

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 92 (1974)  
**Heft:** 11: 19th Annual International Gas Turbine Conference and Products Show: March 31-April 4, 1974, Zürich, Kongresshaus

**Artikel:** Fernheizung, die Chance für Gasturbinen mit geschlossenem Kreislauf  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72289>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

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

gie zu versorgen, und dabei die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt.

Über die an ihr von Prof. *H. Quiby* im Dezember 1944 durchgeführten Versuche, die einen höchsten thermischen Wirkungsgrad von 31,5% ergaben, wurde in [2] berichtet. Schon bei dieser ersten Anlage betrug die Lufttemperatur vor der Turbine 700°C; sie lag also weit über den damals bei Dampfturbinen üblichen Temperaturen. Dieser Schritt durfte gewagt werden, nachdem hochhitzebeständige Stähle entwickelt und ihre Eignung in Dauerstandsversuchen festgestellt worden war. In den Jahren 1952 bis 1957 kam eine von der Electricité de France bestellte Grossversuchsanlage mit Zwischenerhitzung, aufgeladenem Lufterhitzer und Abgasturbine zur Erprobung in Paris. Über die weiteren Entwicklungen auf diesem Gebiet ist hier von Dr. *F. Taygun* in [7], [12] und [18] berichtet worden.

Die Frage der Verwertung der bei thermischer Energieerzeugung anfallenden Abwärme zu Raumheizzwecken und Warmwasserbereitung bildet heute ein beliebtes und nötiges Gesprächsthema. Sie interessiert vor allem im Hinblick auf die Energieknappheit und den Umweltschutz (Gewässerbelastung). Dass sich die Heissluftturbine mit geschlossenem Kreislauf hierfür besonders gut eignet, wurde durch die günstigen Erfahrungen unter Beweis gestellt, welche neben einer Reihe anderer ähnlicher Anlagen in Deutschland im Fernheizkraftwerk der Stadt Oberhausen in langjährigem Betrieb erzielt worden sind. Hierüber hat der damalige Leiter der dortigen Stadtwerke, Dipl.-Ing. *G. Deuster* in [10] eingehend berichtet. Er konnte die Richtigkeit seiner damaligen Ausführungen an der Feier vom 7. Dezember 1973 nachdrücklich bestätigen, im besonderen auch in bezug auf die Wirtschaftlichkeit bzw. die günstigen Gestehungskosten für Elektrizität und Wärme sowie auf die hohe Betriebssicherheit. Dieses Ergebnis ist weitgehend eine Folge der grossen Anpassungsfähigkeit des Verfahrens an den stark schwankenden Heizwärmebedarf sowie der gewählten Art der Leistungsänderung der Turbine durch die Druckpegelregelung, bei der die Temperaturen und das Druckverhältnis und damit der Prozesswirkungsgrad in weitem Bereich unverändert bleiben. Über dieses Regelverfahren hat der leider früh

verstorbene Dr. *F. Salzmann* grundlegende Untersuchungen durchgeführt, die in [17] veröffentlicht wurden. Es sei hier im besondern darauf hingewiesen, dass Wärme- und Stromerzeugung völlig unabhängig voneinander sind. So kann die volle elektrische Leistung sowohl bei geringem als auch hohem Wärmebedarf abgegeben werden.

Es konnte nicht ausbleiben, dass bei den Gesprächen in Ravensburg auch das Problem einer zusätzlichen Wärmever-sorgung mit Wärmepumpen zur Sprache kam. Es darf hier darauf hingewiesen werden, dass die seit 1943, also nun schon während 30 Jahren in Betrieb stehende Anlage für die Wärmeversorgung der Amtshäuser der Stadt Zürich nun auch schon rund 100000 Betriebsstunden aufweisen dürfte. Da dieses Verfahren nur für die Abgabe von Grundlastwärme bei mässigen Temperaturen (maximale Vorlauftemperatur kaum mehr als 50°C) eignet, müssen die Transportwege klein sein. Es lassen sich somit von einer Zentrale aus nur kleine Gebiete versorgen. Es sind also mehrere solcher Zentralen vorzusehen. Dabei wird es nur selten möglich sein, für alle geeignete Umwelt-Wärmequellen zu finden. Eine Möglichkeit, diese Schwierigkeit zu überwinden, besteht darin, dass für die Versorgung eines grossen Gebietes mit elektrischer Energie ein thermisches Kraftwerk mit Heissluftturbinen errichtet wird, dessen Abwärme im Bereiche höherer Temperaturen, wie in Oberhausen, zu Raumheizzwecken verwendet wird, während das Rücklaufwasser den in diesem Kraftwerk aufgestellten Verdampfern der einzelnen Wärmepumpenzentralen zufliesst; der Ferntransport nach diesen einzelnen Zentralen erfolgt durch nicht isolierte Leitungen für das verdampfte Betriebsmittel (z. B. Ammoniak). Bei sehr kaltem Wetter müssten in diesen Zentralen zusätzliche brennstoffgefeuerte Kesselanlagen in Betrieb genommen werden, um die Bedarfs-spitzen mit hohen Heizwassertemperaturen decken zu können. Erfahrungsgemäss lassen sich auf diese Weise bei normalen Radiatorenheizungen 85 bis 90% des Jahreswärmebedarfs mit Wärmepumpen decken, wobei Leistungsziffern von 4 bis 4,5 erreicht werden.

[ ] Die Angaben in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis von Seite 256.

## Fernheizung, die Chance für Gasturbinen mit geschlossenem Kreislauf

DK 621.438

Nach der Natur der Dinge ist es zweckmässig, sich in Fragen der humanistischen Wissenschaften, besonders in Gebieten, die zur exakten Erfassung Schwierigkeiten bereiten, mit Vertretern verschiedener Richtungen zu besprechen. Dabei kann es allerdings vorkommen, dass empirisch schwer überprüfbare Hypothesen zu endlosen Diskussionen und entsprechenden Meinungsverschiedenheiten Anlass geben. Vertreter der philosophischen Fakultät I schielen zuweilen neidisch auf Naturwissenschaftler und Ingenieure, welche, von ferne betrachtet, viel weniger Mühe haben sollten, ihre Thesen zu beweisen. Wie ich mich aber ins Studium der neueren Geschichte in den technischen Wissenschaften zu vertiefen begann, war ich überrascht, auch hier einen ähnlichen Streit der Geister beobachten zu können.

Auf den ersten Blick schien es mir beispielsweise unverständlich, dass bei Niederdruck-Wasserkraftwerken die Kaplan-Turbine nach ihrer Patentierung nicht gleich zum Einsatz kam. Eine genauere Überprüfung ergab, dass sie während langer Zeit zwar patentiert, aber nicht durchkonstruiert war. Die Konstruktion des Verstellmechanismus für die riesigen Schaufeln bot Schwierigkeiten. Der Kavitation

musste ebenfalls auf die Spur gekommen werden. Wie bei den meisten technischen Neuerungen, musste auch die gesamte Wirtschaftlichkeit der Anlage günstig erscheinen. Seit industrielle Unternehmungen eine gewisse Grösse erreichten, sind Rentabilitätsüberlegungen dem Erfinderdrang und der Freude an der Erneuerung übergeordnet, denn die Erfahrung zeigt, dass man in Wirklichkeit oft mit Nebenerscheinungen rechnen muss, welche nicht vorausgesehen wurden. Ich möchte hier hinweisen auf die Kavitation bei Wasserturbinen, auf die Schwierigkeiten d. Flugtechnik beim Überschreiten der Schallgrenze, an den bisher fehlgeschlagenen Versuch des Gyrobusses. Solange bessere Rentabilität nur auf dem Papier steht, ist man in industriellen Unternehmungen vorsichtig.

Es verwundert deshalb nicht, dass die Entwicklung der geschlossenen Gasturbine nicht den ihr gebührenden Erfolg hatte, obschon ihre Verfasser, die Schweizer Professoren Dr. *J. Ackeret* und Dr. *C. Keller*, ein halbes Leben lang für ihren wirtschaftlichen Durchbruch kämpften. Ihre heutige Lage erinnert an politische Konstellationen, wo oft auch gute Ideen lange liegen bleiben, weil strukturelle Veränderungen notwendig

sind, damit eine Erneuerung stattfindet. Für Gasturbinen dürften die entscheidenden strukturellen Veränderungen nun endlich erfolgt sein. Der Weg für ihren Einsatz beginnt sich zu ebnen. Andere thermische Kraftmaschinen scheinen die gestellten Anforderungen nicht so gut zu erfüllen wie Gasturbinen. Neue Lösungen im Kraftwerksbau sind erwünscht. Dabei werden Kraftwerke nicht mehr identisch sein mit Elektrizitätswerken. Man wird bei künftigen Anlagen einen Teil der Abwärme als Heizwärme nutzen. Nach der Verknappung und gleichzeitigen drastischen Verteuerung fossiler Brennstoffe sind alle Rentabilitätsberechnungen neu zu überprüfen. Wirtschaftliche Lösungen vom September 1973 können 1974 unwirtschaftlich sein; umgekehrt können unwirtschaftliche technische Systeme wirtschaftlich werden. Alte Pläne, als nicht rentabel in der Schublade versorgt, werden wieder hervorgeholt und neu durchgerechnet; Forschungskredite für Projekte bewilligt, die man nicht förderungswürdig fand. Alternative Technik wird an Symposien, in Tages- und Fachpresse diskutiert. Und wie man liest, werden auch für Gasturbinen Forschungskredite freigemacht, um die Ideen zur Ausführungsreife zu bringen. Alte Kämpfer fassen neuen Mut, treten wieder ins Rampenlicht.

In einem Vortragsraum der ETH-Bibliothek treffen sich regelmässig ältere und jüngere Professoren und eingeladene Fachleute, um miteinander Vergangenes, Gegenwärtiges und Zukünftiges zu diskutieren. Kürzlich ging es auch um Gasturbinen. Nach den Darlegungen durch die Professoren Ackeret und Keller war zu schliessen, dass die Gasturbinen nächstens ihren Siegeszug antreten würden. Da intervenierte aber Prof. *W. Traupel*, der gegenwärtige Inhaber des Lehrstuhls für Turbomaschinen: «Was man mit Gasturbinen verwirklichen kann, lässt sich auch mit Dampf erzielen.

Die Dampfkraftanlage erreicht einen wesentlich höheren thermischen Wirkungsgrad als jede heutige Gasturbine. Dieser verschlechtert sich, wenn Abwärmenutzung durchgeführt wird, fällt aber auch dann nicht unter den der Gasturbine, sobald gestufte Kondensation angewandt wird. Dabei wird der Aufwand an Wärmeübertragungsfläche bei der Dampfanlage ungleich kleiner als bei der Gasturbine. Im gegenwärtigen Stande der Technik hat die Dampfkraftanlage die Gasturbine stets mit Leichtigkeit thermodynamisch übertrifft. Daran kann sich – wenn man an Nuklearkraftwerke denkt – erst etwas ändern, wenn das Arbeitsgas im Reaktor auf Temperaturen von der Grössenordnung 1000 °C erhitzt werden kann.»

Bei der kürzlich neu entstandenen Kostensituation für fossile Energieträger dürften sich neue Anstrengungen lohnen, Anlagen mit besseren Wirkungsgraden zu bauen. Je höher die Preise der Energieträger, um so wichtiger werden auch geringe Gewinne beim Wirkungsgrad, um so grössere Aufwendungen können bei der Konstruktion neuer Anlagen in Kauf genommen werden. Dazu kommt der günstige Umstand, dass es heute an Geld für die Entwicklung neuer Projekte nicht fehlt.

Das Argument, dass die Kostensteigerung des Energieträgers nur für mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlagen ins Gewicht falle, dürfte nicht lange hinhalten. Niemand wird die Uran-Lieferanten hindern können, bald nachzuziehen. Die relative Knappheit des Urans dürfte diese Tendenz verschärfen und die Preise unabhängig von den Gewinnungskosten ansteigen lassen. Dies wird nicht ohne Auswirkungen auf die Kernkraftwerk-Technik bleiben. Man wird die Entwicklung von Kernkraftwerken mit höherem Gesamtwirkungsgrad beschleunigen. Die gegenwärtig bestehenden und die geplanten Anlagen geraten ins Schussfeld der Kritik derjenigen Ingenieure, welche Systeme vertreten, die auf dem Papier grössere Wirtschaftlichkeit versprechen. «Die Herren Stromerzeuger fühlen sich zu gut, Abwärme zu verkau-

fen . . .», lautet einer der Vorwürfe. Die Menge der erzeugten elektrischen Energie würde bei den heutigen Kernkraftwerk-Typen tatsächlich geringer, wenn sie gleichzeitig Heizwasser von 70 bis 120 °C abgeben müssten.

Das einzige, was die Elektrizitätswerke bis heute mit Sicherheit verkaufen konnten, war Elektrizität. Für Abwärme fehlten Interessenten. Es kann diesbezüglich den Kraftwerken kein Vorwurf gemacht werden. Vorwürfe sind vielleicht am Platz gegen jene, welche bis heute die Meinung verbreiteten, es sei technisch nicht möglich, Abwärme in nützlicher Form von Kernkraftwerken abzuleiten. Die neusten Studien zeigen deutlich, dass Fernheizung mit solchen Werken nicht nur technisch möglich, sondern auch wirtschaftlich ist. Wie lange es dauern wird, bis die Mehrheit der Bürger sich für Fernheizung entscheiden wird, ist eine andere Frage. Doch kann man dem Schweizer nicht nachsagen, er wüsste billigere Lösungen für ein Problem nicht von teureren zu unterscheiden. Er will bloss auf sicher gehen und wenn möglich die anderen die Risiken tragen lassen. Weil die politische Durchsetzbarkeit der Fernheizung heute wahrscheinlicher ist als vor der Oelkrise, erwacht die geschlossene Gasturbine nach ihrem Dornröschenschlaf zu neuem Leben. Sie ist aber besonders für grosse Anlagen noch entwicklungsbedürftig. Bis heute laufen Anlagen bis etwa 60 MW. In Ravensburg arbeitet seit 1956 eine Gasturbine von 14 MW mit geschlossenem Kreislauf und versorgt einen Industriekomplex mit Elektrizität und Wärme.

Es versteht sich von selbst, dass grössere Anlagen nicht einfach Grosskopien der kleineren sein können. Wären die Probleme gelöst, bedürfte die amerikanische Atomenergiebehörde nicht eines Kredits von 315 Mio \$ für deren Weiterentwicklung in den nächsten fünf Jahren. Dass die Projekte realistisch sind, darauf weist auch der Entschluss des Schweizer Bundesrates hin, sich am bundesdeutschen HHT-Programm (Hochtemperaturreaktor mit Heliumturbine, vgl. Weltwoche Nr. 34/1973) zu beteiligen. Auch haben acht der bedeutendsten Firmen der japanischen Maschinenindustrie sich gemeinsam an die Entwicklung von Heliumturbinen für Hochtemperaturreaktoren gemacht (Weltwoche Nr. 7/74).

Es gibt Unternehmungen, welche die Kombination von gasgekühlten Kernreaktoren, die heute schon auf dem Markt sind, mit einer geschlossenen Gasturbine und Trockenkühlturm offerieren. Diese Anordnung ergibt zwei Vorteile gegenüber den heute gängigen Leichtwasserreaktoren mit Dampfturbinen und nassen Kühltürmen: Geringere Baukosten, weil vieles kleiner bemessen werden kann, keine Wasserverdampfung zur Kühlung und daher keine zusätzlichen Winternebel. Die relative Luftfeuchtigkeit der nähere Umgebung des Kernkraftwerks würde sogar gesenkt.

Eine Schrift von General Atomic, der diese Angaben entnommen wurden, verspricht zusätzliche Vorteile von einer künftigen Anwendung geschlossener Gasturbinen. Wir geben sie hier im Wortlaut wieder:

«Potential for future development: The closed cycle turbine has a high potential for improved efficiency, and greater capacities. Operation at 1500 F (814 °C) is only the beginning. It appears feasible in the future to raise the reactor helium temperature to 1700 F (926 °C) with an improvement in cycle heat rate (Btu/kW-hr) of up to 9% and about a 22% increase in power output. Conservative design stresses provide a margin for expanding the turbomachinery to larger sizes. Where cooling water is available the reject heat can be used in a secondary power cycle to achieve plant efficiencies of about 50%.»

Neben den Vorteilen der Unabhängigkeit von der Wasserversorgung hat diese Kombination gegenüber den heute gängigen Modellen einen erheblichen Nachteil: Wenn alles nach Plan geht, wird die erste kommerzielle Anlage erst 1985 in Betrieb genommen. *Jaroslav Trachsel*