

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 74 (1956)
Heft: 29

Artikel: Die Entwicklung auf dem Gebiet der Dampfkraftanlagen
Autor: Gastpar, Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-62672>

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: 01.04.2025

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

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Dampfkraftanlagen

DK 621.181

Von Dipl. Ing. Jacques Gastpar †, Direktor bei Gebrüder Sulzer AG., Winterthur

Schluss von S. 431

4. Anlagen für überkritische Drücke

Bei überkritischen Drücken geht die flüssige Phase ohne sichtbare Verdampfung in die gasförmige über, Bild 37. Das Rohrsystem besteht dementsprechend nur noch aus Vorwärmer-, Ueberhitzer- und Zwischenüberhitzer-Heizflächen. Die erzielbare Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades durch Steigerung des Druckes über den kritischen Punkt hinaus geht aus Bild 3 hervor, in dem einige Wirkungsgradkurven von Ausführungen mit überkritischen Drücken eingetragen sind. Es handelt sich dabei um ungefähre mittlere Werte; die tatsächlichen Wirkungsgrade hängen von der Grösse der Einheiten, dem Wirkungsgrad der Turbinen und des Kessels sowie auch vom Brennstoff ab.

In Tabelle 2 sind die Hauptdaten der heute im Bau befindlichen vier Anlagen für überkritischen Druck gegenübergestellt, wobei zu bemerken ist, dass die unter Sulzer-Lizenz in USA auszuführenden Einheiten wesentlich grösser sind als die übrigen und wahrscheinlich eher dem Standard entsprechen, welcher in Zukunft für Einheiten dieser Konzeption zur Ausführung gelangen dürfte.

Interessant ist der Vergleich zwischen den Anlagen für Cleveland und Eddystone. Im ersten Fall liegt der Frisch-

dampfdruck mit 253 at nur wenig über dem kritischen Druck; dementsprechend wurden nur eine Zwischenüberhitzung und eine Einwellenturbine vorgesehen sowie auch die Dampftemperaturen etwas niedriger gehalten. Die 325 Megawatt-Anlage Eddystone wird jedoch für einen Druck von 360 at und eine Frischdampf Temperatur von 621 (bzw. 650°) und die Turbine als Crosscompound-Einheit mit zwei Wellen und zwei Generatoren gebaut. Sie wird mit zweifacher Zwischenüberhitzung versehen. Der Netto-Wärmeverbrauch ist in Eddystone 8 bis 9 % günstiger als in Cleveland und entspricht einem totalen Wirkungsgrad von 43,2 %.

Auf Bild 38 ist das Schaltschema dargestellt. Das Speisewasser wird in den verschiedenen Speisewasservorwärmern 7 auf etwa 300° C erwärmt, gelangt dann durch die Speisepumpen 10, denen die Zubringerpumpen 6 und 9 vorgeschaltet sind, sowie durch die Speisewasser-Regelorgane 12 und 13 in den Vorwärmer 1 des Dampferzeugers und von diesem durch die beiden Ueberhitzer zum Dampfventil 14. Die Temperatur des Dampfes wird teilweise durch die verstellbaren Brenner und zusätzlich durch die Einspritzventile 20 geregelt. In gleicher Weise wird auch die Temperatur nach den Zwischenüberhitzern 2 und 3 den Erfordernissen angepasst.

Ferner regelt man den Druck nach den zwei Zwischenüberhitzern, also beim Eintritt in die Turbine, durch entsprechende Organe derart, dass er zum Beispiel beim Anfahren nicht unter bestimmte Grenzen fallen kann.

Der Frischdampf strömt durch das Turbinen-Einlassventil 17 und den Höchstdruckteil der Turbine 4 und gelangt

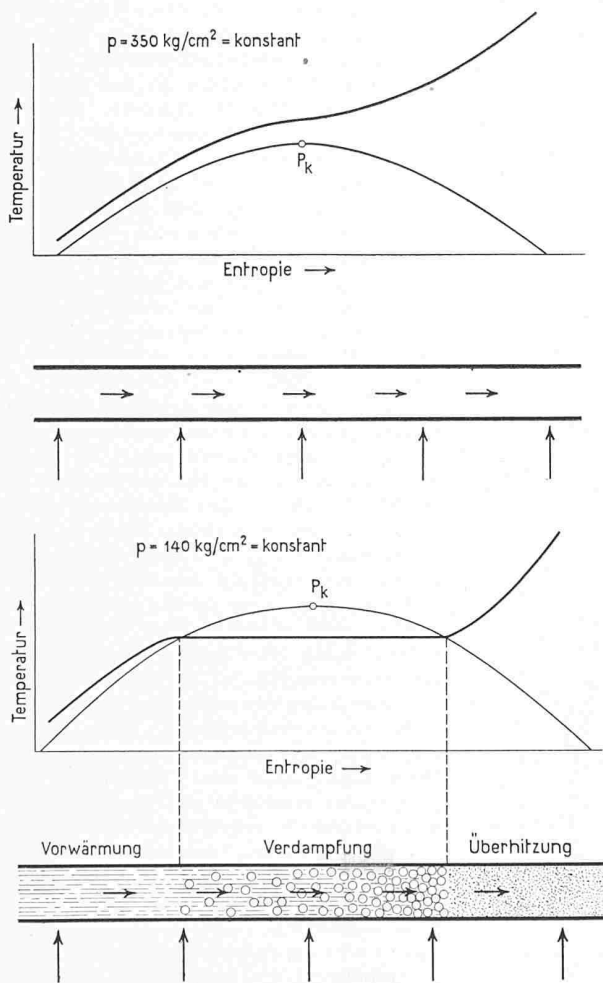


Bild 37. Verdampfungsvorgang bei unterkritischem Druck (unten) und überkritischem Druck (oben)

Tabelle 2. Hauptdaten der vier Dampfkraftanlagen, die mit überkritischem Druck arbeiten werden und z. Z. in Ausführung stehen (approximativ, soweit veröffentlicht).

Anlage		Hüls	Philo	Cleveland	Eddystone
Land		Deutschl.	USA	USA	USA
Kesselsystem		Benson	Benson	Sulzer	Sulzer
Leistung	kW	84 000	125 000	250 000	325 000
Dampfmenge ¹⁾	t/h	250	336	775	827
Druck ¹⁾	atü	308	318	253	360
Temperatur ¹⁾	° C	605	625	593	621
Erste Zwischenüberhitzung					
Dampfmenge	t/h	220	297	586	612
Druck am Eintritt	atü	116	—	51,7	71,5
Druck am Austritt	atü	110	86	46,2	66,5
Temp. am Eintritt	° C	460	427	365	427
Temp. am Austritt	° C	565	565	565	565
Zweite Zwischenüberhitzung					
Dampfmenge	t/h	180	236	—	588
Druck am Eintritt	atü	32,5	—	—	16
Druck am Austritt	atü	30,0	13	—	15
Temp. am Eintritt	° C	355	332	—	367
Temp. am Austritt	° C	530	538	—	565
Speisewasservorwärmung	° C	335	274	294	299
Spezifischer Wärmeverbrauch ²⁾	kcal/kWh	2150	2147	2173	1990
Gesamtwirkungsgrad	%	40	40	39,6	43,2

¹⁾ bei max. Dauerlast, Zustände bei Ueberhitzer-Austritt

²⁾ einschl. Hilfsmaschinen

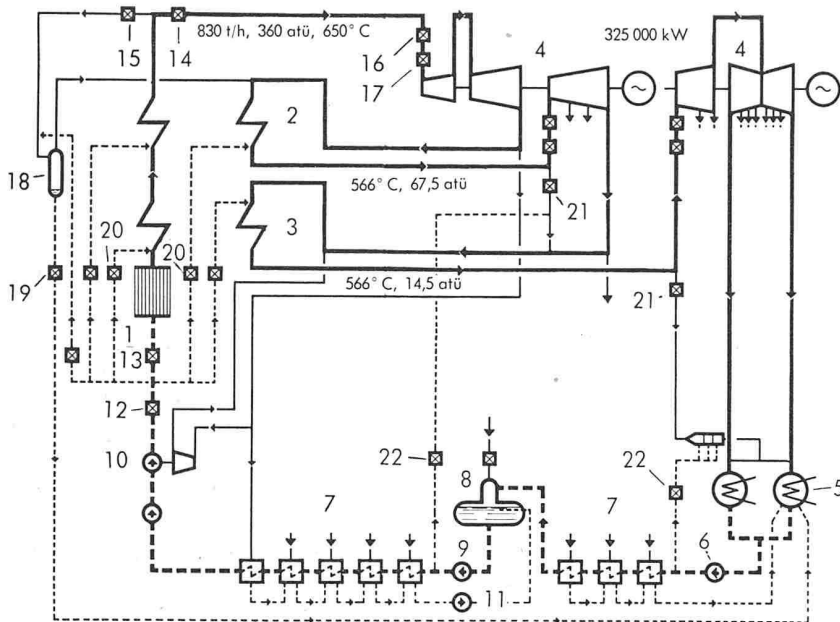


Bild 38. Schaltschema der Dampfkraftzentrale Eddystone mit Einrohr-Dampferzeuger von 830 t/h bei 650° C und 360 atü, sowie doppelter Zwischenüberhitzung auf je 566° C

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Einrohrdampf-
erzeuger 830 t/h,
360 atü, 650° C | 11 Kondensat-
Rückförderpumpe |
| 2 Erster Zwischen-
überhitzer | 12 Druckdifferenz-
regelventil |
| 3 Zweiter Zwischen-
überhitzer | 13 Kesselspeiseventil |
| 4 Turbogenerator
325 000 kW | 14 Dampfabgabeventil |
| 5 Kondensatoren | 15 Bypassventil |
| 6 Extraktionspumpe | 16 Turbinenschnell-
schlussventil |
| 7 Speisewasser-
vorwärmer | 17 Düsengruppen-
ventile |
| 8 Kondensatbehälter | 18 Anfahrkühler |
| 9 MD-Speisepumpen | 19 Ablassventil |
| 10 HD-Speisepumpen | 20 Einspritzventile |
| | 21 Ueberströmventile |
| | 22 Kondensateinspritz-
ventile |

von diesem durch den Zwischenüberhitzer 2 in die dritte Stufe der Hochdruckgruppe, deren Abdampf durch den Zwischenüberhitzer 3 mit 14,5 at und 566° C in den Niederdruckteil der Turbine gelangt. Zu beachten ist, dass alle Turbinenstufen an den Dampfeintrittstellen mit Schnellschlussventilen versehen werden, die zusammengekuppelt sind.

Wie im normalen Betrieb bleiben auch während dem Anfahren des Einrohrdampferzeugers der Ueberhitzer und die rauchgasbeheizten Zwischenüberhitzer mit dem Vorwärmer in Serie geschaltet und sind daher stets gekühlt. Das Dampfabgabeventil 14 bleibt jedoch beim Anfahren geschlossen; das Wasser-Dampfgemisch gelangt durch das automatische Bypassventil 15 nach dem Abscheider 18. Dort scheidet sich der Dampf aus, strömt direkt in den ersten Zwischenüberhitzer 2 und von diesem über das Bypassventil 21 unmittelbar in den zweiten Zwischenüberhitzer 3 und dann durch das zweite Bypassventil 21 über einen Dampfkühler in die Kondensatoren der Hauptturbine, von welchen das hier gewonnene Kondensat bzw. Speisewasser auf dem normalen Weg den Vorwärmern 7 in geschlossenem Kreislauf wieder zugeführt wird.

Alle Stufen der Hauptturbine bleiben während dem Anfahren des Dampferzeugers durch die jeweils am Eintritt angeordneten, automatisch betätigten Eintrittventile vom Anfahrkreis getrennt.

Der Dampfzutritt zu den verschiedenen Turbinenstufen kann nur erfolgen, wenn die gewünschte, einstellbare Dampftemperatur erreicht ist. Sobald aus irgendeinem Grunde die Frischdampftemperatur zu hoch steigt oder unter einen gewissen Minimalwert sinkt, schliesst das Hauptventil 14 des Dampferzeugers und öffnet das Bypassventil 15. Die Bypassventile 21, die nach den

Zwischenüberhitzern 2 und 3 angeordnet sind, haben im übrigen auch die Aufgabe, zu verhindern, dass der Druck in den einzelnen Zwischenüberhitzern unter einen einstellbaren Wert — auch während des Anfahrens — sinkt.

Aus Bild 39 ist die Veränderung von Menge, Druck und Temperatur des Arbeitsmittels im Verlauf der Strömung durch das Rohrsystem des Dampferzeugers und die Dampfturbine bei Normallast ersichtlich. Im oberen Teil ist die Abwicklung des ganzen Kreislaufes dargestellt.

Die Temperatur steigt allmählich bis zum Austritt aus dem Ueberhitzer an. Sie weist im Dampferzeuger keinen konstanten Teil auf, da die Verdampfungszone bei überkritischem Druck wegfällt. Die nachfolgenden Temperaturzunahmen entsprechen der Wärmezufuhr in den Zwischenüberhitzern. Die Druckkurve lässt den Druckabfall im Dampferzeuger, in der Rohrleitung sowie den anschliessenden Expansionsverlauf in der Turbine erkennen.

Der Regulierung fällt die Aufgabe zu, den im voraus bestimmten Druck- und Temperaturverlauf in allen Abschnitten des Dampferzeugers und der Frischdampfleitung zu beherrschen, damit auch alle Teile gegen Ueberbeanspruchung geschützt sind und gleichzeitig ein einwandfreier Betrieb der Turbine sichergestellt ist.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass bei Vollastbetrieb im Dampferzeuger eine Wärmemenge übertragen wird, welche einem Kohlenverbrauch von rd. 92 t/h, d. h. rd. 220 Eisenbahnwagen zu 10 t pro Tag entspricht. Diese Zahl gibt einen Begriff von den Anforderungen, die an die Konstruktion des Dampferzeugers und vor allem auch an die ganze Regulierung gestellt werden. Bild 40 gibt einen Schnitt durch den Dampferzeuger, aus dem die Abmessungen der Brennkammer sowie die Anordnung der verschiedenen Teile des Rohrsystems hervorgehen. Diese sind so disponiert, dass unter Berücksichtigung der Einstrahlung und des Verlaufs der Gas-temperatur einerseits und der in der Strömungsrichtung zunehmenden Temperatur des Arbeitsmittels andererseits günstigste Verhältnisse für die Wärmeübertragung erreicht werden. Zugleich wurde auf möglichst sparsame Verwendung von schwieriger zu verarbeitendem und vor allem von teurem Spezialröhrenmaterial getachtet.

In einer Einheit dieser Grösse werden etwa 2000 t Spezialröhren mit einer Gesamtlänge von rd. 300 km benötigt. Bei

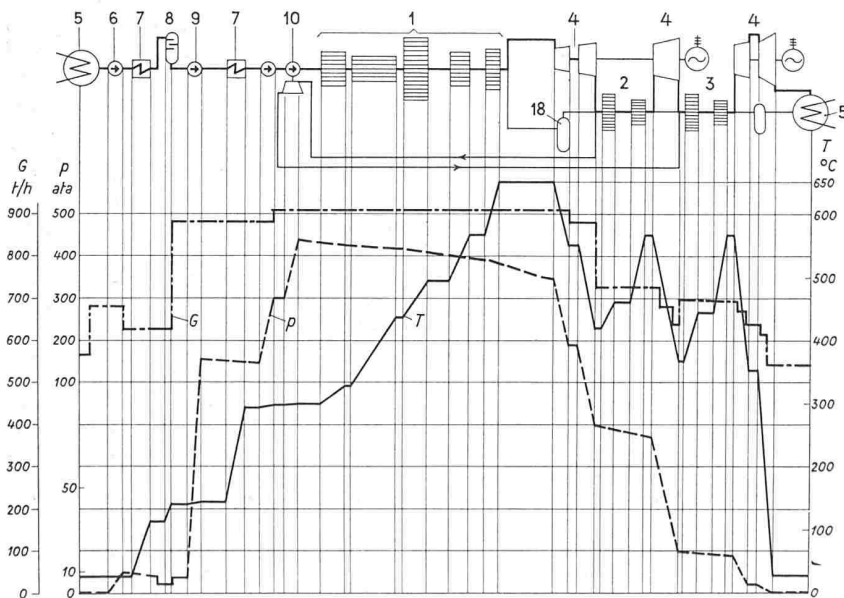


Bild 39. Veränderung von Menge, Druck und Temperatur des Dampfes beim Durchströmen der einzelnen Anlageteile in der Dampfkraftzentrale Eddystone. G Dampfmenge; P Dampfdruck; T Dampftemperatur. Uebrigere Bezeichnungen s. Legende zu Bild 38

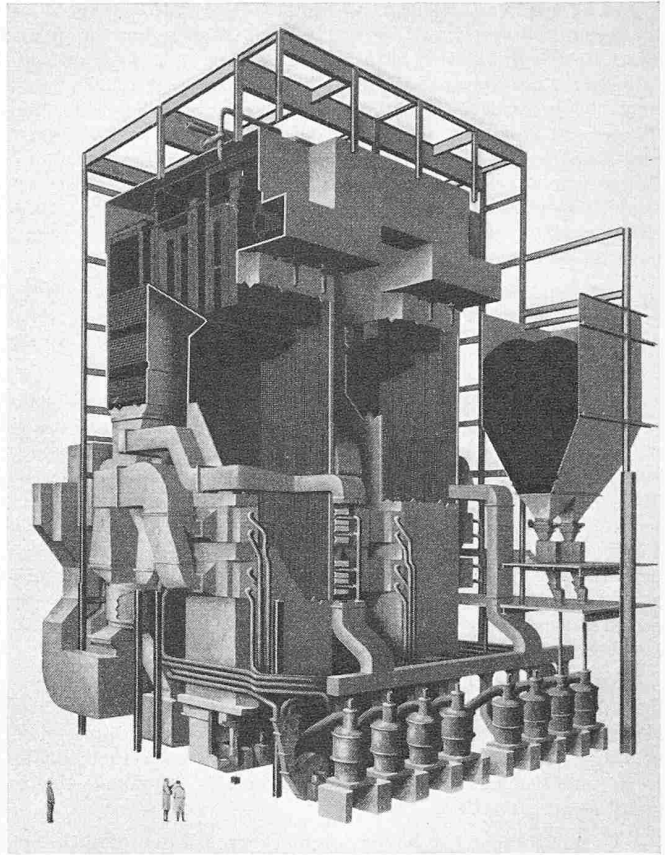
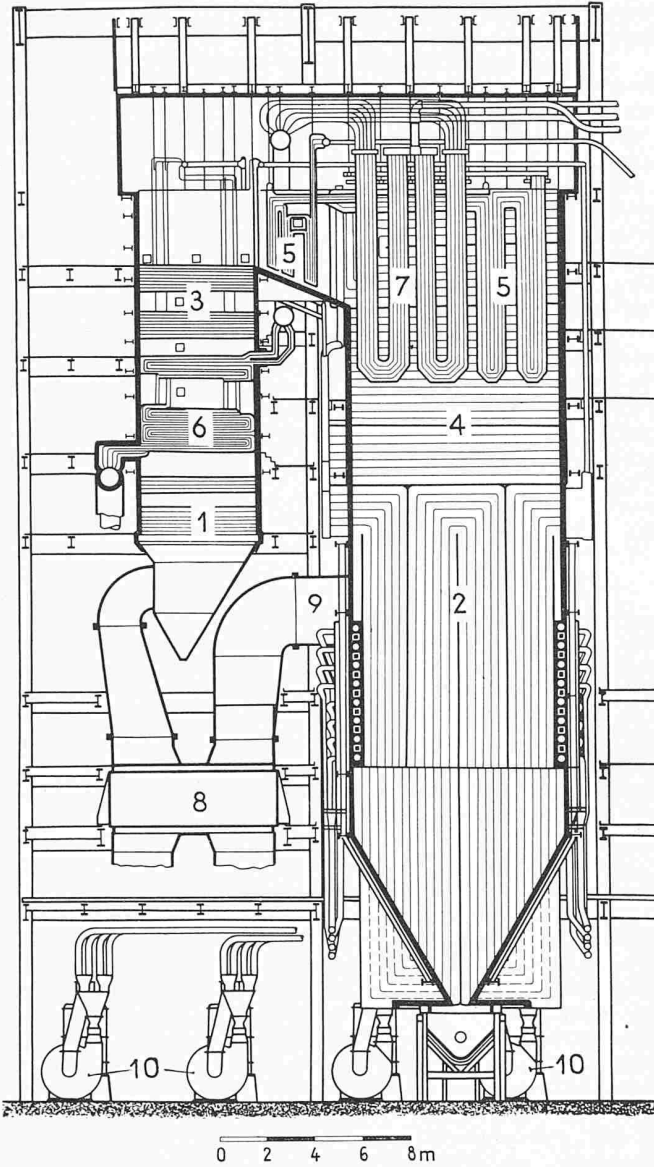


Bild 43. Gesamtaufbau des Kessels für die Zentrale Eddystone

Bild 40. Längsschnitt durch den Dampferzeuger der Zentrale Eddystone auf der Seite des zweiten Zwischenüberhitzers, 1 : 300

- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1 Economiser | 6 Zwischenüberhitzerbündel |
| 2 Brennkammer | 7 Endteil des Zwischenüberhitzers |
| 3 Uebergangsteil | 8 Ljungström-Luftvorwärmer |
| 4 Strahlungsüberhitzer | 9 Kanal für Verbrennungsluft |
| 5 Endüberhitzer | 10 Kohlenstaubmühlen |

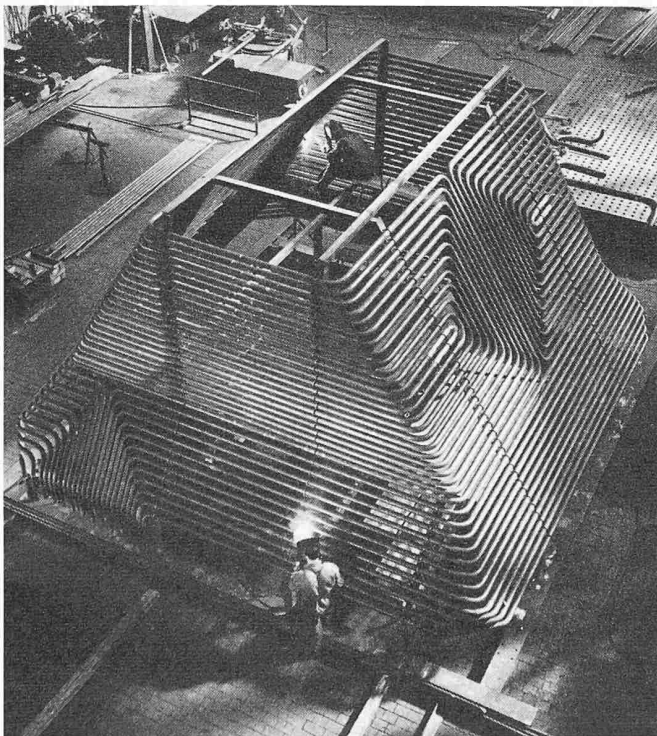


Bild 41. Unterer Teil einer Brennkammer (umgekehrt)

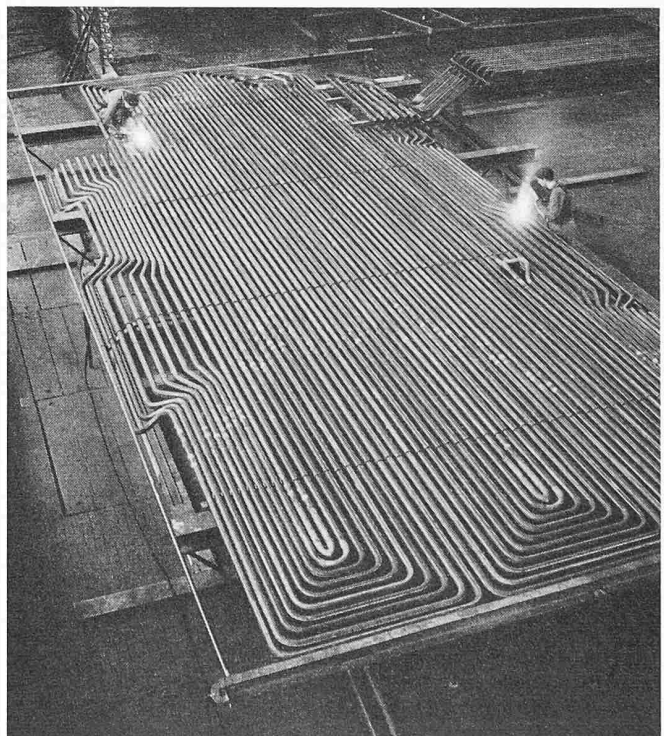


Bild 42. Teil einer Seitenwand-Auskleidung einer Brennkammer

Verwendung von Röhren normaler Fabrikationslänge sind im Hochdrucksystem rd. 60 000 Schweißverbindungen in der Werkstatt herzustellen. Ein beträchtlicher Teil hiervon entfällt auf Spezialmaterial mit entsprechender Wärmebehandlung. Eine grosse Zahl solcher Hochdruckschweißverbindungen ist überdies auch auf der Baustelle durchzuführen, und zwar meistens unter erschwerenden Bedingungen. Im Gegensatz zu den bisher gezeigten Konstruktionen ist der eigentliche Dampferzeuger an schweren Querträgern aufgehängt, welche durch die auf Bild 40 auf beiden Seiten sichtbare Säulenkonstruktion getragen werden.

In den beiden Brennkammern, welche bei einer Höhe von rd. 45 m ein Volumen von etwa 3000 m³ aufweisen, wird der grösste Teil der Wärme direkt durch Strahlung an die Heizfläche, die die Brennkammerwände bilden, übertragen.

Von den im Kellergeschoss untergebrachten Kohlenstaubmühlen werden bei Normallast rd. 92 t/h Kohlenstaub durch die in den Ecken angebrachten Brenner der Brennkammer zugeführt. Die Verbrennungsgase strömen vom oberen Ende der Brennkammer durch den zweiten Zug nach unten und von diesem durch den Luftvorwärmer. In diesem wird die Verbrennungsluft auf 340 °C vorgewärmt und dann durch den Kanal 9 der Brennkammer zugeführt. Die Verbrennungsgase beheizen die im oberen Teil der Brennkammer und im zweiten Zug untergebrachten Ueberhitzer- und Zwischenüberhitzer-Heizflächen.

Die Bilder 41 und 42 geben einen Eindruck von der Fabrikation des Röhrensystems für ähnliche Ausführungen in den Werkstätten; Bild 43 lässt den Aufbau des gesamten Kessels, die Anordnung der Kohlenmühlen und der verschiedenen Luft- und Kohlenstaubzuführungs-Elemente erkennen, ebenso die Tragkonstruktion.

In Anbetracht der hohen Temperaturen, die in der Brennkammer bis zu 1400 °C erreichen können, muss bei grossen Röhrensystemen den nicht unerheblichen Wärmedehnungen und anderen Einflüssen besonders Rechnung getragen werden. Durch die Anordnung von zwei Brennkammern, die im oberen Teile zusammengeführt sind, ergeben sich günstigere Verbrennungsverhältnisse und eine bessere Brennstoffzufuhr. Die beiden Zwischenüberhitzer müssen unabhängig voneinander geregelt werden; sie sind in verschiedenen Brennkammern untergebracht. Durch die automatische Verstellung der Brenner können die Verbrennungsverhältnisse in den beiden Hälften individuell beeinflusst werden. Diese Anordnung gestattet, auch die Regelung der Endtemperatur nach den Zwischenüberhitzern beträchtlich zu entlasten, so dass die zusätzliche Regelung durch Wassereinspritzung nur auf kleinere Korrekturen beschränkt bleibt.

In den Vereinigten Staaten, welche sowohl in bezug auf die Grösse der Einheiten als auch hinsichtlich der Verwendung höchster Drücke und Temperaturen für Kraftzentralen bahnbrechend vorangegangen sind, hat man sich in letzter Zeit auch in der Öffentlichkeit mit den Projekten von Atomkraftwerken intensiv abgegeben. Es ist interessant, festzustellen, dass diese Projekte der Entwicklung auf dem Gebiet der Dampfkraftanlagen und insbesondere der rationelleren Auswertung der vorhandenen fossilen Brennstoffe einen neuen Impuls gegeben haben. Da die Verwirklichung wirtschaftlicher Energieerzeugung durch Atomkernspaltung heute noch nicht übersehbar ist, wird vielfach die Ansicht vertreten, die bestehende Lücke sollte vor allem durch die Erstellung von grossen thermischen Einheiten höchster Wirtschaftlichkeit ausgefüllt werden. In den USA rechnet man, dass im Jahre 1965 mit fossilen Brennstoffen rund 1000 Mld kWh erzeugt werden müssten. Dazu wären pro Jahr rd. 1 Mld t Kohle erforderlich, wenn mit einem Wirkungsgrad gerechnet würde, wie er dem Stand 1925 entspricht. Bei Verwendung von Anlagen neuester Konzeption mit höchstem Wirkungsgrad würde der Brennstoffverbrauch nur etwa ein Drittel davon, also 330 Mio t betragen. Dieser Vergleich zeigt die grosse Bedeutung von Anlagen hoher Wirtschaftlichkeit und die Wünschbarkeit einer möglichst raschen Umstellung der Grossenergieerzeugung auf solche Anlagen. Dem stehen entgegen die begrenzten Finanzierungsmöglichkeiten, sowie die begrenzte Produktionskapazität der beteiligten Industrien. Diese haben bekanntlich heute grosse Mühe, die laufende Zunahme des Energiebedarfes zu decken und die besonders im

Krieg stark abgenutzten und kaum mehr betriebsfähigen Anlagen zu ersetzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der in den letzten Jahren im Bau von Dampfzentralen erzielte Fortschritt aussergewöhnlich gross ist. Eine solche Entwicklung erfordert eine intensive und verständnisvolle Zusammenarbeit, grosszügige Einstellung von Verbraucher, Behörden, Industrie und Wissenschaft. So wurde, nur um einige Beispiele zu nennen, die Entwicklung der Dampferzeuger-Anlagen in unserem Lande besonders dadurch gefördert, dass die Bedeutung der Schweisstechnik frühzeitig erkannt und ihre Anwendung auch von den zuständigen Stellen, dem Verein von Dampfkessel-Besitzern, zugelassen und gefördert wurde. Ich denke aber besonders auch an die Mitarbeit unserer Fachschulen und vor allem der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Sie hat unsere Ingenieure für ihre vielseitige Arbeit ausgebildet und ihnen durch mannigfaltige Anregungen das Rüstzeug für die sinnvolle Ausübung ihres schönen Berufes vermittelt.

75 Jahre Robert Aebi & Cie., Zürich

DK 061.5

Zwei frohe Tage vereinigten am 22./23. Juni die 320 Angestellten und Arbeiter dieser Firma mit einer kleinen Anzahl von Gästen, denen es vergönnt war, am Hausfest teilzunehmen, das die Direktion für alle Betriebsangehörigen veranstaltete. Am Freitag wurde den Baustellen der Grande Dixence ein Besuch abgestattet, wo zur Zeit bis 7500 m³ Beton im Tag hergestellt werden, und der Samstag brachte anlässlich eines Banketts im Kongresshaus zwei grosse Reden, die fesselnde Einblicke in das Wirken und die heutige Tätigkeit der Firma boten.

*

Direktor Ing. **H. Hess** schilderte die Geschichte des Unternehmens, das der Kaufmann *Rudolf Röttschi*, heimatberechtigt in Oensingen, jedoch geboren und aufgewachsen in Salerno bei Neapel, im Jahre 1881 in Zürich zusammen mit seinem Bruder Johann gegründet hatte, und das sich erfolgreich im Verkauf von Werkzeugen, Geräten und Materialien für Hoch- und Tiefbau spezialisierte. Im Jahre 1904 starb Rud. Röttschi im Alter von 52 Jahren. Da er ohne Nachkommen war, hatte er seinen Neffen, *Robert Aebi*, welcher im Jahre 1897 im Alter von 21 Jahren in seine Firma eingetreten war, zum Nachfolger bestimmt, der seine Firma Robert Aebi & Cie., Spezialgeschäft in Maschinen und Werkzeugen für Eisenbahn- und Hochbau, nannte.

Bereits im Jahre 1902 hatte die Firma Röttschi den Alleinverkauf für die Schweiz des damals in Jussy bei Genf fabrizierten Sicherheits-Sprengstoffes «Cheddite» übernommen, und der Beginn der Zusammenarbeit mit den von Roll'schen Eisenwerken geht auf das Jahr 1903 zurück. Die Werke Klus und Rondez lieferten damals die ersten Beton-Mischmaschinen, ferner Bauwinden, Kipprollwagen, Drehscheiben usw.

1904 errichtete Aebi die erste Vertretung in Mailand, aus der später die Maschinenfabrik «Società Generale Macchine Edili» entstand. In den Jahren 1905 bis 1913 wurden Verkaufsorganisationen in Brüssel, Antwerpen, Leipzig, Wien, Barcelona, Madrid, Paris, Düsseldorf, Petersburg und Moskau gegründet. In diesen Jahren gewann die Firma unter der initiativen Leitung von Robert Aebi auch in der Schweiz immer mehr Ansehen und wurde führend in ihrer Branche.

1912 ging R. Aebi der Verkauf des Sprengstoffes «Cheddite» verloren. Da der jährliche Umsatz an Sprengstoffen von 1902 bis 1912 von 3000 kg auf 300 000 kg angestiegen war, wurde im Jahre 1913 unter Führung der Firma Robert Aebi & Cie. die Schweizerische Sprengstoffabrik AG., Dottikon, gegründet. Die inländischen Bezugsquellen für Baumaschinen und Geräte wurden durch Uebernahme der Vertretungen verschiedener ausländischer Werke ergänzt; 1917 folgte zur Ergänzung der inländischen Fabrikationsbasis die Uebernahme der Maschinenfabrik Regensdorf. Wegen nationalistischer Einstellung vieler Länder sowie prohibitiver Zollpolitik mussten in der Nachkriegszeit verschiedene ausländische Verkaufsorganisationen aufgegeben, andere vom Mutterhause unter Angliederung eigener Fabrikationsstätten abgetrennt werden. Dies war der Fall in Spanien, Frankreich, und — bereits vor dem Krieg — in Italien. Im Jahre 1921 wurde die