

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 41 (1950)
Heft: 1

Artikel: Die Vorausberechnung des Belastungsausgleichs in zentral gespeisten Energieversorgungen und ihre Beziehung zur Quantentheorie
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061223>

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: 03.04.2026

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

auf anderen Teilgebieten des elektrischen Apparatebaues diesen Kunststoff mit Erfolg angewendet. Als Beispiel sei in Fig. 5 eine *Apparateklempplatte* mit öldichten Durchführungen gezeigt, welche durch ihre Einfachheit und Kleinheit auffällt. Auch für den Bau von Spannungswandlern kann das neue Harz mit Vorteil angewendet werden¹⁾. Die Verhältnisse liegen bei diesem Wandler wesentlich

¹⁾ Vgl. A. Imhof: Ein neuer Trocken-Spannungswandler. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 13, S. 409...410.

einfacher, da die plötzlichen thermischen Beanspruchungen bei Kurzschluss und die dabei auftretenden Spannungen, herrührend von den verschiedenen Material-Ausdehnungen, wegfallen.

Über ein weiteres, vielversprechendes Anwendungsgebiet des neuen Kunstharzes, welches sich beim Bau moderner Überspannungsableiter eröffnet, soll später eingehend berichtet werden.

Adresse des Autors:

H. Koller, Ingenieur, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 50.

Die Vorausberechnung des Belastungsausgleichs in zentral gespeisten Energieversorgungen und ihre Beziehung zur Quantentheorie

Von W. Kummer, Zürich

519.24 : 620.9

Die vom Verfasser entwickelte Methode zur Vorausberechnung des Belastungsausgleichs in zentral gespeisten Energieversorgungsanlagen beruht auf Voraussetzungen, die der grundlegenden Aussage der Quantentheorie der modernen Physik entsprechen.

La méthode, développée par l'auteur, pour le calcul à priori de la compensation de charge dans les distributions d'énergie, desservies par des centrales d'énergie, est basée sur des suppositions formant le principe original de la théorie des moindres quantités de la physique moderne.

Vor rund 25 Jahren entwickelte der Verfasser der vorliegenden Veröffentlichung eine auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung gegründete Methode zur Vorausberechnung des Belastungsausgleichs in zentral gespeisten Energieversorgungen, die er den schweizerischen Elektrotechnikern 1926 einerseits durch einen Aufsatz im «Bulletin» des SEV, andererseits durch einen Vortrag an der Generalversammlung des VSE in Basel zur Kenntnis brachte¹⁾. Durch die Vergleichung von Erfahrungswerten aus dem elektrischen Bahnbetrieb, aus der Warmwasserversorgung und aus der Gasversorgung mit den durch analytische Berechnung feststellbaren Werten konnte der Verfasser die allgemeine Richtigkeit seiner Berechnungsmethode feststellen; er hat im Jahre 1939 einen bezüglichen Bericht veröffentlicht²⁾.

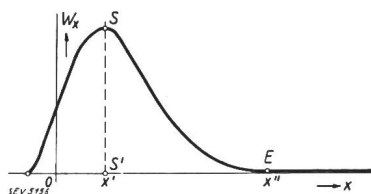


Fig. 1
Häufigkeitskurve nach Formeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung

Im folgenden soll nun auf die Tatsache hingewiesen werden, dass eine Beziehung zwischen den Voraussetzungen der Berechnungsmethode des Verfassers und der Quantentheorie der modernen Physik besteht.

¹⁾ Bull. SEV Bd. 17(1926), Nr. 7, S. 289...295, u. Nr. 9, S. 451...453.

²⁾ Monatsbulletin des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Bd. 19(1939), Nr. 12, S. 257...262. Seither hat H. Schellenberg, Zürich, die Berechnungsmethode des Verfassers auch für Verteilanlagen der allgemeinen Wasserversorgung mit Erfolg verwendet; seine bezügliche Veröffentlichung erschien 1947 in der Schweizerischen Bauzeitung Bd. 65(1947), Nr. 36, S. 495...498.

Um dies deutlich klarzulegen, rekapitulieren wir kurz die wesentlichen Elemente der Berechnungsmethode, wobei wir uns auf deren endgültige Formulierung im Bulletin SEV Bd. 27(1936), Nr. 5, S. 124...127, stützen. Aus den Registriardiagrammen der Leistung von elektrischen Kraftwerken, von Gaswerken und von Wasserversorgungswerken lassen sich die Häufigkeiten der einzelnen Leistungen als Kurven über den Leistungs-Einzelwerten des betrachteten Werkes bilden, die sehr angenähert so aussehen, wie die nach Berechnungen aus Formeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung gebildete Kurve in Fig. 1. Um eine so berechnete Kurve als eine solche der Häufigkeit w_x von Werkleistungen deuten zu können, sind den Kurvenabszissen $x = 1, = 2, = 3, \dots$ Leistungswerte zuzuordnen, was mit der Voraussetzung von «homogenen» Energieabnehmern erfolgen kann, d. h. von Abnehmern mit je ungefähr gleichen Anschlussleistungen und mit je ungefähr gleichen, auf die mögliche Verbrauchszeit bezogenen Benutzungsdauern; es wird weiter vorausgesetzt, dass zur Steigerung, bzw. zur Verminderung von Werkleistungen sukzessive Abnehmer mit ihrer vollen Anschlussleistung zugeschaltet, bzw. abgeschaltet werden. Der Abszisse x' für das Häufigkeitsmaximum SS' entspricht die Werk-Durchschnittsleistung, die als häufigste gilt; der Abszisse x'' , für die eine empirisch erhaltene Kurve eine Nullstelle hat, entspricht die Werk-Maximalleistung. Da eine berechnete Kurve sich rechts ins Unendliche erstreckt, muss eine Stelle E mit der Abszisse x'' extra ermittelt werden. Da die Häufigkeiten w_x in einem relativen Zeitmass erscheinen, kann die Stelle physikalisch gedeutet werden, und zwar so, dass $w_{x''}$ derjenigen kurzen Zeitdauer entspricht, die nach der Erfahrung in den Werken zum Ansteigen der Leistung auf ein Maximum benötigt wird. Wir schätzen diese Zeitdauer auf 6,3 s und schreiben:

$$w_{x''} = 6,3 \text{ s} = 0,73 \cdot 10^{-4} \text{ Tag} = 0,20 \cdot 10^{-6} \text{ Jahr},$$

wobei die Messung in der Zeiteinheit 1 Tag bzw. 1 Jahr zu je einer gleich langen Betriebszeit gehört. Mit der so erfolgenden Bestimmung von E auf errechneten Kurven ist dann x'' bestimmt. Nun kann, da je eine solche Kurve gemäss einem je neu gewählten x' leicht zu bilden ist, für beliebig viele Kurven der sogenannte Belastungsfaktor b als Quotient:

$$b = \frac{x'}{x''} = \frac{\text{Werk-Durchschnittsleistung}}{\text{Werk-Maximalleistung}}$$

berechnet werden, der dann kurvenmässig über x' , bzw. über einer allgemeinen, im Relativmass gegebenen Grösse:

$$y = \frac{\text{Werk-Durchschnittsleistung}}{\text{Abnehmer-Anschlussleistung}}$$

darstellbar ist. Solche, nun allgemein gültige Kurven des Belastungsfaktors, durch die das Problem der Vorausberechnung des Belastungsausgleichs allgemein gültig gelöst erscheint, zeigt Fig. 2 für die Betriebszeiten 1 Tag und 1 Jahr.

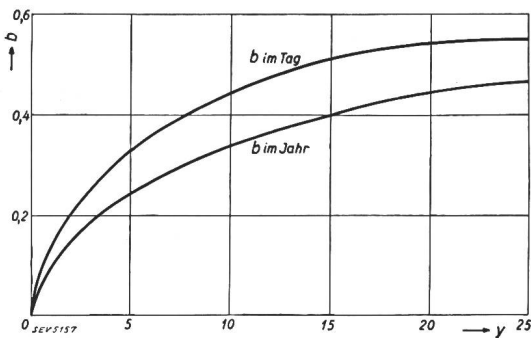


Fig. 2
Belastungsfaktor über dem Relativmass der
Werk-Durchschnittsleistung

Nun können wir auch den Zusammenhang der Berechnungsmethode mit der Quantentheorie herstellen. Bekanntlich stützt sich diese Theorie auf die Aussage, dass in gewissen physikalischen Umsetzungen ein Energieaustausch nicht stetig in beliebigen Mengen, sondern nur ruckweise in sogenannten Quanten erfolge. Allerdings benützt die Physik diese Aussage nur im Reiche der kleinsten Teilchen (Photonen, Elektronen, Protonen, Neutronen usw.), die jeweils stets völlig homogen sind und eben als «Quanten» auftreten. Die Homogenität gehört also zum Quantencharakter. Sie erscheint

nun auch in unserer Berechnungsmethode des Belastungsausgleichs, und zwar zufolge der Voraussetzungen über die Art der Energieabnehmer, die homogen sind und quantenmässig den Energiebezug von den Werken auch nur ruckweise vollziehen. Mit unserer Berechnungsmethode führen wir daher die Quantentheorie aus der Mikrophysik über in die Makrophysik. Unsere Methode zwingt uns so vorzugehen, weil nur so die Wahrscheinlichkeitsrechnung, die ja auch in der Mikrophysik bedeutungsvoll ist, anwendbar wird. Der physikalische Charakter der Berechnungsmethode geht hervor aus der Tatsache, dass wir eine physikalische Erfahrungsgrösse benötigen, nämlich die erwähnte Zeitdauer von 6,3 s für die Ausbildung der Werk-Maximalleistung. Bemerkenswert ist, dass sich diese Zeitdauer bisher in jeder untersuchten Anlage als unverändert brauchbar erwies, unabhängig von ihrer Bestimmung für Elektrizität, Gas oder Wasser. Dieses überraschend erscheinende Resultat kann schon von der rein numerischen Seite her erklärt werden; gemäss der Struktur der Berechnungsformeln und der Grössenordnung der massgebenden Zahlen bewirkt nämlich die Benutzung einer etwa verdoppelten oder einer etwa halbierten Zeitdauer eine kaum bemerkbare Abweichung in den Rechnungsergebnissen.

Das Vorhandensein einer Beziehung zwischen unserer Berechnungsmethode und der Quantentheorie steht und fällt mit der Anerkennung, bzw. Nichtanerkennung des Quantencharakters der Energieabnehmer-Eigenschaften. Die dabei vorausgesetzte Homogenität dieser Abnehmer wird praktisch nie auch nur annähernd verwirklicht sein. Bei kleineren Unterschieden hilft man sich mit Durchschnittswerten, während man bei grösseren Differenzen geeignet zusammengerechnete Abnehmergruppen je als «homogenisierte» Einzelabnehmer der Analyse zugrunde legt. Bei Benutzung solcher Anpassungen beweisen die praktisch erreichten Resultate jedoch die allgemeine Brauchbarkeit unserer Berechnungsmethode.

Zur vorliegenden Veröffentlichung veranlasste uns die Erwägung, dass die Begründung einer Beziehung zwischen unserer Berechnungsmethode und der Quantentheorie, d. h. einer heute in grossem Ansehen stehenden physikalischen Theorie, unsere Methode davor schützt, lediglich als eine zufällig ausprobierte und im Grunde genommen sachfremde Rechnerei zu gelten.

Adresse des Autors:

Prof. Dr. W. Kummer, Samariterstrasse 12, Zürich 32.