

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105/106 (1935)
Heft: 13: Generalversammlung der G.e.P. zur Vollendung des E.T.H. - Maschinen-Laboratoriums

Artikel: Die maschinelle Ausrüstung des neuen Maschinenlaboratoriums der E.T.H.
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47493>

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: 14.01.2026

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

Vollendung des Maschinenlaboratoriums der E. T. H. Generalversammlung der G. E. P. in Zürich

Bd. 106

Nr. 13

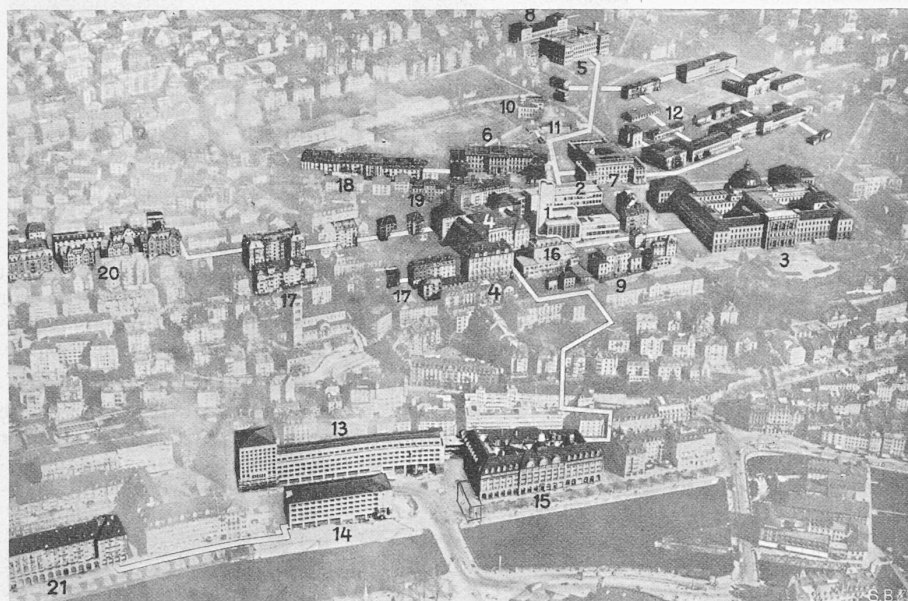


Abb. 1. Die vom Fernheizkraftwerk der E. T. H. mit Wärme versorgten Gebäude.

Legende: *Hochschulgebäude*: 1 Fernheizkraftwerk, 2 Masch.-Labor., 3 Hauptgebäude E. T. H., 4 Naturwissenschaftl. Institut, 5 Physikgeb., 6 Chemiegeb., 7 Land- u. Forstwirtschaftl. Institut, 8 Versuchsanstalt für Wasserbau, 9 EMPA, 10 Sternwarte, 11 Gewächshäuser. — *Kantonale Bauten*: 12 Kantonsspital, 13/14 Neue Verwaltungsgebäude Walche, 15 Kaspar Escherhaus. — *Private Bauten*: 16 Studentenheim, 17 Pauschal-Abnehmer, 18 Häusergruppe Universitätstrasse, 19 Universitätstr. und Sonneggstr., 20 Zürcher Bau- und Wohngenossenschaft, 21 Baublock Limmatblick.

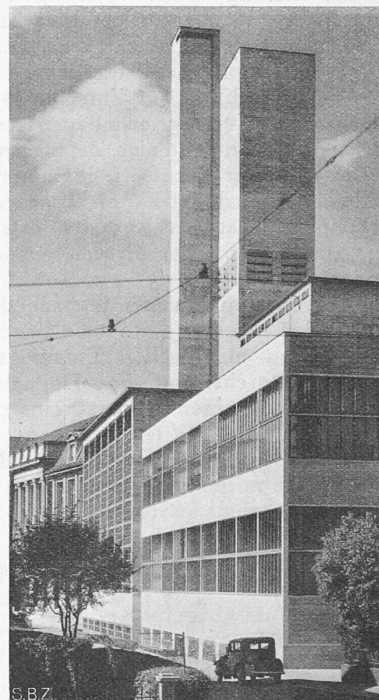


Abb. 2. Maschinenlaboratorium und Fernheizkraftwerk aus SW (Clausiusstrasse).

Die maschinelle Ausrüstung des neuen Maschinenlaboratoriums der E. T. H.

Im ersten Teil unserer Gesamtdarstellung des neuen Maschinenlaboratoriums der E. T. H. (in Band 104, Nr. 1 und 2) ist die bauliche Gestaltung geschildert worden. Im damaligen Vorwort hat Schulratspräsident Prof. Dr. A. Rohn den langjährigen Werdegang des Umbauprojektes geschildert; daraus geht hervor, wie die Aufgabe aus ursprünglich kleineren Absichten sich stufenweise zum heutigen grosszügigen Ausbau erweitert hat. Es ist dort schon dargelegt worden, wie aus dem in Verbindung mit dem Laboratorium zunächst geplanten Fernheizwerk ein Fernheizkraftwerk (FHK) geworden ist, das durch seine kommerzielle Betriebsführung (unter der Direktion von Prof. Dr. Bruno Bauer) nicht nur durch seine Wärmelieferung an Dritte, sondern auch im Austausch elektr. Energie mit dem städt. Elektrizitätswerk es wirtschaftlich ermöglicht, den Laboratoriumsbetrieb auf der wünschbaren Höhe zu erhalten. Dabei gestattet die Einordnung der neuen technischen Einrichtungen, die zum Teil Erstauführungen darstellen, in einen geordneten industriellen Betrieb der Werkleitung die Gewinnung von Erfahrungen, die auch der einschlägigen Schweizerindustrie zugute kommen. So bildet das FHK als Wärme- und Kraftherzeuger das Herz des ganzen Laboratoriums. Wir beginnen deshalb in der Beschreibung der maschinellen Ausrüstung mit den Dampfanlagen, denen die übrigen Wärmekraft- und Kälte-Maschinen, das hydraulische Laboratorium sowie die Institute für Aerodynamik, Elektro- und Textilmaschinenbau folgen werden. Unsere Darstellung hat einen Unterbruch erfahren, weil der Ausbau erst vor kurzem vollendet worden ist, und die für die Beschreibung zuständigen Herren Dozenten dadurch ausserordentlich in Anspruch genommen waren. Im beigefügten Grundriss und Schnitten (Abb. 8 bis 10, S. 144/145) von

Kesselhaus und Maschinenhalle sind nun sämtliche Maschinen und Apparate eingezeichnet; bezügl. der Gesamtübersicht sei auf die Pläne und Bilder in der Einleitung zur Laboratoriumsbeschreibung (in Band 104) verwiesen.

I. Die wärmetechnischen Einrichtungen des F. H. K.

Nach Mitteilungen der Herren Prof. Dr. B. BAUER und H. QUIBY.

Zum Verständnis der in verschiedener Hinsicht abnormalen Anordnung der Werkeinrichtungen wäre eine Vorgeschichte dieser Anlage zu schreiben. Wir beschränken uns lediglich auf den Hinweis, dass die zweifache Aufgabe: Lehr- und Forschungsinstitut einerseits und industrieller Betrieb andererseits, zur Wahl von Einrichtungen und Dispositionen geführt hat, die von jenen für rein industrielle Werke solcher Art abweichen. So sind z. B. statt eines einheitlichen üblichen Dampfkesseltyps mit wirtschaftlich geeignetstem Dampfdruck vier grundsätzlich verschiedene Dampferzeugersysteme zur Anwendung gelangt, um der Lehr- und Forschungstätigkeit des Instituts ein breiteres Feld zu schaffen; aus gleichen Ueberlegungen gelangten verschiedene Dampfturbinenausführungen zur Aufstellung. Eine weitere wertvolle Konzession an die besondere Aufgabe des Werks liegt in der Wahl von vier verschiedenen Dampfdrücken und in der Aufteilung der Wärmetransporteinrichtungen auf drei grundsätzlich verschiedene Systeme.

DAS WÄRMESCHEMA DES WERKES.

Das Wärmeschaltbild Abb. 3 gibt eine generelle Uebersicht der Werkeinrichtungen (die weiter unten einzeln beschrieben werden) und ihrer Betriebsfunktionen, Abb. 4 die Wärmebilanz für 1934 unterteilt nach den Verwendungsarten, und Abb. 5 eine Charakteristik der Wärmeproduk-

tion und des Energieaustausches mit dem städtischen Elektrizitätswerk, ebenfalls für das vergangene Betriebsjahr.

Die Erzeugung der Wärme im Winterheizbetrieb erfolgt in zwei Brennstoffkesseln von je 18 t/h Dampfleistung. Dabei übernimmt zu Zeiten grossen Wärmebedarfs der 100 ata Einrohrkessel eine vorgeschriebene Grundlast, während der 35 ata Zweitrommel-Steilrohrkessel die Spitzenleistungen deckt.¹⁾ Ein 35 ata-Veloxkessel von 18 t/h norm. Dampfleistung dient vorläufig als Momentanreserve. Im normalen Sommerbetrieb wird der wesentlich geringere Wärmebedarf in zwei 11 ata Elektrodenkesseln von je 2,5 t/h Dampfleistung erzeugt.

Im Hinblick auf Forschungs- und Studienzwecke im Gebiete der Höchstdruckanlagen ist eine Druckstufe 100/35 ata vorgesehen, in der sich die gesamte Dampfproduktion des 100 ata Einrohrkessels in einer Vorschaltturbine unter Abgabe von rd. 600 kW elektrischer Leistung bei maximalem Dampfdurchsatz auf 35 ata entspannt. Der Dampf des 35 ata Systems, der diesem teils vom 35 ata Kessel direkt oder über die 100/35 ata Vorschaltturbine zuströmt, entspannt sich nun weiter je nach der gewählten Betriebsart entweder in einer Entnahme-Gegendruckturbine mit einer maximalen elektrischen Leistungsabgabe von 1450 kW, oder er durchströmt eine Doppelentnahme-Kondensations-turbine mit einer maximal einstellbaren elektrischen Leistung bis 2500 kW (Abb. 3).

Die Speisung der 11 ata und 2 ata Heizdampfsysteme erfolgt im normalen Winterbetrieb über die entsprechenden Dampfenntnahme - Stellen der Turbogruppen. Bei Stillstand des Dampfturbinenbetriebes ist die Dampfzufuhr über eine Reduzierstation 100/35/11/2 ata sichergestellt. Die Elektrodendampferzeuger beliefern im normalen Sommerbetrieb das 11 ata Heizdampfnetz direkt und das 2 ata-System über obenerwähnte Reduzierstation (Abb. 16, S. 146).

Die Belieferung der Wärmeabnehmer (Abb. 3, rechts) geschieht je nach den besonderen Verhältnissen mit folgenden Transportarten: 1. Direkte Dampfübertragung aus dem 11 ata Heizsystem nach dem Kantonsspital und Chemiegebäude der E. T. H. für Raumheizung und technische Zwecke. 2. Hochdruck - Heisswasser - Uebertragung aus einem mit 11 ata Dampf beheizten Speicher nach vier Unterwerken zur Belieferung von drei kantonalen Verwaltungsgebäuden und einem privaten Häuserblock. 3. Mitteldruck-Warmwasser-Uebertragung zur direkten Lieferung des übrigen, in drei Gebäudegruppen unterteilten Versorgungsgebietes ausschliesslich für Raumheizung. Die Auf-

¹⁾ „ata“ = at absolut, zum Unterschied von der im Maschinenbau bisher üblichen Bezeichnung at für Ueberdruck.

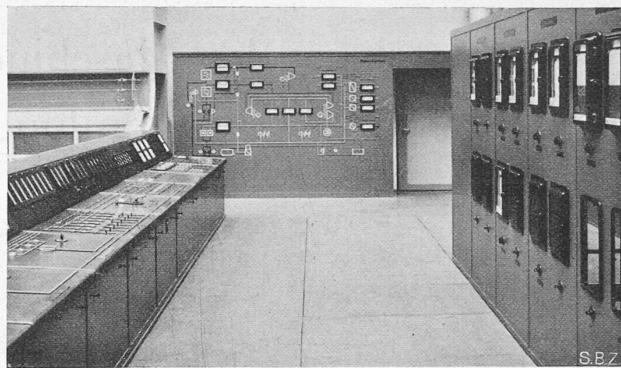


Abb. 7. Schaltwarte mit Leuchtschaltbildern, links Maschinenhalle.

bereitung des Mitteldruckwarmwassers erfolgt in Gegenstromapparaten, die mit 2 ata und 11 ata Dampf geheizt werden. 4. Ein Brauchwasser-Fernleitungsnetz dient zur Versorgung sämtlicher Gebäude mit 80grädigem Warmwasser aus der zentralen Brauchwasseranlage in der Zentrale.

Das aus der Dampflieferung und den Gegenstromapparaten anfallende Kondensat wird an zentraler Stelle im Werk mittels Kondensatbehälter gesammelt und über eine Entgasieranlage in das Speisewasserreservoir zurückgeführt. Ausserdem wird zur Deckung der Kondensat-

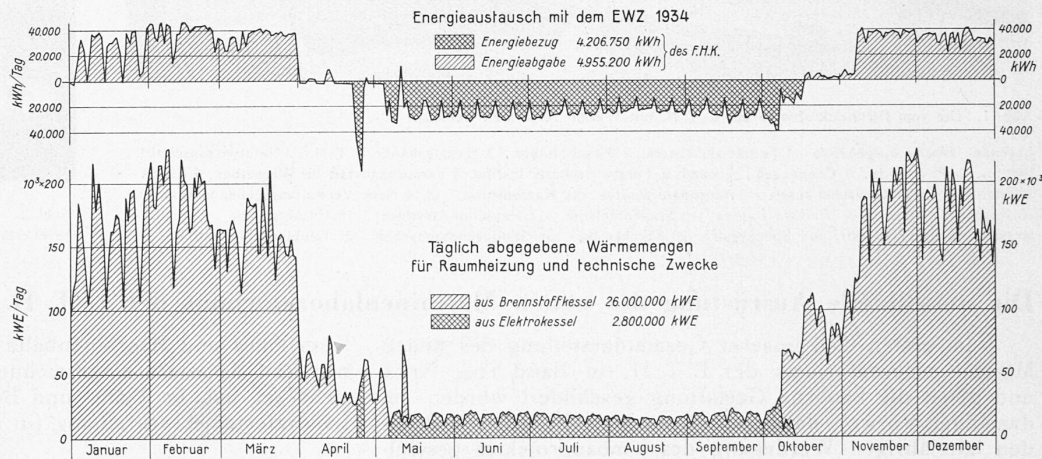


Abb. 5. Charakteristik der Wärmeproduktion und des Energieaustausches des FHK für 1934.

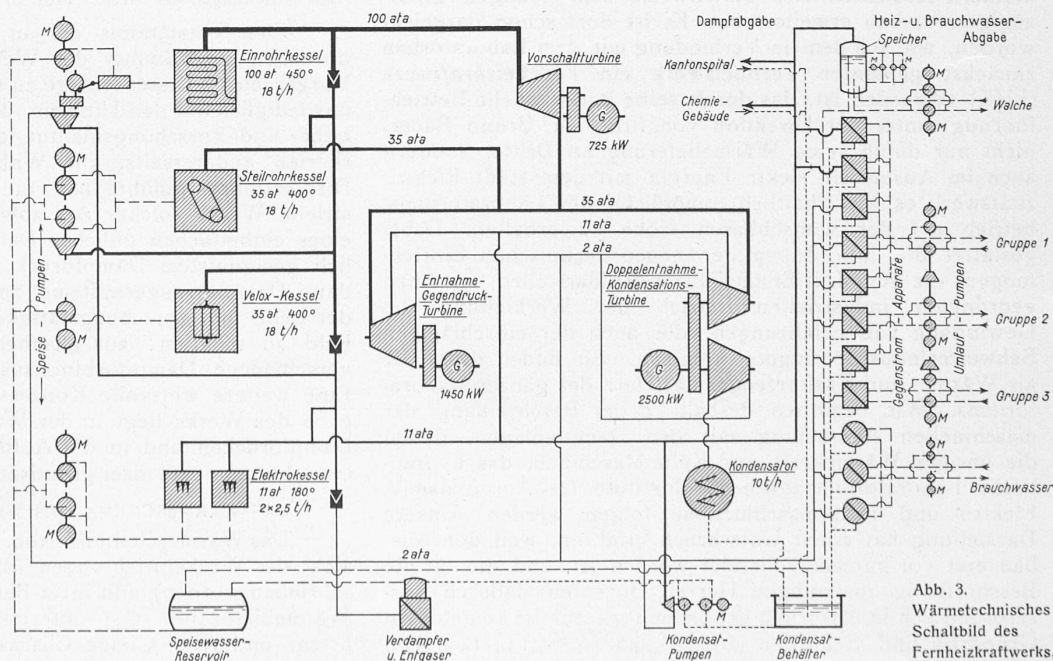


Abb. 3. Wärmetechnisches Schaltbild des Fernheizkraftwerks.

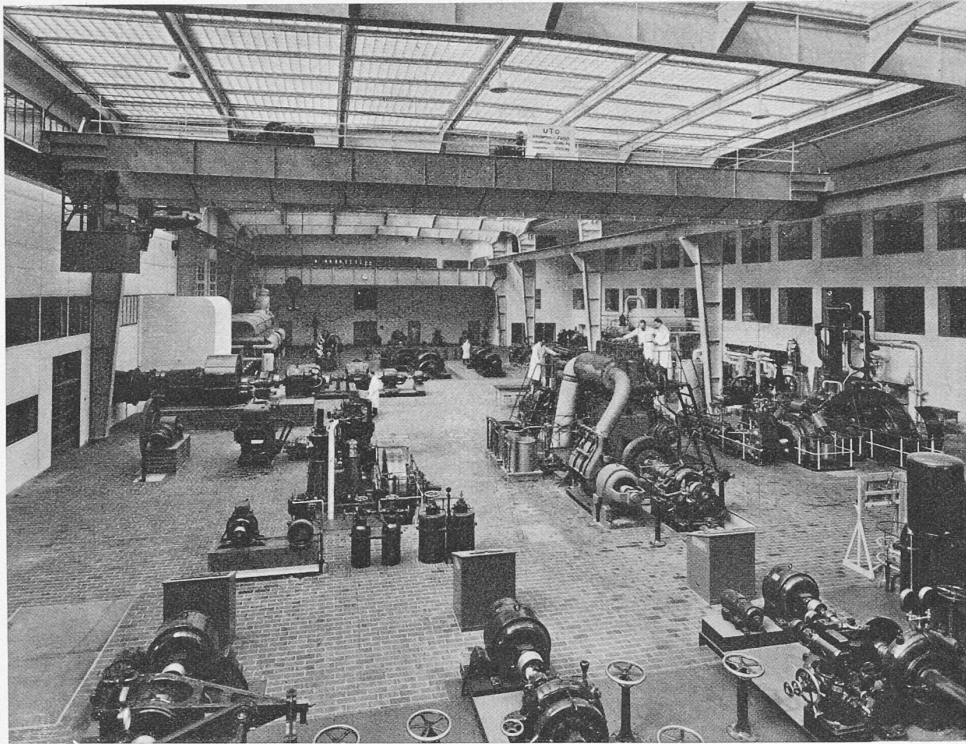


Abb. 6. Die Maschinenhalle, vorn die hydraulische Abteilung, ganz im Hintergrund die Schaltwarte-Galerie. — Cliché „Werk“.

verluste dem Speisewasserreservoir nach dem Permutitverfahren aufbereitetes und im Verdampfer gereinigtes Frischwasser zugeführt.

DAS WÄRMEVERSORGUNGSNETZ DES F. H. K.

Aus dem Flierbild (Abb. 1) ist zunächst die günstige Lage des Fernheizkraftwerkes bezüglich der Wärmeabnehmer zu entnehmen. Man erkennt die ziemlich zentrale

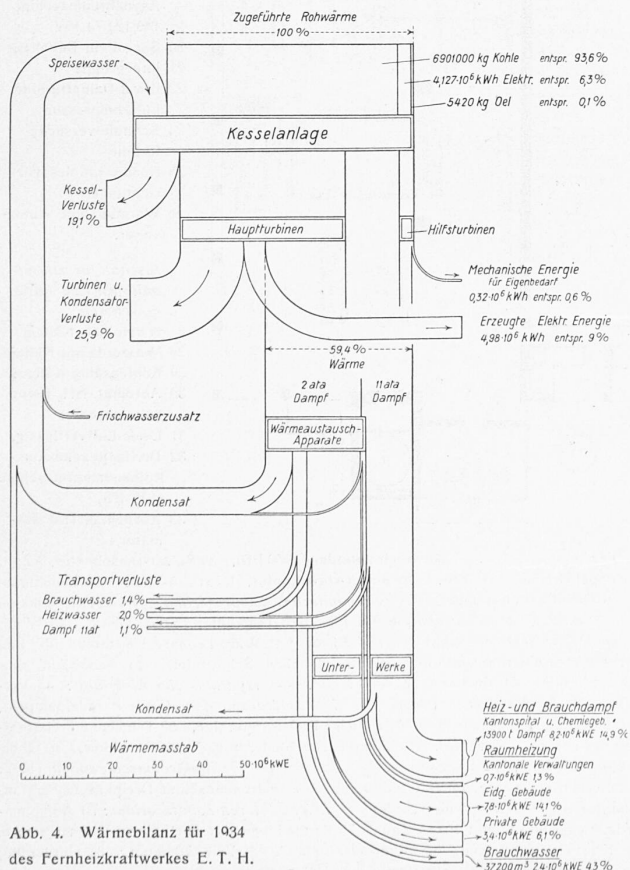


Abb. 4. Wärmebilanz für 1934 des Fernheizkraftwerkes E. T. H.

Lage der Wärmeerzeugung. In seinem heutigen Ausbau versorgt das Heizkraftwerk folgende Verteilungsnetze:

a) mit Mitteldruckwarmwasser für die Raumheizung in direkter Belieferung der Heizkörper 16 eidgenössische Grossgebäude und 51 private Liegenschaften mit einer totalen Anschlussleistung von rd. 15200 kWE/h¹⁾.

b) mit Dampf von 11 ata als Wärmeträger für Raumheizung und technische Zwecke 15 Staatsgebäude auf dem Kantonsspitalareal, sowie das Chemiegebäude der E. T. H. mit einer totalen Anschlussleistung von rd. 4200 kWE/h.

c) mit Hochdruck-Heisswasser von rd. 170 °C vier Unterstationen zur Wärmeversorgung von drei kantonalen Verwaltungsgebäuden und einer privaten Liegenschaft für eine gesamte installierte Anschlussleistung von rd. 4700 kWE/h.

d) eine Reihe von eidgenössischen, kantonalen und privaten Liegenschaften mit warmem Brauchwasser. Der

Tageskonsum bewegt sich zwischen 100 und 140 m³, die Spitzenleistungen erreichen 15 m³/h.

Die dem Abnehmer ins Haus gelieferte und verrechnete Wärmemenge wird durch die Transportspesen wesentlich verteuert. Es ist deshalb bei der Projektierung der Fernleitungen danach getrachtet worden, die Wärmeverluste durch sorgfältiges Isolieren der Rohrleitungen einerseits auf ein wirtschaftliches Minimum zu beschränken und andererseits die Kapitalkosten der Tiefbauarbeiten durch geschickte Wahl des Tracé und minimale Kanalquerschnitte weitgehend einzuschränken. Ein begehbare Heizkanal bedient das östlich der Zentrale gelegene Gebiet und führt die Wärmetransportleitungen nach den Abzweigstellen in kleineren, aber immerhin noch begehbaren Kanälen zu den jeweiligen Unterstationen in den Gebäuden. Der südlich gelegene Netzteil mit vorwiegend zweisträngigen Leitungen wird, abgesehen von einem begehbaren Eiprofil-Kanal nach dem Hauptgebäude, durch geschlossene, nicht begehbare und nur teilweise bekriechbare Kanäle bedient. Um die Erstellungskosten der Heizkanäle wenn immer möglich einzusparen, ist ein Grossteil des Leitungsnetzes in sorgfältiger Anpassung an die bestehenden Verhältnisse in die Kellerräume der Bezüger verlegt worden. Die nur auf kurze Strecken geradlinige und horizontale Leitungsführung ergibt in den Winkelstücken und Schächten eine natürliche Kompensationsmöglichkeit der Rohrleitungen, sodass nur in wenigen aussergewöhnlichen Fällen Wellenkompensatoren Verwendung finden mussten. Ueber die konstruktive Durchbildung der Fernheizleitungen im Einzelnen folgt eine besondere Beschreibung. — Als bezeichnend für die wirtschaftliche Bedeutung des FHK sei noch erwähnt, dass es etwa 4 % des Wärmebedarfs der Stadt Zürich deckt.

Das Heizkraftwerk befindet sich in der Nordwestecke des Gebäudekomplexes (Abb. 8 bis 10). Bestimmend für diese Lage des Kesselhauses war die allgemeine Disposition des Maschinenlaboratoriums, der Uebergangsbetrieb zwischen alter und neuer Anlage mit Hilfe der alten Kesselanlage, ferner die Lage der Fernheizkanäle und schliesslich die ungewöhnlichen Bedingungen für die Kohleanfuhr und für Rauchentfernung.

¹⁾ 1 kWE/h = 1000 grosse Kalorien pro Stunde.

KOHLEFÖRDERUNG.

Die besonders schwierige Frage der Kohleförderung von bis etwa 100 t/Tag wurde dadurch gelöst, dass eine direkte Schachtverbindung zwischen dem Kesselhaus und dem Lettentunnel der SBB erstellt wurde (vergl. Abb. 10, ferner S. 237 in Bd. 96).

Dieser Tunnel liegt fast genau unter dem Kesselhaus in rd. 40 m Tiefe. Man hat sich für eine zweistufige Kohleförderung zwischen Wagen und Bunker entschlossen. Die erste Stufe erfolgt pneumatisch durch eine Sauganlage. Ein fünfstufiger Turboverdichter von BBC

(Abb. 12) erzeugt am Saugstutzen ein Vakuum von rd. 0,5 ata. Dadurch wird in einer durch den Aufzugschacht steigenden Kohleförderleitung (ein Rohr von 150 mm Durchmesser) ein Luftstrom erzeugt, der die Kohlestücke mitreisst. Das Luft-Kohle-Gemisch gelangt im Keller des Kesselhauses in einen Rezipienten, in dem die Kohle ausgeschieden wird. Die Luft passiert dann zwei Filter mit automatischer Rüttelvorrichtung und gelangt gereinigt in den Saugstutzen des Turboaugers, der sie unter den Rost des 35 ata-Kessels befördert, sodass ein Abblasen von Kohlenstaub ins Freie vermieden wird.

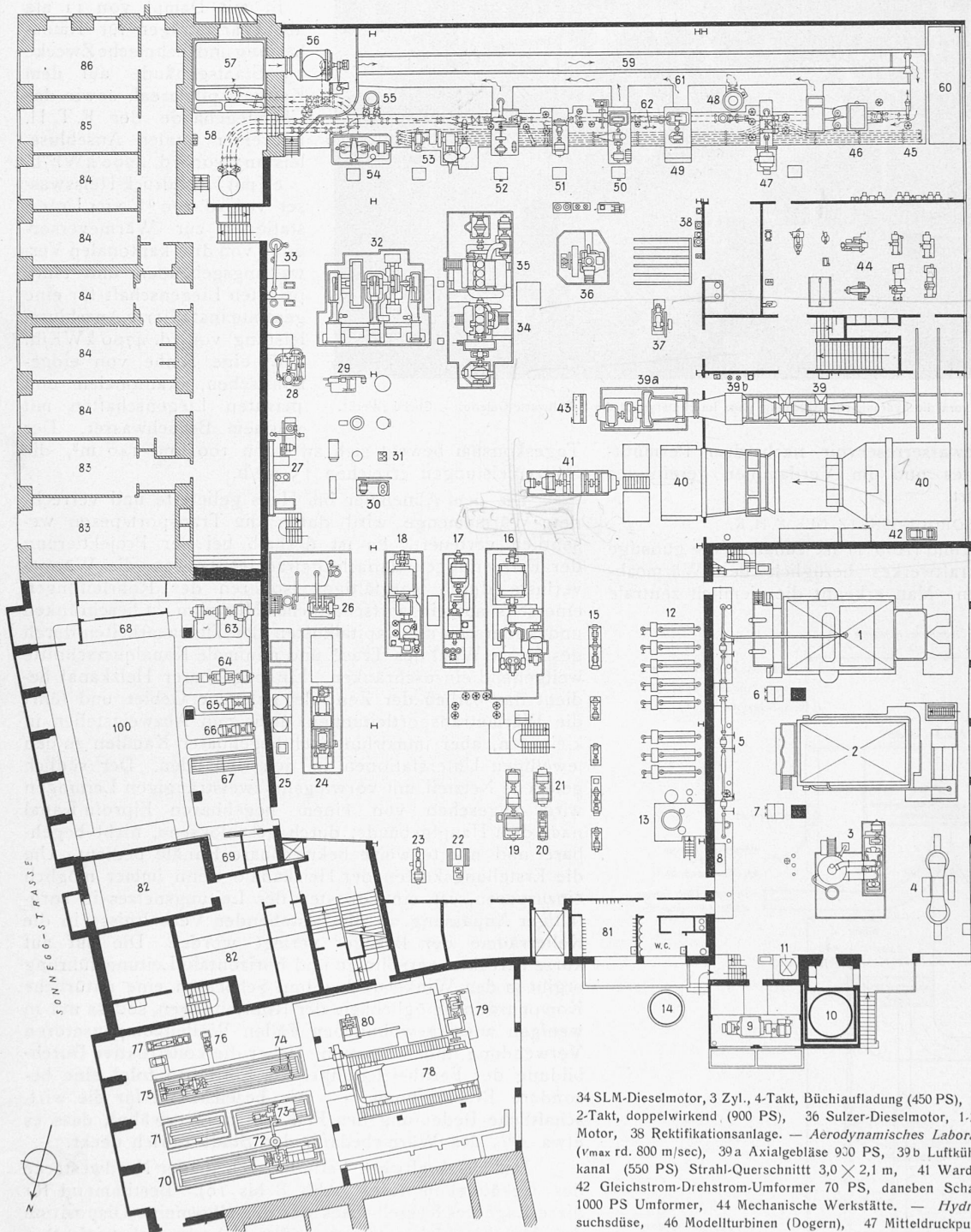


Abb. 8. Maschinenhalle. Grundriss 1 : 400.

Legende : Kesselhaus :

- 1 35 ata Steilrohrkessel
- 2 100 ata Einrohrkessel
- 3 35 ata Velox-Kessel
- 4 11 ata Elektro-Kessel
- 5 Dampfdruck-Reduzierstation 100/35/11/2 ata
- 6 35 ata Kesselschild
- 7 100 ata Kesselschild
- 8 Registriertableau
- 9 Sauggebläse
- 10 Hochkamin
- 11 Lift zum Lettentunnel
- 12 Gegenstromapparate
- 13 Entgaseranlage
- 14 Dampf-Heisswasser-Umformer u. Speicher
- 15 Umwälzpumpen.

Institut für Dampf-turbinen :

- 16 Doppelentnahme-Kondensations-Turbogruppe BBC (2500 kW)
- 17 Vorschaltgruppe MFO (725 kW)
- 18 Gegendruckentnahme-Turbogruppe EWAG (1450 kW)
- 19 Umformerguppe Synchron-Gleichstrom-Asynchronmaschine 140/120/74 kW
- 20 Survolteur-Devolteur
- 21 Ladegruppe
- 22 Laval-Dampfturbine
- 23 Luftkompressor
- 24 Schaufelversuchsturbine
- 25 Kondensat-Messvorrichtungen
- 26 Wärmepumpe Auto-vapor.

Institut für Diesel-motoren und Kälte-maschinen :

- 27 Ammoniak-Kältem.
- 28 Wasserdampf-Kältem.
- 29 Kohlensäure-Kältem.
- 30 Automat. NH₃-Klein-kältemaschine
- 31 Linde-Luftverflüssig.
- 32 Dreifachexpansions-Kolbendampfmaschine (135 PS)
- 33 Koenenman-Transformator

34 SLM-Dieselmotor, 3 Zyl., 4-Takt, Büchiaufladung (450 PS), 35 Sulzer-Dieselmotor, 3-Zyl., 2-Takt, doppelwirkend (900 PS), 36 Sulzer-Dieselmotor, 1-Zyl., 4-Takt, 37 Leuchtgas-Motor, 38 Rektifikationsanlage. — Aerodynamisches Laboratorium: 39 Ueberschallkanal (v_{max} rd. 800 m/sec), 39a Axialgebläse 920 PS, 39b Luftkühler 750 000 kcal/h, 40 Windkanal (550 PS) Strahl-Querschnitt $3,0 \times 2,1$ m, 41 Ward-Leonard Umformer 100 PS, 42 Gleichstrom-Drehstrom-Umformer 70 PS, daneben Schalttafel, 43 Schalttafel zum 1000 PS Umformer, 44 Mechanische Werkstätte. — Hydraulische Abteilung: 45 Versuchsdüse, 46 Modellturbinen (Dogern), 47 Mitteldruckpumpen (Serie-Parallelpumpen), 48 Kavitationsstand (Saugrohr), 49 Zweidüsige Freistrahlturbine, 50 Eindüsige Freistrahlturbine, 51 Hochdruckturbine, 52 Francisturbine, 53 Oszillierende Kolbenpumpe, 54 Niederdruckpumpe, 55 Kleiner Windkessel, 56 Niederdruck-Versuchsturbine, 57 Oberwasserbehälter der N.-D.-T., 58 Grosser Windkessel, 59 Messkanal, 60 Messbehälter, 61 Rücklaufkanal, 62 Rohrgraben. — Im Institut für Elektromaschinenbau (100): 63 1 Synchrongenerator-Asynchronmotor-Gleichstrommaschine, 64 Asynchronmotor-Einankerumformer-Dreiphasenkollektormotor, 65 Gleichstrommaschine-Dreiphasensynchron-generator, 66 Dreiphasenasynchronmotor-2 Gleichstrommasch., 67 Prüfstand, 68 Versuchsschalttafel, 69 Wasserwiderstände. — Leichtmotoren-Laboratorium: 70 Aufspannrost, 71 Kipprost, 72 Einzylinderprüfstand der D. V. L., 73 Luftmengenmessuhr, 74 Saurer-Lastwagenmotor mit Prony-Zaun, 75 Argus-Flugmotor mit Junkers-Wasserbremse, 76 Pleuelwaage, 77 Auswuchtmaschine, 78 Kraftwagenprüfstand, 79 Bremsvorrichtung zum Kraftwagenprüfstand, 80 Motorradprüfstand, 81 Garderobe, 82 Magazin, 83 Telefonzentrale sämtlicher E. T. H.-Gebäude, 84 Laboratorien, 85 Akademischer Maschineningenieur-Verein, 86 Doktoranden.

Mitbestimmend für die Wahl einer pneumatischen Förderung war schliesslich auch das allgemeine technische Interesse und der Vorteil eines Turbo-Gebläses für den Unter-richt.

Das Sauggebläse wird entweder von einem Drehstrom-Motor oder von einer einstufigen Dampfturbine angetrieben; die Dampfturbine dient als

Reserve. Diese pneumatische Förderanlage wurde von Davorio & Cie. vorgeschlagen, projektiert und ausgeführt. Sie arbeitet im grossen und ganzen zufriedenstellend. Es war übrigens von Anfang an klar, dass ihren grossen Vorteilen: leichte Handhabung, einfache Konstruktion der Wagenentleervorrichtung, vollständige Staubbefreiheit — gewisse Nachteile gegenüber stehen würden, nämlich der naturgemäss niedrige Wirkungsgrad des Antriebs und die Gefahr, dass gewisse Kohle-sorten sehr stark zerstäubt in die Silos gelangen würden. Tatsächlich erschwert letztgenannter Umstand die Verfeuerung des Brenngutes. Die Förderung erfolgt bei Nacht in der Betriebspause der Eisenbahn. Es werden in vier Stunden bis zu 100 t Kohle ge-fördert. Die untere waag-rechte Strecke des Saug-rohres ist in einem Stollen verschiebbar (Abb. 11). Ausser Betriebszeit ist dieser Stollen gegen den Bahntunnel durch einen elektrisch angetriebenen Rolladen abgesperrt.

Vom Saugrezipienten fällt die Kohle durch Schleusen in einen Ausgleichbunker. Von hier gelangt sie über einen Füllapparat zur Transport-kette, die in einer verti-kalen Ebene eine Schleife um das ganze Kesselhaus macht. Die Becher werden oben in die Bunker entleert, kommen in einem Schacht am Südende des Kesselhauses herunter und werden im zweiten Kellerstockwerk waagrecht zum Füllungsart geführt. Auf diesem unteren Wegstück fahren

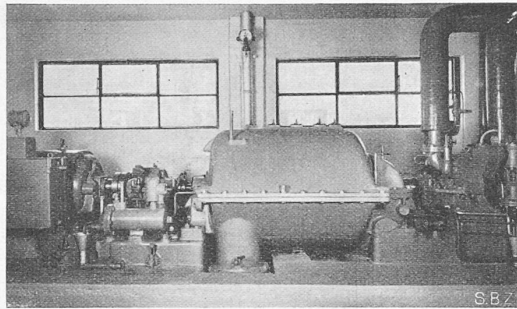


Abb. 12. Kohleförder-Sauggebläse von BBC für 83 m³/min, 0,47 ata.

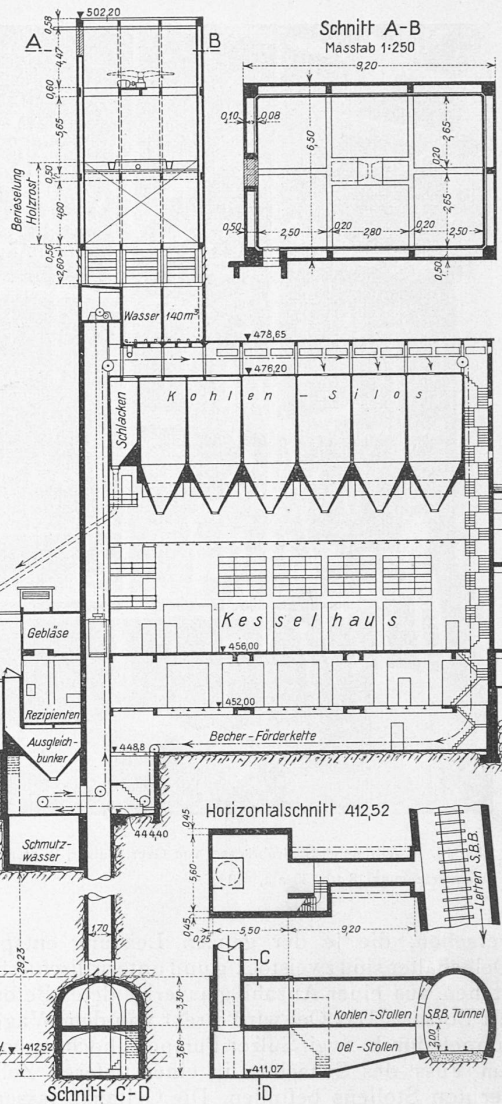
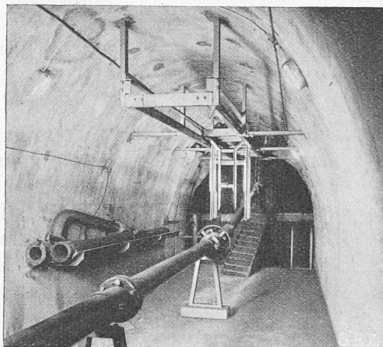


Abb. 10. Längsschnitt durch das Kesselhaus. — Masstab 1 : 500.

Abb. 11 (links). Kohlenstollen gegen den Eisenbahn-Tunnel.

sie unter den Ausmündungen der von den Silos kommenden Umbunkerrohre und unter einen Schlackenbrecher. Die Schlacke wird in einen besonderen Bunker befördert, aus dem sie durch ein Fallrohr auf Lastwagen abgelassen werden kann (Abb. 9 und 10). Neben der Kohlenanlage ist auch eine Brennöl-Förder- und Speicheranlage vorhanden. Die Kessel sind ausser mit Kohle-leferungen, mit Oelbrennern

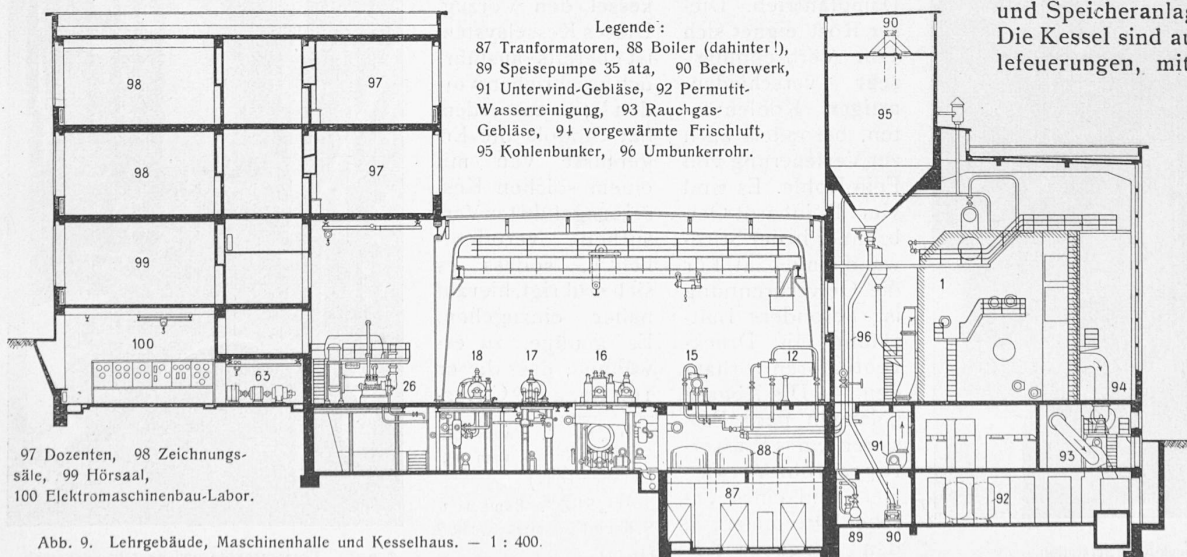


Abb. 9. Lehrgebäude, Maschinenhalle und Kesselhaus. — 1 : 400.

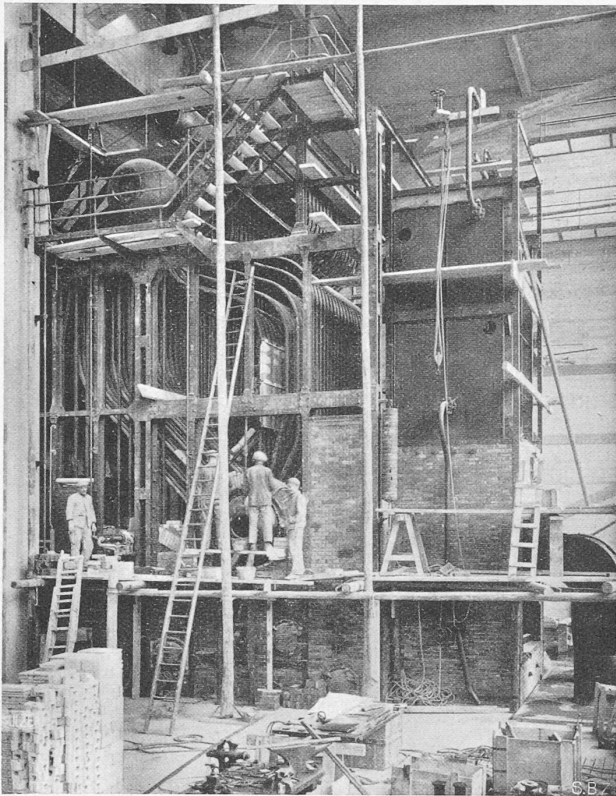


Abb. 13. Zweitrommel-Steilrohrkessel von Gebr. Sulzer, Winterthur.
Dampferzeugung 18 t/h, 35 ata, 400° C.

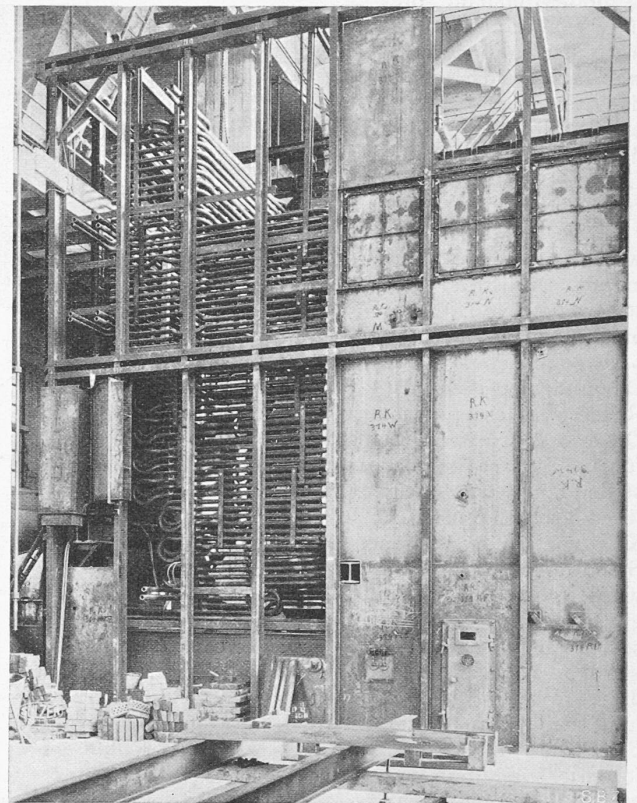


Abb. 14. Einrohr-Dampferzeuger von Gebr. Sulzer, Winterthur.
Dampferzeugung 18 t/h, 100 ata, 450° C.

versehen, die je der ganzen Leistung entsprechen. Die Oelbehälter sind zweistöckig und unterirdisch (Abb. 10). Sie bestehen aus einer Anzahl glasverkleideter Betonzellen, Bauart Borsari. Das Oel wird direkt von dem Wagen im Lettentunnel durch zwei Sulzer-Pumpen hochgepumpt, die sich am Fuss des Schachtes in einer tieferen Zelle des waagrecht Stollens befinden. Die Oeltanks fassen 1000 l Oel, die Silos 750 t Kohle.

DIE KESSELANLAGE.

Die Kesselanlage besteht heute erstens aus einem Sulzer *Steilrohrkessel* mit zwei Trommeln und seitlichen Kühlwänden von 300 m² Heizfläche (Abb. 13). Er liefert normal 18 t/h Dampf von 35 ata, 400° C. Die Feuerung besteht

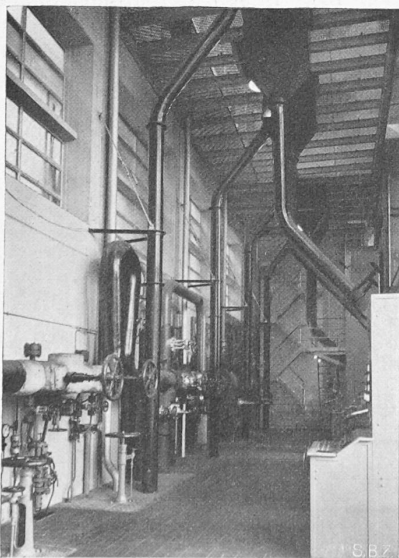


Abb. 16. Dampfdruck-Reduzierstation.

aus einem Kabltz-Ueberschubrost mit Dampfantrieb. Dieser Rost eignet sich zur Verbrennung sehr verschiedenartiger Kohlsorten, besonders auch zur Verfeuerung von Fein-Kohle. Es sind vier Reinhardt-Oelbrenner in der Stirnwand eingebaut. Für die Oelverbrennung ist besondere Luftzufuhr mit Druckventilatoren vorhanden. — Die Abgase gelangen nach Passieren eines Wasser-Rippenrohr-Vorwärmers und eines Taschenluftheritzers in den Flugkoks-Ab-

scheider System van Tongern und von hier in den für sämtliche Kessel vorgesehenen Rauchkanal (Abb. 9 rechts unten) und von da ins Hochkamin.

Als zweiter Kessel kam wie gesagt ein 100 bis 120 ata-Dampferzeuger in Frage. Verschiedene unter den heute gewissermassen erprobten Konstruktionen wurden untersucht. Jede der drei schweizerischen Kesselfirmen unterbreitete mehrere ganz verschiedene Projekte: Löffler, Schmidt, Hartmann, BBC-Einspritzkessel, Haarnadelrohrkessel und schliesslich der Sulzer-Einrohr-Dampferzeuger.

Inzwischen wurden die von Gebrüder Sulzer A.-G. ausgeführten Versuche mit diesem *Einrohrdampferzeuger* bekannt. Sehr interessant war dabei besonders die Regulierung der Anlage und da die Firma sehr scharfe Garantien einging, gab man dem Einrohrkessel den Vorzug. Dieses Kesselsystem ist bereits ausführlich beschrieben worden²⁾; ausserdem hat Stodola die Ergebnisse von mit einem solchen Kessel ausgeführten Versuchen veröffentlicht³⁾, sodass es sich erübrigt, hierauf näher einzugehen. Es genüge, zu erwähnen, dass dieser 100 ata, 450° C.-Kes-

²⁾ „SBZ“, Band 100, S. 203 (Nr. 16 vom 15. Oktober 1932).

³⁾ „SBZ“, Band 103, S. 6 und Bd. 104, S. 180* (1934)

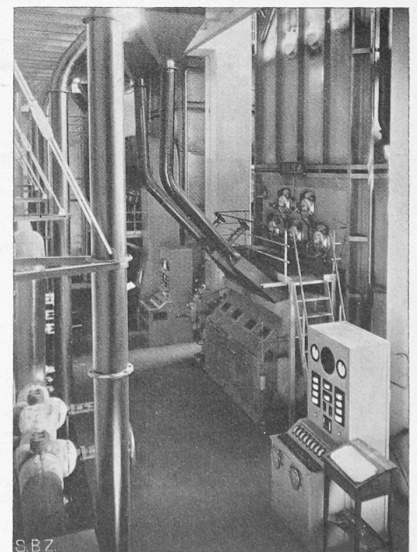


Abb. 15. Feuerungsseite und Kesselregulierstand.

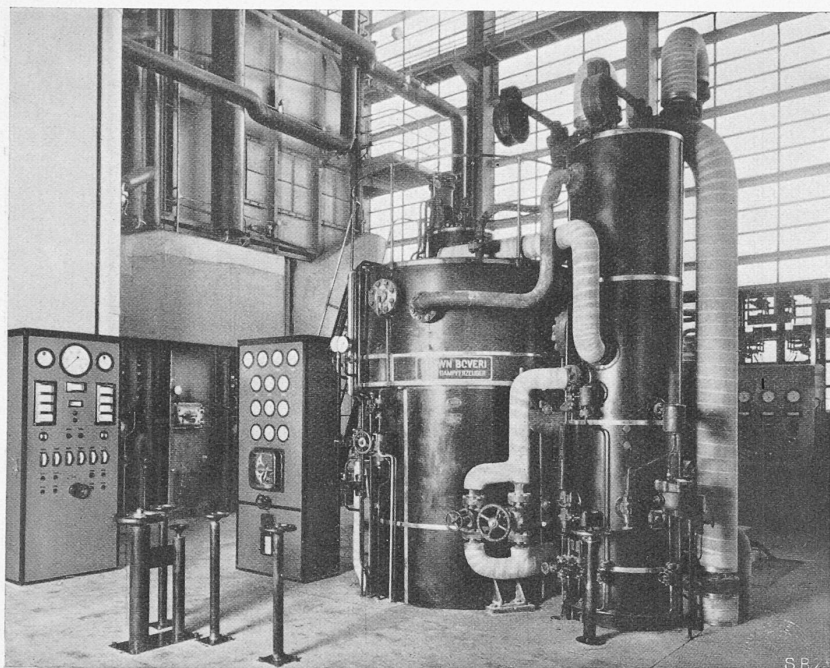


Abb. 17. Velox-Kessel von Brown, Boveri & Cie., Baden. 18 t/h, 35 ata, 400 °C.

Wichtigste Daten der vier Dampferzeuger des Fernheizkraftwerkes.

Daten	Sulzer Steilrohr	Sulzer Einrohr	BBC Velox	EWAG Elektroessel
Norm. Dampfdruck	35 ata	100 ata	35 ata	11 ata
Dampf Temperatur	400 °C	450 °C	400 °C	Sattdampf 180 °C
Max. Belastung	18 t/h	18 t/h	18 t/h	je 2,5 t/h
Verdampferheizfl.	300 m ²	158 m ²	41,1 m ²	System Revel mit festen Elektroden und veränderlichem Wasserstand.
Ueberhitzerheizfl.	190 m ²	46 m ²	27,3 m ²	
Economiserheizfl.	552 m ²	305 m ²	96,5 m ²	
Lufterhitzerfl.	300 m ²	387 m ²	—	
Totale Rostfläche	11 m ²	10,7 m ²	—	
Wasserinhalt	14,5 m ³	1 m ³	2 m ³	System Revel mit festen Elektroden und veränderlichem Wasserstand.
Feuer Raum	43 m ³	50 m ³	2,6 m ³	
Kohlenfeuerung System	2 Kablitz Vorschubroste	Steinmüller Zonen-Wanderrost	—	System Revel mit festen Elektroden und veränderlichem Wasserstand.
Oelfeuerung System	4 Reinhardt Oelbrenner	5 Haag Oelbrenner	BBC Velox	

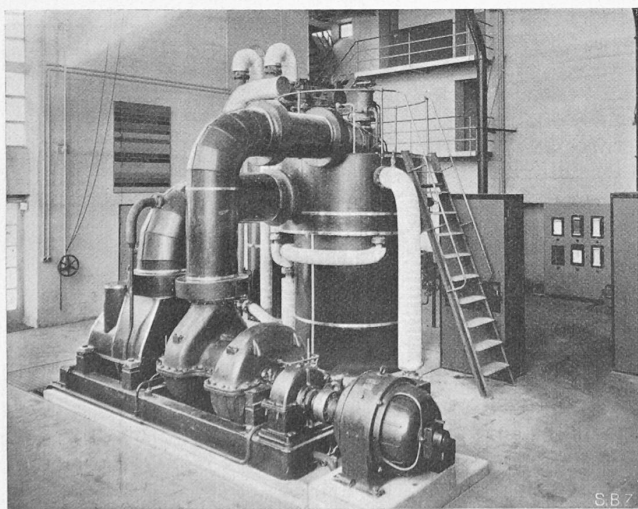


Abb. 18. Velox-Kessel Brown Boveri & Cie., von der Gebläseseite. Dampferzeugung 18 t/h, 35 ata, 400 °C; betriebsbereit in 5 bis 8 min.

sel mit einem Steinmüller-Zonenwanderrost und auch mit Oelbrenner ausgerüstet ist. Die Verbrennungsluft wird in einem Ljungströmvorwärmer erhitzt. Die Regulierung ist zu Versuchszwecken speziell disponiert und weist verschiedene Einzelheiten und Vorrichtungen auf, die für einen Kessel mit normalen Betriebs-Bedingungen überflüssig wären. Diese Anlage kann für sich als ein wertvolles Regulierungslaboratorium betrachtet werden. Dieser Kessel (Abb. 14 und 15) arbeitet heute einwandfrei.

Als dritter Dampferzeuger wurde ein *Veloxkessel*⁴⁾ von BBC (Baden) für 35 ata Betriebsdruck bei ebenfalls 18 t/h Dampfleistung und 400 °C Ueberhitzung aufgestellt (Abb. 17 u. 18). Das für Oelfeuerung eingerichtete Aggregat dient dem Betrieb als Momentan-Reserve. Nach Angabe von BBC (gestützt auf Versuche an Velox-Kesseln, da jener des FHK noch nicht im Betrieb ist) kann das Aggregat vom kalten Zustand in 5 bis 8 min auf vollen Betriebsdruck und volle Leistungs-Abgabe gebracht werden.

Die zur Verwertung überschüssiger Hydroelektrizität des stadtzürcherischen Elektrizitätswerks aufgestellten zwei *EWAG-Elektrokessel*, System Revel (Escher Wyss mit Masch.-Fabrik Oerlikon) arbeiten nur im Sommer und in der Uebergangszeit (Abb. 19). Sie haben eine Höchstleistung von je 2000 kW bei 6000 V Drehstrom, entsprechend einer stündl. Dampfleistung von zusammen 5 t, und sind mit automatischer Wasserstandsregulierung versehen (vergl. EWAG-Mitteilungen 1933, Heft 6).

Die Speisepumpen des 35 ata- und der Elektroden-Kessel befinden sich im Keller des Kesselhauses in einer Gallerie zwischen dem Kessel- und dem Maschinensaal, während die Kolbenspeisepumpe des 100 ata-Kessels unmittelbar im Keller unterhalb der Regulierungsanlage, d. h. hinter dem Kessel untergebracht ist. Die verschiedenen Dampfleitungen gehen von einer Verteilerbatterie im Kesselhaus ab. Die Verteiler verschiedener Drücke sind miteinander durch gesteuerte Druckreduzierventile verbunden (Abb. 16). Von da ab gehen die Dampfleitungen mit allen notwendigen Kombinationsmöglichkeiten und den entsprechenden Sicherheitsvorrichtungen zu den Wärmeaustausch-Apparaten der Warmwasserheizung und zu den Turbinen.

Besondere Schwierigkeiten bereitete die Auslegung und Anordnung der Rohrleitungen. Es handelte sich darum, die vier Dampfdrucknetze, sowie die Warm- und Kaltwasserleitungen in möglichst übersichtlicher Weise in einem relativ kleinen Kellerraum anzuordnen. Diese Aufgabe ist in Mitarbeit mit den Firmen BBC, Sulzer und EWAG in befriedigender Weise gelöst worden (Abb. 22).

⁴⁾ Vergl. „SBZ“ Bd. 101, S. 151* und Bd. 102, S. 61* (1933).

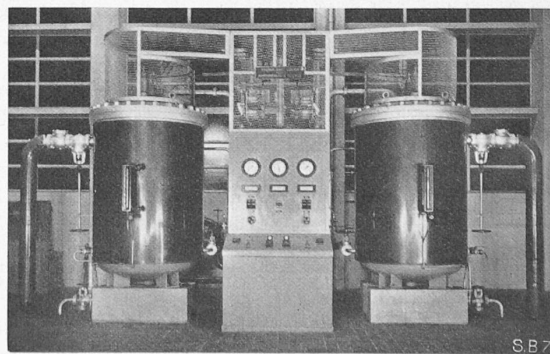


Abb. 19. Elektrodenkessel von Escher Wyss A.-G. mit der MFO. Dampferzeugung 2 x 2,5 t/h, 11 ata, 180 °C Sattdampf.

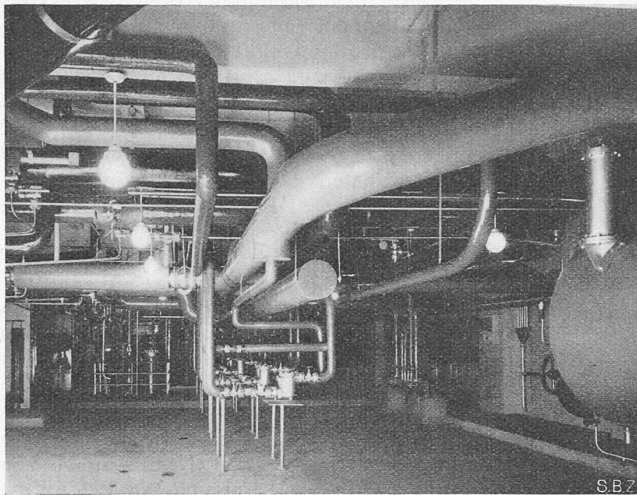


Abb. 22. Blick in den Rohrkeller unter dem Maschinenhausboden.

Sämtliche Kondensate sammeln sich in einem Behälter, aus dem das Kondensat durch zwei parallel geschaltete Pumpen nach dem Zimmermann'schen kombinierten Verdampfer und Entgaser befördert wird. Hier passiert das Speisewasser einen Berieselungskondensator, wobei sich das entgaste Speisewasser mit dem neu erzeugten Destillat mischt. Durch eine zweite Pumpenstufe wird es ins Speisewasserreservoir gefördert; dieses ist geschlossen und steht unter Druck, um jede Luftaufnahme zu verhüten. Das Zusatz-Speisewasser wird im Zimmermann'schen Verdampfer nach einer chemischen Vorreinigung durch Permutitfilter erzeugt.

Eine Verdampferreserve besteht in Form eines Autovapors, also eines Verdampfers mit Brüdenverdichtung durch einen Turbokompressor. Dieser Apparat kann stündlich eine Tonne Destillat liefern und war ursprünglich nur als Versuchsobjekt vorgesehen. Es war jedoch angezeigt, die Leistungsgrösse des Autovapors derart zu wählen, dass er eine brauchbare Reserve in der Destillaterzeugung bildet.

DIE DAMPFTURBINEN.

Die bereits erwähnten Hauptturbogruppen sind im Maschinensaal, d. h. im nördlichen Teil der Laboratoriumshalle, nebeneinander aufgestellt (Abb. 20). In der Mitte befindet sich die 100 ata-Vorschalt-Turbogruppe von Oerlikon. Die Turbine ist entsprechend der üblichen Oerlikon-Bauart als Kammerturbine ausgebildet und mit einer Gegendruckregulierung versehen. Die Haupt-, Teillast- und Ueberlast-Ventile werden hydraulisch betätigt. Durch ein Maag-Pfeilradgetriebe kann die Drehzahl von 8800 auf 3000 U/min vermindert werden. Mit dieser Turbine, die bei dem hohen Admissionsdruck von 90 ata einen ausserordentlich kleinen Dampfdurchsatz von nur 17 t/h aufweist, ist dem Konstrukteur keine leichte Aufgabe gestellt worden. Die Ergebnisse des erst letzten Winter abgeschlossenen längeren Versuchsbetriebs sind zufriedenstellend und im Hinblick auf die Verwendung von kleineren Höchstdruck-Gegendruckturbinen in industriellen Betrieben von Interesse.

Der 35 ata-Abdampf dieser Turbine strömt entweder zur EWAG-Gegendruck-Anzapfturbine oder zur BBC-Doppelentnahme-Kondensationsturbine. Die Escher Wyss-Turbine, auch eine reine Gleichdruck-Kammerturbine, besitzt eine kombinierte Entnahme-Gegendruckregulierung. Diese erfolgt mit Hilfe von Ölstrahl Druckreglern, die durch den Spannungszustand eines Bourdonrohres gesteuert werden. Diese Turbine treibt, ebenfalls über ein Maag-Getriebe, einen Drehstromgenerator von Sécheron.

Auf der anderen Seite der Vorschaltturbine und näher am Kesselhaus, befindet sich die zweigehäusige Turbine von BBC. Der Hochdruckteil, als Gegendruckanzapfturbine ausgebildet (Anfangsdruck 33 ata, Anzapfung bis 11 ata,

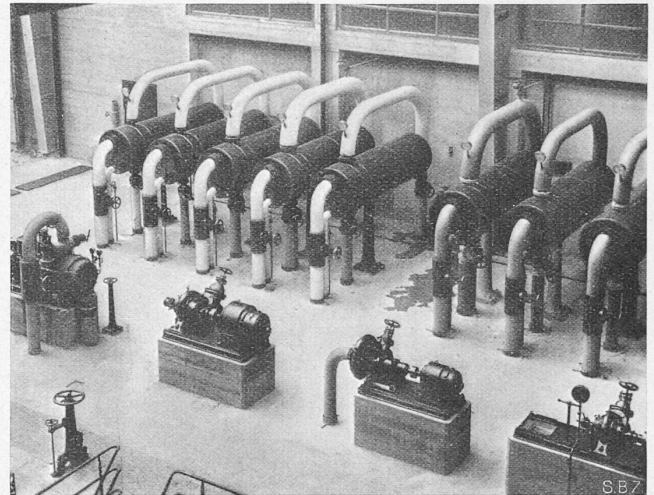


Abb. 21. Gegenstrom-Wärmeaustauschapparate für 11 und 2 ata des F.H.K.

Gegendruck 2 ata) besteht zwischen Dampfeintritt und Entnahme aus einer Ueberdruck-Trommel mit vorgeschaltetem Gleichdruckrad. Nach dem Ueberströmventil verwertet ein einziges Geschwindigkeitsrad das Gefälle von 11 auf 2 ata.

Die Kondensationsturbine ist unmittelbar mit der Welle des grossen Getriebes gekuppelt. Es ist eine normale Turbine mit Gleichdruckrad und Ueberdruck-Trommel. Die Anordnung mit nebeneinander liegenden Turbinen gestattet es, jeden der beiden Teile abzukuppeln. Der Hochdruckteil kann für sich als Gegendruck-Anzapfturbine arbeiten mit zwei oder einer Druckregulierung. Der Niederdruckteil kann allein als Kondensationsturbine arbeiten, oder dann arbeiten beide Teile miteinander als Kondensationsturbine mit einer oder zwei Entnahme-Regulierungen. Jeder Teil besitzt dementsprechend einen Geschwindigkeits-Regler, der nach erfolgter Parallelschaltung, nach Belieben, ausgeschaltet werden

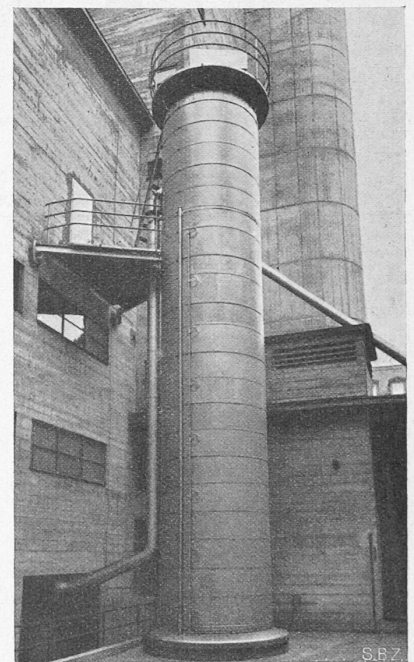


Abb. 23. Dampf-Heisswasser-Umformer u. -Speicher zur Umformung von 11 ata-Dampf in 170°C-Wasser.

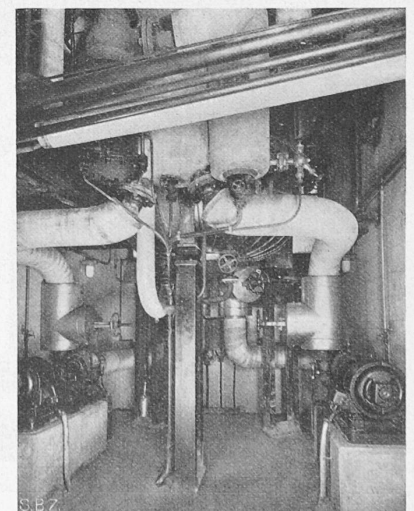


Abb. 24. Rohrkeller unter dem Speicher.

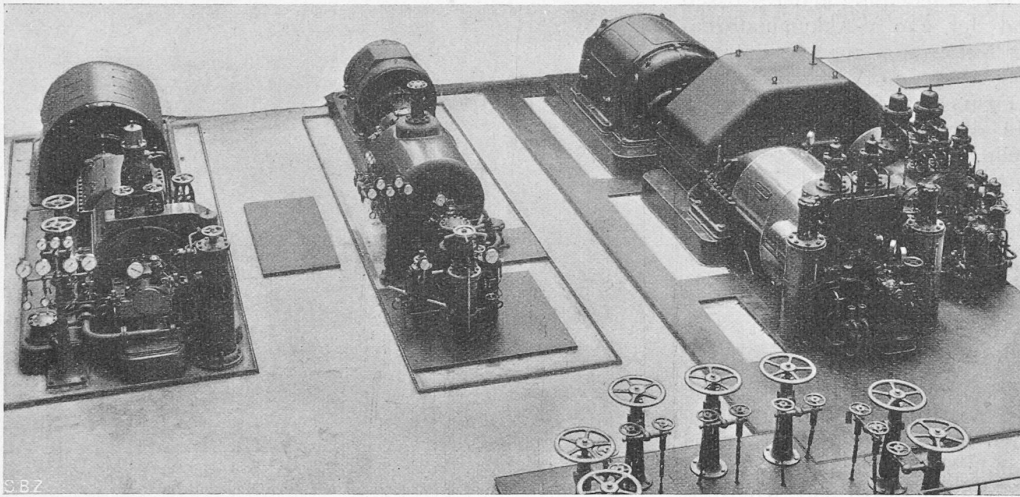


Abb. 20. Die Dampfturbingruppen des Maschinen-Laboratoriums der E. T. H. Rechts: Doppelentnahme-Kondensations-Turbogruppe BBC, 33/11/2 ata (2500 kW). Mitte: Vorschaltgruppe MFO, 90/35 ata (725 kW). Links: Gegendruck-Entnahmegruppe EWAG, 33/11/3 ata (1450 kW). Sämtliche mit Maag-Zahnrad-Reduktionsgetrieben.

kann und dann nur als Grenzgler wirkt. Die Druckregulierung geschieht nach dem bekannten BBC-System mittels Beeinflussung des Oeldurchflussdruckes der Servomotoren durch Dampfdruckmembranbalgen. Das Durchflussprinzip ergibt eine besonders elegante Lösung des ziemlich komplizierten Regulierungsproblems.

Die Kondensation besteht aus einem Oberflächenkondensator der bekannten OV-Anordnung. Als Luftpumpe wirkt ein Dampfejektor. Die Kühlwasserpumpe ist durch Elektromotor angetrieben. Wegen der Aufstellung des Rückkühlers über dem Dach des Kesselhauses steht das ganze Kühlwassersystem unter rd. 4 ata statischem Druck. — Sämtliche Turbinen stehen auf Fundamenten aus Eisenkonstruktionen zwecks kleinerer Kellerraumbeanspruchung und besserer Uebersichtlichkeit der komplizierten Rohrleitungen und der Kondensationsanlage.

Die BBC- und die EWAG-Turboaggregate haben sich beide im bisherigen Betrieb bestens bewährt. Die Hauptdaten zeigt beigefügte Tabelle:

Daten-Zusammenstellung der drei Dampfturbogruppen.

Vorschaltgruppe Oerlikon:

Eintrittszustand des Dampfes	90 ata 425°
Gegendruck	35 ata
Max. Dampfdurchsatz	17 t/h
Max. Leistung am Generator	725 kW
Drehzahl der Gruppe	8800/3000 U/min

Gegendruck-Entnahmegruppe EWAG:

Eintrittszustand des Dampfes	33 ata 375°
Entnahmedruck	11 ata
Gegendruck	3 ata
Max. Entnahmemenge in 11 ata	8 t/h
Max. Abdampfmenge in 3 ata	10 t/h
Max. Leistung am Generator	1450 kW
Drehzahl der Gruppe	7500/3000 U/min

Doppelentnahme-Kondensationsgruppe BBC

Eintrittszustand des Dampfes	33 ata 380°
Entnahmedruck	11 ata
Gegendruck	2 ata
Max. Entnahmemenge in 11 ata	8 t/h
Max. Entnahmemenge in 2 ata	18 t/h
Max. Kondensationsmenge	10 t/h
Max. Leistung am Generator	2500 kW
Drehzahl der Gruppe	8000/3000 U/min

DIE WÄRMEUMFORMUNGS- UND TRANSPORT-EINRICHTUNGEN.

Die Mitteldruckwarmwasserheizung versorgt drei getrennte Netze, die in Gebäudegruppen verschiedenen statischen Druckes zusammengefasst sind. Die Aufbereitung des Heizwassers erfolgt in horizontalgestellten *Gegenstromapparaten*, die mit 2 ata-Dampf (bei aussergewöhnlicher

Kälte zwei mit 11 ata) geheizt werden (Abb. 21). Um eine möglichst unterbrechfreie Wärmelieferung zu sichern, sind in der Rücklaufleitung von jedem Gebäudeblock zwei *Umwälzpumpen* mit Elektro- und Dampfturboantrieb aufgestellt worden (Abb. 21, vorn).

Gegenstromapparate und Umwälzpumpen sind in der Maschinenhalle in Reihen aufgestellt und finden direkten Anschluss an den Dampf- und Wasserleitungen im tieferliegenden Rohrkeller (Abb. 22).

Die Aufbereitung des Heisswassers von rund 170° der Hochdruckheisswasserheizung ge-

schiebt in einem 32 m³ fassenden *Wärmespeicher*, der im direkten Kontaktverfahren mit dem 11 ata-Dampf aufgeladen und beschickt wird (Abb. 23). Diesem Speicher fällt ausserdem die Aufgabe zu, eine Pufferung im unruhigen 11 ata-Netz herbeizuführen. Für den Heisswassertransport sind zwei elektrische Umwälzpumpen, wovon eine als Reserve, vorgesehen (Abb. 24). Eine genaue Einhaltung einer der Aussentemperatur entsprechenden Vorlauftemperatur des Heisswassers ist nicht notwendig, da dieses ausschliesslich ein Wärmetransportmedium bis zum Unterwerk darstellt und dort erst nach Umformung der Wärme eine Feinregulierung erfolgt (eingehende Beschreibung folgt).

Um die 11 ata-Dampflieferung nach dem Wärmeversorgungsnetz stets mit der vertragsgemässen Temperatur zu gewährleisten und einen unzulässigen Temperaturanstieg bei der Dampflieferung über die Reduzierstation zu vermeiden, ist in der abgehenden Leitung eine selbsttätig regulierende Wassereinspritzung eingebaut.

Die Brauchwasser-Fernversorgung wird durch drei im Werk gelegene Warmwasserboiler von je 15 m³ Inhalt gespeist, die je nach Bedürfnis hintereinander- oder parallel geschaltet werden können; zwei G.S.T.-Regler halten die Endtemperatur auf 80° konstant. Um eine unliebsame Verkalkung der Warmwasserleitung zu verhindern, sind den Boilern wirksame Filteranlagen beigegeben. Mit der Ausführung sämtlicher heizungstechnischen Anlagen in der Zentrale war die Firma Gebr. Sulzer, Winterthur, betraut.

DIE ELEKTRISCHEN EINRICHTUNGEN.

Diese umfassen die für Hochspannungs-Bezug und -Abgabe erforderliche 6 kV Schaltanlage, die Transformatoranlage für die Bereithaltung der 500 V Drehstromenergie für Kraftwerkseigenbedarf und Laboratoriumszwecke, der Umformergruppen, Gleichrichter und Akkumulatoren für die Abgabe von 220/110 V Gleichstrom als Betriebs- und Versuchsenergie. Der Energieaustausch mit dem städtischen Elektrizitätswerk wird über zwei leistungsfähige 3×300 mm² 6 kV-Drehstromkabel bewerkstelligt.

Die elektrische Schaltanlage im Hochspannungsraum gliedert sich in ein vierfaches Sammelschienensystem mit zwölf angeschlossenen Oelschalter- und Messfeldern. Diese dienen dem Hochspannungsanschluss der Energieaustauschleitungen, Turbogeneratoren, Elektrokessel und Transformatoranlage. Die Oelschalter sind mit Hand- und Motorenantrieben für Fernbetätigung von der Schaltwarte ausgerüstet. Die elektrische Ausrüstung des Hochspannungsraumes haben die Firmen Brown Boveri, Sprecher & Schuh und Maschinenfabrik Oerlikon gemeinsam durchgeführt. Die Verteilung der Messung der 500 V Drehstrom- und 220/110 V Gleichstromenergie erfolgt auf der *Schaltwarte*.

Die Umformergruppen haben ihre Aufstellung in der grossen Maschinenhalle gefunden und der 220 V-Akkumulatoren-batterie ist ein gut gelüfteter Kellerraum zugewiesen worden. Die örtliche Verteilung der 500 Volt Drehstrom-energie im Werk erfolgt über gussgekapselte Schaltanlagen mit Schützenfernsteuerung in der bewährten Ausführung der Firma Rauscher & Stöcklin, Sissach.

Gemäss Vertragsbestimmungen steht dem Fernheizkraftwerk das Recht zu, den Lichtbedarf der Eigenerzeugung zu entnehmen. Dieser wird normalerweise über einen werkeigenen 500/220 Volt Transformator bezogen, im Störungsfalle aber vom städtischen Elektrizitätswerk aus dem Einphasennetz 2×220 V gedeckt.

DIE BETRIEBSÜBERWACHUNGSANLAGE.

In der Projektbearbeitung und Ausführung wurde weitgehende Konzentration in der Ueberwachung und Bedienung der wärmetechnischen und elektrischen Anlagen angestrebt. Aus diesem Grunde sind sämtliche wichtigen elektrischen und wärmetechnischen Mess- und Kontrollinstrumente mittels Fernübertragung in einer gemeinsamen Ueberwachungsstelle, der Schaltwarte, angeordnet (Abb. 7, S. 142). Die Schaltwarte gewährt freien Einblick nach der Maschinenhalle und befindet sich in unmittelbarer Nähe des Schalthauses. Der diensttuende Beamte überwacht an Schaltpulten die Energieerzeugung der Turbogeneratoren, die Verteilung der Hochspannungsenergie, sowie den Betrieb der Elektrokessel im Sommer. Ferner ist ihm die Bedienung der Uebergabestelle der elektrischen Energie in der Verteilstation des städtischen Elektrizitätswerkes mittels Fernsteueranlage anvertraut. Ein lebendiges Schaltbild mit selbsttätigen Stellungsanzeigern orientiert über die jeweilige Kraftwerkschaltung. Besonders in diesem Tableau eingelassene Prüfklemmen dienen Präzisionsmessungen für Betrieb und Laboratoriumsübungen mit Studierenden. Die Verteilung der 500 V Drehstrom- und 220/110 V Gleichstromenergie für Kraftwerk-Eigenbedarf und Laboratoriumszwecke erfolgt ebenfalls auf der Schaltwarte.

Der Schaltwärter ist verantwortlich für die Einhaltung der im Betriebsfahrplan vorgeschriebenen elektrischen Wirk- und Blindleistung, der richtigen Verteilung der Dampfmengen in den Turbinen, der Aufrechterhaltung der Dampfdrücke in den verschiedenen Systemen, sowie der programmässigen Beheizung des Wärmeversorgungs- und Brauchwassernetzes. Diese umfangreiche und verantwortungsvolle Aufgabe wird dem Schaltwärter mit zahlreichen elektrischen und wärmetechnischen Messinstrumenten und farbigen Schaltbildern erleichtert. Er kontrolliert mit in Schaltpulten eingebauten Messinstrumenten im besonderen die Einhaltung der vorgeschriebenen Vorlauftemperaturen und Wassermengen für die Niederdruck- und Mitteldruck-warmwasserheizung, sowie die Oeffnungs- und Schliesszeiten und Temperaturverhältnisse der Dampfheizung und ferner die rationelle Aufheizung der Warmwasserbehälter.

Eine Temperaturfernmessanlage mit Tasterplatte gestattet die Ablesung der Raumtemperaturen einiger besonders exponierter Zimmer und Räume im Wärmeversorgungsnetz und ermöglicht, bei aussergewöhnlich rasch ändernden Raumtemperaturverhältnissen infolge Nordwind oder Sonnenanfall die notwendigen Aenderungen in der Beheizung des Netzes sofort vorzunehmen. Endlich alarmiert eine Signalvorrichtung den Schaltwärter und meldet ihm jede Unregelmässigkeit im Betriebe, wie z. B. zu geringen Wasserstand im Brennstoffkessel, Ueberlaufen des Speisewasserbehälters, Versagen einer Speisepumpe, unzulässiges Erwärmen eines Generators, Ausbleiben des elektrischen Stromes für die Hilfsbetriebe u. a. m. Die wärmetechnische Ueberwachungsanlage ist mit Instrumenten der Firmen Trüb, Täuber & Cie. und Siemens & Halske A.-G. ausgerüstet, während der elektrische Teil der Schaltwarte durch die A.-G. Brown Boveri und Carl Maier & Co. geliefert wurde.

[Der Darstellung der weitem kalorischen Maschinen vorgehend, lassen wir hier die Hydraul. Abteilung folgen.]

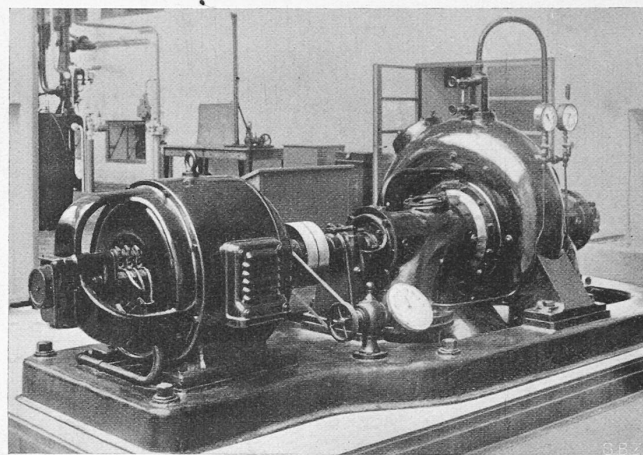


Abb. 3. Zwillings-Kreiselpumpengruppe mit ihren Messeinrichtungen.

Die hydraulische Abteilung.

Von Prof. R. DUBS, Zürich.

Da die Ausnützung der Wasserkräfte für jedes Land, das solche besitzt, also insbesondere für die Schweiz, von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung ist, wurde dieser Zweig des Maschinenbaues an der E. T. H. von jeher besonders gepflegt. Zuzufolge der — besonders in den letzten zwanzig Jahren — erfolgten Entwicklung der Berechnung und Konstruktion der hydraulischen Maschinen sowie der damit verbundenen Neuschöpfungen musste beim Neubau des Laboratoriums auch dessen hydraulische Abteilung eine durchgreifende Umgestaltung erfahren.

Für den Ausbau dieser Abteilung waren folgende Gesichtspunkte massgebend: Zur Durchführung des Studienplanes der Abteilung für Maschineningenieurwesen soll es möglich sein, im hydraulischen Laboratorium 1. *Demonstrationen* an hydraulischen Apparaten und Maschinen durchzuführen, um die Studierenden mit der Arbeitsweise dieser Mechanismen vertraut zu machen, und es sollen 2. *experimentelle Untersuchungen*, d. h. Messungen an Apparaten und Maschinen vorgenommen werden können, damit sich die Studierenden ein Bild über das qualitative und quantitative Verhalten der hydraulischen Apparate und Maschinen machen können und die Möglichkeit erhalten, Vergleiche zu ziehen zwischen den Ergebnissen der Theorie und denen des Experimentes.

Zur Weiterentwicklung dieses Zweiges des Maschinenbaues muss ein solches Laboratorium aber auch die Möglichkeit bieten, durch 3. *systematische Forschung* auf experimentellem Wege, in Verbindung mit erkenntnistheoretischen Ueberlegungen, Fortschritte zu erzielen, die im Interesse unserer Maschinenindustrie und damit auch der Volkswirtschaft liegen. Da ferner viele kleinere und mittlere Betriebe des Apparatebaues und der Maschinenindustrie nicht über eigene Laboratorien verfügen, muss im Lande eine Stelle vorhanden sein, an der 4. eine objektive *Prüfung und Untersuchung* von hydraulischen Apparaten und Maschinen durchführbar ist.

Die Neuanlage der hydraulischen Abteilung und die Disposition der Kanäle, Leitungen, Apparate und Maschinen erfolgte unter weitgehender Berücksichtigung der oben erwähnten vier Gesichtspunkte. Bei der Wahl der Grösse der Einrichtungen mussten naturgemäss die Betriebskosten berücksichtigt werden. Bei zu kleinen Dimensionen lassen sich aber oft die am Modell festgestellten Vorgänge nicht zuverlässig auf grosse Dimensionen übertragen. Diese Erkenntnis erklärt das Bestreben nach experimentellen Untersuchungen an möglichst grossen Modellen.

Die gesamten Einrichtungen der hydraulischen Abteilung wurden deshalb so gewählt, dass einerseits die mit den Kanälen, Leitungen, Apparaten und Maschinen gefundenen Ergebnisse zuverlässig auf grössere Dimen-