

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 41 (1950)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Kunstharz-Trocken-Messwandler  
**Autor:** Imhof, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061277>

### **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:** 04.04.2026

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

## Kunstharz-Trocken-Messwandler

Von A. Imhof, Zürich und Muttenz

621.314.22.08

Die Messwandler, von denen der Artikel handelt, bedeuten werkstofflich, konstruktiv und herstellungstechnisch eine Neuerung. Ausgehend von älteren, verwandten Vorschlägen werden die neuen Bauarten der Strom- und Spannungswandler anhand von Prinzipskizzen und Bildern dargestellt. Der Leser erfährt, welcher Art die Fortschritte sind. Vom Standpunkt des Anlagenerbauers: Kleine Abmessungen, günstige und mannigfaltige Einbaumöglichkeiten, hohe dynamische Kurzschlussfestigkeit der Wicklungsstromwandler, hohe elektrische Festigkeit, Unempfindlichkeit gegen Feuchtigkeit, Verstaubung und Insekten, Herstellbarkeit in Trockenbauart bis zu höheren Spannungen als bisher. Die aktiven Teile sind jugenfrei in den isolierenden Werkstoff eingebettet. Vom Standpunkt des Fabrikanten aus: Einfachere Lagerhaltung, kürzere Fabrikationszeiten. Über die Eigenschaften der angewandten Kunstharze werden einige Angaben gemacht. Hauptmerkmale sind ihre Härbarkeit ohne Abspaltung flüchtiger Kondensationsprodukte, Giessbarkeit, vorzügliche dielektrische Eigenschaften, besonders auch hohe Kriechstromfestigkeit, geringe Feuchtigkeitsaufnahme.

Les transformateurs de mesure, dont traite cet article, représentent une nouveauté au point de vue de la matière, de la construction et de la technique de fabrication. En partant de propositions anciennes et déjà utilisées, les nouveaux genres de construction de ces transformateurs de courant et de tension sont représentés à l'aide d'esquisses de principe et d'illustrations. Le lecteur apprend de quel genre sont les progrès réalisés. Ce sont, du point de vue du constructeur d'installations électriques: petites dimensions, possibilités de montage favorables et multiples, sécurité dynamique élevée envers les courts-circuits pour les transformateurs de courant à primaire bobiné, rigidité diélectrique élevée, insensibilité envers l'humidité, la poussière et les insectes, possibilité d'exécution comme type sec jusqu'à des tensions bien plus élevées que jusqu'à présent. Les parties actives sont enrobées sans joints dans la matière isolante. Au point de vue du fabricant, ces progrès consistent en un magasinage bien plus simple, en des temps de fabrication beaucoup plus courts. Quelques indications seront données sur les propriétés des résines synthétiques utilisées. Leurs attributs principaux sont: la propriété de durcir sans dissociation de produits de condensation volatils, la possibilité de les couler facilement, leurs excellentes propriétés diélectriques, spécialement aussi leur haute rigidité envers les courants de perte superficielle et leur absorption minime d'humidité.

### Einleitung

In einigen früheren Publikationen<sup>1)...</sup><sup>3)</sup> wurden vom Isolationsstandpunkt aus neuartig gebaute Stromwandler und Spannungswandler dargestellt, ohne dass darüber noch nähere Angaben gemacht worden wären. Die sich auf diese Wandler beziehende Forschung hat inzwischen ihren Fortgang genommen, und die Wandler hielten ihren erfolgreichen Einzug in die Praxis, weshalb nun ein mehreres über ihre technische und wirtschaftliche Daseinsberechtigung und einiges über ihren Aufbau gesagt sei.

Die erste Frage des Lesers wird die nach den erreichten Vorzügen gegen bestehende Wandler sein, denn nur solche machen neue Wandler interessant. Die Technik der Messwandler ist ja bereits so weit fortgeschritten, dass allzu grosse Schwächen kaum mehr bestehen. Und dennoch bedeuten die Kunstharz-Trockenwandler in einiger Hinsicht einen klaren Schritt nach vorn. Sie werden vielen Wandleranlagen in Maschinenhäusern und Unterwerken in absehbarer Zeit ein wesentlich verändertes Bild geben.

### Ältere Vorschläge für Kunstharz-Wandler

In einer Druckschrift «Mitteilungen aus dem Arbeitsgebiet der Koch & Sterzel A.-G.» Nr. T 18 vom

<sup>1)</sup> A. Imhof: Einige Problemstellungen der Elektrotechnik an die Kunststoffchemie. Schweiz. techn. Z. Bd. 46(1949), Nr. 39, S. 626.

<sup>2)</sup> A. Imhof: Ein neuer Trocken-Spannungswandler. Bull. SEV Bd. 40(1949), Nr. 13, S. 409...410.

<sup>3)</sup> A. Imhof: Fortschritte im Bau von Trockentransformatoren und Messwandlern. Schweiz. techn. Z. Bd. 44(1947), Nr. 44/45, S. 760.

Februar 1931 ist auf den Seiten 6...12 auf Vorschläge von A. Imhof hingewiesen — auch die Abb. 12, 13 und 15, 19 und 20 gehören dazu — die prinzipiell ermöglicht hatten, Trockenspannungswandler mit geschichteter Isolation bis zu recht hohen Spannungen mit Kunstharzisolierung zu bauen. Sowohl die Spulwicklung, als auch die axial und radial steuernde Lagenwicklung kommen in diesen Vorschlägen vor und hatten Anlass zu Fabrikationsversuchen gegeben.

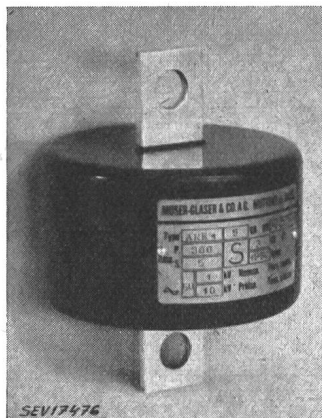


Fig. 1  
Kunstharz-Schienenstromwandler für Niederspannung

Die damals bekannten Kunstharze und Fabrikationsmöglichkeiten erlaubten noch kaum, solche Wandler rationell und zudem mit voller Betriebssicherheit zu bauen. Auch war man sich über einige Bemessungsgrundlagen noch nicht völlig im klaren. Verschiedene ähnliche Versuche wurden mit mehr oder weniger Erfolg andernorts unternommen. Vor etlichen Jahren wurden in USA einzelne Vorschläge zur Anwendung der Giessharze im Apparatebau ge-

macht und vielleicht auch verwirklicht. Aber auch hier konnten die Phenol-Giessharze nicht befriedigen. Es waren neue Harze mit anderen Eigenschaften, ferner aber auch neue Verfahren und vor allem den Besonderheiten der Harze angepasste konstruktive Lösungen nötig, um den Erfolg zu ge-

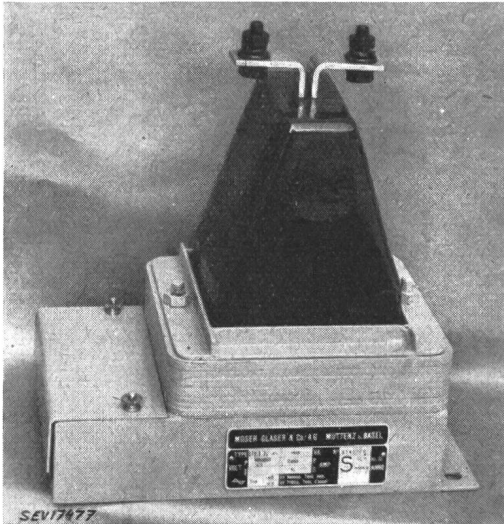


Fig. 2  
Kunstharz-Stützer-Stromwandler 10 kV

währleisten. Die folgenden Darlegungen haben die Entwicklungsarbeiten der Moser-Glaser & Co. A.-G. und der die verwendeten Kunststoffe erzeugenden Firmen zur Grundlage.

### A. Stromwandler

Der neue Kunstharz-Trockenstromwandler ist charakterisiert durch eine *gegossene Isolation* der Wicklungen gegeneinander und gegen Erde, wobei neuartige Kunststoffe mit dielektrisch ganz hervorragenden Eigenschaften zur Anwendung gelangen. Eine bisher nicht bekannte Technik des Giessens

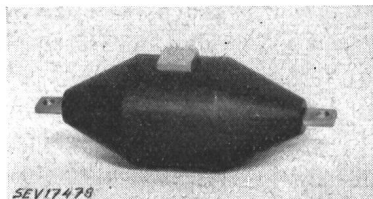


Fig. 3  
Kunstharz-Schienenstromwandler 10 kV  
Stromwandler gleichen Durchmessers und entsprechend grösserer Länge bis 30 kV

und der Beherrschung technologischer Prozesse war zu entwickeln.

Als Fortschritt ist es schon zu bezeichnen, dass diese Technik den Weg bahnt zu *neuen Bauformen*, zu grösserer Mannigfaltigkeit und damit vorzüglich-

ster Anpassungsmöglichkeit an die Erfordernisse der elektrischen Anlagen: Schienenwandler, Durchführungswandler, Stützerwandler, Hängewandler bis zu beträchtlicher Nennspannung (siehe Fig. 1 bis 6). Porzellanstromwandler sind annähernd so anpassungsfähig, *nicht aber für so hohe Nennspan-*

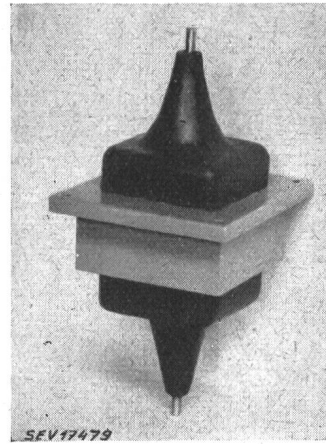


Fig. 4  
Kunstharz-Durchführungsstromwandler 20 kV

nungen ausführbar und entbehren einiger noch zu nennender weiterer Vorteile.

Es sei darauf hingewiesen, dass auch die *Niederspannungsstromwandler* durch die neue Herstellungsart überraschende Vervollkommnungen erfahren. Abgesehen von der auch hier beachtlichen Kurzschlusssicherheit konnten Leistung, Genauigkeit bei kleinstem Raumbedarf und die Prüfspannung ganz erheblich erhöht werden. Als Beispiel ist in Fig. 3 ein solcher Stromwandler dargestellt für eine Nennspannung von 10 kV, eine Primärstromstärke von 200 A, Leistung von 10 VA in Klasse 0,5. Die Abmessungen des zylindrischen «Klotzes» betragen: Durchmesser 100 mm, Länge in Richtung der Stromschienen 120 mm. Ein solcher

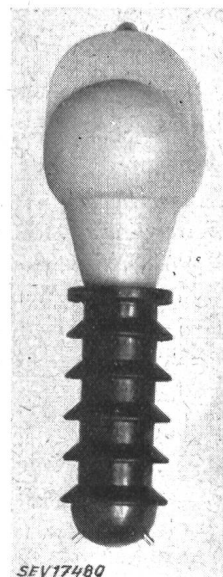


Fig. 5  
Kunstharz-Hängewandler  
45 kV

Wandler für 500 A, 20 VA, Klasse 0,5 hat die entsprechenden Abmessungen 100 × 70 mm.

Die Kunstharz-Wandler sind im allgemeinen in den *Abmessungen kleiner* als die entsprechenden Porzellanwandler. Der Hauptfortschritt ist jedoch

die bisher nie erreichte *absolute Kurzschlussfestigkeit auch der Wicklungswandler*. Denn die Wicklungen sind hier, von ihrem Eintritt bis zum Austritt, völlig eingebettet in einem starren Klotz, nicht imstande, zu vibrieren, so dass die Hammerwirkung im Kurzschluss fehlt. Ausgedehnte Versuche haben dies bestätigt. Bislang waren nur die Einstabwandler völlig kurzschlusssicher. Die hochpermeablen Legierungen und die Vormagnetisierung erlaubten zwar, einen sehr grossen Teil aller Stromwandler als Stabwandler zu bauen, aber der Stützerwandler bleibt seiner Natur nach ein Wicklungswandler. Ob nun der Kunstharzwandler als Stützer-, Durchfüh-

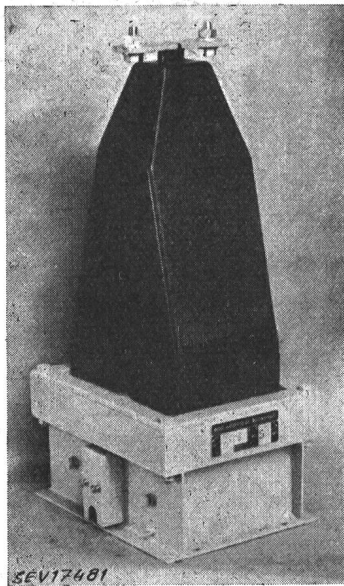


Fig. 6  
Kunstharz-Stützerstromwandler 45 kV

rungs-, Schienen- oder Hängewandler gebaut wird, immer ist er als völlig kurzschlussfest anzusprechen.

Es gab bisher keine Hochspannungs-Trockenstromwandler, deren Primärwicklung eine so kleine Schlaufe bildete wie beim Kunstharzwandler. Die kleine Induktivität bewirkt eine grosse Sicherheit der gegenseitigen Windungsisolationen gegen Wanderwellenschädigungen. Dies um so mehr, als der Leiter in einen Werkstoff grosser elektrischer Festigkeit eingebettet ist, der weder durch Alterung noch durch Feuchtigkeit an Qualität einbüsst.

Durch die Art seines Werkstoffes ist der Kunstharzwandler sehr unempfindlich gegen Feuchtigkeit, kriechstromfest, ja sogar in einem gewissen Grade wetterfest. Ob die Wetterfestigkeit genügt, dass er — natürlich bei geeigneter Bauart in Bezug auf Beregnung — ohne keramischen Schutz dauernd im Freien verwendet werden kann, muss noch durch längere Erfahrung bestätigt werden.

Man kann nicht sagen, diese Wandler seien unbrennbar. Das verwendete Kunstharz ist brennbar,

aber nicht leicht entflammbar. In Klotzform — wie immer an Messwandlern — brennt es, an einer Stelle entzündet, nicht leicht weiter. Es schmilzt nicht, sondern verkohlt. Da also kein sich ausbreitender Brennstoff vorliegt wie bei Ölwandlern, besteht *nicht die Ausbreitungsgefahr* des Brandes. Auch ist die Brennstoffmenge verhältnismässig klein. Es sind übrigens zurzeit Studien im Gange, die bereits erweisen, dass Brennbarkeit und Entflammbarkeit sich durch gewisse Zugaben fast vermeiden lassen.

Die Bilder dürften den Leser überzeugen, dass in die Architektur der Apparate ein neuer Zug gekommen ist, und zwar einfach durch blosser Zweckmässigkeitsüberlegungen ohne weitere Rücksicht auf überlieferte Formgebung.

Was die Preise der Kunstharzwandler betrifft, lässt sich noch nicht ein abschliessendes Urteil bilden. Jede neue Entwicklung kostet zunächst Geld; dies betrifft hier sowohl den Baustoff, als auch den Apparat an sich. Trotzdem ist die Preislage dieser Stromwandler heute im allgemeinen bereits günstig.

Wir haben hier nur von Fortschritten, wie sie durch die Brille des Anlagenerstellers gesehen werden, gesprochen. Die neuen Wandler bieten aber auch ihrem Erbauer Vorteile: Er findet die Möglichkeit, in der Gestaltung mannigfache Rücksichten walten zu lassen, nicht sonderlich beschränkt durch Schwierigkeiten der Lagerhaltung von Bestandteilen und durch teure Presswerkzeuge.

Als Nachteil kann es sich auswirken, dass niemals eine Umwicklung der primären Wicklung möglich ist, da sie völlig in den Kunstharzklotz eingebettet ist. Es muss also der Klotz selbst auch ersetzt werden. Indes kommt dieser Fall sehr selten vor.

Diese Kunstharz-Stromwandler sind vorläufig durchentwickelt für alle Nennspannungen bis 60 kV. Eine Grenze wurde hier aus zwei Gründen gezogen: Bei dieser Spannung findet im allgemeinen der Übergang vom Innenraum- zum Freiluftmaterial statt; hier ist auch etwa die Grenze, wo konstruktiv und fabrikationstechnisch Unstetigkeiten bestehen. Bereits wurden jedoch Verfahren entwickelt — sie bedürfen noch der Ergänzung — auf wesentlich höhere Spannungen überzugehen; fast dürfen wir die Voraussage wagen, dass es in absehbarer Zeit gelingen werde, 150-kV-Stromwandler trocken zu bauen.

## B. Spannungswandler

Zwei in Bezug auf Bauart, Werkstoffe und Fabrikationsverfahren ganz grundsätzlich verschiedene Wandlerarten haben sich eingeführt:

1. Der in Kunstharz eingegossene Wandler, wie er in Fig. 7 und 8 dargestellt ist. In der Schnittskizze Fig. 7 bedeuten: 1 die primäre Wicklung,

2 die sekundäre Wicklung, 3 den Eisenkern, 4 den Kunstharz-Giesskörper, 5 die Durchführungen, 6 die Anschlussbolzen, 7 die leitende Hülle des Harzkörpers. Eine andere Ausführung verwendet eine Wick-

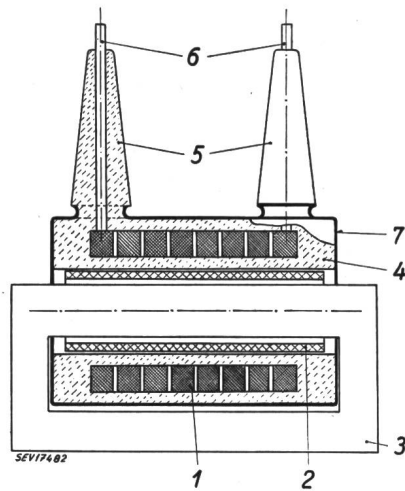


Fig. 7

Prinzipskizze eines gegossenen Kunstharz-Spannungswandlers  
 1 Primäre Wicklung; 2 Sekundäre Wicklung; 3 Eisenkern; 4 Kunstharz-Giesskörper; 5 Durchführungen; 6 Anschlussbolzen; 7 Leitender Belag

lung aus nur zwei Spulen, wie sie in Fig. 9 dargestellt ist. Es befinden sich hier zwei lagengesteuerte Wicklungen in Serie. In Fig. 10 erkennt man an Stelle eigentlicher Durchführungen eine für beide Zuleitungen gemeinsame Ausweitung des Harzkörpers, eine auf die Einfachheit der Giessform Rücksicht nehmende Massnahme. Bei höheren Spannungen sind indes eigentliche Durchführungen vorhanden.

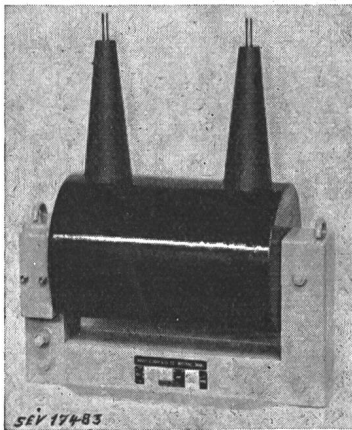


Fig. 8

Gegossener Kunstharz-Spannungswandler 20 kV nach Fig. 7

Zum Aufbau auf Schaltapparate und für andere Einbauforderungen, die eine hohe, schmale Bauweise vorziehen lassen, wurde ein Wandler nach Fig. 11 entwickelt. Dieser einpolig geerdete Wandler ist so bemessen, dass er in Bezug auf Stossbean-

spruchung nach den Koordinationsregeln des SEV<sup>4)</sup> die an Schaltapparate gestellten Forderungen erfüllt, die strenger sind als die Forderungen an Spannungswandler.

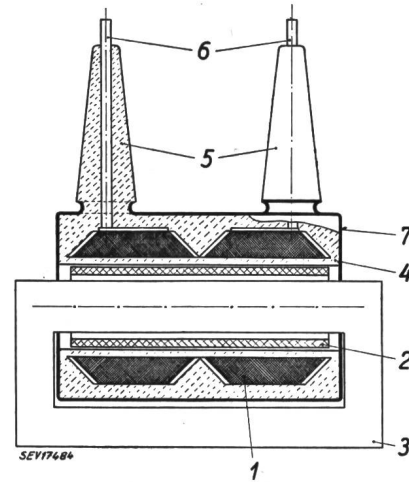


Fig. 9

Prinzipskizze eines Kunstharz-Spannungswandlers, zweipolig, mit zwei lagengesteuerten Spulen

1 Primäre Wicklung; 2 Sekundäre Wicklung; 3 Eisenkern; 4 Kunstharz-Isolierkörper; 5 Durchführungen; 6 Anschlussbolzen; 7 Leitender Belag

Die Kunstharz-Spannungswandler verdienen erstmals im vollsten Sinne des Wortes die Bezeichnung «Trockenspannungswandler», denn sie verwenden im Gegensatz zu allen bisherigen Trockenwandlern — auch den keramischen Spannungswandlern — weder Compounds noch andere leicht schmelzbare Ausfüllstoffe und bedürfen keiner Gefässe für Druckgase, denn das isolierende Harz füllt alle kleinsten und grösseren Spulenzwischenräume und selbst die Porenräume der Spulen.

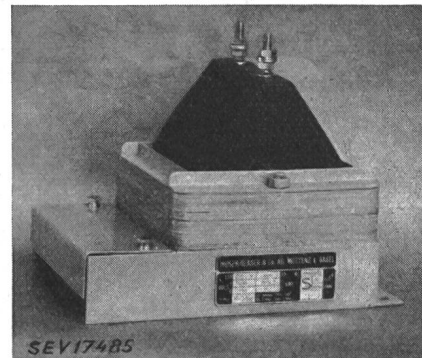


Fig. 10

Zweipolig isolierter Spannungswandler 3 kV

Da die isolierenden Wandungen hoher elektrischer Festigkeit die Wicklungen eng anschliessend

<sup>4)</sup> Regeln und Leitsätze für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen, Publ. Nr. 183 des SEV.

umhüllen, zeichnen sich diese Spannungswandler durch *ausserordentlich kleine Gesamtabmessungen* aus, die bisher nicht bekannt waren. Zum Vergleich

nungswandler für die gleichen technischen Daten, mit jedoch noch wesentlich erhöhter dielektrischer Festigkeit, beide Bauart Moser-Glaser.

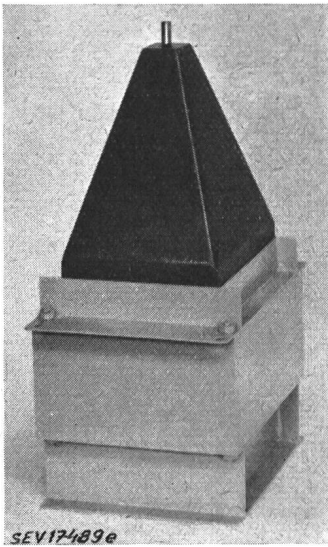


Fig. 11  
Einpolig geerdeter Kunstharz-Spannungswandler 20 kV mit kleiner Grundfläche

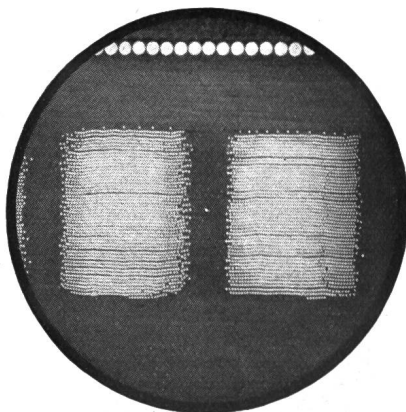


Fig. 12  
Photographischer Schnitt durch zwei Spulen eines Kunstharz-Spannungswandlers nach Fig. 7

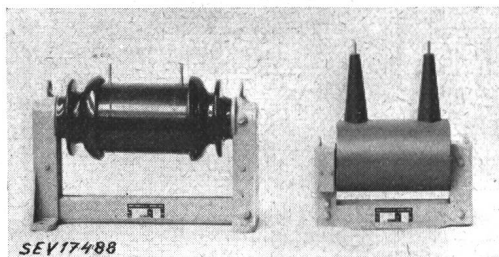


Fig. 13  
Links: Zweipolig isolierter Porzellan-Spannungswandler 20 kV  
Rechts: Kunstharz-Spannungswandler Reihe 20 kV (Grössenvergleich)

sind in Fig. 13 nebeneinander gestellt: *links* ein zweipolig isolierter Porzellan-Spannungswandler Reihe 20 kV, *rechts* ein Kunstharz-Trockenspan-

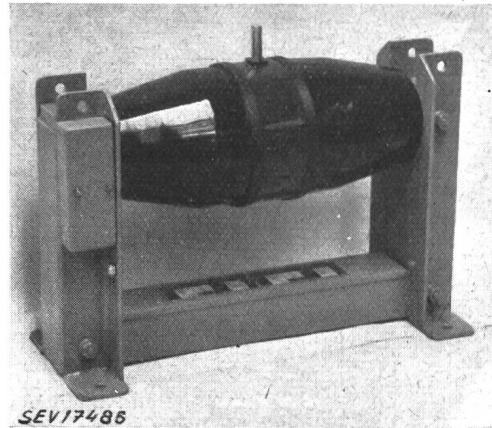


Fig. 14  
Lagengesteuerter Kunstharzwandler 20 kV, einpolig

2. Der lagengesteuerte Wandler mit geschichtetem Dielektrikum, der in den Fig. 14 und 15 wiedergegeben ist. In der Schnittdarstellung Fig. 16 bedeuten 1 die primäre lagengesteuerte Wicklung, 2 die sekundäre Wicklung, 3 den Eisenkern, 4 den Anschlussbolzen.

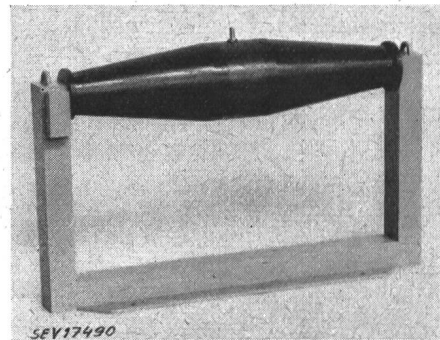


Fig. 15  
Lagengesteuerter Kunstharzwandler 60 kV

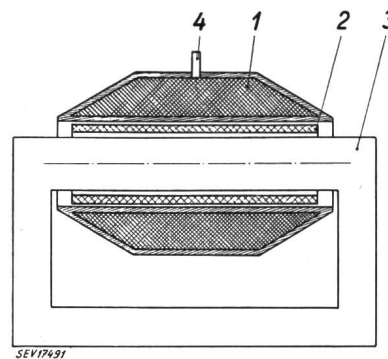


Fig. 16  
Prinzipskizze eines lagengesteuerten Kunstharzwandlers (Erklärung im Text)

Die Wicklung ist eingebettet in den geschichteten Isolierstoff analog wie die Kondensatorbeläge in den Hartpapierdurchführungen. Sie steuern das

Feld radial und axial. Wie erwähnt, wurde diese Bauart schon 1931<sup>5)</sup> <sup>6)</sup> vorgeschlagen, konnte aber erst verwirklicht werden durch die seitherigen Forschungsarbeiten der Kunststoffchemie und eine sorgfältige Applikationsforschung auf dem speziellen Gebiet der Messwandler.

Da die Lagenkapazität verhältnismässig gross ist, ergibt sich eine vorzügliche *Stoßspannungsfestigkeit* dieser Wandler. Die grosse Einfachheit des Aufbaues, der Wegfall jeglichen Gehäuses und der Durchführungen erlaubt, solche Spannungswandler einstufig — d. h. ohne Kaskadenschaltung — bis zu Nennspannungen von etwa 60 kV zu bauen, vielleicht bis 80 kV. Die Grenze wird hier gelegt durch die Schwierigkeit der Wärmeableitung, keineswegs durch isolationstechnische Gründe.

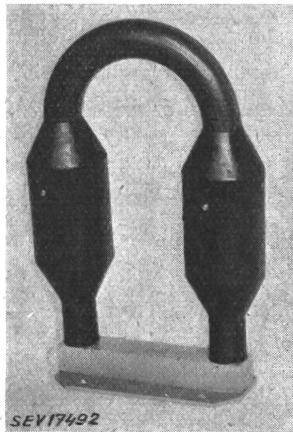


Fig. 17

Lagengesteuerter Kunstharzwandler 30 kV (2polig)

Wie Fig. 17 zeigt, können nach diesem Prinzip auch zweipolig isolierte Wandler gebaut werden. Da das Gesamtspannungsgefälle in zwei Teile zerlegt ist, liegt die obere Nennspannungsgrenze bei etwa 80 bis 100 kV. Die Isolierschicht zwischen Spulen und Eisenkern — dieser an Erde — umhüllt auch den Jochbogen. Sie ist über dem Jochbogen mit einem leitenden Aussenbelag versehen. Die Sekundärwicklungen befinden sich auf den geraden Schenkeln des Eisenkerns.

Eine Sonderbauart mit auf vollem Potential befindlichem Eisenkern ist in Fig. 18 dargestellt. Man könnte hier wohl am besten von einem Durchführungstyp sprechen, da sich dieser Wandler genau so wie ein Durchführungs- oder Schleifenstromwandler einbauen lässt: durch einen Boden, eine Wand oder auf Konsolen. Er bildet die Grundlage zu einem kombinierten Trockenwandler, wie er in

<sup>5)</sup> A. Imhof: Un nouveau transformateur de mesure. CIGRE 1931, Rapport Nr. 65.

<sup>6)</sup> Mitteilungen aus dem Arbeitsgebiete der Koch & Sterzel A.-G., Nr. T 18, Februar 1931, S. 6...12.

Fig. 19 dargestellt ist. Da der Eisenkern des Spannungswandlers unter dem vollen Potential des Messleiters liegt, kann dieser ganz oder teilweise entlang dem Kern geführt, oder aber mit diesem nur gekreuzt werden. Im zweiten Falle sind zur Bildung der Stromschleife ein oder zwei besondere Durchführungsisolatoren nötig. Dies wird in der Regel der richtigere Weg sein, da es im Interesse der Stromwandlerleistung und -genauigkeit vorteilhaft ist, seinen Kern mit kleinerem Durchmesser ausführen

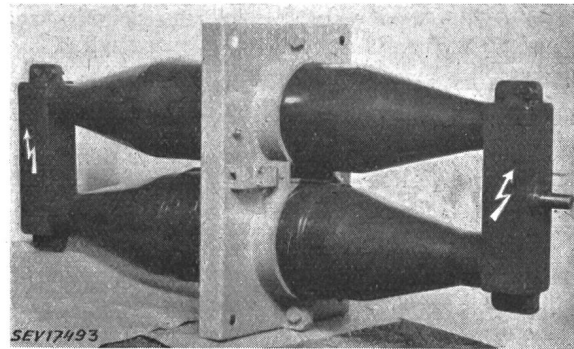


Fig. 18

Lagengesteuerter Durchführungs-Spannungswandler 60 kV

zu können, als dies bei dessen Umschlingung des Spannungswandlers möglich ist. Trotzdem also preislich eine solche Kombination keinen Vorteil bietet, rechtfertigt sie sich in manchen Fällen durch die Platzeinsparung: Der Strom-Spannungswandler benötigt kaum mehr Raum als ein Schleifenstromwandler.

Die *Giessharz-Spannungswandler* wurden zunächst für die Reihe 3, 10, 20 kV entwickelt. Die Beherr-

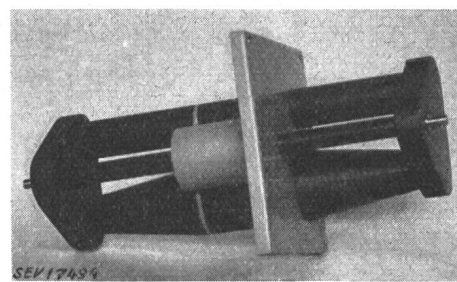


Fig. 19

Kombinierter Strom- und Spannungswandler 45 kV

schung höherer Spannungen bietet neue Probleme, namentlich in Bezug auf die Gestaltung der Durchführungen.

Die *lagengesteuerten Spannungswandler* mit einpolig geerdetem Pol wurden bereits bis 60 kV entwickelt und stehen bis zu dieser Spannung im Werkbetrieb.

Als *Kaskadenwandler* ausgebildet, eignet sich die Kunstharzbauweise für alle vorkommenden Spannungen.

### Einbau-Möglichkeiten

Alle beschriebenen Trockenwandler lassen sich in jeder beliebigen Lage einbauen: auf Gestellen, auf Böden, an Wänden oder Decken. Dies erleichtert die Anlage-Projektierung in manchen Fällen. Der Verfasser erlaubte sich, im Sinne von Anregungen u. a. einige Bauarten darzustellen, die sehr ungewohnt sind. Während bei Stromwandlern schon bisher neben Stützertypen auch der Durchführungstyp — als Stabwandler und als Schleifenwandler, bei Querloch-Porzellanwandlern auch als Durchführungswandler — sehr üblich war, ist diese Möglichkeit beim Spannungswandler nach Fig. 18 neu. Sie ist nicht so wichtig im Zusammenhang mit der Leitungsführung, kann aber doch in manchen Fällen eine vorteilhafte Raumausnutzung ergeben. Beim Stromwandler ist der Hängertyp ungewohnt; er dürfte in erster Linie im Freien interessant sein.

Wie an anderer Stelle gesagt, besteht zurzeit noch nicht völlige Gewissheit über die Freiluft-Wetterbeständigkeit. Die freie Sonnenbestrahlung, wechselnd mit Beregnung und Schneefall, bilden auf die Dauer sehr hohe Anforderungen. Die Beregnung erfordert ja auch eine besondere Oberflächengestaltung (Schirme). Indes ist der Einbau der Innenraumtypen auch da zulässig, wo direkte Bestrahlung und Beregnung vermieden, im übrigen die Apparate aber der Witterung — Nebel, Wind, feuchte Atmosphäre, Benetzung durch Kondensation — ausgesetzt sind.

### Das Kunstharz

Die Elektrotechnik verfügt schon seit rund 30 Jahren über giessbare Kunstharze<sup>7)</sup> und bemühte sich da und dort, diese im Apparatebau anzuwenden. Bekannt waren einige giessbare Phenolharze, woraus z. B. nicht ohne Erfolg Stützisolatoren gegossen wurden (Emil Haefely & Cie. A.-G., Basel). Diese letztgenannte Anwendung verlangt keine hohe Durchschlagfestigkeit und auch nicht absolute Porenfreiheit, da die elektrische Beanspruchung im wesentlichen parallel zur angrenzenden Luft erfolgt und also nicht hoch ist. Für kompliziertere Gebilde und besonders für die Messwandlerfabrikation eigneten sich die Phenolharze nicht; sie sind für hochbeanspruchte Teile von dielektrisch kaum genügender Zuverlässigkeit, bieten grosse Schwierigkeiten in der Leitung des Kondensations-Härtungsvorganges, und da sie eben durch Kondensation härten, wobei flüchtige Bestandteile entstehen (Wasser), ist es meist nicht möglich, blasenfreies Material herzustellen. Auch ist es im allgemeinen schwierig,

<sup>7)</sup> siehe *A. Imhof*: Elektrische Isolierstoffe, 2. Aufl., S. 109.

die Kondensation so weit zu treiben, dass der Giesskörper «tot» ist, d. h. dass er nicht nachträglich noch durch weitere Aushärtung Deformationen und innere mechanische Spannungen erleidet.

In den letzten Jahren schenkte uns die chemische Technik die sogenannten «Contact resins» oder «Low pressure resins»<sup>8)</sup>. Solche wurden sowohl in Amerika, als auch in Europa entwickelt. Sie fanden ihre Anwendung vorerst auf ganz anderen, nicht elektrotechnischen Gebieten. Hieher gehören namentlich die sogenannten Polyester-Harze und die «Araldit»-Harze der CIBA. Ihr in Bezug auf die hier in Rede stehenden Anwendungen wichtigstes Merkmal ist der Übergang vom monomeren in den polymeren Zustand ohne Entwicklung flüchtiger Bestandteile. Dies ermöglicht die Herstellung dickwandiger blasenfreier Gießstücke. Gegossen wird nicht das Harz, sondern der monomere Ausgangsstoff, der entweder eine honigartige Flüssigkeit oder ein geschmolzenes Pulver ist, wobei verschiedene Beimengungen die hier nötigen Eigenschaften ergeben. Eine jahrelange unverdriessliche Versuchstätigkeit überwand die zahlreichen sich stellenden Einzelprobleme: Rationeller Formenbau, Verhinderung des Klebens an den Formen, Vermeidung hineingerissener und eingeschlossener Luft, Vermeiden innerer mechanischer Spannungen, von Schwundrissen und Wärmedehnungsrisen usw., Vermeiden grosser Abfälle, Behebung der Lagerungsschwierigkeiten usw. Die geringe elastische Dehnung des harten Harzkörpers führte zunächst zum Bersten des Gießstückes bei starker Erwärmung der eingeschlossenen Metallteile, also besonders der Kupferschienen; aber auch durch diese Hindernisse wurden Wege gefunden. In Bezug darauf ist wissenschaftlich wertvoll, dass die Giessharz-Stromwandler schliesslich einer Dauerstromstärke von 150% unterworfen wurden, ohne dass sie geringsten Schaden erlitten. Dies gilt sowohl für die kleinsten, als auch für die grössten Typen.

Es gelingt, Giessmischungen mit sehr kleinem thermischem Ausdehnungskoeffizienten des gehärteten Harzes herzustellen.

Die Dauertemperaturbeständigkeit der Harze beträgt etwa 120 °C in dem Sinne, als nach dauernder Anwendung dieser Temperatur keine Verdampfung von Weichmachern (solche sind vermieden) und damit kein Sprödwerden, keine Kontraktion, keine wesentliche Veränderung der physikalischen Eigenschaften, auch nicht nach langer Zeit, konstatierbar ist.

Die Durchschlagfestigkeit der verwendeten Harze ist bei Raumtemperatur, gemessen zwischen einge-

<sup>8)</sup> siehe *A. Imhof*: Elektrische Isolierstoffe, 2. Aufl., S. 110.

senkten Kugelelektroden in 3 mm Kugelabstand,  $> 250 \text{ kV/cm}$ .

Die Stoßspannungsfestigkeit der Dielektrika ist im allgemeinen hoch für sehr dichte Stoffe. Dies bestätigt sich auch hier.

Besonders wertvoll ist die *in allen Richtungen gleiche* elektrische Festigkeit gegossener Harzkörper. Sie gibt der konstruktiven Gestaltung Freiheiten, wie sie ähnlich am ehesten für keramische Stoffe bekannt sind.

$\epsilon$  liegt etwa bei 3,7...4,4,  $\text{tg } \delta$  bei 0,6 bis etwa 1,1 ‰, als Werte gemessen bei 20 °C und 50 Hz. Bemerkenswert ist ferner eine sehr hohe Kriechstromsicherheit im Vergleich zu den in der Starkstromtechnik längst verwendeten Phenol- und Kresolharzprodukten.

Die mechanischen Festigkeitswerte dieser Harze sind ähnlich wie diejenigen der allgemein bekannten Phenolharz-Presslinge (HPOP, APOP); in Bezug auf die Schlagarbeit sind sie sogar wesentlich

grösser. Im Vergleich zu Hochspannungsporzellan ist die Schlagarbeit etwa 7...15mal grösser.

Moser-Glaser beschränkte sich nicht auf einen Harztyp, sondern verwendet je nach Zweckmässigkeit den einen oder anderen Typ, jeder «an seinem Ort».

Ausführlichere Mitteilungen über Untersuchungen an den neuen Baustoffen sollen bei späterer Gelegenheit erfolgen.

Die hier angewandten Fabrikationsverfahren unterscheiden sich sehr wesentlich von den bisher in elektrotechnischen Konstruktionswerkstätten ausgeübten. Sie erfordern eine peinlich genaue Führung der einzelnen Prozesse. Die in einer früheren Darstellung getane Äusserung, dass sozusagen die Fabrikation des Werkstoffes am ihn tragenden Objekt selber zu erfolgen habe, ist technische Wirklichkeit geworden.

Adresse des Autors:

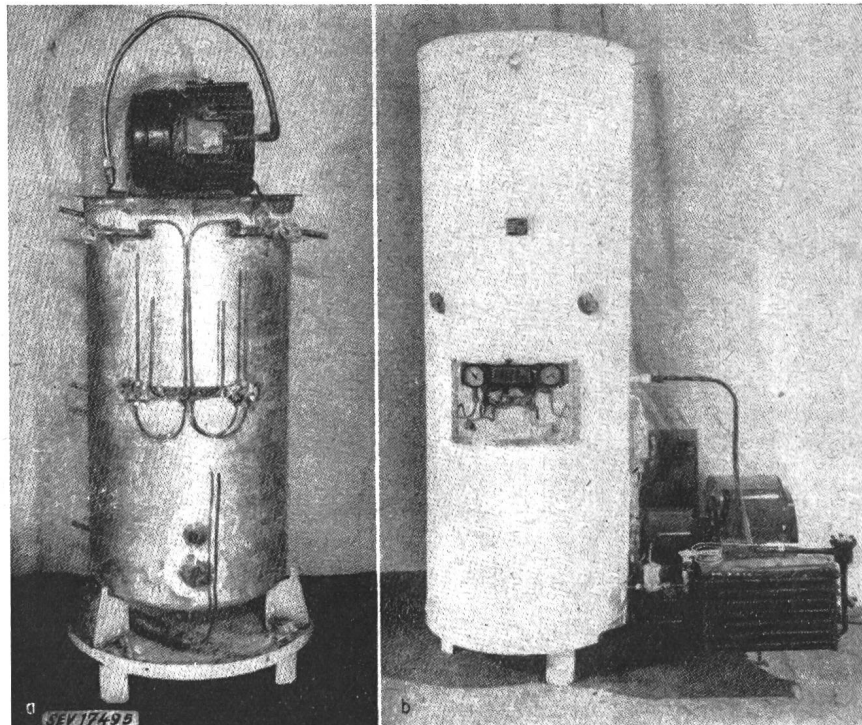
Prof. A. Imhof, Direktor der Moser-Glaser & Co. A.-G., Winzerstrasse 67, Zürich 49.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Warmwasserbereitung mittels Wärmepumpe

621.577

[Nach Philip Sporn und E. R. Ambrose: Heat-Pump Water-Heater promises Practicability. Electr. Wld. Bd. 131 (1949), Nr. 9, S. 66...69.]



Die American Gas & Electric Service Corp. in New York hat sich daher entschlossen, diese Frage an Hand einer Reihe systematischer Versuche abklären zu lassen. Die Kühlwirkung des Verdampfers kann gleichzeitig zur Raumkühlung herangezogen werden. Vielerorts dürfte sich ein Warmwassererzeuger mit einer Leistungsziffer von 3,5...4 gegenüber Apparaten, die mit Holz, Kohle, Öl oder Gas beheizt werden, in den Betriebskosten schon konkurrenzfähig erweisen.

Die Versuche wurden in 3 verschiedenen Anordnungen und Ausrüstungen durchgeführt:

Die erste Anordnung bestand aus einem offenen Kompressor, gebaut für 680 U./min und angetrieben durch einen Motor von 0,37 kW (0,5 PS), einem mittels Ventilator belüfteten Verdampfer, einem wassergekühlten Wärmeaustauscher (Kondensator) und einem Wasserspeicher von ca. 316 l Inhalt. Die einzelnen Teile dieser Ausrüstung waren separat aufgestellt.

Die zweite Anordnung enthielt dieselben Apparate wie die erste, mit dem Unterschied jedoch, dass

Fig. 1

Warmwasserspeicher mit eingebauter Wärmepumpe  
a) mit abgehobener Speicherhaube  
b) vollständig montiert.

Der Verwendung der Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung für Haushaltzwecke wurde bis jetzt wenig Aufmerksamkeit geschenkt. In den USA wurde bei verschiedenen Elektrizitätsgesellschaften die Auffassung vertreten, dass diese Art der Warmwassererzeugung Möglichkeiten in sich schliesse, die eine genauere Untersuchung durchaus rechtfertigen.

der Kondensator im Wasserspeicher selbst auf dem Boden angeordnet war.

Bei der dritten Versuchsanordnung wurde ein normaler, hermetisch verschlossener, mit einem 0,37-kW-(0,5-PS-)Motor ausgerüsteter Kompressor mit Freon-F12-Füllung verwendet. Dieser wurde in den Oberteil des Behälters eingebaut, wäh-