

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Der Quadratleistungstarif  
**Autor:** Steinhaus, H. / Rosenzweig, I.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060810>

### **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:** 25.04.2025

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

## Der Quadratleistungstarif.

Von H. Steinhaus und I. Rosenzweig, Lwów.

621.317.8

Es wird ein neues Prinzip für die Tarifikation elektrischer Energie angegeben. Die neue Tarifförm berüchsichtigt sowohl den Energieverbrauch als auch die Gleichförmigkeit des Leistungsverlaufes. Die Eigenschaften des neuen Tarifs sowie Prinzipschaltungen entsprechender Zähler werden angegeben.

Les auteurs exposent un principe nouveau pour la tarification de l'énergie électrique. Cette nouvelle forme de tarif tient compte de la consommation d'énergie et de la diversité de la charge. Elle présente maints avantages qui sont décrits, ainsi que le montage de principe de compteurs adéquats.

### I. Einleitung.

Der Ausgleich der zeitlichen Schwankungen der Belastung bildet ein wichtiges Problem bei der Entwicklung verschiedener Tarifförm für elektrische Energie. Dieser Ausgleich kann durch eine entsprechende Gestaltung der Tarife erreicht werden, welche die einzelnen Verbraucher im Sinne eines möglichst gleichmässigen Energieverbrauches beeinflussen. Eine derartige Beeinflussung lässt sich im allgemeinen durch solche Tarife erreichen, bei denen die Elektrizitätskosten nicht nur vom tatsächlichen Verbrauch, sondern auch vom Verlauf der Leistungsdauerkurve abhängen.

Die Leistungsdauerkurve eines Bezügers mit einer variablen Wirkleistung  $P_w$  ist allgemein eindeutig bestimmt durch die Angabe der Grössen

$$P^{(n)} = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau P_w^n dt} \quad (1)$$

( $\tau$ -Zeitdauer der Verrechnungsperiode) für alle ganzen positiven Werte von  $n$ . Diese Grössen werden im folgenden als *charakteristische Leistungen n-ten Grades* bezeichnet<sup>1)</sup>.

Bei Verwendung der Grössen  $P^{(n)}$  kann die allgemeine Form eines Tarifs, welcher vom Verlaufe der Leistungsdauerkurve abhängt, mit Hilfe der Formel

$$K = k \cdot \tau (\alpha_1 P^{(1)} + \alpha_2 P^{(2)} + \dots + \alpha_n P^{(n)}) \quad (2)$$

dargestellt werden.

In dieser Formel bedeuten

$K$  die Gesamtenergiekosten für die Verrechnungsperiode  $\tau$ ,

$k$  den Einheitspreis,

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  beliebig wählbare, für verschiedene Tarifförm charakteristische Koeffizienten.

Die meistbenützten bisherigen Tarifförm der Elektrotechnik — der Zählertarif, der Pauschal tarif und der Grundgebührentarif — bilden Sonderfälle der durch (2) dargestellten Tarifförm. Man erhält nämlich den Zählertarif, wenn man in (2)  $\alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_n = 0$  festsetzt und  $\alpha_1$  gleich 1 annimmt. Aehnlich erhält man den Pauschal tarif, indem man  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_{n-1} = 0$  und  $\alpha_n = 1$  annimmt und mit der Formel (2) zur Grenze  $n \rightarrow \infty$  übergeht<sup>2)</sup>. Den Grundgebührentarif erhält man end-

<sup>1)</sup> In der mathematischen Terminologie werden diese Grössen als «Momente n-ten Grades» der Funktion  $P_w(t)$  bezeichnet.

<sup>2)</sup> Die Grösse

$$P^{(\infty)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau P_w^n dt}$$

ist nämlich dem Scheitelwert  $P_{w \max}$  der Wirkleistung  $P_w$  des Verbrauches gleich.

lich, wenn man  $\alpha_1 \neq 0, \alpha_n \neq 0$  und  $\alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_{n-1} = 0$  setzt und den Grenzübergang für  $n \rightarrow \infty$  durchführt. Die charakteristischen Leistungswerte  $P^{(2)}, P^{(3)}, \dots, P^{(n)}$  ( $n \neq 1$  und  $n \neq \infty$ ) wurden bisher für Tarifzwecke nicht angewandt.

Im folgenden wird der Vorschlag gemacht, die einfachste dieser bis jetzt nicht benutzten Grössen, und zwar die *charakteristische Leistung 2-ten Grades*

$$P^{(2)} = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau P_w^2 dt} \quad (3)$$

welche kurz als *Quadratleistung* bezeichnet wird, als Grundlage für die Tarifikation elektrischer Energie zu nehmen. Es wird gezeigt, dass die vorgeschlagene Tarifförm den bisherigen Tarifen in vielen Hinsichten überlegen ist.

### II. Der Quadratleistungstarif.

Die einfachste und praktisch zweckmässigste Tarifförm, welche durch Anwendung der Quadratleistung  $P^{(2)}$  gebildet werden kann, erhält man, wenn man in die Gl. (2) die Werte  $\alpha_1 = \alpha_3 = \dots = \alpha_n = 0$  und  $\alpha_2 = 1$  einsetzt. Die Tarifförm lautet in diesem Falle

$$K = k \cdot \tau \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau P_w^2 dt} \quad (4)$$

Die neue Tarifförm werde *Quadratleistungstarif* genannt.

Im Vergleich mit den bisher angewandten Tarifen weist der Quadratleistungstarif, der sich insbesondere für grössere Abnehmer eignet, folgende Vorteile auf:

1. Im Gegensatz zum Zähler- oder Pauschal tarif wird sowohl der Energieverbrauch als auch der Ungleichförmigkeitsgrad des Leistungsverlaufes berücksichtigt.

2. Bei Anwendung des neuen Tarifs ist, im Gegensatz zum zweigliedrigen Grundgebührentarif, die Messung einer *einzigen* Verrechnungsgrösse, und zwar der Grösse

$$N = \int_0^\tau P_w^2 dt \quad (5)$$

nötig. Laut Formel (4) ist nämlich

$$K = k \sqrt{\tau \cdot N} \quad (6)$$

Die Grösse  $N$  lässt sich, wie weiter gezeigt wird, mit Hilfe spezieller Zähler direkt bestimmen.

3. Irgendwelche konventionelle Annahmen, wie z. B. die Festsetzung der kleinsten Zeitdauer von Scheitelwerten bei dem Grundgebührentarif, werden unnötig.

4. In verschiedenen charakteristischen Spezialfällen erweist sich die neue Tarifform verschiedenen bisher verwendeten Tarifarten wie z. B. dem Ueberschwarztarif oder dem Nachttarif als gleichwertig.

**III. Eigenschaften der neuen Tarifform.**

Die quantitativen Eigenschaften des neuen Tarifs sollen auf Grund einiger charakteristischer Fälle genauer untersucht werden.

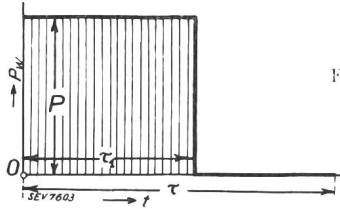


Fig. 1.

Bei Annahme einer rechteckigen Leistungsdauerkurve (Fig. 1), welche eine Benutzungsdauer  $\tau_1 < \tau$  aufweist, erhält man nach (4)

$$K = k \sqrt{\tau \cdot \tau_1} P^2 = k \cdot P \sqrt{\tau \cdot \tau_1} \quad (7)$$

Der mittlere Einheitspreis für eine Wh oder kWh ist also in diesem Falle

$$\kappa = \frac{K}{P \cdot \tau_1} = k \cdot \sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}} \quad (8)$$

In Fig. 2 ist die Grösse  $\kappa$  als Funktion der Belastungsdauer dargestellt. Der Verlauf dieser Funk-

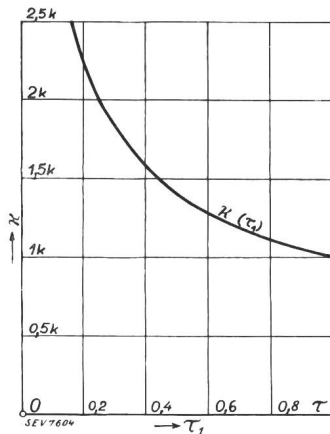


Fig. 2.

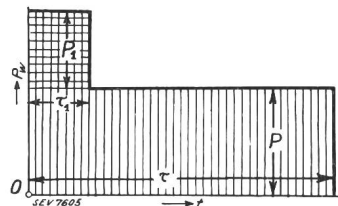


Fig. 3.

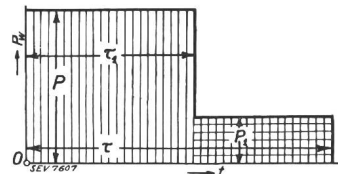


Fig. 5.

tion ist praktisch der analogen Abhängigkeit für einen Grundgebührentarif gleichwertig. Für  $\tau_1 = \tau$  erhält man dabei eine vollkommene Uebereinstimmung des neuen Tarifs mit dem gewöhnlichen Zählertarif.

Für die in Fig. 3 dargestellte Leistungsdauerkurve (konstanter Ueberschwarzverbrauch  $P_1$  während der Zeit  $\tau_1$  bei gleichförmiger Grundbelastung  $P$ ) ist

$$K = k \sqrt{\tau [(P_1 + P)^2 \tau_1 + P^2 (\tau - \tau_1)]}$$

$$k \cdot \tau \cdot P \sqrt{1 + \frac{\tau_1}{\tau} \left[ 2 \frac{P_1}{P} + \left( \frac{P_1}{P} \right)^2 \right]} \quad (9)$$

In diesem Falle ist es interessant, zu untersuchen, wie hoch sich der Einheitspreis  $\kappa_1$  der Ueberschwarzenergie ( $P_1 \cdot \tau_1$ ) stellt, wenn für die Grund-

belastung ( $P \cdot \tau$ ) der Einheitspreis gleich  $k$  festgesetzt wird.

Man erhält für  $\kappa_1$  die Gleichung

$$\kappa_1 = k \cdot \frac{\tau \cdot P}{\tau_1 \cdot P_1} \left[ \sqrt{1 + \frac{\tau_1}{\tau} \left[ 2 \frac{P_1}{P} + \left( \frac{P_1}{P} \right)^2 \right]} - 1 \right] \quad (10)$$

Graphisch ist die Abhängigkeit des Preises  $\kappa_1$  von der Ueberschwarzdauer  $\tau_1$  und von der Höhe der Ueberschwarzleistung  $P_1$  auf Fig. 4 dargestellt. Dieses Diagramm zeigt, dass der neue Tarif im untersuchten Fall die Eigenschaften eines Ueberschwarztarifs aufweist. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Ueberschwarztarifen weist die neue Tarifform jedoch den wichtigen Vorteil auf, dass irgendeine willkürliche Festsetzung der Grösse der Grundbelastung vollkommen unnötig wird.

Es soll schliesslich der in Fig. 5 dargestellte Fall untersucht werden. Es ist hier angenommen, dass eine Belastung  $P$  während der Zeit  $\tau_1$  verbraucht wird. In der übrigen Zeit, z. B. während der Nachtstunden, wird vom Bezüger eine kleinere Leistung  $P_1$  verwendet. Die gesamten Elektrizitätskosten be-

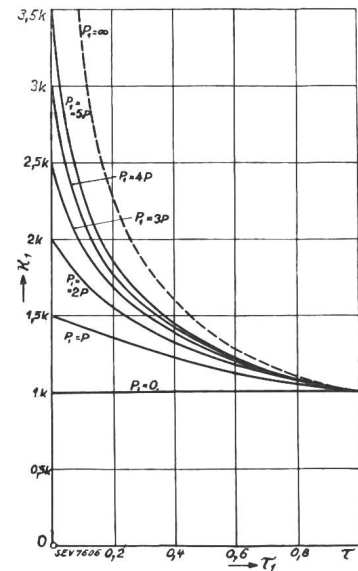


Fig. 4.

tragen für diesen Fall:

$$K = k \sqrt{\tau [\tau_1 P^2 + (\tau - \tau_1) P^2]} =$$

$$k \cdot \tau_1 P \sqrt{\frac{\tau}{\tau_1} \left[ 1 + \left( \frac{\tau}{\tau_1} - 1 \right) \left( \frac{P_1}{P} \right)^2 \right]} \quad (11)$$

Wenn man voraussetzt, dass dem Bezüger die Grundbelastung  $P$  während der Zeit  $\tau_1$  unbedingt nötig ist, kann der Preis  $\kappa_2$  des «Nachtverbrauches»  $P_1$  berechnet werden, indem man für die Grund-

belastung nach (8) den Einheitspreis  $\kappa = k \sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}}$  annimmt.

Man erhält also

$$\kappa_2 = k \cdot \frac{\tau_1 P}{(\tau - \tau_1) P_1} \left\{ \sqrt{\frac{\tau}{\tau_1} \left[ 1 + \left( \frac{\tau}{\tau_1} - 1 \right) \left( \frac{P_1}{P} \right)^2 \right]} - \sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}} \right\} \quad (12)$$

Die Formel (12) wird graphisch in Fig. 6 gezeigt. Im untersuchten Falle verhält sich die neue Tarifform ganz ähnlich wie ein spezieller *Nachttarif* mit stark ermässigten Preisen für den Nachtverbrauch.

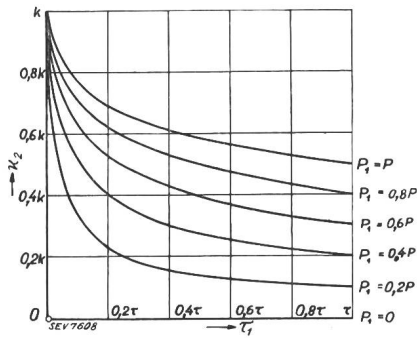


Fig. 6.

Die angegebenen, praktisch wichtigsten Belastungsmöglichkeiten zeigen die vielseitige Anpassungsfähigkeit und Anwendbarkeit der neuen Tariffart<sup>3)</sup>.

**IV. Die Messung des Verbrauches.**

Das prinzipielle Schema eines Zählers zur Verbrauchsmessung nach dem neuen Tarif zeigt Fig. 7. Dieser Zähler besteht aus einem gewöhnlichen Wattstundenzählwerk *Wh*, welches die Planscheibe *P* antreibt. Die Umdrehungen dieser Scheibe werden mit Hilfe einer radial verschiebbaren Rolle *R* auf das Zählwerk *N* übertragen. Die Lage der Rolle *R* wird durch ein Wattmeter *W* in solcher Weise be-

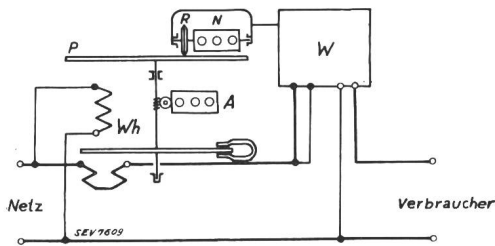


Fig. 7.

einflusst, dass das Uebersetzungsverhältnis zwischen der Zähleraxe und dem Zählwerk *N* zu jeder Zeit der Wirkleistung proportional ist. Durch das Zählwerk wird also eine dem Integral *N* [Formel (4)] proportionale Grösse angezeigt.

Die beschriebene Zähleranordnung ermöglicht nebenbei auch eine Bestimmung der tatsächlich verbrauchten Energiemenge. Zu diesem Zwecke ist es nur nötig, ausser dem *N*-Zählwerk ein gewöhnliches kWh-Zählwerk im Zähler anzubringen.

<sup>3)</sup> Die Formeln (7) bis (12) sind bloss zur theoretischen Untersuchung des Tarifs aufgestellt worden; die praktische Anwendung setzt lediglich die Kenntnis der Formeln (5) und (6) voraus.

Eine andere, praktisch sogar vorteilhaftere Lösung des Problemes der Verbrauchsmessung nach dem neuen Tarif bildet die in Fig. 8 dargestellte Anordnung, welche auf Anwendung des bekannten Prinzips des sog. «Säbelzählers» von Siemens beruht.

Diese Anordnung besteht aus einem Zeigerwattmeter *W*, der in den Stromkreis, dessen Verbrauch gemessen werden soll, geschaltet ist, sowie aus einem Synchronuhrwerk *Z*, welches in gleichen Zeitabständen mit Hilfe einer Feder- oder Reibungskupplung *K* den speziell geformten Hebel *H* in Bewegung setzt. Der Hebel *H* ist mit Hilfe eines Sperrwerkes *S* mit dem Zählwerk *N* gekuppelt. Der Hebel *H* schwingt jedesmal bis zur Berührung mit dem Ende *X* des Wattmeterzeigers aus, und die Form dieses Hebels ist derart gewählt, dass der Ausschwing-

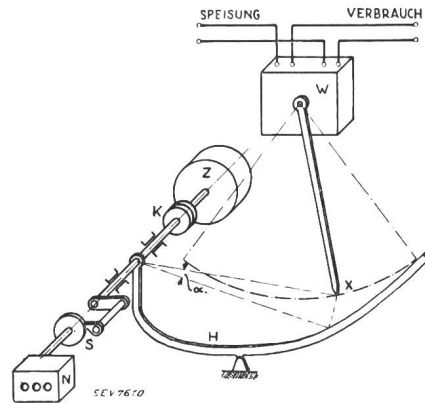


Fig. 8.

winkel  $\alpha$  für jeden durch das Wattmeter *W* angezeigten Leistungswert dem Leistungsquadrat proportional ist. Wenn der Impuls, welcher dem Hebel *H* vom Uhrwerk erteilt wurde, vorübergeht, wird der Hebel *H* durch das Eigengewicht oder durch eine Feder in seine Anfangslage zurückgebracht. Auch bei dieser Anordnung zeigt das Zählwerk die in Formel (4) auftretende Grösse *N* an.

Die zweite Ausführungsart des Zählers ermöglicht leicht die Anwendung anderer, auf Formel (2) gestützter Tarifformen. Es ist hierbei nur eine entsprechende Formgebung des Hebels *H* nötig.

**Literatur.**

Winkler, E. u. M. 1925, S. 36. — Nissel, ETZ 1926, S. 554. — Schraeder, Elektr. Wirtsch. 1929, S. 18. — Pirrung, Elektrizitätstarife. Weltkraftberichte Sekt. 5, Bd. 15, Nr. 48, S. 107. — Argabrite, Electr. Rev. Bd. 96, S. 601. — Eckström, Electr. Rev. Bd. 100, S. 859. — Mohl, Elektr. Wirtsch. 1924, S. 456. — Lulofs, Elektr. Wirtsch. 1926, S. 389. — Thoma, E. u. M. 1930, S. 167. — Deutsch und Oliven, Rev. Gen. Electr. Bd. 34, S. 359. — Bolden, Electr. Rev. Bd. 106, S. 1011. — Laudien, ETZ 1925, S. 587. — Thierbach, Elektr. Wirtsch. 1925, S. 348. — Setz, Bull. SEV 1930, S. 371. — Krutina, Bull. SEV 1925, S. 451. — Gewecke, Elektr. Wirtsch. 1927, S. 538. — Ferrari, AEG-Mitt. 1935, S. 94, 192 und 243. — Siegel-Nissel, Elektrizitätstarife, Springer, Berlin 1935.