

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 7

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: 01.04.2025

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

INHALT: Vergleichskriterien der Wärmeerzeugung durch Verbrennung und durch Elektrizität. — Stahl-Leichtbau, eine Forderung der Zeit. — Zwei Gesandtschafts-Gebäude in Ankara. — Frank Lloyd Wright. — Austausch junger Leute aus Industrie, Gewerbe und Handel innerhalb der Schweiz. — Mitteilungen: Die selbsttätige Aufzeichnung der Wasserstoff-Ionen-Konzentration (ph-Werte). Kabelmäntel aus Aluminium. Be-

einflussung der Kräfte und Momente einer Eisenbetonbrücke durch die Ausführungsart. Frauen an der Maschine. Kurvenüberhöhung bei Bergstrassen. Grossmarkthalle in Köln. Schalengewölbe der Mühle Rod in Orbe. Eidg. Technische Hochschule. — Literatur.

Mitteilungen der Vereine. Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 117 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verelnsorgane nicht verantwortlich Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 7

Vergleichskriterien der Wärmeerzeugung durch Verbrennung und durch Elektrizität

Definition und Anwendungen der Begriffe: Brennstoff- und Preisäquivalent.

Die Schärfe, mit der sich heute das Problem einer gehörigen Ausnützung unserer Wasserkräfte wiederum stellt, verleiht einer im Jahre 1924 erschienenen vergleichenden Studie von F. Rutgers über die elektrisch und die aus Kohle erzeugte Wärme¹⁾ erneute Aktualität. Man findet darin die beiden Begriffe des Brennstoff- und des sog. Betriebskosten-Aequivalents definiert und an Beispielen erläutert.

Bekanntlich ist die von den Elektrikern gebrauchte Energieeinheit «Kilowattstunde» 860mal so gross wie die den Kalorikern geläufige Einheit «Kilocalorie»:

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$$

Da ferner 1 kg Kohle einen Heizwert von rd. 7000 kcal = 8,14 kWh besitzt, so verhält sich die Anzahl der in einer elektrischen Widerstandsheizung verbrauchten kWh zu der Zahl der in einer Kohlenfeuerung verbrannten kg Kohle, sofern bei beiden Prozessen, dem elektrischen Stromdurchgang und der Verbrennung, die selbe Wärmemenge frei wird, wie 8,14 : 1. In praxi interessiert jedoch nicht dieses, sondern das Verhältnis

$$t_K = \frac{E}{G_K} \dots \dots \dots (1)$$

Hierin bedeuten, bei Vorgabe nicht der an der Wärmequelle (im Heizdraht, über dem Rost) freiwerdenden, sondern einer bestimmten, an der Stelle des Verbrauchs (z. B. in dem zu beheizenden Trockenraum) zu liefernden monatlichen (oder jährlichen) Wärmemenge: E die Anzahl der im elektrischen Fall dazu nötigen kWh und G_K die Anzahl der bei Brennstoffbetrieb dazu erforderlichen kg Kohle. Wegen der bei Verwendung von Kohle nicht möglichen, wohl aber im elektrischen Fall praktisch erreichbaren Vermeidung von Wärmeverlusten zwischen Quelle und Verbrauchsort ist stets

$$t_K < 8,14 \text{ kWh/kg} \dots \dots \dots (1a)$$

Unterhalb dieser Schranke variiert t_K mit dem Verwendungszweck (Kochen, Raumheizung, Warmwasserbereitung, industrielle Wärmeanwendungen, Dampfkessel); ein grösseres t_K verbessert, ein kleineres t_K verschlechtert die technische Position der Kohle. Da t_K elektrisch bezogene kWh bezüglich des gewollten Erfolges, d. h. der gelieferten Nutzwärme, äquivalent 1 kg verbrannter Kohle sind, heisst t_K das Kohleäquivalent. Analog lässt sich von Fall zu Fall ein Oel-, Holz-, allgemein Brennstoffäquivalent definieren. Zusammen mit den bezüglichen Preisen bestimmt diese mit dem Stand der Technik gegebene Grösse eine zweite, auch von dem Stand der Wirtschaft abhängige Grösse, das sog. Betriebskostenäquivalent. Bezeichnet man, analog zum Fall technisch äquivalenter Energiequellen, die Betriebskosten dann als äquivalent, wenn sie der Erzeugung der selben Nutzwärme entsprechen, so ist unter «Betriebskosten-Aequivalent» jene Zahl z zu verstehen, die angibt, wie viele im elektrischen Betrieb ausgegebene Franken hinsichtlich der dafür erhaltenen Nutzwärme äquivalent einem bei Kohlebetrieb aufgewendeten Franken sind. Die monatlichen (oder jährlichen) Betriebsunkosten B [Fr. oder Rp.] bei Verwendung von Kohle (B_K), bzw. Elektrizität (B_e) zerfallen in einen von G_K, bzw. E unabhängigen Anteil b_K, bzw. b_e und einen mit G_K, bzw. E wachsenden Anteil p_K G_K, bzw. p_e E. Dabei bedeuten p_K [Fr./kg oder Rp./kg] und p_e [Fr./kWh oder Rp./kWh] den Preis des kg Kohle, bzw. der elektrischen kWh:

$$B_K = b_K + p_K G_K, B_e = b_e + p_e E$$

Bei technischer Aequivalenz der beiden Betriebe ist E = t_K G_K, also

$$B_e = b_e + t_K p_e G_K$$

und

$$z = \frac{B_e}{B_K} = \frac{b_e/p_e + t_K G_K}{b_K/p_K + t_K G_K} = \frac{b_e/p_K + E/v_K}{b_K/p_K + E/t_K} \dots \dots (2)$$

wobei

$$v_K = \frac{p_K}{p_e} \text{ kWh/kg} \dots \dots \dots (3)$$

¹⁾ Ueber die Bestimmung des Aequivalentes der elektrisch erzeugten Wärme im Vergleich zu der durch Kohle erzeugten Wärme. «Bulletin SEV», 1924, Nr. 8 (Sonderabdruck).

Leider wird aber unter «Betriebskostenäquivalent» nicht das Verhältnis z, sondern jener Wert w_K verstanden, den der Quotient v_K des Kohlen- zum kWh-Preis annehmen muss, damit z = 1 wird. Es ist also

$$\frac{b_K}{p_e} + w_K G_K = \frac{b_e}{p_e} + t_K G_K, \frac{b_e}{p_K} + \frac{E}{w_K} = \frac{b_K}{p_K} + \frac{E}{t_K}$$

oder

$$w_K = t_K - \frac{b_K - b_e}{p_e G_K}, \frac{1}{w_K} = \frac{1}{t_K} + \frac{b_K - b_e}{p_K E} \dots (4)$$

Ist das Preisverhältnis v_K < w_K, so ist der elektrische Betrieb der teurere; ist v_K > w_K, so ist es der Betrieb mit Kohle; v_K = w_K bedeutet Gleichheit der Betriebskosten. Nur wenn der Kohlenpreis p_K gerade w_K mal so gross ist wie der kWh-Preis p_e, so besteht technische Aequivalenz der beiden Betriebsarten, d. h. Gleichheit der erzeugten Nutzwärme vorausgesetzt, auch wirtschaftliche Aequivalenz, d. h. Gleichheit der Betriebskosten.

In summa: G_K kg Kohle sind technisch t_K G_K kWh elektrischer Energie äquivalent — technische Aequivalenz des Betriebsstoffs. Der Elektrizitätspreis p_e Rp./kWh ist wirtschaftlich dem Kohlepreis w_K p_e Rp./kg äquivalent — wirtschaftliche Aequivalenz des Preises. Für die Verhältniszahl w drängt sich daher der Name (Kohle-, Oel-, Holz-) Preisäquivalent auf, den wir im folgenden (an Stelle der besser für z zu reservierenden Bezeichnung «Betriebskostenäquivalent») gebrauchen.

Da regelmässig b_K > b_e, pflegt gemäss (4)

$$w_K < t_K$$

zu sein. Z. B. kommt Rutgers beim Vergleich einer bestehenden grösseren Dampfkesselanlage von 400 m² Heizfläche für Tag- und Nachtbetrieb mit einer neu zu erstellenden Elektrodenkesselanlage von 8000 kW zu den Jahreswerten:

$$G_K = 7,24 \cdot 10^6 \text{ kg}, E = 44,7 \cdot 10^6 \text{ kWh}, b_K = 60\,000 \text{ Fr.}$$

$$b_e = 39\,500 \text{ Fr.}$$

Damit wird für diesen Vergleichsfall das Kohleäquivalent

$$t_K = \frac{E}{G_K} = 6,18 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

Das Preisäquivalent w_K hängt vom Kohlepreis p_K ab. Diesen zu 100 Fr./t = 0,1 Fr./kg angenommen, wird nach (4):

$$\frac{1}{w_K} = \frac{1}{6,18} + \frac{1}{218} \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}, w_K = \frac{6,18 \cdot 218}{224,2} = 6 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

Unter den gemachten Voraussetzungen würde sich demnach die Umstellung auf den elektrischen Betrieb dann lohnen, wenn die elektrische Energie nicht teurer käme als 10/100 = 1,67 Rp./kWh. Diese Zahl beleuchtet eine der Schwierigkeiten, auf die der vom Standpunkt unserer Energiewirtschaft so begrüssenswerte Vorschlag stossen dürfte, zur Aufspargung von Brennstoff für den Winter industrielle Wärmeanlagen, in denen bisher Kohle verfeuert wurde, im Sommer unter Verwertung der dann verfügbaren Energieüberschüsse unserer Kraftwerke elektrisch zu betreiben.

Wurde bei dem eben angestellten Vergleich der Kohlepreis als gegeben vorausgesetzt, so kann sich die Frage umgekehrt auch so stellen: Welcher Brennstoffpreis würde bei den heutigen Elektrizitätsstarifen dem betreffenden Brennstoff für ein bestimmtes Anwendungsgebiet die Konkurrenzfähigkeit mit der Elektrizität erteilen? Diese Frage kann im Fall der Raumheizung, namentlich einer den eingeschränkten Zentralheizungsbetrieb ergänzenden Zusatzheizung für Holz da aktuell werden, wo es — wenn nicht schon im gegenwärtigen, so doch vielleicht im nächsten Winter — in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht. Dass der dann dem Vergleich zu Grunde zu legende Heizstrompreis p_e Rp./kWh oft nicht ohne Rechnung zu ermitteln ist, möge das folgende Beispiel für die Stadt Zürich zeigen.

Das EWZ berechnet einer (nicht elektrisch kochenden) Haushaltung die in einem Monat aus dem Lichtnetz bezogene Energie im Hochtarif von 45 Rp./kWh für die in den Abendstunden (während der Heizperiode von 16⁰⁰, bzw. 17³⁰ bis 21³⁰) verbrauchten H kWh. Von den ausserhalb der Hochtarifzeit bezogenen N kWh werden Z nach Niedertarif I (20 Rp./kWh), der Rest N — Z nach Niedertarif II (6 oder 9 Rp./kWh) in Rechnung gestellt. Dabei ist Z folgendermassen durch N und H bestimmt: