

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Messwandler vom Standpunkt der Messfelder aus betrachtet  
**Autor:** Imhof, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058090>

### **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:** 25.12.2024

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

## Messwandler vom Standpunkt der Messfelder aus betrachtet

Von A. Imhof, Zürich und Muttentz

621.314.22.08

*Kunstharzmesswandler erlauben eine vorzügliche Anpassung ihrer Bauform an die Erfordernisse der Messfelder. Der Autor zeigt mehrere Ausführungsbeispiele für die Spannungsreihen bis 60 kV, die erhebliche Raumeinsparungen in den elektrischen Hochspannungsanlagen ermöglichen und dem Anlagen-Konstrukteur grössere Freiheiten in seinen Dispositionen erlauben. Insbesondere werden Stromwandler, Spannungswandler und kombinierte Wandler als Stützer normaler Bauhöhe und als Linientyp mit Führung der Stromleiter in normaler Höhe durch den Wandler beschrieben. Ferner wird der Begriff von «Wandler-Batterien» definiert. Auf die zahlreichen Fortschritte in einbautechnischer und allgemeiner Art wird zusammenfassend hingewiesen.*

*Un des avantages des transformateurs de mesure en résine synthétique: leur forme se laisse adapter parfaitement aux exigences des installations de mesure. L'auteur de cet article présente divers modèles pour les tensions jusqu'à 60 kV. Grâce à la diversité de leur formes et la facilité d'adaptation de ces appareils, les constructeurs disposent dorénavant d'une plus grande liberté dans la réalisation de leurs idées. Sont décrits en particulier les transformateurs de courant, de tension, les groupes de mesure, aussi bien les types support de hauteur usuelle, que les types co-axiaux avec conducteur traversant l'appareil à la hauteur d'un type support normal. Ensuite l'idée des «batteries de transformateurs de mesure» est expliquée. La discussion des divers progrès réalisés dans ce domaine clôt l'article.*

### Einleitung

Die Messwandler boten seit jeher der Elektrotechnik ein weites und beliebtes Spielfeld für neue Ideen. Diese bezogen sich bisher auf Fragen der Präzision, der geschickten hochspannungstechnischen Behandlung konstruktiver Probleme, bei Stromwandlern auch auf die durch mechanische Kräfte und thermische Einwirkungen bedingten Aufgaben. Dazu traten die wichtigen Fragen werkstofflicher Natur. Der gewandte Konstrukteur suchte mit Erfolg die Baugrössen zu vermindern.

Bei allen diesen Entwicklungs- und erfinderischen Arbeiten gewahrt der vergleichende Beobachter indes, dass die Technik in einer Hinsicht konservativ blieb. Sie befasste sich, wenige Fälle ausgenommen, vorwiegend nur mit den Belangen des Wandlers selbst, nicht aber sonderlich mit denjenigen seiner Umgebung in der Anlage.

struiert. Eine Ausnahme waren die Trockenspannungswandler mit direktem Anschluss an den Enden der Wicklung. Andere Ideen wurden im Jahre 1929 bekannt<sup>1)</sup>, wurden aber damals nicht weiter verfolgt. Sie gaben indes u. a. Anlass zur Entwicklung weiterer sog. Linientypen.

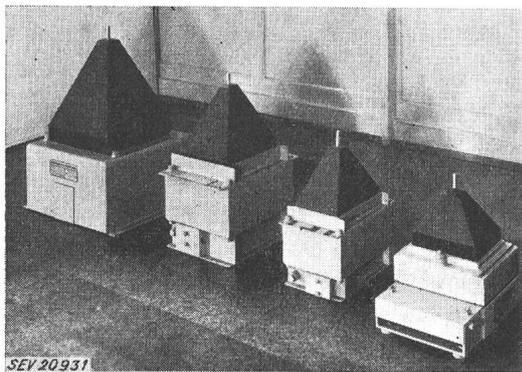


Fig. 1

Kunstharz-Trockenspannungswandler, Pol-Erde  
Reihe 6, 10, 20, 30 kV

Von der Epoche der Ölwannder her war es sozusagen Norm, dass die Wandler aus einem Kessel bestanden, der die nötige Zahl von Deckeldurchführungen aufwies; die Zuleitungen wurden von oben herangeführt. Eine Ausnahme machten die öllosen Stab- und Schleifenstromwandler, die meist als Wand- und Deckendurchführungen oder auch auf Eisengestellen in den Zug der Leitung eingebaut wurden. Wicklungsstromwandler wurden als Stützer und als Durchführungswandler gebaut. Die Spannungswandler wurden aber meist auch als Trockentypen den früheren Ölwandlern formähnlich kon-

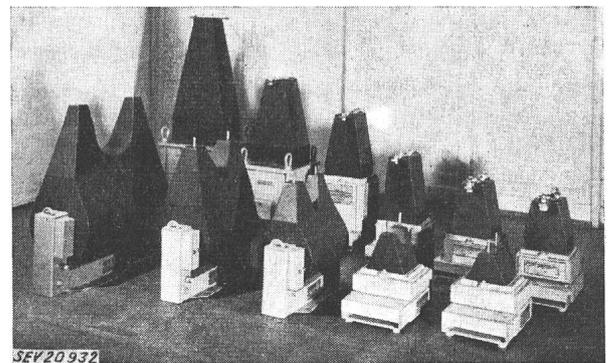


Fig. 2

Kunstharz-Trockenspannungswandler und Stützerstromwandler,  
Pol-Pol  
Reihe 3, 6, 10, 20, 30 kV bzw. 6..60 kV

Heute noch haben Wandler mit nach oben weisenden Durchführungen durchaus ihre Berechtigung. Die Anlagen lassen sich stets so disponieren, dass mit diesen Bauarten auszukommen ist. Neuzzeitliche Beispiele dieser Ausführung, die immerhin architektonisch vom Hergebrachten wesentlich abweichen, sind in den beiden Fig. 1 und 2 dargestellt. Die Wandler dieser Beispiele suchen den Wünschen des Anlagekonstruktors durch ihre gedrängte Gestalt und die Möglichkeit des Einbaues in jeglicher Lage — also auch an Wänden und hängend an Decken — zu entsprechen.

In der vorliegenden Arbeit sollen die Messwandler für die unteren Spannungsreihen, d. h. bis etwa 60 kV, nur von der *einbautechnischen Seite* beleuchtet und dabei ungewohnte, neue Bauarten vorgeschlagen werden. Für die höheren Spannungsreihen kommen fast ausnahmslos Freiluftapparate in Betracht; es gelten dann wieder andere Gesichtspunkte.

### Einbau der Messwandler

Die neue Forderung, die wir uns stellen, ist diejenige des «*Einbaus aller Messwandler im Zuge der*

<sup>1)</sup> Koch & Sterzel-Imhof; Mitteilung T 18 der Koch & Sterzel A.-G.

Leitungen». Es soll nicht allein durch klein bemessene Gestaltung an Raum gespart werden, sondern auch durch Verminderung der raumbeanspruchenden Wandlerzuleitungen. Eine zweite Forderung ist diejenige einer kleinen seitlichen Ausladung, um eine seitliche Auskröpfung der Zuleitungen zu vermeiden.

Diese Forderungen lassen sich auf zwei prinzipiell verschiedene Arten erfüllen:

a) indem die Messwandler — sowohl Strom- als auch Spannungswandler — systematisch als Stützer tunlichst normaler Bauhöhe ausgebildet werden und zwar, wenn auch die zweite Forderung erfüllt werden soll so, dass sie auch kein oder kein wesentliches seitliches Ausbiegen der Stromschienen nötig machen;

b) indem die Messwandler — wiederum sowohl Strom- als auch Spannungswandler — systematisch als Linientyp ausgebildet werden und wiederum tunlichst so, dass sie kein seitliches Ausbiegen der Stromschienen nötig machen.

Unter *Linientyp* sei eine Bauart verstanden, bei welcher die Messleitung durch das Innere des Wandlers geführt ist. Es kann dies auf zwei verschiedene Arten geschehen:

1. indem der Wandler mit einem Fuss zur Montage auf einem Boden, an einer Wand, einer Decke oder auf einem Gerüst versehen ist;

2. indem der Wandler mit einer quer zu seiner Achse liegenden Befestigungsplatte versehen ist, so dass er als Durchführung durch eine Wand oder eine Decke verwendet werden kann. Dies Prinzip war bisher nur üblich für Stromwandler, kann nun aber auch für Spannungswandler und kombinierte Wandler angewendet werden.

#### a) Messwandler als Stützer normaler Bauhöhe

Die Stützerbauweise war schon lange beliebt. Doch waren die Stützerwandler, wenigstens im oben genannten Spannungsbereich, wohl fast immer entweder höher als der Spannung entsprechende Stützisolatoren, oder sie waren zu breit. Man sucht selbstverständlich zunächst durch geschickte Werkstoffwahl, Berechnung und Konstruktion, durch geeignete Verteilung des Volumens auf Eisen

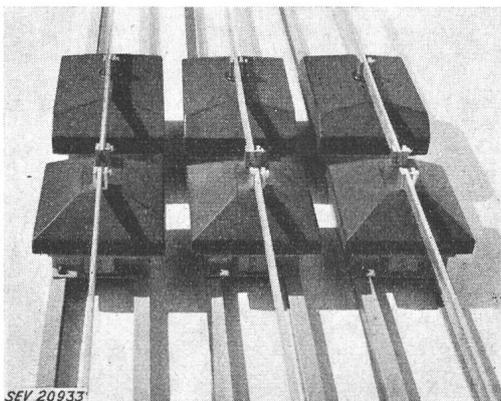


Fig. 3

Dreiphasen-Messgruppe in Stützerbauweise  
oben: Spannungswandler; unten: Stromwandler

und Kupfer, durch Vermeidung hoher Fusspartien der Problemlösung sich zu nähern. Doch hat es mit der Einsparung an Raum bald seine Grenzen. Um seitlich und in der Höhe an Raum zu gewinnen, wird das gegebene Wandlervolumen nach Richtung der Stromschiene hin entwickelt; Überschlagslän-

gen werden gewonnen durch Herunterziehen isolierender Schirme bis nahe an den Boden einerseits, in der baulich freien Sammelschienenrichtung andererseits. Solche Messwandler in einer Drehstromanlage eingebaut zeigt Fig. 3. Die Giessharztechnik erlaubt ferner ein völliges Eingiessen des gesamten aktiven Teils (samt Eisenkern) zu einem geschlossenen Klotz, aus dem nur die Anschlussklemmen herausragen.

In letzter Zeit sind in Deutschland auch Porzellanstromwandler der bekannten «Querloch»-Bauweise in ähnlichem Sinne entwickelt worden.

#### b) Messwandler als Liniendurchführungen

Bei dieser Bauweise führt der Stromleiter in möglichst normaler Höhe durch den Wandler. Diese Bauart überrascht bei Stromwandlern nicht, wohl aber bei Spannungswandlern. Dass sie eine sehr ansprechende Gestaltung erlaubt, geht aus Fig. 4 her-

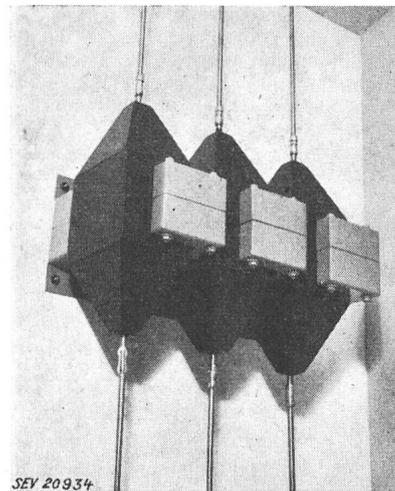


Fig. 4

Dreiphasen-Spannungswandlerbatterie, 20 kV

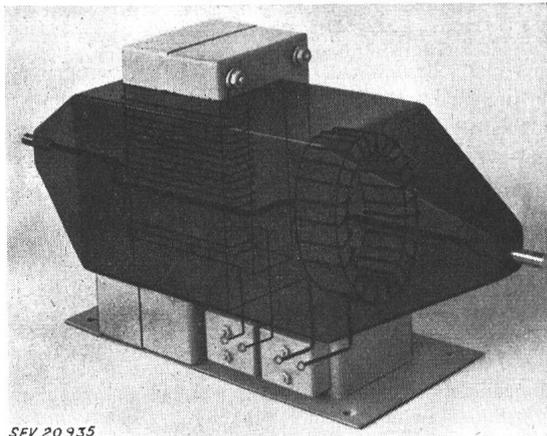
vor, die wieder eine Batterie von Spannungswandlern, Pol-Erde, darstellt. Wird ein geeigneter Flansch angebracht, so entsteht aus dem Linientyp ein Durchführungstyp.

Die gleiche Wandlerbatterie kann auch mit kombinierten Strom-Spannungswandlern gebaut werden, indem die Stromwandler als Ringwandler miteingegossen werden (Fig. 5). So ergibt sich eine überzeugend schöne raumsparende Wandlergruppe. Dieser Linienwandler kann mit einem geeigneten Flansch auch als Durchführungstyp gebaut werden. Wo Durchführungen ohnehin benötigt werden, ergeben derartige Wandler ohne Mehrraum vollständige Messfelder.

Kombinationen sind nicht überall beliebt, da sie u. U. die Reserve- und Lagerhaltung erschweren gegenüber der Verwendung getrennter Strom- und Spannungswandler. Vom Fabrikanten erfordern sie die Einzelfabrikation nach Bestelldaten des Stromwandlers. Sie ermöglichen auch nicht eine Sicherung des Spannungswandlers. Es sei indessen bemerkt, dass einpolig geerdete Spannungswandler auch keiner Sicherung bedürfen<sup>2)</sup>. Und doch zeigt die Er-

<sup>2)</sup> Reiche, W.: Spannungswandler in Drehstromnetzen. Elektrotechn. Z. Bd. 65(1944), Nr. 27/40, S. 291...294.

fahrung heute schon, dass überaus raumsparende und installationstechnisch einfache kombinierte Wandler eine grosse Anziehungskraft auf viele Käufer ausüben. Bedeutsam ist die Raumeinsparung namentlich bei der Verwendung in gekapselten Schaltanlagen. Man könnte in dieser Richtung, soweit es die Harzeinbettungstechnik betrifft, noch erheblich weitergehen und manche Dreiphasenmessgruppen zu einem Block gestalten. Von gewissen Sonderfällen abgesehen, dürfte dies aber ein unzweckmässiger Weg sein.

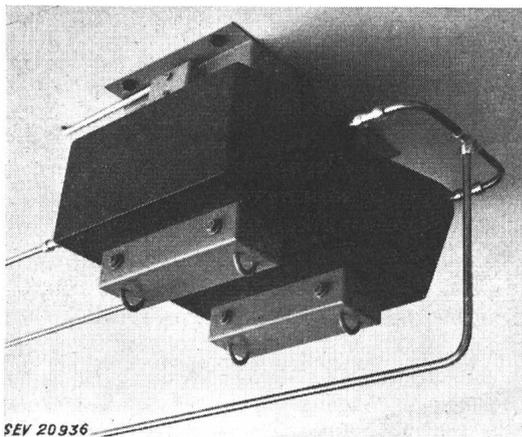


SEV 20935

Fig. 5

Schematischer Innenbau eines kombinierten Wandlers

Beim zweipoligen Spannungswandler ist es sinnlos, von Durchführungstypen zu reden. Doch kann er in Anlehnung an den einpoligen Linientyp analog gestaltet werden: die beiden Polzuleitungen werden in ein und derselben Linie angeordnet; die Bezeichnung «Linientyp» dürfte in diesem Sinne richtig sein.



SEV 20936

Fig. 6

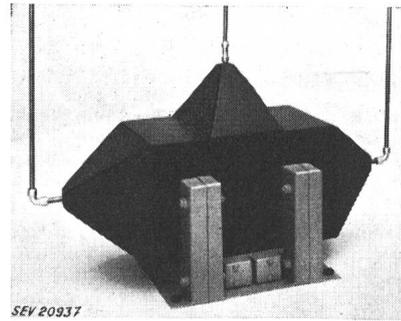
Zwei Linien-Spannungswandler

20 kV, Pol-Pol, in V-Schaltung an die Decke montiert

Die V-Schaltung mit solchen zweipoligen Spannungswandlern ist in Fig. 6 dargestellt. Im Bestreben, auch hier an Raum und Harz zu sparen, entstand der in Fig. 7 gezeigte Doppelspannungswandler. Denselben Wandler, jedoch als Linientyp gebaut, zeigt Fig. 8. Auch dieser Wandler könnte mit den drei Stromwandlern zu einer Gesamtmeßschal-

lung kombiniert werden; sie treibt u. E. aber, Sonderfälle ausgenommen, die Kombination zu weit.

Die Kunstharzeinbettung erlaubt einen konstruktiv schöneren, raumsparenden Ersatz der bisher üblichen Porzellan-Dreiphasenwandler mit Rück-

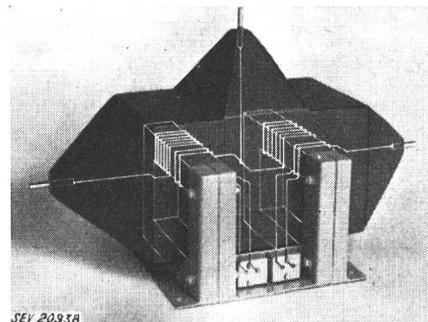


SEV 20937

Fig. 7

Doppel-Spannungswandler von 20 kV in V-Schaltung

schlusskern nach Fig. 10. Die Zuleitungen, welche früher in einer Ebene rechtwinklig zu den Spulenachsen erfolgten, verlaufen nun parallel zu den Spulenachsen. Werden die konischen Ableiterangüsse auf beiden Frontseiten angebracht, so können diese



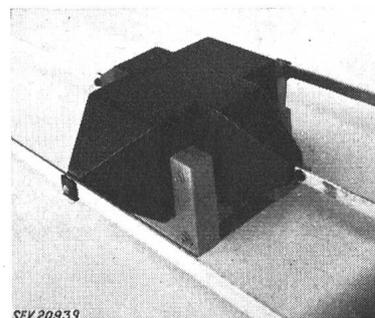
SEV 20938

Fig. 8

Schematischer Innenbau eines Wandlers nach Fig. 7

Wandler als Durchführungen montiert werden (Fig. 11). Es bedeutet bei dieser Bauart meist keinen Mehrbedarf an Raum, auch die Stromwandler miteinzubetten.

Dreiphasen-Spannungswandler mit Rückschluss werden verwendet, wenn das Netz keinen geerdeten



SEV 20939

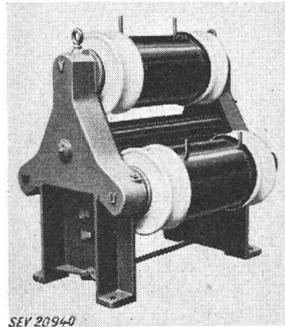
Fig. 9

Doppel-Spannungswandler von 20 kV in V-Schaltung

ausgeführt als Linientyp

Nullpunkt besitzt. Bekommt in diesem Falle eine Phase Erdschluss, so liegen die beiden anderen Phasen an verketteter Spannung; der Nullpunkt wird auf ein gewisses Potential gehoben, der im Maximum gleich der Phasenspannung ist, und der dadurch magnetisierte Rückschlusskern induziert die

Wicklung der Erdschlussanzeigevorrichtung. Die moderne Lösung verwendet aber in der Regel drei einpolig isolierte Einphasenspannungswandler in Sternschaltung (alleinige Bauart für Höchstspannungswandler).



Die bisher gemachten Betrachtungen gelten im Prinzip für alle Spannungen, praktisch aber nur für Spannungen von etwa 3 bis 30 kV, zum Teil vielleicht bis 60kV. Bei hohen Spannungen überwiegt

Fig. 10  
Dreiphasen-Porzellan-Spannungswandler von 20 kV, älterer Bauart

die Isolierlänge um die Zuleitungen so stark gegenüber der Höhe des aktiven Wandlerteiles, dass es in manchen Fällen keiner Sonderausführungen bedarf, Stützertypen von normaler Stützerhöhe zu schaffen.

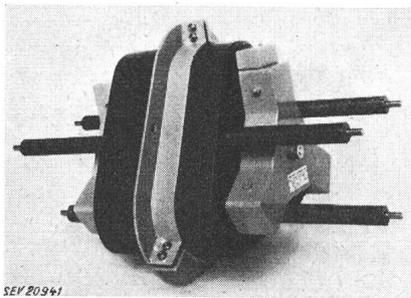


Fig. 11  
Dreiphasen-Spannungswandler als Durchführung und Linientyp gebaut

Man konnte denn auch seit langem Ölstromwandler als Stützer im Schalter- und Trennerbau. Der Begriff der Sammelschiene ist bei sehr hohen Spannungen insofern ein anderer, als es sich meist um

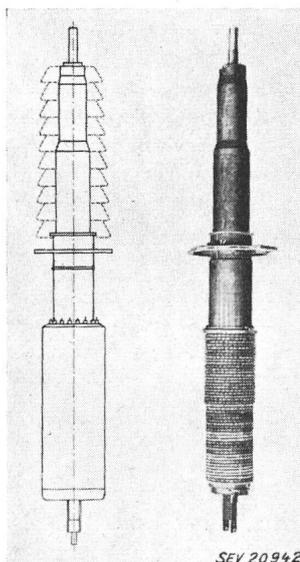


Fig. 12  
Versuchsausführung von Stabspannungswandlers von 150 kV mit offenem Eisenkern, gebaut als Durchführung  
Historisches Bild aus dem Jahre 1928  
Der Isolierkörper ist eine Kondensator-Durchführung (Konstruktion des Verfassers)

hängende und flexible Leitungen handelt, deren Höhe über Boden eine weniger grosse Rolle spielt. Immerhin gewinnt die Bauhöhe der Wandler auch

bei den hohen Spannungen an Bedeutung, seitdem da und dort Stollenanlagen gebaut werden. Dieses Problem sei jedoch hier nicht näher behandelt.

Der Durchführungstyp für Spannungswandler wurde im Prinzip durch den Verfasser im Jahre

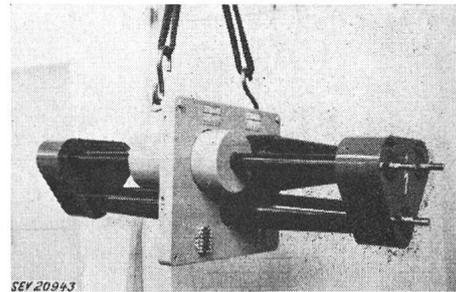


Fig. 13  
Kombiniertes Spannungs-Stromwandler von 60 kV  
Spannungswandler-Wicklung in Kunstharz eingebettet

1928 in Ausführungen für 45 bis 150 kV vorgeschlagen, damals aber nur für Versuchsausführungen realisiert, u. a. für eine Nennspannung von 150 kV (Fig. 12). Bereits sollten auch unter Verwendung von Phenolharz und lackiertem Papier Primärwicklungen als lagengesteuerte Wicklungen hergestellt werden. Im Jahre 1950 wurde die laufende Fabrikation verbesserter solcher Spannungswandler, na-

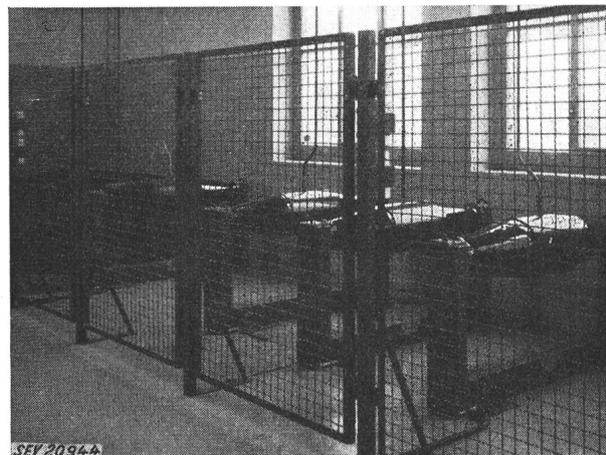
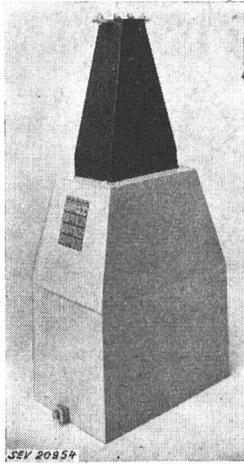


Fig. 14  
Sechs Spannungswandler, Pol-Erde, 60 kV

mentlich auch kombinierter Spannungs- und Stromwandler für 45 und 60 kV aufgenommen (Moser-Glaser & Co. A.-G.). Der kombinierte Wandler ist in Fig. 13 dargestellt. Er fand sehr guten Anklang infolge der damit erzielbaren Raumersparnis. Der Einbau kann nicht nur als Durchführung erfolgen — dies ist die natürlichste Einbauweise —, sondern auch auf Konsolen.

Während der Messpol bei den Durchführungsspannungswandlern in der Achse des tonnenförmigen Körpers, das erdseitige Ende der Wicklung und die Sekundärwicklung aussen liegen, werden analoge Spannungswandler auch mit aussenliegendem Messpol gebaut. Der reale Raumbedarf dieser Ausführung ist nicht so gross, wie es auf den ersten Blick scheinen möchte, da beide Enden des tonnen-

förmigen Körpers an Erde liegen, der Raum also recht gut ausgenützt werden kann. Fig. 14 zeigt sechs solche Wandler für 60 kV, eingebaut hinter Berührungsschutzgittern.



Eine noch neuere, ausserordentlich raumsparende Bauart eines kombinierten Strom- und Spannungswandlers 45 kV ist in Fig. 15 wiedergegeben. Solche Wandler werden bereits bis 60 kV gebaut. Der Spannungswandler, Pol-Erde, befindet sich direkt unter dem Stromwandler im selben Kunstharzblock.

Fig. 15  
Kombinierter Stützer-, Strom- und Spannungswandler, 45 kV Stützerbauart

Mit den dargestellten Messwandler-Bauarten wird, sowohl in architektonischer wie einbautechnischer Hinsicht, grossenteils Neuland beschritten. Der Begriff der «Wandler-Batterie» soll das dichte bausteinartige Nebeneinanderfügen und die Zusammengehörigkeit, z. B. bei Drehstrom zur dreiphasigen Einheit, umfassen. Der Begriff Durchführungswandler, der beim Stromwandler so leicht verständlich ist, soll beim Spannungswandler bedeuten, dass er im Zug der Sammelschiene liegt und als Durchführung verwendbar ist.

### Zusammenfassung

Durch unsere Darlegungen zieht sich, sozusagen als roter Faden, das Bestreben nach bester Raumausnützung. Dies wird durch die Lösung sieben verschiedener Teilaufgaben erreicht, die hier nochmals übersichtlich zusammengestellt seien:

1. Baugestaltung mit kleinen Abmessungen;
2. Abmessungen insbesondere in Querrichtung sind so auszuführen, dass Leitungsauskröpfungen vermeidbar sind;
3. Abmessungen insbesondere in der Höhe sind so auszuführen, dass Leitungsauskröpfungen vermeidbar sind (Stützer- und Linientyp);
4. Montagemöglichkeit als Wandlerbatterien baukastenartiger Anordnung;
5. Montagemöglichkeit in ganz beliebiger Lage, also stehend auf dem Boden, auf Konsolen, an Wänden, hängend an Decken;
6. Ausnützung von Mauer- und Deckendurchführungen zu Messwandlern sowohl als Stromwandler wie auch als Span-

nungswandler und schliesslich als kombinierte Strom- und Spannungswandler;

7. Fortschritte im Bau kombinierter Strom- und Spannungswandler;

8. Zusammenfassung mehrerer Einzelwandler zu Mehrfachwandlern, z. B. Einheiten für die V-Schaltung zweier zweipoliger Spannungswandler, von drei Einphasenwandlern zu einem Dreiphasenwandler mit oder ohne Rückschlusskern.

Die Entwicklung der Kunstharzwandler hat zur Lösung dieser sieben Aufgaben ganz wesentlich beigetragen. Sie löste aber ausser den räumlichen Aufgaben einige andere, die hier ebenfalls kurz zusammenfassend genannt seien:

1. Erhebliche Verminderung der Brand- und Explosionsgefahr infolge Wegfallens flüssiger Isolierstoffe;
2. Wegfall von Auffangvorrichtungen für Öle;
3. Einbezug höherer Spannungen in der Anwendung von Trockenwandlern;
4. Realisierung des weitgehend kurzschlussfesten Wicklungsstromwandlers;
5. Leichte Möglichkeit der Unterbringung von 2 Stromwandlerkernen (oder mehr) auch für hohe Leistung und Messgenauigkeit.
6. Völliger Abschluss gegen das Eindringen von Staub und Insekten.

Die ersten beiden dieser Aufgaben wurden bereits durch den Porzellan-Trockenwandler gelöst, die letzten drei aber nicht.

Die neuartige Architektur der dargestellten Abarten gab schon zu manchen Diskussionen Anlass. Die Ersten, welche sich dazu in sehr positiv anerkennender Weise äusserten, waren namhafte Architekten. Bei der Konstruktion all dieser Bauformen wurde das Ziel verfolgt, unbeeinflusst durch Gewohntes, die technischen Bedingungen einzuhalten. So gab die neue Werkstoff- und Herstellungstechnik folgerichtig auch eine neue Gestaltung. Es wäre immerhin durchaus möglich gewesen, sich mehr an zylindrische und konische Gebilde denn an kristallförmige zu halten. Unter Hinweis auf die Figuren sei indessen auf die gute Einfügung des Harzkörpers in den seiner Natur nach kubischen, ihn teilweise umfassenden Eisenkern hingewiesen. Wo die Fabrikationsprozesse zylindrische Gebilde erfordern, hat sich die Architektur auch hier daran gehalten, wie dies z. B. in Fig. 14 zum Ausdruck kommt. Da nicht zum Thema dieses Aufsatzes gehörend, genügen diese Andeutungen, wäre es doch eine Aufgabe für sich, die architektonischen Gesichtspunkte in ihrer Beziehung zu physikalischen und herstellungstechnischen Bedingungen mehr in die Tiefe gehend darzulegen.

Adresse des Autors:

A. Imhof, Direktor der Moser-Glaser & Co. A.-G., MuttENZ.