

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 36 (1945)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Fortschritte im Messwandlerbau und neue Messwandlerprinzipien  
**Autor:** Goldstein, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060213>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

## Fortschritte im Messwandlerbau und neue Messwandlerprinzipien

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 7. Oktober 1944 in Luzern,  
von J. Goldstein, Zürich

621.314.22.08

*Es werden die neuesten Fortschritte im Messwandlerbau besprochen. Insbesondere werden die Trockenausführungen in den Vordergrund gestellt. Als besonders fruchtbringend hat sich die Anwendung des Prinzips der gesteuerten Eigenformmagnetisierung im Stromwandlerbau erwiesen, indem eine Herabsetzung der AW-Zahl und eine Erhöhung der Kurzschlussfestigkeit Hand in Hand gingen.*

*Im Spannungswandlerbau werden die Ausführungen mit einem Pol an Erde wegen ihrer überragenden Spannungssicherheit und des geringen Raumbedarfes als die Zukunftsbauart ausführlich behandelt. Als Sondertypen werden die induktiven Spannungswandler mit offenem magnetischem Kreis wegen ihrer Stossfestigkeit besonders betont. Speziell wird ein neuer Trocken-Säulenwandler der Reihe 20 kV wegen seiner geringsten Abmessungen beschrieben und die Einführung der Kompensationsschaltung hervorgehoben.*

*Exposé des progrès les plus récents dans la construction des transformateurs de mesure, notamment des transformateurs secs. L'application du principe de l'automagnetisation dirigée a donné des résultats particulièrement intéressants pour les transformateurs d'intensité, en permettant à la fois de réduire le nombre des ampères-tours et d'augmenter la résistance aux courts-circuits.*

*En ce qui concerne la construction des transformateurs de tension, l'auteur s'occupe en détail des types dont un pôle est mis à la terre, qui sont de plus en plus utilisés, en raison de leur sécurité remarquable et de leur encombrement réduit. Les transformateurs de tensions inductifs avec circuit magnétique ouvert se distinguent par leur résistance aux chocs. M. Goldstein décrit spécialement un nouveau transformateur sec à colonnes de la série 20 kV d'un encombrement minimum et fait ressortir les avantages du couplage de compensation.*

Der Schilderung der Fortschritte im Messwandlerbau während der letzten 10 Jahre will ich einige Bemerkungen vorausschicken, die den allgemeinen Ueberblick erleichtern.

Der Messwandlerbau stützte sich in der ursprünglichen Form auf den Transformatorenbau. Dies hatte seine Vorteile, indem man aus einer sicheren Quelle schöpfen konnte. Dies hatte aber auch seine Nachteile, die sich besonders in der Dimensionierung der Wandler äusserte. Besonders trifft dies zu für den Spannungswandlerbau, in welchem eine Zeitlang ganz unwirtschaftliche Konstruktionen

derjenigen der alten Konstruktionen beträgt; bei 110 kV Nennspannung dürfte dieser Wert etwa 15 % ausmachen.

Aus diesem Beispiel sieht man, wie wichtig es war, von den herkömmlichen Ausführungen im Spannungswandlerbau abzugehen und nach neuen Lösungen zu suchen. Ein ganz ähnliches Verhalten ergab sich auch im Stromwandlerbau. Hier war es mehr die Kurzschlußsicherheit, die eine Reduktion der Windungszahl der Wicklungen erforderlich machte. Dabei sollte jedoch keine Einbusse an Messleistung und Genauigkeit in Kauf genommen wer-

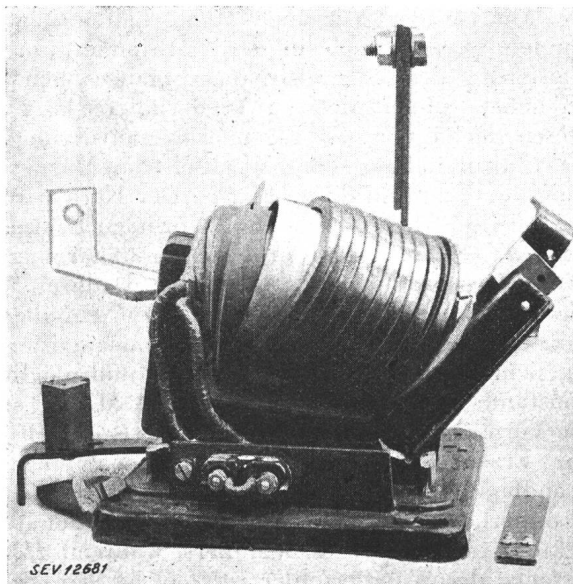


Fig. 1.

Wirkungen axialer Schubkräfte bei ca. 150fachem Nennstrom

mit grossem Raumbedarf vorherrschend waren. Vergleicht man den Oelbedarf einer Spannungswandlergruppe alter Bauart, bestehend aus 2 Spannungswandlern mit beiden Polen isoliert, mit 3-Säulen-Spannungswandlern oder Stützer-Spannungswandlern einpolig isoliert, so kommt man zum bemerkenswerten Resultat, dass bei 60 kV Nennspannung die Oelmenge der neuen Wandler nur etwa 25 %

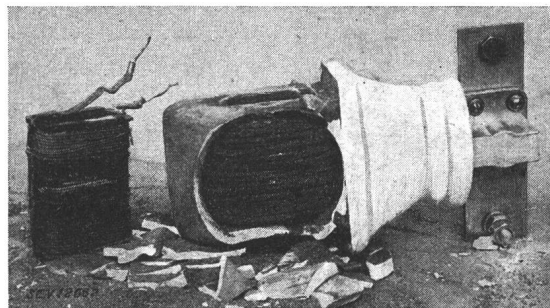


Fig. 2.

Wirkung der abstossenden Sprengkraft  
bei ca. 320fachem Nennstrom

den müssen. Fig. 1 zeigt die üblichen Kurzschlussdefekte bei Stromwandlern mit 1200 Amperewindungen schon bei Kurzschluss-Strömen, die unter dem 200fachen Nennstrom liegen. Durch einige Reduktion der Amperewindungszahl und Verbesserung der Abstützungen kommt man auf eine dynamische Festigkeit von etwa 300facher Nennstromstärke, bei höherer Beanspruchung treten Zerstörungen ein (Fig. 2).

Keiner Firma sollte durch diese Bilder ein Tadel ausgesprochen werden. Es handelt sich um eine objektive Erfassung des natürlichen Sachverhaltes. Wie man sieht, sind es die axialen Schubkräfte, oder die radiale Sprengkraft, denen die Spulen und selbst die ganze Abstützung nicht gewachsen sind. Der übliche Weg, die Abstützungen zu verstärken,

führt nicht zum Ziel; man muss das Uebel an der Wurzel packen. Man muss Lösungen suchen, die gestatten, die Windungszahl zu reduzieren, da mit dieser bekanntlich die Kurzschlusskräfte nahezu quadratisch abnehmen.

So waren es also in erster Linie technische Gesichtspunkte, ausgerichtet auf die Erhöhung der Kurzschluss-Sicherheit, der Isolations- und Sprungwellenfestigkeit, die eine bedeutende Entwicklung durch die Schaffung neuer Ausführungsformen von Wandlern zur Folge gehabt haben.

Auf dem Stromwandlergebiet war ein Fortschritt nur zu erreichen durch eine Reduktion der Ampere-windungszahl auf etwa  $\frac{1}{3}$  des üblichen Wertes, für Stromwandler der Klasse 0,5 also von 1200 auf etwa 400 AW. Noch mehr zu erreichen war selbstverständlich durch den Einleiterstromwandler, der eine praktisch unbegrenzte Kurzschlußsicherheit besitzt. In Fig. 3 sind die Kurzschlusskräfte  $F$  dargestellt und durch Formeln ausgedrückt.

Fall a) gilt für gewöhnliche Wicklungswandler; hier resultiert die Kurzschlusskraft aus dem Querfeld der magnetischen Streuung. Dieses Querfeld ist durch die ungleichen Wicklungslängen der primären und sekundären Wicklungen bedingt.

Fall b) gilt für Schleifenwandler; hier sind es die abstossenden Kräfte, die die Schleife auszuweiten suchen und Sprengungen der Umhüllung oder der Porzellankörper zur Folge haben.

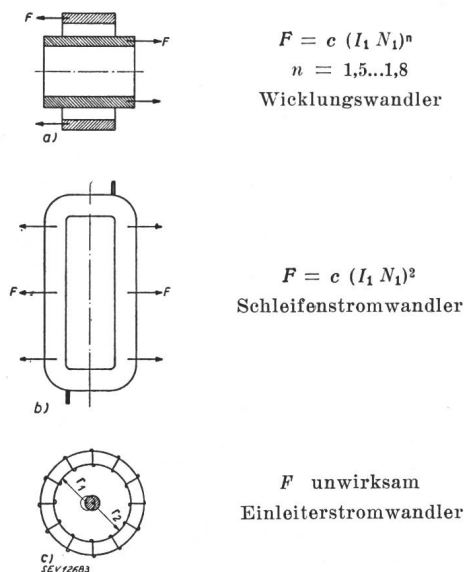


Fig. 3. Kurzschlußkräfte

Eine Ausnahmestellung nimmt der Einleiterstromwandler (Fall c) ein. Wie aus einer einfachen Ueberlegung zu ersehen ist, würde jede «virtuelle Verschiebung» des Primärleiters seine Zentrierung zur Folge haben und den ursprünglichen Abstand  $r_2$  wieder herstellen. Der Einleiterstromwandler hat somit eine praktisch unbegrenzte dynamische Festigkeit.

Hier, wie auch bei geringer AW-Zahl war aber ohne einen Eingriff in den Magnetisierungsvorgang ein Fortschritt unmöglich; denn bekanntlich nimmt

die Messleistung mit der Abnahme der AW-Zahl quadratisch ab. Für die Leistung  $P_{K1}$  gilt:

$$P_{K1} = K (I_1 N_1)^2$$

bei gleichem Gewicht und gleichen Abmessungen.

Man hat die Schaltungen, die sich mit dieser Aufgabe befassten, als Kunstschaltungen bezeichnet, meines Erachtens eine ganz unzweckmäs-

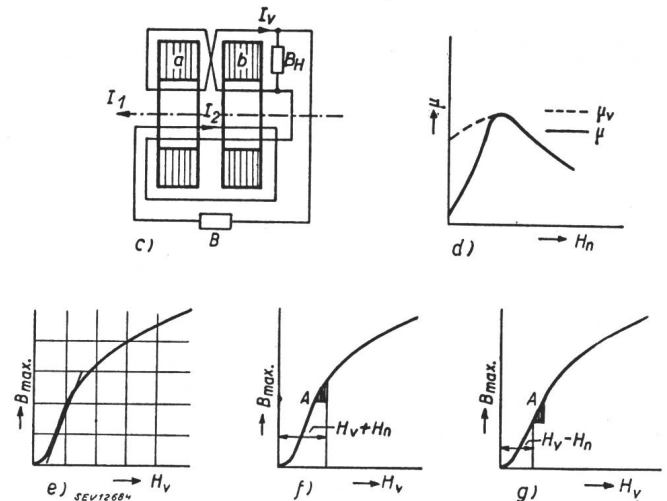


Fig. 4. Gesteuerte Eigenformmagnetisierung und Wechselstrom-Magnetisierungskurven  
 a, b Eisenkerne. B Bürde.  $B_H$  Impedanz.

sige Bezeichnung. Man möchte fast sagen, man schiebt etwas der Kunst zu, wo der Verstand und die Analyse der Vorgänge allein helfen können, handelt es sich doch in der Tat immer um die Meisterung des Magnetisierungsvorganges. Ich will versuchen, ohne mich zu wiederholen, kurz das Wesen der gesteuerten Eigenformmagnetisierung unter Zuhilfenahme der Wechselstrom-Magnetisierungskurve zu schildern (Fig. 4). Der Kern wird in zwei Teile zerlegt, welche vom Vormagnetisierungsstrom  $I_v$  (einem Teilstrom des Sekundärstromes  $I_2$ ) entgegengesetzt magnetisiert werden. Dadurch wird die Wirkung dieses Stromes auf die Nennübersetzung aufgehoben. Das Ziel dieser Vormagnetisierung ist, dem Eisen eine möglichst hohe und möglichst konstante Permeabilität zu verleihen. Mit  $H_v$  seien die Vormagnetisierungs-AW/cm, mit  $H_n$  die AW/cm zur Erzeugung der der Belastungsspannung des Wandlers entsprechenden Magnetisierung  $B_n$  des Wandlerkerns bezeichnet.  $B_n$  ist proportional der Sekundärspannung des Wandlers, während  $H_n$  die Ursache der Wandlerfehler ist. Ziel ist, bei gegebenen  $B_n$  die Grösse  $H_n$  möglichst klein zu machen. Betrachten wir in Fig. 4 c die Magnetisierung der Teilkerns. Bei kleiner Belastung sind beide Kerne durch  $I_v$  auf den Arbeitspunkt magnetisiert. Bei Belastung verschiebt sich gemäss der erforderlichen Nutzmagnetisierung  $B_n$  der Arbeitspunkt des Kernes a nach oben (Fig. 4f), derjenige des Kernes b nach unten (Fig. 4g). Die zu dieser Verschiebung nötige  $H_n$ -Zahl ist minimal, wenn der Arbeitspunkt A in den steilsten Bereich der Magnetisierungskurve gelegt wird (Fig. 4e). Die differentielle

Permeabilität  $\frac{dB}{dH}$  muss ein Maximum sein (die gestrichelte Kurve in Fig 4d). Bei Belastung des Wandlers (Nutzmagnetisierung) muss man im ganzen Strommessbereich in diesem Gebiet bleiben. Dies wird durch die Impedanz  $B_H$  besorgt. Bei zunehmender sekundärer Stromstärke verkleinert diese Impedanz ihren Wert und nimmt den Reststrom  $I_2 \triangleq I_v$  auf, so dass  $I_v$  angenähert konstant bleibt. Wir haben dabei den Vorteil, dass der nun angeforderte Mehrbedarf der Magnetisierung bei einer sehr günstigen Permeabilität erfolgen kann, und bekanntlich sind die Fehlergrößen bei gleichem Wert der Induktion  $B_n$  umgekehrt proportional zum Permeabilitätswert. Dieses Verhalten gibt den Grund dafür ab, warum man durch den kleinen  $H_n$ -Bedarf mit einer reduzierten  $AW_n$  auskommen kann. Als weitere Folge der gesteuerten Eigenvormagnetisierung ergibt sich die Umgestaltung der Fehlerkurven. Vor 24 Jahren hatte ich in einer Arbeit im Bulletin SEV<sup>1)</sup> den Einfluss der Wandlerfehler auf den resultierenden Fehler eines Messaggregates untersucht und bin zum Resultat gelangt, dass der resultierende Fehler insbesondere im unteren Strommessbereich bei ungünstiger Phasenverschiebung ganz erhebliche Werte (bis zu 20 %) annehmen kann, wenn die Fehlwinkel der Stromwandler (selbst solcher, die amtlich beglaubigt sind) die zugelassenen Grenzwerte nicht einmal erreichen. Die Differenz zwischen gewünschter und tatsächlich vorhandener Messgenauigkeit ist auf dieses Verhalten zurückzuführen ( $\Delta = 0,0291 \text{ tg } \varphi \Sigma \delta$ ). Neuerdings hat Th. Hauck<sup>2)</sup> interessante Werte zu diesem Thema veröffentlicht und auf die erforderliche Verbesserung der Stromwandler-Messgenauigkeit im unteren Messgebiet mit eindringlicher Schärfe hingewiesen. Durch die Umgestaltung des Magnetisierungsvorganges mit Hilfe der gesteuerten Eigenvormagnetisierung wird die «Untugend der Permeabilitätskurve» im unteren Gebiet wirksam bekämpft. Die Vormagnetisierung führt durch richtige Abstimmung der Impedanz zur bedeutenden Erhöhung der Permeabilitätswerte im unteren Gebiet (die steile  $\mu$ -Kurve geht über in eine  $\mu_v$ -Kurve mit flachem Verlauf). Dies äussert sich im Verlauf der Fehlerkurven folgendermassen (Fig. 5): Der Anstieg der Fehler im unteren Stromgebiet (gestrichelt gezeichnet) bei Stromwandlern mit herkömmlicher Schaltung wird durch die gesteuerte Vormagnetisierung ausgemerzt. Sowohl die Frage der Kurzschlussfestigkeit, als auch die der Messgenauigkeit haben somit durch Einführung der gesteuerten Eigenvormagnetisierung eine günstige Lösung erfahren. Man frage nicht nur, welche Klassenleistung ein Stromwandler hat, man frage auch, mit welcher  $AW$ -Zahl er im Nennbetriebe arbeitet.

Infolge dieser Eigenschaften der Permeabilitätskurve ist der eigenvormagnetisierte Stromwandler auch als Stromwandler für den sogenannten Grossmessbereichzähler geeignet.

Wie verhält es sich mit der Ueberstromziffer bei

<sup>1)</sup> Bull. SEV 1920, Nr. 11, S. 304...311.

<sup>2)</sup> Bull. SEV 1942, Nr. 24, S. 696...699.

vormagnetisierten Stromwandlern? Es geht aus der Betrachtung des Magnetisierungsvorganges folgendes hervor. Bei Ueberstrom wird der Nutzfluss immer wachsen (die Spannung an der Bürde nimmt zu). Die Flüsse der Vormagnetisierung werden sich nicht wesentlich ändern; dafür sorgt die Impedanz  $B_H$ . Der Nutzfluss wird also bei weiterem Anwachsen von  $I_n$  die Vormagnetisierungsflüsse überdecken, und schliesslich erhalten wir den gleichen Verlauf

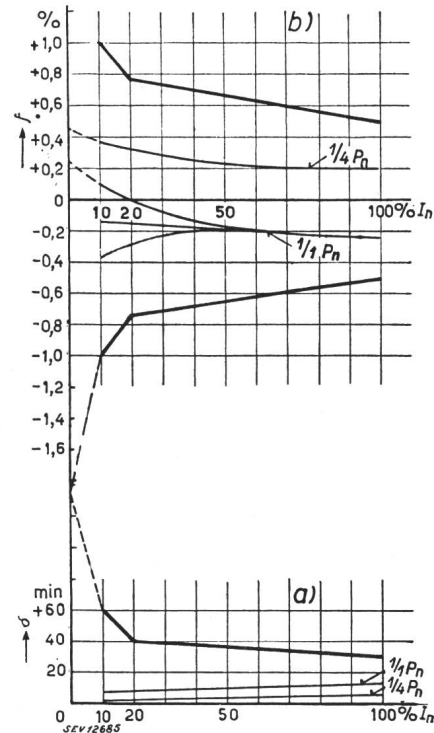


Fig. 5.  
Stromwandler mit gesteuerter Eigenvormagnetisierung  
a) Fehlwinkel b) Stromfehler  
— Fehlergrenzwerte des Klasse 0,5  
- - - Fehlerkurven bei gesteuerter Eigenvormagnetisierung

wie beim gewöhnlichen Stromwandler; daher ist auch jede Ueberstromziffer je nach den Bedingungen erhältlich. Es ist nur eine Frage der Bemessung der Kerne. Eine Vergrößerung der Leistung und Herabsetzung der Klasse gibt die untere Grenze für die Ueberstromziffer.

Herr Hartmann hat in seinem Referat die günstigen Eigenschaften der geregelten Vormagnetisierung und die damit erzielten Resultate betont. Diese geregelte Vormagnetisierung ist aber nichts anderes als die «gesteuerte Eigenvormagnetisierung». Dass das Prinzip der Vormagnetisierung bei Stromwandlern nicht neu ist, ist eine bekannte Tatsache. Dieses Prinzip wurde von Iliovici in Frankreich angegeben, und in meinem Buch über Messwandler, das im Jahre 1928 erschienen ist, findet man eine Notiz darüber. Aber das Prinzip allein genügt nicht. Die Firma, für welche Iliovici seinerzeit tätig war, hat — soweit mir bekannt ist — keine nennenswerte Anwendung dieses Prinzips erzielen können.

Es ist kennzeichnend für die Richtigkeit der Anwendung dieses Prinzips im Stromwandlerbau, dass es jetzt auch allgemeinen Anklang findet. Damit ist erwiesen, dass in technisch wichtigen Fällen keine anderen Lösungsmöglichkeiten bestehen.



Es war nicht so einfach, die praktisch gangbaren Wege, die Schaltungen und Berechnungsmethoden ausfindig zu machen, die den Erfolg sicherten<sup>3)</sup>. Dazu war eine langjährige Forschungs- und Versuchsarbeit im Laboratorium nötig.

### Stromwandlerausführungen

Fig. 6 zeigt aus einer Freiluftanlage von 150 kV Nennspannung die Kabelendverschlüsse, eine Konstruktion der Kabelwerke Brugg, für ein Hochspannungskabel von 150 mm<sup>2</sup> Querschnitt. Ueber das Hochspannungskabel wird der Stromwandler, Bauart Moser-Glaser, geschoben, der von einem feuerverzinkten Eisengehäuse umgeben ist. Er hat eine Uebersetzung 200/5 A und eine Leistung von 30 VA in Klasse 0,5. Die Anschlüsse der abgehenden Sekundärkabel sind in einem gleichfalls feuerverzinkten Kabelverschluss enthalten. Die Bauhöhe des Stromwandlers wurde, um die Kühlverhältnisse des Kabels nicht zu beeinträchtigen, limitiert. Der Stromwandler, der mit gesteuerter Eigenvormagnetisierung ausgeführt ist, hätte in gewöhnlicher Schaltung bei der verlangten Leistung eine mehr als doppelt so grosse Bauhöhe. Ein Regenschirm oben am Stromwandler verhindert das Verblasen mit Schnee im Spalt zwischen Kabel und Stromwandlergehäuse. So ist für die ganze Konstruktion Wetter- und Rostschutz gewährleistet.

Alle weiteren Konstruktionen sind, sofern nichts anderes vermerkt ist, Ausführungen der Firma Moser-Glaser & Co. A.-G.

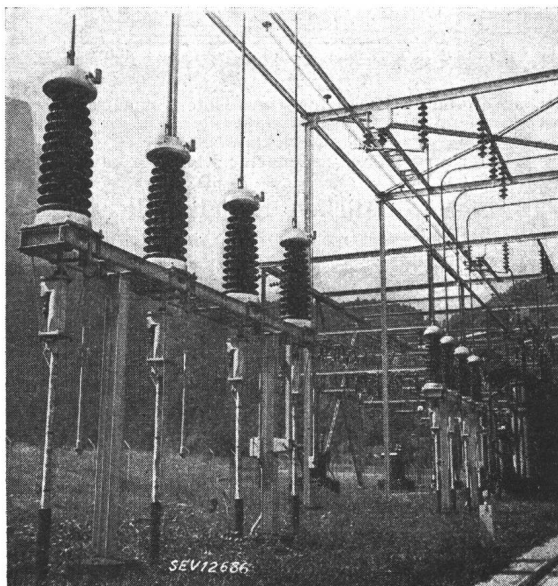


Fig. 6.  
Kabelendverschluss-Wandler  
150 kV Nennspannung

Fig. 7 zeigt eine moderne Messwandlerzelle von 16 kV Nennspannung und 64 kV Prüfspannung. Die Schleifenstromwandler dieser Art und die Einphasen - Porzellan - Spannungswandler sind Neukonstruktionen. Wie an dieser Anlage ersichtlich, wurde auf die Entwicklung von Mess-

wandlern mit Trocken-Isolation grosser Wert gelegt. Die Schleifenwandler, die mit gesteuerter Eigenvormagnetisierung ausgeführt sind, haben in der

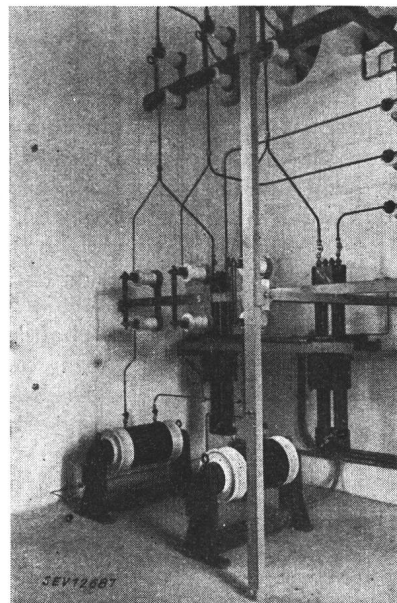


Fig. 7.  
Trocken-Messwandlerzelle  
für 16 kV Nennspannung, 64 kV Prüfspannung

Regel nur 400 Nenn-AW. In der Mitte sind die Rohre durch eine starke Stahlbride gegeneinander gehalten. Mit den starken beidseitigen metallischen Endabstützungen bildet so das Ganze eine sehr solide kurzschlussichere Konstruktion, die bei der geringen AW-Zahl die dynamische Kurzschlussziffer nach rechnerischen Unterlagen und Vergleichen mit andern Versuchsergebnissen auf etwa 1000fachen Nennstrom erhöht.

Fig. 8 zeigt einen ähnlichen Stromwandler als Stützer-Stromwandler ausgebildet. Solche Wandler

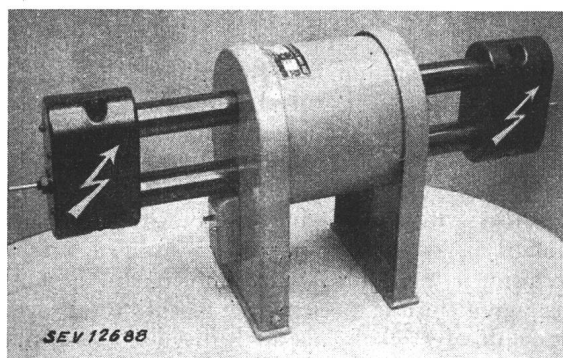


Fig. 8.  
Schleifen-Stützerstromwandler  
250 AW, 20 VA, Kl. 0,5

können bis zu 60 kV Nennspannung (150 kV Prüfspannung) ausgeführt werden. Die Fehlerkurven Fig. 5 wurden an ähnlichen Wandlern aufgenommen.

Eine weitere Trocken-Stromwandler-Konstruktion zeigt Fig. 9. Es ist ein Porzellan-Querloch-Wandler für 42 kV Prüfspannung. Eine ähnliche Konstruktion ist jetzt auch für 64 kV Prüfspannung in

<sup>3)</sup> ⚡ Patent Nr. 174 384. — Deutsches Patent Nr. 682 792.

Fabrikation. Auch an diesem Wandler kann mit Hilfe der gesteuerten Eigenvormagnetisierung die *AW*-Zahl herabgesetzt und dadurch eine erhöhte

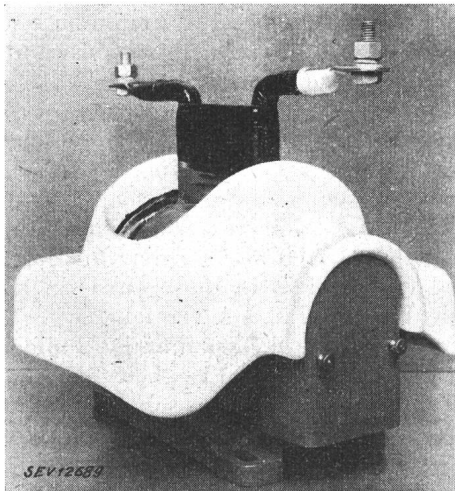


Fig. 9.  
Trockenstromwandler, Querlochttyp

Kurzschlussfestigkeit bei ausreichender Leistung in Klasse 0,5 erreicht werden.

### Spannungswandler

Wie ich einleitend schon andeutete, war die Isolationsfrage und die Gewinnung geringerer Abmessungen und Materialaufwandes für die Konstruktion Ausgangspunkt einer Reihe von Verbesserungen. Die Wandler mit beiden isolierten Polen verursachten bei Höchstspannungs-Ausführungen stets Schwierigkeiten. Es ist daher natürlich, dass sie durch Wandler, deren einer Pol an Erde liegt, ersetzt wurden, wobei dann allerdings eine Messgruppe aus 3 Einheiten besteht. Man kann die neu entwickelten Wandler im Vergleich mit den alten Typen als ölarme Wandler bezeichnen. Fig. 10 zeigt eine Ausführung der Firma Laur-Knudsen, Kopenhagen, mit welcher ich seit vielen Jahren als beratender Ingenieur in Kontakt bin. Es sind Wandler der Nennspannung 60 kV, mit einem Pol an Erde, Prüfspannung 150 kV (durch Eigenerrregung mit erhöhter Frequenz), Stoßspannung 440 kV. Die Wicklung ist als Lagenwicklung ausgeführt. Die Potentiale gegen Erde werden mit zunehmender Lagenordnung durch immer grösser werdende Abstände und durch Isolations scheiben gegen die Jochendplatten gehalten. Die auch im Transformatorbau gemachte gute Erfah-

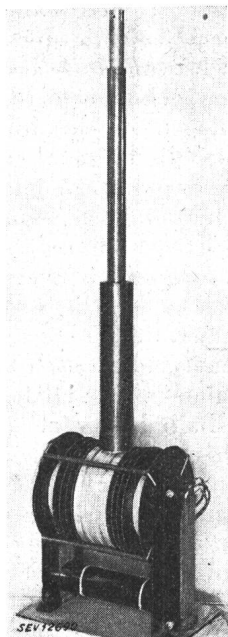


Fig. 10.  
60-kV-Spannungswandler  
mit Lagenwicklung

zung mit ausschliesslicher Papierisolation wird hier für die Lagenisolation verwirklicht. Ein kapazitiver Endschutz als Metallumhüllung der oberen Wick-

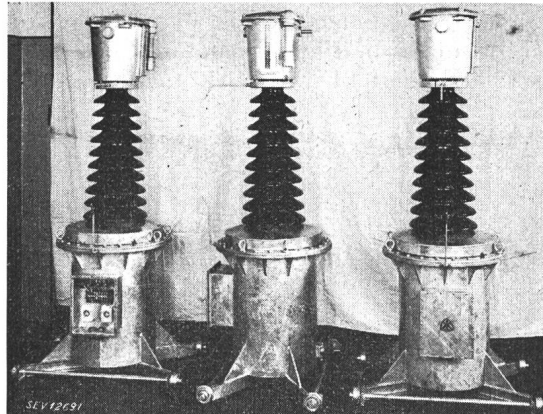


Fig. 11.  
Ölarme Spannungswandler  
60 kV Nennspannung

lungspartie macht die an und für sich für Schwingungen weniger empfindliche Lagenwicklung stossicher. Fig. 11 zeigt eine solche Wandlergruppe in ihren Kästen eingebaut.

Dem Bedürfnis nach solchen Wandlern entsprechend fabriziert die Firma Moser-Glaser & Co. A.-G. ölarme Säulenwandler (Fig. 12). Solche Wandler sind in verschiedenen Anlagen seit mehreren Jahren im Betrieb. Wie bei allen Neukonstruktionen waren anfänglich einige Kinderkrankheiten zu beheben. Es muss aber speziell hervorgehoben werden, dass

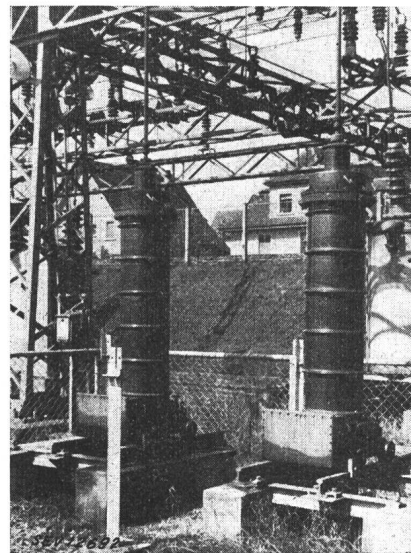


Fig. 12.  
Ölarme Säulenwandler  
16 2/3 Hz, 66 kV Nennspannung

kein Defekt an der Oberspannungswicklung vorgekommen ist, und daher die Ueberspannungs- und Sprungwellensicherheit dieser Konstruktion als erwiesen betrachtet werden kann. Eine Nebeneinanderstellung dieses Wandlers mit seinem Vorgänger (Fig. 13) zeigt die Material- und Raumersparnisse.

Insbesondere muss die Oelarmut des neuen Wandlers auffallen, wenn man bedenkt, dass die ganze Säule durch Kern und Wicklung ausgefüllt ist und nur geringe Zwischenräume für die Aufnahme von Oel in Frage kommen. In Fig. 14 sind der Aufbau dieser Wandler und die Spannungsverteilung bei Stoss 1|50 dargestellt. Die Wicklung kann als prak-

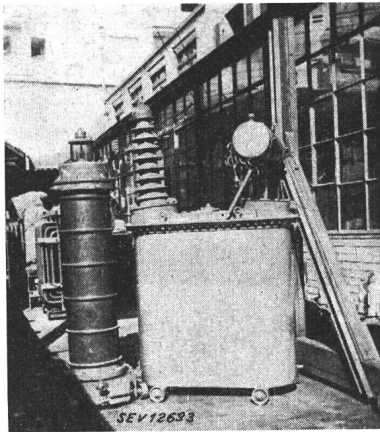


Fig. 13.  
rechts: 66-kV-Spannungswandler alter Bauart  
links: 66-kV-Säulenwandler

tisch schwingungsfrei betrachtet werden. Zur Entwicklung dieser Wandler-Konstruktion mit offenem magnetischem Kreis, über welche ich hier berichtete<sup>4)</sup>, gestatte ich mir noch eine Bemerkung. Fasst man die Idee des Wandlers mit offenem magnetischem Kreis ganz weitherzig auf, so muss man neben Prof. Biermanns, dem Erfinder der Messdrosselspule, auch Professor Imhof, der einen Wandler mit offenem magnetischem Kreis im Zusammenhang mit einer Hochspannungsdurchführung im Jahre 1929 entwickelt hatte, erwähnen<sup>5)</sup>.

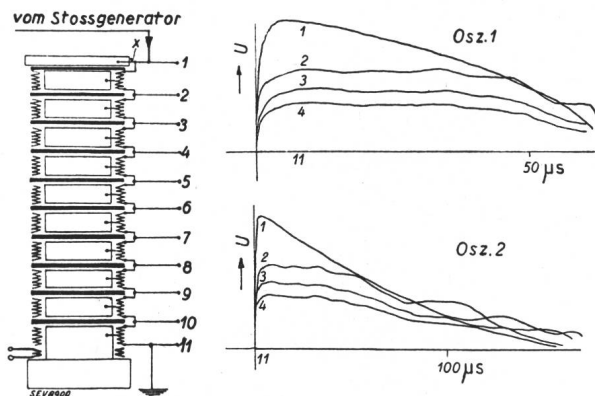


Fig. 14.  
Säulen-Spannungswandler  
Spannungsverteilung bei Stoss 1|50

Herr Hartmann hat in seinem Referat dieser Wandlerbauart wegen des offenen magnetischen Kreises die Präzisionseigenschaften abgesprochen. Dies trifft aber nicht zu. Bei der Entwicklung dieser Wandler musste man sich selbstverständlich mit dem Problem der Beeinflussung der Genauigkeit

durch Eisenteile in der Nachbarschaft befassen. Man hat Mittel und Wege gefunden, z. B. durch entsprechende Flussgestaltung im unteren Kerngebiet und magnetische Abschirmung, diese Beeinflussung auf ein derartiges Minimum zu reduzieren, dass ihre Zulassung als Präzisionswandler der Klasse 0,5 gewährleistet wurde. Die AEG baut seit vielen Jahren solche Wandler serienweise als beglaubigungsfähige Wandler für Höchstspannungsnetze bis 150 kV Nennspannung. Die Wandler der Nennspannung 60 kV, die bei der Firma Moser-Glaser & Co. A.-G. gebaut werden, sind zum System zugelassen, und nach Messungen des eidg. Amtes für Mass und Gewicht in Bern wurde in Klasse 0,5 eine Leistung von 120 VA erreicht.

Als weitere Trockenspannungswandler-Ausführung mit geschlossenem Eisenkern der Nennspannung 20 kV zeigt Fig. 15 den schon erwähnten Einphasen-Trockenwandler mit Porzellanisolation, bei dem Leistungen bis 150 VA in Klasse 0,5 erreicht werden. Die Prüfspannung beträgt 64 kV. In ähn-

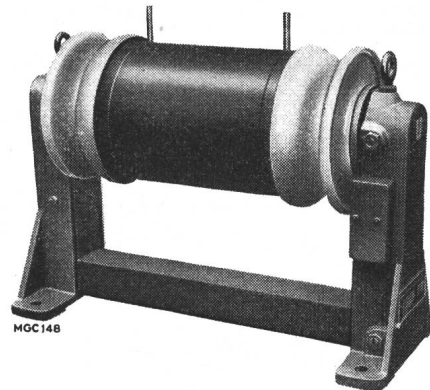


Fig. 15.  
Trockenspannungswandler  
20 kV Nennspannung  
64 kV Prüfspannung

licher Konstruktion werden auch Wandler der Nennspannung 10 kV fabriziert.

Es ist interessant, dass die ursprünglich älteste Form des Transformators, der sog. Tempeltyp, im Drehstrom-Messwandlerbau jetzt wieder zur Geltung gekommen ist. Es handelt sich um neuere Anlagen, die bekannt sein dürften (Fig. 16). Diese magnetisch ganz symmetrische Bauform hat im Messwandlerbau noch den Vorteil, dass man ohne Aenderung der Dimensionen den Wandler magnetisch rückschlussfähig machen kann. Dazu genügt es, magnetische Verbindungsstege von Joch zu Joch einzubauen. Die Symmetrie bleibt aufrecht erhalten. Bekanntlich ist der Drehstromkern herkömmlicher Bauart magnetisch nicht rückschlussfähig. Für Erdschluss-Schutzschaltungen eignet sich diese Bauart deshalb besser als der bekannte Fünf- oder Viereckenkern mit dem grösseren Platzbedarf. Da bei den Wandlern des Tempeltyps der Träger der Oberspannungswicklung ein Porzellankörper ist, der mit starker Einkerbung zur Aufnahme der Oberspannungsspulen und End-Ueberwürfen versehen ist, ist seine Isolationsfestigkeit und Ueberspannungsfestigkeit gewährleistet.

<sup>4)</sup> Bull. SEV 1940, Nr. 23, S. 536...539.

<sup>5)</sup> Bull. SEV 1929, Nr. 6, S. 149...158.



Zum Schluss sei die neueste Ausführung, der schon erwähnte Trocken-Säulenwandler der Nennspannung 20 kV (Fig. 17) erwähnt. Neu ist, dass in dieser Konstruktion als Träger der Oberspannungswicklung gleichfalls ein Porzellankörper gewählt werden konnte, der den Kern von der Oberspannungswicklung allseitig abschliesst. Die Vorteile dieser Anordnung liegen auf der Hand. Man bekommt mehr Freiheitsgrade zur Gestaltung der Isolation und Sprungwellensicherheit, und dies mit weniger Platzbedarf, als bei den üblichen Konstruktionen. An und für sich würde es als abwegig erscheinen, speziell im Spannungswandlerbau, eine solche lose Kopplung, die schematisch im Bilde dargestellt ist, verwenden zu wollen. Ich hatte dieses Gefühl, als ich diese Aufgabe seinerzeit zu lösen

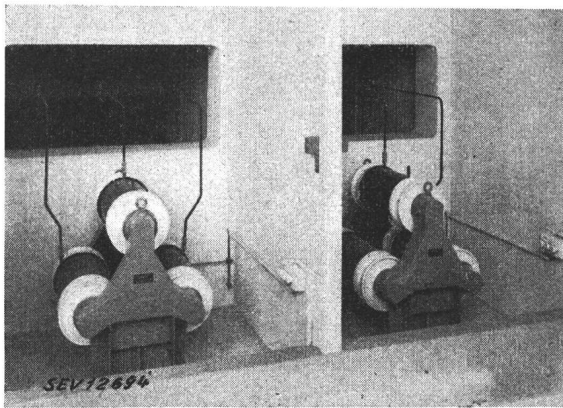


Fig. 16.  
Drehstromspannungswandler, Tempeltyp  
20 kV Nennspannung  
64 kV Prüfspannung

hatte. Man sagt sich doch zunächst: «Wie soll bei dieser grossen magnetischen Streuung noch eine genaue Uebersetzung und Phasenlage herauskommen?» — und doch ist es nicht so schlimm, wie es aussieht. Wenn man sich vergegenwärtigt, dass nur geringe Leistungen, etwa 100 VA, erzielt werden

sollen, so spitzt sich die Frage auf folgende Punkte zu:

1. Ist es möglich, einen Anfangszustand zu schaffen, bei welchem die Nennübersetzung und Phasengleichheit der primären und sekundären Spannungen gewährleistet ist?

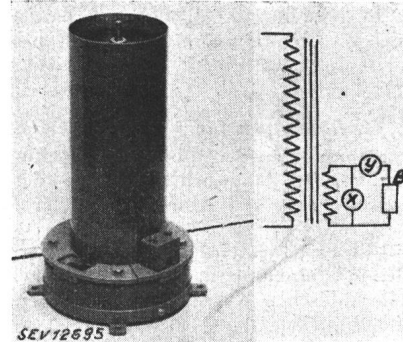


Fig. 17.  
Trockensäulen-Spannungswandler  
20 kV Nennspannung  
64 kV Prüfspannung

2. Ist es möglich, diesen Zustand innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen für die Klassen 0,5 und 1 bei bestimmten Belastungen aufrecht zu erhalten?

Beides hat sich durch die Schaffung von Kompensationsschaltungen (die zugehörigen Impedanzen sind in der Skizze Fig. 17 mit  $x$  und  $y$  angedeutet) als möglich erwiesen. Näher kann ich aus Zeitmangel auf die Sache nicht eingehen. Bei dem neuen kleinen Wandler sind wir bei eigenen Messungen auf eine Leistung von 30 VA in Klasse 0,5 gekommen<sup>6)</sup>. Eine Erhöhung der Leistung würde einen grösseren Materialaufwand, als er durch die geringen Abmessungen des Wandlers bedingt ist (450 mm Höhe und etwa 150 mm Schutzzyylinder-Durchmesser) erfordern.

<sup>6)</sup> Inzwischen wurden unsere Messwerte vom eidg. Amt für Mass und Gewicht kontrolliert und richtig befunden.

Adresse des Autors:

Dr. J. Goldstein, Beratender Ingenieur, Büchnerstr. 22, Zürich.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Fortschritte in der Beleuchtung mit Fluoreszenz-Lampen<sup>1)</sup>

[Nach Electrical Engineering, Bd. 60 (1941), Nr. 6, S. 261]  
621.327.4:535.37

Die Diskussion an der technischen Sitzung und die Vorträge an der Winterversammlung 1941 des AIEE (American Institute of Electrical Engineers) zeigen, dass sich die Beleuchtung mit Fluoreszenzlampen (Leuchtstoffröhrenlampen), die erst wenige Jahre vorher auf den Markt gekommen waren, sehr schnell eingeführt hat. Die Fortschritte in der Entwicklung und in der Herstellung haben zu verbesserter Qualität der Lampen und der Ausrüstung geführt, ferner zu mehr Lampentypen. Die ersten Anlagen waren unbefriedigend, doch sind jetzt genaue Anwendungsmethoden ausgebildet worden. Diese Faktoren waren Gegenstand der erwähnten Veranstaltungen; die wichtigsten Gesichtspunkte sind in den folgenden Referaten festgehalten:

<sup>1)</sup> Vergl. Heinz Hausner, New York: Die Verwendung von Fluoreszenz-Lampen in USA, Bulletin SEV 1941, Nr. 15, S. 354.

### Fortschritte bei den Lampen und beim Zubehör (Nach O. P. Cleaver, Westinghouse Lamp Division, Bloomfield, N. J.)

Man kann beim Vergleich der Verkaufsziffern für das Jahr 1940 von etwa 600 Millionen Glühlampen und rund 9 Millionen Fluoreszenzlampen wohl noch kaum vom «Zeitalter der Fluoreszenzbeleuchtung» sprechen. Trotzdem haben sie in den drei letzten Jahren eine erstaunliche Zunahme erfahren, und die Nachfrage ist noch sehr stark im Wachsen.

#### Neue Fluoreszenzlampen

Um die verschiedenen Anwendungsgebiete befriedigen zu können, wurden während 1940 und in den ersten Monaten 1941 neue Typen geschaffen, die am besten in zwei Gruppen unterteilt werden.

#### Neue Lampen für allgemeine Beleuchtungszwecke

Der 60-Zoll-100-Watt-Typ, der Ende 1940 eingeführt wurde, hat einen 1,75mal grösseren Lichtstrom als der bisher meistgebrauchte 40-Watt-Typ. Diese Lampe hat in RLM-Reflek-