

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 4  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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:** 22.02.2026

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

Die Glimmlampe wird im Gegensatz zu einer blauen Verdunkelungsglimmlampe nur lauwarm, und eine Gefährdung der Installation (Fassungen, Anschlussdrähte, Lampenschirme) ist deshalb nicht möglich. Beim Licht dieser Lampen kann infolge der günstigeren Strahlung auch nicht, wie dies bei einer gewöhnlichen Verdunkelungslampe der Fall ist, mit ultrarot empfindlichen Platten photographiert werden.

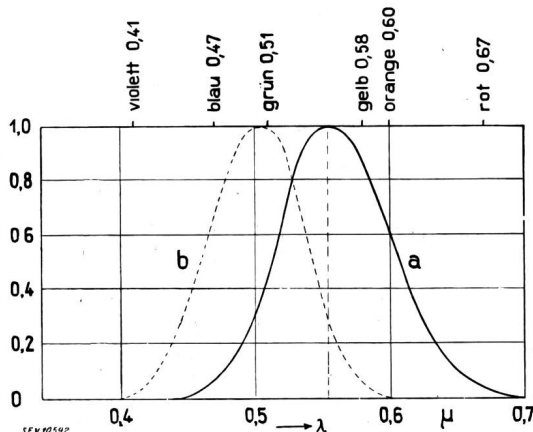


Fig. 4.

Purkinje-Effekt

Relative spektrale Hellempfindlichkeit

a für hell adaptiertes Auge, Zäpfchensehen,

Leuchtdichte  $> 3 \text{ FK/m}^2$ 

b für dunkel adaptiertes Auge, Stäbchensehen,

Leuchtdichte  $< \approx 10^{-3} \text{ FK/m}^2$ 

(Nach Uytendhoeven, Elektr. Gasentladungslampen.)

Es kann mit einer Lebensdauer von vielen 1000 Stunden gerechnet werden. Die Brenndauer bricht zudem nicht plötzlich ab (wie beim Durchbrennen einer gewöhnlichen Glühlampe), sondern nach längerer Brenndauer überzieht sich lediglich der Kolben mit einer schwärzlichen Schicht zerstäub-

ten Elektrodenmaterials. Die Zerstäubung ist jedoch bei geeigneter Gasfüllung und bei vorsichtiger Herstellung (Hochfrequenzentgasung der Elektroden, Ausheizung der Kolben, Vorentgasen der verwendeten Metalle, reinste Edelgasfüllung) sehr schwach. Infolge dieser längeren Lebensdauer und der kleinen Leistungsaufnahme ist die Lampe trotz ihres höheren Preises, der durch die komplizierte Herstellungsweise bedingt ist, wirtschaftlicher als eine normale Verdunkelungslampe.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass hinsichtlich Brenndauer und Leistungsaufnahme gegenüber den bisher verwendeten Luftschutzglühlampen ein bedeutender Fortschritt erzielt wurde, während sich wohl der Arbeitsaufwand zu ihrer Herstellung vergrößert, nicht aber der Materialaufwand. Diese Feststellungen dürften in der heutigen Zeit der Energieknappheit und des Rohstoffmangels immerhin ein gewisses Allgemeininteresse beanspruchen. Die neue Glimmlampe bedeutet aber auch in ästhetischer Hinsicht, und auch was die eingangs erwähnten Erwärmungserscheinungen anbelangt, einen prinzipiellen Fortschritt. So wird sie denn heute bereits in verschiedenen Betrieben der PTT mit gutem Erfolg angewendet.

Noch offen scheint den Verfassern die Frage, inwieweit das Glimmlampenprinzip auf dem Gebiet der heutigen Kleinspannungen Anwendung finden wird. Man könnte sich beispielsweise vorstellen, dass eine Glimmentladungsstrecke durch einen relativ kleinen Induktor direkt angeregt wird. Von einigem Interesse scheint in diesem Zusammenhang eine kürzliche Mitteilung aus den USA, wonach dort — ganz unabhängig von Luftschutzproblemen — zur Innenbeleuchtung von Verkehrsflugzeugen zwecks Gewichtersparnis neuerdings Leuchtstoffröhren verwendet würden.

## Bericht

### des Schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz über die Arbeiten seiner Studienkommission für Schweiz. Energiewirtschaft (SSE) an die subventionierenden Stiftungen und Verbände

061.2 : 620.9(494)

Wir geben hiemit den Mitgliedern des SEV den Bericht über die Arbeiten der «SSE» bekannt. Ueber Zweck und Organisation wurde im Bulletin SEV 1933, Nr. 16, S. 373, berichtet.

#### A. Vorwort

Die Studienkommission für Schweizerische Energiewirtschaft (SSE) wurde am 22. Februar 1932 als Arbeits-(Studien-)kommission des Schweiz. Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz (NC) gebildet. Ihr Zweck und ihre Aufgabe sind ganz allgemein in dem aufgestellten Regulativ der SSE umschrieben als:

«die Zusammenarbeit von Interessenten zur Förderung der rationellen Verwendung der Wasserkräfte und der Brennstoffe für die allgemeine Energieversorgung der Schweiz», und zwar «unter Berücksichtigung der nationalen und volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte.»

In der SSE waren folgende Verbände und Körperschaften, die Kollektivmitglieder des NC sind, vertreten:

Hydro-Elektrizitätserzeugung: Verband Schweiz. Elektrizitätswerke, Schweiz. Wasserwirtschaftsverband, Schweiz. Elektrotechnischer Verein.

Gaswirtschaft: Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern. Verband Schweiz. Gaswerke.

Zentralheizungsindustrie: Verein Schweiz. Zentralheizungsindustrieller.

Energiekonsumentenschaft: Schweiz. Energiekonsumentenverband.

Konstruktionsfirmen: Verband Schweiz. Maschinenindustrieller.

Vorsitzender war Prof. Dr. B. Bauer, Zürich, ständiger Mitarbeiter von 1933 bis 1936 war Dr. W. L. Froelich, Kilchberg.

#### B. Generelles Arbeitsprogramm der Studienkommission für schweizerische Energiewirtschaft

##### Subkomitee 1:

##### Einfluss der kalorischen Energieerzeugung auf die Elektrizitätsversorgung

I. Teil. Selbsterzeugung der Energie (Wärme, mechanische und elektr. Energie) aus Brennstoff beim Energieverbraucher und Einbezug dieser Anlagen in die allgemeine Elektrizitätsversorgung.

Arbeit A: Allgemeine statistische Ermittlung dieser Verhältnisse bei Fabrikbetrieben und Sekundär-Elektrizitätswerken.

Arbeit B: Untersuchung typischer Fälle von Fabriken und Sekundär-Elektrizitätswerken.

Schlussfolgerungen

II. Teil. Bedeutung der thermo-elektrischen Grosskraft-erzeugung im Inland und des Importes thermo-elektrischer Energie für die Schweiz. Hydroelektrizitätswirtschaft.

Arbeit A I: Produktionsmöglichkeit der bestehenden Anlagen.

Arbeit A II: Produktionsmöglichkeit nach Ausbau weiterer Wasserkraftwerke.

Arbeit B: Zukünftiger Energiebedarf.

Arbeit C: Wirtschaftlichste Deckung des Bedarfes an elektrischer Energie.

Schlussfolgerungen

#### Subkomitee 2:

##### Rolle der Elektrizitätswerke und Gaswerke in der Energieversorgung

Arbeit A: Standpunkt des Energiebezügers.

Arbeit B: Standpunkt des Energielieferers (Gemeindewerke).

Arbeit C: Volkswirtschaftlicher Standpunkt.

Schlussfolgerungen

#### Subkomitee 3:

##### Energiewirtschaftliche Untersuchung der Wärmeversorgung des Landes für die Raumheizung

Arbeit A: Rechnerische Ermittlung der Zusammenhänge zwischen max. Wärmeleistung und Jahreswärmebedarf in Abhängigkeit von Höhe und Verlauf der Ortstemperatur.

Arbeit B: Statistische Erfassung des Wärmebedarfs in Tonnen Brennstoff gemessen und Aufteilung der erzeugten Wärme auf die einzelnen Energieträger und Brennstoffarten.

Arbeit C: Klassifizierung der verschiedenen Raumheizungssysteme und deren statistische Erfassung.

Arbeit D: Vergleichende Untersuchung der betriebstechnischen Eignung der einzelnen Raumheizungssysteme vom Standpunkt des Wärmeverbrauchers aus betrachtet.

Arbeit E: Vergleichende Untersuchung über die wirtschaftliche Eignung der einzelnen Raumheizungssysteme vom Standpunkt des Wärmeverbrauchers aus betrachtet.

Arbeit F: Volkswirtschaftliche Gesichtspunkte in der Wärmeversorgung für die Raumheizung.

### C. Durchgeführte Arbeiten

1. Das Subkomitee 1 behandelte nur den ersten Teil seiner Aufgabe, der die Selbsterzeugung der Energie aus Brennstoff beim Energieverbraucher und den Einbezug dieser Anlagen in die allgemeine Elektrizitätsversorgung betrifft. Die abgeschlossenen Arbeiten wurden in 4 Berichten zusammengestellt. Diese enthalten interessante Übersichten über die heutige Technik der Erzeugung von Nutzwärme und elektrischer Energie aus Brennstoff im Verbundbetrieb und zeigen, wie solche Anlagen zu entwerfen und die Kosten der selbst erzeugten Energie zu berechnen bzw. mit den Preisen der Fremdenergie zu vergleichen sind.

Als wichtigste Schlussfolgerung ist zu erwähnen, dass die Eigenerzeugung elektrischer Energie im Wärmeverbundbetrieb, abgesehen von besonders günstig gelagerten Fällen, im allgemeinen nicht wirtschaftlich ist.

Der zweite Teil der Aufgabe «Bedeutung der thermo-elektrischen Grosskraft-erzeugung im Inland und des Importes thermo-elektrischer Energie für die schweizerische Hydroelektrizitätswirtschaft» wurde vom Subkomitee nicht behandelt. Gemäss den Mitteilungen des Vorsitzenden der SSE an der Vereinsversammlung vom 7. Dezember 1940 sollen Studien, die er mit den beteiligten Firmen Brown, Boveri und Gebr. Sulzer einerseits und den Nordostschweiz. Kraftwerken andererseits durchführte, gezeigt haben, dass die Aufstellung von thermischen Grosskraftwerken unter Annahme von Vorkriegs-Brennstoffpreisen wirtschaftlich sei. Die Wirtschaftlichkeit thermischer Kraftwerke komme insbesondere zur Geltung für die Ueberbrückung der Diskrepanz zwischen dem Verlauf der Energienachfrage und des Energieangebotes der Laufkraftwerke und als Ergänzung der Speicherwerke.

2. Das Subkomitee 2, das die Rolle der Elektrizitätswerke und Gaswerke in der Energieversorgung zu untersuchen hatte, befasste sich eingehend mit der Arbeit A, Standpunkt des Energiebezügers. Der abschliessende Bericht wurde bereits 1936 gedruckt; er wurde von einer Mehrheit der Mitglieder der SSE genehmigt, von einer Minderheit indessen nicht gebilligt. Er enthält vergleichende Zusammenstellungen über

die Eignung der beiden Energieträger, ihrer Geräte und Installationen sowie der gesamten Jahreskosten.

In diesem Bericht, der sich auf die Verhältnisse vor 1936 bezieht, wird unter anderem erwähnt, dass die moderne Gasküche der Elektroküche gleichwertig und grundsätzlich nicht unterlegen sei. Vom Standpunkte des Energiebezügers komme der Frage der Äquivalenz nicht die ausschlaggebende Bedeutung zu, die ihr in der Literatur beigemessen werde. In den Versorgungsgebieten mit Gas und Elektrizität seien also im allgemeinen die Preise der beiden Energieträger gut aufeinander abgestimmt, so dass vom Standpunkt des Energieverbrauchers Gas und Elektrizität für Kochzwecke und Warmwasserbereitung in Haushaltungen als gleichwertig zu betrachten seien.

Der Bericht gelangte jedoch nicht zur Veröffentlichung durch das NC, da kein einstimmiger Antrag der SSE zustande kam. Dagegen wurde er den Subvenienten zur Kenntnisnahme zugestellt.

Die Arbeit B, Standpunkt des Energielieferers (Gemeindewerke) wurde hingegen nicht abgeschlossen. Als Vorstudie der Arbeit C, volkswirtschaftlicher Standpunkt, wurden von den Herren Dr. Strickler und Dr. Deringer vergleichende Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der schweizerischen Elektrizitäts- und Gaswerke verfasst, die in internen Teilberichten niedergelegt wurden.

Seit Abfassung dieser Berichte haben sich bekanntlich die wirtschaftlichen Grundlagen wesentlich geändert, so dass die weitere Behandlung der gestellten Aufgaben der Kommission offenbar zu schwer und zu wenig erfolgversprechend erschien. Immerhin versuchte der Vorsitzende der SSE noch selbst, die Frage der Rentabilität der beiden Versorgergruppen abzuklären und insbesondere die Ertragsfähigkeit der Kommunalbetriebe zu vergleichen. Wie er an der Vereinsversammlung vom Dezember 1940 mitteilte, gelangte er zum Schluss, dass aus der Rentabilität nicht geschlossen werden könne, ob der Elektroküche oder der Gasküche der Vorzug zu geben sei. Aus allen diesen Gründen konnte ein Abschluss der Arbeiten des Subkomitees 2 mit einem zugehörigen Bericht und Antrag an das NC nicht mehr erzielt werden.

3. Das Subkomitee 3, das sich mit dem Studium einer rationelleren und mehr die volkswirtschaftlichen Interessen berücksichtigenden Wärmeversorgung des Landes für die Raumheizung zu befassen hatte, stellte lediglich sein Arbeitsprogramm auf. Die Arbeiten sollten nach der Vollendung der Studien des Subkomitees 1 beginnen, kamen aber von einzelnen Vorarbeiten abgesehen nicht zur Durchführung.

### D. Finanzielles

Zur Finanzierung der Arbeiten der SSE wurde seinerzeit ein Finanzierungsplan aufgestellt und an die dem NC nahestehenden Fachverbände<sup>1)</sup> und Stiftungen<sup>2)</sup> appelliert. Die Einnahmen von 1932 bis 1942 betrugen Fr. 40 035.30, die Ausgaben Fr. 38 765.55. Der Saldo von Fr. 1269.75 soll dem NC überwiesen werden. An die total eingegangenen Beiträge von Fr. 39 000.— trugen der SEV Fr. 1500.—, der VSE Fr. 4500.— bei.

### E. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Gründung einer Studienkommission für Schweizerische Energiewirtschaft war im Jahre 1931 durch Herrn Prof. Dr. Bauer und Vertreter der Gaswerke angeregt worden. Dem NC gelang es, die Fachverbände und führenden Vertreter des Elektrizitätsfaches zur Mitarbeit in der SSE zu bewegen und somit Fachleute aller Zweige der schweizerischen Energiewirtschaft in eine Organisation zusammenzubringen.

Damals schien es erwünscht, unsere fast ausschliesslich auf die Verwertung der einheimischen Wasserkräfte orientierte Energiepolitik zu überprüfen, da die Fortschritte in der Technik der thermischen Energieerzeugung, der thermischen Motoren und der Elektrizitätserzeugung im Wärmeverbundbetrieb es als möglich erscheinen liessen, dass der allzu einseitige Ausbau unserer Wasserkräfte zu Fehlinvestitionen führen könnte.

<sup>1)</sup> siehe unter A oben.

<sup>2)</sup> Stiftung zur Förderung der Volkswirtschaft, Aluminium-Fonds.

Das Hauptmoment aber, das zur Gründung der SSE führte, war der harte Wettbewerb zwischen den Gas- und Elektrizitätswerken in der Wärmeversorgung der Haushaltungen, wobei die besondere Eignung von Gas oder elektrischer Energie für Kochzwecke und Warmwasserbereitung am meisten umstritten war. Die Abklärung gerade dieser Frage durch die SSE erschien dem NC besonders wertvoll, um so mehr als weite Kreise eine solche erwarteten.

Aus den Studien des Subkomitees 1 resultiert nun, dass die thermische Elektrizitätserzeugung im Verbundbetrieb mit der Erzeugung von Nutzwärme nur dann eine bessere Ausnutzung der Brennstoffe und damit eine Senkung der Energieelbstkosten erzielen lässt, wenn der Bedarf an elektrischer Energie und Nutzwärme einen gewissen Umfang erreicht und zudem ein günstiges Verhältnis zwischen diesen besteht, was leider, von seltenen Einzelfällen abgesehen, nicht der Fall ist.

Besonders schwierig und zeitraubend war die Lösung der dem Subkomitee 2 zugewiesenen Aufgabe. Diese erforderte denn auch die Beiziehung besonderer Mitarbeiter und absorbierte den grösseren Teil der finanziellen Mittel.

Die Sorge um die peinlichst objektive Abklärung der einzelnen Teilprobleme führte zu umfangreichen Detailarbeiten über deren Ergebnisse eine Einigung unter den verschiedenen in der Kommission vertretenen Gruppen leider nicht möglich war.

Wenn nun auch die SSE keine ganz abgeschlossene Arbeit vorlegen konnte, so darf doch gesagt werden, dass die Teilberichte viel wertvolles Material und manches interessante Ergebnis enthalten. Auch dürften die gemeinsam durchgeführten Untersuchungen über die Elektro- und Gaswirtschaft, sowie der sachliche gegenseitige Erfahrungsaustausch zwischen Vertretern der beiden Versorgungsgruppen,

auch wenn sie zu keinem Abschluss führten, trotzdem eine Milderung der Gegensätze zur Folge gehabt haben, was für die Behandlung zukünftiger Probleme auf diesem Gebiet von Nutzen sein wird.

Abgesehen von dem allzu weitgespannten, von der SSE selbst entworfenen Arbeitsprogramm, ist nach Ansicht des Ausschusses, das Scheitern der vollständigen Durchführung der Studien der SSE zum Teil auf die Struktur dieser Kommission selbst zurückzuführen. Es musste von vornherein schwer erscheinen, die erzielten Studienergebnisse so zu formulieren, dass sie von den verschiedenen Fachverbänden anerkannt werden konnten. Auch dürfte die Zahl der Kommissionsmitglieder etwas zu gross gewesen sein und man wird daraus die Nutzenanwendung ziehen dürfen, bei künftigen ähnlichen Kommissionen die Mitarbeiterzahl geringer zu halten.

Zürich und Bern, im August 1942.

Schweizerisches Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz

Der Präsident:  
sig. Dr. J. Büchi.

Der Sekretär:  
sig. E. H. Etienne.

In seiner Vereinsversammlung vom 14. September 1942 hat das Nationalkomitee beschlossen, die Studienkommission für Schweizerische Energiewirtschaft (SSE) grundsätzlich weiter bestehen zu lassen, um über ihre guten Dienste für künftige Studien auf dem einschlägigen Gebiet in einer den neuen Verhältnissen angepassten Weise verfügen zu können. Bereits im Frühjahr 1942 war die Studienkommission für Schweiz. Energiewirtschaft vom Kriegs-Industrie- und -Arbeits-Amt für gewisse Untersuchungen zugezogen worden. Diese Untersuchungen wurden von der SSE einzelnen zu diesem besonderen Zweck gebildeten Ausschüssen überwiesen.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Nouvelle méthode de grande précision pour la mesure en court-circuit des transformateurs <sup>1)</sup>

[Nach P. Waldvogel, Brown-Boveri-Mitt., Bd. 29 (1942), Nr. 5, S. 126...129]

621.314.21.0014

De tous les appareils connus dans l'électrotechnique, le transformateur est celui qui se laisse le plus facilement déterminer par le calcul; aussi la marge de tolérance entre valeurs calculées et mesurées est-elle très restreinte. Ces faits ont poussé l'ingénieur de plateforme d'essai à perfectionner continuellement ses méthodes de mesure.

#### Considérations physiques sur lesquelles est basée la nouvelle méthode

Le champ magnétique qui prend naissance lors de la marche en court-circuit d'un transformateur est contenu principalement dans l'espace situé entre les enroulements qui sont le siège d'ampère-tours antagonistes; les lignes de force se renferment sans doute à l'extérieur des enroulements, soit dans l'air, soit dans le fer, mais leur densité est très faible dans ces régions. La réluctance du champ magnétique de court-circuit est donc localisée dans l'air; il en résulte que la composante inductive de l'impédance de court-circuit est une constante indépendante des courants qui parcourent les enroulements pendant la mesure.

La composante active de l'impédance de court-circuit est fonction des résistances ohmiques des conducteurs et des résistances supplémentaires dues aux courants de Foucault dans les conducteurs eux-mêmes. Les résistances ohmiques sont des constantes; les résistances supplémentaires aussi puisqu'elles sont dues à des champs magnétiques exempts de toute trace de saturation.

En conséquence l'impédance de court-circuit de tout transformateur normal <sup>1)</sup> ne dépend pas de la valeur du courant utilisé pour faire la mesure. Il est donc logique de choisir, non un courant égal au courant nominal du transformateur, mais le courant le plus pratique pour effectuer la mesure.

<sup>1)</sup> Cette restriction a pour but d'éliminer les transformateurs dans lesquels le primaire et le secondaire sont mal imbriqués, par exemple le primaire sur une colonne et le secondaire sur une autre.

#### Description de la nouvelle méthode

La méthode qui s'impose alors est la méthode du pont de mesure dans laquelle le transformateur en court-circuit prend la place de l'impédance inconnue.

La tension d'alimentation est choisie aussi faible que le permet la sensibilité de l'appareil de zéro utilisé; la seule précaution à prendre est de choisir la fréquence de la source égale à la fréquence nominale du transformateur. Il n'est pas nécessaire que la tension soit sinusoïdale lorsque l'appareil de zéro est sélectif (galvanomètre à vibrations, par exemple).

En général, nous utilisons le pont de Wheatstone généralisé pour courant alternatif, conformément à la fig. 1.

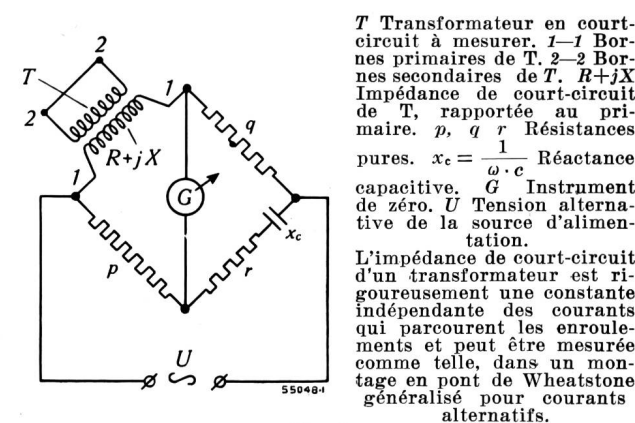


Fig. 1.

Pont de Wheatstone généralisé pour la mesure de l'impédance de court-circuit d'un transformateur

On règle la résistance  $r$  et la capacité  $c$  (c'est-à-dire la réactance  $x_c = \frac{1}{\omega c}$ ) jusqu'à ce que le galvanomètre  $G$  indique rigoureusement zéro; dans ces conditions, la relation suivante est satisfaite, en désignant symboliquement par  $R + jX$  l'impédance du transformateur en court-circuit, à mesurer.



$$\frac{R + jX}{q} = \frac{p}{r - jx_c}$$

on en déduit en séparant les parties réelles et imaginaires:

$$R = \frac{pq}{r^2 + x_c^2} \cdot r \quad X = \frac{pq}{r^2 + x_c^2} \cdot x_c$$

Connaissant  $R$  et  $X$ , il est facile de déterminer des pertes wattées et déwattées correspondant à la marche en court-circuit sous courant normal.

Lorsque l'impédance de court-circuit  $R + jX$  est très petite, les résistances de contact provoqueraient des erreurs de mesure; dans ce cas, nous utilisons en lieu et place du pont de Wheatstone le pont double de Thomson, généralisé pour courants alternatifs, conformément à la fig. 2, qui a l'avantage d'éliminer ces causes d'erreurs.

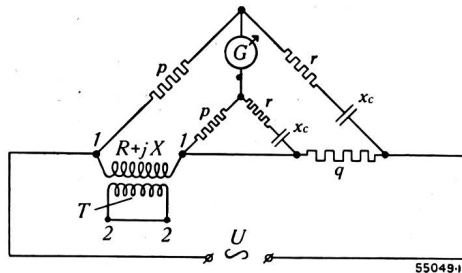


Fig. 2.

Pont double de Thomson généralisé pour la mesure de l'impédance de court-circuit d'un transformateur, lorsque cette dernière est de faible valeur

$T$  Transformateur en court-circuit à mesurer. 1-1 Bornes primaires de  $T$ . 2-2 Bornes secondaires de  $T$ .  $R + jX$  Impédance de court-circuit de  $T$ , rapportée au primaire.  $p, q, r$  Résistances pures.  $x_c = \frac{1}{\omega \cdot c}$  Réactance capacitive.  $G$  Instrument de zéro.  $U$  Tension alternative de la source d'alimentation. Lorsque l'impédance de court-circuit à mesurer possède une très faible valeur, il convient d'éviter les erreurs introduites par les résistances de contact. L'emploi d'un pont double de Thomson, généralisé pour courants alternatifs est alors tout indiqué.

Comme instrument de zéro, nous avons utilisé, concurremment au galvanomètre à vibrations, un petit tube à rayons cathodiques (genre œil magique des appareils de radio). La sensibilité de l'appareil, de construction Trüb, Täuber & Cie, est obtenue par un amplificateur à lampes, et la sélectivité à la fréquence par des filtres appropriés.

Remarquons que le montage en pont ne permet que des mesures en monophasé. Le principe de superposition justifie cependant la méthode ci-dessus pour la mesure des transformateurs triphasés en court-circuit, transformateurs pour lesquels nous faisons trois mesures en alimentant successivement les bornes  $UV$ ,  $VW$  et  $WU$ .

#### Application de la nouvelle méthode

Cette méthode nous a permis de mesurer avec grande précision et grande facilité des transformateurs d'une puissance de 40 MVA en utilisant comme source de courant un transformateur de 40 VA alimenté par le secteur.

Il ressort des statistiques portant sur une trentaine de mesures qu'aucune différence systématique n'existe entre les résultats de la méthode du voltmètre, ampèremètre, wattmètre et ceux de la nouvelle méthode, et cela aussi bien pour la tension de court-circuit que pour les pertes.

On a de plus constaté qu'avec cette méthode la dispersion, en cas de répétition de mesures sur le même transformateur en court-circuit, était plus faible qu'avec l'ancienne méthode. Ce fait s'explique d'une part par la plus grande sensibilité de la méthode et d'autre part par le fait que le courant de mesure est trop faible pour provoquer un échauffement quelconque des enroulements du transformateur.

La méthode est particulièrement avantageuse pour la mesure en court-circuit des transformateurs de grande puissance et à très haute tension; ceux-ci présentent en effet dans l'essai en court-circuit un facteur de puissance très faible qui rend l'utilisation du wattmètre très délicate.

Il ne nous appartient pas de décider si la validité de cette méthode peut être reconnue pour les essais de réception; elle compléterait très avantageusement l'appareil servant à mesurer les rapports de transformation, appareil alimenté lui aussi à faible tension (montage potentiométrique alimenté sous 220 V). Dans ce cas, seule la mesure des pertes à vide et l'essai d'isolation nécessiteraient des sources d'une puissance notable.

La restriction formulée au début nous paraît pratiquement sans objet car un constructeur sérieux imbriquera toujours soigneusement les enroulements d'un transformateur de puissance; et même si des lignes du champ de dispersion passaient dans le fer par suite du mauvais équilibrage des enroulements, les résistances supplémentaires mesurées sous courant réduit seraient plus grandes que celles mesurées sous courant nominal. C.B.

#### Beiträge zum Lebensdauergesetz elektrischer Maschinen

[Nach W. Büssing, Arch. Elektrotechn., Bd. 36 (1942), Nr. 6, S. 333..361]

621.313

Zur Beurteilung der Lebensdauer elektrischer Maschinen in Abhängigkeit ihrer Betriebstemperatur kann von verschiedenen Annahmen ausgegangen werden. Die eine Ansicht zielt dahin, die Beeinflussung der Alterung in der Wicklungsisolation rein nur auf thermische Beanspruchungen zurückzuführen. Nach einer gewissen Zeit würde ein stationärer Zustand erreicht. Liegen die Isolationseigenschaften bei diesem Endzustand noch über den Betriebsanforderungen, so ist die Lebensdauer unbeschränkt. Bei zu hohen Temperaturen tritt vorzeitige Zerstörung auf. Andere als thermische Einflüsse sind in diesem Gesetz nicht berücksichtigt. Solche werden aber bei niedrigen Temperaturen entscheidend hervortreten.

Ein anderes Gesetz ohne Berücksichtigung fester Grenztemperaturen führt die Zusammenhänge der Zeit mit der Temperatur bei konstanten Werten physikalischer Eigenschaften auf eine Exponentialfunktion

$$t = t_0 \cdot e^{-A\vartheta}$$

$t_0$  und  $A$  sind Konstanten und müssen aus Erfahrungswerten bestimmt werden.  $t$  ist die Zeit und  $\vartheta$  die Temperatur in °C. Es wird aber schwierig sein,  $t_0$  und  $A$  einigermassen sicher festzulegen. Während  $A$  durch Alterungsprüfungen an Isolierstoffen ermittelt wird, muss  $t_0$  für einen bestimmten Zustand (z. B. der Zerstörung) aus einem Erfahrungswert von Betriebszeit und -temperatur gerechnet werden. Nimmt man bei einem Transformator an, dass er bei einer Betriebstemperatur von 105° C eine Lebensdauer von 7 Jahren erreiche, so lautet die genannte Exponentialfunktion für die Grenzlebensdauer  $\tau$

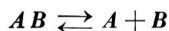
$$\tau = 7,15 \cdot 10^4 \cdot e^{-0,088\vartheta} \text{ Jahre}$$

Legt man der Formel die Annahme derselben Lebensdauer von 7 Jahren bei der Betriebstemperatur von 113° C zugrunde, so ändert die Konstante  $t_0$  derart, dass die Formel bei gleichen Temperaturen  $\vartheta$  doppelte Werte für die Lebensdauer  $\tau$  ergibt.

In seiner Dissertation (Technische Hochschule Stuttgart) formuliert der Verfasser ein Lebensdauergesetz, das sich auf die chemischen Reaktionsvorgänge bei der Alterung der Isoliermaterialien stützt. Die Umwandlungen werden in erster Linie durch thermische Einwirkungen beeinflusst, während elektrische und mechanische Beanspruchungen nur die Grösse der Lebensdauer mitbestimmen, auf den Verlauf der Zerstörung aber nur geringen Einfluss haben. Bei sehr niedrigen Temperaturen treffen diese Voraussetzungen nicht mehr zu. Das Gesetz kann nur auf temperaturempfindliche Stoffe angewendet werden und umfasst nur Materialien mit organischem Aufbau der Isolationsklasse A und z. T. B innerhalb gewisser Temperaturgrenzen. Die Gesetzmässigkeiten werden durch ähnlichen molekularen Aufbau dieser Isolierstoffe unterstrichen. Die Festigkeitseigenschaften der Zellulose sind durch ihren Polymerisationsgrad gegeben, welcher von der Temperatur abhängig ist. Auch für anders aufge-

baute Stoffe kann allgemein gesagt werden, dass die Erhöhung mechanischer Festigkeit parallel mit der Vernetzung der Moleküle geht, wobei diese aber bei höhern Temperaturen wieder gelöst wird.

Es werden nun verschiedene Möglichkeiten chemischer Reaktionsvorgänge untersucht und diese unter Zugrundelegung vorläufig noch rein hypothetischer Annahmen mathematisch ausgewertet. Der einfachste Fall geht nach dem Schema

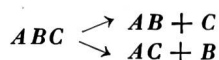


Man kommt auf ein Gesetz von der Form

$$\tau = \tau_{\infty} e^{\frac{a}{T}}$$

$T$  = absolute Temperatur. Die Grössen  $\tau_{\infty}$  und  $a$  lassen sich aber nicht auf rechnerische Weise bestimmen. Sie können nur aus Versuchen ermittelt werden; deshalb ist es auch nicht nötig, die Einflüsse der rein physikalischen Eigenschaften, der Reaktionsgeschwindigkeit, d.h. die Aenderung der Konzentration des Stoffes und verschiedene Grössen wie Stosskonstante, Aktivierungsenergie, die aus einer Gleichung von Arrhenius übernommen wurden, genau zu kennen.

Eine Parallelreaktion verläuft nach dem Schema



Wir erhalten eine gewisse Parallelschaltung der Vorgänge, die sich mathematisch durch folgende Formel ausdrückt

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_{\infty 1}} \cdot e^{\frac{a_1}{T}} + \frac{1}{\tau_{\infty 2}} \cdot e^{\frac{a_2}{T}}$$

Die Diskussion des Resultates zeigt die Möglichkeit der Extrapolation von Werten höherer Temperatur auf niedrige Temperaturen.

Die Reaktion fester Stoffe wird nach einem Gesetz von Fischbeck untersucht und führt zu prinzipiell ähnlichen Lösungen von Exponentialfunktionen. Da der praktische Bereich dieser Untersuchungen in den Grenzen von etwa 80...250° C liegt, lassen sich verschiedene Vereinfachungen der Funktionen einführen. Auch hier können unter Berücksichtigung des einen Kurvenastes die Werte auf tiefere Temperaturen extrapoliert werden.

Es ist nicht möglich, die Art der Reaktion zum voraus allgemein anzugeben. Auch in der Chemie wird erst aus dem Experiment heraus auf den wahrscheinlichen Reaktionsgang geschlossen. Man kann nicht im voraus beurteilen, ob die gesuchte Extrapolation zulässig ist oder nicht. Wir sind auf den Versuch angewiesen.

Die Versuche erstrecken sich über die Beurteilung des Isolationsmaterials als solches. Nach den Ergebnissen schliessen wir auf den Reaktionsvorgang und prüfen nach den vorerst theoretisch abgeleiteten Formeln, nach welcher Annahme wir die aus diesen kurzzeitigen Versuchen bei höherer Temperatur erhaltenen Werte auf tiefere Temperaturen umrechnen dürfen. Wir erhalten zugleich die Grösse der Umwandlungsgeschwindigkeit des Prozesses, der sogenannten «Aktivierungsenergie». Wir benötigen weiter wenigstens einen Punkt der Lebensdauercurve der ganzen Wicklung, den wir am sichersten aus einem Versuch an einer fertigen Maschine entnehmen wollen.

Untersuchungen von Montsinger über Alterung von Kabelpapier und von Stäger über Alterung von Lackbaumwollband bestätigen, dass der Verlauf der Umwandlungen einem Gesetz folgt, wie es aus den theoretischen Überlegungen gefunden worden ist. Der Alterungsprozess der Isolierstoffe kann nach verschiedenen Richtungen beurteilt werden. Die Ergebnisse sind in einem Zeit-Temperatur-Koordinatensystem mit halblogarithmischem Maßstab zusammengestellt. Es liegen Kurven der Schabzahlen (Umdrehungen einer Trommel bis zum Durchschneuern der Isolation an Leitern) von Baumwolle, der Zerreißfestigkeit von Papier, der Zugfestigkeit und Dehnung von Baumwollband und Lackbaumwollband vor. Werden die Resultate in geeignetem Maßstab aufgetragen, so erhält man parallele Kurven. Der Alterungsprozess geht also in bezug auf die verschiedensten Auswirkungen mit der

gleichen Aktivierungsenergie vor sich. Eine scheinbar aus dem Rahmen fallende Durchschlagskurve von untersuchten Isolierstoffen der Klasse A kann aber durch die speziellen Versuchsbedingungen erklärt werden. Die ersten Annahmen, die zur Ableitung der Formeln führten, sind also durch die Versuchsergebnisse bestätigt worden. Aus dem Kurvenverlauf der Messwerte kann nun auf den anfangs noch unsicheren Reaktionsverlauf geschlossen werden.

Da die Ergebnisse von Alterungsprüfungen von der Versuchsanordnung abhängig sind, müssen bei den Untersuchungen die Verhältnisse, wie sie in der elektrischen Maschine selbst auftreten, möglichst genau nachgeahmt werden. Die Beanspruchungen der Isolation in der Maschine sind aber ganz verschiedenartig. In der Nute liegen die Drähte unter mechanischem Druck und unter Luftabschluss, während im Wicklungskopf die Kühlluft guten Zutritt hat. Die Temperaturen verteilen sich ungleich auf die verschiedenen Wicklungsabschnitte.

Die Versuche an fertigen Maschinen sind sehr kostspielig. Ist aber ein Punkt der Lebensdauerkurve bekannt, so kann nach der Theorie bei Kenntnis der Alterungsprüfungen des verwendeten Isoliermaterials das ganze Lebensdauergesetz konstruiert werden.

Wie oben erwähnt, kann die Alterung nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden. Als Kriterien galten bei Versuchen des Verfassers die Ergebnisse von Dehnungs-, Dorn-, Durchschlags- und Schabproben. Um bei den auftretenden starken Streuungen der Messwerte ein brauchbares Resultat zu erhalten, sind zahlreiche Untersuchungen nötig. Die Versuche wurden in verschiedenen Temperaturintervallen

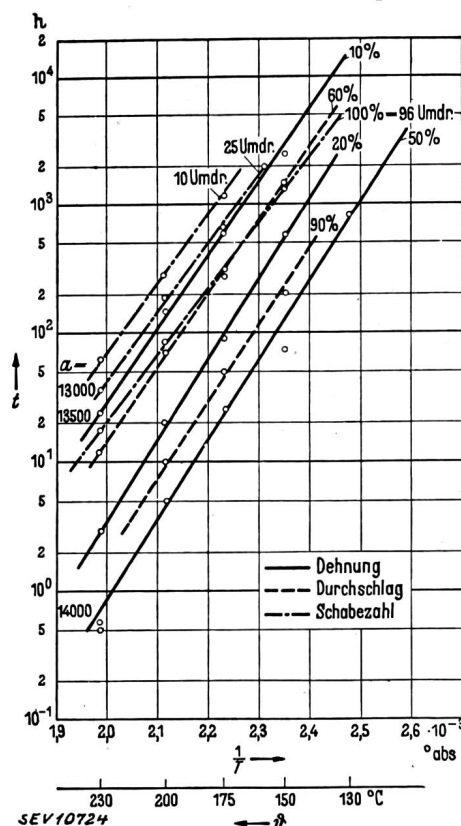


Fig. 1.

Lebensdauerkurven von Lackdraht A für verschiedene Grade der Zerstörung

in den Grenzen von 130...230° C ausgeführt. Als Versuchsmaschinen dienten serienmässig hergestellte Kurzschlussläufer-Asynchronmotoren kleiner Leistung mit Träufelwicklung und Nutisolation aus Preßspan. Die Maschinen liefen im Leerlauf. Die Temperaturprüfungen erhielt man durch Erhöhung der Leerlaufblindleistung, welche durch Vergrößerung des Luftspaltes der Maschine herbeigeführt wurde. Genaue Temperaturregulierung erreichte man mit entsprechender Drosselung der Kühlluft.

Die Untersuchungen der zu den Maschinenwicklungen verwendeten Einzeldrähte ergaben stark streuende Werte, die auf Unregelmässigkeiten des Isolierstoffes selbst zurückgeführt werden müssen. Die Gleichförmigkeit des Alterungsprozesses geht aus den graphischen Zusammenstellungen der Messwerte (Fig. 1 und 2) hervor.

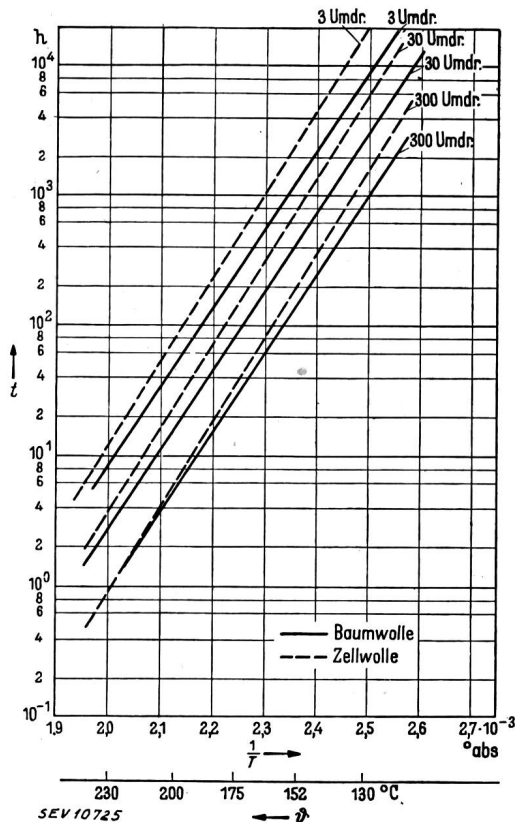


Fig. 2.

Lebensdauercurven für Baumwolle und Zellwolle  
Parameter: Schabezahl in Umdrehungen.

Die Neigung der Kurven ist ein Mass für das Fortschreiten des Alterungsprozesses, d. h. der Aktivierungsenergie. Die Dorn- und Durchschlagproben bei baumwoll- und zellwollisolierten Drähten ergeben keine genauen Verhältnisse.

Bei der Prüfung an fertigen Maschinen ist zu berücksichtigen, dass durch den Fabrikationsprozess beim Wickeln immer Veränderungen in den Isolationsmaterialien auftreten. Die Streuungen sind hier entsprechend gross. Es scheint zweckmässig zu sein, mit einem Mittelwert und dazu mit einem aus der Erfahrung sich ergebenden Streubereich zu rechnen. Die Versuchsreihen des Verfassers reichen aber zu solchen Angaben nicht aus. Die Ergebnisse sind in Fig. 3 zusammengestellt.

Die Maximalwerte der aus den verschiedenen Temperaturen errechneten Lebensdauern liegen mit einer Ausnahme auf einer Geraden. Der Verfasser schliesst hieraus, dass bei allen darunter liegenden Messpunkten die Zerstörungen auf mechanische Veränderungen des Materials während der Fabrikation zurückzuführen seien und diese Maximalwerte am ehesten der Zerstörung nur durch den Alterungsprozess zugeschrieben werden können. Tatsächlich ergibt nun die Gleichung der obigen Geraden eine Funktion wie die theoretisch abgeleitete

$$\tau = 3,12 \cdot 10^{-7} \cdot e^{9930/T} \text{ Stunden}$$

Der Streubereich hängt von den Streuungen der Ergebnisse der Einzeldrähte und von der Gleichmässigkeit im Fabrikationsgang ab. Da für allgemein verbindliche Angaben zu wenig Versuchsergebnisse vorliegen, kann der Toleranzbereich nur gefühlsmässig angegeben werden.

Wenn aus den Prüfungen der Einzeldrähte genaue Schlüsse auf die Grösse der Aktivierungszeit gezogen werden sollen, und auch die Ergebnisse bei tieferen Temperaturen bis zu

50° C Anspruch auf Genauigkeit machen wollen, benötigt ein Alterungsversuch im Minimum etwa 2 Monate. Zur Bestimmung der Lebensdauer wird man sicherer gehen, auch an fertigen Maschinen mehrere Messpunkte etwa bei 180...200° C aufzunehmen. Diese Versuche benötigen entsprechend der höheren Temperaturen weniger lange Versuchszeiten.

Damit ist es grundsätzlich möglich, das Lebensdauergesetz aufzustellen und auf die niedrigen Temperaturen, die im praktischen Betrieb vorkommen, zu extrapolieren. Wie aus Fig. 2 hervorgeht, ist unter Berücksichtigung der Streuungen das Verhalten von Baumwolle und Zellwolle bei thermischer

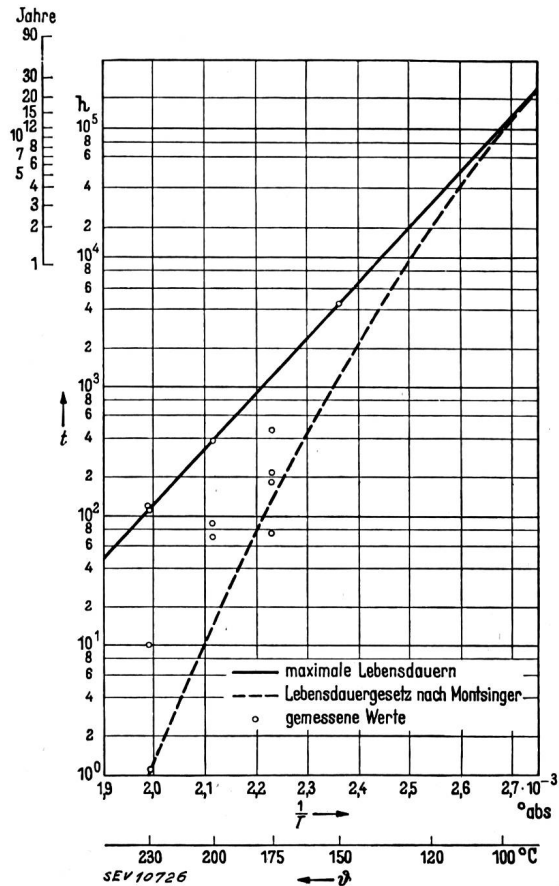


Fig. 3.

Lebensdauern von Lackmaschinen

Beanspruchung ungefähr gleich. Aus den leider nur wenigen Versuchsreihen gibt Büssing für zellwollisolierte Maschinen einen Mittelwert der Lebensdauer von

$$\tau_m = 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot e^{11000/T} \text{ Stunden an.}$$

Der Verfasser gibt zu, dass aus den wenigen ausgemessenen Maschinen noch nicht endgültig auf die sichere Uebertragung der Versuche am Isolierstoff auf die fertige Maschine geschlossen werden dürfe; es wären auf breiter Basis aufgeführte Versuche nötig, um das Mass aller Einflüsse festzustellen. Durch die Fabrikation der Wicklung ergibt sich eine grosse Unsicherheit bei der Behandlung der Isolationsmaterialien, die erst aus vielen Versuchswerten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit angegeben werden könnte.

Die ganze Untersuchung beschränkt sich rein auf thermische Beanspruchungen. Der Einfluss der mechanischen und elektrischen Beanspruchungen dürfte aber bei ganz niedrigen Betriebstemperaturen einen entscheidenden Einfluss haben. Die aufgestellte Theorie muss vorerst noch durch weitere Forschungen ausgebaut werden, um die «Konstanten» zahlenmässig zu bestimmen und für die Praxis anwendbare sichere quantitative Formeln anzugeben.

Der zur Beurteilung von Isolierstoffen vorgeschlagene Wert der Lebensdauer, der mit diesem Stoff isolierten Maschinen, führt auf zu grosse Schwierigkeiten bei der praktischen zahlenmässigen Festlegung.

Ma.

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Probleme der drahtlosen Vielfach-Telephonie

Von F. Tank, Zürich  
Siehe Seite 87

### Blindwiderstände mit negativem induktivem oder kapazitivem Widerstandsverlauf (Negative Induktivitäten und Kapazitäten)

[Nach F. Vilbig, Mitt. aus der Forschungsanst. der Deutschen Reichspost, Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik, Bd. 55 (April 1940), Heft 4, S. 120...132]

621.396.611.1

Von einem negativ induktiven Verlauf des Widerstandes wird bei einer Schaltung gesprochen, deren Blindwiderstand mit der Frequenz genau gleich ändert wie eine normale Induktivität und sich von ihr nur darin unterscheidet, dass der Strom der Spannung voreilt; entsprechendes gilt für einen negativ kapazitiven Verlauf (Voreilung der Spannung), vgl. Fig. 1.

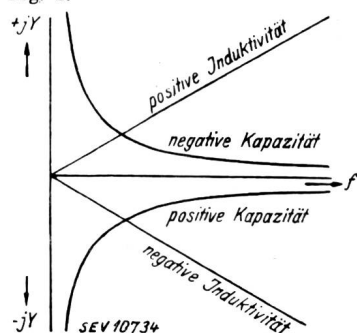


Fig. 1.

Widerstandsverlauf von positiven und negativen Induktivitäten und Kapazitäten

Vilbig behandelt eine Anzahl von Schaltungen, die sich besonders gut zur Verwendung als «negative Induktivitäten» respektive «negative Kapazitäten» eignen, Röhrenschaltungen mit sogenannter wattloser Rückkopplung. Diese teilt er in zwei Klassen ein:

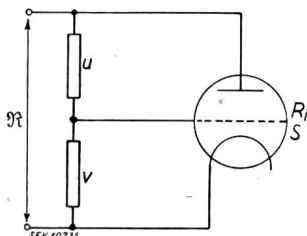


Fig. 2.

Schaltung I

Die erste Klasse ist dadurch charakterisiert, dass der Gitterkreiswiderstand nur vom Spannungsteilerstrom durchflossen wird, vgl. Fig. 2.

Für die verschiedenen Fälle

$$\begin{array}{ll} \text{I } \alpha) & u = r \\ & v = j\omega L \\ \text{I } \beta) & u = r \\ & v = -j \frac{1}{\omega C} \\ \text{I } \gamma) & u = j\omega L \\ & v = r \\ \text{I } \delta) & u = -j \frac{1}{\omega C} \\ & v = r \end{array}$$

wird der Widerstand der Gesamtschaltung  $\Re = X + jY$  berechnet und sodann die Abhängigkeit der Kurven:  $X = X(\omega)$ ,  $Y = Y(\omega)$ , und  $\varphi = \arctg \frac{Y}{X} = \varphi(\omega)$  von den Parametern:  $r$ ,  $R_i$ ,  $S$  und  $L$  resp.  $C$  diskutiert.

Für die Fälle I  $\alpha$  und I  $\beta$  ergibt sich

$$\begin{aligned} \Re = X + jY = & \frac{R [r(r + R_i) + p^2 (1 + S \cdot R_i)]}{(r + R_i)^2 + p^2 (1 + S \cdot R_i)^2} + \\ & + j \cdot \frac{p \cdot R_i^2 (1 - S \cdot r)}{(r + R_i)^2 + p^2 (1 + S \cdot R_i)^2} \quad \text{wo:} \\ & p = \omega L \text{ für I } \alpha \text{ und } p = -1/\omega C \text{ für I } \beta \text{ ist.} \end{aligned}$$

Es zeigt sich, dass im Fall I  $\alpha$  (vgl. Fig. 3a und 3b) für  $r = 1/S$  ein Vorzeichenwechsel von  $Y(\omega)$  auftritt, so dass für grössere Werte von  $r$  der Strom der Spannung vor-

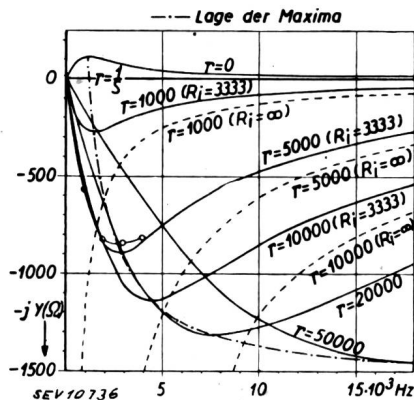


Fig. 3a.

Blindwiderstand als Funktion der Frequenz für Schaltung I  $\alpha$

eilt. Da jedoch  $Y = Y(\omega)$  für eine bestimmte Frequenz ( $f_0 = \frac{1}{2\pi L} \cdot \frac{r + R_i}{1 + S \cdot R_i}$ ) ein Maximum aufweist, so entspricht Schaltung I  $\alpha$  nur in einem bestimmten Frequenzgebiet ( $0 \leq f < f_0$ ) angenähert einer negativen Induktivität. Dies Gebiet wird um so grösser, je kleiner  $L$  und je grösser  $r$  ist. Um ein grosses

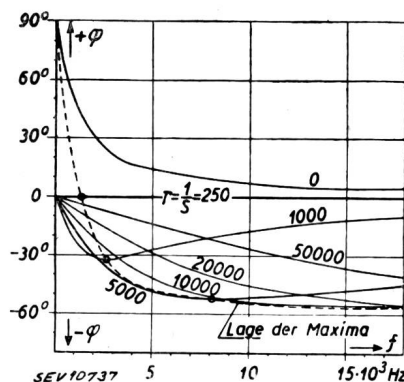


Fig. 3b.

Der Winkel  $\varphi$  als Funktion der Frequenz für Schaltung I  $\alpha$

$Y_{\max}$  zu erhalten, müssen  $R_i$  und  $S$  gross gewählt werden (was allerdings  $f_0$  wiederum etwas verkleinert). Ein ganz analoges Verhalten zeigt Schaltung I  $\beta$ , vgl. Fig. 4. Auch hier gibt es eine Vorzeichenumkehr von  $Y(\omega)$  für  $r = 1/S$ , so dass für  $r > 1/S$  die Spannung dem Strome voreilt. Da jedoch auch hier ein  $Y_{\max}$  auftritt (bei  $f_0 = \frac{1}{2\pi C} \cdot \frac{1 + S \cdot R_i}{r + R_i}$ ) so wird auch diese Schaltung nur für ein bestimmtes Gebiet ( $f_0 < f \leq \infty$ ) als negative Kapazität gelten können. Im weiteren wird dann der Einfluss einer zusätzlichen Rückkopplung bei den Schaltungen I  $\alpha$  und I  $\beta$  erörtert. Ist  $K$  der Koeffizient der zusätzlichen Rückkopplung, so wird:

$$\begin{aligned} \Re = X + jY = & \frac{R_i \{ r[r(1 \pm K \cdot R_i) + R_i] + p^2 [1 + R_i (S \pm K)] \}}{[r(1 \pm K \cdot R_i) + R_i]^2 + p^2 [1 + R_i (S \pm K)]^2} + \\ & + j \cdot \frac{p \cdot R_i^2 [1 - r \cdot S]}{[r(1 \pm K \cdot R_i) + R_i]^2 + p^2 [1 + R_i (S \pm K)]^2} \end{aligned}$$

Für ein negatives  $K$  ergibt diese Rückkopplung zwar eine Vergrösserung des Winkels  $\varphi$  und auch grössere Werte von  $Y_{\max}$ , doch wird andererseits der Bereich, in welchem der Widerstandsverlauf angenähert einer negativen Induktivität resp. Kapazität entspricht, verkleinert.



Auch der Einfluss einer Vorzeichenumkehr der Gitterwechselspannung auf den Verlauf von  $Y = Y(\omega)$  wird untersucht. Eine solche Umkehr kann man sich z. B. durch einen idealen Transformator bewirken denken (statt Schaltung I

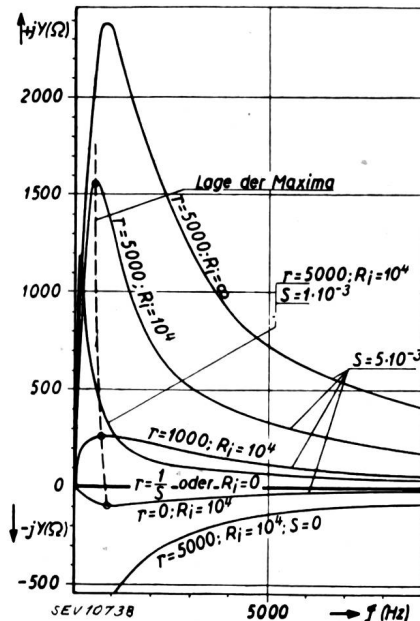
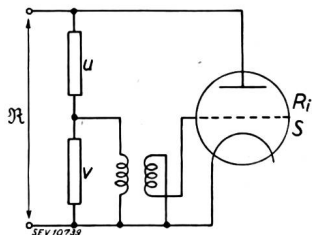


Fig. 4.

Blindwiderstand als Funktion der Frequenz für Schaltung Iβ

(resp. Iα, Iβ, Iδ, Iγ) erhält man damit Schaltung I' (resp. I'α, I'β usw.), vgl. Fig. 5). In den Formeln für  $\Re$  tritt dann  $-S$  an die Stelle von  $S$ . In diesem Fall tritt keine Vorzeichen-

Fig. 5.  
Schaltung I'

umkehr von  $Y(\omega)$  ein, es besteht stets Spannungsvoreilung für  $p = \omega L$  und Stromvoreilung für  $p = -\frac{1}{\omega C}$ . Es wird für  $p = \omega L$  nur das Gebiet  $f_0 < f \leq \infty$  einen negativ kapazitiven Verlauf aufweisen; da jedoch in diesem Bereich für bestimmte Frequenzen Selbsterregung eintritt (entsprechendes gilt für das Gebiet  $0 \leq f < f_0$  falls  $p = -\frac{1}{\omega C}$ ), müssen die Schaltungen Iα' und Iβ' als weniger brauchbar angesehen werden.

Für die Fälle Iγ und Iδ erhält man

$$\Re = X + j \cdot Y = R_i \frac{r[R_i + r(1 + S \cdot R_i)] + p^2}{[R_i + r(1 + S \cdot R_i)]^2 + p^2} + j \frac{p \cdot R_i \cdot (1 + S \cdot r)}{[R_i + r(1 + S \cdot R_i)]^2 + p^2} \text{ wo:}$$

$$p = \omega L \text{ für } I\gamma$$

$$\text{und } p = -1/\omega C \text{ für } I\delta.$$

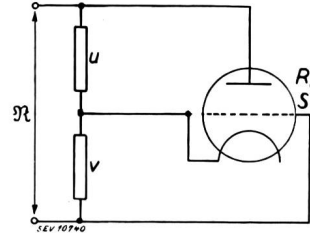
Auch hier besitzen die  $Y$ -Kurven Maxima (für  $I\gamma$ :  $f_0 = \frac{R_i + r(1 + S \cdot R_i)}{2 \cdot \pi \cdot L}$ ). Der Kurvenverlauf für Iδ ist sehr ähnlich dem für Iα, der für Iγ entspricht dem für Iβ.

Die zweite Klasse umfasst jene Schaltungen, bei denen der Gitterkreiswiderstand vom gesamten Strom durchflossen wird, vgl. Fig. 6.

(Auch hier werden die Indices α, β, γ, δ im gleichen Sinn wie früher verwendet.) Die Fälle IIα und IIβ sind nicht interessant, da es sich zeigt, dass für sie der Verlauf von  $Y =$

$Y(\omega)$  genau der gleiche ist wie bei einer normalen (positiven) Induktivität resp. (positiven) Kapazität.

Auch für die Schaltungen der Klasse II wird der Einfluss der Vorzeichenumkehr der Gitterwechselspannung unter-

Fig. 6.  
Schaltung II

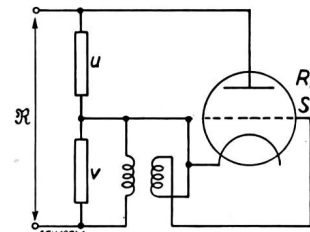
sucht, d. h. es werden die Eigenschaften der Schaltungen II' (vgl. Fig. 7) erörtert. Für diese wird

$$\Re = X + j \cdot Y = \frac{r \cdot R_i}{r + R_i} + j \cdot p \cdot \left(1 - S \frac{r \cdot R_i}{r + R_i}\right) \text{ wo:}$$

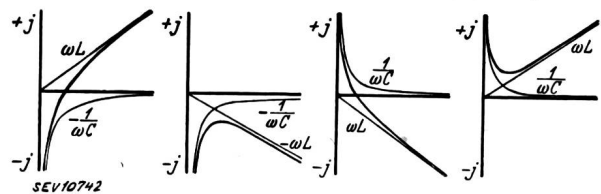
$$p = \omega L \text{ für II}\alpha'$$

$$\text{und } p = -1/\omega C \text{ für II}\beta'$$

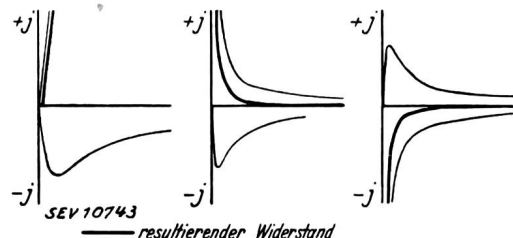
Der Verlauf des Blindwiderstandes ist im gesamten Frequenzgebiet (falls  $S \cdot \frac{r \cdot R_i}{r + R_i} > 1$ ) genau so, wie er für eine ideale

Fig. 7.  
Schaltung II'

negative Induktivität resp. negative Kapazität gefordert wird (vgl. auch Fig. 1). Der Wirkwiderstand ist frequenzabhängig. Um dabei für eine gegebene Frequenz den Winkel  $\varphi = \arctg(Y : X)$  möglichst gross zu machen, müssen  $r$  und  $R_i$  möglichst grosse Werte haben; ganz besonders aber wirkt sich grosse Röhrensteilheit ( $S$ ) in dieser Richtung günstig aus.

Fig. 8.  
Frequenzabhängigkeit des Blindwiderstandes einiger Schaltungskombinationen

Zum Schluss des ersten Teils der Arbeit werden noch die Schaltungen IIγ und IIδ besprochen, sowie auch die Schaltungen IIα' und IIβ' mit zusätzlicher Rückkopplung. Da alle vier Schaltungen für bestimmte Frequenzen zu schwingen beginnen, wird man meist von ihrer Verwendung absehen.

Fig. 9.  
Frequenzabhängigkeit des Blindwiderstandes einiger Schaltungskombinationen

Im zweiten Teil der Arbeit gibt Vilbig einige Beispiele von Kombinationen von gewöhnlichen Induktivitäten und Kapazitäten mit Schaltungen von der Art I, I', II, II'. Fig. 8 zeigt z. B. den Blindwiderstandsverlauf der sich bei Serieschaltung von positiven Induktivitäten mit negativen Kapazitäten usw. ergibt. Den Blindwiderstandsverlauf bei Serie-

schaltung von positiven Induktivitäten und Kapazitäten mit Schaltungen vom Typ I und I' zeigt für einige Beispiele Fig. 9.

Auch in Vierpolschaltungen können negative Induktivitäten und Kapazitäten bisweilen mit Vorteil Verwendung finden. H. S.

## Miscellanea

### Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

**Gebrüder Sulzer A.-G., Winterthur.** Die Prokuristen Robert Thomann und Max Trechsel wurden zu Direktoren ernannt. A. Walter Merz und Hans Steiner erhielten Kollektivprokura.

**Maschinenfabrik Oerlikon.** Der Verwaltungsrat erteilte die Kollektivprokura an E. Gräter.

**Société des Forces électriques de la Goule, St-Imier.** Le conseil d'administration a conféré la signature collective par procuration à W. Moll et M. Donzel.

**Schweizerische Elektrizitäts- und Verkehrsgesellschaft, Basel.** Dr. Max Staehelin ist als Präsident und Mitglied des Verwaltungsrates zurückgetreten. Zum neuen Präsidenten wurde gewählt Dr. J. Alfred Meyer, Zürich. Ferner scheidet P. Perrochet, Mitglied des SEV seit 1908, aus Altersrückichten aus der Direktion aus. Er bleibt indessen im Verwaltungsrat, zu dessen Vizepräsidenten er gewählt worden ist. Er wird der Gesellschaft seine reichen Kenntnisse und Erfahrungen als beratender Ingenieur weiter zur Verfügung stellen.

### Kleine Mitteilungen

**Kraftwerk Lavey.** Die Tagespresse meldet: Die Gemeindebehörden von Lausanne verlangen vom Stadtrat die Bewilligung eines Kredits von 34 Mill. Fr., von denen 33

durch Anleihen beschafft werden sollen, für den Bau eines neuen Elektrizitätswerkes in Lavey, auf dem rechten Rhoneufer, an Stelle des gegenwärtig nicht mehr genügenden Elektrizitätswerkes Bois Noir.

**Schweizer Mustermesse Basel.** Als Jahresbericht 1942 gibt die Schweizer Mustermesse erstmals an Stelle der bisher getrennten Messe- und Jahresberichte eine gemeinsame Druckschrift heraus. Der vorliegende Bericht gibt Auskunft über die Tätigkeit im 26. Messejahr vom 1. Oktober 1941 bis 30. September 1942.

Die Betriebseinnahmen betrugen Fr. 1 527 102.53 gegenüber Fr. 1 232 860.98 im Vorjahre. Die Betriebsausgaben belaufen sich auf Fr. 1 271 172.91, während die gesamten Ausgaben einschliesslich Amortisationen und Rückstellungen den Betrag von Fr. 1 770 102.53 erreichten.

Die Bedeutung der Mustermesse in der gegenwärtigen Zeit geht aus folgenden Worten der Messeleitung hervor: «An den stets wachsenden Schwierigkeiten stählte sich die Widerstandskraft unserer Industrien und Gewerbe erst recht zu Höchstleistungen. Unser schaffendes Volk setzte alles daran, an der Mustermesse über die ungebrochene Energie des schweizerischen Unternehmungsgeistes vor dem ganzen Lande Rechenschaft abzulegen. Die Messe 1942 vermochte an Umfang und Gestaltungskraft jene des Jubiläumsjahres (1941) noch erheblich zu übertreffen und so wirksam zu zeugen nicht nur für den Leistungswillen der schweizerischen Arbeit, sondern ebenso sehr auch für die Werbekraft der Messe selbst.»

Die Mustermesse 1943 findet vom 1. bis 11. Mai statt.

## Mitteilungen aus den Technischen Prüfanstalten des SEV

### Ueber den Ersatz von Kupfer bei Starkstromerdungen

(Mitgeteilt vom Starkstrominspektorat)

Unter Hinweis auf die Mitteilung des Starkstrominspektorates im Bulletin SEV 1942, Nr. 20, S. 557, über die Verwendung von Nichteisenmetallen für Starkstromerdungen wird im nachfolgenden zusammenfassend angegeben, welche Ersatzmaterialien und Abmessungen heute auf Grund der kriegsbedingten Aenderungen der Vorschriften für Erdleitungen und Erdelektroden verwendet werden können. Die angegebenen Abmessungen sind Mindestwerte. Eisen ist stets in verzinkter oder verbleiteter Ausführung zu verwenden.

#### A. Starkstromverordnung

##### Art. 19

##### a) Erdleitungen, soweit sie offen zutage treten.

Aluminium 6 mm Ø Draht oder 25 mm<sup>2</sup> steifes Seil  
Eisen 6 mm Ø Draht

##### b) Erdleitungen, soweit sie nicht offen zutage treten oder nicht zugänglich sind.

Aluminium: Nach der Weisung Nr. 18 der Sektion für Metalle sind nackte Al-Leitungen für Verlegung im Erdboden verboten (sie sind im übrigen an und für sich wegen Korrosionsgefahr für diesen Zweck ungeeignet; auch bei Verwendung von Bleikabeln mit Al-Seele bilden die Anschlüsse an die Erdelektroden Stellen erhöhter Korrosionsgefahr).

Eisen 50 mm<sup>2</sup> (8 mm Ø Draht oder 50 mm<sup>2</sup> Stahlseil)

Anmerkung: Der nach der Starkstromverordnung verlangte Eisendraht von 8 mm Ø ist heute praktisch nicht mehr erhältlich; er ist zudem äusserst steif und lässt sich demzufolge nur mit Schwierigkeit verlegen. In Anbetracht dieser Umstände ist während der Dauer der Materialknappheit auch Eisendraht von 6 mm Ø zur Verlegung im Erdboden zulässig, immerhin mit dem Vorbehalt, dass dieser Draht mindestens bei Erdungen von Generatoren-, Schalt- und Transformatorenstationen nach Eintreten normaler Verhältnisse durch Kupferdraht von vorschrittmässigem Querschnitt ausgewechselt wird.

Blanke, im Erdreich verlegte Seile sind der Korrosion in vermehrtem Masse ausgesetzt als Drähte und sollten daher wenn möglich vermieden werden.

##### Art. 24

##### a) Metallplatten.

Eisen 2,5 mm dick

Anmerkung: Im Falle von Stabernern (verzinkter Stahl) sind folgende Abmessungen zu empfehlen:

Gasrohr	2" (min. 2 m)
L-Stahl	L 65 × 65 × 7
T-Stahl	T 6
U-Stahl	U 6½

##### b) Bandlektroden

Eisen 150 mm<sup>2</sup> Querschnitt, 5 mm dick

#### B. Hausinstallationsvorschriften

##### § 19 (Erdleiter)

Ziff. 1 Aluminium blank 2,5 mm<sup>2</sup> Draht

Ziff. 2 Erdleitungen, die von Stromleitungen unabhängig geführt sind (blanke Drähte offen verlegt oder in Rohr):

Aluminium 10 mm<sup>2</sup> Draht  
Eisen 4 mm Ø Draht

Ziff. 5 Isolierte Al-Erdleiter, die ausschliesslich zur Erdung benützt werden, bei Querschnitten der Polleiter von mehr als 16 mm<sup>2</sup> Cu oder 25 mm<sup>2</sup> Al 25 mm<sup>2</sup> Draht

##### § 22 (Anschluss an Wasserleitungen)

Ziff. 2 Ueberbrückungsdraht von Wassermessern:

Aluminium 16 mm<sup>2</sup> Draht  
Eisen 4 mm Ø Draht

##### § 25 (Erdplatte, Band oder Rohr)

Ziff. 1 a) Platten aus Eisenblech:

0,5 m<sup>2</sup> Gesamtoberfläche, 2 mm dick

b) Band aus Eisenblech:

100 mm<sup>2</sup> Querschnitt, 3 mm dick

Ziff. 2 Im Erdreich verlegte Erdleitungen:

Eisen 6 mm Ø Draht  
De.

## Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV

### Missbräuchliche Verwendung des SEV-Qualitätszeichens

Die Firma

Otto Asal, Fabrik elektrischer Apparate, Riehen,

bringt Schmelzeinsätze mit der Aufschrift  10 A

250 V  mit 6-A-Fusskontakt in den Handel. Die

innere Ausführung dieser Schmelzeinsätze ist zudem derart mangelhaft, dass schon im normalen Betrieb Störungen auftreten. Die Schmelzeinsätze entsprechen den Sicherungsnormen des SEV nicht und gefährden die Sicherheit elektrischen Anlagen.

Vor der Verwendung solcher zu Unrecht mit dem Qualitätszeichen des SEV versehenen Schmelzeinsätze der Firma Otto Asal, Riehen, wird dringend gewarnt.

## Vereinsnachrichten

Die an dieser Stelle erscheinenden Artikel sind, soweit sie nicht anderweitig gezeichnet sind, offizielle Mitteilungen der Organe des SEV und VSE

### Totenliste

Am 22. Dezember 1942 starb in Locarno im Alter von 84 Jahren Herr *Benedetto Balli*, Ingenieur, Mitglied des SEV seit 1906 (Freimitglied). Wir sprechen der Trauerfamilie unser herzliches Beileid aus.

### Vorstand SEV

Der Vorstand des SEV hielt am 18. Februar 1943 unter dem Vorsitz von Herrn Präsident Prof. Dr. P. Joye in Zürich seine 85. Sitzung ab. Der Bericht der schweizerischen Treuhandgesellschaft, Zürich, über die Revision der Rechnungen 1941 wurde zur Kenntnis genommen. Der Absicht des Verwaltungsausschusses, durch die Verwaltungskommission des SEV und VSE eine gemeinsame Kommission zum Studium der Frage einer gesetzlichen Regelung der Konzession für Wärmepumpen einsetzen zu lassen, wird zugestimmt. Für das Jahr 1943 werden folgende Diskussionsversammlungen in Aussicht genommen:

Schweisstagung: an der Basler Mustermesse.

Koordinationstagung: im Juni.

7. Hochfrequenztagung: im Juli.

Tagung für elektrische Nachrichtentechnik: 4. September.

Eventuell Beleuchtungstagung: im Oktober.

Der Ausschuss für das Studium einer Ehrung des Herrn Dr. Huber-Stocker erhielt neue Richtlinien. Eine Anfrage des KIAA über die Einführung neuer Industrien auf dem Gebiete der Präzisionsmessinstrumente wurde diskutiert. Für die Behandlung der elektrischen Einrichtungen an Werkzeugmaschinen soll eine Kommission eingesetzt werden. Der Sekretär erstattete Bericht über die Arbeit der Kommissionen des SEV. 7 Kollektiv-, 43 Einzel- und 5 Jungmitglieder wurden aufgenommen. Verschiedene kleinere Geschäfte wurden erledigt.

### Fachkollegium 8 des CES

#### Normalspannungen, Normalströme und Isolatoren

Das FK 8 des CES hielt am 16. Februar 1943 in Zürich unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Herrn Dr. A. Roth, Aarau, seine 22. Sitzung ab. Die «Regeln für Spannungsprüfungen» wurden verabschiedet zur Weiterleitung an das CES. Die Frage des Ersatzes der Kugelfunkentrecke bei Spannungsmessungen wurde kurz diskutiert. Ueber Durchführungsisolatoren fand eine allgemeine Aussprache statt. Für die weitere Arbeit wurde die Behandlung von Durchführungen und Stützisolatoren in Aussicht genommen.

### Anmeldungen zur Mitgliedschaft des SEV

Seit 22. Januar 1943 gingen beim Sekretariat des SEV folgende Anmeldungen ein:

a) als Kollektivmitglied:

Dr. H. E. Gruner, Ingenieurbureau, Nauenstr. 7, Basel.

b) als Einzelmitglied:

Abrecht R., Elektrotechniker, Lengnau b. Biel.  
Althaus E., technicien, Sonceboz.

Ammann E., Ingenieur, Giesserweg 9, Bern.  
Bertschinger R., Elektroingenieur ETH, Sonnenbergstrasse, Neuhausen.  
Breguet G., ingénieur électricien, 9, Ch. de la Métairie, Pully.  
Burger E., Dipl. Elektrotechniker, 31, route de Bâle, Delémont.  
Burkhardt H., Elektrotechniker, Trüllhofstr. 16, Luzern.  
Chioléro L., ingénieur-électricien, 15, rue Marterey, Lausanne.  
Daenzer W., Elektroing. ETH, 9, rue des Délices, Genève.  
Gattlen H., ingénieur électricien, Martigny-Ville.  
Heimlicher E., Elektroingenieur ETH, Stapferstr. 19, Zürich 6.  
Locher H., Dipl. Elektrotechniker, Kornhausstr. 53, Zürich.  
Maeder A., Funktechniker, Weinbergstr. 91, Zürich.  
Muri W., Dr., Delegierter des Verwaltungsrates der Philips Lampen AG., Birkenhaldenstr. 3, Kilchberg (ZH).  
Schmidlin F., Obergeringenieur, Schlossbergweg 10, Baden.  
von Schulthess H., Präsident des Verwaltungsrates der Motor-Columbus AG., Baden.  
Sieber A., Techniker, Kramenstr., Wald (ZH).  
Studer W., Elektroingenieur, Lehenmattstr. 199, Basel.  
Thut W., Elektroingenieur ETH, Badstr. 15, Baden.

c) als Jungmitglied:

Umaña Ramos Ernesto, stud. el. ing., Sonneggstr. 27, Zürich 6.

Abschluss der Liste: 17. Februar 1943.

### Kommission für die Denzler-Stiftung

Die Kommission für die Denzler-Stiftung hielt am 18. Februar 1943 in Zürich unter dem Vorsitz von Herrn Präsident Dr. P. Joye ihre 10. Sitzung ab. Es wurden die Grundlagen für die Ausschreibung des 4. Wettbewerbes besprochen.

### Wichtige Veröffentlichung

#### Die Enteignung für die Fortleitung und Verteilung elektrischer Energie

Von Dr. iur. M. Bugmann

Von dieser wichtigen Neuerscheinung hat die Gemeinsame Geschäftsstelle des SEV und VSE eine Anzahl Exemplare erworben, um sie den Interessenten, namentlich den Mitgliedern des VSE, leicht zugänglich zu machen. Sie behandelt die Probleme der Expropriation und der Durchleitungsrechte für den Bau elektrischer Leitungen und Anlagen. Eine eingehende Besprechung erfolgt später.

Das 200 Seiten starke Werk ist zum Preise von Fr. 7.— erhältlich bei der

Gemeinsamen Geschäftsstelle des SEV und VSE,  
Seefeldstrasse 301, Zürich 8

### Vorort des Schweizerischen Handels- und Industrie-Vereins

Unsere Mitgliedern stehen folgende Mitteilungen und Berichte des Schweiz. Handels- und Industrie-Vereins zur Einsichtnahme zur Verfügung:

Verzicht auf die Sommerzeit im Jahre 1943.

Finanzzahlungsverkehr mit Frankreich.

Wehrsteuer: einheitliche Abschreibungsgrundsätze.

Protokoll vom 9. Dezember 1942 über den schweizerisch-türkischen Warenverkehr.

Eidg. Steuern — Bewertung von Guthaben im Ausland.

Für die Kollektiv-Mitglieder wird der heutigen Nummer ein Prospekt der Firma Siemens Elektrizitätserzeugnisse A.-G., Zürich, beigelegt.