Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 73 (1955)

Heft: 10

Artikel: Wirtschaftliche Betrachtungen zur Erzeugung von Energiespitzen durch Gasturbinen und Betriebserfahrungen mit dem Spitzenkraftwerk Beznau der NOK

Autor: Pfenninger, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61866

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: 12.12.2025

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

Wirtschaftliche Betrachtungen zur Erzeugung von Energiespitzen durch Gasturbinen und Betriebserfahrungen mit dem Spitzenkraftwerk Beznau der NOK

DK 621.438.003.1

Von Dipl. Ing. **H. Pfenninger**, Baden

Schluss von Seite 119

3. Das Gasturbinenkraftwerk Beznau der NOK

Zur Deckung der Energiespitzen im Winter und zur Ueberbrückung des geringeren Energieanfalles in trockenen Jahren entschloss sich die NOK im Jahre 1946, ein thermisches Kraftwerk zu bauen. Nach verschiedenen Studien und Vergleichen fiel der Entscheid zugunsten eines Vorschlages für ein Gasturbinenkraftwerk von Brown, Boveri & Cie., Baden, aus. Als Aufstellungsort wurde Beznau gewählt, weil das dortige hydraulische Kraftwerk im Schwerpunkt des Versorgungsgebietes der NOK liegt.

Der Auftrag wurde am 30. Juni 1946 an die Firma Brown, Boveri & Cie., Baden, vergeben. Da dieses Kraftwerk in kürzester Zeit erstellt werden sollte, wurden Maschinengrössen gewählt, die bereits gebaut worden waren. Demzufolge kamen eine Einheit von 13 000 kW und eine zweite von 27 000 kW zur Aufstellung, die nach dem Schema Bild 11 arbeiten. Da ursprünglich dieses Kraftwerk nur während trockener Wintermonate betrieben werden sollte, wurden die Maschinen für eine Luftansaugetemperatur von 5 ° C und eine Kühlwassertemperatur von ebenfalls 5 ° C gebaut, was den geschätzten mittleren Luft- und Kühlwassertemperaturen für diese Betriebsperiode entspricht. Die gemessenen mittleren Temperaturen während einer Wintersaison sind aus Bild 12 zu ersehen. Kurz nach der Bestellung dieser Gasturbinen wurde mit der Waldrodung und dem Aushub der Maschinenhausgrube begonnen.

Bild 13 zeigt den Bauzustand am 27. November 1946. Ein gutes halbes Jahr später, am 25. Juli 1947, wurde bereits mit dem Bau des Maschinensaales begonnen, Bild 14. Die erste Gruppe von 13 000 kW Klemmenlei-

Tabelle 2. Betriebsdaten der Gasturbinenzentrale Beznau

Winter[1])	13 000-kW-Gruppe Betriebsstunden	13 000-kW-Gruppe Mio kWh	27 000-kW-Gruppe Betriebsstunden	27 000-kW-Gruppe Mio kWh	Zusammen Betriebsstunden	Zusammen Mio kWh
1947/48	285	2 608	—	—	285	2 608
1948/49	2 715	22 412	394	6 056	3 109	28 468
1949/50	2 537	24 727	1873	36 014	4 410	60 741
1950/51	237	2 300	656	12 646	893	14 946
1951/52	1 811	20 697	1989	37 256	3 800	57 953
1952/53	517	4 865	577	10 751	1 094	15 616
1953/54	2 800	30 000	2600	63 100	5 400	93 100
Zusammen	10 902	107 609	8089	165 823	18 991	273 432

[1]) Stichtag für die Zählung ist der 30. April jeden Jahres

Tabelle 3. Stoffwerte und chemische Analyse der Asche der verschiedenen Brennstoffsorten, welche in den letzten Jahren in der Gasturbinenzentrale Beznau verbrannt wurden

Bezeichnung		Heizöl III	Heizöl IV		Heizöl Va	
Spez. Gewicht bei 20° C	g/cm³	0,921	0,924	0,924	0,936	0,937
Flammpunkt (im off. Tiegel)	° C	96	138	—	—	—
Stockpunkt	° C	—58	+18	—	—	—
Viscositä bei 20° C	C st	199	425	—	750	1193
Viscositä bei 20° C	° E	25	57	—	100	150
Konradson-Zahl	%	7	5,7	—	6	6
Hartasphaltgehalt	%	6,3	1,25	12	—	—
Aschengehalt	%	0,024	0,026	0,06	0,01	0,02
Schwefelgehalt	%	1,77	1,9	—	2,5	2,5
Aschenanalyse: $Si\ O_2$	%	—	—	—	2,4	1,5
$V_2\ O_5$	%	37,0	26,5	21	23,2	18,0
$Ni\ O$	%	6	—	4	3,8	3,0
$Al_2\ O_3$	%	—	—	11	1,8	Spuren
$Fe_2\ O_3$	%	7	—	6	3,1	12
$Ca\ O$	%	—	—	0	0,9	3
$Mg\ O$	%	—	—	0	0	4
$S\ O_3$	%	—	—[1])	—	29,8	39,0
$Na_2\ O$	%	—	18,5	—	38,0	20,0
Wasserlösl. Teil der Asche	%	77	63,3	67,0	70,5	71,0
Unterer Heizwert	kcal/kg	9650	9930	—	9995	10028

[1]) Rest

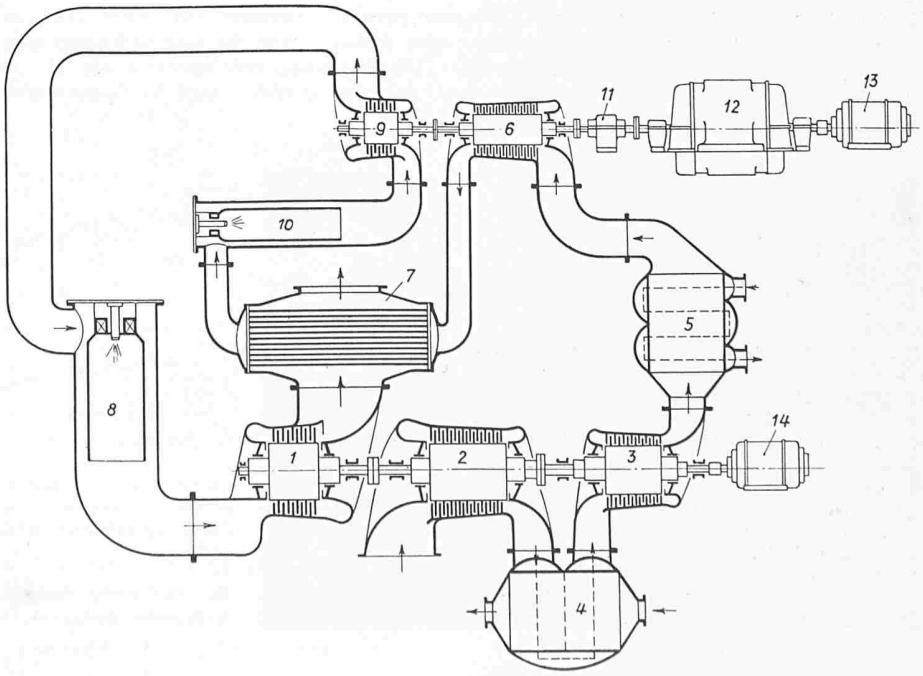


Bild 11. Schema der Gasturbinenanlage in Beznau. Sie ist als Zweiwellenanlage ausgeführt und ergibt hohe thermische Teillastwirkungsgrade. Der Leerlaufbrennstoffverbrauch beträgt etwa 23 %

1 Niederdruck-Gasturbine
2 Niederdruck-Kompressor, I. Stufe
3 Niederdruck-Kompressor, II. Stufe
4 Erster Zwischenkühler
5 Zweiter Zwischenkühler
6 Hochdruck-Kompressor
7 Luftvorwärmer
8 Niederdruck-Brennkammer
9 Hochdruck-Gasturbine
10 Hochdruck-Brennkammer
11 Reduktionsgetriebe
12 Generator
13 Anwurfmotor zur Hochdruckgruppe
14 Anwurfmotor zur Niederdruckgruppe

stung konnte bereits anfangs Januar 1948, rund 1½ Jahre nach Bestellungserteilung, dem Betrieb übergeben werden. Im Januar 1949 kam auch die zweite Maschine in Betrieb. Bild 15 zeigt den Maschinensaal mit den beiden Maschinensätzen, Bild 16 das ganze Kraftwerk vom Flugzeug aus. Die Maschinen werden je nach Bedarf während der Kochspitze oder im Ein-, Zwei- und Dreischichtenbetrieb eingesetzt. Bild 17 zeigt ein typisches Belastungsdiagramm der 13 000 kW Maschine während der Kochspitze zwischen 10 und 12 h, Bild 18 ein solches der grossen Maschine während eines Zweischichtenbetriebes und Bild 19 einen Ausschnitt des Lastdiagramms der kleinen Maschine während eines Wintermonates.

Tabelle 4. Offizielle Messungen an der 13 000 kW-Gasturbinengruppe der Anlage Beznau, durchgeführt vom Schweizerischen Verein von Dampfkessel-Besitzern und dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein

Messpunkt		Messungen vom 15. Febr. 51 1	2	Messungen vom 23. Sept. 52 1	2
Gemessene Netto-Klemmenleistung	kW	14 190	12 990	13 516	12 312
Gemessener Brennstoffverbrauch	kg/h	4161,78	3759,22	4201,46	3780,78
Unterer Heizwert	kcal/kg	9885		9850	
Zugeführte Wärmemenge	kcal/h	41 139 195	37 159 889	41 384 381	37 240 830
Lufttemperatur	° C	2,7	4,7	12,5	11,1
Kühlwassertemperatur	° C	5,5	5,6	15,7	14,9
Brennstoffqualität		Heizöl IV		Heizöl IV	
Spez. Gewicht des Brennstoffes bei 50 ° C	g/cm³	0,906		0,908	
Klemmenleistung [1])	kW	14 140	12 950	14 230	12 850
Thermischer Klemmenwirkungsgrad [1])	%	29,6	30,1	29,6	29,8

1) auf Garantieverhältnisse umgerechnet

Tabelle 5. Messresultate und offizielle Abnahmeversuche an der 27 000 kW-Gasturbinengruppe der Anlage Beznau

		Provisorische Abnahmeversuche 22. September 1953		Endgültige Abnahmeversuche 4. August 1954	
Aussenlufttemperatur	° C	14,3	14,8	22,0	25,9
Kühlwassertemperatur	° C	17,3	17,3	19,8	20,2
Brennstoff: Heizöl	—	V	V	III, IV, V [1])	III, IV, V [1])
Unterer Heizwert	kcal/kg	9800	9800	9830	9830
Spez. Gewicht des Brennstoffes bei 50 ° C	g/cm³	0,921	0,921	0,919	0,919
Gemessener Brennstoffverbrauch	kg/h	7580	9150	7521,0	7959,8
Zugeführte Wärmemenge	kcal/h	$74{,}28 \cdot 10^6$	$89{,}68 \cdot 10^6$	$73{,}93 \cdot 10^6$	$78{,}24 \cdot 10^6$
Gemessene Nettoleistung	kW	25 050	29 200	23 562	24 469
Berechneter thermischer Klemmenwirkungsgrad, auf Nettoleistung bezogen	%	29,0	28,0	27,408	26,094
Auf Garantiedaten umgerechnete Messwerte:					
Netto-Klemmenleistung	kW	26 600	31 050	26 230	27 820
Netto-Klemmenwirkungsgrad	%	31,0	29,9	29,97	29,70

1) Mischung

Der Unterschied der beiden Messergebnisse beruht einerseits auf einer leichten Verschmutzung der Maschine und andererseits darauf, dass die Gasturbinengruppe so umgebaut wurde, dass sie auch bei einer höheren Ansaugetemperatur als 15 ° C noch wirtschaftlich betrieben werden kann. Ausserdem wurden einige Verbesserungen zur Erhöhung der Betriebssicherheit durchgeführt.

Wenn im Sommer nur eine Maschine zur Deckung der Kochspitze eingesetzt wird, läuft der Generator der anderen Maschine als Phasenschieber. Die Maschinen sind so gebaut, dass die Generatoren auch während der Revision der Gasturbine als Phasenschieber betrieben werden können. Zu diesem Zweck sind die Generatoren mit einem unabhängigen Schmierölsystem versehen.

Die Inbetriebsetzungszeit ist kurz, obgleich diese Maschinen damals noch mit grossen Luftvorwärmern ausgerüstet wurden. Heute würde man bei jährlichen Betriebszeiten von 2000 bis 3000 Stunden unter Berücksichtigung der Ausführungen im Abschnitt 2 und des gegenwärtigen Standes der Technik die Luftvorwärmer weglassen. Der Preis des Heizöles in der Schweiz beträgt für Grossabnehmer und Elektrizitätswerke etwa 100 Fr./t. Bei einem industriellen thermischen Globalwirkungsgrad der Maschinen von rund 28,0 % beträgt der Brennstoffverbrauch etwa 305 g/kWh, was bei dem oben erwähnten Brennstoffpreis und einem unteren Heizwert von 9800 kcal/kg Brennstoffkosten von 3,1 Rp./kWh ergibt. Hierzu kommen noch die übrigen Betriebskosten und die Kapitalkosten. Die Unterhaltkosten dieser Zentrale belaufen sich auf etwa 0,12 Rp./kWh. Die totalen Energieerzeugungskosten liegen bei rund 5,5 Rp./kWh, wenn man mit einer jährlichen Betriebszeit von 2000 Stunden und mit einer Abschreibung der Zentrale innerhalb 15 Jahren rechnet. Es ist dies ein Wert, der ohne weiteres mit der durch Wasserkräfte in Speicherwerken erzeugten Energie in Konkurrenz treten kann. Ueber die Betriebsführung dieser

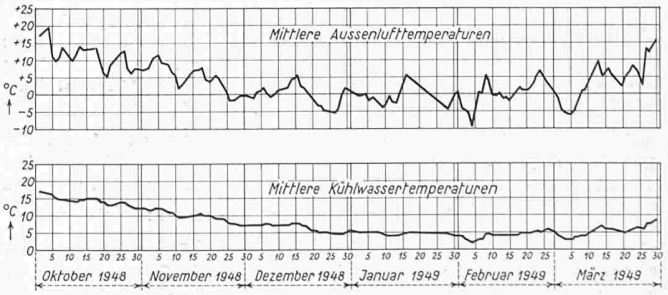


Bild 12. Verlauf der Luft- und Kühlwassertemperaturen in Beznau während eines Winterhalbjahres. Das langjährige Mittel ergab eine Lufttemperatur von 5 ° C und eine Kühlwassertemperatur von 5 ° C.

Bild 13 (links). Gasturbinenkraftwerk Beznau. Aushub der Maschinenhausgrube, Bauzustand am 27. November 1946.

Zentrale seit der ersten Inbetriebsetzung orientiert Bild 20. Dieses Diagramm ist weitgehend ein Abbild der geforderten Bedarfsspitzen und der Wasserführung der Flüsse. Bis Ende 1954 hat diese Gasturbinenzentrale über 290 Mio kWh erzeugt.

Die Gasturbinenzentrale Beznau ist mit einer installierten Leistung von 40 000 kW das grösste Gasturbinenkraftwerk der Welt. Die Tabelle 2 enthält ihre Betriebsdaten. Es hat die gestellten Erwartungen voll erfüllt. Nach Ueberwindung einiger Anfangsschwierigkeiten, die durch konstruktive Aenderungen beseitigt werden konnten, wird die Zentrale den Betriebsbedürfnissen gemäss eingesetzt. Als Brennstoff wurden bis heute die in Tabelle 3 angegebenen Heizöle verbrannt. Es sind die billigsten und schlechtesten Heizöle, die in der Schweiz erhältlich sind.

Am 15. Februar 1951 wurden offizielle Messungen an der 13 000 kW-Maschine durchgeführt, wobei der Schweizerische Verein von Dampfkesselbesitzern den Brennstoffverbrauch und der Schweizerische Elektrotechnische Verein die Leistungen massen. Die Messergebnisse sind in der ersten Spalte der Tabelle 4 zusammengestellt. Der thermische Klemmenwirkungsgrad in Abhängigkeit der Last ist aus Bild 21 ersichtlich. Er bleibt zwischen Vollast und etwa 65 % davon praktisch konstant. Der Leerlaufbrennstoffverbrauch beträgt rund 23 %. Eine erneute Kontrolle der Maschinen nach 7800 Betriebsstunden und einer Energieerzeugung von 74,5 Mio kWh durch die genannten beiden Vereine vom 23. September 1952 ergab die in der zweiten Spalte der Tabelle 4 angegebenen Werte. Die kleine Verschlechterung gegenüber der ursprünglichen Messung beim Messpunkt 2 dürfte innerhalb der Messtoleranz liegen. Die Abschaltversuche dieser Maschine ergaben die erwarteten Daten. Bei Vollastabschaltung tritt eine vorübergehende Drehzahlerhöhung von 8,75 % auf; die bleibende Ungleichförmigkeit beträgt hierbei 4,2 %. Der neue Stabilitätszustand im Leerlauf wurde nach 20 Sekunden erreicht.

Analoge Messungen der 27 000 kW-Gruppe wurden am 22. September 1953 durchgeführt. Die Messresultate sind aus Tabelle 5 (1. Spalte) zu ersehen. Die Maschine war bis zu diesem Datum bereits etwa 6000 Stunden im Betrieb und hatte rund 110 Mio Kilowattstunden erzeugt. Eine zweite Messung, die von den eben erwähnten offiziellen Instanzen am 4. August 1954 durchgeführt wurden, ergab die in Tabelle 5 (zweite Spalte) angeführten Zahlenwerte. Bis zu diesem Zeitpunkt lief die Maschine 8240 h und erzeugte in dieser Zeit 164,6 Mio kWh. Der Unterschied zwischen den beiden Messungen beruht auf einigen Aenderungen an dieser Gruppe, die einerseits zur Erhöhung der Betriebssicherheit vorgenommen wurden; andrerseits ist auf Wunsch der NOK die Maschine so umgebaut worden, dass sie auch

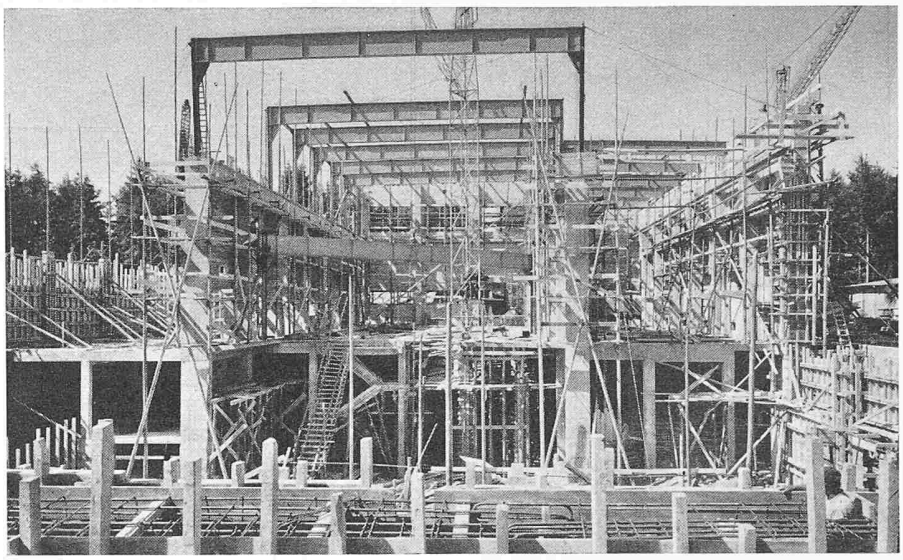


Bild 14. Gasturbinenkraftwerk Beznau. Erstellung des Hochbaues, Bauzustand am 25. Juli 1947

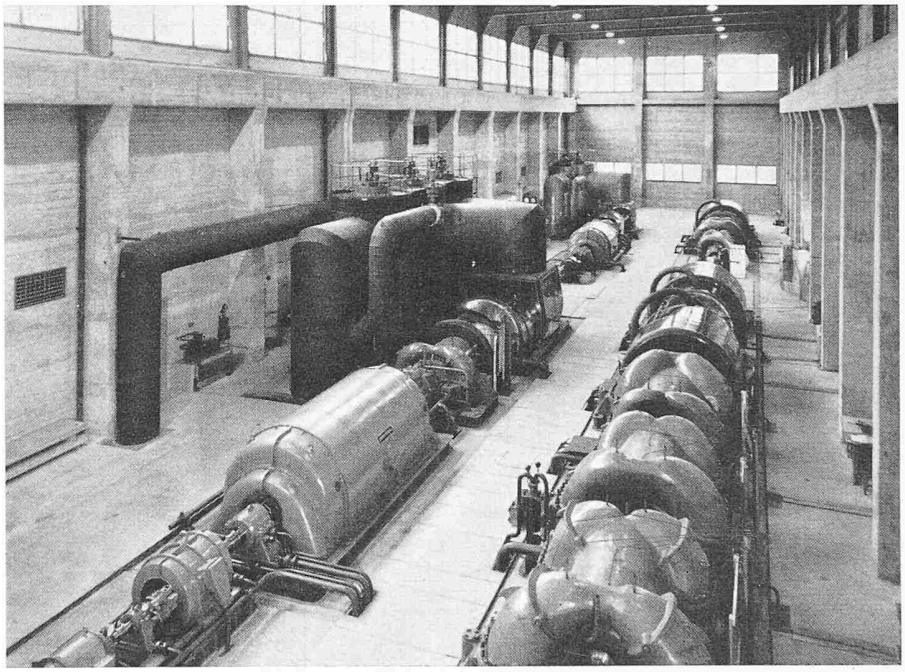


Bild 15. Maschinenhalle des Gasturbinen-Kraftwerkes Beznau. Vorn die 27 000-kW-Gruppe, dahinter die 13 000-kW-Maschine. Die Luftvorwärmer sind im Nebenraum rechts untergebracht.

Bild 16. Gasturbinen-Kraftwerk Beznau. Vorn die Freiluftanlage mit Transformatoren, dahinter die Zentrale mit den 16 Kaminen, anschliessend 6 Brennstofftanks mit Gleisanschluss, links die Aare

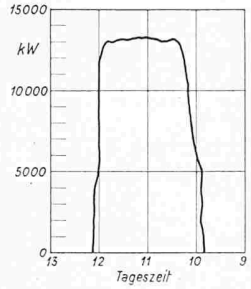


Bild 17.

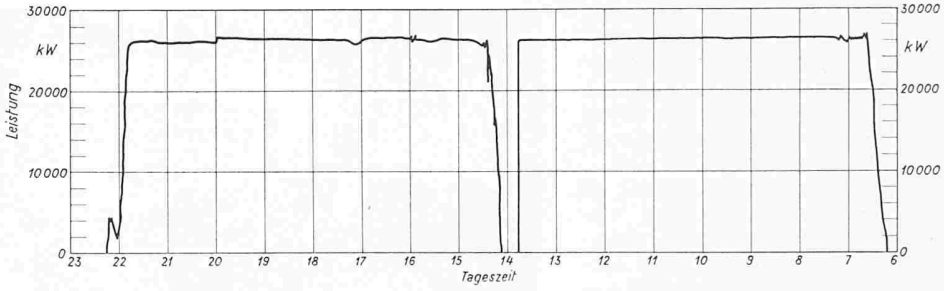


Bild 18.

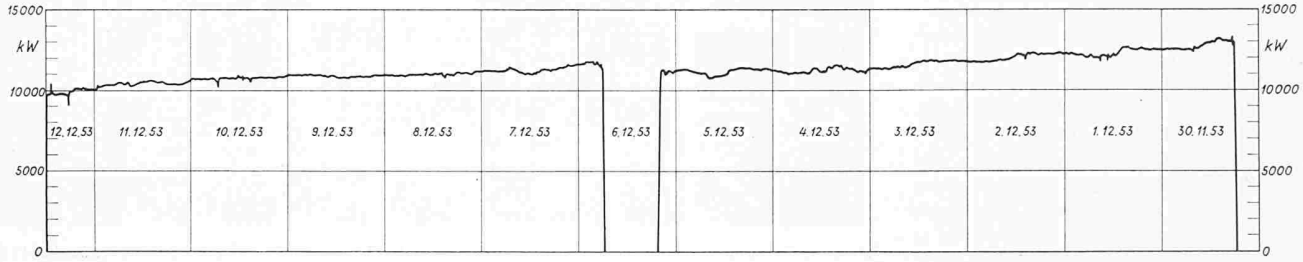


Bild 19.

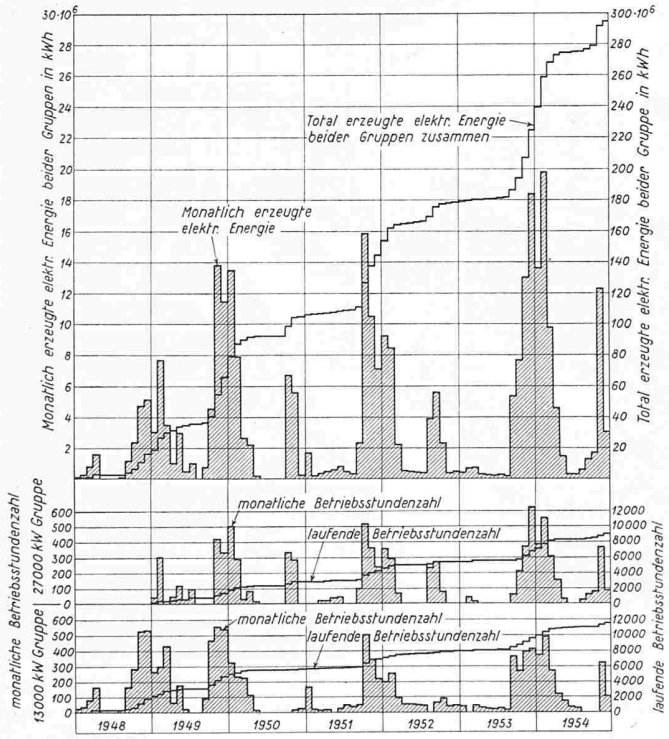


Bild 20.

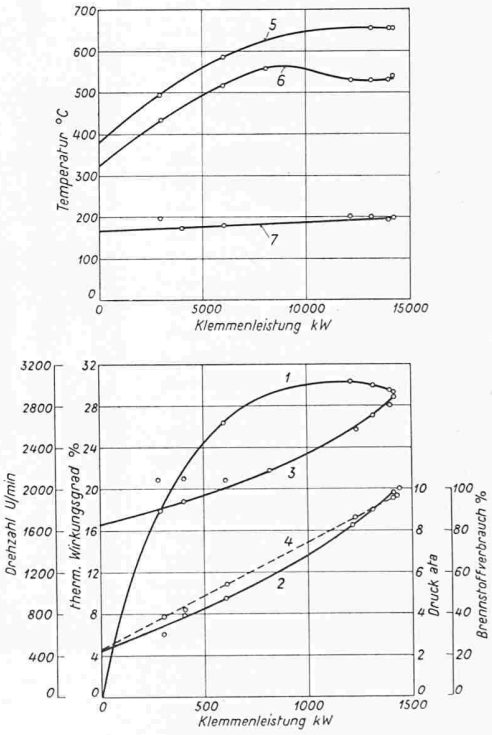


Bild 21.

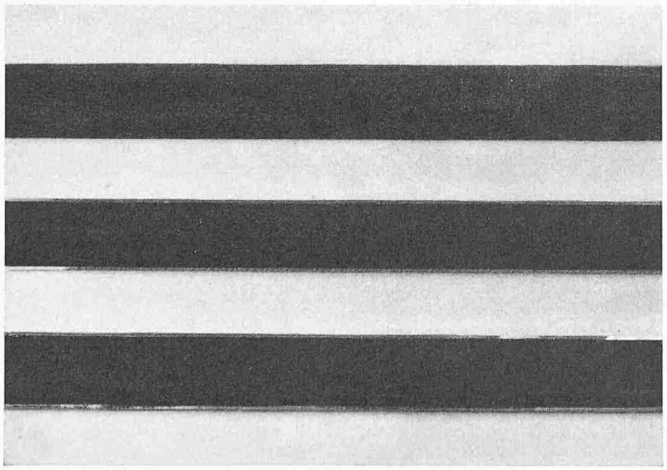


Bild 24. Zur Kontrolle aufgeschnittenes Luftvorwärmerrohr der 13 000-kW-Gasturbinengruppe in Beznau nach 7900 Betriebsstunden. Der Zustand der Rohre ist ausgezeichnet; sie weisen keinerlei Angriff auf

Bild 17. Lastdiagramm der 13 000-kW-Gruppe am 12. April 1951 zur Deckung der Kochspitze. Die Gruppe wurde um 09.50 gestartet und war um 10.20 auf Vollast. Sie wurde kurz vor 12.00 wieder entlastet und dann abgestellt

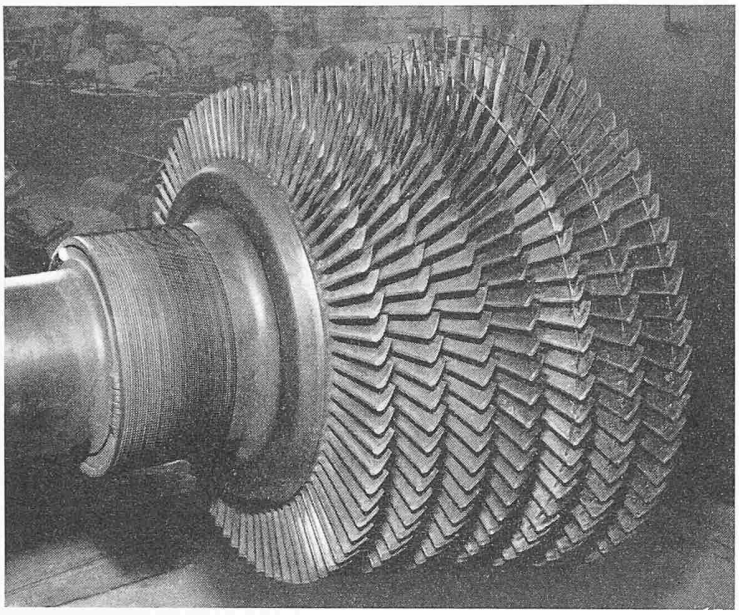
Bild 18. Lastdiagramm der 27 000-kW-Gasturbinengruppe vom 18. Dezember 1953 während eines Zweischichtenbetriebes. Die Maschine wurde um 06.12 gestartet, war um 06.40 auf Vollast, wurde um 13.45 kurz abgestellt, um 14.09 wieder gestartet, war um 14.25 wieder auf Vollast und lief dann bis etwa 22.00 Uhr.

Bild 19. Lastdiagramm der 13 000-kW-Gruppe bei kontinuierlichem Betrieb. Die Maschinen werden sonntags meistens wegen kleinerem Strombedarf abgestellt

Bild 20. Einsatz der Zentrale seit der Inbetriebsetzung

Bild 21. Verlauf des thermischen Klemmenwirkungsgrades und anderer wichtiger Grössen der 13 000-kW-Gasturbinengruppe Beznau in Abhängigkeit der Last

1 Thermischer Wirkungsgrad, bezogen auf Klemmen, in %
2 Brennstoffverbrauch der Gruppe in % des Vollastverbrauchs
3 Drehzahl der Niederdruckgruppe in U/min
4 Luftdruck am Austritt aus dem Hochdruckverdichter in ata
5 Gastemperatur vor Hochdruckturbine in ° C
6 Gastemperatur vor Niederdruckturbine in ° C
7 Abgastemperatur im Kamin in ° C



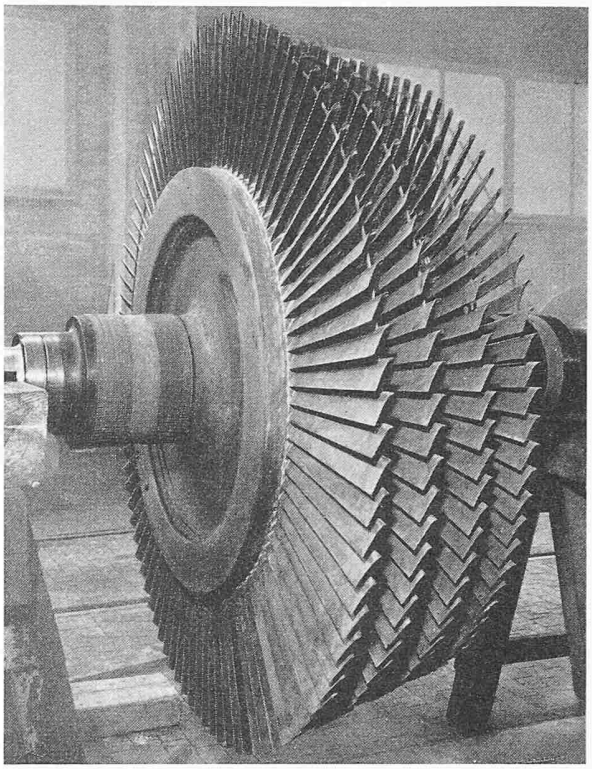


Bild 22. Hochdruckturbinenrotor der 13 000-kW-Gasturbinengruppe in Beznau nach 7900 Betriebsstunden. Der Zustand ist trotz der Verbrennung von schwerem Heizöl sehr gut

Bild 23 (rechts). Niederdruckturbinenrotor der 13 000-kW-Gasturbinengruppe in Beznau nach 7900 Betriebsstunden. Der Zustand dieses Rotors ist ebenfalls sehr gut

oberhalb der ursprünglich vorgesehenen maximalen Luftansaugetemperatur von 15 ° C noch wirtschaftlich betrieben werden kann. Das hatte zur Folge, dass bei den garantierten Luftansaugetemperaturen von 5 ° C die Gastemperatur am Eintritt in die Turbine etwas tiefer gehalten werden musste. Diese Massnahme brachte selbstverständlich eine Verringerung der maximalen Leistung und des höchsten thermischen Klemmenwirkungsgrades.

Die Bedienung der Maschinen ist einfach. Zum Starten einer Gruppe genügt ein Maschinist. Die Belegschaft für den Betrieb und Unterhalt eines solchen Gasturbinenkraftwerkes (2 Maschinensätze) besteht aus einem Betriebsleiter, zwei Maschinisten pro Schicht und zwei Hilfsarbeitern pro Schicht. Hierzu kommt noch eine Reserveschicht; diese wird auch zur Ausführung kleinerer Reparaturen in der eigenen Werkstätte benützt.

Dieser Bestand genügt für den durchgehenden Betrieb der ganzen Zentrale einschliesslich Wartung der Brennstoffanlage und der Betreuung der elektrischen Schaltausrüstung. Die Personalkosten belaufen sich deshalb auf etwa 92 000 Fr. pro Jahr. Bei einem Dampfkraftwerk der selben Leistung muss man dagegen mit etwa 295 000 Fr. pro Jahr rechnen. Bei einem Gasturbinenkraftwerk von etwa 40 000 kW Klemmenleistung in zwei Maschinensätzen betragen die jährlichen Personalkosten pro installiertes kW 2,5 Fr./kW; bei 2000 Betriebsstunden pro Jahr ergeben sich somit Personalkosten von 0,125 Rp./kWh; bei 6000 Betriebsstunden sinkt dieser Anteil auf 0,042 Rp./kWh. Die entsprechenden Zahlen für ein Dampfturbinenkraftwerk gleicher Leistung betragen 8,0 Fr. pro kWJahr bzw. 0,40 bzw. 0,133 Rp./kWh. Die laufenden Unterhaltarbeiten der Gasturbinenanlage bestehen aus:

a) Periodische Kontrolle der Brennkammern;
b) Periodische Kontrolle der Brennstoffdüsen;
c) Reinigung der Brennstoffbehälter;
d) Periodisches Waschen der Gasturbinen, um die Beschauflung von der Brennstoffschlacke zu reinigen;
e) Während dem Betrieb periodisches Betätigen der Russbläser der Luftvorwärmer;

Zu den jährlichen Unterhaltskosten gehören:

a) Kontrolle der Luftkühler;
b) Kontrolle der Luftvorwärmer;
c) Kontrolle der Steuer- und Sicherheitsorgane;
d) Reinigung der Brennstoffanlage (Filter, Oeltank usw.);
e) Kontrolle und Reinigung der Gebläse sofern notwendig;
f) Es empfiehlt sich auch, die Gasturbinen in grösseren Zeitabständen zu kontrollieren.

Anlässlich einer genauen Kontrolle der 13 000 kW-Gruppe nach 7900 Betriebsstunden konnte festgestellt werden, dass sich beide Gasturbinenrotoren in gutem Zustand befinden (Bilder 22 und 23). Gleichzeitig wurden auch einige Luftvorwärmerrohre ausgebaut und kontrolliert. Bild 24 zeigt ein aufgeschnittenes Rohr. Man sieht, dass die Rohre sich in sehr gutem Zustand befinden. Das Material ist in Ordnung. Es konnte keine Abnahme der Wandstärke festgestellt werden.

Da die mittleren Rohrwandtemperaturen am Eintritt der heissen Gase etwa 360 ° C und auf der Kaminseite 150 ° C betragen, war von vornherein keine Korrosion im Betrieb zu erwarten. Im Stillstand ist die Korrosionsgefahr grösser, weil durch das Eindringen von Feuchtigkeit korrodierende Produkte entstehen können. Obwohl die Gruppe im Mittel jährlich nur etwa 2000 h im Betrieb stand, ist nach vier Jahren noch keine Korrosion der Rohre vorhanden.

Die eingangs gezeigte Studie über die Wirtschaftlichkeit und die Betriebsergebnisse mit der Zentrale Beznau sowie mit anderen derartigen Zentralen zeigen, dass die Gasturbine für die Spitzendeckung eine der interessantesten Kraftmaschinen darstellt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass sich immer mehr Elektrizitätswerke entschliessen, Gasturbinen zur Dekkung ihrer Belastungsspitzen einzusetzen.

Adresse des Verfassers: Dipl. Ing. *H. Pfenninger*, Oberingenieur in der AG. Brown. Boveri & Cie., Baden.

Neue Formen im Bau von Flughöfen

DK 725.39

In zahlreichen Grosstädten der Vereinigten Staaten sind neue Flugplatzgebäude entstanden oder im Bau. Dabei hat man nicht nur den wachsenden Bedürfnissen aller Art vorausschauend Rechnung getragen, sondern sich auch die Erfahrungen der letzten Jahre zunutze gemacht. Wie wir «Engineering News-Record» vom 18. Nov. 1954 entnehmen, sind die heutigen Anlagen, vom Standpunkt des Fluggastes wie auch der Platzleitung und der Fluggesellschaften aus, wirksamer, die Wege von Passagieren und Gepäck übersichtlicher, klarer nach Richtung und Zweck getrennt, die Entfernungen so kurz wie möglich. Auch den grossen Zuschauermengen und allen erforderlichen Nebenbetrieben wird mustergültig Rechnung getragen. Von den Hauptgebäuden aus strecken sich wie Finger lange ein- oder zweistöckige Trakte in das Flugfeld vor, so dass jeder Stehplatz von Flugzeugen unbehindert erreicht werden kann. Für künftige ähnliche Erweiterungen wurde der nötige Platz bereitgestellt. Die Entwürfe