

Abwärme-Verwertung

Autor(en): **Hottinger, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77/78 (1921)**

Heft 22

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37357>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT Abwärme-Verwertung. — Binnenschiffahrtwege im nordamerikanischen Osten. — Ueber fehlerhafte Torfoleum-Anwendung. — † Professor Rudolf Escher. — Technische Grundlagen zur Beurteilung schweizer. Schiffahrtfragen. — Feuilleton: Von der XXXVI. Generalversammlung der G. E. P. vom 3. bis 5. September 1921 im Tessin. — Miscellanea: Ausfuhr elektrischer Energie. Welttelegraphendenkmal in Bern. Schiffahrt

auf dem Oberrhein. Eine Technische Hochschule in Bandoeng auf Java. Simplon-Tunnel II. Schweizer Mustermesse 1922. — Konkurrenzen: Wehrmänner-Denkmal im Kanton Zürich. Entwürfe zu Telephonmasten. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Sektion Waldstätte. Stellenvermittlung. — An unsere Abonnenten.

Band 78.

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

Nr. 22.

Abwärme-Verwertung.

Von Privatdozent M. Hottinger, Ingenieur, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 252.)

Einige Beispiele für die wirtschaftliche Ausnützung von Abwärme.

In den nun folgenden Betrachtungen werde ich mich auf die Besprechung der Verwertung von Abwärme zu Heiz-, Trocken-, Warmwasserbereitungs- und ähnlichen Zwecken beschränken, muss aber an dieser Stelle doch auf die im Abschnitt „Ausnützung hoher Temperaturen“ erwähnte Abwärmeverwertung zur Kraftgewinnung noch einmal hinweisen, da es im allgemeinen nicht zweckmässig ist, Wärme, die zur Krafterzeugung dienen kann, für die genannten Zwecke zu verwenden. Ein solcher Fall liegt z. B. vor, wenn Rauchgase von 600 und mehr ° C zur

auf Rollwagen befördert wird. Ist dies der Feuergefahr oder der Russablagerung wegen ausgeschlossen, so kann mit ihnen auch indirekt Trockenluft erwärmt werden, sodass sie die Anlage schliesslich mit sehr niedrigen Temperaturen verlassen. Dabei kann unter Umständen die Zuhülfeaufnahme von künstlichem Zug erforderlich werden.

Steht die Wärme in Form von Dampf zur Verfügung, so lassen sich, wie bereits angedeutet wurde und später eingehend gezeigt wird, nennenswerte Vorteile erzielen, wenn derselbe zuerst in Dampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfhämmern, Dampfpresen usw. zur Arbeitsleistung verwendet, dadurch entspannt und erst hierauf als Abdampf zu Heizzwecken verwertet wird. Solche Anlagen sind wirtschaftlicher, als wenn durch ein Reduzierventil entspannter Heizdampf benützt oder in besondern Kesseln Hochdruckdampf für die Kraftmaschine und in andern Kesseln Niederdruckdampf für die Heizung erzeugt wird.

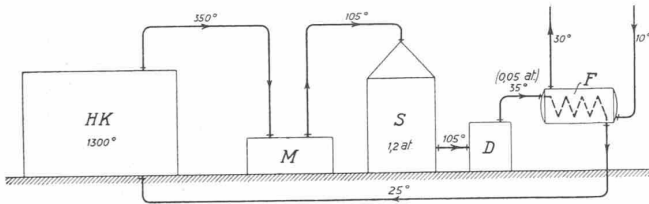


Abb. 9. Anlage mit Abdampfturbine zur möglichst weitgehenden Krafterzeugung. HK = Hochdruck-Dampfkessel, M = Dampfmaschine, S = Dampfspeicher, D = Niederdruck-Dampfturbine, F = Oberflächen-Kondensator.

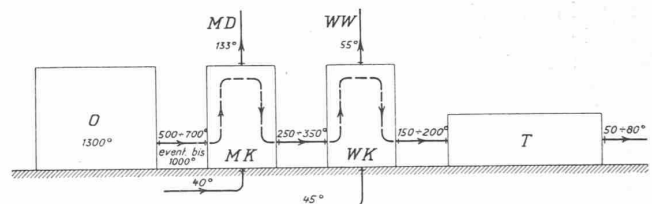


Abb. 10. Anlage mit möglichst weitgehender Benutzung der Wärme in drei Stufen. O = Feuerungsanlage, MK = Mitteldruck-Dampfkessel, WK = Warmwasserkessel, T = Trockenanlage, MD = Mitteldruck-Dampfleitung, WW = Warmwasserleitung.

Verfügung stehen, mit denen Hochdruckdampf erzeugt werden kann, der geeignet ist, in Dampfmaschinen, Dampfhämmern usw. Arbeit zu leisten, worauf der Abdampf immer noch zu andern Zwecken verwendet werden kann.

Abdampf lässt sich in gewissen Fällen auch noch vorteilhaft zur Krafterzeugung in Niederdruckturbinen heranziehen. Das Schema einer solchen Anlage ist in Abbildung 9 wiedergegeben. Um die Unregelmässigkeiten in der Dampflieferung der stossweis arbeitenden Maschine M auszugleichen, dient ein Abdampfspeicher S. Dampfturbinen eignen sich für solche Anordnungen besser als Kolbendampfmaschinen, da sie im Niederdruckgebiet besonders wirtschaftlich arbeiten. Als Dampf liefernde Maschinen kommen Kolbendampfmaschinen, Dampfhämmern, Dampfpresen, Walzenzugmaschinen usw. in Frage, doch arbeiten solche Anlagen in Hinsicht auf ihre Verzinsung und Abschreibung erst wirtschaftlich, wenn grössere Abdampfmengen, etwa 8000 kg/h zur Verfügung stehen. Beträgt der Abdampfdruck 1,2 bis 1,4 at abs., der Kondensatordruck 0,05 at abs., so sind, beispielsweise für eine 100 PS Niederdruckturbine, pro PS_e etwa 18 bis 20 kg Dampf zu rechnen.

Besonders wichtig ist auch hinsichtlich der wirtschaftlichen Ausnützung der Abwärme die Berücksichtigung ihres Temperatur-Niveau. Wenn in einem Betriebe z. B. Nieder- oder Mitteldruckdampf für Heiz- oder Kochzwecke, ferner heisses Wasser für Brauchzwecke und warme Luft zum Betriebe einer Trockenanlage benötigt werden und Abgase einer Feuerungsanlage irgend welcher Art mit beispielsweise 600° C zur Verfügung stehen, wird man diese, wie vorstehend angegeben, nach Abbildung 10 zuerst zur Dampferzeugung heranziehen, wobei sie sich vielleicht auf 250 bis 350° C abkühlen, hierauf bis auf 150 bis 200° C herunter zur Heisswasserbereitung verwenden und schliesslich in der letzten Stufe zur Trocknung ausnützen, indem man sie, wenn es geht, direkt durch die Trockeneinrichtung, z. B. einen Trockenkanal leitet, durch den das Trockengut

Bei Anordnungen nach Abbildung 11, wobei der Heizdampf zuerst mit hohem Druck einer Einrichtung, im vorliegenden Fall einem Vulkanisierkessel, zugeleitet wird, weil dieser eine entsprechend hohe Temperatur verlangt, hier zum Teil kondensiert, im übrigen durch ein in der Abbildung nicht eingezeichnetes Reduzierventil in einen Niederdruck-Dampfverteiler gelangt, von da zu Heizzwecken weiter verwendet wird, tritt eine Wärmeersparnis gegenüber getrennter Anordnung dagegen nicht auf, höchstens dadurch, dass bei Aufstellung von einem gemeinsamen Hochdruck-Kessel die Kesselverluste kleiner ausfallen und grössere Einfachheit im Betrieb erzielt wird. Handelt es sich um grössere Verhältnisse, so kann jedoch unter Umständen auch bei solchen Anlagen statt des Reduzierventiles eine Kraftmaschine einschaltet werden.

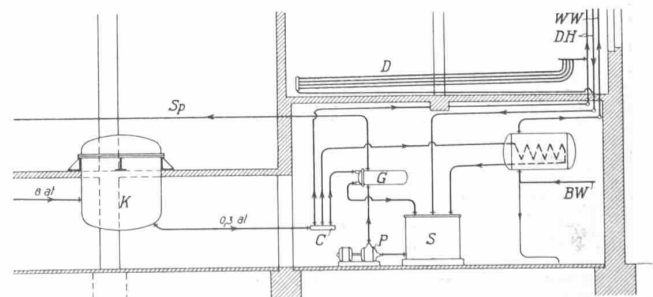


Abb. 11. Dampfausnutzung in zwei Stufen in einer Vulkanisieranstalt. K = Vulkanisierkessel, C = Niederdruck-Dampfverteiler, G = Gegenstromapparat zum Vorwärmen des Speisewassers, Sp = Speisewasserleitung, P = Speisepumpe, S = Kondenswasser-Sammelreservoir, WW = Warmwasserversorgungs-Anlage, BW = Brauchwasserleitung, DH = Niederdruck-Dampfheizung.

In einem andern Fall, z. B. in einer Bierbrauerei, stehe mit Frischdampf angewärmtes, also verhältnissmässig teures Heisswasser von 90° C, ferner eine bestimmte Menge mit Abdampf angewärmtes Wasser von 50° C und

ausserdem viel Warmwasser von 35°C aus einem Oberflächenkondensator zur Verfügung. Man tut gut, die Verwendung dieser drei Wasser auseinander zu halten, vor allem das wertvolle 90 grädige Wasser nur da zu verwenden, wo man mit weniger warmem nicht auskommt.

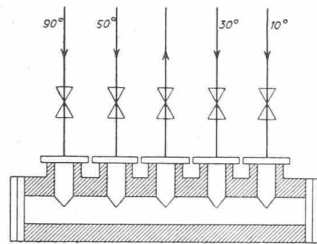


Abb. 12. Mischer für Wasser von verschiedenen Temperaturen.

Braucht man z. B. 40-grädiges Wasser, so wird man 50- und 30-grädiges mischen usw. Ein Mischer nach Abbildung 12 erleichtert die Erreichung des angedeuteten Zieles. Die Anwendung derart einfacher Mittel ergibt oft ganz wesentliche Ersparnisse. Für die rationelle Wärmewirtschaft eines Betriebes ist es auch sehr wichtig, dass das heisse, aus den Raumheizungen und den technischen Heizeinrichtungen austretende Kondenswasser nach den Kesseln zurückgeleitet wird, einmal weil infolge der Wiederverwendung des kalkfreien Wassers die Kessel geschont werden, insbesondere aber weil dadurch ein erheblicher Prozentsatz an Wärme zurückgewonnen werden kann. In Abbildung 13 ist beispielsweise dargestellt, wie sich die Wärmeverteilung bei einer Dampfheizung gestaltet, wenn man das Kondensat weglassen lässt, bzw. wenn man es zum Kessel zurückleitet. Der Verlust V_k vermindert sich in letztem Falle auf den Betrag V_k' , der die Abkühlung des Kondensates auf dem Wege bis in den Kessel betrifft. Es können dadurch je nach den Verhältnissen etwa 6 bis 8%, unter Umständen noch mehr Kohlen gespart werden. Braucht eine grössere Fabrik für Heizzwecke z. B. 2000 t Kohle im Jahr, so macht das bei 80% eine Jahresersparnis von 160 t oder bei einem Preis von 80 Fr. pro t 12800 Fr. aus.

Als weiteres Beispiel dafür, wie naheliegend gewinnbringende Abwärmeverwertung oft ist, sei die Trockenanlage in der Schweiz. Schmirgelscheibenfabrik A.-G. Winterthur erwähnt, woselbst zur Erwärmung des Trockenraumes ausschliesslich Abwärme der Brennöfen dient. Einerseits werden die heissen Abgase der Vulkanisieröfen, in denen die Elastic-Scheiben gebrannt werden, mittels eines Ventilators durch am Boden des Trockenraumes entlang laufende Heizröhren gesaugt. Andererseits wird die Wärme der Hochbrandöfen nutzbar gemacht. Zu diesem

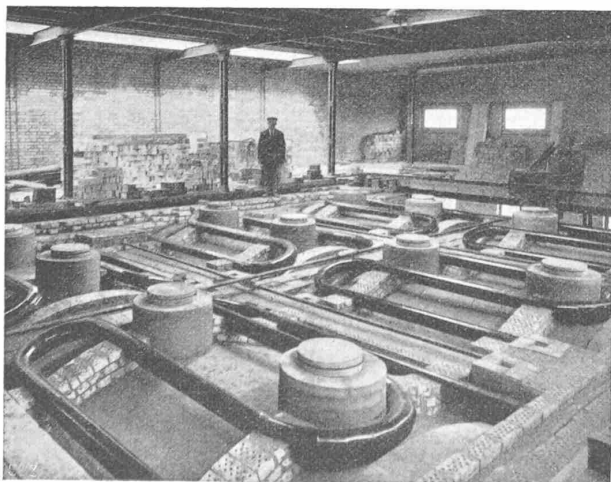


Abb. 14. Einbau von Blechröhren über den Gewölben von Brennöfen zwecks Nutzbarmachung der verloren gehenden Wärme zu Trockenzwecken.

Zwecke sind über den Gewölben dieser Öfen, wie Abbildung 14 zeigt, Blechröhre ins Mauerwerk eingebaut, durch die, wenn der betreffende Ofen nach Gebrauch erkaltet soll, mittels eines Ventilators kalte Luft gesaugt

wird, die man nach ihrer Erwärmung durch an der Decke angeordnete Blechröhre direkt in den Trockenraum austreten lässt. Die erstgenannte Anlage ist von der Firma Gebrüder Bühler in Uzwil, die letztgenannte von der Firma Gebrüder Sulzer A.-G. in Winterthur ausgeführt worden.

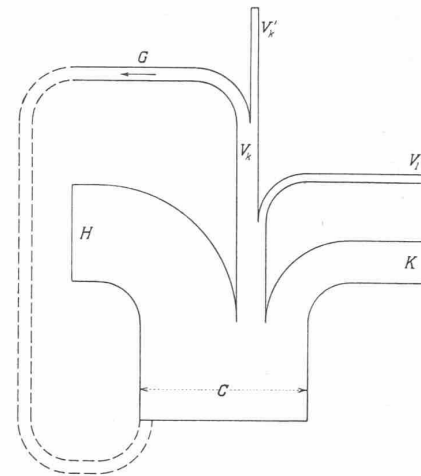


Abb. 13. Wärmeverteilung bei Dampfheizungen.
C in der Kohle aufgewendete Wärme = 100%,
H in der Heizung nutzbar gemacht = 58%,
K Kesselverlust 25%, V_1 Verlust in der Leitung 5%,
 V_k im Kondenswasser enthaltene Wärme = 12%,
G mit dem Kondenswasser in den Kessel zurückgeführt 8%, V_k' Abkühlungsverluste des Kondenswassers = 4%.

Arbeit und Wärme (Abfall-Energieverwertung).

Arbeit und Wärme sind äquivalent. Die Arbeit steht aber im Wert viel höher, als die ihr theoretisch entsprechende Wärmemenge, weshalb es im allgemeinen wohl zweckmässig ist, Wärme in Arbeit umzusetzen, nicht aber umgekehrt Energie, die als Arbeit verwendbar ist, in Wärme zu verwandeln.

Wie unwirtschaftlich es ist, aus Kohle Elektrizität zu erzeugen und diese zu Heizzwecken zu verwenden, zeigt folgendes Beispiel: Benützt man zur Energie-Erzeugung Kohle mit einem Heizwert von 7500 kcal, und hat der Kessel einen Wirkungsgrad von 75%, so werden aus einem kg Kohle 5600 kcal nutzbar. Hat der erzeugte Dampf 13 at abs. und 300°C , und beträgt die Speisewassertemperatur 90°C , so sind zur Erzeugung von 1 kg Dampf 640 kcal erforderlich. Aus 1 kg Kohle entstehen also 8,8 kg Dampf. Eine 100 PS Kondensations-Dampfmaschine erfordert bei dem genannten Dampfzustand rd. 5,9 kg Dampf pro PS_e, sodass sich aus 1 kg Kohle rd. 1,5 PS_e ergeben. Bei 90% Generatorwirkungsgrad lässt sich damit etwa 1 kWh erzeugen, die in Wärme umgesetzt 860 kcal ergibt, während sich bei direkter Ausnützung der Kohle zu Heizzwecken 5600 kcal verwenden liessen. Das Verhältnis der direkten Verwendung zum Umweg über die Dampfmaschine und den Generator ist somit 1:6,5.

Daraus ergibt sich, dass die in den Brennmaterialien zur Verfügung stehenden Wärmewerte, die wir meist ohne weitere Ueberlegung in unsern Öfen und Heizkessel verwenden, ausserordentlich gross sind und sich nicht so leicht durch Verrichtung mechanischer Arbeit ersetzen lassen. Ist beispielsweise ein Zimmer von $4 \times 5 \times 3 = 60\text{ m}^3$ Rauminhalt zu heizen und braucht es dazu an einem kalten Wintertag 1800 kcal/h so müssten, um diese zu erzeugen $1800 : 632 = 2,85\text{ PS}$ in Wärme umgesetzt werden.

Dagegen kommt es oft vor, dass ungewollt aus Arbeit Wärme, z. B. Reibungswärme entsteht, die zu Heizzwecken verwendet werden kann, z. B. in Spinnereien, wo trotz der hohen erforderlichen Raumtemperaturen meist nur am Morgen, zum Anwärmen der Säle kurze Zeit geheizt werden muss, während tagsüber die von den Spinnmaschinen frei

werdende Reibungswärme genügt. In solchen Räumen kann die erzeugte Wärme im Sommer lästig werden, sodass eine Kühlung durch künstliche Lüftung erforderlich wird.

Auch auf andern Wege als durch Reibung wird etwa Energie in Wärme verwandelt, z. B. in elektrischen Gene-

In Abbildung 15 ist links unten der Gleichstromgenerator von etwa 130 kW Dauerleistung für den Eigenbedarf des Werkes zu erkennen. Die ihm entströmende Luft dient in erster Linie zur Heizung und Lüftung des Kommando-Raumes der Eigenbedarfs-Schaltanlage und tritt hierauf

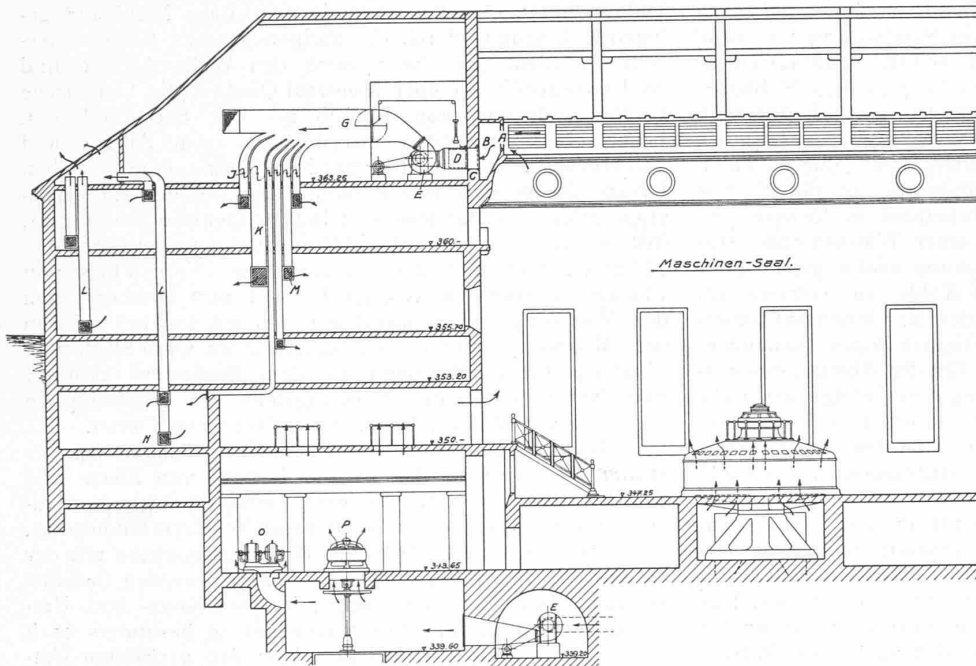


Abb. 15. Verwertung der Generator-Abwärme, bei offener Generator-Konstruktion, zur Heizung des Maschinenhauses und verschiedener Nebenräume, im Kraftwerk Eglisau.

Kraftwerk Eglisau (links).
Turbinen 6000 PS, $n = 83,4$, $h = 10,97$ m.

Kraftwerk Klosters-Küblis (unten).
Turbinen 10000 PS, $n = 500$, $h = 365$ m.

Masstab beider Zeichnungen 1:350.

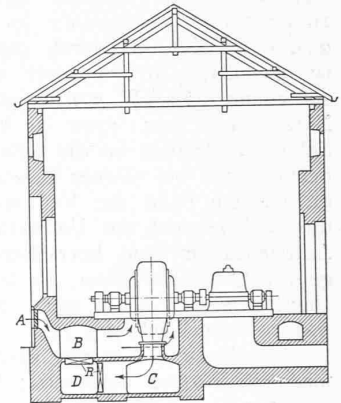


Abb. 16. Verwertung der Abwärme der Generatoren, bei geschlossener Generator-Konstruktion, im Kraftwerk Küblis.

B Frischluftverteilkanal, C Warmluft-Sammelkanal, D Kanal zum Ventilator der Heizung, R Regulierklappen.

ratoren, bei denen mit einer Umsetzung von etwa 5% der Leistung in Wärme zu rechnen ist, weshalb diese Maschinen auf künstlichem Wege, meist mit Luft, gekühlt werden. Die maximale Austrittstemperatur der Luft beträgt normalerweise 50 bis 55° C. Will man sie zur Temperierung von Betriebs- und Lagerräumen, von Werkstätten oder zu Trockenzwecken usw. nutzbar machen, so kann das auf zwei Arten geschehen. Bei offener Generator-Konstruktion nach Abbildung 15 lässt man die Luft zwecks Heizung des Maschinenraumes zuerst in diesen austreten und führt von dort einen Teil derselben mittels Ventilatoren den zu temperierenden Nebenräumen zu. Dabei hat die Luft allerdings bei z. B. 0° C Aussentemperatur nur noch etwa 25° C Raumtemperatur. Zur Erreichung eines bestimmten Heizeffektes sind daher grosse Ventilatoren, Kanalquerschnitte usw. nötig. Ausserdem kann die Luft nur zur Erwärmung solcher Lokalitäten verwendet werden, deren Temperatur um einige Grade unter der Maschinensaal-Temperatur bleiben darf. Bureaux und andere Räume, die auch bei grosser Kälte auf 18° C erwärmt werden sollen, kommen daher für diese Heizart meist nicht in Betracht, deren Anwendung auf die Temperierung von Magazinen, Werkstätten oder ähnlichen untergeordneten Räumen beschränkt bleibt. Ist der Generator nach Abbildung 16 geschlossen, so steht dagegen die 50-gradige Kühlluft direkt, also für Heizzwecke in hochwertiger Form, zur Verfügung. Sie wird dabei entweder infolge der eigenen Ventilatorwirkung des Laufrades oder durch besonders hierfür aufgestellte Gebläse in einen Sammelkanal befördert.

In den Abb. 15 und 16 sind zwei derartige Anlagen dargestellt. Abbildung 15 betrifft das in Betrieb stehende Elektrizitätswerk Eglisau, Abbildung 16 die in Ausführung begriffene Zentrale Küblis. In Eglisau erfolgt der Antrieb des Ventilators durch einen 2 PS-Elektromotor mit 50% Tourenregulierung. Alle geheizten bzw. gelüfteten Räume besitzen untere, ein Teil derselben auch obere Abluftklappen. Ein elektrisch geheizter Trockenraum für nasse Dienstkleider wird durch die Anlage reichlich gelüftet.

durch die offene Verbindung in den Maschinensaal aus. In Küblis kommen fünf Hochdruckturbinen mit horizontaler Welle und Generatoren mit geschlossenen Generatorgehäusen zur Aufstellung. Die Gesamtleistung beträgt 40 000 kW, sodass nach voll ausgebaute Anlage mit einer stündlichen Wärmeproduktion der Generatoren von gegen 2 Millionen kcal gerechnet werden kann. Der Wärmebedarf für alle im Werk zu heizenden Räume beträgt nur etwa 15% dieser Menge. Für den Rest besteht leider vorläufig in der Nähe keine Verwendungsmöglichkeit.

In Kraftwerken kann die Wärmeabgabe der Generatoren im Sommer nicht nur lästig, sondern für die

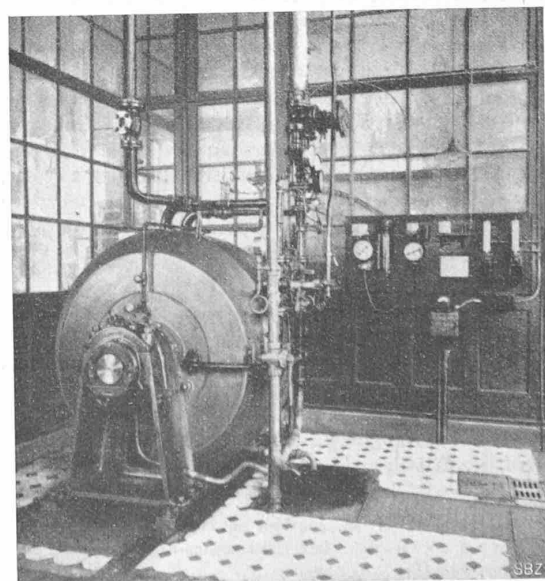


Abb. 17. Zur Warmwasser-Bereitung verwendete Wasserbremse.
(Ueber die Konstruktion der Wasserbremse siehe Bd. LXIV, S. 20, 11. Juli 1914.)

Maschinen direkt schädlich werden, sodass dem Problem der Wärmeabfuhr während der warmen Jahreszeit besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Leider liegt aber während dieser Zeit vielfach keine oder nur ganz ungenügende Verwendungsmöglichkeit für die Wärme vor. Bei den grossen Kraftwerken handelt es sich um sehr erhebliche Beträge; in Küblis, wie vorstehend erwähnt, um etwa 2 Millionen kcal, entsprechend einer Nutzleistung von rund 450 kg/h Kohle; in Eglisau bei sieben Generatoren zu 3000 kW Dauerleistung um $3600 \times 7 \times 0,05 \times 860 = 1\,080\,000$ kcal/h, was einer Nutzleistung von rd. 240 kg/h Kohle entspricht. Im Kraftwerk Laufenburg ist unter jedem Generator ein Ventilator aufgestellt, der, durch einen 10 PS-Motor angetrieben im Stande ist, in der Stunde 24 000 m³ Kühlluft durch den Generator zu fördern. Es ist daselbst pro Generator mit einer Wärmemenge entsprechend 260 kW von rund 230 000 kcal/h gleich einer Nutzleistung von etwa 50 kg/h Kohle zu rechnen ist. Selbstverständlich ist die Gefahr der Maschinensaal-Ueberheizung nur bei offener Generatorkonstruktion vorhanden, in welchem Falle der Ventilator für die Abwärmeverwertungsanlage auch zur Unterstützung der infolge des Luftauftriebes im Saal herrschenden natürlichen Ventilation gebraucht werden kann. Im Winter sind des Niederwasserstandes wegen meist nicht alle Generatoren im Betrieb, was zu berücksichtigen ist.

Elektrische Energie wird ferner in den Transformatoren in Wärme umgesetzt; bei grossen handelt es sich um etwa $\frac{1}{2}\%$, bei ganz kleinen um 2%, in solchen von 5000 kW um etwa $1\frac{1}{2}\%$ des eingeführten Stromes. Das Öl nimmt dabei Temperaturen von normalerweise 50 bis 55° C an. In gewissen Fällen lässt sich auch diese Wärme nutzbar machen.

Gelegentlich kommt allerdings auch die absichtliche Umsetzung von Energie in Wärme vor, insbesondere, wenn es sich um Abfallenergie handelt. In der „S. B. Z.“ vom 7. Februar, 10. und 17. Juli, sowie vom 4. September 1920 wurde gezeigt, wie in der Schweiz Abfallwasserkraft, sei es auf dem Wege der Elektrizitätserzeugung und Umsetzung des Stromes in Wärme, oder der direkten Wärmeerzeugung in Wasserbremsen, wie z. B. in der Kammgarnspinnerei Bürglen (Abb. 17) nutzbar gemacht wird.¹⁾ Dabei handelt es sich zumeist um Nachkraft, sodass *Aufspeicherung* der Wärme für den Tagesbedarf erforderlich wird.

Ausserdem ist noch der Fälle Erwähnung zu tun, bei denen eine *geringe* Arbeitsleistung aufgewendet wird, um dadurch eine *grosse* Wärmemenge nutzbar zu machen. Dies ist auf verschiedene Weise möglich. Bei der Wärmepumpe, deren verschiedene Ausführungsmöglichkeiten ebenfalls in der „S. B. Z.“ vom 4. September 1920 besprochen worden sind, wird Wärme auf eine höhere Temperaturstufe gebracht und dadurch verwendbar gemacht. Zu den Einrichtungen dieser Art gehört auch der vorstehend bereits erwähnte künstliche Kaminzug, indem dabei Energie zum Antrieb des Saugzeug-Ventilators aufgewendet und dadurch erreicht wird, dass die sonst zur Erzeugung des Auftriebes benötigte Wärme der Rauchgase in einem Verwerter nutzbar gemacht werden kann. (Forts. folgt.)

Binnenschiffahrtswege im nordamerikanischen Osten.²⁾

Als Grundlagen zu diesem von Dr. Ing. E. Steiner gehaltenen Vortrag dienten Studienreisen des Referenten durch Kanada und die U. S. A. in den Jahren 1919 und 1920, ergänzt durch bezügliche Literatur und Reiseberichte von Prof. K. E. Hilgard³⁾ und Dir. H. Peter in Zürich.

¹⁾ Vergl. «S. B. Z.», Bd. LXXVI, S. 109 (4. Sept. 1920). Red.

²⁾ Nach einem Vortrag, gehalten im Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein am 26. Oktober 1921 (Diskussions-Protokoll siehe Seite 244 dieses Bandes, vom 12. November).

³⁾ Dieser ausführliche Bericht, dessen Veröffentlichung durch verschiedene Umstände, aber ohne Schuld des Verfassers, verzögert worden ist, soll demnächst in den «Rheinquellen» erscheinen.

Die Hauptverkehrsrichtungen der Binnenschiffahrt im Osten Nordamerikas gehen *westöstlich* zum atlantischen Ozean und *nordsüdlich* in den Golf von Mexiko, also auch in den atlantischen Ozean (Abb. 1). Die westöstliche Verbindung geht von den wichtigen Eisenbahnpunkten, von der am nordwestlichen Ende des „Lake Superior“ gelegenen Stadt Duluth, bezw. dem am Südende des „Lake Michigan“ gelegenen Chicago, durch die übrigen grossen Seen, einerseits aus dem „Erie-See“ durch den Welland-Kanal und St. Lawrence-Strom über Montreal-Quebec (die kanadische Route), andererseits von Buffalo am Erie-See durch den neuen „New-York State Barge-Canal“ nach Albany und den Hudson-Fluss hinunter über New-York zum atlantischen Ozean. Die nordsüdliche Richtung führt von den am Mississippi gelegenen Handels- und Industriezentren Minnesotas, insbesondere von St. Paul und Minneapolis, ferner durch den „Illinois-Canal“ und den kanalisierten Illinois-Fluss von Chicago, sodann von Westen her auf dem Missouri nach dem Mississippi, sowie aus dem Osten auf dem bei Cairo in den Mississippi mündenden kanalisierten Ohio-Fluss von Pittsburg, Cincinnati, dann auf dem Mississippi hinunter nach New-Orleans, der Mündungsstelle des Mississippi in den Golf von Mexiko, bezw. den atlantischen Ozean.

Die Erzeugnisse der enormen Getreidefelder des gesamten Nordwestens, die grossen Mengen von Eisen- und Kupfererzen aus dem Gebiete des Obernsees, sowie die Bau- und Nutzhölzer aus den ausgedehnten Wäldern Minnesotas, Wisconsins und dem nördlichen Michigan, kommen mit der Bahn nach St. Paul, Duluth oder Chicago, werden daselbst verladen und nach den Lager-, Verarbeitungs- und Umschlagzentren am Erie-See verfrachtet, so besonders nach Toledo, Cleveland und Buffalo. Von den genannten Umschlagplätzen dienen einige namentlich der Versorgung des Zentrums der Schwerindustrie, des inmitten reicher Kohlenbergwerke und Naturgasquellen gelegenen Pittsburg in Pennsylvania. Umgekehrt gehen die Kohlen des westlichen Pennsylvanien nach den von da aus versorgten Industriegebieten. Die Stadt Buffalo und Umgebung hat, wegen der nahen Wasserkräfte am Niagarafalle, als Fabrikstadt einen grossen industriellen Aufschwung genommen; sie dient einem grossen Teil der Oststaaten als Depot- und Lagerplatz für Rohstoffe aus dem Westen, andererseits für Fertigfabrikate zum Transport nach dem Westen. Ausser dem später zu besprechenden Binnenschiffahrtswege verbinden sechs voneinander unabhängige, sehr leistungsfähige Eisenbahnen New-York mit Buffalo. Durch die Schaffung eines durchgehenden Grossschiffahrtsweges von Duluth, bezw. Chicago nach Buffalo wurden die Eisenerze aus dem Gebiete des Obernsees mit den Kohlen von Illinois und West-Pennsylvanien und dem Naturgas von Illinois zusammengebracht. Dieser Umstand hat besonders mitgeholfen, dass heute die U. S. A. auf dem Gebiete der Stahlfabrikation eine die ganze Welt dominierende Stellung einnehmen. Zur Erstellung dieses Schiffahrtsweges waren bedeutende Kanalisierungsarbeiten vorzunehmen, so zwischen dem Obernsee und dem Huron-See bei Sault-St. Marie und zwischen dem Huron-See und dem Erie-See im St. Clair- und Detroit-Fluss. Trotzdem die Schleuse von Sault-St. Marie des Klimas wegen nur 8 bis 9 Monate des Jahres offen ist, ist ihr Verkehr, in Tonnen gemessen, seit Jahrzehnten dem durch den Suez-Kanal weit überlegen. (Vergl. Dr. Ing. H. Bertschinger in „Schweizer. Wasserwirtschaft“ 1908.) Die Transportkosten für die Erze vom Obernsee sind auf der rd. 1300 km langen Schifftransportstrecke in den Erie-See gerade so gross, wie die Kosten für den 230 km langen Bahntransport von Pittsburg bis zum Erie-See. Dadurch erklärt sich die günstige Lage der Orte am Erie-See für die Verarbeitung der Erze. In ähnlicher Weise dienen der kanalisierte Ohio und der Mississippi zum Abtransport von Kohlen, Erzen, Holz und Getreide.

Im allgemeinen ist die *Regulierung und Kanalisierung der schiffbaren Flüsse*, wie auch der Bau, Unterhalt und Betrieb der zugehörigen Schiffahrtsanlagen Sache der *Bundesregierung* in Washington. Die Benützung der Kanäle