

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 79/80 (1922)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Abwärmeverwertung  
**Autor:** Hottinger, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38046>

### **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:** 21.02.2026

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

ist er nun nicht mehr bloß auf sein Gefühl und eine glückliche Hand angewiesen, sondern er besitzt ein Mittel, um das Ergebnis seiner Geistesarbeit nachzuprüfen und eventuell zu verbessern bevor es zu spät ist. Zu spät aber ist es, wenn die Erfahrung erst am fertigen Bauwerk gemacht wird.

Es ist weiter eine Tatsache, dass heute das Ausland über eine ganze Anzahl gut eingerichteter Laboratorien

können, weshalb es an vielen Orten angezeigt ist, hinter den Feuerungsanlagen besondere Abwärmeverwertungs-Einrichtungen anzubringen. Diese beziehen sich fast ausschliesslich auf die Ausnützung der fühlbaren Wärme; es soll diese daher nachstehend einlässlich besprochen werden.

Mit den Rauchgasen abziehende unverbrannte Gase ergeben oft ebenfalls grosse Wärmeverluste, z. B. bei Füll-

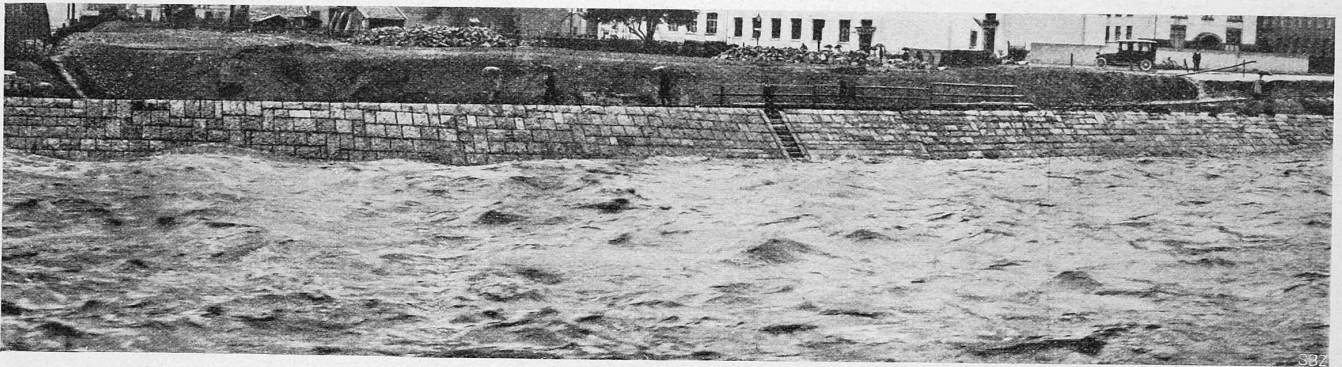


Abb. 10. Der Sihlüberfall in Zürich am 4. November 1921. — Ansicht des Abschnitts im Unterwasser (Fortsetzung von Abb. 6).

für wasserbauliche Versuche verfügt und dass es sich infolgedessen im Vorsprung befindet gerade uns gegenüber, die wir, wie wenig andere Länder, auf die Kenntnis der Wasserbewegung angewiesen sind. Wir können und dürfen hierin nicht mehr länger zurückbleiben.

Die zur Errichtung eines „Flussbau-Laboratoriums“ an der E. T. H. ernannte Kommission hat den Ernst der Lage voll erkannt, und sich deshalb mit Eifer an die Erledigung der gestellten Aufgabe gemacht. Sie hat ihr Programm dem Schweiz. Schulrat bereits in einer Eingabe vorgelegt und dieser hat tatkräftige Unterstützung zugesichert. Sie hofft nun in Bälde mit ihren bestimmten Vorschlägen an die Behörden gelangen zu können. Dabei glaubt sie zuversichtlich, auf die Mitwirkung seitens der Fachgenossen, sowie auf ein verständnisvolles Entgegenkommen der obersten Behörden rechnen zu dürfen.

Die beigelegten Abbildungen verdanke ich nachfolgenden Quellen: Abbildungen 2 u. 4, Gutachten von Prof. Rehbock: „Abfluss, Stau und Walzenbildung bei fliessenden Gewässern“; Abbildung 3, Vortrag von Prof. Rehbock im Haag, 1921; Abbildungen 4, 5, 6, 7, 9 und 10 wurden mir von den S. B. B. zugestellt.

### Abwärmeverwertung

von Privatdozent M. Hottinger, Ingenieur, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 279 letzten Bandes.)

#### II. Rauch- und Auspuffgas-Verwertung.

Bei Feuerungsanlagen sind die folgenden drei Arten von Verlusten zu unterscheiden: *Kaminverluste* (beim Dampfkesselbetrieb z. B. 10 bis 30 % des Heizwertes der Kohle; bei industriellen Feuerungsanlagen u. U. bis über 60 %) a) zufolge der freien oder fühlbaren Wärme; b) zufolge der unverbrannten Gase ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{H}_2$ ); c) zufolge des abziehenden Wasserdampfes. — *Verlust durch Rückstände* (1 bis 3 %). a) durch unverbrannte Teile in Schlacken und Asche; b) durch Russ (mitgerissener Kohlenstoff). — *Verluste durch Leitung und Strahlung* (bei normalem Dampfkessel-Betrieb z. B. 5 bis 8 %, bei schwachem Betrieb bis 20 %; bei Entgasungsöfen in Gaswerken, Glühöfen unter Umständen bis 40 %).

In erster Linie ist es natürlich Sache der Feuerungstechnik, die Konstruktionen und Anordnungen der Feuerungsanlagen so zu treffen, dass diese Verluste möglichst klein ausfallen. Ebenso wichtig sind aber auch die Wahl geeigneter Brennstoffe und sorgfältige Bedienung der Anlagen. Trotz all dieser Massnahmen lässt es sich jedoch nicht erreichen, dass die Verluste ohne Beeinträchtigung des Betriebes unter gewisse Beträge herabgemindert werden

feuerungen mit oberem Abbrand. Doch lässt sich die so verloren gehende Wärme, wenn es nicht schon in der Feuerung geschieht, nachträglich nicht wohl rückgewinnen, ausser wenn es sich, wie z. B. bei Gichtöfen, um so stark mit  $\text{CO}$  und anderen brennbaren Gasen angereicherte Abgase handelt, dass sie zu Heizzwecken oder eventuell in Gasmotoren zur Krafterzeugung verwendet werden können. Von diesen Ausnahmefällen soll hier abgesehen werden.

Die Verluste durch Strahlung und Leitung sind teilweise verwendbar, indem die dadurch erwärmte Raumluft als Verbrennungsluft benützt oder mittels Ventilatoren abgesaugt und zur Temperierung von Räumen, zum Betriebe von Trockenanlagen usw. verwendet wird. Ueber Kesseln und Economisern kommen oft Lufttemperaturen bis zu  $60^\circ \text{C}$  vor. Kühlt sich solche Luft bei ihrer Verwertung auf beispielsweise  $20^\circ \text{C}$  ab, so werden dadurch rd.  $10 \text{ kcal/m}^3$  gewonnen, sodass etwa  $450 \text{ m}^3$  dieser Luft die gleiche Nutzwärme wie 1 kg Kohle ( $4500 \text{ kcal}$ ) ergeben.

Die Verluste durch unverbrannte Kohlenteile machen, wenn geeignete Brennstoffe zur Verfügung stehen, nicht viel aus. Ergibt ein Brennstoff mit einem Heizwert von  $7000 \text{ kcal}$  beispielsweise 9 % Asche, die 15 % Verbrennbares enthalten, so gehen dadurch pro kg Brennmaterial  $0,09 \times 0,15 \times 7000 = 95 \text{ kcal}$  oder 1,4 % des Wärmeinhaltes der Kohle verloren. In besonderen Fällen werden die unverbrannten Teile wieder verwendet.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde bereits darauf hingewiesen, dass es Feuerungen gibt, bei denen die Rauchgase mit sehr hohen Temperaturen in das Kamin abziehen. Aus Dampfkesseln ohne Economiser entweichen sie oft mit  $300^\circ \text{C}$  und mehr, aus Schweiß-, Glüh-, Schmelzöfen und dgl. manchmal mit  $600$  bis  $700^\circ \text{C}$ , aus den Öfen der Zement-, keramischen- und Glas-Industrie mit  $500$  bis  $1000^\circ \text{C}$ , und die Abgase hinter den Gaswerk-Retorten-Öfen (vor den Rekuperatoren) weisen ebenfalls Temperaturen um  $1000^\circ$  herum auf. Die dadurch bedingten Verluste sind sehr beträchtlich. Handelt es sich um Steinkohle, so betragen sie bei vollkommener Verbrennung für je  $100^\circ \text{C}$  Temperatur-Unterschied zwischen Rauchgasen und Verbrennungsluft<sup>1)</sup> bei einem:

Luftüberschuss gleich dem 1,0-, 1,5-, 2,0-, 2,5-fachen der theoret. Luftmenge  
Ungefähr 4, 5,9, 7,8, 9,8 % des Heizwertes der Kohle.

Bei einem 1,5- bis 2,0-fachen Luftüberschuss, wie er bei festen Brennstoffen meist vorkommt, sind also für den Verlust an fühlbarer Wärme auf je  $100^\circ \text{C}$  Ueber-Temperatur 6 bis 8 % zu rechnen, sodass bei beispielsweise

<sup>1)</sup> Vergl. W. Schüle, Leitfaden der technischen Wärmemechanik 1917, S. 49

700° C 40 bis 55 % und bei 1000° C sogar 60 bis 80 % der in den Kohlen zugeführten Wärme verloren gehen.

Kennt man die Rauchgas-Analyse, so lässt sich der Verlust an fühlbarer Wärme bei guter Verbrennung mit weitgehender Annäherung nach der Siegert'schen Formel berechnen. Er ist:

$$W_v = 0,66 \frac{t - t_0}{v(\text{CO}_2)} \% \text{ des Heizwertes der Kohle}$$

wenn  $t$  die Temperatur der Rauchgase in °C,  $t_0$  die Temperatur der Verbrennungsluft in °C und  $v(\text{CO}_2)$  den Raumanteil der Kohlensäure in den Rauchgasen bedeuten.

Darnach berechnet wird der Verlust für:

$t - t_0$	bei $v(\text{CO}_2) = 6$	10	14 %
100	11	7	5 %
200	22	13	9 %
300	33	20	14 %
500	55	33	24 %

Selbstverständlich kann man die Rauchgaswärme nicht erschöpfend ausnützen, einmal weil dazu ausserordentlich grosse Heizflächen erforderlich wären, die sich, wie schon erwähnt wurde, nicht mehr amortisieren und verzinsen liessen, und auch weil sich bei zu starker Abkühlung Wasser aus den Gasen ausscheidet, das mit allfällig vorhandener schwefeliger Säure zusammen Schwefelsäure bildet, die die Verwerter rasch zerstören würde. Aus diesem Grunde soll man Abgasverwerter nicht mit zu kaltem Wasser speisen; auf keinen Fall soll die Wandtemperatur auf unter 50 bis 60° C abgekühlt werden (vergl. Z. d. V. D. I. vom 12. März 1921, S. 272).

Bei der Ausnützung der Gase auf ihren Wärmeinhalt hat man zu berücksichtigen, dass sich die spezifische Wärme  $\gamma$  mit dem Gehalt an überschüssiger Luft sowie mit der Temperatur ändert. Es beträgt:

bei	reinem Feuegas	Luft
0°	$\gamma = 0,243$	$\gamma = 0,241$
500°	$= 0,269$	$= 0,258$
1000°	$= 0,296$	$= 0,277$
1500°	$= 0,323$	$= 0,296$

In den Abbildungen 18 und 19 ist der Wärmeinhalt von reinem Feuegas und von Luft bei verschiedenen Temperaturen  $t$  wiedergegeben und zwar je für 1 kg, 1 m<sup>3</sup> (bezogen auf 0° C) und 1 m<sup>3</sup> (bezogen auf 0° C) bei Einsetzung der mittlern spezifischen Wärme zwischen  $t^0$  und 0° C. Da jede Feuerung mit einem gewissen Luftüberschuss arbeitet, so liegen die praktisch auftretenden Wärmeinhalte zwischen den für reines Feuegas und Luft angegebenen Grenzwerten.

Die Rauchgasmenge lässt sich mit weitgehender Annäherung berechnen nach der Gleichung

$$Q = \frac{C_k - C_v}{0,536 (K_1 + K_2)} \text{ m}^3 \text{ (bezogen auf 0° und 760 mm Hg.)}^1$$

Darin bedeuten:  $C_k$  den Kohlenstoffgehalt des Brennstoffes in Gewichtsteilen,  $C_v$  den Kohlenstoffverlust in Asche und Schlacke in Gewichtsteilen,  $K_1$  den Kohlensäuregehalt der Verbrennungsgase in Raumteilen,  $K_2$  den Gehalt der Verbrennungsgase an unverbrannten Bestandteilen (CO, Methan usw.) in Raumteilen.

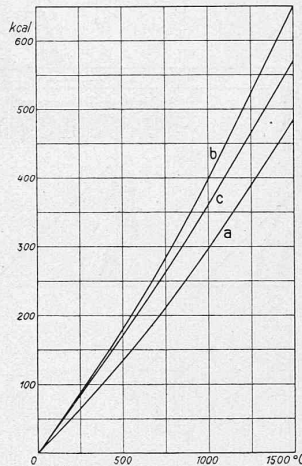


Abb. 18. Wärmeinhalt von Feuegas, bei verschiedenen Temperaturen  $t^0$  C, und zwar a von 1 kg, b von 1 m<sup>3</sup>, c von 1 m<sup>3</sup> bei Einsetzung der mittlern spezifischen Wärme zwischen  $t$  und 0° C (b und c bezogen auf 0° C und 760 mm Hg.).

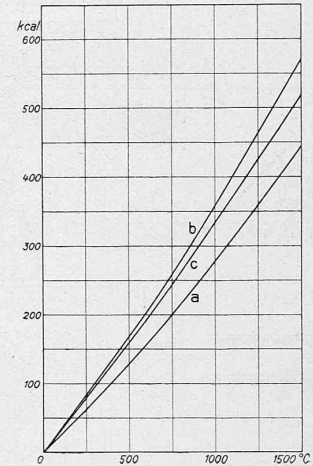


Abb. 19. Wärmeinhalt von Luft, bei verschiedenen Temperaturen  $t^0$  C, und zwar a von 1 kg, b von 1 m<sup>3</sup>, c von 1 m<sup>3</sup> bei Einsetzung der mittlern spezifischen Wärme zwischen  $t$  und 0° C (b und c bezogen auf 0° C und 760 mm Hg.).

In Erkenntnis der grossen rückgewinnbaren Wärmemengen ist man im Dampfkesselbau schon seit langem darauf ausgegangen, die heissen Rauchgase im *Economiser* zur Wärmeabgabe heranzuziehen. Ohne hier auf dessen bekannte Konstruktionen eingehen zu wollen, sei daran erinnert, dass sie aus gusseisernen Röhren bestehen, die durch auf und abbewegte scharfkantige Kratzer ständig von Russ und Asche befreit werden, wodurch ein hoher Grad von Wärmeleitfähigkeit erhalten bleibt. Durch sie lassen sich bei neuen Kesseln unter Umständen bis zu 12 %, bei alten noch mehr Kohlen sparen. Die Economiser werden meist zur Speisewasser-Vorwärmung verwendet, doch wird von ihnen aus vielfach auch Wasser zu Brauch-

<sup>1)</sup> Ableitung in der „Zeitschrift für Dampfkessel und Maschinenbetrieb“, 1920, S. 121.

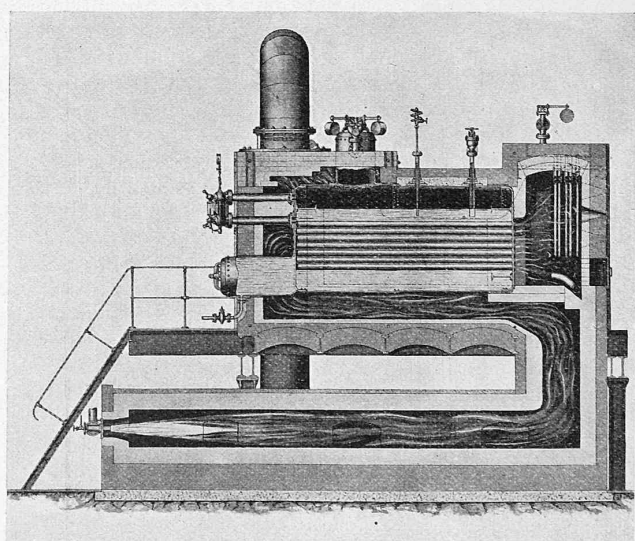
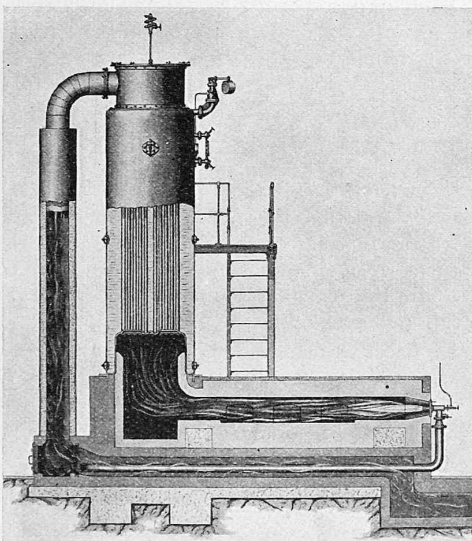


Abb. 20 und 21. Vertikaler und horizontaler Röhren-Abhitzeessel von Gebr. Sulzer A.-G. im Anschluss an Glühöfen mit Oelfeuerung. — 1:100.



