

Abwärme-Verwertung

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 21

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37353>

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.

Verkleinerung von k_1 , und damit auch der Wandstärke, bewirkt werden kann, während σ_{11} im Falle b) konstant, also von der Stärke der Stollenauskleidung unabhängig ist. Dieses Ergebnis war zu erwarten, denn im Falle a) ersetzen wir bei einer Vergrößerung der Betonstärke das — im Sinne seiner elastischen Wirksamkeit betrachtet — minderwertigere Gebirge durch den hochwertigeren Beton; im Falle c) erfolgt das Umgekehrte, während im Falle b) eine Änderung der Mauerstärke wirkungslos bleiben muss, weil hierbei nur Gleiches gegen Gleiches ausgetauscht wird.

Die Untersuchung ausgeführter Druckstollen und ungepanzelter Druckschächte zeigt, dass k_1 zwischen 1,1 und 1,8 liegt, und im Durchschnitt etwa 1,3 beträgt. Lässt man als grösste Beton-Zugspannung $\sigma_{11} = -3 \text{ kg/cm}^2$ zu, was einer drei- bis fünffachen Sicherheit entspricht, so erhält man laut Abb. 5 bei Zugrundelegung der jeweils günstigsten, praktisch in Betracht kommenden k_1 -Werte folgende grössten, zulässigen Druckhöhen $H = 10 p$ in m:

Im Falle a), weiches Gestein, für $k_1 = 1,8$. $H = 22 \text{ m}$

" " b), festes Gestein, für jeden beliebigen Wert von k_1 . $H = 27 \text{ m}$

" " c), höchstfestes Gestein, für $k_1 = 1,1$. $H = 48 \text{ m}$

Wir sehen somit, dass selbst bei weitgehender Anpassung der Wandstärken die möglichen Druckhöhen recht klein ausfallen, sodass unsere Annahme, die Bildung von Rissen im Gestein brauche nicht berücksichtigt zu werden, bei gutem, nicht zerklüftetem Gebirge in der Tat zutrifft. Selbstredend würde es aber auch keinen Schwierigkeiten begegnen, eine nur zur Druck-, nicht aber zur Zugübertragung befähigte, gerissene Gesteinschicht zwischen Stollenmauerwerk und Berginnerem mit in Rechnung zu ziehen.

Abbildung 5 kann zur Ermittlung von σ_{11} verwendet werden, wenn die Abmessungen des Stollens und die Druckhöhe gegeben sind, und hinsichtlich des Verhältnisses $E_1 : E_2$ einer der drei untersuchten Fälle vorliegt.

So ist z. B. für die obere Stufe des geplanten Kraftwerkes

Wäggital¹⁾ ein Druckstollen von kreisförmigem Querschnitt und 3,50 m Lichtweite bei einem grössten Innendruck von rund 70 m Wassersäule, entsprechend $p = 7 \text{ kg/cm}^2$, vorgesehen. In nachfolgender Tabelle III sind nun für verschiedene Mauerstärken und verschiedene Gebirgsverhältnisse an Hand der Abb. 5 die grössten Betonzuganstrengungen zusammengestellt, wie sie sich bei diesem Stollen ergeben würden, wenn man ihn ohne Eisenarmierung ausführen wollte.

Tabelle III

δ (cm)	k_1	$\frac{\sigma_{11}}{p}$			$\sigma_{11} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$		
		$E_1 : E_2 = 2$	$E_1 : E_2 = 1$	$E_1 : E_2 = 1/2$	$E_1 : E_2 = 2$	$E_1 : E_2 = 1$	$E_1 : E_2 = 1/2$
20	1,114	1,90	1,10	6,63	-13,3	-7,7	-4,4
30	1,171	1,79	1,10	0,66	-12,5	-7,7	-4,6
40	1,229	1,71	1,10	0,70	-12,0	-7,7	-4,9
50	1,286	1,65	1,10	0,73	-11,5	-7,7	-5,1
60	1,343	1,59	1,10	0,75	-11,1	-7,7	-5,3
70	1,400	1,54	1,10	0,78	-10,8	-7,7	-5,5
80	1,457	1,50	1,10	0,80	-10,5	-7,7	-5,6

¹⁾ Vergl. Band LXXVII, Nr. 8 (S. 87, vom 19. Februar 1921).

Diese Aufstellung zeigt, dass der Beton selbst bei günstigster Kombination von Wandstärke und Gebirgsbeschaffenheit Zuganstrengungen σ_{11} aufzunehmen hätte, die über das bei anderen Konstruktionen zugelassene Mass erheblich hinausgehen. Nun haben wir eingangs allerdings zwei ungepanzerte Druckschächte angeführt, die unter annähernd gleicher Druckhöhe arbeiten und die sich bewährten; hierbei ist jedoch zu bedenken, dass jene Bauwerke nur geringe Länge besitzen und daher viel leichter eine in allen Teilen gleich sorgfältige Herstellung erfahren konnten, als ein mehrere Kilometer langer Stollen. Ueberdies war bei ihnen in Anbetracht ihrer Steilheit der satte Anschluss des Betonmauerwerkes an das Gestein auf direktem Wege, und daher erheblich sicherer zu erzielen, als dies bei einem nahezu horizontalen Tunnel, namentlich in der First, selbst bei gewissenhaftester Ausführung der Zementhinterpressungen, möglich ist. Aus diesem Grunde erscheint es sehr zweckmässig, dass dieser Stollen, wie aus dem angezogenen Berichte hervorgeht, als widerstandsfähiges Eisenbetonrohr ausgebildet werden soll, eine Ausführungsweise, die auch für den Druckstollen des im Baue befindlichen Kraftwerkes Barberine¹⁾, der unter einem grössten Innendruck von rund 68 m Wassersäule stehen wird, in Erwägung zu ziehen sein dürfte.

Abwärme-Verwertung.

Von Privatdozent M. Hottinger, Ingenieur, Zürich.

I. Allgemeine Gesichtspunkte.

Während langer Zeit haben die Ingenieure und Konstrukteure über der Verbesserung des mechanischen und des thermischen Wirkungsgrades der Wärmekraftmaschinen den wärmetechnischen Wirkungsgrad der Gesamtanlagen vielfach vernachlässigt, und ähnlich lagen die Verhältnisse bei industriellen Feuerungen aller Art. Man war zufrieden, wenn der gewünschte Effekt möglichst gut erreicht wurde, ob und wie viel Wärme dabei verloren ging, kam wenig in Betracht und wird auch heute überall da, wo die Kohlen billig sind, kaum beachtet. Erst seit etwa 15 Jahren macht sich bezüglich der Verwertung von Abfallwärme ein erfreulicher Umschwung bemerkbar. Das Bestreben, Abwärmequellen zu finden und Abfallwärme zu verwerten, erreichte aber seinen Höhepunkt während des Krieges, als Kohlen nicht mehr in genügender Menge und nur zu ausserordentlich hohen Preisen erhältlich waren.

In der Schweiz bestehen Abwärmeverwertungsanlagen von z. T. sehr bedeutendem Umfange in Gaswerken, Giessereien, Schmieden, Verzinkereien, sowie in Fabriken der Maschinen-, Textil-, der chemischen und keramischen Industrie, ferner in Zementfabriken usw. Mit der Abwärme wird daselbst Dampf zum Antrieb von Maschinen, zu Heiz- und Fabrikationszwecken, sowie Warmwasser für Bäder, Wäschereien und industrielle Zwecke erzeugt, ferner werden Luft-, Dampf- und Wasserheizungen, Trocken- und Dörranlagen für Obst und Gemüse, Trester, Holz usw. damit betrieben. Im Ausland, wo die Abwärmeverwertung ebenfalls grosse Beachtung fand, heizte man sogar Freilandkulturen damit, indem man den Boden mit Heizröhren durchzog, um auf diese Weise den Ernte-Ertrag zu erhöhen.

Der Wert der Abwärme ist naturgemäss von verschiedenen Umständen abhängig, vor allem von der Art und dem Umfang ihrer Verwendungsmöglichkeit, dem Preis der Kohlen und den Kosten der zu erstellenden Anlagen. Es ist zu erwarten, dass gewisse Abwärmeverwertungs-Einrichtungen, die infolge der hohen Kohlenpreise während des Krieges mit Vorteil erstellt werden konnten und sich bei guter Verzinsung oft schon in wenigen Monaten oder doch in 1 bis 2 Jahren abschreiben liessen, an Orten wo die Kohlenpreise stark gesunken sind, in Zukunft nicht mehr erstellt werden. Andererseits gibt es aber eine grosse Zahl von Ausführungsmöglichkeiten, die schon bei den

¹⁾ Vergl. Bd. LXXIII, Nr. 22, Seite 259 (vom 31. Mai 1919).

niedrigen Vorkriegs-Kohlenpreisen rentierten und die daher dauernd von Interesse sein werden.

Wärme-Ersparnisse zu erzielen, sei es durch geringen Wärmeverbrauch oder wirtschaftliche Verwertung frei werdender Abfallwärme, ist besonders leicht möglich bei Neuanlagen, die von Anfang an in Hinsicht darauf erstellt werden. Dies gilt nicht nur für private Unternehmungen, die neben Kraft auch Wärme zum Heizen, sowie für industrielle oder Wohlfahrtszwecke benötigen, sondern ebenso sehr für ganze Gemeinwesen, z. B. Stadtverwaltungen, die Kraft- und Gaswerke, Müllverbrennungsanlagen usw. betreiben, in denen Abfallwärme frei wird und daneben Verwaltungsgebäude, Wohnkolonien, Schulen usw. zu heizen, sowie Badanstalten, Desinfektionsanlagen usw. mit Wärme zu versorgen haben.

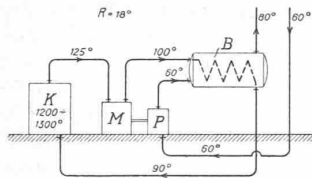


Abb. 1. Dampf-Warmwasserheizung unter Verwendung des Dampfes zum Pumpenantrieb.

K = Kessel, H = Dampfturbine, P = Pumpe, B = Boiler.

ausser vom Werk selber u. U. auch von anderen Wärmeververbrauchern mit Vorteil verwendet werden kann. Es handelt sich in dem Falle also darum, das Gaswerk und die mit Wärme zu versiehenden Gebäude möglichst nahe bei einander aufzustellen. In dieser Beziehung können die städtischen Heizungsingenieure, sofern sie den nötigen Einfluss ausüben vermögen, viel Gutes wirken.

Aber auch eine Reihe von bereits bestehenden Wärme-, Kraft- und Heizanlagen, bei denen an eine Neuerstellung und Umgruppierung nicht zu denken ist, können bei sachgemässer Prüfung durch oft ganz geringe Mittel wesentlich wirtschaftlicher gestaltet werden. Wärme-Ferntransporte sind dabei oft nicht zu umgehen, sie sind übrigens keine

Seltenheit mehr und technisch leicht durchführbar. Trotz hoher Anlagekosten bedeuten sie in vielen Fällen eine glückliche Lösung. Man hat Fernheizwerke, Fernwarmwasserversorgungen und in Amerika auch Fernkraftwerke schon bis auf Distanzen von einigen Kilometern erstellt, wobei als Transportmittel für die Wärme Dampf, zu Heizzwecken auch heisses Wasser verwendet wird (siehe hierüber „Schweiz. Bauzeitung“ Bd. LII,

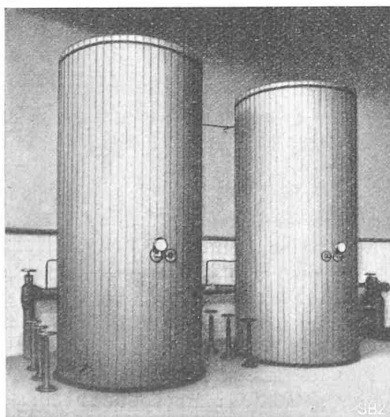


Abb. 4. Boiler im Hotel Lausanne-Palace im Winter als Warmwasserspeicher, im Sommer als Oberflächen-Kondensator dienend.

S. 183 und 193 vom 3. und 10. Oktober 1908). Die Transportverluste stellen sich bei vollbeanspruchten und gut isolierten Leitungen auf nicht mehr als etwa 5% der zu liefernden Wärmemenge.

Will man bestehende Wärmekraft- und Heizanlagen auf ihre Verbesserungsfähigkeit hin prüfen, so hat dies nach drei Gesichtspunkten zu geschehen: erstens bezüglich der Feuerungseinrichtung, zweitens in Hinsicht auf die wirtschaftlichere Gestaltung des Kraft- bzw. Heizbetriebes und drittens auf Ausnützung der Abfallwärme. Dabei hat man es nicht nur mit Wärmemengen zu tun, sondern mit

den, den Wert der Wärme hohem Masse bedingenden Temperaturen, deren richtiger Ausnützung im allgemeinen, selbst in Technikerkreisen, noch vielfach nicht die nötige Beachtung geschenkt wird. Es soll hier deshalb zuerst auf die Ausnützung hoher Temperaturen eingetreten werden.

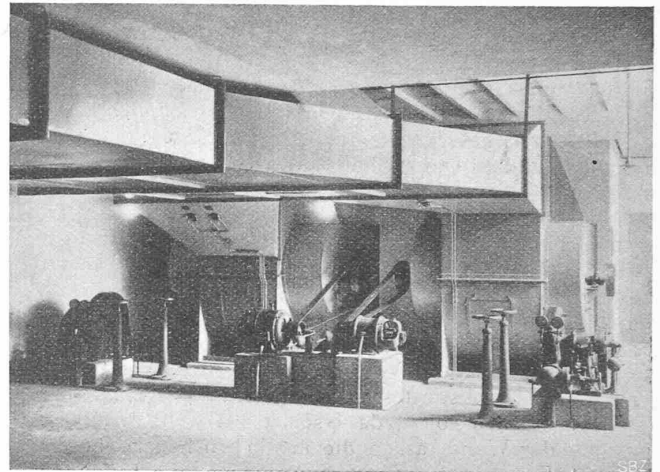


Abb. 2. Ventilatoren mit Elektromotor- und Dampfturbinenantrieb im Neubau der Universität Zürich.

Die Ausnützung hoher Temperaturen.

Wärme hoher Temperatur wird mit Vorteil zur Arbeitsleistung oder andern Zwecken, die mit niedrigeren Temperaturen nicht durchführbar sind, und erst nachher in Form von Abwärme zu Heizzwecken (Raumheizung, Trocknung, Warmwasserbereitung usw.) verwendet. Abdampf lässt sich, wenn gewünscht, in Niederdruck Dampfturbinen auch noch weiter zur Krafterzeugung heranziehen.

Die Forderung, nur Wärme möglichst tiefer Temperatur zu verwenden, ist jedoch nicht in allen Fällen durchführbar; z. B. ist es bisweilen angezeigt, Wärme von hoher Temperatur zu verwenden, um einen bestimmten Effekt rasch hervorzubringen, der bei lang andauernder Wärme-

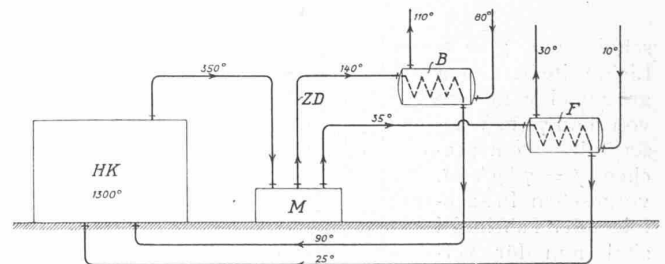


Abb. 3. Schema eines vereinigten Kraft- und Heizwerkes. HK = Hochdruck-Dampfessel, M = Dampfmaschine, ZD = Zwischendampfleitung, B = Boiler (event. als Wärmespeicher ausgebildet), F = Oberflächen-Kondensator.

Einwirkung auch mit niedrigeren Temperaturen erzielbar wäre. Wenn ein Zimmerofen geheizt wird, so wünscht man in kurzer Zeit eine bedeutende Wärmemenge zu erhalten und erzeugt in seinem Innern Temperaturen bis zu 1000 und 1200° C, obschon im Raume selbst nur eine Temperatur von 18° C verlangt wird und man, wie bekannt, bei Warmwasser-Zentralheizungen auch mit Temperaturen von etwa 35 bis 80° C in den Heizkörpern auskommt, wobei aber Dauerheizung erforderlich ist. Auch bei Zentralheizungen treten übrigens im Kessel die genannten Temperaturen von 1000 bis 1200° C auf. Weder bei Öfen noch kleinern Zentralheizungen ist es jedoch möglich, sie zur Krafterzeugung heranzuziehen, weil die verfügbare Wärme zu gering und ihre Menge zu wechselnd ist.

Bei grösseren Zentralheizungen in Hotels, Schulen Verwaltungsgebäuden, Spitalanlagen usw., wo z. B. eine Pumpenheizung oder eine Lüftungsanlage aufgestellt wird,

ist die Möglichkeit der Krafterzeugung dagegen bereits vorhanden und schon seit Jahrzehnten gelegentlich verwirklicht worden, indem der erzeugte Hoch-, Mittel- oder Niederdruckdampf in früheren Zeiten dazu diente, kleine Kolbendampfmaschinen, neuerdings Kleindampfturbinen, zum Antrieb der Pumpen oder Ventilatoren, zu betätigen. Abbildung 1 zeigt ein bezügliches Schema. Selbstverständlich ist dies nur dann wirtschaftlich, wenn der Abdampf der Maschine in so weitgehendem Masse zur Anwärkung des Heiz- oder Brauchwassers, oder zur Lufterwärmung für Luftheizungs-, Lüftungs- oder Trockenzwecke verwendet werden kann, dass nicht allzuviel Abdampfüberschuss entweichen muss.

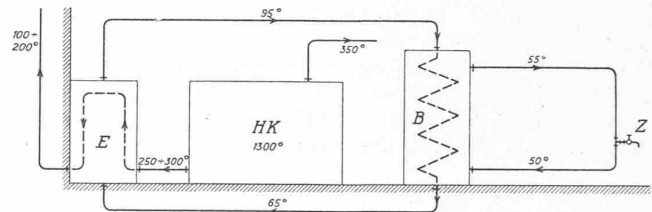
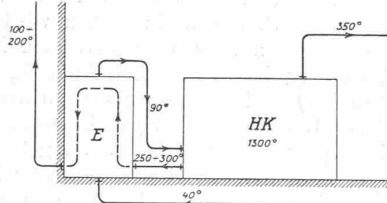
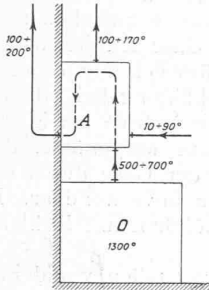


Abb. 5. Ofen mit Abhitze-Kessel. Abb. 6. Hochdruck-Kessel mit Economiser.

LEGENDE zu Abb. 5 bis 7: O = Einsatz-, Glüh-, Härte- und Schmelz-Ofen; A = Abhitze-Kessel zur Dampf- oder Heisswasser-Bereitung; HK = Hochdruck-Dampfkessel; E = Economiser, in Abb. 6 in üblicher Weise als Speisewasser-Vorwärmer, in Abb. 7 zur Heizung eines Boilers dienend; Z = Zapfstelle.

Eine Anlage dieser Art ist schon im Jahre 1869 von der Firma Gebrüder Sulzer in der Irrenanstalt Königsfelden ausgeführt worden. Für die ausgedehnte Lüftungs- und Luftheizungsanlage waren dort durch Kolbendampfmaschinen mit 2 at eff. Betriebsdruck angetriebene Ventilatoren aufgestellt, welche die Luft durch unterirdische Kanäle nach den einzelnen Gebäuden beförderten, wo sie in Heizkammern erwärmt und dann den Räumen zugeführt wurde. Der Abdampf der Dampfmaschine diente dabei zur Warmwasserbereitung und die Rauchgaswärme der Kesselanlage zur Vorwärmung der Luft. Bei dieser Anlage wurde also Abwärme verschiedener Form schon damals in weitgehendem Masse verwendet. Die Abbildung 2 zeigt eine moderne

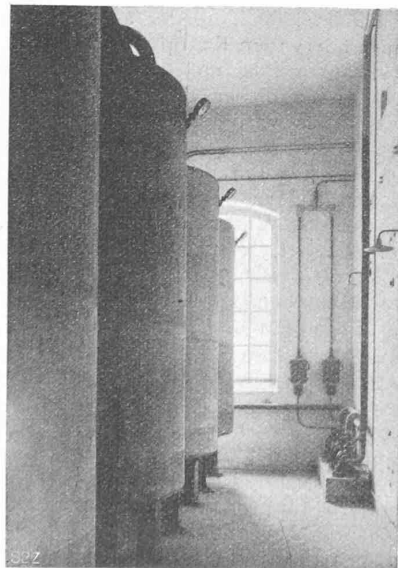


Abb. 8. Boiler der Fern-Warmwasserversorgungsanlage im Schlachthof Zürich.

der Maschine M entnommenen Zwischendampf auch das den Kondensator F verlassende Kühlwasser verwendet werden, wobei man es durch Zwischendampf, durch das den Heizboiler verlassende 100-grädige Kondenswasser, durch die ins Kamin abziehenden Rauchgasse, oder sonst durch eine Wärmequelle von höherer Temperatur nach-

wärmen kann. Solche kombinierte Anlagen arbeiten namentlich dann wirtschaftlich, wenn sich die Krafterzeugung zeitlich dem Heizbetrieb anpassen lässt. Dienen sie dagegen in erster Linie zur Krafterzeugung, so ist es nicht immer möglich, die Abwärme während der Zeit zu erhalten, zu der sie gebraucht wird. In diesen Fällen können Wärmespeicher zum Ausgleich herangezogen werden.

Dieser Gedanke ist beispielsweise in der 1915 von Gebrüder Sulzer A.-G. erstellten Kraft- und Heiz-Anlage im Hotel Lausanne-Palace verwirklicht worden. Es ist daselbst zur Erzeugung des elektrischen Stromes für Beleuchtung, Aufzüge, Ventilatoren und sonstige Hoteliermaschinen eine mit einem Gleichstrom-Generator direkt gekuppelte 300 PS-Dampfmaschine aufgestellt, die im

Sommer auf Kondensation arbeitet, während im Winter mit dem Abdampf von 0,5 at eff. ein ganzer Gebäudekomplex geheizt sowie mit Warmwasser und Dampf für Bäder, Küche und Wäschzwecke versehen wird. Da die Hauptbedarfszeiten an Wärme (vormittags) und an elektrischem Strom (abends) zeitlich nicht zusammenfallen, wird die überschüssige Abdampfwärme in Warmwasserboilern von 20000 l Inhalt (Abbildung 4) akkumuliert und morgens, zur Zeit des maximalen Wärmebedarfes, für die Bäder und zur Heizung verwendet. Alle Umschaltungen des Dampfes erfolgen selbsttätig durch Temperaturregler. Die gleichen Boiler werden im Sommer als Kondensatoren verwendet.¹⁾

Statt der Wärme wird bei kombinierten Kraft- und Heizwerken bisweilen auch das mit der Kraft erzeugte Produkt: Elektrizität in Akkumulatoren, hochgepumptes Wasser (hydraulische Energie), Kälte in Form von Eis usw. aufgespeichert, sodass die Arbeitsmaschine zu beliebiger Zeit, also dann, wenn die Abwärme verwendbar ist, laufen gelassen werden kann.

Grosse Wärmemengen von hoher Temperatur gehen infolge ungenügender Ausnützung durch die oft 500 bis 700grädigen Feuergase von Glüh-, Einsatz-, Härte- und Schmelzöfen sowie anderer Feuerungsanlagen verloren. Es gibt Orte, wo unweit solcher Ofen Kohle verbrannt wird, um Dampf zu erzeugen, Wasser oder Luft zu erwärmen. In derartigen Fällen werden ebenfalls schon seit langer Zeit mit Vorteil Abhitzeverwerter angewendet, (Abb. 5) die, wenn es angängig ist, direkt über oder neben den Öfen aufgestellt werden.

Längst bekannt hinsichtlich der Rauchgasverwertung von Dampfkesseln sind die Economiser, mit denen das Kesselspeisewasser oder Wasser für Brauchzwecke angewärmt wird (Abbildung 6 bis 8). Eine Anlage der letzten Art (Abbildungen 7 u. 8) ist z. B. von Gebrüder Sulzer A.-G. im Schlachthof Zürich, bei der das erwärmte Wasser durch Fernleitung nach den verschiedenen Bedarfsorten verteilt wird, ausgeführt worden. Abbildung 8 zeigt die dort aufgestellten Warmwasserboiler, die zugleich als Speicher dienen, und rechts davon die Umwälzpumpe der Fernwarmwasserversorgung.

In allen diesen Fällen kann die Abkühlung der Gase bei Anwendung künstlichen Zuges besonders weit getrieben werden. Während zur Erzielung des natürlichen Zuges in

¹⁾ Die Heizungs-Anlage des Hotel Lausanne-Palace ist näher beschrieben im «Bulletin technique de la Suisse romande» vom 10. Dezember 1916.

gewissen Fällen 250 bis 300° C am untern Ende des Kamins erforderlich sind und aus diesem Grunde eine weitgehende Wärmeausnützung nicht möglich ist, da die Einschaltung eines Verwerfers den Widerstand erhöhen und die Gase abkühlen würde, kann man bei Anwendung von künstlichem Zug die Temperatur ohne Beeinträchtigung der Feuerung bis auf 150 und noch weniger °C ausnützen. Allerdings ist auch diesbezüglich eine Grenze geboten, weil die Leistung der Heizfläche bei zu geringen Temperaturen so klein wird, dass sie sich nicht mehr verzinst und amortisiert. Während beim Wärmedurchgang von den Feuergasen an 50grädiges Wasser, je nach der Kesselbelastung, die Leistung pro m² Heizfläche und Stunde in der Feuerzone etwa 20 000 bis 35 000 kcal beträgt, ist sie bei 600° C Rauchgastemperatur etwa 7 000 bis 14 000 kcal und bei 200° C Rauchgastemperatur nur noch 1500 bis 3000 kcal, also weniger als 1/10 derjenigen in der Feuerzone. Innerhalb gewisser Grenzen ist die Einsparung infolge des erzielbaren Wärme-gewinnes jedoch erheblich grösser als die Verzinsung des Anlagekapitals der nötigen Heizfläche und die Aufwendung für Kraft zum Betriebe des Ventilators.

Schutz gegen Temperaturverlust.

Durch die übliche Isolation von heissen Leitungen, Kanälen, Kesseln usw. wird gewöhnlich beabsichtigt, die Wärme beisammen zu halten, oder die Erwärmung der umgebenden Räume zu verhindern. In gewissen Fällen ist es jedoch nicht der Wärmeverlust an und für sich, der vor allem schadet, sondern das Sinken der Temperatur des die Wärme transportierenden Mediums. Der Temperaturverlust kann z. B. eine ausschlaggebende Rolle spielen, wenn es sich darum handelt, die aus einem Glühofen austretenden Feuergase in einem entfernt aufgestellten Kessel nutzbar zu machen. Wenn die Gase beim Verlassen des Ofens 600 bis 700° C haben, so lässt sich damit im Kessel Dampf erzeugen; kühlen sie sich dagegen bei der Ueberleitung auf 300 bis 400° C ab, so ist, wenigstens zur Hochdruck-Dampferzeugung, nicht mehr viel mit ihnen anzufangen, selbst wenn sie und damit die in ihnen enthaltene Wärme in noch so grosser Menge zur Verfügung stehen. Solche Grenzfälle, bei denen es sich um eine gewissermassen kritische Temperatur handelt, kommen vielfach vor. Wasser kann natürlich nur zum Sieden gebracht werden, wenn Abwärme von über 100° C zur Verfügung steht, und zu gewissen Trockenzwecken ist das Einhalten bestimmter Mindest-Temperaturen ebenfalls nötig. Auch nehmen, worauf bereits hingewiesen wurde, die Kosten für die nötigen Heizflächen mit sinkenden Temperaturen sehr stark zu.

Dies sind die Gründe, warum der Wärmeschutz auch hinsichtlich der Erhaltung möglichst hoher Temperaturen von Bedeutung ist. Besonders wichtig ist er bei heissen Gasen, die sich, im Gegensatz zu Dampf und Wasser, nur schwer ohne beträchtliche Temperaturverluste fernleiten lassen, weil sie, der geringen spezifischen Wärme wegen, grosse Volumina und demzufolge auch Kanalquerschnitte mit erheblichen, Wärmeverlust bedingenden Umfassungswänden erfordern.

Aus dem gleichen Grunde ist dafür zu sorgen, dass sich den heissen Abgasen möglichst wenig falsche Luft beimischt. Die dadurch bewirkte Abkühlung ist meist viel grösser, als vielfach angenommen wird. Die Geschwindigkeit des Einströmens berechnet sich nach der Formel

$$v = \zeta \sqrt{\frac{2 \times K \times h}{\gamma}} \text{ m/sek, } \zeta \text{ werde für Fugen und Spalten beispielsweise} = 0,5 \text{ angenommen (eventuell wesentlich mehr; bei glatten, gut gerundeten Düsen bis 0,98), das mittlere spezifische Gewicht der Luft kann bei uns etwa} = 1,1 \text{ gesetzt werden. Herrscht nun im Rauchzug z. B. ein Unterdruck von 10 mm W. S., so wird die Geschwindigkeit mit der die Luft durch kleine Undichtheiten einströmt:}$$

$$v = 0,5 \sqrt{\frac{2 \times 9,81 \times 10}{1,1}} = 7 \text{ m/sek.}$$

Betragen alle Undichtheiten eines Kessels einschliesslich Rauchzug bis zur Verwertungstelle zusammen z. B. 50 cm², so ist die eindringende Luftmenge pro Stunde $L_1 = 0,005 \times 7 \times 3600 = 126 \text{ m}^3/\text{h}$ oder dem Gewicht nach $G_1 = 1,1 \times 126 = 139 \text{ kg}$. Ihre Temperatur sei z. B. $t_1 = 10^\circ \text{ C}$. Ist die Rauchgasmenge $G_2 = 500 \text{ kg/h}$ und deren Anfangstemperatur $t_2 = 200^\circ \text{ C}$, so berechnet sich die Mischungstemperatur t nach der Formel $t = \frac{G_1 t_1 + G_2 t_2}{G_1 + G_2}$

$$\text{zu } \frac{139 \times 10 + 500 \times 200}{639} = 159^\circ \text{ C.}$$

In Wirklichkeit ist sie noch niedriger, da die Verluste durch die Wärmeableitung der Kanalwände hinzukommen, so dass die ursprünglich 200 grädigen Gase mit denen sich noch etwas hätte anfangen lassen, schliesslich wertlos sind.

Besonders weitgehend ist die Abkühlung bei offenen Feuern, z. B. Essen. In diesen wird die Wärme zur Eisen-erwärmung nur in sehr geringem Masse ausgenützt, der Restbetrag ist der starken Abkühlung der Gase durch die zuströmende Luft wegen aber trotzdem unverwendbar. In dieser Beziehung sind geschlossene Glühöfen mit Kohlen-, Gas- oder Oelfeuerung im Vorteil.

Will man die Abgase mehrerer Feuerstellen, von denen nicht immer alle im Betriebe stehen, ausnützen, so ist ebenfalls dafür zu sorgen, dass durch die ausser Betrieb stehenden möglichst wenig falsche Luft in den Rauchzug eindringt. (Forts. folgt)

„Formzertrümmerung“.

(Hierzu die Tafeln 9 und 10.)

„Ein Gang durch die Strasse. Blickt man gerade aus, so wogt es und schwirrt es von gequälten Häuserfronten, in deren Fenstern und Giebeln der Geist einer seelenlosen Zeit sich renkt und bäumt, oder man stolpert mit den Augen über Karren und Trams und Menschen. Blickt man hoch, so sieht man den Himmel von tausend sich kreuzenden Drähten zerschnitten. Blickt man zur Seite, so starren einen die Schaufenster mit buntscheckigen Fratzen an, aus der Unzahl der darin gelagerten Gegenstände gebildet. So also ist das Bild einer Strasse, die vielen hundert Menschen Arbeits- und Wohnstätte sein soll, dieses Durchgangstunnels Unzähliger. Und hört man in das Getriebe hinein, da ist kein Ton, der ausschwingt, da ist nur Brandung einer übervollen Kakophonie. Heimat, Ruhe, Eigenleben, das sind Begriffe, nicht mehr für den Bewohner oder Durchwanderer dieser Strasse. Es wird erzeugt und wird verzehrt, es wird umgestürzt und neu gebaut, um des Erzeugens und Zerstörens, um des Stürzens und Bauens willen. Das ist das Furchtbare. Es ist eine Schlacht, in der keiner den andern mehr hört. Man hört und sieht nur noch Trümmer von Worten, Klängen, Bauten, Bildern: Form wird zertrümmert, wo sie ist. Das macht die grosse Stadt, der Verkehr, die Maschine, die beider Umfang stetig steigert. Menschen können da nicht bestehen. Die werden zu Einsiedlern und fliehen aufs Land, oder sie werden zu Registrierorganen, wenn sie denkende Geschöpfe, zu Automaten, wenn sie keine solchen, zu Expressionisten, wenn sie Künstlernaturen sind.“

Formzertrümmerung ist ein Merkmal der Grosstadt, die Grosstadt ist ein Merkmal der letzten Gegenwart. Deshalb muss man verstehen, dass die Formzertrümmerung kein Akt des Mutwillens, sondern ein geschichtlich notwendiger Vorgang ist, betrüblich, aber begreiflich“

Mit diesen Sätzen leitet E. K. Fischer im „Kunstwart“ eine Betrachtung unseres kulturellen Zeitbildes ein, die im Original nachzulesen¹⁾ wir jenen unserer Leser empfehlen, die sich für die innern Zusammenhänge allen Geschehens interessieren. Im weitem Verlauf seiner Ausführungen sagt Fischer u. a.: „Blickt man aber auf ruhigere Städte, aufs platte Land, auf Staaten, die vom Krieg und von der Revolution nicht unmittelbar berührt wurden, so entdeckt man überhaupt nur gradweise Verschiebungen des Gesamt-

¹⁾ Im ersten Maiheft 1920 des „Kunstwart“.