Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 87/88 (1926)
Heft: 20

Artikel: Moderne Dampfwirtschaft
Autor: Faber, Paul
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-40997

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: 15.07.2025

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

INHALT: Moderne Dampfwirtschaft. — Das Krematorium im Friedenthal, Luzern (mit Tafeln 16 bis 19). — Die neue Hängebrücke über den Delaware zwischen Philadelphia und Camden. — Baubudget der Schweizerischen Bundesbahnen für 1927. — Miscellanea: American Society for Testing Materials. Elektrische Lokomotiven für die Spanische Nordbahn. Automobilverkehr und Strassennetz. Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie Neubau der Apparaten-Abteilung der M. F. O. — Konkurrenzen: Evangelische Stadtkirche Frauenfeld. Neubau der Schweizer. Volksbank in Solothurn. — Zu den V. S. M.-Normen für die Berechnung von Drahtseilen. — Literatur. — Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. und Schweizer. Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Vereinsnachrichten: Sektion Waldstätte des S. I. A.

Band 88. Nachdruck von Text und Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20

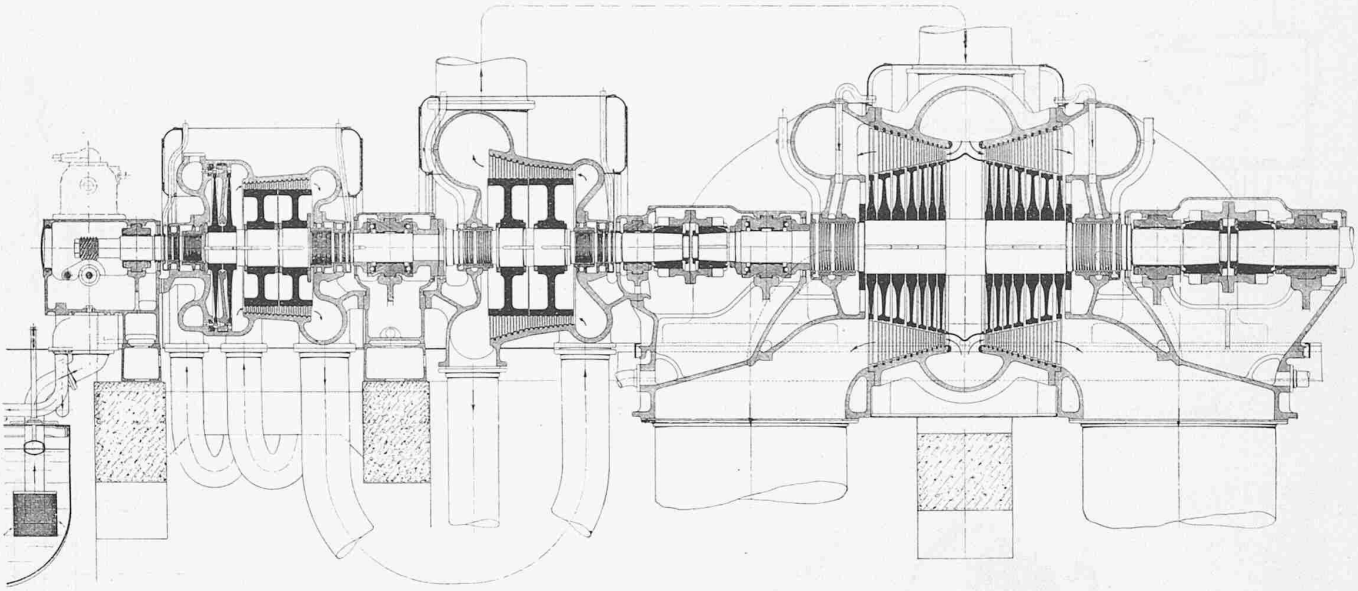

Abb. 12. Dreizylinder-Dampfturbine, Bauart Brown, Boveri & Cie., für Leistungen von 25000 bis 50000 kW bei 1500 Uml/min. — Längsschnitt rund 1 : 70.

Moderne Dampfwirtschaft.

Von PAUL FABER, Oberingenieur von Brown, Boveri & Cie., Baden.

(Schluss von Seite 263.)

4. Verbesserung des Turbinen-Wirkungsgrades.

Die Wirtschaftlichkeit der Dampfturbinenanlagen ist in den letzten zwei bis drei Jahren auch durch die Verbesserung des Turbinen-Wirkungsgrades wesentlich gesteigert worden. Während bisher eine gute Dampfturbine nur 75 bis 77 % des ausnützbaren Wärmegefälles als mechanische Arbeit an der Kupplung abgeben konnte, ist es heute möglich geworden, Turbinen zu bauen, die 80 bis 87 % des ausnützbaren Wärmegefälles in nützliche, mechanische Arbeit verwandeln.

Im folgenden sei kurz dargelegt, durch welche Mittel die Firma Brown, Boveri den Wirkungsgrad ihrer Turbinen so sehr verbessern konnte[1]):

Das Druckgefälle einer grossen Dampfturbine kann nicht, wie bei den meisten Wasserturbinen, in einer einzigen Stufe ausgenützt werden, sondern es muss in Teilgefälle zerlegt und in vielen aufeinanderfolgenden Stufen verarbeitet werden. Die Energiemenge, die von einem Schaufelrad aus der Geschwindigkeitsenergie des strömenden Dampfes in mechanische Arbeit verwandelt werden kann, ist proportional dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit des Schaufelrades, und eine vielstufige Turbine kann daher umso mehr Wärmegefälle verarbeiten, je grösser die Summe der Quadrate der Umfangsgeschwindigkeiten ihrer Räder ist. Baut man eine Turbine mit zu wenig Stufen im Verhältnis zum gegebenen Wärmegefälle, d. h. mit zu kleinem $X = \Sigma u^2/\text{cal}$, so sinkt ihr Wirkungsgrad. Bis vor kurzem hat der Konstrukteur, durch Preisgründe gezwungen, die Stufenzahl der Turbine möglichst gering gehalten, und stets versucht, alle Stufen in einem Gehäuse unterzubringen. Man hat das $\Sigma u^2/\text{cal}$ ungenügend gross gewählt und den höchsten Teil der Wirkungsgradkurve nicht erreicht. Die heutigen hohen Kohlenpreise haben aber gelehrt, dass Mehrkosten, die für die Verbesserung der Turbine ausgelegt werden, sich rasch bezahlt machen, und dass man z. B. bei 5 % Kohlenersparnis doppelt soviel für die Turbine bezahlen darf. Brown, Boveri & Cie. haben daher die Stufenzahl ihrer neuen, hochwirtschaftlichen Turbinen so erhöht, dass der bestmögliche Beschaufelungswirkungsgrad wirklich erreicht werden kann.

Die pro Einheit des Wärmegefälles erhöhte Stufenzahl in Verbindung mit den vergrösserten Wärmegefällen zwang dazu, die Beschaufelung auf mehrere Wellen in mehreren Zylindern zu unterteilen, und es entstanden so die Zwei- und Dreizylinderturbinen, wie sie in den Abbildungen 12 und 13 im Schnitt und in Abbildung 14 in Ansicht gezeigt sind. Die Unterteilung der Turbine in mehrere Gehäuse brachte kurze, starre Wellen mit kurzen Lagerabständen und kleinen Gehäusen, die sich unter dem Einfluss der Wärme nur ganz wenig deformieren können. Damit wird es möglich, die Spiele in den Beschaufelungen und Stopfbüchsen vollkommen zu beherrschen und in mässigen Grenzen zu halten und dadurch die Verluste durch Undichtigkeit zu verkleinern.

Im weitern wurden alle Nebenverluste der Turbine systematisch verringert. So entstehen bei gewöhnlichen, grossen, raschlaufenden Maschinen, bei sogenannten Grenz-Turbinen, Austrittsverluste bis gegen 5 %, weil das Dampfvolumen im Turbinenauslass gross ist und die Austritt-Querschnitte wegen äusserster Beanspruchung der Endschaufeln durch Zentrifugalkraft nicht mehr verlängert

[1]) Dass in dieser Arbeit vornehmlich von der Firma Brown, Boveri die Rede ist, liegt weniger daran, dass der Verfasser in dieser Firma tätig ist, als ganz besonders daran, dass die Firma als erste des Dampfturbinenbaues in einer Veröffentlichung „Hochdruck und Hochüberhitzung" im Jahre 1923 auf die Bedeutung des Hochdruckdampfes und der Speisewasservorwärmung hingewiesen und auch als erste der Welt eine Hochdruck-Turbine erstellt und in industriellen Betrieb gebracht hat. Natürlich haben auch andere Firmen auf diesem Gebiet Erfolge zu verzeichnen. Es läuft z. B. seit Januar 1925 in der Kraftzentrale der Siemens-Schuckert-Werke in Berlin eine Zoelly-Versuchs-Turbine von Escher Wyss & Cie. mit 100 at, 400° C, und eine solche für 180 at, 420° C und 3500 PS der gleichen Firma soll in nächster Zeit dort aufgestellt werden. Red.

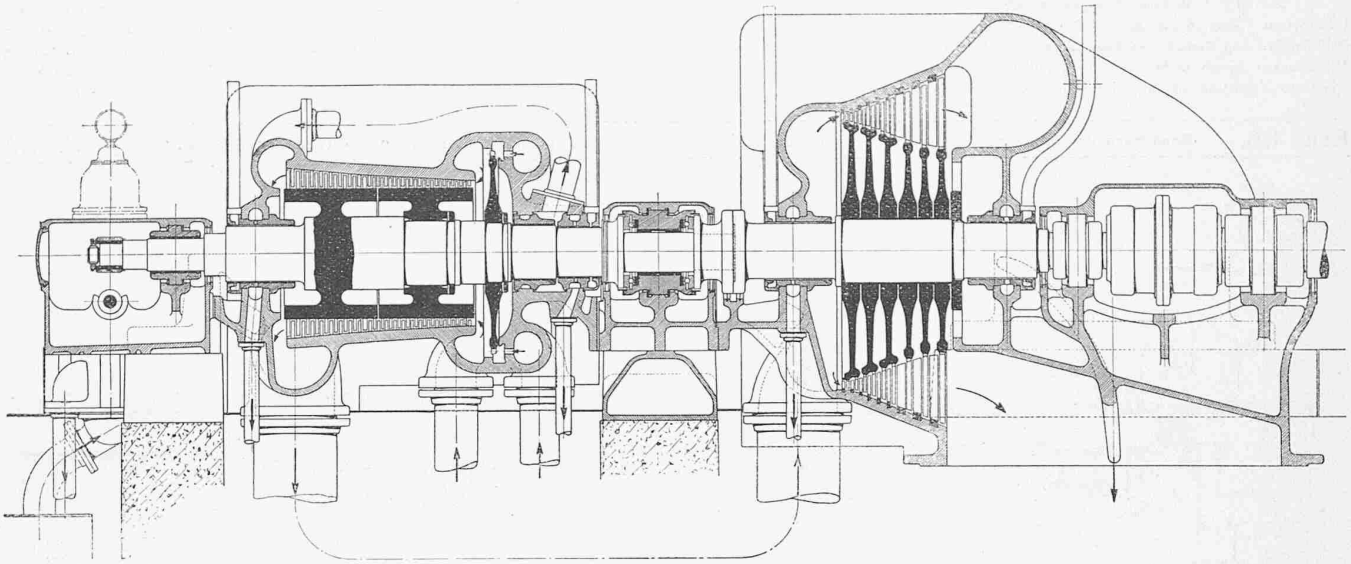

Abb. 13. Schnitt durch eine Zweizylinder-Dampfturbine, Bauart Brown, Boveri & Cie., für 10 000 kW bei 3000 Uml/min. — Masstab 1 : 35.

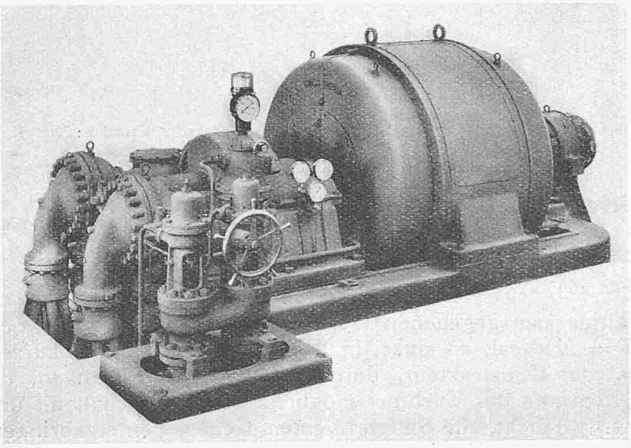

Abb. 18. Erste Hochdruck-Dampfturbine von Brown, Boveri & Cie. Gebaut für 1675 kW, 50 bis 55 at, 450° C, 20 at Gegendruck.

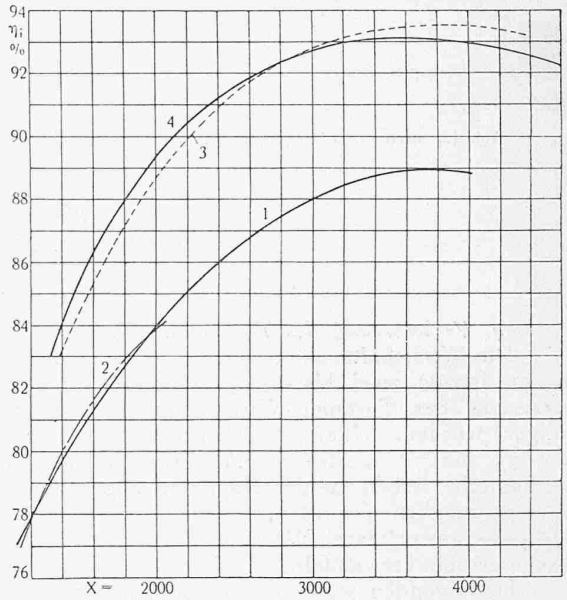

Abb. 16. Wirkungsgrad der neuen BBC-Reaktions-Beschaufelung. 1 Bisherige Parsons-Beschaufelung; 2 Dasselbe nach Martin; 3 Neue BBC-Beschaufelung 1925; 4 Dasselbe nach Messungen von Stodola.

werden können. Die Auslassgeschwindigkeit wird nun bei den neuen, hochwirtschaftlichen Turbinen durch Aufteilung der Niederdruck-Turbine in zwei parallel arbeitende Teile halbiert und dadurch der Auslassverlust auf ein Viertel des frühern verkleinert. Abbildung 12 zeigt eine solche doppelendige Niederdruckturbine.

Jede Turbine mit Reaktions-Beschaufelung erleidet einen axialen Schub, der meist durch gegengeschalteten Ausgleichkolben aufgehoben wird. Die Abdichtung zwischen Ausgleichkolben und Gehäuse geschieht durch eine Labyrinth-Dichtung, in der aber nicht unwesentliche Dampfverluste entstehen. Diese Ausgleichverluste werden bei den neuen BBC-Turbinen vermieden, indem man Teile der Beschaufelung so gegeneinander schaltet, dass sich ihre axialen Schübe ausgleichen und beson-

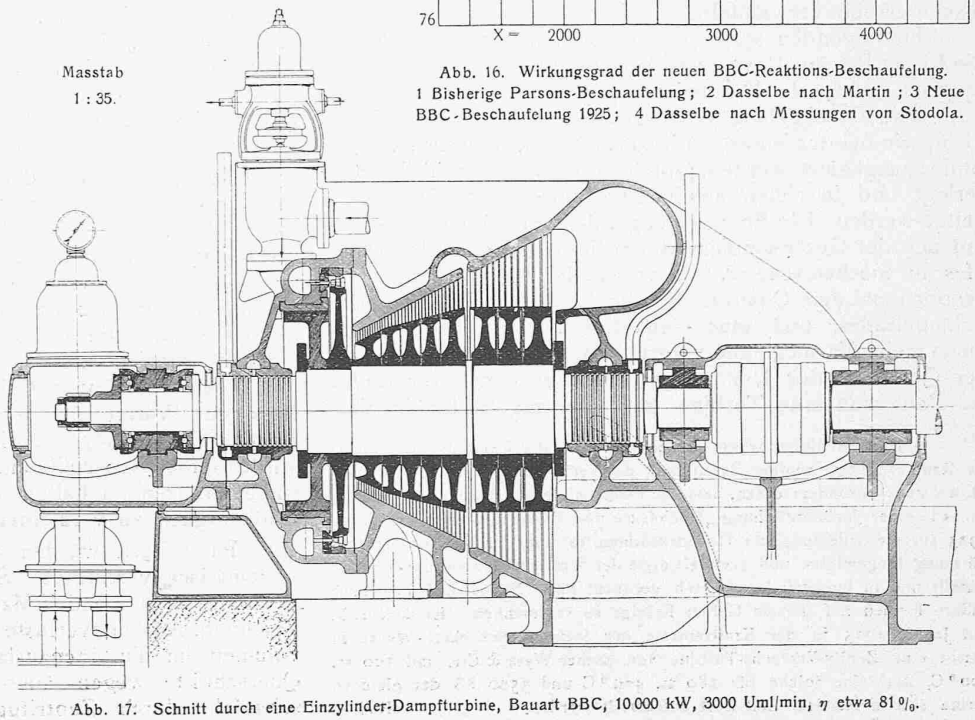

Abb. 17. Schnitt durch eine Einzylinder-Dampfturbine, Bauart BBC, 10 000 kW, 3000 Uml/min, η etwa 81 %.

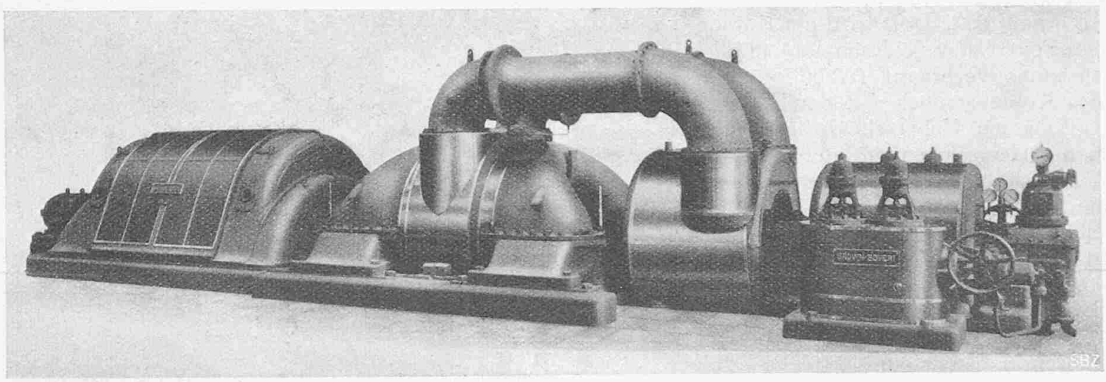

Abb. 14. Dreizylinder-Dampfturbine, Bauart BBC, für 18000 kW bei 3000 Uml/min, Wirkungsgrad 85 bis 87 %.

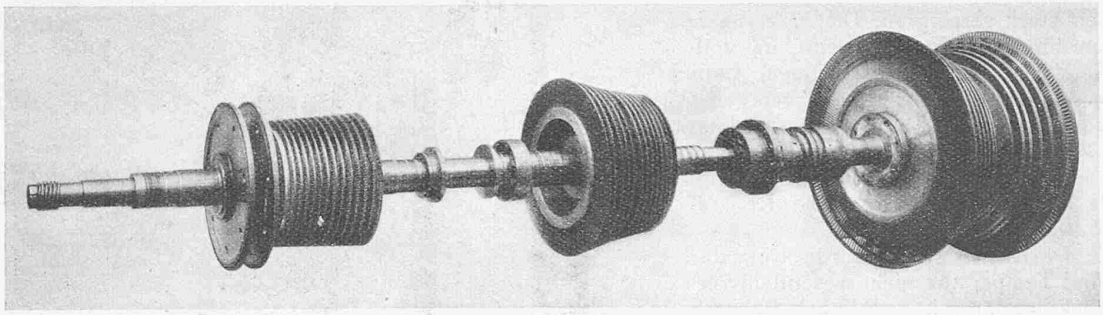

Abb. 15. Gegeneinander gerichtete Beschaufelungsteile einer Dreizylinder-Dampfturbine, Bauart BBC, für 15000 kW, 3000 Uml/min.

dere Ausgleichkolben überflüssig werden. Grosse Maschinen mit doppelendiger, d. h. in sich ausgeglichener Niederdruck-Turbine bauen sich dann durch Gegeneinanderschaltung des Hoch- und Mitteldruckteiles dreigehäusig (Abbildungen 12, 14 und 15), während kleinere Maschinen mit einfachem Dampfauslass in zwei Gehäuse unterteilt werden (Abb. 13).

Dazu kam im letzten Jahr eine nochmalige sehr bemerkenswerte Erhöhung des Turbinenwirkungsgrades durch *Verbesserung der Beschaufelung* selbst. In mehrjähriger Arbeit in den wissenschaftlichen Laboratorien der Firma Brown, Boveri wurden mit Hilfe von Strömungs-Versuchen an Modellschaufeln, in feststehenden Beschaufelungsabschnitten und in einer Anzahl besonders gebauter Versuchsturbinen die günstigsten Beschaufelungsarten entwickelt. Als Ergebnis dieser Arbeiten ergab sich eine Erhöhung des Wirkungsgrades des einstufigen Aktionsrades (dessen Wirkungsweise der eines Peltonrades entspricht) um etwa 5 %. Der Wirkungsgrad des zweistufigen Aktionsrades (Curtisrad) wurde von etwa 67 auf 74 % verbessert, und endlich war es möglich, den reinen Schaufelwirkungsgrad der Reaktionsturbine (Wirkungsweise wie Francisturbine) von etwa 88 auf 93 bis 95 % zu erhöhen. In Abbildung 16 sind die Wirkungsgradkurve der Brown, Boveri Beschaufelung vom Jahre 1925 (Kurven 3 und 4) und zum Vergleich die der bisherigen von Parsons geschaffenen Reaktionsbeschaufelung (Kurven 1 und 2) aufgezeichnet.

An der neuesten Mehrzylinder-BBC-Turbine wurde nun diese Reaktionsbeschaufelung als bestbekannte Beschaufelung fast ausschliesslich angewandt, sodass in Verbindung mit den andern beschriebenen konstruktiven Verbesserungen eine Turbine entstand, die Kupplungswirkungsgrade von 85 bis 87 % und damit einen ausserordentlich hohen Grad der Energie-Umsetzung erreicht.

Die Verbesserung der Beschaufelung ist auch den normalen, einzylindrigen BBC-Turbinen (siehe Abbildung 17) zu Gute gekommen, deren grössere Einheiten nun ebenfalls mit Wirkungsgraden von 80 bis 81 % gebaut werden.

Hier möge noch in Abbildung 18, das Bild der ersten, seit 1926 in industriellem Betrieb stehenden Hochdruck-Vorschaltturbine der „Centrales Electriques des Flandres" in Langerbrugge (Belgien) wiedergegeben werden. Diese Turbine leistet 1675 kW, erhält Dampf von 50 at, 450° und entlässt ihn in eine bisher bestehende Dampfturbine mit 20 at Druck. Sie besteht aus zwei kleinen Einzelturbinen mit je zwei einstufigen Aktionsrädern. Die beiden Turbinen, die sich mit 8000 Uml/min drehen, treiben, je über ein kleines, ein gemeinsames grosses Zahnrad mit 1500 Uml/min und den damit gekuppelten elektrischen Generator an.

Abb. 19 (S. 273) zeigt das Bild einer weitern BBC-Zweizylinder-Hochdruckturbine mit Reaktions-Beschaufelung nach Abbildung 13, die seit über einem Jahr in den Textilwerken Felixdorf bei Wien im Betriebe steht. Die Turbine leistet 1600 kW bei 3000 Uml/min mit Dampf von 32 at, 400° C. Aus dieser Turbine werden aus einer Zwischenstufe 10000 kg Dampf in der Stunde für Heizzwecke entnommen.

5. *Verbesserung der Dampfkessel-Anlage.*

Die Verluste im Dampfkessel entstehen vor allem durch die Wärme, die mit den Heizgasen ins Kamin abzieht. Sie sind umso grösser, je höher die Temperatur der abziehenden Gase und je grösser ihre Menge im Verhältnis zum Kohlenverbrauch ist. Ungefähr um 1880 führte Green seinen Rauchgas-Speisewasservorwärmer (Economiser) aus, der, wie bekannt, aus einem in die letzten Rauchgaszüge eingebauten Rohrsystem besteht, und vom kalten Speisewasser vor seinem Eintritt in den Kesselraum durchflossen wird. In diesem Apparat wird die Abgaswärme dem Speisewasser und dem Prozess zugeführt und damit der Kesselwirkungsgrad um 5 bis 10 % erhöht. Dieser Rauchgas-Vorwärmer wird aber heute unbrauchbar, sobald das Speisewasser durch Anzapfdampf aus der Turbine vorgewärmt wird. An seine Stelle tritt daher in neuester Zeit der *Luftvorwärmer,* d. h. ein Wärmeübertragungsapparat aus Röhren oder Platten, in dem die Wärme der heissen Rauchgase auf die kalte zum Feuer strömende Verbrennungsluft übertragen und auf diese Weise dem Kreisprozess wieder zugeführt wird. Diese Vorwärmung der Verbrennungsluft ergibt auch eine bessere Verbrennung und erlaubt mit weniger Luftüberschuss auszukommen, wodurch die Heizgasmengen und die Abgasverluste verkleinert werden. Ein moderner Kessel entlässt die Heizgase mit nur rund 150° Temperatur und nützt etwa 85 % der zugeführten Brennstoffwärme aus.

Die *Feuerung* der Dampfkessel ist mannigfach verbessert worden. Der altbewährte Kettenrost wurde konstruktiv verbessert und damit die lästigen und häufigen Reparaturen vermindert. Auch der Treppenrost mit beweglichen Stufen und hoher Kohlenschicht hat sich trefflich eingeführt. Ganz besonders gut ist aber die *Kohlenstaub-Feuerung* in der letzten Zeit entwickelt worden. In einer besondern, für die ganze Zentrale dienenden Aufbereitungsanlage oder an einzelnen zu jedem Kessel gehörenden Kohlenmühlen wird die Kohle getrocknet, ge-

mahlen und dann als Kohlenstaub in Rohrleitungen wie eine Flüssigkeit zum Kessel gedrückt. Dort wird der Kohlenstaub mit Pressluft in den Feuerraum geblasen und ähnlich wie Gas in einem Gasbrenner verbrannt (Abbildung 20). Die innige Mischung des Kohlenstaubes mit der Verbrennungsluft erlaubt mit geringsten Ueberschuss-Luftmengen auszukommen, dadurch die Heizgasmengen zu verringern und den Wirkungsgrad zu erhöhen. Die Kosten und der Energieaufwand für die Pulverisieranlage sind allerdings so gross, dass der Vorteil der bessern Verbrennung grösstenteils wieder aufgehoben wird. Die Kohlenstaub-Feuerung erlaubt aber, minderwertige Kohlen, z. B. Grieskohle der Bergwerke oder schlackenreiche Kohlensorten, die sich auf Rosten nicht gut verbrennen lassen, mit bestem Wirkungsgrad zu verwenden, wodurch in Zentralen, die solche Kohle leicht erhalten können, grosse Ersparnisse möglich sind. Sie lässt sich auch leicht und rasch den Betriebschwankungen anpassen, wodurch sich die Abbrennverluste während den Betriebspausen stark verringern. Die *Feuerräume* der Kessel werden neuerdings sehr gross gebaut, um vollständige und rauchfreie Verbrennung bei geringem Luftüberschuss und gutem Wirkungsgrad zu erreichen. Sie werden oft mit wasserdurchflossenen Röhren ausgekleidet, weil das ungeschützte Mauerwerk den hohen Temperaturen der Feuerung, ganz besonders bei Kohlenstaubheizung, nicht mehr stand hält und häufige, sehr teure Reparaturen erfordert.

Die *Konstruktion der Kessel* selbst wurde trotz der Erhöhung von Druck und Temperatur nicht wesentlich verändert. Sowohl die Sektionalkessel, z. B. nach Babcock und Wilcox, wie die Steilrohrkessel, z. B. nach Sulzer, werden laufend für Drücke von 30 bis 40 at und in einigen vereinzelten Ausführungen bis 100 at gebaut. Bemerkenswert an diesen Kesseln ist, dass die Nietung ganz oder fast ganz verschwindet, und dass die Trommeln geschweisst sind, oder aus ganzen, geschmiedeten Stücken mit zusammengezogenen Böden bestehen. An dieser Stelle darf auf die bahnbrechenden und für die Entwicklung des Hochdruckkessels wichtigen Arbeiten von E. Höhn, Oberingenieur des Vereins Schweizer. Dampfkesselbesitzer, über Kesselschweissung hingewiesen werden, aus denen die Ueberlegenheit der Schweissung gegenüber der Nietung hervorgeht. Schliesslich ist noch zu sagen, dass die Kessel immer grösser werden. Noch vor wenigen Jahren waren Kessel von 500 m² Heizfläche als gross zu bezeichnen und heute werden schon solche von 2500 m² gebaut.

Neben der Entwicklung der normalen Kessel zu Hochdruckkesseln, entstanden auch einige *neuartige Kesselbauarten*, die sich aber bis heute nicht durchgesetzt haben, wohl weil bis jetzt keine Notwendigkeit besteht, vom bisherigen abzuweichen. So baute Blomquist seinen „Atmos-Kessel", in dem wenige, etwa 20 cm dicke Rohre mit etwa 300 Uml/min drehen [1]), in der Meinung, gleichmässige Erwärmung der Wandungen zu erhalten. Dass die Stopfbüchsen, die bei dieser Konstruktion für die Zuführung des Wassers und die Abführung des Dampfes notwendig werden, unerwünschte Beigaben sind, ist einleuchtend. Prof. Löffler schlägt einen Kessel vor, bei dem keine wasserberührten Flächen im Feuer und in den Heizgaszügen liegen [1]). Es wird dabei Dampf als Wärmeträger mittels einer Pumpe im Kreislauf aus dem Kessel durch einen im Feuer liegenden Röhrenüberhitzer wieder in den Kessel zurückgedrückt. Im Ueberhitzer wird die Wärme von den Rauchgasen auf den gesättigten Dampf übertragen und dann von diesem als Ueberhitzungswärme zur Heizung und Verdampfung des Wassers in den Kessel geleitet. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, dass die Wärme in verhältnismässig dünnen Röhren übertragen wird, die ohne Schwierigkeiten für die hohen Drücke und Temperaturen vorgesehen werden können. Die grossen Trommeln, mit ihren bis zu 100 mm dicken Wandstärken, liegen ausserhalb des Feuers, erfahren keinen Wärmedurchgang und sind

[1]) Siehe darüber: „Zur Höchstdruckdampf-Entwicklung", in Bd. 86, S. 172 (3. Oktober 1925). Red.

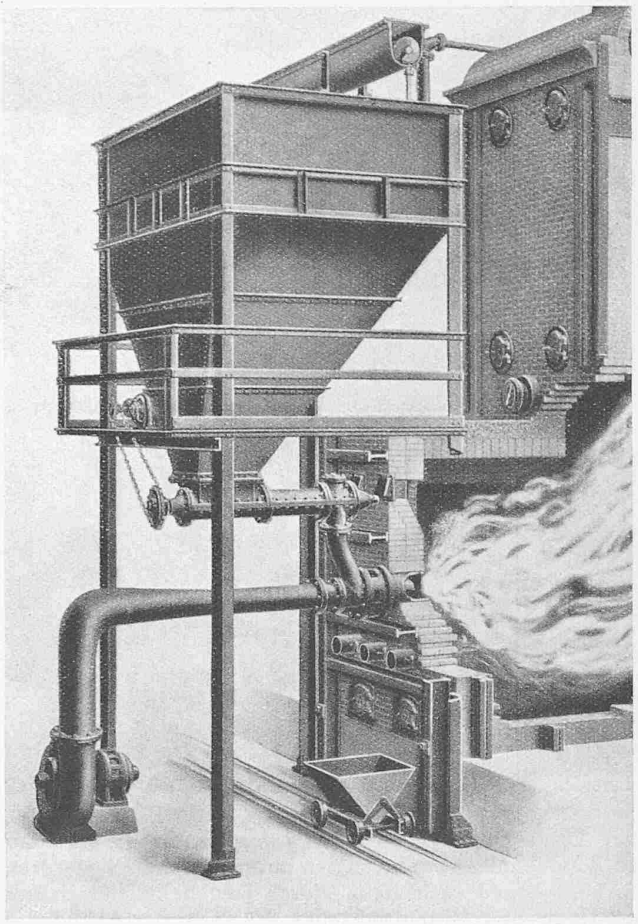

Abb. 20. Kohlenstaub-Feuerung der Fuller-Lehigh Co. an einem Steilrohr-Dampfkessel mit Kohlenstaub-Silo, Brenner und Ventilator für die Verbrennungsluft.

dadurch vor Wärmespannungen geschützt. Aus dem gleichen Grunde werden Kesselsteinablagerungen an geheizten Wandungen verhütet. Als schwerwiegender Nachteil ist die unter dem hohen Druck stehende Umlaufpumpe mit ihren Stopfbüchsen zu betrachten, die auch verhältnismässig viel mechanische Energie verzehrt.

Ein ähnlicher Kessel wurde von Brown, Boveri vorgeschlagen, bei dem in einem kleinen Erregerkessel vorerst nur wenig Dampf erzeugt wird, der dann mit natürlichem Druckgefälle durch einen ersten Ueberhitzer strömt, dort die Wärme aus den Rauchgasen aufnimmt, und sie in eine nächste Kesselstufe zur Verdampfung weiteren Wassers leitet. Die nun vergrösserte Dampfmenge wird in einem zweiten Ueberhitzer wieder überhitzt und dient von neuem zur Heizung und Dampferzeugung in einer dritten Kesselstufe usf., bis zur Erreichung der gewünschten Dampfmenge. Man erreicht auch so die Uebertragung der Wärme in Ueberhitzern an strömendem Dampf und den Wegfall der im Feuer liegenden Kesseltrommeln, aber unter Vermeidung der Nachteile der Umlaufpumpe.

Kessel mit sehr hohem Druck von 50 at und mehr sind erst ganz wenige im Betrieb, und die Zukunft muss zeigen, ob die bisherige Kesselbauart genügt, oder ob eine der neuartigen, dem Hochdruck besonders angepassten Lösungen notwendig wird.

Im Kesselbetrieb wird der *Speisewasser-Versorgung* besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Um die Hochdruck-Kessel vor Verschmutzung durch kalkhaltiges und vor Verrostung durch sauerstoffhaltiges Speisewasser zu schützen, wird das Kondensat in geschlossenem Kreislauf vom Kondensator zum Kessel geführt. Alle Luft, die im Speisewasser oder Dampf enthalten ist, oder die durch Undichtheit im Niederdruckteil der Turbine oder in den Rohrleitungen eintreten könnte, wird durch die Luftpumpe der Konden-

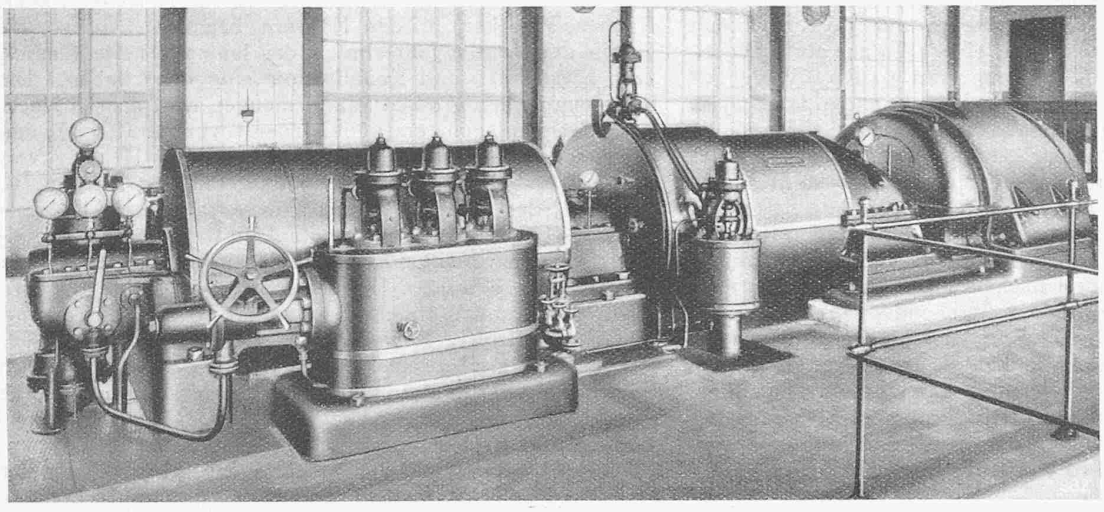

Abb. 19. BBC-Hochdruck-Dampfturbine der Textilwerke Felixdorf, 16000 kW mit 10000 kg Dampfentnahme, 32 at, 400° C, 3000 Uml/min.

Während man vor kurzem rd. 6000 kcal zur Erzeugung einer kWh im Dampfkraftwerk benötigte, ist es heute möglich, mit etwa 3000 kcal/kWh auszukommen.

In einem an der Landesgrenze, z. B. am Rhein bei Basel, errichteten Kraftwerk, wo die teuren Transportkosten der Bundesbahnen die Wirtschaftlichkeit noch nicht stören, kann heute der elektrische Strom auch bei geringer jährlicher Betriebszeit des Werkes zweifellos wesentlich billiger hergestellt werden, als mit irgend einem hydraulischen Akkumulierwerk, wie Wäggital, Ritom oder Muttsee.

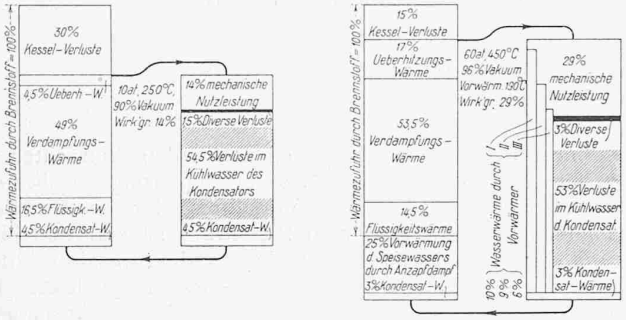

Abb. 21. Schemata der verlustlosen Kreisprozesse einer ältern Niederdruck-Dampfturbinenanlage mit 10 at, 250° C, 90% Vakuum, und einer modernen Hochdruck-Dampfturbinenanlage mit 60 at, 450° C, 96% Vakuum und Speisewasser-Vorwärmung durch Anzapfdampf.

sation abgesaugt. Auch wird z. B. das bei starker Kesselspeisung aus dem Speisewasser-Ausgleichbehälter kommende Wasser durch den Kondensator oder durch einen besondern Entlüfter eingeführt, um allen Sauerstoff zu entfernen. Als *Zusatzspeisewasser*, zur Deckung der unvermeidlichen Speisewasserverluste, wird heute in den meisten grossen Anlagen nur noch destilliertes Wasser verwendet, das in besondern Destillations-Apparaten in grossen Mengen erzeugt wird. Die Heizung und Verdampfung des Rohwassers geschieht in der Regel durch Anzapfdampf aus der Turbine, der den grössten Teil seiner Arbeitsfähigkeit abgegeben hat. Der aus dem Rohwasser entstehende sogen. Brüdendampf wird dann je nach der Höhe des Heizdampfdruckes entweder im Hauptkondensator oder in einem vom Speisewasser durchflossenen Destillierkondensator niedergeschlagen.

6. *Zusammenfassung und Ausblicke.*

Zusammenfassend kann anhand der genannten Zahlen gesagt werden, dass der Wirkungsgrad einer Dampfturbinen-Anlage in den letzten Jahren wie folgt verbessert wurde.

1. Erweiterung des theoretischen Kreisprozesses, d. h. Erhöhung von Druck, Temperatur und Vakuum (Abbildungen 1 bis 3) von	28	auf 40	%
2. Rückführung eines Teiles der Verdampfungswärme des Abdampfes ins Speisewasser, d. h. Vorwärmung des Speisewassers mit Anzapfdampf (Abbildung 7) von	40	auf 44	%
3. Verbesserung der Turbinenwirkungsgrade, von	75	auf 85	%
4. Verbesserung der Dampfkesselwirkungsgrade von	70	auf 85	%
Totale Verbesserung des Wirkungsgrades einer Dampfturbinenanlage (Abb. 21) von	14	auf 29,0	%

Ob der aus Dampfkraft zu erzeugende Strom besser aus Zentralen des Kohlenreviers, z. B. aus Braunkohlenwerken, statt aus Werken im eigenen Lande bezogen würde, wobei der Strom, statt der Kohlen, transportiert werden müsste, hätten nähere Untersuchungen zu klären. Es scheint aber, dass einerseits der Kohlentransport auf dem Rhein nicht teurer wird, als der Transport einschliesslich Verlust der elektrischen Energie, und dass andererseits die durch Fremdstrombezug entstehende Abhängigkeit der schweizerischen Werke von den ausländischen die Dispositionsfreiheit und damit die Ausnützung der eigenen Anlagen so beeinträchtigen würde, dass die Erstellung von Dampfkraft-Anlagen im eigenen Lande, selbst bei etwas höheren Gestehungskosten der Energie, vorzuziehen wäre.

Es ist zuzugeben, dass ein Dampfkraftwerk fortlaufend Zahlungen für Kohlen ans Ausland abführen muss, und dass ein solches Werk im Frieden und Krieg vom Ausland abhängig ist. Es ist aber auch festzustellen, dass der Kohlenverbrauch für Kraftwerke, selbst bei starker Entwicklung der kalorischen Zentralen, stets nur einige Prozente des für Heizzwecke ohnehin im Lande bestehenden Kohlenbedarfes sein wird. Auch bei hydraulischen Anlagen gehen grosse Zahlungen ans Ausland, indem alle grossen Bauwerke, wie Staudämme, Stollen, Turbinenhäuser usw. meist von ausländischen Arbeitern gebaut werden, die ihre Ersparnisse ins Ausland senden und selbst wieder auswandern. Wenn man schliesslich die militärischen Nachteile eines Dampf-Kraftwerkes anführt, so sei an eine Aeusserung von General Wille, anlässlich der Diskussion über die militärischen Nachteile des Splügen- gegenüber dem Greinatunnel erinnert, nach der, bei Fragen über wirtschaftliche Dinge, die Wirtschaft das Primäre sei und militärische Gründe in die zweite Linie zurückzutreten hätten[1]). Jedenfalls werden sich auch hier die Dinge in der wirtschaftlich günstigsten Richtung entwickeln, fast ohne Rücksicht auf irgendwelche fernliegende politische Verwicklungsmöglichkeiten.

Die Dampfturbine hat heute den Wirkungsgrad der Gasmaschine überschritten und ist dem des *Dieselmotors* schon recht nahe gekommen. Dazu ist die Dampfturbine betriebsicherer, billiger in Anschaffung und Unterhalt, und kann in viel grösseren Einheiten gebaut werden als der Dieselmotor. Besonders wichtig ist aber, dass die Dampf-Turbine Kohlen und nicht das viel umstrittene Oel als Brennstoff braucht. Die Weltproduktion an Oel ist nur etwa $^1/_{10}$ derjenigen an Kohle, und die Oelpreise sind daher allen Zufälligkeiten ausgesetzt. Zehntausend Wärme-

[1]) Die bezüglichen Aeusserungen des damaligen Obersten Ulrich Wille sind in Bd. 59, S. 203 (13. April 1912) im Wortlaut wiedergegeben. Red.

Einheiten aus Oel erzeugt, kosten heute schon bei uns etwa 13 Rp. und aus Kohle erzeugt nur 5,0 Rp. Damit werden die Brennstoffkosten für eine kWh aus einer Dieselmotorenanlage mit 33 % Wirkungsgrad 3,4 Rp./kWh gegen nur 1,5 Rp./kWh in einer Dampfkraftanlage von 29 % Wirkungsgrad. Der zunehmende Automobilverkehr und die aus Bequemlichkeitsgründen erfolgte Einführung des Oeles in den Hausbrand werden die Oelpreise aber künftig wohl noch weiter steigern. Auch die totalen Betriebskosten, Verzinsung und Amortisation inbegriffen, werden bei der Dieselanlage höher sein, als bei der Dampfanlage. Endlich dürfte die dem Dieselmotor nachgerühmte dauernde Betriebsbereitschaft bei der heutigen weitgehenden Verkettung der elektrischen Ueberlandnetze kein ausschlaggebender Grund mehr sein, Dieselmotoren in kalorischen Reservezentralen aufzustellen. Alles in allem darf man deshalb behaupten, dass die Dampfkraftanlage künftig noch mehr als bisher dem Dieselmotor überlegen sein wird und nur in besondern, meist kleinern Verhältnissen durch den Dieselmotor ersetzt werden kann.

Mit ziemlicher Sicherheit darf prophezeit werden, dass sich die *kombinierte Heizkraftwirtschaft* in allen Ländern und auch bei uns einführen wird. Wir werden in 10 bis 20 Jahren laufendes, warmes Wasser für Heizung, Bäder, Kochen, Waschen in den Häusern beanspruchen, so wie wir in den letzten Jahrzehnten das laufende kalte Wasser, Gas, Elektrizität und Kanalisation eingeführt haben. Die nötig werdenden grossen Wärmemengen wird man in Hochdruckdampfanlagen erzeugen, zuerst zur Krafterzeugung ausnützen und dann erst als Abwärme zur Heizung verwenden. Dabei fallen, wie oben dargetan, die grossen, 50 bis 60 % der eingeführten Energie betragenden Abwärmeverluste einer reinen Dampfkraftanlage weg, und die Brennstoffkosten, auf heutige Kohlenpreise bezogen, werden nur 0,6 Rp./kWh betragen. Die zeitlichen Verschiebungen zwischen Kraft und Wärmebedarf kann man nach einem Vorschlag von Brown, Boveri & Cie. durch Speicherung der Wärme in Wärmespeichern oder, in der Schweiz, durch Speicherung der Kraft mit Hilfe der Wasserakkumulierwerke ausgleichen und dadurch sowohl Wärme- wie Kraftüberschüsse und Verluste praktisch vermeiden.

Im Hinblick auf die beschriebene Entwicklung der Dampfwirtschaft darf man den Wunsch aussprechen, es möchten *alle* Energieerzeugungs-Möglichkeiten sorgfältig erwogen werden, bevor neue, teure Wasserkraft-Akkumulierwerke in unserem Lande erstellt werden.

Das Krematorium im Friedenthal, Luzern.

Erbaut von Architekt ALBERT FROELICH in Zürich.

(Mit Tafeln 16 bis 19.)

Vorbemerkung. Fragen der Friedhof-Architektur und des Krematorienbaues sollen später in einem zusammenfassenden Aufsatz von der grundsätzlichen Seite her betrachtet werden. Das Folgende beschränkt sich also auf die Beschreibung des Krematoriums Luzern, dem sich die Darstellung des Krematoriums Langenthal anschliessen wird.

Als nach langen und erbitterten konfessionellen Streitigkeiten der Plan, in Luzern ein Krematorium zu errichten, endlich verwirklicht werden konnte, bot sich dem Neubau die seltene Gelegenheit, sich dem vorhandenen Gottesacker im „Friedenthal" in unvergleichlich schöner Lage anzuschliessen. Die Bilder der Tafeln 16 bis 18 zeigen, dass diese wichtigste und dankbarste Aufgabe, die Einfügung des Krematoriums in die gegebene Landschaft, vorzüglich gelöst ist, und dass aus Friedhof und Krematorium eine Einheit geworden ist, von der in ein paar Jahren, wenn die Neuheit der Bauten nicht mehr so augenfällig sein wird, jeder mit der Baugeschichte nicht vertraute Besucher annehmen wird, es sei alles schon bei Anlage des Friedhofs so geplant gewesen. Der Mitteltrakt des Krematorium liegt in der Axe des Hauptweges der alten Anlage, seine Kuppel ist Blickziel der wundervollen Tuya-Allee, die sich in diesem geschützten Winkel zu fast italienischen Zypressen-Dimensionen ausgewachsen hat. Die in Terrassen abgetreppten Urnenhallen breiten sich als heller Abschluss dieses Gräber-Tales am jenseitigen Abhang aus, und geben damit dem ganzen Gelände Halt und Richtung. Vielleicht ist etwas befremdlich, dass der so streng axial komponierte Neubau dann doch nicht wirklich genau auf die gegebene Friedhof-Axe ausgerichtet ist, oder genauer: dass der durch den Verlauf des Hügelhanges erzwungenen Schrägstellung nicht dadurch begegnet wurde, dass man wenigstens die frontale Terrassen-Treppe in diese Axrichtung gelegt hat. Sie wäre freilich dadurch schräg, doch wohl kaum in störendem Masse schräg gegen das Haupt-Portal gelaufen, und man hätte sich für diese Lizenz auf das Vorbild der spanischen Treppe vor Trinitá dei Monti zu Rom berufen können, wo die gleiche Schwierigkeit an noch verpflichtenderer Stelle auftrat. Sehr im Gegensatz zur klassischen Architektur identifiziert eben der Klassizismus der Gegenwart Axialität mit starrer und krampfhafter Rechtwinkligkeit, wofür neben dem eben genannten auch das Beispiel der so auffälligen Schrägstellung der Nationalbank-Seitenfront zur Bahnhofstrasse in Zürich typisch ist.

Im Gesamtbild fällt diese kleine Eigentümlichkeit des Luzerner Krematoriums deshalb wenig ins Gewicht, weil sie nur für einen im Hauptweg stehenden Betrachter in Erscheinung tritt, und die Massengruppierung im übrigen sehr erfreulich wirkt. Das Verhältnis der horizontalen Hallen zum kräftig vertikalen Mitteltrakt ist klar und eindeutig, nicht ganz so klar vielleicht der Anschluss der Rechteck-Körper an den zylindrischen Kuppelbau. Es war wohl nicht zuletzt die Sorge um diesen Anschluss, wenn die Renaissance-Architekten ihre Kuppelbauten nach unten jeweils ins Rechteck übergeführt haben. Eigenartig, und in der klassischen Architektur wohl kaum nachzuweisen dürften auch die Details der Bindung des Portals an den Rundkörper sein, die nicht, wie üblich, mit Architrav und Fries, sondern mit dem bekrönenden Glied, der Hängeplatte durchgeführt ist, die hier nicht nur ihre Ausdrucksstärke, sondern sogar ihren Sinn wechselt und zur Gurte wird. Die Formensprache des Aeusseren ist erfreulich einfach, und stellt damit gerade auch im Vergleich mit frühern Krematorium-Bauten[1]) des gleichen Architekten einen sehr begrüssenswerten Fortschritt dar.

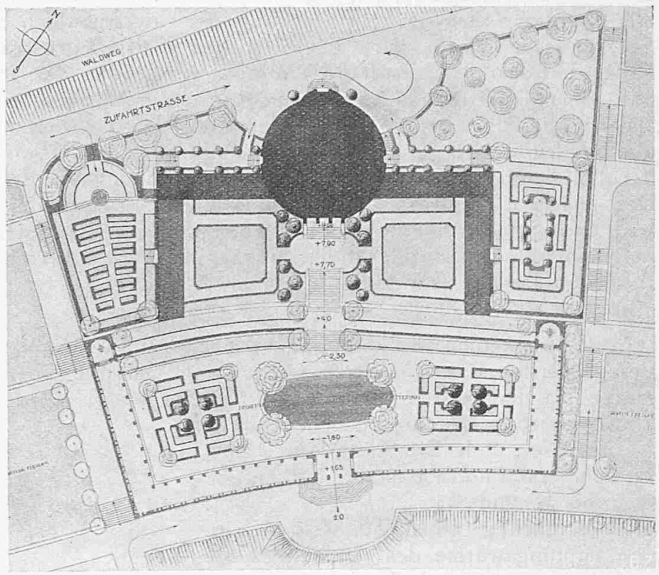

Abb. 1. Lageplan des Krematoriums im Friedenthal, Luzern. — 1 : 1000.

[1]) Vergl. Aarau („S. B. Z." 27. Juli 1912), Zürich (8. Juli 1916).