1095656>

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

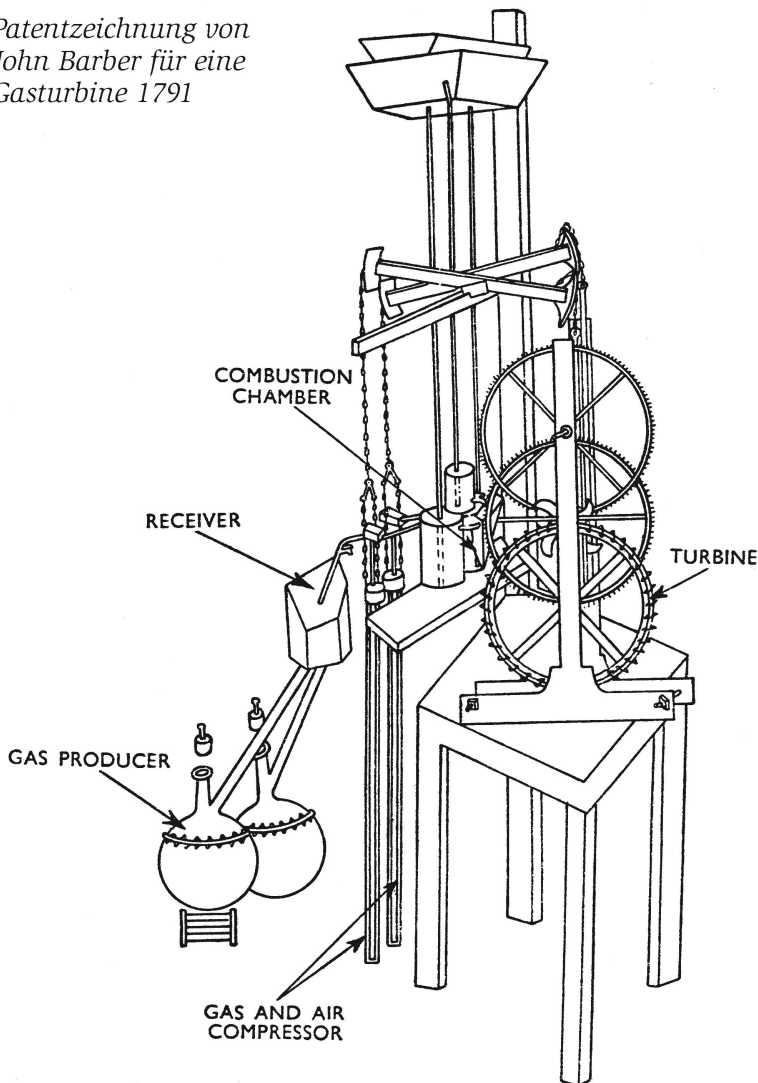
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media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

Download PDF: 25.04.2026

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

Verschlungene Wege zur Gasturbine

Patentzeichnung von
John Barber für eine
Gasturbine 1791

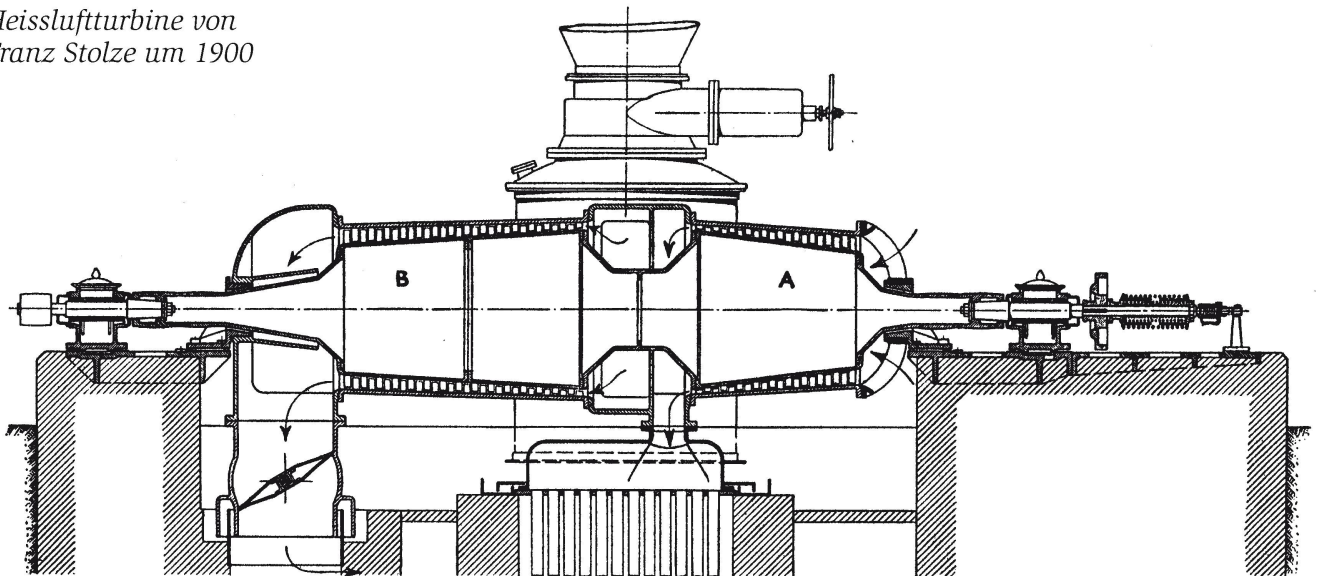


Einige Vorläufer

Die Gasturbine ist ein typisches Beispiel dafür, wie eine Idee plötzlich auftaucht, ihre Realisierung hingegen viele Jahrzehnte beansprucht. Ähnlich wie bei der Dampfturbine liegt auch die Grundidee zur Gasturbine weit zurück. Zur Zeit der Renaissance und des Barocks wurden bereits Rauchgasturbinen zum Antrieb von Bratspiessen vorgeschlagen. Das erste Patent für eine Gasturbine meldete 1791 der Brite John Barber an. Er wollte in Retorten flüssigen Brennstoff verbrennen und das entstehende Gas unter Überdruck durch eine Düse auf ein Schaufelrad leiten. Mit den verfügbaren Werkstoffen wäre diese Maschine damals nicht realisierbar gewesen.

In der Folge entstanden immer neue Vorschläge auf diesem Gebiet und schlugen sich in einer Reihe von Patenten nieder, ohne dass aber nur ein einziger verwirklicht worden

Heissluftturbine von
Franz Stolze um 1900



wäre. Ferdinand Redtenbacher (1809–1863), Professor für Maschinenbau am Polytechnikum in Karlsruhe, verfasste 1853 ein Buch mit dem Titel «Die calorische Maschine». Darin räumte er einer auf dem Ericsonprozess (Heissluftmaschine) basierenden Turbine gewisse Chancen ein, hatte jedoch Bedenken wegen der zu erwartenden hohen Drehzahl. Redtenbacher schrieb an Gustav Zeuner, einen Lehrstuhlvorgänger Stodolas: «Das Grundprinzip der Dampfbildung und Dampfbenutzung ist falsch. In hoffentlich nicht zu langer Zeit werden die Dampfmaschinen verschwinden, wenn man erst über das Wesen und die Wirkungen der Wärme ins klare gekommen ist.» Um 1900 begann Franz Stolze (1836–1910) in Berlin mit Versuchen an einer Gasturbine. 1904 stellte er eine 200-PS-Turbine vor, die bereits alle Elemente des modernen Gleichdruckprozesses aufwies. Stolzes Tod verhinderte jedoch die Weiterentwicklung.

Stodola und die Gasturbine

Schon die erste Auflage von Stodolas Lehrbuch «Die Dampfturbine» enthielt das Kapitel «Die Aussichten der Wärmekraftmaschinen». Darin widmete Stodola auch einen Abschnitt der Gasturbine. Er hob hervor: «Der einfachste Arbeitsprozess, der sich für eine Gasturbine naturgemäss von selbst darbietet, ist der folgende: Gas und Luft werden getrennt auf einen mehr oder weniger hohen Druck durch Kompressoren verdichtet, in einer Kammer bei konstanter Pressung verbrannt und unmittelbar der Turbine zugeführt. Das System der Turbine ist theoretisch gleichgültig; die Expansion wird bis auf den Atmosphärendruck fortgesetzt. [...] Andere als einstufige, d. h. mit Düsen arbeitende Turbinen sind wegen der hohen Temperatur ausgeschlossen [...].

Ein Betrieb dieser Art ergäbe sehr hohe Endtemperaturen vor der Expansion, welche die Erhaltung der Radschaufeln fraglich machen würden. Mischt man der Verbrennungsluft zerstäubtes Wasser bei, so kann die Temperatur tiefer gehalten werden; allein auch der Wirkungsgrad sinkt in gleichem Masse. Die Verwendung der Abwärme zur Verdampfung des Einspritzwassers würde hier helfend eingreifen. Aber alles in allem erscheint es fraglich, ob eine Gasturbine, die mit dem beschriebenen Prozess arbeitet, Aussichten besitzt, um mit dem Kolbengasmotor in erfolgreichen Wettbewerb zu treten.»

Mit jeder neuen Ausgabe seines Standardwerks erweiterte Stodola auch den Teil über Gasturbinen. Während dieser in der ersten Auflage kaum mehr als eine Seite umfasste, nahm er in den beiden letzten, 1922 und 1924 erschienenen Ausgaben 86 Seiten ein. In der dritten Auflage von 1905 hegte Stodola noch immer Zweifel bezüglich der Realisierbarkeit einer Gasturbine. Er wiederholte die vorher zitierte Bemerkung und ergänzte: «Nicht viel anders steht es mit dem ebenfalls schon vorgeschlagenen Arbeitsverfahren, die Turbine mit einem gewöhnlichen Viertaktmotor derart zu verbinden, dass die Explosionsgase, während der Expansionsperiode auf die Turbine geleitet, gleichzeitig hier und im Zylinder Arbeit leisten würden. Man könnte allerdings die Expansion bis auf den Atmosphärendruck fortsetzen und so scheinbar mühelos das erreichen, was der Verbundgasmotor wegen zu starker Abkühlung der Arbeitsgase früher vergeblich angestrebt hat. Dem theoretischen Gewinn steht aber einmal die schlechtere Ausnützung der Expansionsarbeit in der Turbine gegenüber, dann die erhöhten Verluste in der Düse, die mit stark schwanken-

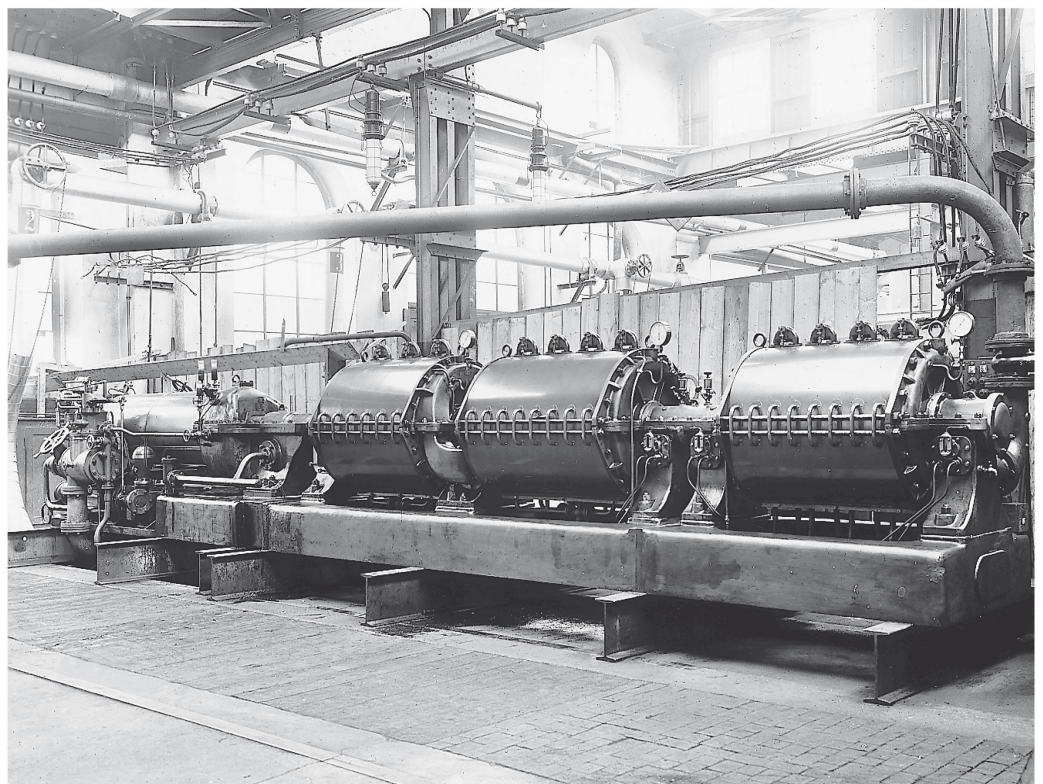
dem Druckverhältnis arbeiten müsste. Ausserdem ist der intermittierende Betrieb in mancher Beziehung ungünstig, während die Schwierigkeiten mit der Temperatur ebenso bestehen bleiben wie bei der Gleichdruckturbine. Einen Fortschritt in der thermischen Ausnützung der Wärme wird also die Gasturbine nicht bringen können; trotzdem wird ihr viel Beachtung geschenkt wegen der Aussichten, die sie für die Verwendung der bisher auf die Dampftechnik angewiesenen Brennstoffe bietet.» Trotz seiner skeptischen Äusserungen fügte Stodola die Berechnung einer Gleichdruck-Gasturbine an.

In der Buchaufgabe von 1910 gab sich Stodola schon zuversichtlicher: «Es entsteht die Frage, ob es andere Arbeitsverfahren gibt, durch die man die geschilderten Schwierigkeiten umgehen könnte. Das Ergebnis der unten mitgeteilten näheren Untersuchung ist zur Zeit negativ. Trotzdem dürfte das Thema der Gasturbine nicht so bald von der Tagesordnung abgesetzt werden. [...] Eine betriebssichere

Gasturbine, verbunden mit dem Kreiselkompressor [Radialverdichter], wäre eine unübertreffliche Vereinfachung und würde einen Fortschritt bedeuten. So wie sich die Dampfturbine, noch bevor sie in der Dampfökonomie eine wirkliche Verbesserung zu bringen vermocht hatte, durch ihre konstruktiven Vorzüge den Eintritt in die Industrie zu erzwingen verstanden hat, so würden die Aussichten einer dem Gasmotor nachstehenden, aber konstruktiv einfacheren Gasturbine, wenn sie nur die Dampfturbine in der Ökonomie übertrifft, vorzügliche sein. Und selbst bei gleich grossem Wärmeverbrauch würde die Beseitigung des Kesselhauses, d. h. Ersatz desselben durch eine Gaserzeugungsanlage [Brennkammer], der Gasturbine den Vorrang sichern.»

In den späteren Buchausgaben räumte Stodola neuen Gasturbinenvorschlägen, ihren thermodynamischen Prozessen und ihrer Berechnung zunehmend Raum ein. Schon in der Ausgabe von 1910 hatte er mehrere konstruktive Vorschläge vorge-

*Vielstufiger BBC-
Radialverdichter zur
Gasturbine von Ar-
mengaud und Lemale
1906*

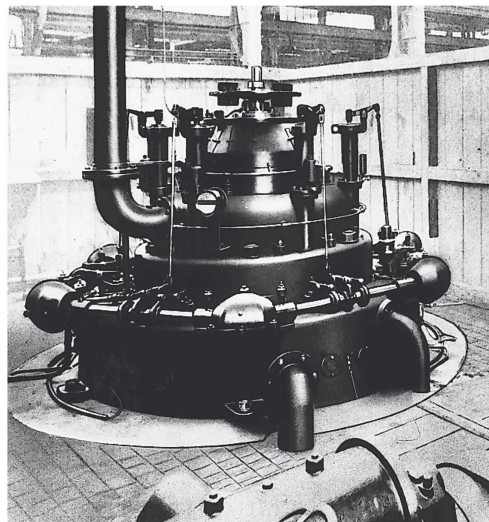


stellt. Stodola ging besonders auf die Versuchsanlage der Société anonyme des Turbomoteurs, Paris, ein. Die Franzosen Armengaud und Lemale waren damit 1906 einer betriebsfähigen Gasturbine schon sehr nahe gekommen. Zur Verdichtung der Luft hatte Brown Boveri einen vielstufigen Radialverdichter mit Antrieb durch eine Dampfturbine geliefert. Als die Gasturbine auf dem Prüfstand tatsächlich funktionierte, gab sie genau die zum Antrieb des Verdichters nötige Leistung ab. Darüber hinaus vermochte sie keine Nutzleistung zu erbringen. Das Prinzip wurde schliesslich zu einem Torpedoantrieb abgewandelt. Für eine Gleichdruck-Gasturbine war die Zeit noch nicht reif. Es fehlten wärmebeständige Materialien, und die Wirkungsgrade der damaligen Turbinen- und Verdichterbauarten genügten nicht. Das gescheiterte Projekt weckte jedoch bei BBC das Interesse an der Gasturbine. Die folgenden Abschnitte zeigen, wie eine Entwicklung manchmal verschlungene Wege geht.

Die Holzwarth-Gasturbine

Im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts begann auch der Deutsche Hans Holzwarth (1877–1953) mit der Entwicklung einer Gasturbine. Seine Idee bestand darin, eine analog zum Viertaktmotor arbeitende Verpuffungsturbine mit intermittierender Zündung zu bauen. Diese Konstruktion sollte ihm erlauben, den Festigkeitsproblemen auszuweichen, die hohe Temperaturen bei den Werkstoffen damals verursachten. 1909 begann Holzwarth eine Zusammenarbeit mit Brown Boveri Mannheim. Eine dort gebaute, vertikalachsige Holzwarth-Turbine arbeitete noch ohne Vorverdichtung.

Walter Noack (1881–1945) kam 1909 zu BBC. Er war 28 Jahre lang er-



Bei BBC Mannheim gebaute vertikalachsige Holzwarth-Gasturbine 1909

folgreich im thermischen Turbomaschinenbau tätig und besass über hundert Patente. 1939 verlieh ihm die ETH Zürich das Ehrendoktorat. Nach dem Rückzug aus dem Berufsleben verfasste Noack Memoiren, worin er seine Beiträge zu den Sparten Turboaufladung, Gasturbinen, Dampfkessel und Dampfturbinen festgehalten hat: «Meine erste Arbeit bei BBC war die Anpassung der von Holzwarth gemachten Entwürfe der 1000-PS-Versuchsgasturbine, die auf Grund eines Lizenzvertrages zu bauen war, an die Brown-Boveri-Praxis. [...] Schon zu Beginn der Arbeiten mit der Holzwarth-Turbine beschäftigte ich mich auch mit der Gleichdruck-Gasturbine. [...] Wenn wir auch die Arbeiten Holzwarth's nie aus den Augen verloren, so verfolgten wir sie doch nach dem  bertritt Holzwarth's 1912 zu Thyssen nur noch aus der Ferne.»

Stodola als Gutachter

Anlässlich seiner Rezension von Holzwarths Buch «Die Gasturbine» in der VDI-Zeitschrift zog Stodola die publizierten Versuchsergebnisse in Zweifel. Die unterschiedlichen Auffassungen der beiden Fachleute führten anfänglich zu einer Fehde. Später kam aber eine fruchtbare Zusammenarbeit zustande. Robert Boveri

(1873–1934), der technische Leiter der BBC-Tochtergesellschaft in Mannheim, hatte Holzwarth dazu ermuntert, Stodola als unbestechlichen Gutachter beizuziehen. Noack: «Es boten die vielen ungelösten Fragen der Holzwarth-Gasturbine ein ganzes Dorado von Problemen, an denen sich Stodolas seltene Gabe, Dinge durch die mathematische Behandlung zu klären, auswirken konnte.»

In den beiden letzten Auflagen seines Lehrbuches hat Stodola die Holzwarth-Turbine ausführlich vorgestellt und ihre Berechnung erläutert. Die Konstruktions- und Betriebsprobleme bei Turbinenschaufeln infolge der hohen Gastemperatur brachten Stodola zur wichtigen Einsicht: «Die eigentliche Lebensfrage der Gasturbine ist: wie verhütet man das Erglühen der Schaufel, insbesondere das Abschmelzen der Schaufelkante, ohne mit der Gastemperatur auf wirtschaftlich ungünstige niedere Beträge herabzusteigen? Die Lösung scheint darin zu liegen, dass man die Schaufel rasch wechselnder periodischer Abkühlung durch einen Spülluft- oder besser Dampfstrom aussetzt, wodurch mit Rücksicht auf den Oberflächenwiderstand das Eindringen hoher Temperaturspitzen in das Innere der Schaufel und ihrer führenden Kante verhütet wird, sofern diese mit einer gewissen Mindestabrundung versehen ist.» Das angesprochene Problem und Stodolas Lösungsvorschlag sind auch im modernen Gasturbinenbau noch aktuell.

Noack berichtete weiter: «1927 trat Holzwarth wieder mit Brown Boveri in Kontakt. Anfang August wurde ich nach Mülheim eingeladen, um mich von den bis dahin gemachten Fortschritten an der Gasturbine persönlich zu überzeugen. Besondere Beachtung fand bei mir Holzwarths Bemerkung, dass sich bei Messungen,

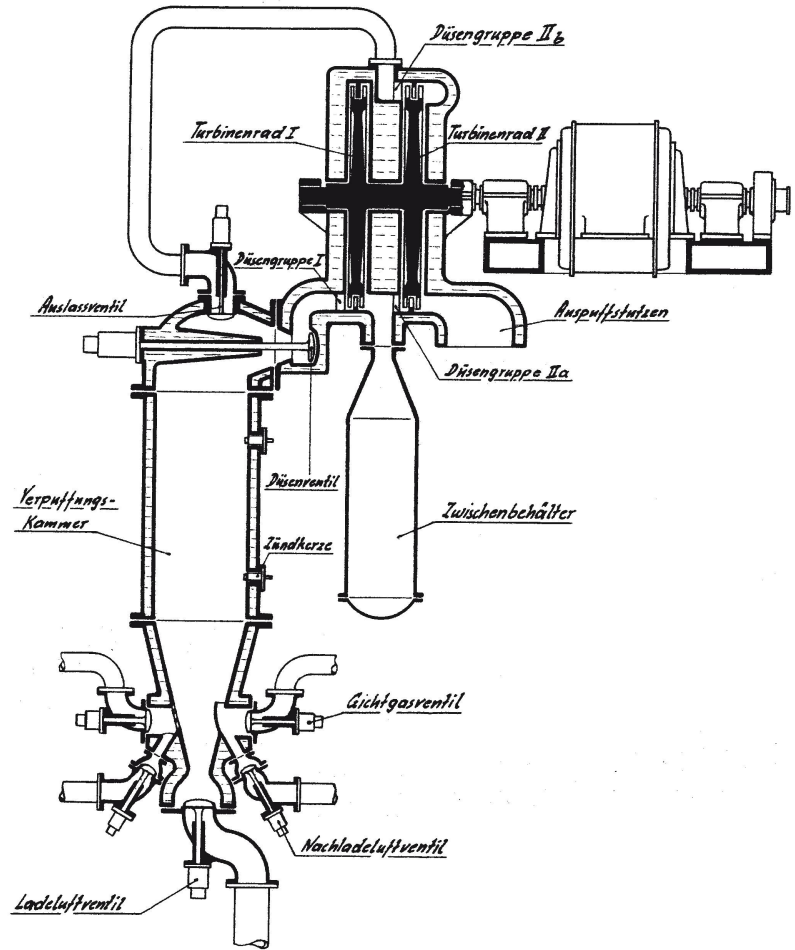
die die Professoren Schüle und Stodola an einer Versuchsturbine vorgenommen hatten, ergeben habe, dass die Wärmeverluste an den von den Treibgasen mit hoher Geschwindigkeit bestrichenen Wänden bedeutend grösser waren, als nach Rechnung mit den bisher gebräuchlichen Formeln erwartet werden musste. Davon, dass die Oelturbine, an der die Professoren Schüle und Stodola die Messungen vornahmen, recht ordentlich lief, konnte ich mich selbst überzeugen. Wesentlich war dabei aber wahrscheinlich, dass sie mit einer Dampfturbine gekoppelt war. Der Dampf wurde in einem Kessel erzeugt, der mit den Abgasen der Gasturbine geheizt wurde.» Die Dampfturbine diente zum Antrieb der Verdichter, während die Gasturbine mit einem Stromgenerator gekuppelt werden sollte. Der hier erstmals realisierte Gas-Dampf-Kombiprozess erlangte in neuester Zeit zunehmende Bedeutung.

BBC steigt in den Gasturbinenbau ein

1928 kam zwischen Holzwarth und BBC Baden ein neuer Vertrag zustande. Dazu Noack: «Wir erhielten eine Menge Unterlagen, Zeichnungen, Versuchsergebnisse sowie Berechnungen und Entwürfe, die als Vorlage für eine Versuchsturbine mit einer Leistung von 2000 Kilowatt dienen sollten. Die Rechnungsunterlagen Holzwarth's stammten zum grössten Teil von den Professoren Schüle und Stodola. Sie waren im Prinzip natürlich richtig, gründeten aber auf Annahmen, die viel Optimismus und eine starke Annäherung der Konstruktion an das theoretische Ideal voraussetzten.» Der Görlitzer Professor W. Schüle hatte ein verbreitetes Lehrbuch über technische Thermodynamik verfasst. Im Auftrag von Holz-

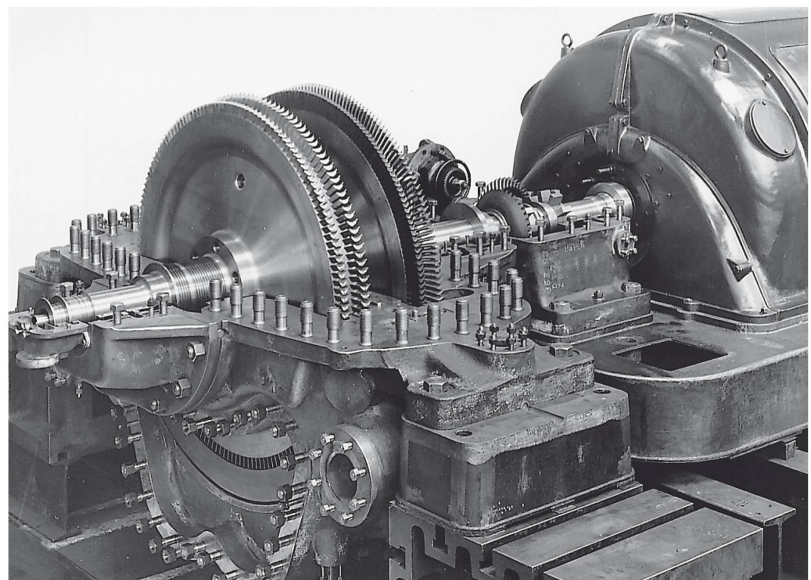
warth berechnete und überprüfte er die Versuchsturbine nach thermodynamischen Kriterien. Unter der Voraussetzung einer optimierten Abwärmeverwertung kam Schüle auf einen Wirkungsgrad von 21 bis 23 Prozent. Stodolas Beitrag betraf die detaillierte Berechnung des Wärmeaustausches und der Wärmespannungen in der Turbine. Um das Verhalten hoch beanspruchter Werkstoffe unter dem Einfluss der Temperatur zu klären, hatte Stodola erstmals vorgeschlagen, Zeitstands- und Kriechversuche durchzuführen. Über die Messergebnisse erstellte Stodola 1927 einen ausführlichen Schlussbericht und resümierte: «Die Leistung, die nach wissenschaftlichen Grundsätzen erwartet werden sollte, ist nicht erreicht.» Stodolas Bericht ist an der ETH Zürich archiviert. Die fundierten Gutachten und Fachberichte Schüles und Stodolas bewogen BBC dazu, mit Holzwarth eine erneute Zusammenarbeit einzugehen.

Die Anfang der 1930er-Jahre bei BBC gebaute Holzwarth-Gasturbine wurde mit Gasöl betrieben und gründlich getestet. 1934 rüstete man sie auf Gichtgasbetrieb um und stellte sie in der August-Thyssen-Hütte in Hamborn auf. Sie wies zwei durch mehrstufige Radialverdichter aufgeladene, ventilgesteuerte Verpuffungskammern auf, die im Gegentakt zündeten. Nach Noack war es eine Art Zweitaktverfahren: «Während des ersten Taktes wurde das verdichtete Brennstoff-Luft-Gemisch in der Brennkammer entzündet; es verpuffte unter Druckentwicklung und entlud sich mit hoher Geschwindigkeit auf die Turbine. Nach der Entladung begann der zweite Takt: Frische Brennluft schob den Abgasrest aus der Brennkammer. Diese wurde von neuem gefüllt und durch den Verdichter auf den vollen Druck gebracht,



Funktionsschema der Holzwarth-Turbine

2000-kW-Holzwarth-Turbine während der Montage 1931

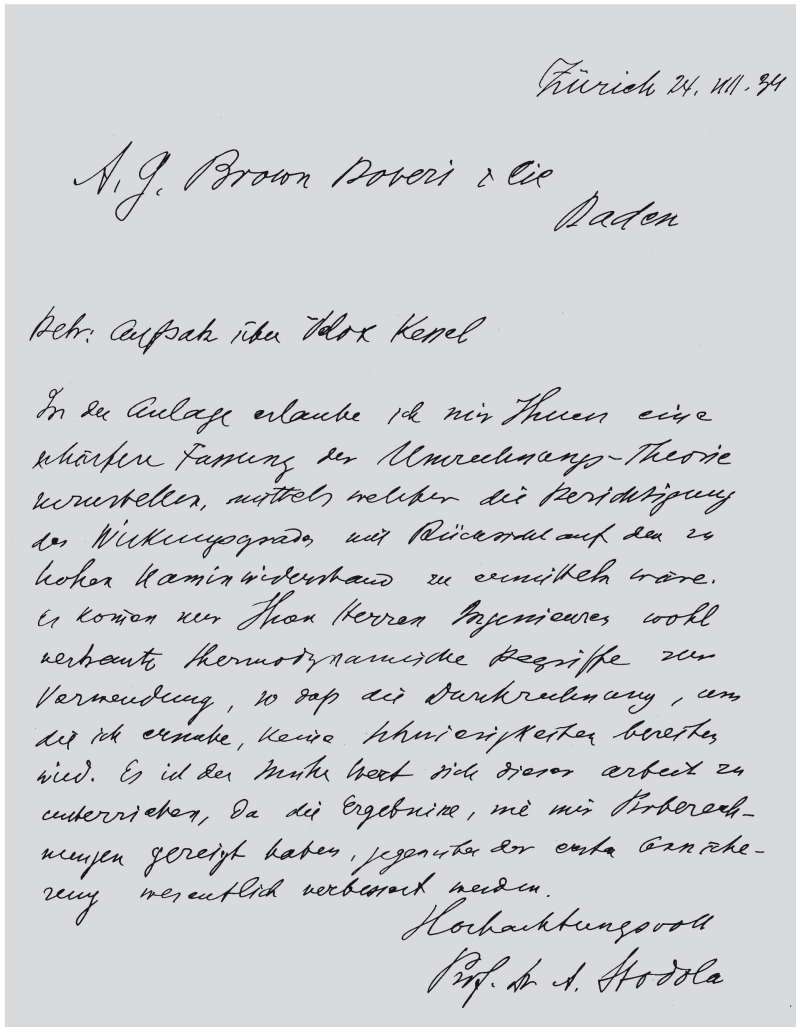


während gleichzeitig Brennstoff zugeführt wurde. Der Antrieb des Verdichters erfolgte durch die stossweise arbeitende Gasturbine. Um gleichmässiges Arbeiten zu erreichen, sollten mindestens zwei, besser vier

Brennkammern abwechselnd auf eine Turbine arbeiten.»

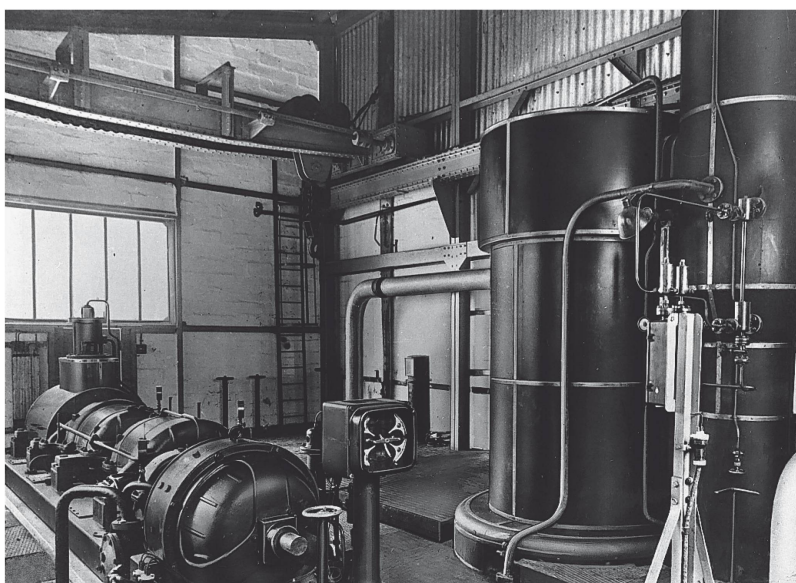
Mit 700 °C lag die Temperatur beim Turbineneintritt für die damalige Zeit sehr hoch. Der Turbinenrotor bestand aus zwei auf gleicher Welle angeordneten Aktionsrädern mit wassergekühlten Schaufeln. Dazu Noack: «Nachdem wir den Bau einer Gleichdruck-Gasturbine aufgenommen hatten und diese unstreitig mehr Erfolg versprach als die Verpuffungsturbine, existierte die Holzwarth-Turbine für BBC so gut wie nicht mehr.» Die Entwicklung lag später in den Händen von Adolf Meyer (1880–1965), auch er ein ehemaliger Stodola-Schüler.

Brief Stodolas betreffend einen Aufsatz über Veloxkessel

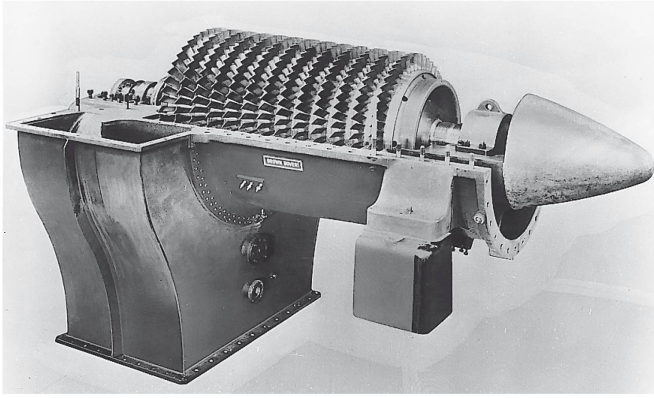


«Velox»- Dampfkessel und Axialverdichter

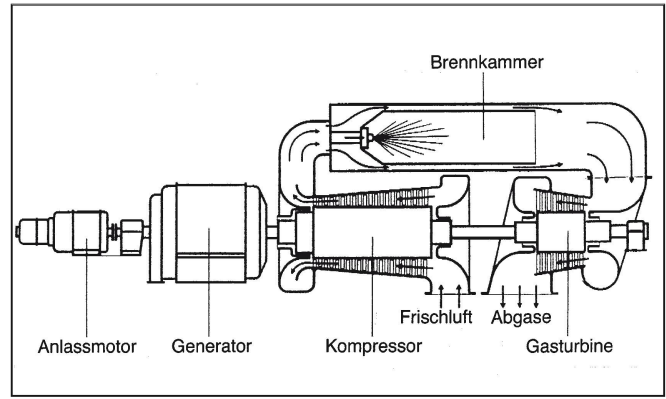
Unterdessen verfolgte Noack eine andere Idee weiter: Der intensive Wärmeübergang bei den wassergekühlten Gaskanälen der Holzwarth-Turbine legte den Gedanken nahe, einen aufgeladenen Dampfkessel zu konstruieren, der dieses Phänomen ausnützen sollte. Anfänglich ging Noack von der Gleichraum-Verpuffung aus, wie sie bei der Holzwarth-Turbine eingesetzt wurde. Schliesslich kam aber die Gleichdruck-Verbrennung zur Anwendung. 1932 stellte BBC den ersten so genannten «Velox»-Dampferzeuger vor. Gegenüber normalen Dampfkesseln benötigte dieser wesentlich kleinere Heizflächen und konnte deshalb kompakt gebaut werden. Ferner liess er sich rasch aufheizen, daher rührt sein Name. Der Veloxkessel wurde für BBC zu einem erfolgreichen Produkt. Wie bei einem aufgeladenen Verbrennungsmotor erfolgte der Druckaufbau im Veloxkessel durch einen Turboverdichter. Die Verbrennung flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe erfolgte unter konstantem Überdruck im Kesselraum. Die erzeugte Wärme diente primär



Erster «Velox»-Dampfkessel von BBC 1932



13-stufiger Axialverdichter von BBC für den Überschall-Windkanal an der ETH in Zürich 1934



Funktionsschema der ersten BBC-Gleichdruck-Gasturbine

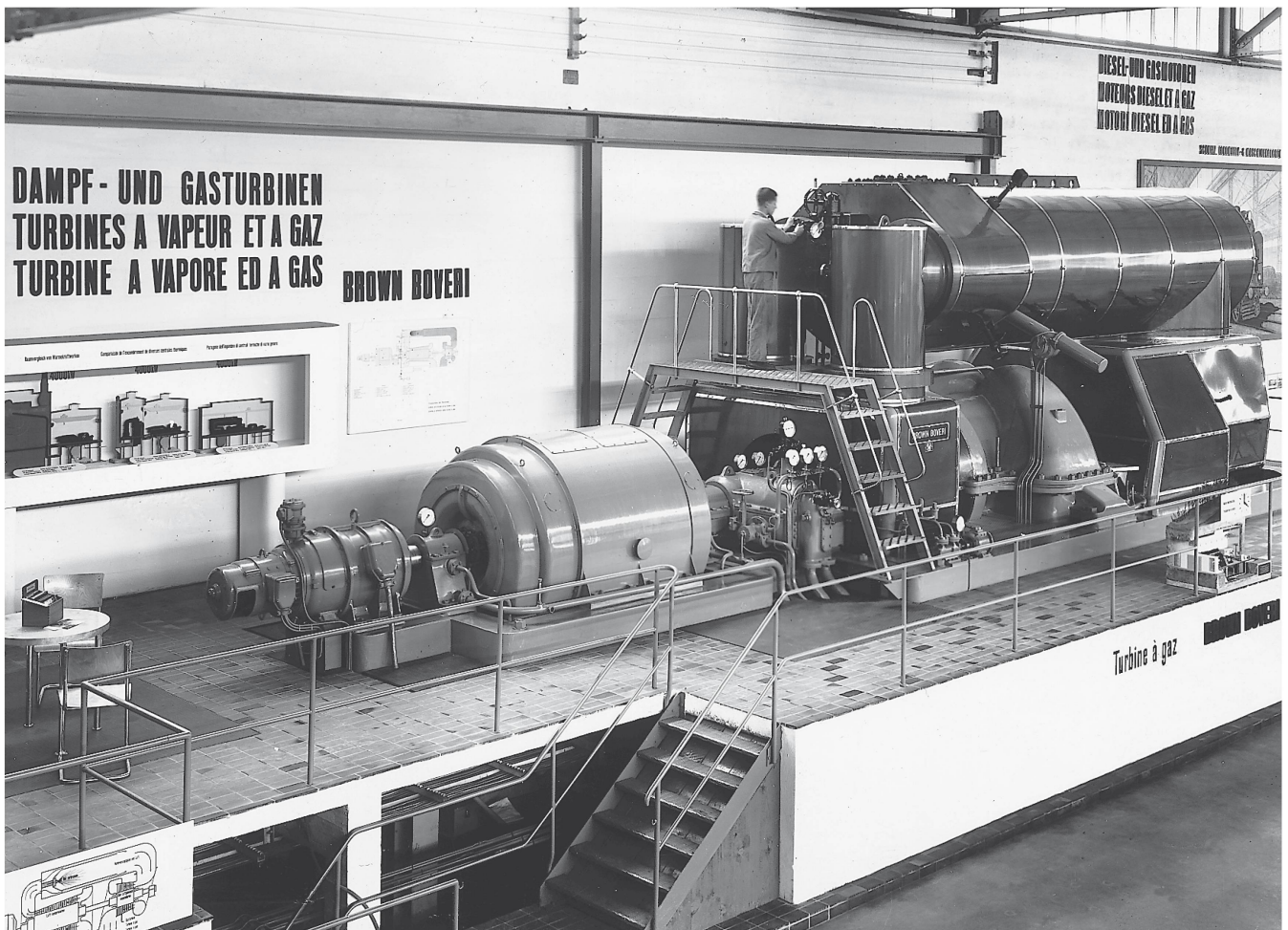
zur Dampferzeugung. Anschliessend strömten die heissen Abgase durch eine Turbine, die den Verdichter antrieb.

Zuerst musste aber ein für grosse Luftmengen geeigneter Turboverdichter entwickelt werden. Dem Prinzip nach ist ein solcher nichts anderes als die Umkehrung einer vielstufigen Dampf- oder Gasturbine. Die angesaugte Luft durchläuft über mehrere Verdichtungsstufen abwechslungsweise Lauf- und Leitschaufelreihen. Dabei steigt der Druck kontinuierlich an und entsprechend nimmt das Volumen ab. Der spätere ETH-Professor Jakob Ackeret (1898–1981), auch er ein ehemaliger Stodola-Schüler, hatte eine Tragflügeltheorie erarbeitet, mit deren Hilfe sich die Strömung im Schaufelgitter einer Turbomaschine exakt berechnen liess. Damit gelang es, Axialverdichter mit hohem Wirkungsgrad zu entwickeln. Den ersten Axialverdichter baute BBC für einen Überschall-Windkanal im Strömungslabor an der ETH in Zürich. Die verbesserten Wirkungsgrade von Verdichter und Turbine ermöglichten nun, mit der Aufladegruppe eines Veloxkessels zusätzlich einen elektrischen Generator anzutreiben. Der Leistungsüberschuss konnte so zur Stromerzeugung genutzt werden.

Schliesslich mutierte der Dampfkessel zur Brennkammer, das heisst zum Treibgaserzeuger für die Gasturbine. So entstand endlich eine betriebstaugliche Gleichdruck-Gasturbine, wie sie Stodola dreissig Jahre früher vorausgesehen hatte. Moderne Gasturbinen folgen grundsätzlich diesem Baumuster. Es eignet sich ebenso gut zur Stromerzeugung wie für Düsentriebwerke in Flugzeugen.

Die Gleichdruck-Gasturbine

An der Schweizerischen Landesausstellung 1939 in Zürich führte BBC die erste Industrie-Gasturbine der Welt vor. Sie war innerhalb eines Jahres entwickelt und gebaut worden. Für das Besucherpublikum der Ausstellung wurde die Maschine täglich zweimal in Betrieb gesetzt. Unter Aufsicht des achtzigjährigen Aurel Stodola hatte sie kurz vorher im Labor ein umfangreiches Versuchsprogramm durchlaufen. Stolz verkündeten die «Brown Boveri Mitteilungen»: «Mit dieser ersten Verbrennungs-Gasturbine ist ein Traum, der seit über hundert Jahren Erfinder und Ingenieure der ganzen Welt beschäftigt hat, endlich Wirklichkeit geworden.» Wie gewohnt, hatte Stodola alle Messergebnisse in einem Protokoll akribisch festgehalten. Gerne hätte er darüber



Die Gleichdruck-Gasturbine an der Landesausstellung in Zürich 1939. Von links nach rechts: Anwurfmotor, Generator, Schmierölpumpe, Verdichter und Turbine mit darüberliegender Brennkammer

einen ausführlichen Bericht in einer deutschen Fachzeitschrift publiziert. Im Hinblick auf den sich abzeichnenden Weltkrieg äusserte die BBC-Direktion Bedenken. Schliesslich erschien von Stodolas Bericht 1940 eine Kurzfassung gleichzeitig in den «Brown Boveri Mitteilungen» und in der VDI-Zeitschrift mit dem Titel «Leistungsversuche an einer Gleichdruck-Gasturbine».

Stodola berichtete: «Der Verbrennungsgasturbine eröffnen sich heute Verwirklichungsmöglichkeiten, die vor kurzem noch unmöglich schienen, durch die Verbesserung des Gebläsewirkungsgrades einerseits und die der wärmefesten Baustoffe andererseits. [...] Ohne diese Mittel blieb für die Verwirklichung der Gasturbine nur der Weg der Explosionsturbine offen, den Holzwarth in Erkenntnis dieser Umstände schon 1905 beschritten

und seither in zäher, opferwilliger Arbeit verfolgt hat, bis 1933 in Zusammenarbeit mit Brown Boveri eine betriebsfähige Anlage entstand. [...] BBC hat anlässlich der Entwicklung des Veloxkessels und der Aufladeanlagen auf die wissenschaftliche Erforschung der strömungstechnischen Fragen und der konstruktiven Ausgestaltung der Turbine und der Axialgebläse grösste Sorgfalt angewendet. Als Ergebnis ist die hier beschriebene Anlage anzusehen, deren Einzelwirkungsgrade die höchsten bis heute erreichten Beträge darstellen.»

Charakteristisch für Stodola war, dass er es nicht bei einem Loblied auf die Herstellerfirma bewenden liess, sondern nach Auflistung der Messresultate konkrete Vorschläge für die künftige Weiterentwicklung anbrachte. Stodola schloss seinen Bericht: «Der thermische Wirkungsgrad

von 17,38 % könnte gewiss durch Zwischenschaltung eines Luftvorwärmers oder etwa einer Abwärmedampfturbine erhöht werden. Die Erstellerin hat mit Vorbedacht hiervon Abstand genommen, um die verblüffende Einfachheit der Anlage nicht preiszugeben.» Für eine künftige Steigerung des Wirkungsgrades schlug Stodola folgende vier Massnahmen vor:

1. Lufterwärmung nach dem Verlassen des Kompressors durch die heissen Abgase [Wärmetauscher].
2. Fraktionierte Verbrennung, die in einer Teilung der Turbine besteht, wobei in einer Zwischenbrennkammer durch frische Brennstoffeinspritzung eine Temperaturerhöhung für die nächste Stufe bewirkt wird.
3. Verbesserung des Wirkungsgrades bei Teilbelastungen, indem man die Turbine in zwei Einheiten teilt, wobei die eine nur den Kompressor antreibt und dabei die zweckmässigste Drehzahl annehmen kann.
4. Die Erhöhung der Verbrennungstemperatur, die der erhöhten Wärmefestigkeit neuer Baustoffe, wie sie zu erwarten ist, folgen wird und grosse Fortschritte verheisst.

Alle diese Vorschläge wurden später im Gasturbinenbau tatsächlich realisiert. Doch kehren wir nochmals zur legendären «Landmaschine» zurück: Diese wurde an das Elektrizitätswerk der Stadt Neuenburg geliefert, wo sie eine Dampfturbinenanlage ersetzte. Kriegsbedingt platzierte man die Maschinengruppe in einer bombensicheren Felskaverne. Die im offenen Kreislauf arbeitende Anlage besteht im wesentlichen aus Axialverdichter, Brennkammer, Turbine und Generator. Die Generatorleistung beträgt 4 Megawatt. Die Temperatur am Turbineneintritt ist mit 550 °C aus

heutiger Sicht bescheiden, jedoch vorteilhaft für eine lange Lebensdauer. Es spricht für die Qualität der Ausführung, dass die jetzt über sechzigjährige Maschine noch immer ihren Dienst versieht. Bei einem Stromausfall startet die Anlage automatisch und beschleunigt in acht Minuten auf Vollast am Netz. 1988 zeichnete die American Society of Mechanical Engineers diese Gasturbine als «Historic Landmark» mit einer Ehrenplakette aus.

Die einflussreiche amerikanische Ingenieurvereinigung hatte Aurel Stodolas Gesamtwerk bereits 1941 mit der Verleihung der Ehrenmitgliedschaft gewürdigt. Keine andere Auszeichnung als die erwähnte Plakette hätte wohl Stodolas Verdienste um die Gasturbinen-Entwicklung besser zu krönen vermocht. Seinem Fachwissen und seiner Persönlichkeit, aber ebenso der Leistung einer Reihe seiner Schüler verdankt die Gasturbine unendlich viel.

Auszeichnungsplakette als «Historic Landmark» für die welt-erste Gleichdruck-Gasturbine

