Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 91/92 (1928)

Heft: 5

Artikel: Dampfverbrauchs-Messungen an einer dreihäusigen 16000 kW Brown Boveri Dampf-Turbine in Rotterdam

Autor: Dresden, D.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-42547

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: 13.12.2025

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

Dampfverbrauchs-Messungen an einer dreigehäusigen 16000 kW Brown Boveri Dampf-Turbine in Rotterdam.

Von Prof. Ir. D. DRESDEN, Den Haag.

Zufällig hatte ich kurz nach den Versuchen an einer eingehäusigen 12000 kW Zölly-Turbine, über die ich schon an dieser Stelle berichtete [1]), Gelegenheit, eine dreigehäusige Maschine grösserer Leistung der Bauart Brown Boveri & Cie. zu untersuchen. Die Ergebnisse dürften interessant sein, auch des Vergleiches wegen.

Die untersuchte Maschine war für eine Normalleistung von 16000 kW bei 3000 Uml/min, für einen Frischdampfdruck von 12 at Ueberdruck, eine Frischdampftemperatur von 350° C und für gutes Vakuum (Kühlwassertemperatur normal 15° C) entworfen worden. Sie stand seit einiger Zeit in regelmässigem Betrieb in der Zentrale Schiehaven der Städtischen Elektrizitäts-Werke Rotterdam. Ihr allgemeiner Aufbau geht aus dem Längsschnitt Abb. 1 hervor. Die Hauptabmessungen der drei Zylinder sind in der Tabelle 1 zusammengestellt; die Schaufelspiele müssen unter Berücksichtigung des Gesamtaufbaues beurteilt werden, wobei zu sagen ist, dass die einzelnen Zylinder und die zugehörigen Rotoren kurz sind und die gegenseitige Lage zwischen den Statoren und Rotoren durch Kammlager festgelegt ist.

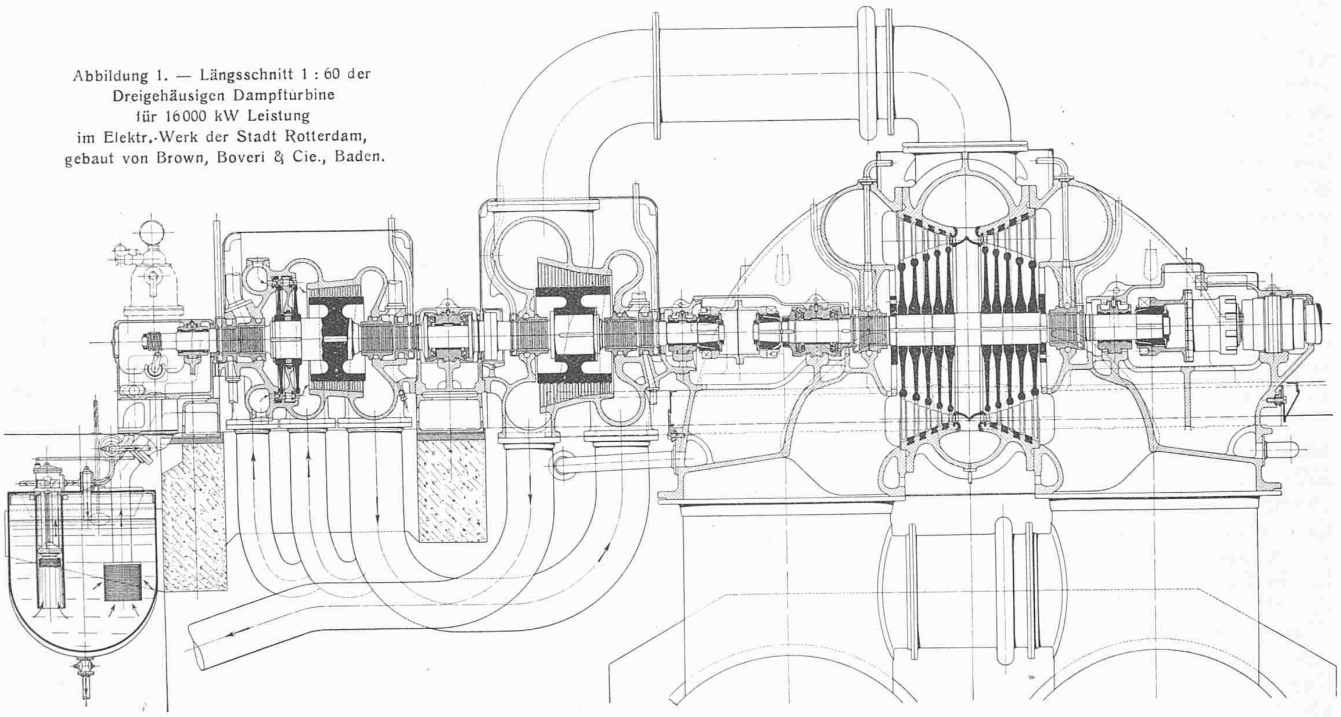


Abbildung 1. — Längsschnitt 1 : 60 der Dreigehäusigen Dampfturbine für 16000 kW Leistung im Elektr.-Werk der Stadt Rotterdam, gebaut von Brown, Boveri & Cie., Baden.

TABELLE I.

	Aktionsteil	H. D. Reaktionsteil	M. D. Reaktionsteil	N. D. Reaktionsteil
Stufenzahl	2	10	12	2×5
Mittlerer Durchmesser mm	1000	812–844	941–1056	1559–1570
Schaufelhöhe mm	29,5/41–34/41	72–104	101–214	63–366
Austrittswinkel		18°–19°	19°–20°	19–19–19–22–23 20–22–22–26–38
Axialer Spielraum mm	3	5,3–6,3	6,3–7,2	6,6–8,1
Radialer Spielraum mm		0,6–1,0	0,8–1,2	5–10

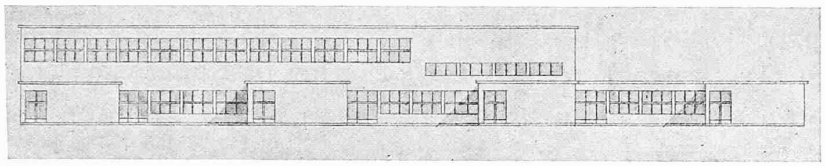
[1]) Vergl. Band 91, Seite 181 (14. April 1928).

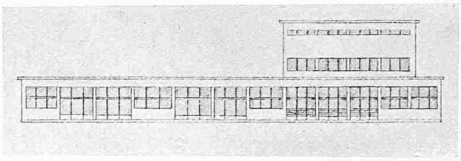
Die Turbine war für normalen Betrieb mit Kondensatvorwärmung durch Entnahmedampf berechnet worden, der an der Austrittseite des MD-Gehäuses in die Heizleitung geführt wird. Der Dampfverbrauch wurde bei verschiedenen Belastungen sowohl mit Kondensatvorwärmung wie ohne diese Dampfentnahme gemessen. Bei allen Belastungen und Dampftemperaturen, sowie bei Belastungsänderungen lief die Maschine sehr ruhig.

Ueber die *Messeinrichtung* sei folgendes mitgeteilt:

Die *Drücke* wurden mit Manometern gemessen, die unmittelbar vor den Versuchen mit Doppelkontrollmanometer geeicht wurden. Die Korrekturen waren bei den wichtigsten Messtellen durchwegs Null oder sehr gering. Die in der nachfolgenden Tabelle (auf Seite 58) aufgeführten Zahlen sind korrigiert.

Die *Messung der Frischdampftemperatur* verursachte besondere Schwierigkeiten. Es wurde der Dampf von zwei Kesselbatterien im Kesselhaus einem grossen liegenden Behälter zugeführt; die beiden Dampfmengen hatten ungleiche, zeitweise sehr ungleiche Temperaturen. Aus dem Behälter führen zwei Leitungen nach den zwei Einlass-Ventilen der Maschine. Diese beiden Leitungen zweigen dicht an der Stelle ab, wo die Dampfleitungen von den Kesseln einmünden, sodass die Dampftemperaturen an den beiden Ventilen Unterschiede zeigten. Jedes Einlassventil versorgt durch ein Regelventil je eine Düsengruppe des ersten Leitrades. Die Düsenzahlen der beiden Gruppen waren bekannt (22 bezw. 21). Um die massgebende Frischdampftemperatur zu berechnen, bestimmte man aus den in den beiden Düsenkasten gemessenen Drücken die Dampfmenge für jede Düsengruppe, woraus in einfacher Weise eine mittlere Dampftemperatur berechnet wurde. Die Messung der Frischdampftemperaturen erfolgte durch geeichte Thermometer, die so angeordnet waren, dass der direkte Dampfstrom die Hülsen voll umspülte. Die erforderlichen Fadenkorrekturen wurden mit Hilfsthermometer bestimmt.



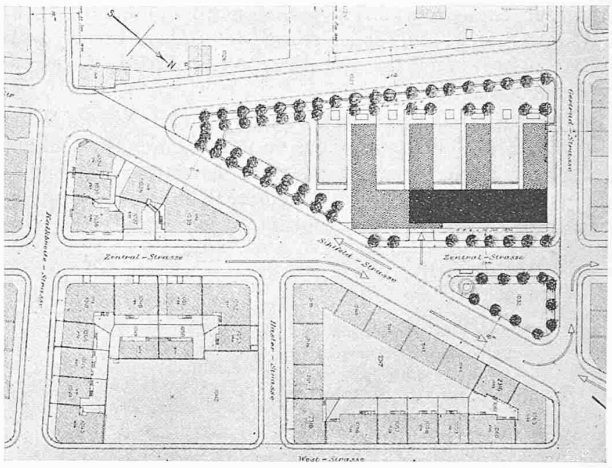


1. Rang. Entwurf Nr. 47 für ein Kindergartenhaus in Zürich-Wiedikon, links Südwest-, rechts Südost-Ansicht. — Masstab 1 : 600.

Auf jeder Seite befand sich ein zweites Thermometer oben auf dem Ventilgehäuse. Massgebend ist die in der untenstehenden Tabelle aufgeführte korrigierte Ablesung der erst erwähnten Thermometer.

Für die Messung des *Vakuum* im Abdampfstutzen wurde je ein Thermometer in jedem Abdampfstutzen in Wellenhöhe verwendet. Die beiden Thermometer zeigten genau gleich. Sollte beim Austritt aus der letzten Laufschaufelreihe Unterkühlung des Dampfes bestehen, wodurch ein dorthin gestelltes Thermometer eine Temperatur unter der Sättigungstemperatur anzeigen könnte, so müsste diese Unterkühlung in einiger Entfernung der Schaufeln doch bald verschwunden sein, wenn nicht die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfes ausserordentlich gross ist. Sehr grosse Geschwindigkeiten treten aber nicht auf, wenn der Abdampfstutzen formgerecht und für das Vakuum richtig bemessen ist. Bleiben die Geschwindigkeiten auf etwa 60 bis 70 m/sek und vermeidet man grosse lokale Strömungsgeschwindigkeiten, so sind die Druckunterschiede *im Stutzen* an verschiedenen Stellen in Wellenhöhe sehr gering und das Thermometer zeigt die Sättigungstemperatur für den herrschenden Druck. Eine Bestätigung dieser Meinung, dass die Druckunterschiede geringfügig sind, liegt darin, dass ja die zwei Thermometer unter sich genau gleich anzeigten, obgleich ihre Lagen, relativ zur Dampfströmung aus den Schaufeln, sehr verschieden waren.

Die *Messung des Kondensats* erfolgte durch Steinmüller-Wassermesser und zwar mit zwei Stück (je zwei Kübel) für die grössern Wassermengen. Wiederholte Eichungen dieser Messer hatten stets nur Korrekturen der Grössenordnung von 0,1 % ergeben; eine Nacheichung, anschliessend an die Versuche, wobei der Inhalt des Kübels in ein Gefäss auf einer Wage ausgegossen wurde, ergab das gleiche Resultat. Diese Messer sollen auch bei höhern Wassertemperaturen richtig messen; es stellte sich aber schon beim ersten Versuch mit Anzapfung, also mit warmem Kondensat, heraus, dass weniger Wasser gemessen wurde, als einerseits aus der Rechnung, andererseits aus den



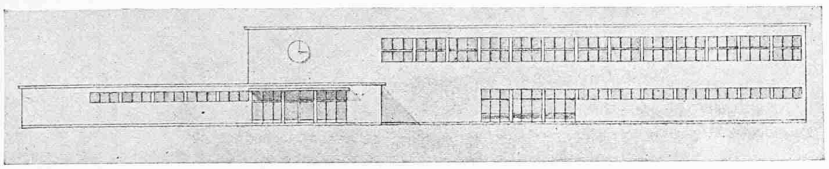
1. Rang (2800 Fr.) Entwurf Nr. 47. — Lageplan 1 : 2500.
Verfasser Arch. Hans Hofmann, Zürich.

Drücken in der Turbine zu erwarten war. Es wurde deshalb eine Nacheichung mit warmem Wasser vorgenommen. Bei der Kondensatmessung wurde die sich aus dem geringern spezifischen Gewicht des warmen Wassers, sowie die wegen Verdunstung (aus der Temperatursenkung des Wassers berechnet) notwendige Korrektur mit im Höchstfalle insgesamt 1,2 % in Rechnung gesetzt.

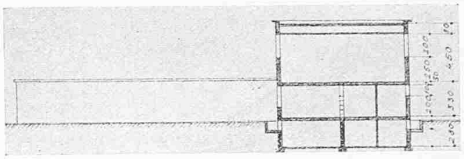
Die *elektrische Leistung* wurde mit geeichten Transformatoren und Instrumenten bestimmt; die geringfügigen Korrekturen sind berücksichtigt worden. Der Generator wurde nicht auf Wirkungsgrad untersucht. Die Wirkungsgrade in der Tabelle ergeben sich aus den berechneten Verlusten; der Wert des Wirkungsgrades muss als sehr wahrscheinlich genau betrachtet werden, einmal wegen der grossen Sicherheit der elektrischen Vorausberechnung, andererseits weil die Wirkungsgrade mehrerer moderner

Datum 1927	30. VIII.	30. VIII.	30. VIII.	31. VIII.	31. VIII.	31. VIII.	1. IX.	1. IX.
Anfang	14.50	15.46	16.30	9.25	10.30	14.58	10.27	15 55
Dauer	35′ 2″	25′ 30″	21′ 45″	38′ 40″	32′ 30″	27′ 41″	19′ 52″	28′ 14″
Leistung in kW	16778	16790	16885	11952	12060	7989	20038	16562
(1) Frischdampf at abs.	13,6	13,6	13,7	13,2	13,4	13,75	13,4	13,5
(1) Frischdampf °C	351	357	359	345	360	344,5	354,1	355,6
Düsendruck I at abs.	13,2	13,15	13,6	12,2	12,45	9,45	13,4	13,5
Düsendruck II at abs.	12,1	12	13	7,9	7,8	—	13,4	12,25
(2) Abdampf at abs.	0,0386	0,0385	0,0375	0,0329	0,037	0,0283	0,043	0,0465
Kondensat kg/h	76700	75600	78280	55970	55470	39000	91650	75800
Dampfverbrauch kg/kWh	4,572	4,50	4,63	4,68	4,6	4,88	4,57	4,58
Kühlwasser ein °C	17,8	17,8	17,9	18	18	18	18	18,8
Kühlwasser aus °C	24,5	24,5	24	22,9	25,1	21,5	25,9	28,7
Kondensat aus Kondensator °C	28	28	27	25,5	28	23,5	29.3	—
Kondensat aus Vorwärmer °C	—	—	81,8	—	—	—	—	—
Adiabatisches Gefälle von (1) auf (2) kcal/kg	239,1	241,2	242,5	241,4	242,8	245,9	237	235,2
Cos φ	0,81	0,81	0,78	0,76	0,82	0,78	0,84	0,8
Generator-Wirkungsgrad %	94,8	94,8	94,7	93,5	93,7	91,4	95,4	94,8
kg/kWh × Gefälle	1093	1085,4	*	1130	1116	1200	1083	1077
Thermodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf Gefälle (1) bis (2)	83	83,58	*	81,3	82,3	78,4	83,3	84,3
kcal/kWh	3310	3271	3122	3388	3352	3538	3312	3310

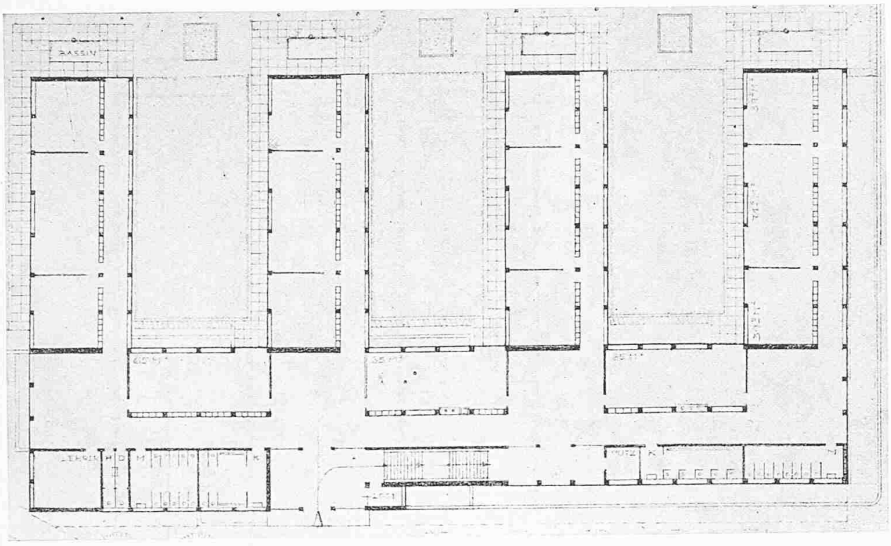
* mit Anzapfdampf-Kondensatvorwärmung.

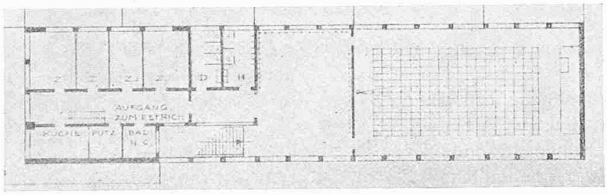


1. Rang, Entwurf Nr. 47. Hauptfront (N-O) gegen die Zentral-Strasse



Querschnitt durch Vortragsaal, 1 : 600.





1. Rang (2800 Fr.)
Entwurf Nr. 47.
Verfasser Hans Hofmann,
Architekt, Zürich.
Erdgeschoss, darunter
Obergeschoss, 1 : 600.

Wettbewerb für ein Kindergartenhaus in Zürich-Wiedikon.

Das hier geplante Kindergartenhaus kommt auf ein Grundstück zu stehen, dessen Form und „städtebauliche" Umgebung wohl an die schlimmsten Zeiten quartierplangeometrischer Geländezerschneidung im ehemaligen Aussersihl stammen, wie der Lageplan zum erstprämiierten Entwurf zeigt; die heutige Bauverwaltung ist dafür nicht verantwortlich. Das einzig Vorteilhafte der Situation liegt darin, das der Architekt ihr zuliebe keinerlei Aufwand zu treiben braucht. Laut Programm waren für acht Kindergärten acht Arbeitsräume von je 40 m² und vier Spielzimmer von je 70 m² vorzusehen; ausserdem ein Kindergartenhort-Lokal, zwei Speiseräume, ein Schülerbad usw. und, unabhängig vom Kindergartenbetrieb, ein Vortragsaal von etwa 250 m² Fläche.

Es waren 78 Entwürfe eingelaufen, von denen vier wegen grober Programmverstösse ausgeschlossen werden mussten. Von den übrigen schieden aus: im 1. Rundgang 8, im 2. Rundgang 36, im 3. Rundgang 16 Entwürfe und es kamen 14 in engste Wahl und zu eingehender Beurteilung. Wir beschränken uns hier wie gewohnt auf den Abdruck des Urteils über die prämiierten und die angekauften Projekte.

Aus dem Bericht des Preisgerichtes.

Um für die Kosten eine Vergleichsbasis zu schaffen, ist unter Ansatz eines Kubikmetereinheitspreises von 58 Fr. für jedes Projekt ein Ueberschlag ausgerechnet worden, ohne Berücksichtigung der Umgebungsarbeiten. Die so berechnete Kostensumme ist am Schlusse jeder Einzelbesprechung aufgeführt.

Nr. 47. „Spielhöfe". Der Verfasser trennt die vier Kindergartengruppen in ebensoviele selbständige eingeschossige Organismen mit dazugehörigen und ebenfalls getrennten Spielplätzen 12×24 m, hofartig angelegt und gegen die Zurlindenstrasse geöffnet. Reine Südostbeleuchtung aller Räume mit direkten Austritten ins Freie. Jeder Raumgruppe ist ein etwas üppiger Vorraum vorgelagert, von denen derjenige beim Haupteingang etwas besser belichtet sein dürfte. Dazwischen liegen die Speiseräume und das Hortlokal. Saal im Obergeschoss in guter Form mit zweiseitiger Beleuchtung und schönem Vorplatz; Abwartwohnung auf gleicher Höhe in zweckmässiger Anordnung. Hervorzuheben ist die separate Benützbarkeit des Saales. Das Aeussere entspricht dem Innern klar und eindeutig. Der Verfasser hat es verstanden, durch die Gliederung der Baukörper nach Einheiten, das Kindergartenhaus in intime Beziehung zum Spielhof zu bringen und gleichzeitig dem Masstab gerecht zu werden, der für die Pflege der Kleinen und die Uebersichtlichkeit der Einzelabteilungen erforderlich ist. Baukosten 670000 Fr.

Nr. 27. „Lilliput". Die Anordnung der zwei Gebäudetrakte längs der Gertrudstrasse und der Zentralstrasse ergibt eine zusammenhängende, grosse, nach Süden offene Spielhoffläche; der für

Generatoren gleicher Leistung nach tatsächlichen Messungen ähnliche Werte zeigen.

Die *Stopfbüchsendampfmenge* war so gering, dass eine Staurohrmessung versagte; sie wurde bei der Ausrechnung vernachlässigt. Auch die von der Strahlluftpumpe aus den Kondensatoren abgesaugte Dampfmenge wurde als verschwindend klein gefunden [1]).

Die nebenstehende Tabelle enthält alle Zahlen, wie sie aus den oben erwähnten Beobachtungswerten hervorgehen, gibt somit allen wünschbaren Aufschluss.

Die ermittelten Wirkungsgrade bezw. Wärmeverbrauche pro kWh bedürfen keiner weitern Besprechung. Es sei auf die Tabelle, sowie auf die Kurve der Abb. 2 verwiesen in der neben den Resultaten der Tabelle noch einige weitere Messpunkte eingezeichnet sind. Das $\Sigma u^2 z$ der Maschine beläuft sich auf $\pm$ 792000 und $\frac{\Sigma u^2 z}{\text{Gefälle}}$ auf etwa 3000.

[1]) Vergl. Stodola, „Z. V. D. I.", 1927, Seite 747.

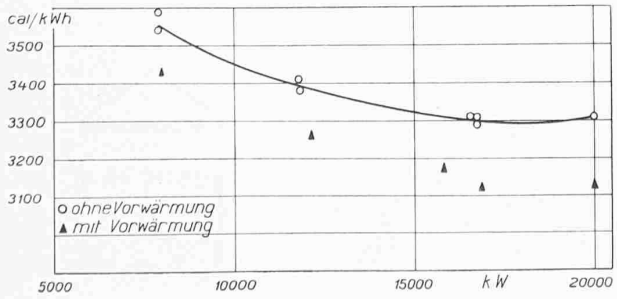


Abb. 2. Spezifische Wärmeverbrauchs-Werte.