

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 71/72 (1918)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Elektrische Wärmeerzeugung für industrielle Anlagen  
**Autor:** Rutgers, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-34745>

### **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:** 16.07.2025

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

INHALT: Elektrische Wärmeerzeugung für industrielle Anlagen. — Alt-schweizerische Brunnen-Röhren. — Die Erneuerung alter Städte. — Nekrologie: Hans von Muralt, August Haag. — Miscellanea: Umbau einer Dampfmaschine in einen Kompressor. Eisenbetonbau für Deckenbelastungen. Eidgenössische Kommission für elektrische Anlagen. Die Eisenerzförderung in den Vereinigten Staaten. Erweiterung

des Hafens von Drammen. — Konkurrenzen: Bebauungsplan Zürich und Vororte. Architektonische Gestaltung der Bauten für das bernische Kraftwerk Mühleberg. Einzel- und Doppelwohnhäuser für Angestellte und Arbeiter in Aarau. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 71. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 17.

### Elektrische Wärmeerzeugung für industrielle Anlagen.

Von Ingenieur F. Rutgers, Oerlikon.<sup>1)</sup>

Bis vor dem Kriege wurde die für industrielle Zwecke erforderliche Wärme meistens mittels Dampfkessel aus Steinkohle erzeugt. So kam für die Heizung der Räume und Werkstätten, für Heizung in Fabrikationsprozessen, in chemischen Fabriken, in Schlichtereien, Appreturanlagen, Färbereien, Wollwäschereien, Schokoladefabriken u. s. w. fast immer Dampf zur Anwendung. Für einzelne Zwecke waren Gasheizungen in Gebrauch, nur in wenigen, ganz besondern Fällen kam die elektrische Erwärmung in Frage.

Das Haupthindernis für die Anwendung der elektrischen Heizung erblickte man in dem zu hohen Preis der Kilowattstunde. Man ging davon aus, dass 1 kg Steinkohle bei der Verbrennung rund 7000 cal erzeugt, während 1 kWh, in Wärme umgewandelt, nur 860 cal liefert. Das theoretische Verhältnis zwischen der Wärmemenge eines kg Kohle und einer kWh-Stunde ist somit etwa 8 : 1. Man nahm allerdings an, dass im allgemeinen der Wirkungsgrad der elektrischen Heizung höher sein würde, als der der Kohlen- bzw. Dampfheizung, und rechnete deshalb meistens mit einem Verhältnis von 6 : 1. Um rationell elektrisch heizen zu können, durfte 1 kWh somit nur den sechsten Teil des Preises eines kg Kohle kosten. In einem in der „Schweiz. Bauzeitung“, Band LXX, S. 21 (24. Nov. 1917), erschienenen Aufsatz habe ich noch mit einem Verhältnis von etwa 5,5 : 1 gerechnet. Seither habe ich verschiedene, bisher mit Dampf geheizte Anlagen und Apparate für elektrische Heizung umgebaut, wobei die Messungen ergeben haben, dass manche mittels Dampf geheizte Anlage unter den Verhältnissen der Praxis mit viel weniger hohem Wirkungsgrad arbeitet, als anfänglich angenommen wurde. Bei näherer Prüfung konnte ich als Verhältnis zwischen tatsächlich verwendetem Kohlenquantum und Anzahl für den gleichen Zweck, unter gleichen Verhältnissen, verwendeter Kilowattstunden 4 : 1, ja 3 : 1, in einzelnen Fällen sogar noch weniger finden. Bis jetzt wurde namentlich die Tatsache zu wenig beachtet, dass viele Anlagen, z. B. Werkstattheizungen, chemische Verfahren usw. nur intermittierend in Betrieb sind, und dass Vergleichsrechnungen nur unter sorgfältiger Berücksichtigung dieses Umstandes gemacht werden können. Nehmen wir z. B. an, eine Dampfkesselanlage diene zur Heizung einer Fabrik. Im Winter wird vielleicht vormittags von 4 oder 5 Uhr bis etwa

8 oder 9 Uhr geheizt, eventuell am Nachmittag noch eine Stunde. Die Dampfkessel sind dabei den ganzen Tag mehr oder weniger unter Druck; morgens um 3 Uhr wird wieder voll aufgeheizt, damit um 4 Uhr der für die Heizung notwendige Druck herrscht.

Ueberlegt man sich nun genauer, wie viele Wärmeverluste auftreten während den vielen Stunden, in denen keine Heizung benötigt wird, wobei oft noch, infolge der zeitweisen Verwendung kleiner Dampfmen gen für besondere Zwecke, die Rohrleitungen grösstenteils unter Dampfdruck bleiben, so ergibt sich ohne weiteres, dass der Gesamtwirkungsgrad auch bei Dampfkesseln, die an und für sich vorzüglich sind, oft sehr klein wird, wenn man die während 24 Stunden nützlich verwendete Wärmemenge (nämlich nur 3 bis 4 Stunden Heizung) vergleicht mit den Verlusten in den Kesseln und Rohrleitungen während 24 Stunden. Demgegenüber verbraucht die elektrische Heizung nur Strom während der Zeit, in der sie tatsächlich eingeschaltet ist; während den übrigen Stunden treten gar keine Verluste ein. Man versteht nun ohne weiteres, dass, wie es die Messungen ergeben haben, oft nicht 5 bis 6 kWh als Äquivalent für 1 kg aufgewendet werden müssen, sondern in vielen Fällen nur etwa 3 kWh oder noch weniger.

Noch günstiger liegen die Verhältnisse für elektrische Heizung in Fabrikationsprozessen, bei denen während des Sommers für einzelne spezielle Zwecke Wärme in oft sehr geringen Mengen benötigt wird, wobei aber die Verluste teilweise fast die gleichen sind, wie bei vollem Betrieb. In einem solchen Fall habe ich auf Grund meiner Messungen feststellen können, dass dort, wo früher für eine Anlage im Sommer pro Tag etwa 400 kg Kohle verfeuert wurden, nach Umbau auf elektrische Heizung für den gleichen Zweck etwa 575 kWh pro Tag benötigt worden sind. Heute kosten nun 400 kg Kohle rund 60 Fr., während 575 kWh zu 6 bis 7 Cts. nur 35 bis 40 Fr. ausmachen. Sogar bei einem Strompreise von 8 bis 10 Cts./kWh kann man in diesem Fall noch billiger elektrisch heizen, als mit Kohle. Dabei sind bei Neuanlagen die Anlagekosten der elektrischen

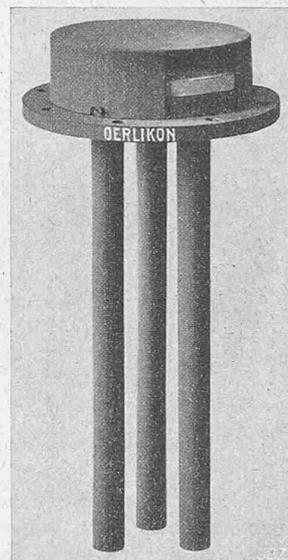


Abb. 4. Elektr. Eintauch-Heizkörper.

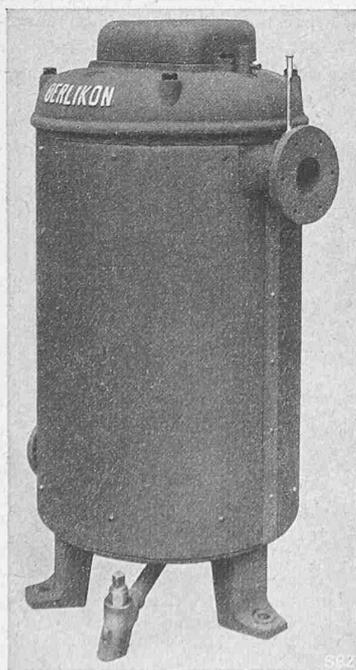


Abb. 1. Elektrischer Durchflusskessel für Warmwasserbereitung.

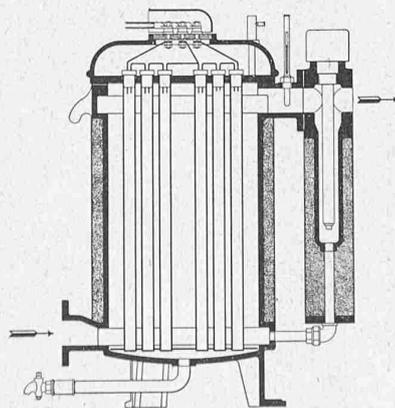


Abb. 2. Elektrischer Durchflusskessel mit angebaufem Temperaturbegrenzer. — Querschnitt 1 : 20.

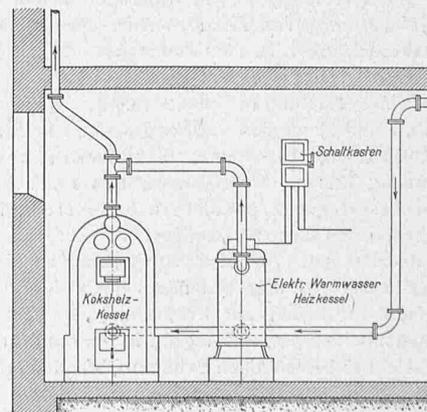


Abb. 3. Schema einer Warmwasser-Zentralheizungsanlage mit elektrisch geheiztem Hilfskessel von etwa 30 kW.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten am 6. März 1918 im Zürcher Ing.- u. Arch.-Verein.

schen Heizung viel geringer, als für Dampfheizung. Auch der Umbau bestehender Anlagen auf elektrische Heizung verursacht keine sehr grossen Kosten.

Dieses eine Beispiel zeigt, dass das Vorurteil, die elektrische Energie sei für Heizungszwecke zu teuer, in vielen Fällen nicht stichhaltig ist. Sache des Ingenieurs ist es, zu prüfen, wo die elektrische Heizung am vorteilhaftesten ist. *Ganz unrichtig* ist es, allgemein zum Vergleich von einem bestimmten Preis für z. B. eine Million Kalorien bei Kohlenheizung und für eine Million Kalorien in Form von elektrischer Energie zu sprechen.

Im allgemeinen sind in erster Linie jene Anlagen zu elektrifizieren, in denen die Wärme nicht während der ganzen Arbeitszeit, sondern nur für einige Stunden, sei es für Raumheizung, sei es für Fabrikationszwecke, benötigt wird. Es besteht hier eine gewisse

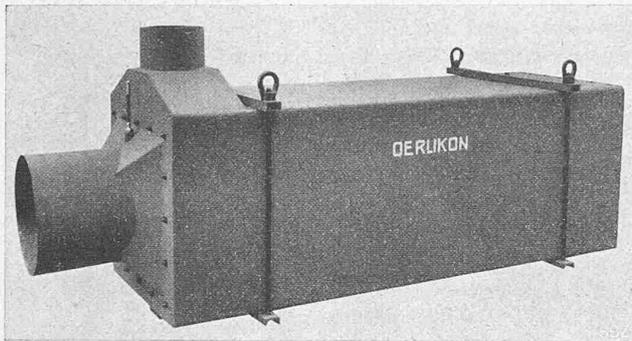


Abb. 5. Transportabler elektrischer Luftherhitzungs-Apparat.

Parallele mit den Elektromotoren, die auch in vielen Fällen die Dampfmaschinen und Wärmekraftmaschinen deshalb verdrängt haben, weil die Verluste in den Haupttransmissionen und die Verluste in den Betriebspausen bei elektrischem Betrieb wegielen und diese Verluste einen viel grösseren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, als der Preis des *kg* Kohle oder der *kWh*. Dabei sind zunächst jene Fälle am wirtschaftlichsten, wo die elektrische Energie an derjenigen Stelle in Wärme umgewandelt wird, wo sie benötigt wird. In zweiter Linie kommen die Fälle, in denen z. B. eine Gruppe Wärmeverbraucher von einer in der Nähe befindlichen gemeinsamen elektrischen Wärmeerzeugungsstelle aus bedient werden kann, z. B. mittels Luftheizung, Warmwasserheizung oder eines besonders, in nächster Nähe aufgestellten elektrischen Dampfkessels, dort, wo Dampf unbedingt erforderlich ist. In dritter Linie kommt die Aufstellung zentraler elektrischer Dampfkesselanlagen in Betracht, wenn direktere elektrische Wärmeanwendung nicht ausführbar ist.

\*

Ich gehe nun zur Beschreibung der wesentlichsten Typen von Wärmeapparaten über, die für industrielle Zwecke heute zur Verfügung stehen. Wenn ich dabei vorwiegend Konstruktionen der Maschinenfabrik Oerlikon behandle, so liegt dies daran, dass mir dieses Material als Leiter der dortigen Abteilung für elektrische Heizung am leichtesten zur Verfügung stand.

Als erste Gruppe von Apparaten nenne ich jene zur *Erwärmung von Flüssigkeiten*. Es gibt da Durchflusssessel, die z. B. zum Aufheizen und zur Speisung von Boilern mit heissem Wasser dienen, wobei vorzugsweise Nachtstrom benützt wird. Diese Apparate (Abb. 1 und 2) werden z. B. angewendet in Brauereien, Textilfabriken, Färbereien, Wäschereien, chemischen Fabriken, Bädern, Hotels usw., sowie als Zentralheizungskessel event. parallel zu bestehenden für Koks vorgesehenen Zentralheizungen, für Bureaux und Gebäude aller Art. Auf diese Anwendung als Zentralheizungskessel sei hier besonders hingewiesen (Abb. 3). Ausserdem dienen zur Erwärmung von Flüssigkeiten Eintauchheizkörper, vorwiegend in Röhrenform (Abb. 4), die leicht in bestehenden Behältern, Wannen und Bädern aller Art eingebaut werden können.

Zur *Erwärmung von Luft* dienen vorzugsweise Gussheizkörper, wie sie in der „Schweizerischen Bauzeitung“ schon früher beschrieben wurden (siehe z. B.

Band LXX, S. 246, vom 24. Nov. 1917). Ausser für Trockenanlagen und Raumheizungen mit und ohne künstliche Luftbewegung durch Ventilatoren dienen sie auch für die verschiedenen Zwecke der direkten Heizung in Fabrikationsprozessen, z. B. für Appretur u. dgl. Neben Gussheizkörpern stehen auch Drahtspiralheizkörper in den verschiedensten Anordnungen, sowie lineare oder spiralförmige Leiter in Röhren usw. zur Verfügung. Zum direkten Einbau in bestehende Maschinen hat sich die elektrische Heizung bezüglich Raumbedarf und Anpassungsfähigkeit als sehr geeignet erwiesen. Ich erwähne nur, aus der Textilindustrie, den direkten Einbau in Schlichtmaschinen, der sich vorzüglich bewährt hat.

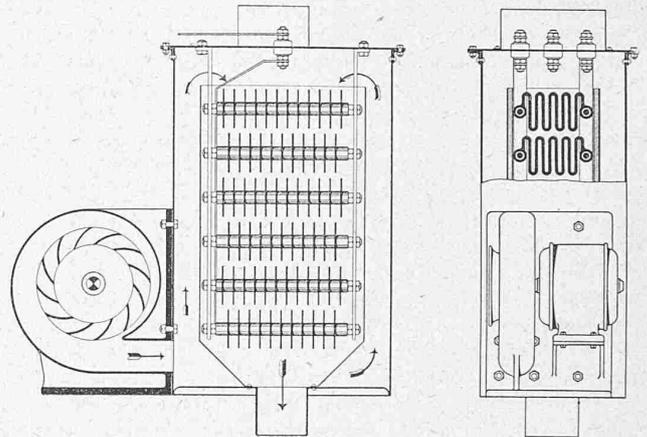


Abb. 6. Transportabler Luftherhitzungs-Apparat für Giessereien. — Schnitt 1:20.

Eine neue und ganz besonders zweckmässige Anwendung der Gussheizkörper hat sich neuerdings in der Giesserei eingeführt, indem die zum Trocknen der Formen verwendete Luft statt wie bisher z. B. durch einen kleinen transportablen Koksofen, nunmehr durch elektrische Heizkörper (Abb. 5 bis 7) getrieben wird. Dabei fällt jede Belästigung der Arbeiter durch die oft giftigen Gase des früheren Verfahrens fort und wird jede Verunreinigung der Form durch Asche und Koksteilchen vermieden. Dadurch werden wiederum die sonst so unangenehmen Nacharbeiten an den Formen auf ein Minimum herabgesetzt. Das Trocknen der Formen geschieht meistens mit billigem Nachtstrom. Da die Versuche gezeigt haben, dass für 1 *kg* früher verfeuerten Koks etwa 3 bis 4 *kWh* aufgewendet werden müssen, und die Transportkosten des Koks wegfallen, so stellt sich das elektrische Formtrocknen zur Zeit sogar billiger als mit Koks. Der Apparat ist so gebaut, dass die kalte Luft zuerst einen Doppelmantel durchströmt und dort schon vorgewärmt wird. Dadurch wird erreicht, dass der Apparat trotz der hohen Temperatur im Innern aussen ganz kühl bleibt und keine Wärme nach aussen verliert.

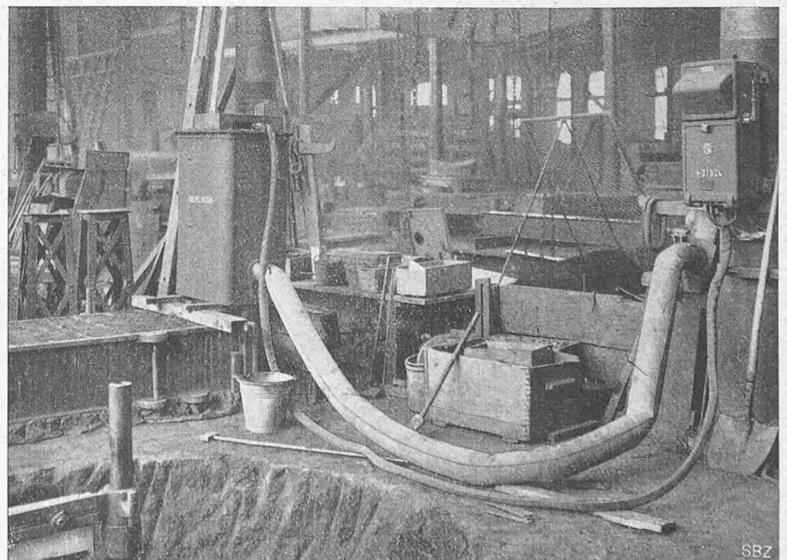


Abb. 7. Elektrischer Luftherhitzungs-Apparat zum Trocknen der Formen in einer Giesserei.

Eine weitere spezielle Anwendung der Gussheizkörper bilden die fahrbaren Luftherzungsapparate (Abb. 8 und 9), z. B. für Trockenzwecke, zusammengebaut mit Elektroventilatoren, sowie ein Apparat für Zirkulations-Luftheizung für Werkstätten (Abb. 10, S. 184), bei dem ebenfalls Heizung und Ventilator vereinigt sind.

Erwähnt sei ferner eine neue Art der Raumheizung, bestehend in der Anwendung linear ausgedehnter elektrischer Heizleitungen, die ähnlich wie Niederdruckdampfheizungen durch den ganzen zu heizenden Raum geführt werden. Diese Körper werden in röhrenförmigen Einheitsstücken von je etwa 3 m Länge hergestellt.

Eine besondere Gruppe von Apparaten dient zur *Dampf-Erzeugung*. Für einzelne Zwecke ist bekanntlich Dampfheizung unerlässlich, z. B. für gewisse chemische Verfahren, da es hier nicht nur auf die nötige Wärmemenge, sondern auch auf den Druck ankommt, weil die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion eine Funktion des Druckes ist.

Zur Erzeugung von Dampf werden meist Röhrendampfkessel benützt (Abb. 11 und 12), bei denen die Heizkörper in den Siederöhren direkt eingebaut sind. Solche Kessel haben den grossen Vorteil, dass sie mit einem genügenden Wasserinhalt gebaut werden können, um auch bei konstanter Zufuhr von elektrischer Energie Schwankungen in der Dampfentnahme zu gestatten, was mit Rücksicht auf die Stromlieferung, sowie auf die Ausnützung billigen Nachtstromes wichtig ist. Andere Konstruktionen, so z. B. Elektroden-Dampfkessel, haben die Eigenschaft, dass die zugeführte elektrische Leistung von der Dampfentnahme abhängig ist, was nicht immer erwünscht erscheint. Auch haben derartige Kessel den Nachteil, dass ein Pol, oder bei Drehstrombetrieb der Nullpunkt, an Erde liegt, was von den meisten Elektrizitätswerken der Schweiz nicht gestattet wird.

Für die Erzeugung von verhältnismässig kleinen Dampfmen gen oder für Warmwasserbereitung (z. B. Arbeiterbäder) in bestehenden Kesselanlagen, sowie zum Unterdruckhalten der Kessel kommen die bekannten, sogenannten Kesselbereitschaftsheizungen in Betracht, die schon früher (Band LXVII, Seite 182, 8. April 1916) in der „Schweiz. Bauzeitung“ beschrieben wurden. Sie gestatten bei billiger elektrischer Kraft, z. B. Nachtkraft, grosse Ersparnisse an Kohle.

Eine Reihe von Spezialkonstruktionen bestehen ferner für besondere Industrien, z. B. Destillierapparate, Brotbacköfen usw.; es würde jedoch zu weit führen, diese hier alle zu beschreiben.

Es sei hier noch ein Wort gesagt über die *Wärmeakkumulierung*. Im Grossen bietet sie bei geringen Anlagekosten noch manche Schwierigkeiten. Bis jetzt wurden Anlagen mit Wasser, Öl oder Ziegelmauerwerk ausgeführt. Für kleine Zimmeröfen werden vielfach Speckstein- oder andere Steinplatten verwendet.

In vielen Fällen ist die Wärmeakkumulierung auch dort, wo nur Nachtstrom für Heizung zur Verfügung steht, unnötig, z. B. wenn die Heizung sowieso nicht ganz elektrisch durchgeführt werden

kann. Muss neben der elektrischen Heizung noch mit Kohlen geheizt werden, so heizt man oft vorteilhaft nachts direkt elektrisch und tagsüber mit Kohlen. Auch der elektrische Nachtbetrieb der Heizungsampfkessel ist empfehlenswert. In der weniger kalten Jahreszeit genügt dann die auf diese Weise in den Ampfkesseln akkumulierte Wärme für die Nacht- und Tagesheizung. In einzelnen, weiter von den Kesseln entfernten Räumen können mit Vorteil Einzel-Akkumulieröfen verwendet werden.

Da die Schweiz die Möglichkeit hat, viele Wasser-Akkumulierungsanlagen zu bauen, sollte die Zukunft in der Richtung liegen, dass statt Wärmeakkumulierung im Grossen, möglichst Wasser-Akkumulierung unserer Elektrizitätswerke erstrebt wird, insbesondere durch Kombination von Niederdruckwasseranlagen an unseren

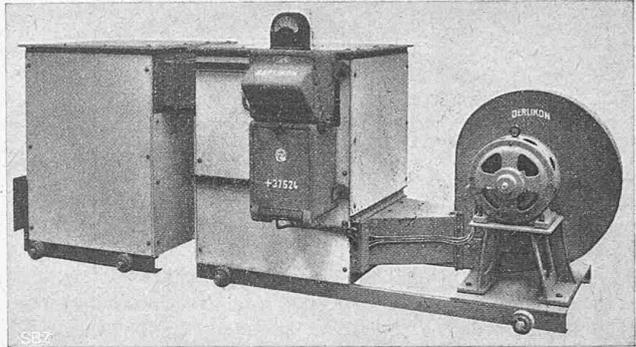


Abb. 9. Fahrbarer elektrischer Luftherzungs-Apparat für Trockenzwecke.

grossen Flüssen mit Stauseen im Gebirge. Für gewisse Zwecke, z. B. Raumheizung während der Lichtzeit, Kochen mit Nachtstrom, wird aber eine gute und billige Wärmeakkumulierung immer Vorteile bieten. Vielleicht gelingt es durch Anwendung der Schmelzwärme und dergleichen, oder insbesondere der chemischen Dissoziationswärme, den Raumbedarf und die Anlagekosten der Wärmeakkumulierung zu vermindern.

\*

Die *Berechnung des nötigen Energiebedarfes* für elektrische Erwärmung in der Industrie verlangt grosse Erfahrung und genaue Kenntnis der einzelnen Industrien. In einzelnen Fällen, z. B. für Erzeugung eines bestimmten Quantum heissen Wassers oder Luft und dergl., ist die direkte Vorausberechnung leicht ausführbar. Zur Berechnung des Wärmebedarfes für die Raumheizung bestehen Methoden und Formeln (siehe z. B. Rietschel), die aber meist sehr umständliche Rechnungen verlangen. Ich möchte hier auf die meines Wissens für die Technik neue Methode hinweisen, die ich seit geraumer Zeit mit grossem Vorteil anwende, wenn es sich um die Elektrifizierung der Heizung bestehender Anlagen handelt oder z. B. um das Unterdruckhalten von Ampfkesseln. Es ist dies eine rein experimentelle Methode, die von der Beobachtung der Abkühlung des sich selbst überlassenen Objektes ausgeht, und die ich als Methode der Abkühlungskurve bezeichnen möchte.

Die experimentelle Bestimmung der Abkühlungsverluste ist in der Physik namentlich bei der Handhabung des Kalorimeters von Bedeutung. Die dort angewendeten Methoden lassen sich leicht auf technische Probleme übertragen. Ich will dies hier kurz an einem Beispiel erläutern und wähle dazu die Vorausberechnung der Grösse der elektrischen Heizung, die zum Unterdruckhalten einer bestehenden Ampfkessel-Anlage erforderlich sei.

Denken wir uns im Innern des Flammrohres eines Cornwallkessels einen elektrischen Heizkörper aufgestellt. Wollten wir nun nach den bekannten physikalischen Methoden mit Hilfe von Emissions- und Strahlungskoeffizienten einerseits den Wärmeübergang von den Heizkörpern zur Luft, von dort ins Flammrohr, von dort ins Wasser usw. verfolgen, und andererseits die Abkühlung des Wassers durch die Wandungen hindurch an die umgebenden Rauchkanäle und durch das Mauerwerk an die Luft des Kesselhauses, so erhielten wir

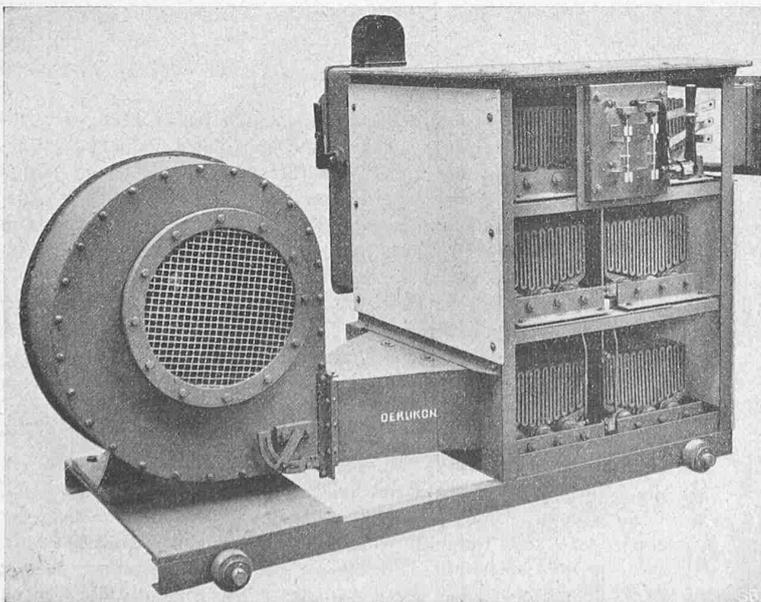


Abb. 8. Fahrbarer elektrischer Luftherzungs-Apparat für Trockenzwecke.

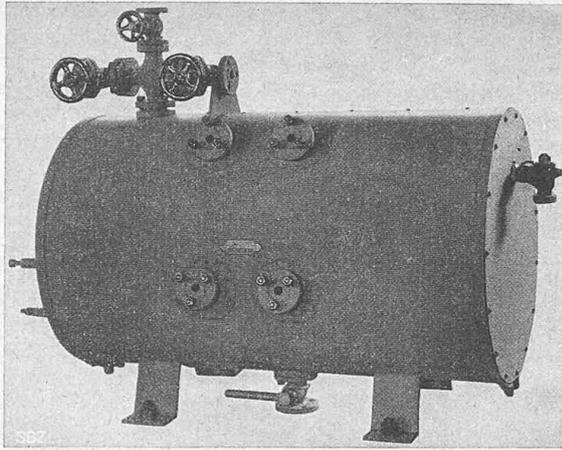


Abb. 11. Elektrisch geheizter Röhrendampfkessel.

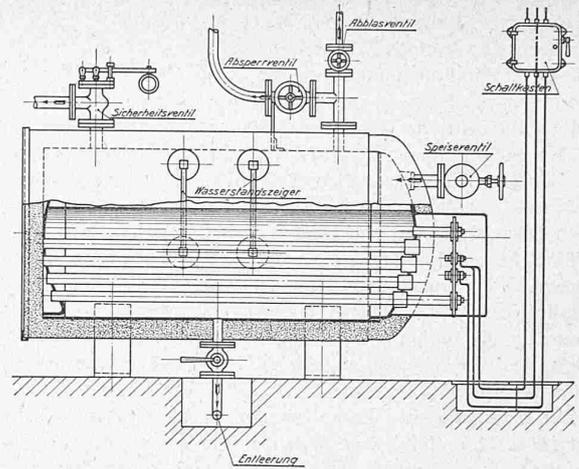


Abb. 12. Schemat. Schnitt durch einen elektr. geheizten Röhrendampfkessel.

eine solche Menge von Gleichungen mit so vielen unbekanntenen Temperaturen usw., dass sich eine technisch brauchbare Methode nicht ergeben würde.

Ich ersetze nun für die Rechnung den ganzen Dampfkessel mit Wasserinhalt und Mauerwerk durch einen einfachen prismatischen Körper von der gleichen äusseren Oberfläche wie das Kesselmauerwerk. Die Abkühlung dieses Körpers ist proportional der Zeit  $z$ , der gesamten Oberfläche  $O$ , der Differenz zwischen der Temperatur des Wasserinhaltes  $t$  und der Temperatur im Kesselhaus  $t_a$  und einer Konstanten  $E$ , die ich Abkühlungskonstante nennen will. Die in der Zeit  $dz$  nach aussen abgegebene Wärmemenge ist somit

$$E \cdot O \cdot (t - t_a) \cdot dz.$$

Diese Wärmemenge ist aber andererseits gleich der Aenderung des Wärmeinhaltes des ganzen Systems. Der Wärmeinhalt des Systems setzt sich zusammen aus den Produkten der Gewichte

jedes einzelnen Teiles und seiner spezifischen Wärme, multipliziert mit seiner Temperatur, in unserem Falle also im wesentlichen aus folgender Summe: Wassergewicht  $\times$  spezifische Wärme des Wassers  $\times$  Wassertemperatur + Eisengewicht  $\times$  spezifische Wärme des Eisens  $\times$  Eisen-Temperatur + Gewicht des Mauerwerks  $\times$  dessen spezifische Wärme  $\times$  dessen mittlere Temperatur. Da alle einzelnen Temperaturen von der Wassertemperatur abhängig sind, genügt es, als Annäherung die Summe aller Produkte aus Gewichten und zugehöriger spezifischer Wärme zu bilden und diese Summe mit der Wassertemperatur  $t$  zu multiplizieren. Der Wärmeinhalt des Kessels ist dann  $(\Sigma G \cdot c)$ . Die Aenderung der Wassertemperatur in der Zeit  $dz$  sei  $dt$ ; dann ist der Wärmeverlust des Kessels in der Zeit  $dz$   $(\Sigma G \cdot c) \cdot dt$ , und diese Wärmemenge ist gleich der vorhin berechneten, an die Umgebung abgegebenen Wärme. Wir erhalten somit die Differenzialgleichung

$$(\Sigma G \cdot c) dt = E \cdot O \cdot (t - t_a) dz$$

als Beziehung zwischen Wassertemperatur im Kessel und Zeit. Die Auflösung dieser Gleichung ist leicht und ergibt, wenn wir zur Vereinfachung die Uebertemperatur gegenüber der Umgebung (mit der Bezeichnung  $\tau$ ) einführen, die Gleichung für diese Uebertemperatur in Funktion der Zeit (Abkühlungskurve):

$$\tau = \tau_0 \cdot e^{-\frac{E \cdot O}{\Sigma G \cdot c} z}$$

wobei  $\tau_0$  die Uebertemperatur zur Zeit  $z = 0$  ist. Liegt die Abkühlungskurve durch direkte Beobachtung vor, so lässt sich nun die Verlustkonstante  $E$  bestimmen als

$$E = \frac{\Sigma G \cdot c}{z \cdot O} \ln \frac{\tau}{\tau_0}$$

Die so gefundene Konstante  $E$  stellt den Wärmeverlust des Kessels dar pro m<sup>2</sup> Kesselmauerwerk-Oberfläche, pro Zeiteinheit und pro 1° C Uebertemperatur des Kesselwassers gegenüber der Umgebung (Kesselhaus).

Mit Hilfe der Konstanten  $E$ , die durch Beobachtung der Abkühlungskurve gewonnen wurde, kann nun der stündliche Wärmeverlust und damit die zum Unterdrückhalten des Kessels nötige Energie für jeden gewünschten Kesseldruck bestimmt werden. Ausgeführte Anlagen haben gezeigt, dass diese Vorausberechnung dem wirklichen Energieverbrauch trotz den vielen vereinfachenden Annahmen genügend genau entspricht.

Die besprochene Methode der Abkühlungskurve lässt sich für viele Zwecke anwenden, und die fortgesetzte Bestimmung dieser Abkühlungskonstanten bei den verschiedensten Heizungsproblemen gibt auch die nötigen Erfahrungsgrundlagen zur Vorausberechnung, dort, wo keine Abkühlungskurve aufgenommen werden kann.

\*

Als Beispiel einer ausgeführten Gesamtanlage möchte ich die Elektrifizierung des Wärmebedarfes einer Textilfabrik (Spinnerei, Weberei und Schlichterei) kurz erläutern. Die Raumheizung der Spinnerei (vergl. Abb. 13) wurde im Zusammenhang mit der Luftbefeuchtung ausgeführt. Zu diesem Zwecke ist in einem Räume unter dem Erdgeschoss ein Ventilator aufgestellt, der die Luft an den elektrischen Heizkörpern vorüber in einen Warmluftkanal drückt. Von hier geht eine Abzweigung A ab für jene Räume, die

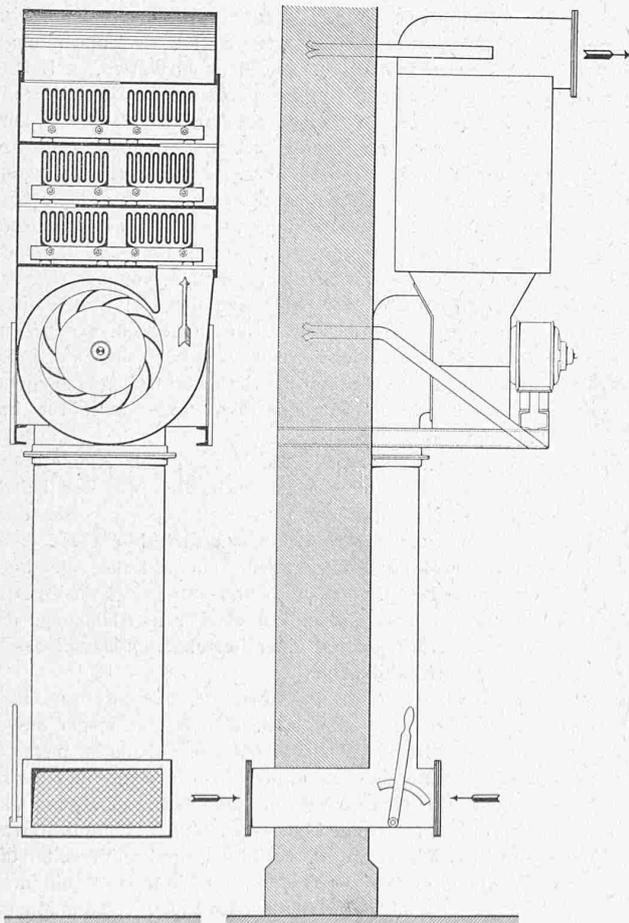
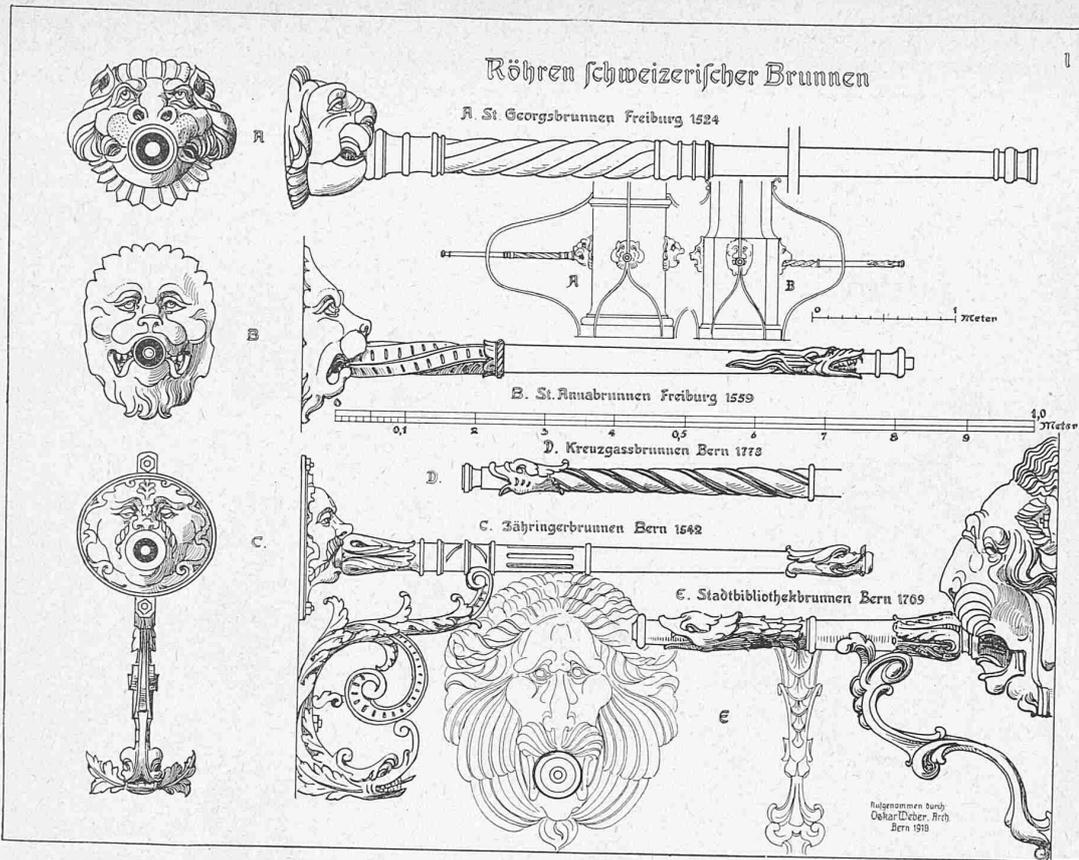


Abb. 10. Apparat für elektr. Zirkulations-Luftheizung in Werkstätten. — 1 : 30.



Anlagen die Wirtschaftlichkeit der elektrischen Wärmeerzeugung weit grösser ist, als wir noch vor einem Jahre angenommen haben.

Es wird infolgedessen möglich sein, dass wir uns in der Schweiz durch Ausnützung unserer Wasserkräfte noch in höherem Masse vom Auslande unabhängig machen, als wir bisher angenommen haben. Jedes kg Kohle, das durch elektrische Wärme ersetzt wird, bedeutet einen Schritt in dieser Richtung, und für den Ingenieur ist es eine Freude, wenn es ihm die Verhältnisse gestatten, hier mitzuwirken. Haben wir doch Alle in diesen schweren Zeiten in erhöhtem Masse den Wunsch, durch unsere Arbeit der Gesamtheit, wenn auch in noch so bescheidener Weise, nützlich zu sein.

mit trockener Luft geheizt werden sollen, z. B. die Carderie und eventuell die Bureaux. Der Hauptteil der Luft durchströmt die im Kanal aufgestellten Befeuchtungsbrausen F und wird durch einen aufsteigenden Schacht B mit Abzweigungskanälen den einzelnen Spinnsälen zugeführt. Infolge der von den Spinnmaschinen erzeugten Eigenwärme genügt für die meisten Spinnereien die Heizung vorwiegend oder ganz mit Nachtstrom. Die in den Sälen abgekühlte Luft wird auf der andern Seite des Gebäudes durch einen Schacht abgesaugt und dem Ventilator wieder zugeführt; dabei hat man es in der Hand, durch entsprechendes Verstellen der Klappen M und N diese Luft teilweise ins Freie entweichen zu lassen und durch Frischluft zu ersetzen. Im Winter kann tagsüber das Luftbefeuchtungswasser durch einen elektrischen Durchflusskessel vorgewärmt werden.

Die *Weberei* wird direkt durch eingebaute Gussheizkörper, event. mit Zirkulation der Luft im Saal selbst, oder mittels elektrischer Röhrenheizkörper geheizt. Die *Schlichterei*, in der die Fäden durch Tränken mit einer kleisterähnlichen Schlichtmasse und nachherigem Abstreifen und Trocknen geglättet werden, wird wie folgt elektrisch bedient: In den Schlichtmaschinen selbst sind direkt elektrische Heizkörper mit passender Regulierfähigkeit eingebaut. Für das Kochen der Schlichtmasse wurde ein besonderer kleiner Dampfkessel im Schlichtraum aufgestellt, sodass die Wärmeverluste auf ein Mindestmass reduziert sind.

Wenn die betreffende Anlage teilweise über eigene Wasserkraft verfügt, sind die Kosten des elektrischen Betriebes sehr gering. Aber auch bei Bezug des Stromes stellen sich heute die Kosten infolge des vorzüglichen Wirkungsgrades der elektrischen Anlagen nicht höher als bei Betrieb mit Kohle.

In der geschilderten Weise kann sich manche Textilfabrik vollständig von der Kohlenzufuhr unabhängig machen; bei vielen Fabriken ist dies wenigstens im Sommer für die Schlichterei möglich. Das Stilllegen der Dampfkesselanlage während des Sommers lässt sich in vielen Anlagen leicht durch Einführung der elektrischen Heizung erreichen, und sollte, da es grosse Kohlenersparnis mit sich bringt, überall unbedingt angestrebt werden.

Zum Schlusse möchte ich als Ergebnis meiner bisherigen praktischen Erfahrung betonen, dass bei sorgfältigem Studium der

**Alt-schweizerische Brunnen-Röhren.**

(Zu den Abbildungs-Gruppen I, II und III, Seiten 185 bis 187.)

Die Schönheit einer grossen Zahl unserer schweizerischen Brunnen ist schon öfters in Fachzeitschriften und literarischen Arbeiten gewürdigt worden; allgemeine Form der Brunnen, die Bedeutung der sie bekrönenden Figuren, Aufstellungsart und Lage im Strassenbild und die Form der Brunnenbecken haben schon ihre Behandlung gefunden. Die öffentlichen Brunnen sind aber im Lauf der Zeit mehr und mehr zu einem blossen Zierstück geworden, weil durch die Einführung des Hochdruckwassers in die Mehrzahl der

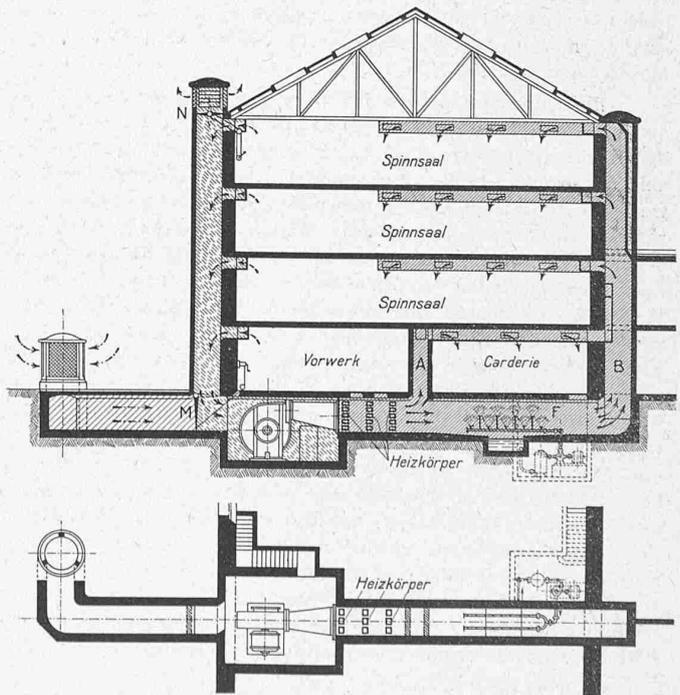


Abb. 13. Elektrische Heizungsanlage in einer Spinnerei. — Schnitte 1: 400.