Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 34 (1943)
Heft: 18

Artikel: Über die Messung der Kupferverluste an Mutatortransformatoren
Autor: Kübler, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057747

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: 22.08.2025

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

séquences quant à la consommation de chaleur. A lui seul, notre petit pays pourrait économiser chaque année quelque 200...300 millions de francs sur ses importations. Notre balance commerciale avec l'étranger en serait sensiblement influencée, sans affecter aucunement notre santé, ni notre confort. Il vaudrait donc la peine de mettre tout en œuvre pour procéder au changement nécessaire de nos habitudes en matière de chauffage.

Bibliographie

1) A. Imhof et M. Hottinger: Die Kleinspannungs-Individualheizung «Thermoflex», Rev. Techn. Suisse 1942, No. 11, p. 141—148.

2) A. Imhof: Die Individualheizung als Ergänzung zur Raumheizung, Elektrizitätsverwertg. 1942, No. 8/9, p. 141-150.

3) Reichenbach et Heymann, Z. Hyg., vol. 57 (1907).

4) E. F. Maximilian van der Held: Etwas über verbrannte Finger und kalte Füsse, Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1942, No. 1, p. 18.

5) M. Hottinger: Versuchsergebnisse mit dem Heizmantel «Thermoflex», Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1943, No. 2, p. 52—72.

6) Civilisation and Climate 1935.

7) André Missenard: L'Homme et le climat, Plon 1937.

8) Cf. «Gesundheit und Wohlfahrt» 1942, No. 4, p. 186.

9) M. Hottinger, Gesundheits-Ing., vol. 64 (1941), No. 9.

10) M. Hottinger et A. Imhof: Die Individualheizung «Thermoflex», Gesundheits-Ing., vol. 64 (1941), No. 9, p. 118.

11) A. Imhof: Eine elektrische Mantelheizung ohne Schnuranschluss, Rev. Techn. Suisse 1942, No. 50, p. 704.

12) Benedict: Heat and Vent., vol. 31 (1934), No. 19.

13) P. E. Wirth: Qu'est-ce que le chauffage et comment peut-on chauffer rationnellement à l'électricité? Bull. ASE 1942, No. 24, p. 691.

Ueber die Messung der Kupferverluste an Mutatortransformatoren

Von *J. Kübler*, Baden

621.314.21 : 621.314.65

Im Anschluss an frühere Veröffentlichungen im Bulletin SEV und einen Briefwechsel [1...3]), ferner im Hinblick auf zu schaffende internationale Regeln für Mutatortransformatoren wird nochmals grundsätzlich auf die Messung der Einzelverluste bei Mutatortransformatoren eingetreten und es wird eine Methode angegeben, die, im Gegensatz zur De-Blieux-Methode, gut fundiert ist und, im Gegensatz zur Methode 4 (Bulletin SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278), einen guten Ueberblick auch über die Zusatzverluste liefert. Diese neue Methode wird zur Einführung in die Regeln der CEI empfohlen.

Faisant suite à des publications parues dans le Bulletin ASE, ainsi qu'à un échange de correspondance [1...3]), et en considération des futures règles internationales, l'auteur s'occupe à nouveau de la mesure des pertes dans les transformateurs de mutateurs et propose une méthode mieux fondée que celle de De Blieux et qui permet, contrairement à la méthode 4 (Bulletin ASE 1938, No. 11, p. 277/278), d'englober également les pertes additionnelles. L'auteur recommande d'utiliser cette nouvelle méthode dans les règles de la CEI.

Die Redaktion des Bulletins des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins hat mir mit Brief vom 2. Februar 1940 Kopie eines Schreibens des Herrn Professor Dr. H. G. Nolen, Delft, zugestellt mit der Bitte, dazu Stellung zu nehmen [1]).

Es war beabsichtigt, einige weitere Versuche im Versuchslokal der AG. Brown, Boveri & Cie., Baden, an Grossmutatortransformatoren vorzunehmen und dann erst auf den Brief von Nolen einzutreten und unsern Standpunkt darzulegen. Leider ist die Ausführung unseres Planes durch die militärischen Einberufungen stark verzögert worden, so dass die erwähnten Versuche erst vor kurzem abgeschlossen werden konnten. P. Waldvogel veröffentlichte das Resultat in den Brown-Boveri-Mitteilungen [2]).

Das Schreiben [1]) zeigt, dass es wichtig ist, nochmals ausführlich und vielleicht noch unter stärkerer Betonung als früher die Gründe darzulegen, warum vom Standpunkte des Transformatorenkonstrukteurs aus die De Blieux-Methode abzulehnen und dafür die Methode Nr. 4 [3]), ausgebaut nach

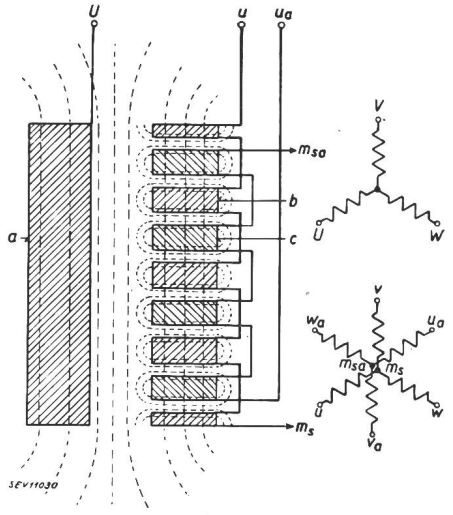


Fig. 1.
Schematische Darstellung der Wicklung

U V W Primärwicklung.
u Phase 1 } Sekundärwicklung
*u*ₐ Phase 4 }
------- Streulinien der ungeraden Harmonischen.
····· Streulinien der geraden Harmonischen.

[1]) Das Schreiben lautet folgendermassen: «Im Bulletin SEV 1939, Nr. 24, kommt ein Brief des Herrn De Blieux vor, mit einer Antwort des Herrn Kübler. Herr Kübler erwähnt darin, dass immer die Zusatzverluste der Grundharmonischen gemeint sind. Ich habe in meinem Artikel Bulletin SEV 1939, Nr. 15, gezeigt, dass die Zusatzverluste der geraden Harmonischen nicht ausser Betracht gelassen werden dürfen. Nicht nur die Mischung der Spulen, sondern auch die Breite des Wicklungsdrahtes in Richtung der normalen Streufelder, das heisst senkrecht zur Richtung dieser geraden Harmonischen (wenigstens bei einer Mischung der Spulen der beiden Wicklungshälften in der Richtung der Säulenhöhe), bestimmen diese zusätzlichen Verluste. Bei der Messung der Verluste nach De Blieux werden derartige Verluste wenigstens teilweise mitgemessen, sei es, dass dieselben dann von der ersten Harmonischen aufgebracht werden, anstatt von der geraden Harmonischen, wie bei Mutatorbetrieb. Sie werden also jedenfalls entdeckt! Bei der Messung nach Kübler mit der ganzen Wicklung werden jedoch derartige Verluste gar nicht gemessen. Wenn also der Transformator nicht richtig konstruiert ist in dieser Beziehung, wird das nicht entdeckt werden. Das ist meines Erachtens ein grosser Nachteil, den man nicht in Kauf zu nehmen braucht, da eine bessere Methode, diejenige nach De Blieux, vorliegt.

[2]) Zusatzverluste in den Transformatoren und Maschinen, die Mutatoren speisen. Brown Boveri Mitt., 1942, Nr. 11/12, S. 357.

[3]) Vergl. Bull. SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278.

dem Vorschlage Waldvogel, zu empfehlen ist. Wie aus dem Artikel Waldvogel hervorgeht und wie auch hier gezeigt ist, wird dabei den Bedenken des Herrn Prof. Nolen Rechnung getragen.

Zum besseren Verständnis sei nochmals kurz am Beispiel eines stern-sechsphasig geschalteten Mutatortransformators mit Saugdrosselspule gezeigt, in welche Stromkomponenten nach Fourier die Ströme des Transformators sich zerlegen lassen und eine Besprechung damit verbunden, in welchen Teilen der Wicklung diese Stromkomponenten fliessen. In Fig. 1 sei schematisch die Wicklung dargestellt.

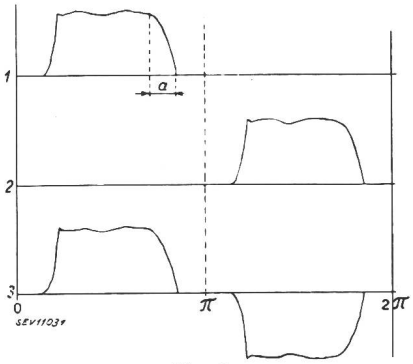
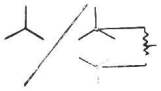


Fig. 2.
Zeitlicher Stromverlauf

1 Anodenstrom Phase u.
2 Anodenstrom Phase u_a
3 Primärstrom Phase U.
a Ueberdeckungswinkel ca. $0{,}12 \cdot \pi = 22°$ elektr.

Schaltung



Aus Fig. 2 sind die Stromkurven ersichtlich. Sie sind einem Oszillogramm des Anodenstromes bei wirklichem Gleichrichterbetrieb entnommen. Die Zerlegung gibt für die Ströme in den Sekundärwicklungen folgende Funktionen, wobei die Koeffizienten allgemein gehalten und die Stromrichtungen vom Neutralpunkt zu den Klemmen vorausgesetzt sind (Fig. 3).

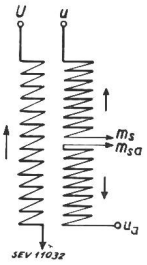


Fig. 3.
Positive Stromrichtungen in den Wicklungen

U Primärwicklung.
u Sekundärwicklung Phase 1.
u_a Sekundärwicklung Phase 4.

Phase 1: (u)
$$i_1 = I_g + I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi_1) + I_2 \sqrt{2} \sin(2\,\omega t - \varphi_2) + \text{etc.}$$

Phase 2: (w_a)
$$i_2 = I_g + I_1 \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \varphi_1 - \frac{2\pi}{6}\right) + I_2 \sqrt{2} \sin\left(2\,\omega t - \varphi_2 - 2 \cdot \frac{2\pi}{6}\right) + \text{etc.}$$

Phase 3: (v)
$$i_3 = I_g + I_1 \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \varphi_1 - \frac{2\pi}{3}\right) + I_2 \sqrt{2} \sin\left(2\,\omega t - \varphi_2 - 2 \cdot \frac{2\pi}{3}\right) + \text{etc.}$$

Phase 4: (u_a)
$$i_4 = I_g + I_1 \sqrt{2} \sin\left(\omega t - \varphi_1 - 3 \cdot \frac{2\pi}{6}\right) + I_2 \sqrt{2} \sin\left(2\,\omega t - \varphi_2 - 2 \cdot 3 \cdot \frac{2\pi}{6}\right) + \text{etc.}$$

Für die Primärwicklungen, Uebersetzung 1 : 1 angenommen, Magnetisierungs- und Ladeströme vernachlässigt, damit mit vollkommener Kompensation der Ströme der Primär- und Sekundär-Wicklungen auf einer Säule gerechnet werden darf, entsteht für Phase 1 die neue Funktion:

Phase 1: (U)
$$i_1' = 2\,I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi_1) + 2\,I_5 \sqrt{2} \sin(5\,\omega t - \varphi_5) + \text{etc.}$$

Die Gleichstromkomponenten heben sich gegenseitig auf, erscheinen also auf der Primärseite nicht. Das Gleiche gilt für die geraden Harmonischen. Die dritte Harmonische ist wegen der Saugdrosselspule nicht vorhanden.

Aus diesen Funktionen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

a) Alle ungeraden Harmonischen, also auch die Grundharmonische, was besonders hervorgehoben sei, fliessen in beiden Zweigen einer Säule der Sekundärwicklungen *gleichzeitig*, und in bezug auf die Primärwicklung im gleichen Sinne.

b) Die geradharmonischen Ströme der beiden Sekundärwicklungen einer Säule sind in der positiven Halbperiode vom Neutralpunkt nach der Klemme gerichtet, solche gleicher Ordnung haben also gleiche Phase, die Ströme beider Wicklungen kompensieren sich und übertragen sich nicht auf die Primärwicklungen. In den Primärwicklungen treten also geradharmonische Ströme überhaupt nicht auf.

Auf diese Zusammenhänge habe ich schon in dem erwähnten Artikel vom Jahr 1938 [3]) hingewiesen.

Das Streulinienbild für den Mutatorbetrieb muss also eine, zum Teil rechtwinklige, Ueberlagerung von Feldern verschiedener Frequenz sein. Fig. 1. Hier liegen ganz klare Verhältnisse vor. Bei der Belastung nach De Blieux hat aber das Streulinienbild einen total andern Charakter; es ist ein verzerrtes Feld nur einer Frequenz. Nun weiss der Transformatorenfachmann aus Erfahrung, dass ein solcher Streulinienverlauf unklare, recht verwickelte Verhältnisse für die Zusatzverluste mit sich bringt. Die Zusatzverluste treten nicht nur im Kupfer auf, sie können auch recht hohe Werte in den Armaturteilen des Kernes, im Kasten annehmen. Rein nur aus der Ueberlegung heraus glaubt man zwischen den beiden Belastungsfällen eine gewisse Uebereinstimmung zu finden. Dies gilt immer noch für den von Nolen in seinem Artikel, Bulletin SEV 1939, Seite 400, aufgestellten Vergleich. Theoretisch in sauberer Weise aber ist es vorläufig ganz unmöglich, einen Zusammenhang in den Zusatzverlusten der beiden Belastungsarten festzustellen; ja selbst empirisch ist ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen.

Eine solche Methode in die Regeln der CEI einzuführen wäre doch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus völlig unhaltbar.

Nun hat aber Nolen in seinem Briefe ganz recht, wenn er wünscht, dass man über die Grösse

der Zusatzverluste der geraden Harmonischen einen Anhalt habe. Nicht weniger wichtig wäre jedoch, über die Grösse der Zusatzverluste der ungeraden Harmonischen unterrichtet zu sein, findet doch P. Waldvogel bei einer gebräuchlichen Wicklung eines grossen Mutatortransformators, dass die Zusatzverluste der geraden Harmonischen recht niedrig sind im Vergleich zu denjenigen der ungeraden Harmonischen. Aber hinsichtlich der Zusatzverluste der ungeraden Harmonischen versagen beide Methoden, diejenige von De Blieux und die nach Nr. 4.

Schon in meinem Artikel 1938, Seite 279 links, steht der Satz: «Sollte man also die Zusatzverluste der geraden Harmonischen messen wollen, so müsste man Teile der Sekundärwicklungen mit der entsprechenden Oberharmonischen speisen und andere richtig gewählte Teile dieser Wicklung kurzschliessen (Fig. 5).» Mit einer solchen Messung mit dem Werte der zweiten Harmonischen lässt sich also leicht und theoretisch einwandfrei feststellen, ob und in welchem Masse etwa Zusatzverluste gerader Harmonischer vorhanden sind.

Weiter unten in dem erwähnten Artikel steht zudem: «Man sieht aus dieser Ueberlegung, dass man unter entsprechendem Ausbau der Messung auch die Zusatzverluste der Oberharmonischen erfassen könnte.» Ich hatte dabei folgende Methode im Auge: Aus der bekannten Tatsache, dass die Zusatzverluste jeder Harmonischen allein nur von den sie selbst bestimmenden Werten abhängen und von den andern Oberharmonischen unabhängig sind, also sich superponieren, ist es gegeben, den Wert jeder einzelnen Harmonischen auf die zugehörenden Wicklungen nacheinander einzuspeisen, bei der Stern-Sechsphasen-Schaltung, also z. B. die ungeraden sowohl auf die Primärseite, als auch auf die ganze Sekundärseite, die geraden aber nur auf die Sekundärseite. So lassen sich die Zusatzverluste einzeln feststellen und deren Summe gibt die totalen Zusatzverluste bei Gleichrichterbetrieb, wenn die gewählten Harmonischen mit dem Gleichstromgliede zusammen das Gesamtbild des Anodenstromes darstellen. Hier steht also einer theoretisch saubern Messung aller Zusatzverluste nur der reichliche Aufwand an Einrichtungen und Zeit entgegen.

In analoger Weise lassen sich die Zusatzverluste mit den bekannten Formeln von Field für eine gegebene Form des Anodenstromes im voraus rechnen. Auch dies ist ein sehr umständliches Verfahren.

Es war also damals schon klar, dass die Methode 4 nur bis zu einem gewissen Grade den Anforderungen des Mutatorbetriebes entspricht. Sie wurde empfohlen, weil sie sehr einfach ist und wissenschaftlich vollkommen klar liegt. Anderseits musste die De-Blieux-Methode abgelehnt werden, weil sie wissenschaftlich nicht fundiert ist.

Nun zeigt P. Waldvogel im Anschluss an seine Untersuchungen eine neue Methode, um auf dem Versuchsstande am Mutatortransformator ohne Zusammenbau mit dem Mutator einen Ueberblick über die Wicklungsverluste samt den Zusatzverlusten zu gewinnen. Diese Methode sei hier kurz skizziert. Für die Einzelheiten möge auf den Originalartikel verwiesen sein [2]).

P. Waldvogel geht von einer konventionell festgesetzten Form des Anodenstromes aus. Diese Form ist einmal abhängig von der Schaltung des Transformators, dann von der Höhe des Gleichstromes und vom Ueberdeckungswinkel der Anodenströme. Schaltung und Gleichstrom sind gegeben, der Ueberdeckungswinkel ist konventionell festzulegen. Als Grundform schlägt er die Trapezform vor (Fig. 4).

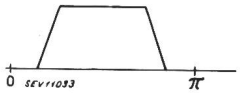


Fig. 4.
Konventionelle Anodenstromkurve

Diese Form analysiert er nach Fourier. Nun bestimmt er auf Grund der Fieldschen Formeln für die Umrechnung der Zusatzverluste von einer Frequenz auf eine andere den Exponenten des Frequenzverhältnisses. Dieser Exponent variiert nach Field zwischen 2 und $\frac{1}{2}$. P. Waldvogel schlägt dafür $\frac{3}{2}$ vor, so dass der Umrechnungsfaktor $\left(\frac{n_a}{n_b}\right)^{\frac{3}{2}}$ wird. Da sich ferner die Zusatzverluste nach dem Quadrat der Amplitudenwerte umrechnen, so gewinnt er für jede Harmonische einen Produktfaktor, mit dem sich die Zusatzverluste z. B. aus der Grundharmonischen für alle Oberharmonischen bestimmen lassen. Wenn $I\sqrt{2}$ der Amplitudenwert, n die Frequenz, P_z die Zusatzverluste, x die Ordnungszahl der Oberharmonischen und 1 die Werte der Grundharmonischen sind, so entsteht folgende Formel:

$$P_{zx} = P_{z1} \cdot \left(\frac{I_x}{I_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{n_x}{n_1}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Um nun die Gesamtsumme der Zusatzverluste aller z. B. ungeraden Harmonischen zu erhalten, ist die Summe der Einzelzusatzverluste zu bilden:

$$P_{z\,total} = P_{z1} \cdot \left[1 + \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 \cdot \left(\frac{n_3}{n_1}\right)^{\frac{3}{2}} + \text{etc.}\right]$$

Da das Verhältnis der Amplitudenwerte der Harmonischen für eine gegebene Anodenstromform beliebiger Höhe gleich bleibt, hat der Summenfaktor für die zu Grunde gelegten Harmonischen allgemeine Gültigkeit. Er muss also nur einmal bestimmt werden.

Ziehen wir wieder den stern-sechsphasig geschalteten Transformator mit Saugdrosselspule als Beispiel heran: Hier bestehen zwei Arten von Zusatzverlusten, wie früher gezeigt wurde, solche, welche von den ungeraden Harmonischen herrühren und solche, welche von den geraden Harmonischen verursacht sind. P. Waldvogel macht wieder die beiden Messungen, Oberspannungs- und Unterspannungswicklung mit dem Werte der Grundharmonischen und die beiden Zweige der Unterspannungswicklung, wobei die Oberspannungswicklung offen

bleibt, mit dem Werte der zweiten Oberharmonischen (Fig. 6). Die dabei gefundenen beiden Zusatzverluste werden mit den entsprechenden mit der obigen Formel erhaltenen festen Faktoren hochgerechnet und die Summe beider stellt die totalen Zusatzverluste dar unter den gemachten Voraussetzungen. Die rein ohmschen Verluste, die mit den Effektivwerten leicht zu ermitteln sind, zugefügt, ergibt die gesamten Wicklungsverluste.

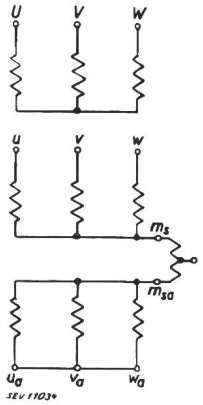


Fig. 5.

Messung mit geraden Harmonischen

Speisung u v w mit gerad-harmonischen Strömen,

u_a v_a w_a kurzgeschlossen, U V W offen.

Obgleich die Methode klar liegt und die volle Ueberzeugung besteht, dass sie gute Werte liefert, zieht P. Waldvogel doch einen Vergleich, einmal mit den auf genaue Art gerechneten, zum andernmal mit den an Hand wirklicher Anodenströme ermittelten Zusatzverlusten, und findet gute Uebereinstimmung.

So liegt nun eine Methode vor, die, im Gegensatz zur De-Blieux-Methode, wissenschaftlich gut fundiert ist und die im Gegensatz zur Methode 4 einen guten Ueberblick auch für die Zusatzverluste liefert. Sie ist zwar verwickelter, als die andern beiden Methoden, aber doch nicht so, dass sie nicht leicht zu verstehen wäre. Auch ist sie für den Versuchsstand etwas umständlicher, aber wiederum nicht so, dass sie für den Fortgang der Arbeiten sehr hinderlich wäre. Ueber die konventionellen Grundlagen liesse sich noch diskutieren, obgleich mir die von P. Waldvogel vorgeschlagenen angemessen erscheinen. Vielleicht könnte die Arbeit auf dem Versuchsstande noch etwas vereinfacht werden, indem auch für die geraden Harmonischen die Grundharmonische als Basis gewählt würde.

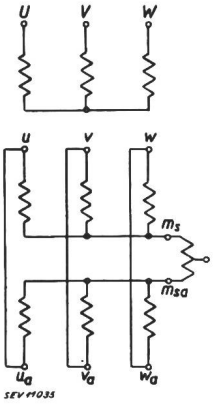


Fig. 6.

Messung mit ungeraden und geraden Harmonischen nach P. Waldvogel

a) Mit Grundharmonischer:
Speisung U V W.
$u - u_a$, $v - v_a$, $w - w_a$ verbunden.

b) Mit 2. Geradharmonischer:
Speisung u v w.
$u - u_a$, $v - v_a$, $w - w_a$ verbunden.
U V W offen.

Auf alle Fälle steht jetzt eine Methode zur Verfügung, die kaum noch beanstandet werden dürfte und die sich in die wissenschaftlich hochstehenden CEI-Regeln gut einfügen würde. Wenn auch heute nicht der Moment ist, um derartige Fragen zu erledigen, so wird doch wieder die Zeit kommen, wo gemeinsam weitergearbeitet werden muss. Für jenen Zeitpunkt möchte ich diese neue Methode zur Aufnahme in die Regeln der CEI angelegentlichst empfehlen.

Physik des festen Körpers[1)]

Von *G. Busch*, Zürich

539.11

Es wird ein kurzer Ueberblick über verschiedene Grundfragen der Physik des festen, speziell des kristallisierten Zustandes der Materie gegeben, und einige aktuelle Probleme dieses Gebietes, welche sowohl für die reine als auch für die angewandte Physik von Bedeutung sind, werden besonders ausgewählt.

Une vue d'ensemble brève des diverses questions fondamentales de la physique des corps solides et en particulier de l'état cristallin de la matière est exposée. Quelques problèmes d'actualité, concernant en particulier le domaine de la physique théorique et celui de la physique appliquée, ont été choisis par l'auteur.

Die Physik des festen Körpers stellt sich als eine der ältesten Disziplinen der Physik überhaupt dar. Das ist kein Zufall, denn die unmittelbar greifbaren Gegenstände, die den Menschen täglich umgeben, befinden sich in ihrer überwiegenden Mehrheit im festen Zustand. Gesteine, Mineralien, Metalle und kristallisierte chemische Substanzen sind Stoffe, die sich fast gewaltsam in den Beobachtungskreis jedes Menschen drängen und namentlich wegen ihrer technischen Bedeutung als Grundlage der Kultur aller Zeiten gelten dürfen.

Nicht allein der «Popularität» der festen Körper ist es zuzuschreiben, dass sich dieses Gebiet der Physik im Laufe der Zeit zu einem mächtigen Gebäude aufgetürmt hat, sondern auch der ungeheuren Mannigfaltigkeit ihrer Erscheinungsformen und ihren physikalischen Besonderheiten. Hunderte von wissenschaftlichen Arbeiten experimenteller und theoretischer Art sind im Laufe der vergangenen Jahrzehnte erschienen, die alle ein kleineres oder grösseres Stück dieses weiten wissenschaftlichen Feldes beackert haben.

Im folgenden soll nun versucht werden, über die allgemeinen physikalischen Probleme des festen Zustandes einen Ueberblick zu geben und einige spezielle Fragen der modernen Physik des festen Körpers besonders zu beleuchten.

Unter den festen Körpern, die sich ja alle durch ihre besondere Unveränderlichkeit und Starrheit der geometrischen Form auszeichnen, sind die *kristallisierten* Stoffe, kurz als *Kristalle* bezeichnet, für den Physiker von hervorragendem Interesse.

[1)] Antrittsvorlesung, gehalten an der Eidg. Technischen Hochschule am 19. 6. 1943.