

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 20 (1929)
Heft: 4

Artikel: Die Berücksichtigung des Belastungsausgleichs in der Preisbildung für die elektrische Arbeit
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056807>

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: 18.01.2025

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

6. *Betreffend «Elektrowirtschaft».* Schweden besitzt eine ähnliche Institution, wie eine Anzahl Schweizerwerke sie unter dem Namen „Elektrowirtschaft“ betreiben. Es ist ein „Verein für rationelle Ausnützung der Elektrizität“, der u. a. ähnlich wie unsere „Elektrowirtschaft“ eine sehr gut ausgestattete Monatsschrift unter der Bezeichnung „ERA“ (El., rat., Anwend.) herausgibt. Der Verein heisst abgekürzt „FERA“; er besteht zur einen Hälfte aus der schwedischen Elektrizitätswerks-Vereinigung, zur andern Hälfte aus den vier grossen industriellen Vereinigungen: Elektroindustrie, Elektrogrosshandel, Installationswesen und Glühlampenindustrie.

Die vorstehenden Angaben sind die möglichst getreue Wiedergabe von Auskünften einer grossen Zahl von schwedischen Fachleuten des Elektrizitätsgebietes, denen wir dafür ausserordentlich dankbar sein dürfen.

Auch die glänzende Führung und Bewirtung, die uns in Schweden zuteil geworden ist, verdient unsern allerverbindlichsten Dank und Revanche in nach unseren Begriffen reichstem Ausmass, sofern sich etwa dazu Gelegenheit bieten wird.

Die Weitergabe dieses Berichtes an unsere schweizerischen Kollegen kann nur einen Teil des technischen Nutzens der Reise vermitteln; sie geschieht aber trotzdem mit der Bitte, sich bei Anlass schwedischer Gegenbesuche erkenntlich zu zeigen.

Die Berücksichtigung des Belastungsausgleichs in der Preisbildung für die elektrische Arbeit.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

621.371

Im Anschluss an seine im Bulletin 1926, No. 7 bekannt gegebene Methode der Vorausberechnung des Belastungsausgleichs bei der Abgabe elektrischer Arbeit zeigt der Verfasser die Anwendung der damals ermittelten Ergebnisse; es können für Tarife, die ohne Rücksichtnahme auf den Belastungsausgleich aufgestellt wurden, gewisse Ermässigungen zugestanden werden.

L'auteur présente ici l'application des résultats de sa méthode, publiée dans le Bulletin 1926, No. 7, pour déterminer d'avance la compensation des charges, lors de la vente d'énergie électrique; il en résulte qu'on peut accorder certains rabais sur des tarifs établis sans tenir compte de cette compensation.

In einer früheren Arbeit¹⁾ haben wir gezeigt, dass der Belastungsausgleich bei Elektrizitätswerken mittels des Schwankungsverhältnisses der Leistung, das sich seinerseits mittels der Wahrscheinlichkeitsrechnung vorausbestimmen lässt, als allgemein gültiger Zusammenhang der Benützungsdauer bei den einzelnen Energiebezügern mit der resultierenden Benützungsdauer im Werk dargestellt werden kann; für gleichartige Energiebezüger wurde dieser Zusammenhang durch Kurvenbilder sowohl für die höchstmögliche Betriebszeit $H = 8760$ h/Jahr, als auch für die reduzierte, mögliche Betriebszeit $H = 2190$ h/Jahr bekanntgegeben. In der vorliegenden Arbeit soll nun gezeigt werden, in welchem Masse jene Ergebnisse sich bei der Preis- und Tarifbildung der elektrischen Energie geltend machen dürften.

Wie im früheren Aufsätze bezeichnen wir, für die vom Elektrizitätswerk abgegebene elektrische Arbeit, mit W_{\max} das zugehörige Effektmaximum, mit W_a die Anschlussleistung eines jeden von Z gleichartigen²⁾ Abnehmern, mit T_w die zu W_{\max} gehörende Benützungsdauer im Werk und mit T_a die Benützungsdauer bei jedem der Abnehmer. Da die Verluste der Uebertragung eine besondere Gruppe von Abnehmern bilden sollen, deren Kosten zu den allgemeinen Kosten gehören, so gilt für die verwertbare Arbeit A :

$$A = T_w W_{\max} = Z T_a W_a.$$

¹⁾ Siehe Bulletin S. E. V. 1926, Seite 289 und 451.

²⁾ Das Kriterium der „Gleichartigkeit“ von Abnehmern ist wieder in deren ungefähr je übereinstimmenden Grössen H , W_a und T_a verstanden.

Wenn nun in der möglichen Betriebszeit (im Maximum 8760 h/Jahr) jedem Abnehmer eine Energiemenge $\frac{A}{Z}$ geliefert wird, so soll dafür ein Preis P gefordert werden, dessen Bildung gemäss der Beziehung:

$$P = C_1 \frac{W_{\max}}{Z} + C_2 \frac{A}{Z}$$

gerechtfertigt sein möge; d. h. nach Massgabe der Konstanten C_1 sei der Preis einerseits bedingt durch das Effektivmaximum im Werk, während er andererseits nach Massgabe der Konstanten C_2 auch von der gelieferten Arbeitsmenge abhängig ist. Unter gewissen Umständen sind C_1 und C_2 keine Konstanten, sondern effektabhängig, wobei die Schreibweise:

$$C_1 = a_1 + \frac{b_1}{c_1 + W_{\max}}$$

$$C_2 = a_2 + \frac{b_2}{c_2 + W_{\max}}$$

mit a_1, b_1, c_1 , sowie mit a_2, b_2, c_2 als neuen, eigentlichen Konstanten am Platze ist. Dies ist insbesondere bei kleineren Wärmekraftanlagen zu berücksichtigen³⁾.

Weiter mag noch bemerkt werden, dass bei Wasserkraftanlagen in der Regel die Konstante C_2 gleich null gesetzt werden kann, der Preis P also durch das erste Glied der angeschriebenen Gleichung hinlänglich genau bestimmt erscheint. Im Interesse der Allgemeingültigkeit benutzen wir jedoch im Folgenden die vollständige Preisgleichung, die wir mit den aus der Arbeitsgleichung entnehmbaren Substitutionen in der Form schreiben:

$$P = C_1 \frac{Z T_a W_a}{Z T_w} + C_2 \frac{Z T_a W_a}{Z}$$

$$P = \left[C_1 \left(\frac{T_a}{T_w} \right) + C_2 T_a \right] W_a \quad (1)$$

In dieser Form haben wir bereits den für unsere Untersuchung passenden Ansatz gefunden. Wenn man, wie dies bis heute etwa üblich ist, den Belastungsausgleich ausser Betracht lässt, dann gilt sowohl: $Z = 1$, als auch:

$$\frac{T_a}{T_w} = 1.$$

Die Berücksichtigung des Belastungsausgleichs ergibt aber bei genügend grossen Werten Z eine Abhängigkeit der Grösse T_w nicht nur von T_a , sondern auch von der Abnehmerzahl Z und von der möglichen Betriebszeit H , wobei stets:

$$\frac{T_a}{T_w} < 1$$

ist, sodass auch eine Preisreduktion gerechtfertigt erscheint. Die Grösse dieser Preisreduktion richtet sich nach der Funktion:

$$\frac{T_a}{T_w} = f(T_a, Z, H) \quad (2)$$

bzw. nach Kurvenbildern, wie solche in unserem früheren Aufsatz zu finden sind⁴⁾. Aus den damals für $H = 8760$ h/Jahr und für $H = 2190$ h/Jahr aufgestellten Kurvenbildern stellen wir nun, je für die charakteristischen Abnehmerzahlen:

³⁾ Man vergleiche z. B. die Darstellung von J. Ganguillet, Bulletin S.E.V. 1925, Seite 65.

⁴⁾ Siehe Bulletin S.E.V. 1926, Seite 293.

$$Z = 1, = 25, = 100, = \infty,$$

die Werte der Grösse $\frac{T_a}{T_w}$ über T_a dar, wobei wir für die Abszissen T_a einen Absolutmasstab mit der Einheit: 8760 h/Jahr = 1,0 benutzen. Die hier beigefügten Fig. 1 und 2 erfüllen dieses Programm, und zwar Fig. 1 für $H = 1,0$, Fig. 2 für $H = \frac{1}{4}$; dies ist je der Absolutmasstab auch für H . Bei $Z = \infty$ ist T_w unverändert

gleich H , wobei der vollständige Ausgleich erfolgt; dem gegenüber stellt $T_w = T_a$ den andern Grenzfall, denjenigen des fehlenden Ausgleichs bei $Z = 1$ dar. Jede Ausgleichsline der Fig. 1 und 2, für die also $Z > 1$ ist, geht für einen charakteristischen Wert von T_a über in die Gerade für $Z = 1$ bei fehlendem Ausgleich.

Nun können wir die erhaltenen Resultate auch noch unmittelbar für die Tarifbildung benutzen.

Aus der Preisgleichung (1) erhalten wir, bei deren Division durch $W_a T_a$, d. h. durch die Arbeit pro Abnehmer, den Einheitspreis p_γ des sog. *Gebührentarifs* in der Formulierung:

$$p_\gamma = \frac{C_1}{T_a} \left(\frac{T_a}{T_w} \right) + C_2.$$

Am Beispiel des Wasserkraftbetriebes und für Detail-Energieabgabe in einem Niederspannungsnetze sei, in Rappen pro kWh, für $Z = 1$, d. h. ohne Berücksichtigung eines Ausgleichs:

$$p_\gamma = \frac{10}{T_a},$$

wobei für T_a wieder der Absolutmasstab mit 8760 h/Jahr = 1,0 gewählt sei⁵⁾. Dann bildet diese Einheitspreis-Gleichung in den Fig. 3 und 4 je die zu äusserst rechts gelegene Grenzhyperbel; anschliessend finden sich für $Z > 1$ mit

$$p_\gamma = \frac{10}{T_a} \left(\frac{T_a}{T_w} \right)$$

die reduzierten Einheitspreis-Kurven, die mittels der aus den Fig. 1 und 2 folgenden Werte von $\frac{T_a}{T_w}$ bestimmt werden konnten. Es ist Fig. 3 wieder für $H = 1,0$

⁵⁾ Der benutzte Wert $C_1 = 10$ mag hoch erscheinen; durch Division mit einem, zwischen 1 und 2 liegenden, Korrekturwert kann er auf tatsächliche Ansätze schweizerischer Werke umgerechnet werden.

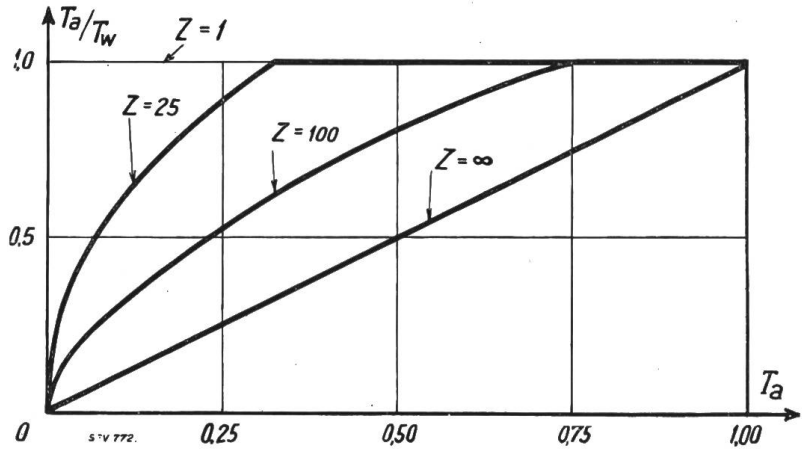


Fig. 1. Das Verhältnis der Benützungsdauern bei $H = 1$.

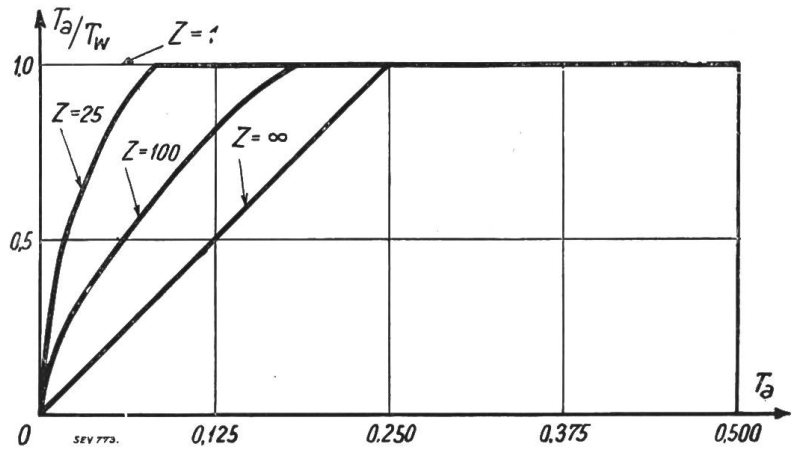


Fig. 2. Das Verhältnis der Benützungsdauern bei $H = \frac{1}{4}$.

entworfen, während Fig. 4 für $H = \frac{1}{4}$ gilt.

Indem wir die Preisgleichung (1) durch W_a , d. h. durch die Leistung pro Abnehmer, dividieren, erhalten wir den Einheitspreis p_π als Grundlage des sog. *Pauschal tariffs* in der Formulierung:

$$p_\pi = C_1 \left(\frac{T_a}{T_w} \right) + C_2 T_a.$$

Beim Ansatz $C_2 = 0$, sowie für $\frac{T_a}{T_w} = 1$, d. h. weiter noch bei fehlendem Ausgleich

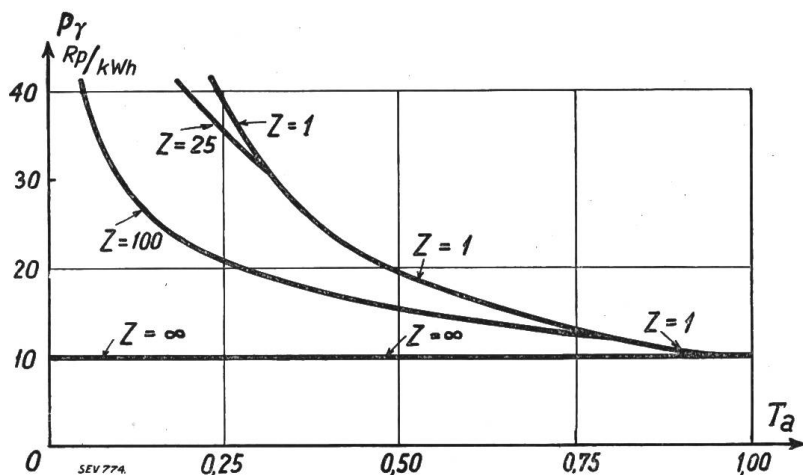


Fig. 3.
Der Einheitspreis p_π bei $H = 1$.

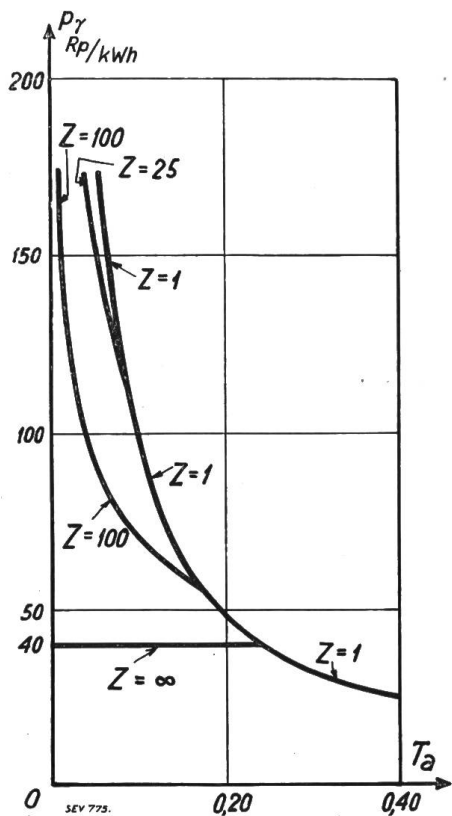


Fig. 4.
Der Einheitspreis p_π bei $H = \frac{1}{4}$.

ist der eigentliche Pauschalpreis verwirklicht, z. B. $d_\pi = 200$ Fr./kW. Versucht man, an einem derartigen Einheitspreis den Belastungsausgleich zu verwirklichen, was ohne weiteres durch Multiplikation mit den aus den Fig. 1 und 2 folgenden Verhältnisswerten $\left(\frac{T_a}{T_w} \right)$ geschehen könnte, so bemerkt man sofort das offenbar unzulässige Ergebnis, dass sich für kleinste Benutzungsdauern der Einheitspreis dann dem Werte null nähert. Nun kennt aber

der eigentliche Pauschalpreis grundsätzlich überhaupt keine Benutzungsdauer, womit die versuchte Anwendung des Belastungsausgleichs von vornherein illusorisch wird. Es besteht zudem die Zulässigkeit der Bildung eines Einheitspreises nach Art von p_π eigentlich nur für die Voraussetzung grösserer Benutzungsdauern, womit ja die Bedeutung des Belastungsausgleichs ohne weiteres verschwindet. Pauschalpreise setzen weiterhin auch noch voraus, dass man die hier besonders störende Unkonstanz von C_1 durch den Ansatz:

$$C_1 = a_1 + \frac{b_1}{c_1 + W_{\max}}$$

berichtigt; kommt dazu noch die Nichtberücksichtigung des Belastungsausgleichs, d. h. der Ansatz $T_a = T_w$, so sind unter diesen Annahmen die Pauschalpreise in gewissen Einzelfällen berechtigt.

Wir erkennen also, dass wir, um den Belastungsausgleich unmittelbar in der Tarifbildung verwenden zu können, wobei es zunächst stets nur innerhalb von Gruppen gleichartiger Energieabnehmer möglich ist – dabei nicht etwa solcher, bei denen die Benutzungszeit stets genau in dieselbe Phasenlage fällt, wie bei der Geschäftsbeleuchtung – für den Einheitspreis die Beziehung:

$$p_\gamma = \frac{C_1}{T_a} \left(\frac{T_a}{T_w} \right) + C_2$$

als massgebende betrachten, d. h. also vom Gebührentarif ausgehen müssen. Dieser Gebührentarif wird für $Z = \infty$ ohne weiteres zum reinen Zählertarif, gekennzeichnet durch die Konstanz des Ansatzes für p_γ . Für endliche Abnehmerzahlen kann man den Kurven unserer Fig. 3 und 4 z. B. durch den Gebrauch des Zählertarifs mit Rabattabstufungen nahe kommen.

Neben die geschilderte Bedeutung des Belastungsausgleichs für die unmittelbare Anwendung in der Tarifbildung tritt nun noch seine mittelbare Bedeutung im Dienste der Selbstkosten-Ermittlung beim Elektrizitätswerke; dabei spielt dann die Berücksichtigung der nicht gleichartigen Abnehmer eine wichtige Rolle, über die wir uns bereits in unserer früheren Arbeit geäußert und die grundlegenden Operationen erörtert haben.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Die Wärmeverluste der elektrischen Heisswasserspeicher. 643.36

Unter diesem Titel veröffentlicht *Rud. Brey*, Sörnwitz, in der E. T. Z., 1928, Heft 50, durch praktische Messergebnisse nachgeprüfte theoretische Untersuchungen über die Wärmeverluste von Heisswasserspeichern, die nach ihren Quellen aufgeteilt werden. Obwohl sich diese Untersuchungen auf ein bestimmtes deutsches Fabrikat von Wandapparaten (Ueberlaufspeicher von 15—150 Liter Inhalt) beschränken, dürfen die Ergebnisse allgemeineres Interesse beanspruchen, da die Konstruktion derartiger Apparate bereits so weit gediehen ist, dass die Wärmeverluste für einen Speicher bestimmten Inhalts verschiedenen Fabrikats kaum wesentlich voneinander abweichen dürften. Einige Stichproben an Speichern schweizerischer Provenienz, die durch die Materialprüfanstalt des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins untersucht wurden, bestätigten uns das.

Die nachstehenden Berechnungen untersuchen den Anheizvorgang der Heisswasserspeicher. Sie basieren auf folgenden Annahmen:

Temperatur des zufließenden Wassers	10° C
Temperatur des heissen Wassers	85° C
Temperatur der Umgebung	20° C
Aufheizzeit	7,2 h

Die *Tropfwasserverluste* v_t in l beim Anheizen von Speichern mit Kupfergefässen können durch die Beziehung

$$v_t = 0,0286 V$$

dargestellt werden, wobei V den Speicherinhalt, in l, bedeutet. Diese haben folgenden Energieverlust in Wh zur Folge.

$$q_t = 1,555 V$$

Der Autor bezeichnet als *kapazitive Verluste* während der Anheizperiode diejenigen, die zur Anwärmung der Speicherwandungen und ihrer Isolation notwendig sind. Diese Energiemenge ist aber, wie auch der Autor mit Recht erwähnt, nicht oder wenigstens nicht vollständig ver-

loren, indem ein Teil derselben zur Erwärmung des zufließenden kalten Wassers dient. Die derart umschriebenen kapazitiven «Verluste» q_c in Wh lassen sich wie folgt darstellen:

$$q_c = 3,75 \sqrt{160V + V^2}$$

Sie sind graphisch in Fig. 1 dargestellt.

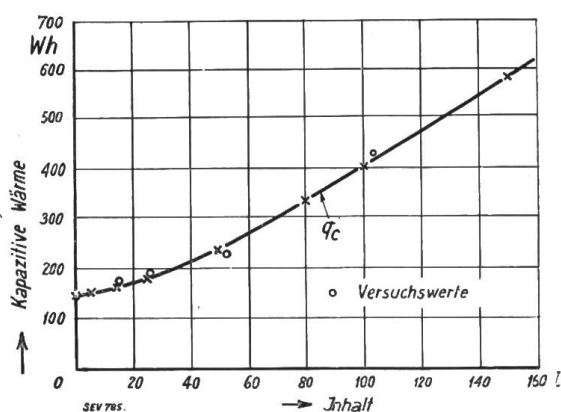


Fig. 1.

Kapazitive Verluste.

Die *wärmeabgebende Oberfläche* F in m² der Speicher kann durch folgende Gleichung dargestellt werden:

$$F = 0,16 V^{0,56}$$

Als *Dauerverlust* P_v in W wird die Wärmeabgabe im aufgeladenen Zustande verstanden. Er beträgt:

$$P_v = 5,5 V^{0,56} + 13$$

und ist in Fig. 2 graphisch dargestellt, wie auch die Dauerverluste p_v pro l Nutzinhalt.

Die *Nutzenergie* q_n in Wh lässt sich schreiben:

$$q_n = 85 V$$

Als *zweckmässigste Leistung* P in W bezeichnet der Autor diejenige, die nötig ist, um das Speicherwasser in 7,2 Stunden von 10 auf