

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91/92 (1928)  
**Heft:** 4

## **Inhaltsverzeichnis**

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.05.2025

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

INHALT: Die rückgewinnbare Wärme im Dampfturbinen-Prozess. — Widerstände und Schwierigkeiten für die Rationalisierung im Bauwesen. — Ideen-Wettbewerb für die Ueberbauung des Stampfenbach-Areals in Zürich. — Die Festigkeit des Mörtels und des Beton. — Vom Umbau der Wasserkraftanlage Rheinfelden. — Neuer Internationaler Verband für Materialprüfungen. — † Henri Etienne. — Mitteilungen: Neubau der Chirurgischen Klinik Zürich. Erhöhung der Normenfestigkeiten für Zemente

in Deutschland. Eine zentralisierte automatische Feuerungsregelung. Das Perpetuum mobile erfunden. Rettungswagen für die neuen Strassentunnel in New York. Der Verbrauch an Kalziumkarbid im Jahre 1926. — Wettbewerbe: Städtisches Altersheim in Zürich. Stadtbauplan für die Stadtgemeinde Luzern. — Vereinsnachrichten: Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Basler Ingenieur- und Architekten-Verein. S. T. S.

Band 91.

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

Nr. 4

## Die rückgewinnbare Wärme im Dampfturbinen-Prozess.

Von Dipl.-Ing. TH. BREMI, Brown, Boveri & Cie., Baden.

In letzter Zeit wurde die Frage der Wärmerückgewinnung wiederholt aufgegriffen. Die älteste Lösung, die für ideale Gase, stellt das Problem als von der Temperatur unabhängig dar. Eine amerikanische Veröffentlichung von W. E. Blowney und G. B. Warren: „The increase in thermal efficiency due to resuperheating in steam-turbines“, in der in graphischer Darstellung eine wesentliche Abhängigkeit von der Temperatur für Wasserdampf beschrieben wird, worin aber über den Ursprung dieser Kurven keinerlei Angaben gemacht werden, gab Veranlassung, die Frage der Wärmerückgewinnung neuerdings zu prüfen.

### I. DEFINITION DES WÄRMERÜCKGEWINNUNGS-FAKTORS.

Die Entspannung des Dampfes in der mehrstufigen Dampfturbine bringt eine Energieverschleppung im Sinne wachsender Entropie mit sich, indem die Reibungsverluste in den Schaufelkanälen einer Stufe in Wärme rückverwandelt werden und damit die Energiemenge der folgenden Stufe, gegenüber dem bei idealer, d. h. adiabatischer Expansion erreichbaren Werte, vergrössern. Die zusätzliche Energiemenge der Stufe  $CD$  (Abb. 1) als Folge der unvollständigen Umsetzung in der vorangehenden Stufe  $AC$  kommt im  $TS$ -Diagramm durch das Flächenstück  $C'D'D'C'$  zum Ausdruck. Dass aber trotz der Vermehrung der an der Umsetzung beteiligten Energiemengen der Gesamtwirkungsgrad  $\eta_i$  für alle Stufen schlechter als der bei adiabatischer Expansion sein muss, findet seinen Ausdruck darin, dass die Summe der Zusatzenergiemengen  $\sum e < T_k \Delta S$  ist. Andererseits wird  $\eta_i$  der ganzen Turbine aber dadurch grösser als der Schaufelwirkungsgrad  $\eta_s$  der einzelnen Stufe.

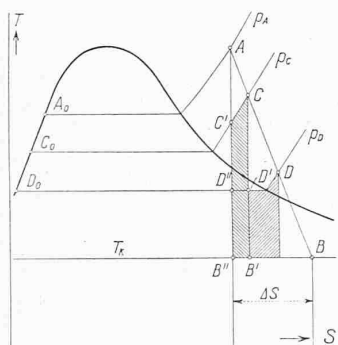


Abb. 1.

Als Wärmerückgewinnungsfaktor  $R$  (Reheatfaktor) bezeichnen wir das Verhältnis der Summe der bei der Umsetzung beteiligten Energiemengen  $\sum h_n$  zur Energiemenge bei adiabatischer Umsetzung  $H_o$ . Die Berechnung dieser beiden Energiemengen lässt sich für ideale Gase allgemein durchführen und ergibt nach Martin<sup>1)</sup> für  $R$  unter Voraussetzung unendlich vieler Stufen die Funktion

$$R_{\infty} = \frac{1}{\eta_s} \frac{1 - q^{\eta_s}}{1 - q} \quad \text{mit } q = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \quad (1)$$

Der Uebergang von dieser Formel für ideale Gase auf eine solche für Wasserdampf kann nun in der Weise erfolgen, dass eine möglichst einfache Näherungsformel als Zustandsgleichung für Wasserdampf herangezogen wird. So benützt Zinzen<sup>2)</sup> zur Einführung des Temperatureinflusses:  $v = 47,1 T/p$ , während Wewerka<sup>3)</sup> lineare Zunahme der spezifischen Wärme  $c = a + bT$  ansetzt und damit eine Temperaturfunktion entwickelt, die für Heissdampf angenähert einen konstanten Wert annimmt.

<sup>1)</sup> „A new theory of the steam turbine“. Engineering, Juli 1918, S. 54.

<sup>2)</sup> „Rückgewinnbare Verlustwärme und Vergrösserung des Wärmegefälles in mehrstufigen Gleichdruckturbinen“. Z. f. tech. Physik, 1925, S. 185.

<sup>3)</sup> „Die rückgewinnbare Wärme bei Hochdruckdampfturbinen“. Archiv für Wärmewirtschaft, Juli 1926, Seite 189.

Andererseits können wir durch direkte Anlehnung an die Entropietafel und daher mit Würdigung der kompliziert gebauten Zustandsgleichungen für Wasserdampf, wie sie die neuesten Versuche aufdrängten<sup>4)</sup>, auf teilweise geometrischem Wege eine Näherungslösung des Problems finden. Es ist naheliegend, dass  $R$  für eine bestimmte Expansion, d. h. bei festgesetzter Stufenzahl und angenommenem Schaufelwirkungsgrad  $\eta_s$ , durch Zeichnen des Entropiediagrammes (in der  $J$ - $S$ -Tafel) als Verhältnis der Summe aller gemessenen, einzelnen adiabatischen Stufengefälle zum Gesamtgefälle bestimmt werden kann. Einerseits versagt aber diese Methode bei grosser Stufenzahl aus Gründen zeichnerischer Ungenauigkeit, andererseits veranschaulicht eine allgemeine Lösung den Einfluss dieser „Gefällsvergrösserung“ auf den ganzen Expansionsprozess besser, als die zahlenmässige Bestimmung von Fall zu Fall.

$R$  als relatives Mass für die rückgewinnbare Wärmeenergie ist nur abhängig von den folgenden drei Faktoren, deren qualitativer Einfluss zuerst festgelegt werde: 1. Vom Dampfzustand während der Expansion; 2. vom Schaufelwirkungsgrad; 3. von der Stufenzahl.

### Einfluss des Dampfzustandes.

Für ein konstantes Druckgefälle wächst das adiabatische Wärmegefälle  $H$  mit der Entropie. Hierin kommt  $R$  zum Ausdruck. Diese Veränderlichkeit ist im  $J$ - $S$ -Diagramm durch die Neigung der Drucklinien charakterisiert: Während im Nassdampfgebiet das Anwachsen von  $H_o$  durch die Divergenz der geradlinig verlaufenden  $p$ -Linien vollständig bestimmt ist, wird im Ueberhitzungsgebiet dem Einfluss der Divergenz noch jener der konvexen Krümmung der  $p$ -Linien überlagert. Im Heissdampfgebiet muss also eine grössere Zunahme von  $H$  stattfinden, als im Nassdampfgebiet bei gleicher Entropieverschiebung, oder für entsprechende Expansionen ist  $R$  im Heissdampfgebiet wesentlich grösser als im Nassdampfgebiet. — Die Neigung  $\tan \alpha$  der  $p$ -Linien lässt sich aus den allgemeinen Gasgleichungen leicht ermitteln:

$$\text{Aus } dq = T ds = T \left[ \left( \frac{\partial s}{\partial T} \right) dT + \left( \frac{\partial s}{\partial p} \right) dp \right] \\ \text{entsteht für } p = \text{konstant}$$

$$dq_p = T \left( \frac{\partial s}{\partial T} \right)_p dT$$

Andererseits entsteht aus  $dq = di - A v dp$  oder

$$dq = \left( \frac{\partial i}{\partial T} \right) dT + \left[ \frac{\partial i}{\partial p} - A v \right] dp$$

$$\text{für } p = \text{konstant} \quad dq_p = \left( \frac{\partial i}{\partial T} \right)_p dT$$

Durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für  $q_p$  wird:

$$T = \left( \frac{\partial i}{\partial s} \right)_p = \tan \alpha \quad (2)$$

Tabelle I auf der folgenden Seite zeigt, dass für  $S = \text{konstant}$   $\tan \alpha$  in dem für den Turbinenbau in Frage kommenden Heissdampfgebiet mit grösster Annäherung geradlinig mit dem Wärmeinhalt  $i$  wächst:  $\tan \alpha = a_o + \beta i$ . Diese Geraden können ausserdem zwanglos als Parallele gezeichnet werden. Damit wird  $\beta = \text{konstant}$  und  $a_o = f(S)$ , woraus für  $\tan \alpha$  angesetzt werden kann:

$$\tan \alpha = a + bs + cs^2 + ds^3 + \beta i \quad (3)$$

$$a = 6020,64; b = -11339,61; c = 6114,50;$$

$$d = -1103,33; \beta = 2,1695.$$

<sup>4)</sup> Knoblauch, Raisch und Hansen, Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, berechnet aus der spezifischen Wärme, 1923.