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: 13.07.2025

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

ist er nun nicht mehr blos 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 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 beigefügten 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.

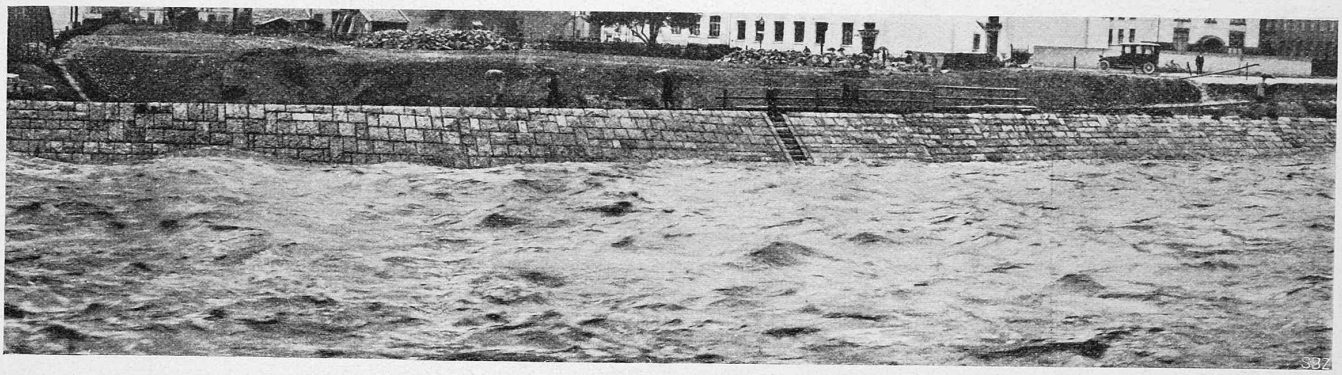


Abb. 10. Der Sihlüberfall in Zürich am 4. November 1921. — Ansicht des Abschnitts im Unterwasser (Fortsetzung von Abb. 6).

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 (CO, CH_4, C_2H_4, 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. Ebensowichtig 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 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 Füllfeuerungen mit oberm 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 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° C vor. Kühlt sich solche Luft bei ihrer Verwertung auf beispielsweise 20° C ab, so werden dadurch rd. 10 kcal/m³ gewonnen, sodass etwa 450 m³ dieser Luft die gleiche Nutzwärme wie 1 kg Kohle (4500 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 kcal beispielsweise 9 % Asche, die 15 % Verbrennbares enthalten, so gehen dadurch pro kg Brennmaterial $0{,}09 \times 0{,}15 \times 7000 = 95$ 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° C und mehr, aus Schweiss-, Glüh-, Schmelzöfen und drgl. manchmal mit 600 bis 700° C, aus den Oefen der Zement-, keramischen- und Glas-Industrie mit 500 bis 1000° C, und die Abgase hinter den Gaswerk-Retorten-Oefen (vor den Rekuperatoren) weisen ebenfalls Temperaturen um 1000° herum auf. Die dadurch bedingten Verluste sind sehr beträchtlich. Handelt es sich um Steinkohle, so betragen sie bei vollkommener Verbrennung für je 100° C Temperatur-Unterschied zwischen Rauchgasen und Verbrennungsluft[1]) 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° C Ueber-Temperatur 6 bis 8 % zu rechnen, sodass bei beispielsweise

[1]) 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:

$$W_v = 0{,}66 \frac{t - t_o}{v\,(CO_2)}\ \% \text{ des Heizwertes der Kohle}$$

wenn t die Temperatur der Rauchgase in ° C, t_o die Temperatur der Verbrennungsluft in ° C und v (CO_2) den Raumanteil der Kohlensäure in den Rauchgasen bedeuten.

Darnach berechnet wird der Verlust für:

t — to	bei v(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 γ mit dem Gehalt an überschüssiger Luft sowie mit der Temperatur ändert. Es beträgt:

bei	reinem Feuergas	Luft
0°	γ = 0,243	γ = 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 Feuergas und von Luft bei verschiedenen Temperaturen t wiedergegeben und zwar je für 1 kg, 1 m³ (bezogen auf 0 °C) und 1 m³ (bezogen auf 0 °C) bei Einsetzung der mittlern spezifischen Wärme zwischen t° und 0° C. Da jede Feuerung mit einem gewissen Luftüberschuss arbeitet, so liegen die praktisch auftretenden Wärmeinhalte zwischen den für reines Feuergas und Luft angegebenen Grenzwerten.

Die Rauchgasmenge lässt sich mit weitgehender Annäherung berechnen nach der Gleichung

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

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.

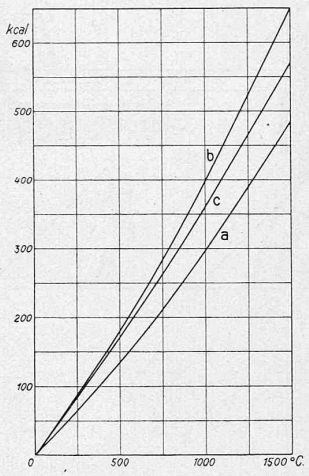


Abb. 18. Wärmeinhalt von Feuergas,

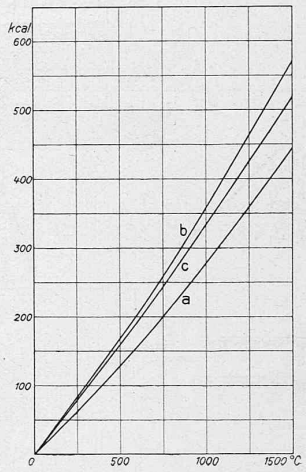
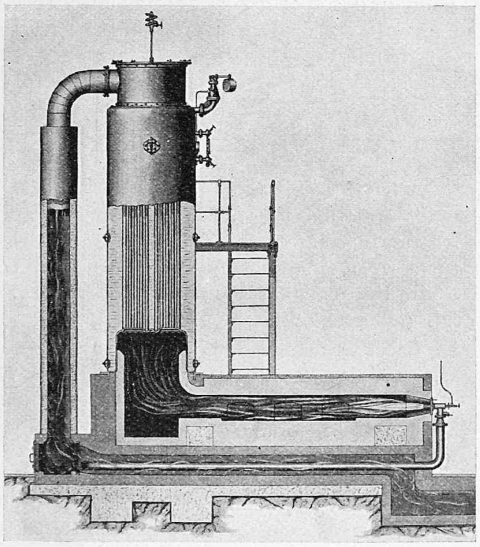


Abb. 19. Wärmeinhalt von Luft,

bei verschiedenen Temperaturen t° C, und zwar a von 1 kg, b von 1 m³, c von 1 m³ 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-

[1]) Ableitung in der «Zeitschrift für Dampfkessel und Maschinenbetrieb», 1920, S. 121.



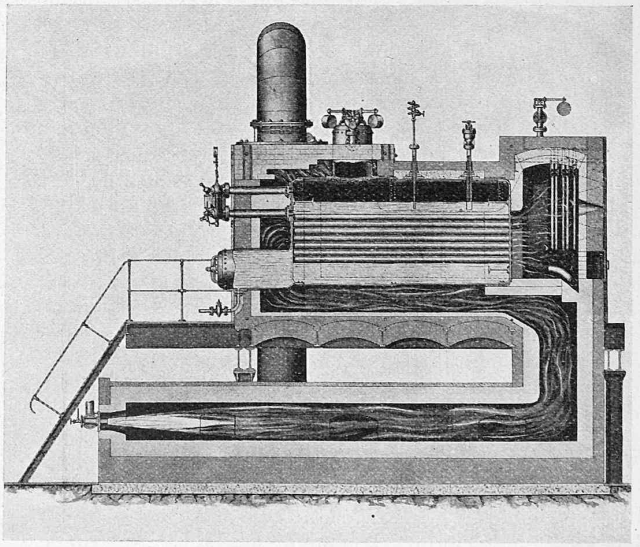


Abb. 20 und 21. Vertikaler und horizontaler Röhren-Abhitzekessel von Gebr. Sulzer A.-G. im Anschluss an Glühöfen mit Oelfeuerung. — 1 : 100.

oder Heizzwecken oder Luft zu Heiz- oder Trockenzwecken erwärmt (Abbildungen 6 und 7 auf Seite 251 letzten Bandes, 19. November 1921).

Eine weitere, schon seit langem angewendete Einrichtung zur Nutzbarmachung heisser Feuergase sind die hinter Siemens-Martinöfen, Schmiedeöfen, Entgasungsöfen in Gaswerken usw. zur Aufstellung gelangenden *Rekuperatoren*. Es sind dies mit feuerfesten Steinen ausgemauerte Kammern, die abwechslungsweise zur Erwärmung von den heissen Gasen und hierauf zur Wärmeabgabe von der kalten Verbrennungsluft durchstrichen werden. Die Gase treten aber meist noch so heiss (beispielsweise mit 400 bis 600° C.) aus ihnen aus, dass sie gut noch weiter zur Wärmeabgabe herangezogen werden können. Tiefere Abgastemperaturen kommen gewöhnlich deswegen nicht in Frage, weil die Wärmeübertragung des Mauerwerks dabei zu langsam erfolgt; dagegen können zur weitern Ausnützung der Wärme eiserne Abhitzeverwerter aufgestellt werden.

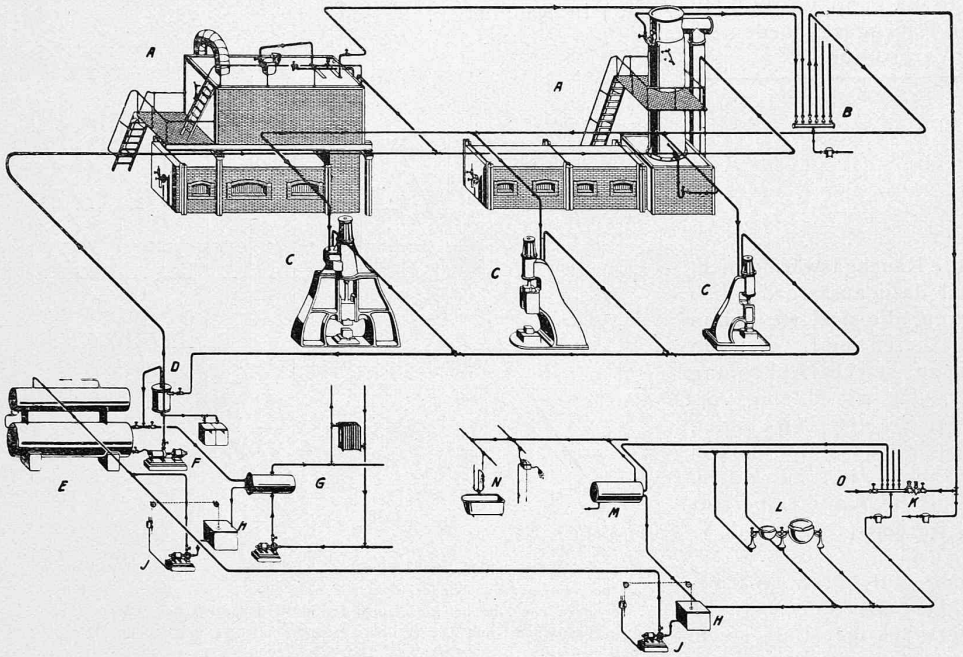


Abb. 22. Schematische Darstellung der Abhitze-Verwertungs-Anlage für die Schweizer. Industrie-Ges. Neuhausen.

Einige Beispiele der Verbindung von Schmiede- und Glühöfen mit Rekuperatoren und Abhitze-Dampfkesseln nach Bauart der Firma Rotenbach & Cie. in Bern, hat Ingenieur Fr. Schmid vor einiger Zeit gezeigt (vergl. Band LXVI, S. 273 und 285, 11./18. Dezember 1920). Eine andere Ausführung eines vertikalen und eines horizontalen *Abhitze-Röhrenkessel* im Anschluss an Glühöfen, die von der Gebr. Sulzer A.-G. stammt, geben die Abbildungen 20 und 21. Die Einsatzöffnungen sind in dem von den Feuergasen der Teeröl-Feuerung zuerst durchstrichenen Zuge sichtbar. Die Abhitze-Dampfkessel sind über den Glühöfen angeordnet, dürfen jedoch, da die letzteren starker Abnützung unterworfen sind, nicht auf dem Kesselmauerwerk aufgebaut, sondern müssen besonders abgestützt werden. Dadurch wird erreicht, dass die Oefen nötig werdenden Reparaturen leichter unterzogen werden können. Bei der Anordnung nach Abbildung 20 durchstreichen die Gase den Kessel in einem Zuge von unten nach oben, worauf sie durch ein vertikales Verbindungsrohr in den unter dem Glühofen befindlichen Rauchkanal geleitet werden, in den die zum Brenner der Oelfeuerung führende Luftleitung eingebaut ist; dadurch wird eine Vorwärmung der Luft auf etwa 120° C und eine entsprechende Erhöhung der Verbrennungstemperatur im Ofen erzielt. Im Mantelraum des Vertikalrohres kann gewünschten Falls Wasser erwärmt werden. Bei der Anordnung nach Abbildung 21 werden die vom Glühofen kommenden Rauchgase zuerst unter dem Kesselmantel durchgeführt, durchstreichen hierauf die Rauchröhren, gelangen in die Ueberhitzerkammer und schliesslich, den Kesselmantel seitlich und oben nochmals umstreichend, in das nach dem Bodenkanal führende vertikale Verbindungsrohr.

In Abb. 22 ist eine mit solchen Sulzer'schen Röhren-Abhitzekesseln ausgerüstete Anlage bei der Schweizer. Industrie-Gesellschaft Neuhausen schematisch wiedergegeben. Von den Abhitzekesseln A, einem liegenden (links) von 54 m² Heizfläche und einem stehenden (rechts) von 36 m² Heizfläche strömt der Dampf mit einem Druck von 7,5 at eff. nach dem Dampfverteiler B und von da nach den verschiedenen Verwendungsorten. Eine Leitung führt z. B. nach den Dampfhämmern C, von wo der Abdampf durch den Dampfentöler D in den Speisewasservorwärmer E und in den Gegenstromapparat G zur Anwärmung des Heizwassers einer Warmwasser-Zentralheizung gelangt. Das Kondenswasser sämtlicher Dampfverbrauchstellen läuft in Sammelbehältern H zusammen und wird durch Pumpen J, die mit automatischer Schaltvorrichtung ausgerüstet sind, nach dem Speisewasserreservoir E befördert, von wo es durch die Speisepumpe F in die Abhitzekessel A zurückgedrückt wird. Aus dem Dampfverteiler B gelangt ferner Dampf durch das Reduzierventil K in den Verteiler O, von wo aus er zu Kochzwecken nach den Kochkesseln L und zu Warmwasserbereitungszwecken nach dem Warmwasserapparat M und den Badeeinrichtungen N ferngeleitet wird.

Da während der Heizperiode der durch die Abhitzkessel erzeugte Dampf zum Betriebe der Hämmer nicht ausreicht, werden diese während dieser Zeit je nach Bedarf ganz oder teilweise durch eine Druckluft-Anlage betrieben. Derartige Verbindungen sind unter dem Abschnitt „Arbeit und Wärme" im ersten Teil dieser Arbeit (vergl. Band LXXVIII, S. 258, 26 November 1921) bereits näher besprochen worden.

Ausser den vielen Ofenarten der Metall-Industrie, Glas- und Porzellanfabrikation, den Retortenöfen der Gaswerke kommen für die Abwärmeverwertung auch die technischen Oefen und Feuerungen der chemischen Grossindustrie mit ihren zahlreichen Einrichtungen in Frage, in denen sich chemische Vorgänge mit starker Wärmeentwicklung abspielen. (Forts. folgt.)

Wettbewerb zum Wiederaufbau von Sent.

(Fortsetzung von Seite 24).

Die zweite Aufgabe des Wettbewerbes galt der Schaffung eines neuzeitlichen, die Mängel des historischen Engadiner Hauses vermeidenden *Bauernhauses mit Grossviehstall*. Das alte Senter Haus schildert Prof. *H. Bernoulli* [1]) wie folgt (vergl. nebenstehende Grundrisse):

„Der breite, flache Giebel, der Strasse zugekehrt, die vordere Hälfte Wohnhaus, rückwärts (bergwärts oder talwärts gilt gleich) der Heustock, darunter der Stall. Das Eigentümliche: nur ein Haus, kein Hof, kein Anbau, nicht einmal ein Miststock; alles, was sonst ein Bauernhaus so lebendig macht, hat im Innern Platz gefunden. Die Einfahrt zum Tenn führt geradewegs durchs Wohnhaus hindurch, bildet den *Sulèr*, den geräumigen Vorplatz, den Stolz des Hauses, ist zugleich Remise, Holzlege, Arbeitsraum, Treppenhaus;

[1]) Siehe den aufschlussreichen Aufsatz in „*Heimatschutz*" 1922, Nr. 1, dem auch die Grundrisse am Fusse der Seite 75 entlehnt sind.