Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 41 (1950)

Heft: 1

Artikel: Neue Trockenstromwandler mit Kunstharzisolation

Autor: Koller, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1061222

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: 07.08.2025

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

Werte von 1,11 (bei ca. 2000 °K) bis 1,17 (bei 2600 °K) angegeben. Historisch war die Situation in diesem Fall verständlich, da die fundamentalen Messungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zeitlich der internationalen Festlegung von V_λ vorangingen, hingegen ist die Ausdrucksweise zum mindesten unglücklich, wenn es sich um die Beschreibung des Verhältnisses zwischen internationaler Kerze und Candela handelt. Die Farbtemperatur der die internationale Kerze definierenden Glühlampensätze und die Temperatur des erstarrenden Platins unterscheiden sich so wenig (weniger als 50 °), dass die erwähnten Unterschiede in den Verfahren praktisch nicht ins Gewicht fallen. Heute, nachdem die grossen Laboratorien die Schwierigkeiten in der Verwirklichung der Definitionsbedingungen weitgehend überwunden haben, kann und muss man sagen, das Verhältnis zwischen alter und neuer Einheit, *so wie beide definiert sind,* sei eine feste Zahl, nämlich rund 1,02.

Wenn im demnächst erscheinenden Sekretariatsbericht der Fachkommission Einheiten und Normale der Internationalen Beleuchtungskommission aus amerikanischer Quelle stammende Zahlen wie 1,019 bei 2100 °K, 1,006 für den Bereich 2300 °... 2500 °K und 0,997 für 2600 °... 3000 °K Farbtemperatur angegeben sind, mit denen die alten Masszahlen zwecks Umrechnung in neue zu multiplizieren sind, so ist das der Ausdruck dafür, dass die grossen, vor vielen Jahren genau untersuchten Glühlampensätze der Staatslaboratorien und der Glühlampenindustrie Skalen *für sich* definierten, die *nicht* einer $V_{\lambda\,int}$-getreuen Bewertung entsprachen.

In der Schweiz werden seit Jahren mit Hilfe physikalischer (objektiver) Verfahren Lichtquellen aller Art V_λ-getreu bewertet. Das Eidg. Amt für Mass und Gewicht hat daher nur *einen* Umrechnungsfaktor anzugeben, denn die Bewertungsgrundlage ändert für heterochrome Vergleichungen beim Übergang zur Candela nicht.

Literatur

[1] Botschaft des Bundesrates an die Bundesversammlung betreffend die Abänderung des Bundesgesetzes über Mass und Gewicht (vom 5. Januar 1949); Bundesgesetz betreffend die Abänderung des Bundesgesetzes über Mass und Gewicht (Entwurf). Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 3, S. 76...77.
Samml. eidg. Gesetze 1949, Nr. 43, S. 1531...1533.

[2] Verordnung betreffend die Einheiten elektrischer und magnetischer Grössen (vom 8. November 1949). Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 26, S. 1040...1041.
Samml. eidg. Gesetze 1949, Nr. 43, S. 1534...1535.

[2a] Bekanntmachung des Eidg. Amtes für Mass und Gewicht betreffend die Einführung neuer photometrischer Einheiten. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 26, S. 1041.

[3] Technische Einzelheiten über Absolutmessungen: *F. B. Silsbee:* Establishment and Maintenance of the Electrical Units. Washington, National Bureau of Standards, 1949. Circular 475.
Historisches: *U. Stille:* Die Entwicklung der elektrischen Einheiten in den letzten hundert Jahren. Arch. Elektrotechn. Bd. 39(1948), Nr. 3, S. 130...164.

[4] CIPM (Comité international des Poids et Mesures), Procès-Verbaux Bd. 20(1945/46), S. 129; Bd. 19(1939), S. E 25.
CGPM (9. Conférence générale des Poids et Mesures), Comptes rendus 1948 (Paris 1949), S. 49.

[5] Commission Internationale de l'Eclairage, Compte rendu des séances, Genf 1924.

[6] Commission Internationale de l'Eclairage, Décisions et Recommandations officielles, Paris 1948, S. 2.

[7] Union internationale de Physique pure et appliquée, Comité Symboles, Unités, Nomenclature. Doc. S. U. N. 49—1 (avril 1949).

[8] CIPM, Procès-Verbaux Bd. 21(1948), S. 67.

[9] CGPM, Comptes rendus 1948, S. 64, 107.

[10] Zur Einführung des Giorgi-Systems, Bulletin SEV Bd. 40(1949), Nr. 15, S. 462...474.

[11] Commission Electrotechnique Internationale, Torquay 1938.

[12] CGPM, Comptes rendus 1948.

[13] Regeln und Leitsätze für Buchstabensymbole und Zeichen, Publikation Nr. 192 des SEV oder 25 (Suisse) 2, Juli 1949.

[14] Vollziehungsverordnung über die amtliche Prüfung von Elektrizitätsverbrauchsmessern (vom 23. Juni 1933).

[15] CIPM, Procès-Verbaux Bd. 21(1948), S. T 24, T 30; CGPM, Comptes rendus 1948, S. 55, 57, 89.

[16] CIPM, Procès-Verbaux Bd. 20(1945/46), S. 131.

[17] International Conference on Electrical Units and Standards, London 1908.

[18] CIPM, Procès-Verbaux Bd. 20(1945/46), S. 119.

[19] CGPM, Comptes rendus 1948, S. 54.

[20] Schweizerische Allgemeine Leitsätze für elektrische Beleuchtung, Zürich, 1939 (1. Auflage) und 1947 (2. Auflage).

Neue Trockenstromwandler mit Kunstharzisolation

Von *H. Koller,* Zürich-Oerlikon

621.314.224.08
621.315.616.96

Es wird ein Trockenstromwandler beschrieben, dessen Wicklungen nach einem neuen Verfahren fugenlos in das Isoliermaterial eingebettet sind. Die Isolation des Wandlers besteht dabei aus einem giessbaren Kunstharz, welchem spezielle Zusätze beigegeben sind. Nach diesem neuen Verfahren hergestellte Wandler können in Trockenbauart für Nennspannungen bis 60 kV ausgeführt werden. Anschliessend sind einige Ergebnisse von Prüfungen bekanntgegeben, welche an solchen neuartigen Wandlern durchgeführt wurden. Die Anwendung des neuen giessbaren Kunstharzes beschränkt sich nicht nur auf den Wandlerbau, es kann auch auf andern Gebieten des elektrischen Apparatebaues mit gutem Erfolg eingesetzt werden.

C'est la description d'un transformateur d'intensité, type sec, dont les enroulements sont enrobés d'après une nouvelle méthode, sans rainures, dans la matière isolante. La matière utilisée pour l'isolation du transformateur d'intensité est de la résine synthétique à laquelle on a adjoint certains produits spéciaux. Les transformateurs d'intensité du type sec, construits d'après cette méthode, peuvent être fabriqués pour des tensions allant jusqu'à 60 kV. L'article donne aussi quelques essais faits avec ces nouveaux transformateurs d'intensité. L'utilisation de la nouvelle résine synthétique qui peut être fondue, ne se limite pas seulement à la construction des transformateurs d'intensité, elle peut être utilisée également avec de bons résultats dans d'autres domaines de la construction d'appareillage électrique.

In der Elektrotechnik wurden bisher häufig Bakelit-Harze (Phenol- oder Kresol-Formaldehyd-Harze) verwendet. Diese Harze spalten bei der Polymerisation, d. h. beim Härten, stets flüchtige Bestandteile, vor allem Wasser, ab. Es ist deshalb mit diesen Harzen nicht möglich, blasenfreie Giesslinge zu erzielen.

Während des Krieges sind zuerst in England sogenannte Niederdruck-Giessharze hergestellt worden, welche gegenüber den bisher verwendeten Harzen den Vorteil aufweisen, dass sie beim Aushärten zum nicht mehr erweichbaren Endprodukt keine flüchtigen Bestandteile abgeben.

Diese günstige Eigenschaft erlaubt die Anwendung von Fabrikationsmethoden, welche sich von den bisher üblichen Methoden wesentlich unterscheiden. Während man bis heute im allgemeinen für die Isolation von Apparaten einzelne bereits vorgeformte Isolierteile verwenden musste, gestatten die neuen Kunststoffe, spannungführende Teile, z. B. Wicklungen durch Giessen fugenlos in das blasen- und lunkerfreie Isoliermaterial einzubetten. Dieser Umstand ist es vor allem, welcher dem neuen Kunststoff Eingang in die Elektroindustrie verschafft hat, nachdem er ursprünglich für andere Zwecke entwickelt und verwendet worden war.

Der neue Kunststoff eignet sich vorzüglich als Isoliermaterial, da er eine Reihe weiterer günstiger Eigenschaften in dieser Hinsicht aufweist. Er besitzt eine hohe Durchschlagfestigkeit, kleine dielektrische Verluste, grosse Kriechstromsicherheit, kleine Wasseraufnahmefähigkeit und relativ grosse Temperaturbeständigkeit.

Im folgenden wird über die erzielten Ergebnisse bei der Anwendung dieses Kunststoffes auf eines der möglichen Gebiete berichtet.

Bei Metall-Harz-Kombinationen, die bei der Verwendung des neuen Kunstharzes als Isolation im Elektroapparatebau zwangsläufig auftreten, kommt vor allem der Beherrschung der durch die verschiedenen thermischen Längenausdehnungen auftretenden Spannungen im Harzkörper grosse Bedeutung zu. Als Metall kommt meistens Kupfer mit einem Ausdehnungskoeffizienten von ca. $17 \cdot 10^{-6}$ zur Verwendung, während das Harz eine mehr als dreimal grössere Längenausdehnung als Kupfer aufweist. Da das Harz im flüssigen Zustande bei höheren Temperaturen verarbeitet werden muss und auch die Polymerisation zweckmässig bei höheren Temperaturen erfolgt, muss diesem Umstand bei der Ausführung solcher Metall-Harz-Kombinationen besonders Rechnung getragen werden.

Neben diesen physikalischen Eigenheiten kommen beispielsweise bei Stromwandlern noch die durch die thermische Beanspruchung der Wicklungen im Kurzschluss hervorgerufenen Spannungen hinzu. Beim Stromwandler sind daher sehr viele Probleme, welche sich bei der Anwendung des neuen Kunststoffes als Konstruktionsmaterial sowohl in fabrikationstechnischer, als auch in konstruktiver Hinsicht ergeben, vereinigt.

Aus diesen Erwägungen heraus hat sich die Maschinenfabrik Oerlikon zuerst auf die Entwicklung des nach dem neuen Verfahren hergestellten *Stromwandlers* konzentriert. Es ist ihr gelungen, Stromwandler bis zu Nennspannungen von 50 kV in Trockenbauart herzustellen, welche sich durch kleine Abmessungen, grosse Kurzschlußsicherheit und grossen thermischen Grenzstrom auszeichnen. Die guten Eigenschaften dieser nach einem besonderen Verfahren hergestellten Stromwandler wurden durch eingehende Versuche belegt.

So konnten beispielsweise nach Dauerversuchen mit der dreifachen Betriebsspannung an 10-kV-Stromwandlern, welche sich über mehrere 100 Stunden erstreckten, keine Veränderungen der günstigen dielektrischen Eigenschaften des Isoliermaterials festgestellt werden.

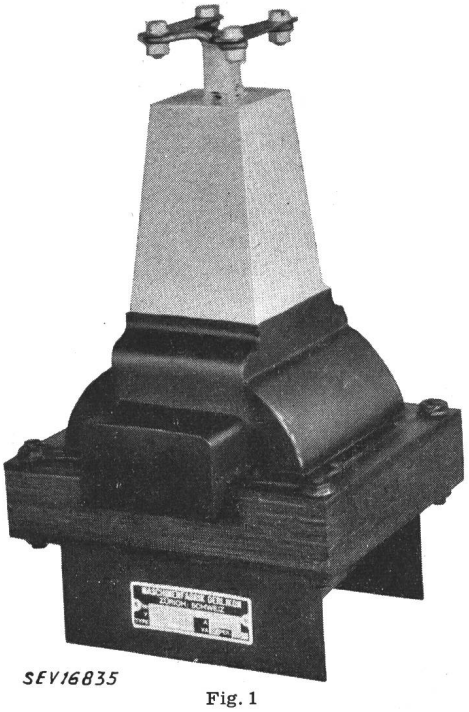

Fig. 1
Trockenstromwandler
Nennspannung 10 kV, Übersetzung 25/50/5 A, 30 VA, Kl. 0,5

Mehrmalige Temperaturwechsel von — 25 °C bis + 90 °C in Luft erbrachten den Nachweis, dass die Wärmespannungen durch geeignete Konstruktionsmassnahmen und Fabrikationsmethoden beherrscht werden können. Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang auch die an den Wandlern nach den Regeln für die Prüfung von Isolatoren aus keramischem Material in Wasser durchgeführten Temperatursturzproben. Diese zeigten, dass auch schroffe Temperaturwechsel von 60 °C, z. B. von 20 °C auf 80 °C und umgekehrt, von der neuartigen Isolation ohne Schäden ertragen werden können.

Von besonderer Bedeutung beim Stromwandler ist die Prüfung auf Kurzschlussfestigkeit sowohl in dynamischer, als auch in thermischer Hinsicht. Für die neuen Wandler mit vollständig in die Isolation eingebetteten Wicklungen erhält diese Prüfung aus

den bereits erwähnten Gründen noch ein besonderes Gewicht. Sie stellt gewissermassen das Kriterium für die Güte der Konstruktion und der gewählten Verarbeitungsmethoden dar. Bei den an den Wandlern durchgeführten Kurzschlussversuchen wurden

Fig. 2
Trockenstromwandler in Stützerbauart
Nennspannung 10 kV, Übersetzung 25/50/5 A, 30 VA, Kl. 0,5

Ströme vom 100fachen Betrag des Nennstromes während einer Sekunde ohne Beschädigung des Wandlers erreicht.

Die Bauart der Wandler soll an Hand der Figuren 1...4 gezeigt werden:

Fig. 1 und 2 zeigen zwei verschiedene Ausführungsformen von 10-kV-Trockenstromwandlern mit einem Übersetzungsverhältnis von 25/50/5 A, 30 VA, Kl. 0,5. Beim Wandler nach Fig. 1 sind sowohl die Wicklungen, als auch der Eisenkern in die Giessharzmasse eingebettet, welche ihrerseits von einem Gehäuse umgeben ist. Er wird in dieser Ausführung auch als Durchführungswandler mit beidseitig herausgeführten Wicklungsenden ausgeführt. Fig. 2 zeigt

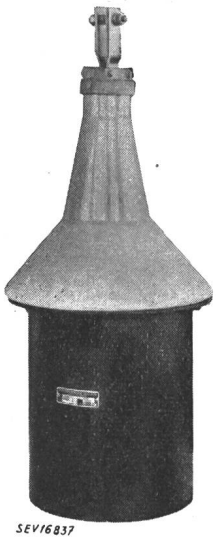

Fig. 3
Trockenstromwandler
Nennspannung 50 kV, Übersetzung 200/5 A, 50 VA, Kl. 0,5

eine neue Ausführungsform in Stützerbauart, bei welcher lediglich die Wicklungen in das Isoliermaterial eingebette sind und der Eisenkern nachträglich aufgeschoben werden kann. Der Wandler hat kein Gehäuse, da das verwendete Material hart und gegen mechanische Einflüsse ausserordentlich widerstandsfähig ist. Ein aufgespritzter geerdeter Metallbelag verhindert das Glimmen zwischen Isolierkörper und Eisenkern. Bemerkenswert ist bei dieser Ausführungsart die neue Befestigungsmöglichkeit. Die Gewinde für die Befestigungsschrauben befinden sich direkt im Isoliermaterial.

Fig. 4
Umgossene Primärwicklung eines Stromwandlers
60 kV Nennspannung, für Einbau in Öl

Fig. 3 zeigt die Ausführungsform eines Stromwandlers für eine Nennspannung von 50 kV in gedrungener Trockenbauweise für eine Übersetzung von 200/5 A, 50 VA, Kl. 0,5. Die Isolation entspricht den Regeln für die Koordination der Isolation in Hochspannungsanlagen. Der Giessharzkörper umschliesst bei dieser Ausführungsart lediglich die Primärwicklung, so dass die Sekundärwicklung mit dem Eisenkern nachträglich eingebaut werden kann.

Bei Stromwandlern für Freiluftaufstellung wird man im allgemeinen von der bewährten Konstruktion mit Ölisolation nicht abweichen. Immerhin ergeben sich durch Anwendung des neuen Kunststoffes an Stelle der bisherigen Isolationsart für den Konstrukteur neue Möglichkeiten. Fig. 4 zeigt beispielsweise den Isolationskörper der Primärwicklung für den Einbau in einen ölgefüllten Freiluftstromwandler von 60 kV Betriebsspannung. Die

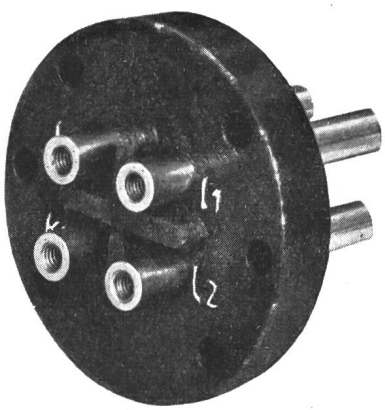

Fig. 5
Öldichte Apparateklemmenplatte

neue Ausführungsart bringt den grossen Vorteil mit sich, dass der ganze Evakuierungsprozess und die damit zusammenhängenden Umtriebe wegfallen. Die Stromwandler können ohne Öl spediert und gelagert werden. Die bis heute gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse erlauben, Stromwandler dieser Bauart auch für Höchstspannungen auszuführen.

Mit den hier kurz angegebenen Anwendungsmöglichkeiten für Stromwandler ist aber der Verwendungsbereich dieses neuen Kunststoffes keineswegs erschöpft. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat auch

auf anderen Teilgebieten des elektrischen Apparatebaues diesen Kunststoff mit Erfolg angewendet. Als Beispiel sei in Fig. 5 eine *Apparateklemmplatte* mit öldichten Durchführungen gezeigt, welche durch ihre Einfachheit und Kleinheit auffällt. Auch für den Bau von Spannungswandlern kann das neue Harz mit Vorteil angewendet werden [1]). Die Verhältnisse liegen bei diesem Wandler wesentlich 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.

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

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, anderseits durch einen Vortrag an der Generalversammlung des VSE in Basel zur Kenntnis brachte [1]). 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 veröffentlicht [2]).

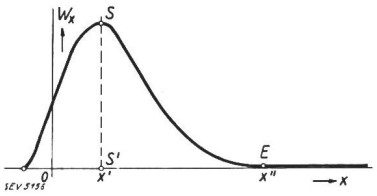

Fig. 1
Häufigkeitskurve nach Formeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung

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.

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 Registrierdiagrammen 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 $x = 1$, $= 2$, $= 3, \ldots$ 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:

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

[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.