

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 52 (1961)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Isoliermaterial für Hochspannungs-Innenraumanlagen  
**Autor:** Haldimann, R. / Richon, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059037>

#### **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:** 16.01.2026

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

# Isoliermaterial für Hochspannungs-Innenraumanlagen

Von R. Haldimann und E. Richon, Basel

621.315.61 : 621.311.4-744 : 621.316.1

Moderne Ausführungen von Wanddurchführungen, Stützisolatoren und isolierten Sammelschienen für Innenraum-Anlagen werden beschrieben, welche die an Isoliermaterial gestellten Forderungen besser erfüllen.

Plusieurs réalisations récentes relatives aux traversées murales, aux isolateurs supports et aux barres isolées sont présentées, qui répondent mieux aux conditions posées aux isolants dans les postes haute tension d'intérieur.

## 1. Einleitung

Als Folge der stets fortschreitenden Elektrifizierung ist der Energielieferant gezwungen, die Hochspannungszuleitungen bis in die Nähe der Konsumentenzentren zu führen und die Transformator- und Verteilanlagen in bereits dichtbevölkerten Gebieten aufzustellen. Diese Forderung führt zu oberirdischen oder unterirdischen Stationen, bei denen vor allem auf die Verwendung raumsparender Anordnungen und Bauelemente Wert gelegt wird, um die Kosten für Boden und Erstellung günstig zu beeinflussen [1] <sup>1)</sup>.

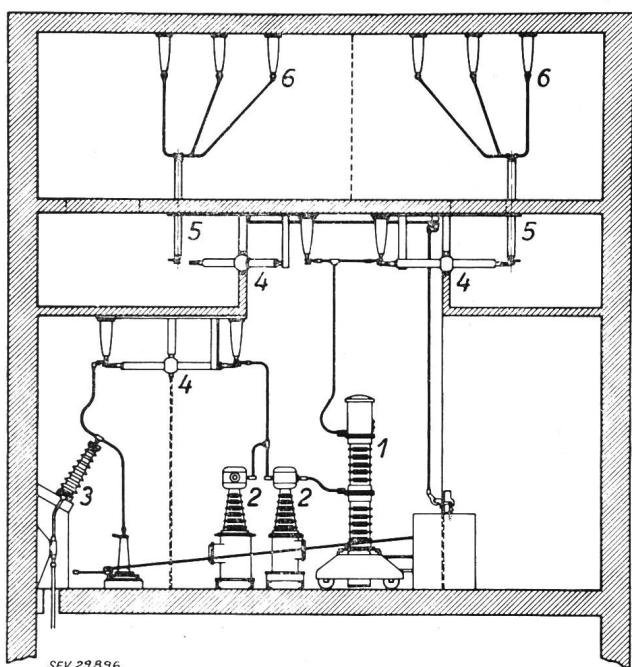


Fig. 1  
Anordnung der Hochspannungsapparate in einer  
60-kV-Innenraum-Verteilanlage

- 1 Leistungsschalter; 2 Strom- und Spannungswandler;  
3 Kabelendverschluss; 4 Drehtrenner; 5 Durchführungen;  
6 Sammelschiene

Im Prinzip sind es Innenraumverteilanlagen mit einer Reihe getrennter Zellen, die meistens keine wärmeerzeugenden Apparate enthalten, sondern nur eine Schalteinheit mit Strom- und Spannungswandler (Fig. 1). Wenn keine Klimaanlage vorgesehen ist oder der Raum nicht geheizt wird, so muss man mindestens zeitweise, mit einem hohen Feuchtigkeitsgehalt im Raum rechnen. Auch ist in gewissen Industriegebieten das Eindringen von feinem Staub zu erwarten. Bei Leistungsschaltern, Strom- und Spannungswandlern für die Spannungen von 72 kV und darüber werden die Abmessungen der Apparate kaum beeinflusst, ob Porzellan oder ein anderer Isolierstoff als Schutzmantel verwendet wird.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Zur Zeit stehen dafür meistens nur Freiluft-Konstruktionen zur Verfügung. Anders verhält es sich mit den Stützern, Wanddurchführungen, Trennern, Sammelschienen usw., die in grosser Anzahl in solchen Stationen auftreten können. Hier wird sich jede Ersparnis an Durchmesser, Abstände und Gewicht auf die Anlage auswirken.

Es ist der Zweck der vorliegenden Arbeit, einige Konstruktionen näher zu beschreiben und verschiedene neue Ergebnisse von Untersuchungen an Isolierstoffen und deren Anwendung im Anlagebau zu besprechen.

## 2. Wanddurchführungen

Für die Wanddurchführungen liegt es nahe, kapazitiv gesteuerte Rohre aus Hartpapier zu verwenden. Dieses Dielektrikum wurde im Laufe der Jahre sehr eingehend erforscht, und sein Verhalten gegenüber Temperatur, Feuchtigkeit und Alterung ist im allgemeinen bekannt [2]. Unter Berücksichtigung einiger Grundbedingungen bei der Herstellung und bei der Dimensionierung können Hartpapier-Kondensator-Durchführungen mit praktisch unbeschränkter Lebensdauer hergestellt werden. Die grundsätzliche Einführung der «Hissingprobe» zur Bestimmung der Ionisationseinsatzspannung im Dielektrikum hat vor 30 Jahren viel dazu beigetragen, die Qualität auf ein den Betriebsanforderungen entsprechendes Niveau zu bringen. (Diese einfache Horchmethode ist heute durch elektronische Messverfahren ersetzt [3].)

Bei der Verwendung der Kondensator-Durchführungen aus Hartpapier stellt sich immer wieder die Frage nach dem Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre und nach der Verschmutzung, denen die Durchführung im Betrieb ausgesetzt ist. Diese äussern Einflüsse bestimmen weitgehend die Lebensdauer und Betriebssicherheit einer Durchführung, da das Eindringen von Feuchtigkeit in den Hartpapierkörper zur Erhöhung der dielektrischen Verluste mit anschliessendem Wärmedurchschlag, die Verschmutzung der Oberfläche zum Absinken des Oberflächenwiderstandes mit Bildung von Kriechwegen und Überschlägen führen kann.

In trockenen Innenräumen, deren relative Luftfeuchtigkeit über längere Zeit 60 % nicht überschreitet, und in denen keine Gefahr der Verschmutzung besteht, kann man die Durchführung mit einem feuchtigkeitsbeständigen Isolierlack schützen. In allen übrigen Fällen wurden bisher Porzellanüberwürfe verwendet, mit einer dem Verschmutzungsgrad angepassten Kriechweglänge und mit einer zwischen dem Hartpapierwickel und Porzellankörper eingefüllten Isoliermasse, welche die Aufgabe hatte, den Zutritt der Feuchtigkeit zu verhindern. Porzellanüberwürfe sind dank ihrer Wetterfestigkeit und ihrer Temperaturwechselbe-

ständigkeit zum Aufstellen im Freien vorzüglich geeignet. Dagegen ist ihre Verwendung in feuchten Innenräumen ungünstig und unwirtschaftlich, vor allem wenn die Durchführungen auch mechanisch beansprucht werden, wie dies z. B. bei Dreh trennern der Fall ist.

Mit der Entwicklung neuartiger Kunststoffe versuchte man, durch geeignete Konstruktion die Hartpapier-Kondensator-Durchführungen weiter zu verbessern.

### 2.1 Feuchtigkeitsschutz durch Bandagen aus glasverstärktem Epoxyharz

Der Schutzbelag aus glasfaserverstärktem Epoxyharz wird im Nasswickelverfahren auf den Hartpapierwickel angebracht. In diesem Falle bleibt der aus Normalpapier hergestellte Hartpapierkörper zwar feuchtigkeitsempfindlich, er wird jedoch durch die satt anliegende, feuchtigkeitsunempfindliche Umhüllung wirksam geschützt. Diese zeichnet sich gegenüber Porzellan auch durch hohe Schlag- und Biegefestigkeit aus. Die mechanischen Eigen schaften des Belages hängen dabei weitgehend vom Glasgehalt der Bandage ab, während für den Feuchtigkeitsschutz der Finish des Gewebes massgebend ist. Zur Prüfung der Wirksamkeit des Feuchtigkeitsschutzes wurden Durchführungen in einen Klimaraum mit konstanter Luftfeuchtigkeit gebracht, dann die dielektrischen Verluste in gewissen Zeitabständen bei Nennspannung gemessen und mit den Anfangswerten verglichen.

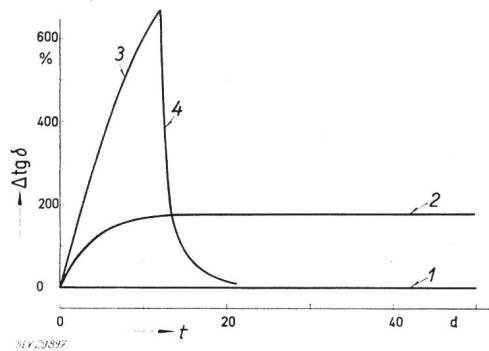


Fig. 2

Prozentuale Änderung der dielektrischen Verluste  $\Delta \text{tg} \delta$  in feuchter Luft für verschiedene geschützte Durchführungen

- 1 Belag A bei 95 % rel. Luftfeuchtigkeit
- 2 Belag B bei 80 % rel. Luftfeuchtigkeit
- 3 Belag B bei 95 % rel. Luftfeuchtigkeit
- 4 wie 3, aber nach Einschaltung der Spannung  $t$  Zeit

In Fig. 2 ist das Verhalten verschiedener geschützter Durchführungen dargestellt. Während der Schutzbelag B noch etwas Feuchtigkeit in sein Ge füge aufnimmt infolge dessen die dielektrischen Verluste stark ansteigen, wird die Feuchtigkeit, nach Einschaltung der Spannung wieder rasch abge geben, wodurch die Verluste entsprechend fallen. Bei dem Belag A ergibt sich, selbst nach mehrmonatiger Lagerung bei 95 % relativer Luftfeuchtigkeit kein Anstieg der dielektrischen Verluste. Auch die übrigen Charakteristiken wie Temperatur- und Spannungsverlauf der dielektrischen Verluste und Ionisationseinsatz werden nicht beeinflusst.

In den letzten 5 Jahren wurden zahlreiche Innenraum-Stationen mit solchen Durchführungen

ausgerüstet. Es handelt sich meistens um ungeheizte Anlagen in Meeresnähe, u. a. in Holland und Dänemark, bei welchen die Temperatur zeitweise unter 0 °C fällt und die relative Luftfeuchtigkeit bis zu 100 % beträgt (Fig. 3). Die bisher gemachten Erfahrungen sind gut, und das beschriebene Schutzverfahren kann als zuverlässige und wirtschaftliche Lösung betrachtet werden.

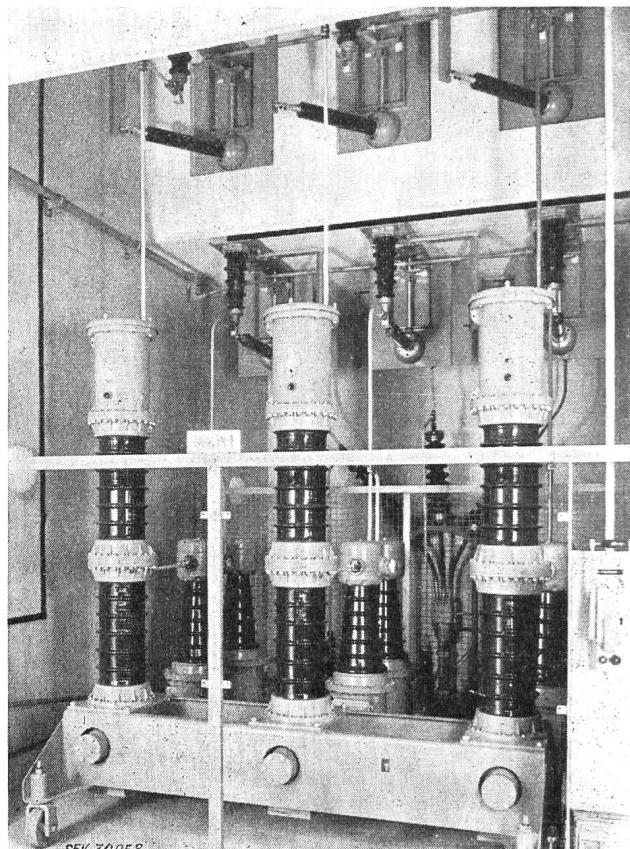


Fig. 3  
Schalterzelle 60 kV gemäß Fig. 1  
Sichtbar sind die geschützten Wand- und Dreh trenner-Durchführungen

### 2.2 Feuchtigkeitsschutz durch Mantel aus Epoxy-Gießharz

Es ist auch möglich, die Hartpapier-Durchführungen mit einer Harzschiicht zu umgüssen, um sie gegen Feuchtigkeit zu schützen. Dazu verwendet man am besten ein mit speziellen Füllmitteln ge mischtes Epoxyharz, das besonders lichtbogenfest ist und das selbst in sehr feuchten Innenräumen eingesetzt werden kann. Tabelle I gibt Aufschluss über die besondern Eigenschaften dieses Materials im Vergleich mit Hartpapier, Porzellan oder glasverstärktem Epoxyharz.

Vergleich von Eigenschaften verschiedener Isoliermaterialien  
Tabelle I

	Hartpapier	Porzellan	Glasverstärktes Epoxyharz	Epoxygiessharz mit Spezialfüllung
Lichtbogenfestigkeit DIN 53484, Klasse . . .	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>
Glutfestigkeit VDE 0302/III.43, Klasse . . . . .	2	5	3	4
Schlagbiegefestoigkeit cmkg/cm <sup>2</sup> . . . . .	25	2,2	45	10

Durch eine Reihe von Temperatursturzproben von 80 °C auf 0 °C und eine darauffolgende Lagerung in relativer Luftfeuchtigkeit von 93 % wurde die Haftung und die Rissfreiheit des Epoxy-Giessharzüberzuges nachgewiesen. Fig. 4 zeigt das Aussehen einer umgossenen Durchführung und eines Porzellanisolators nach 5facher Lichtbogenprüfung im Regen, wobei vor jeder Zündung die Oberflächen mit einer feuchten Steinkohlenrusschicht von 0,5 mm überzogen wurden. Die Zerstörung der Glasur auf

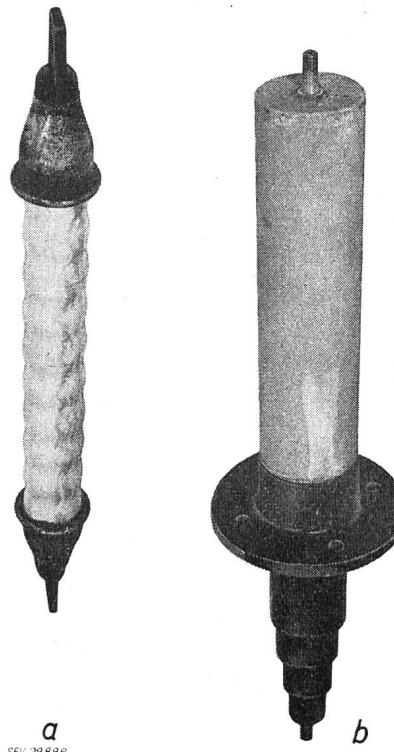


Fig. 4  
Porzellan-Isolator (a) und mit Epoxy-Giessharz geschützte Durchführung (b) nach der Lichtbogenprüfung

dem Porzellanisolator zeugt für die Strenge dieser Prüfung. Daraus ist ersichtlich, dass der Mantel aus Giessharz auch in feuchter, verschmutzter Atmosphäre einen guten Schutz für die Durchführung darstellt.

Wegen der erforderlichen relativ kostspieligen Giessformen eignet sich dieses Verfahren besonders für Apparate-Durchführungen, die in grossen Serien hergestellt werden.

### 2.3 Hartpapierwickel aus acetyliertem Papier

Bei den beschriebenen Verfahren schützt man den an sich hygroskopischen Hartpapierwickel durch einen undurchlässigen Überzug. Es liegt nahe, den Kondensatorwickel selbst aus einem Isolierstoff herzustellen, dessen elektrische Eigenschaften bei dauernder Einwirkung hoher Luftfeuchtigkeit keine Einbusse erleiden. Gute Ergebnisse wurden mit dem acetylierten Isolierpapier [4] erzielt, das sich unter Verwendung der gleichen Harze und des gleichen Herstellungsverfahrens wie für die normalen Durchführungen zu einem kompakten Isoliermaterial verarbeiten lässt. Der fertige Wickel wird nur mit einem Isolierlack überzogen und ist so selbst in sehr feuchten Räumen ohne Porzellanschutz verwendbar. Besonders im Verlaufe der

dielektrischen Verluste in Abhängigkeit der Lagerungszeit in feuchter Luft offenbart sich die Überlegenheit des acetylierten Papiers gegenüber dem normalen Papier (Fig. 5). Nennenswert ist ebenfalls der geringe dielektrische Verlustfaktor bei höherer Temperatur von 90...95 °C, bei welcher  $\operatorname{tg} \delta$  noch unter 1 % liegt.

Da das Kresolharz unter den gleichen Bedingungen in beiden Fällen verwendet wird, dürfen die übrigen Eigenschaften und Erkenntnisse der normalen Hartpapier-Durchführungen, u. a. bezüglich der Alterung, übertragen werden. Des wesentlich höhern Preises wegen bleibt jedoch die Verwendung dieses Dielektrikums auf kleine Durchführungen mit geringem Materialanteil beschränkt. Außerdem gestattet die zur Zeit erhältliche Papierbreite die einfache Herstellung von Kondensator-Wickeln nur bis zu einer Nennspannung von 110 kV.

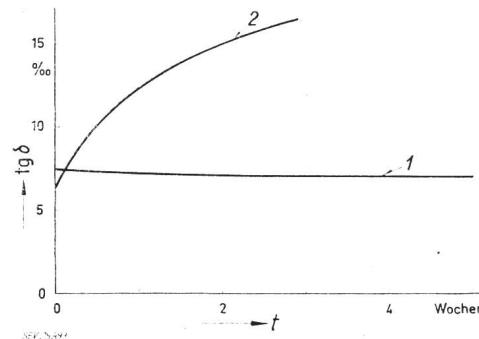


Fig. 5  
Dielektrischer Verlustfaktor  $\operatorname{tg} \delta$  von ungeschützten Kondensator-Durchführungen in Funktion der Lagerungszeit t bei 93 % relativer Luftfeuchtigkeit  
1 acetyliertes Papier; 2 gewöhnliches Papier

Die Anwendung der einen oder anderen feuchtigkeitsunempfindlichen Ausführung ist meistens durch ihre Kosten bestimmt. Die Darstellung eines Preisvergleiches für 60-kV- und 110-kV-Wanddurchführungen in Tabelle II soll nur als Orientierung für

### Prozentualer Preisvergleich von 60- und 110-kV-Wanddurchführungen

Tabelle II

Nennspannung kV	60	110
<i>Hartpapier-Durchführungen</i>		
normaler Innenraumtyp (Basispreis) . . . . .	100 %	100 %
mit Porzellanüberwurf . .	≈ 190 %	≈ 180 %
mit Bandage aus glasverstärktem Epoxyharz . . .	≈ 125 %	≈ 135 %
mit Verguss aus Epoxyharz . . . .	≈ 115 %	≈ 115 %
<i>Kondensator-Durchführungen</i>		
mit acetyliertem Papier . .	≈ 160 %	≈ 210 %
mit Epoxyharz-Papier . .	≈ 175 %	≈ 220 %
aus Giessharz . . . . .	≈ 175 %	≈ 220 %

die heutigen Verhältnisse bewertet werden. In der Tabelle sind dabei auch die Kosten der Epoxyharz-papier- und der Epoxygiessharz-Kondensator-Durchführungen aufgeführt, obwohl in dieser Arbeit auf die Eigenschaften dieser Typen nicht näher eingetreten wurde. Wie der Vergleich zeigt, sind sie heute noch preislich ungünstig und diesem Umstand ist zuzuschreiben, dass Betriebserfahrungen mit Durchführungen der höheren Spannungsreihen noch spärlich vorliegen. Dagegen haben sich Wanddurch-

führungen aus Giessharz mit festem Leiterbolzen oder mit durchgehenden Profilschienen für Innenraumanlagen bis 30 kV mit Erfolg eingeführt. Ihr dielektrisches Verhalten gegenüber der Feuchtigkeit und ihre mechanischen Eigenschaften sind günstig und ermöglichen die Verwendung bei höheren Spannungen (Fig. 6).

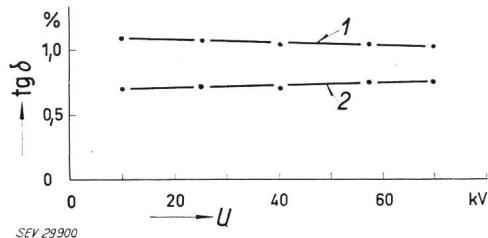


Fig. 6

Spannungsabhängigkeit der dielektrischen Verluste  $\text{tg } \delta$  einer gesteuerten Giessharz durchführung von  $U = 60 \text{ kV}$   
1 nach einer Lagerung von 7 Tagen in relativer Luftfeuchtigkeit von 93 %; 2 trocken

### 3. Stützisolatoren

Die Epoxygiessharze können mit grossem Vorteil im Bau von Innenraumstützern eingesetzt werden. Auch in feuchten Anlagen haben sich neben den Porzellanstützisolatoren solche aus Epoxygiessharz mit Quarzfüllung durchgesetzt, da sie bei gleichen Abmessungen geringeres Gewicht und eine höhere Umbruchkraft aufweisen. Ausserdem ist ihr Verhalten im Lichtbogen gegenüber Porzellan besser, da infolge der höheren Wärmeleitfähigkeit keine Rissgefahr besteht. Gelegentlich wird die grosse Durchbiegung der Giessharz-Stützer, besonders im Schalterbau als Nachteil empfunden, doch lässt sich der Elastizitätsmodul des Giessharzes durch Veränderung des Quarzgehaltes erhöhen. Eine wirksame Reduktion der Durchbiegung kann auch durch die geeignete Wahl des Giessprofils erzielt werden. In Tabelle III ist die am Kopf gemessene Durchbiegung von 123-kV-Stützern verschiedener Profile bei einer Querbelastung von 200 kg angegeben. Alle Stützer haben gleiche Höhe und gleiches Gewicht.

#### Durchbiegung verschiedener Stützern

Tabelle III

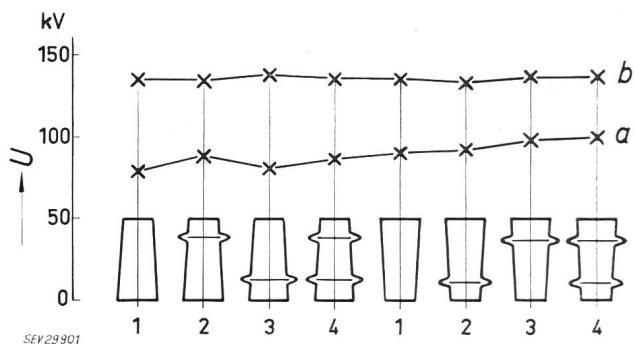
Stützertypen	Quarzgehalt %	Durchbiegung mm
Normaler konischer Vollkernstützer . . . . .	60	31
Normaler konischer Vollkernstützer . . . . .	66	25,5
Zylindrischer Hohlstützer . . . . .	60	15
Konischer Hohlstützer . . . . .	60	10,5
Stützer mit Doppel-T-Profil (in der Hauptachse) . . . . .	60	4

Über die Werte des Stoss- und Wechselspannungsüberschlages an Stützisolatoren liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor [5; 6; 7]. Die Stossüberschlagsspannung ist praktisch bei höheren Spannungen nur von der Höhe des Isolators abhängig. Versuche haben gezeigt, dass weder die Feuchtigkeit noch die Verschmutzung den Stossüberschlag herabsetzen. Hingegen wird die Überschlag-Wechselspannung noch von verschiedenen Faktoren beeinflusst, wie Anordnung der Elektroden, Profil des Stützers, Anhaften von Feuchtigkeit oder Schmutz an der

Oberfläche. Folgende Messresultate mit einer Reihe von Stützern gleicher Höhe und gleicher konischer Grundform zeigen die Wirkung der Verlängerung des Kriechweges durch Schirme auf die Überschlagsspannung. Untersucht wurden 4 Stützertypen (Fig. 7):

1. Konischer Stützer ohne Schirm;
2. Konischer Stützer mit einem Schirm in  $\frac{2}{3}$  der Bauhöhe;
3. Konischer Stützer mit einem Schirm in  $\frac{1}{3}$  der Bauhöhe;
4. Konischer Stützer mit zwei Schirmen in  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  der Bauhöhe.

Bemerkenswert ist die Verbesserung des Wechselspannungsüberschlags durch die umgekehrte Aufstellung der Stützer. Diese Anordnung ist aber wegen der kleineren Umbruchfestigkeit nicht anwendbar. Ebenso deutlich zeigt sich, dass die Anzahl und die Lage von kleinen Schirmen wohl eine Erhöhung des Wechselspannungsüberschlags zur Folge haben, dass aber der Stossüberschlag keine Änderung erfährt.



Einfluss der Schirme und deren Lage auf die Überschlagsspannung von 10-kV-Epoxy-Giessharzstützern  
a bei Wechselspannung, 50 Hz (Effektivwerte); b bei positivem Stoss 1|50 (Scheitelwerte); 1..4 Stützertypen

Messungen an glatten Giessharzstützern ergaben eine Verminderung von etwa 20 % bei Taueffekt und von etwa 60 % bei Nebeleinwirkung. Bei russbeschmutzten, betauten Stützisolatoren liegt die Überschlagsspannung etwa 55 % unter dem Werte vom sauberen Zustand [6]. Da aber der Stossfaktor bei ungesteuerten Stützern 1,1...1,05 beträgt, liegt das Verhältnis zwischen der Überschlagsspannung und der im Innenraumnetz zu erwartenden Höchstüberspannung bei Wechselspannung immer noch günstiger als bei Stoss. Die Betriebssicherheit ist deshalb in erster Linie von der Stosshaltespannung abhängig. Daher erscheint der glatte konische Stützer ohne Schirme in jeder Beziehung als der günstigste Stützer für trockene und feuchte Innenräume. Bei der Herstellung bietet er ferner den Vorteil, dass er in einteiligen Formen gegossen oder geschleudert werden kann und an seiner Oberfläche frei von jeder Giessfuge in der axialen Feldrichtung bleibt.

### 4. Isolierte Sammelschienen

Schienen mit Vollisolation bringen eine wesentliche Raumeinsparung in Innenraumverteil-Anlagen, indem sie unmittelbar nebeneinander an die Wand oder an die Decke montiert werden können. Im Gegensatz zu teilsolierten Schienen ist der äus-

sere Mantel geerdet und die Isolation dauernd mit der vollen Phasenspannung beansprucht. Damit stellen sich folgende Hauptforderungen an das Dielektrikum: die Ionisationsfreiheit bis zur maximalen Betriebsspannung, auch mit Rücksicht auf die nachträgliche Wirkung von Kurzschlußstromkräften und Wärmeausdehnung der verschiedenen Materialien und die thermische Stabilität bei der maximalen Raumtemperatur und bei gelegentlichen Stromüberlastungen des Leiters.

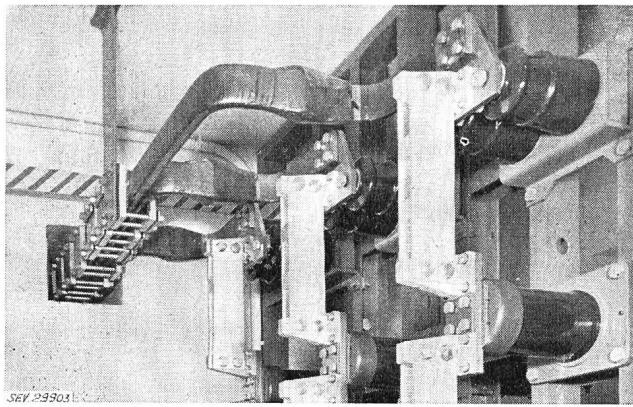


Fig. 8

Teil einer Hochleistungsprüf anlage [9]

Die abgehenden, mit Samica-Epoxy voll isolierten Schienen von 2500 A sind ohne Zwischenraum geführt

Für mittlere Spannungen bis 30 kV kann man sich an die bekannte Technik der Generatoren-Isolierstäbe anlehnen. Die Schienen werden mit Glimmerisolation umbündelt und gepresst [8]. Fig. 8 zeigt mit Samica-Epoxy vollisierte Schienen für 6,5 kV gegen Erde. Die Ionisationseinsatzspannung liegt bei 8 kV. Die beiden Enden sind zur Vermeidung von Entladungen bei der Prüfung mit halbleitendem Lack bestrichen.

Für Spannungen über 60 kV spielen neben der Grundbedingung der Ionisationsfreiheit die thermischen Eigenschaften eine wichtige Rolle, da bei langen Schienen ein grosser Teil der im Leiter und im Dielektrikum erzeugten Wärme radial an den ge-

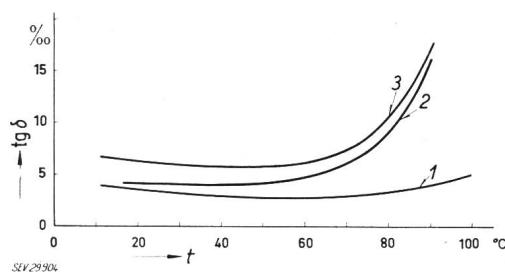


Fig. 9

Temperaturverlauf  $t$  des dielektrischen Verlustfaktors  $\text{tg } \delta$  bei Nennspannung

1 Ölpapier, vakuumimprägniert; 2 Epoxyharz-Papierisolation; 3 Kresolharz-Papierisolation

erdeten Mantel übertragen werden muss. Die grösste Sicherheit bietet daher ein Dielektrikum mit geringem Verlustfaktor, der mit der Temperatur nur wenig ansteigt. Unter den wirtschaftlich interessanten Ausführungen erfüllt das ölimprägnierte Papier diese Bedingung am besten.

Auch in Bezug auf die Wärmeleitfähigkeit ist das Ölpapier gegenüber Hartpapier oder Gas im Vorteil, so dass bei gleichem Leiterquerschnitt und bei gleicher Isolationsdicke die Temperatur in der Nähe des Leiters tiefer bleibt. Solche Schienen können somit einer längeren Stromüberlastung ausgesetzt werden, ohne Gefahr für ihre thermische Stabilität, auch wenn die LeiterTemperatur an die 100 °C-Grenze kommt (Fig. 9). In der Ölpapierisolation lässt sich das elektrische Feld durch Ein-

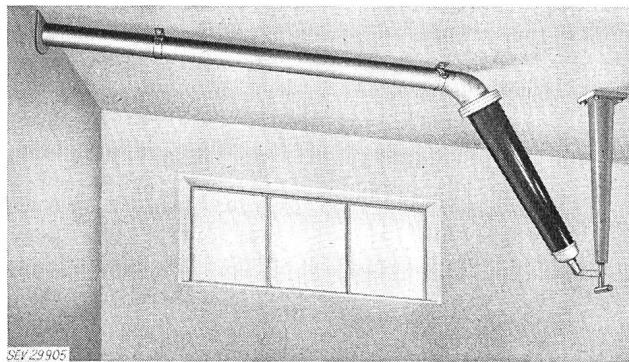


Fig. 10

Isolierte Sammelschiene mit Endisolator und Giessharz-Stützer für eine Spannung von 150 kV und einen Nennstrom von 800 A

lage von leitenden Belägen sowohl in axialer als auch in radialer Richtung steuern, damit das Dielektrikum bis über die verkettete Spannung frei von innerer Ionisation bleibt. Die Stoss- und 50-Hz-Haltespannung können ohne Einschränkung der Koordinations-Regeln garantiert werden.

Fig 10 zeigt eine Sammelschiene für ein starrgeerdetes Netz von 150 kV, Prüfwechselspannung 275 kV, Stosshaltespannung 650 kV volle Welle 1/50  $\mu$ s, Nennstrom 800 A, dauernd überlastbar bis 1000 A. Das geerdete Aluminiumrohr liegt satt auf der Isolation, so dass die freie Ölmenge, inkl. Füllung der Isolatoren gering ist. Die Schiene ist hermetisch abgeschlossen, unter Gewährung der Dehnungsmöglichkeiten für das Öl und für das Kupfer. Sie kann deshalb in feuchten Räumen mit stark schwankender Temperatur eingesetzt werden. Von besonderem Interesse sind die Ergeb-

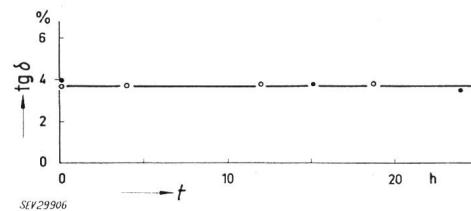


Fig. 11

Thermische Stabilitätsprüfung einer 150-kV-Schiene bei Raumtemperatur von 20 °C

○ Spannung 150 kV gegen Erde; ● Strom 1000 A und Spannung 120 kV gegen Erde; tg δ prozentualer Verlustfaktor

nisse der Messung der dielektrischen Verluste mit der Schering-Brücke. Die Stabilität ist sowohl bei Strom- wie auch bei Spannungsüberlastung gewährleistet. Eine Stromüberlastung von 25 % bei einer Raumtemperatur von 40 °C hat eine maximale Kupfertemperatur von 80 °C zur Folge, womit für

vorübergehende höhere Beanspruchungen eine grosse Sicherheitsmarge besteht. Der thermische Grenzstrom über 3 s betrug 25 kA (Fig 11).

## 5. Zusammenfassung

Für den Bau von gedrängten Innenraumanlagen werden neue Lösungen gesucht, die höhere Anforderungen an das Isoliermaterial stellen, z. B. in Bezug auf Schutz gegen Feuchtigkeit. Neue Isolierstoffe werden diese Entwicklung fördern und die Konstruktion des Hochspannungsmaterials beeinflussen. Die Betriebssicherheit für Hochspannungsanlagen fordert aber im allgemeinen den Nachweis langjähriger Erfahrungen, die nicht einfach auf Grund von Laboratoriumsversuchen in kurzer Zeit erhältlich sind. Die Beispiele, die erläutert sind, zeigen aber, dass man unter Benützung der traditionellen Isolationsverfahren, wofür Betriebserfahrungen von 15...30 Jahren vorliegen, heute schon über sehr brauchbare Lösungen zum Einsatz in feuchten Innenraumanlagen verfügt.

## Literatur

- [1] Getschmann, K. und G. Meiners: Isolationstechnische Probleme bei Verwendung von Kunststoffen in Hochspannungs-Schaltanlagen. ETZ-A Bd. 80(1959), Nr. 20, S. 711...718.
- [2] Kappeler, H.: Progrès réalisés dans la construction des isolateurs de traversée à condensateurs. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), 11. Session 1946, Bd. 2, Rapp. 208.
- [3] Anonym: Isolierstoffe. Haefely-Mitt. Bd. -(1932), Nr. 1, S. 5...6.
- [4] Dieterle, W.: Acetyliertes Papier als Isoliermaterial für die Elektrotechnik. Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 22, S. 1045...1065.
- [5] Olsen, W.: Giessharz-Isolatoren für Hochspannungs-Schaltanlagen. Siemens Z. Bd. 33(1959), Nr. 3, S. 145...150.
- [6] Yamada, T., S. Hoki, N. Mita u. a.: Die Minderung der Überschlagsspannung von Hochspannungsisolatoren unter dem Einfluss von Oberflächenfremdschichten. Untersuchungen Nr. 550 des Staatlichen Laboratoriums des Ministeriums für internationale Handel und Industrie in Tokio, Dezember 1955. ETZ-A Bd. 79(1958), Nr. 1, S. 28...29.
- [7] Roth, A.: Hochspannungstechnik. 4. Aufl. Wien: Springer 1959. S. 277.
- [8] Abegg, K.: Aus der Technologie der Wasserkraftgeneratoren: Die Statorwicklungen. Bull. SEV Bd. 51(1960), Nr. 8, S. 428...437.
- [9] Becker, H.: Hochleistungs-Prüffeld. Neues Sprecher Schuh Bd. -(1955), Nr. 3, S. 12...26.

### Adresse der Autoren:

Dipl. Ing. R. Haldimann und dipl. Ing. E. Richon, Emil Haefely & Cie AG, Basel.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Einordnen und Wiederaufsuchen von Informationen

025.4

[Nach A. F. Glimm und R. D. Greenway: Information storage and retrieval — dogs, cats and indexing. Electr. Engng. Bd. 79(1960), Nr. 9, S. 724...728]

Die gegenwärtige Produktion von Veröffentlichungen ist so gross, dass niemand auch nur die Publikationen vollständig lesen kann, die in sein enges Spezialgebiet gehören, und die Wissenschaftler müssen sich darauf beschränken, ausgewählte Arbeiten zu studieren. Damit stellt sich die Frage, wie die Auswahl erfolgen soll. Eine Auswahl hat ein systematisches Ordnen, d. h. eine Klassifikation zur Voraussetzung. Es gibt mehrere verbreitete Klassifikationssysteme: der Dezimalindex ist ein Beispiel. Alle diese Systeme beruhen auf der Annahme, dass sich die Wissensgebiete in Klassen aufteilen lassen, diese wieder in Unterklassen, und dass die Zuordnung einer Arbeit zu einer Kategorie eindeutig ist; mit andern Worten, dass die Kategorien einander gegenseitig ausschliessen. Beispielsweise enthält die Klasse «Zoologie» eine Gruppe «Wirbeltiere», diese eine Gruppe «Säugetiere», und eine weitere Einteilung der Säugetiere führt zu einer Gruppe «Hunde» und einer Gruppe «Katzen».

Diese Lösung hat aber grundsätzliche Grenzen. Erstens gibt es verschiedene Arten, nach denen die Hierarchie aufgestellt werden kann, und die gewählte Art kann nur einen Teil der Benutzer befriedigen. Zweitens ist das entstehende Vokabular grundsätzlich beschränkt. Praktisch ist eine eindeutige Zuordnung überhaupt nicht möglich; für einen Artikel, der sowohl von Hunden als auch von Katzen handelt, müssten zwei Dezimalindizes angegeben werden, und das ist bei fast allen Arbeiten der Fall. Ein grundsätzlich anderes Verfahren, das als «co-ordinate indexing» bezeichnet wird vermeidet diese Mängel. Es beruht darauf, dass der Gegenstand einer Publikation durch eine Anzahl von Stichwörtern gekennzeichnet werden kann. Mathematisch gesprochen sind das die Koordinaten, die das Dokument identifizieren.

In der Praxis erhält jedes neu eingehende Dokument eine fortlaufende Nummer. Ferner bestimmt der Bearbeiter eine Anzahl von Stichwörtern, die die Arbeit kennzeichnen. Die Nummer wird im Katalog unter jedem Stichwort eingetragen. Anfänglich wird jede neu eintreffende Arbeit Anlass zu neuen Stichwörtern im Katalog geben. Nach einiger Zeit werden aber neue Stichwörter nur noch ausnahmsweise auftreten. Wenn nun ein Benutzer alle Arbeiten sucht, in denen

von Hunden *und* Katzen die Rede ist, so wird er dem Katalog diese beiden Stichwörter übergeben, und es ist dann leicht, auf maschinellem Weg diejenigen Nummern aufzusuchen, die unter beiden Stichwörtern vorkommen.

Dieses Verfahren hat den grossen Vorteil, dass es unabhängig ist von einem künstlich aufgestellten Schema, welches den wechselnden Gegebenheiten dauernd angepasst werden müsste. Die Anzahl der zulässigen Stichwörter ist durch nichts begrenzt. Mehrere Verfeinerungen sind ausgearbeitet worden, welche die Möglichkeit von Verwechslungen verringern und welche eine Kompatibilität mit bestehenden Klassifikationsverfahren herstellen.

A. P. Speiser

### Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)

#### Réunion du Groupe de Travail de Bruxelles (GTB)

061.3(100) CIE : 628.9

Ce groupe de travail, comprenant des experts de la CIE (E-3.3.5) et de l'International Standardizing Organization (ISO), s'est réuni à Zurich les 30 et 31 janvier 1961. Il a traité des recommandations générales pour l'utilisation des projecteurs, des projecteurs «E», de l'intensité maximale des projecteurs-route, de l'orientation des projecteurs, des feux de signes d'immatriculation, de la visibilité d'un feu de jour et de nuit, des catadioptrés, de la tension d'alimentation et des feux dédoublés. La prochaine séance est prévue pour le mois d'avril et se tiendra à Séville (Espagne).

### Extension du poste de Romanel de l'EOS

621.311.42(494.45)

La récente mise en service du nouveau poste de transformation 220/130 kV, 125 MVA de Romanel constitue une nouvelle étape importante des travaux que la S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS) effectue actuellement en vue de rendre toujours plus sûre l'alimentation de la Suisse Romande en énergie électrique. Relié par une nouvelle ligne de 220 kV au poste de Chamoson, le poste de Romanel met ainsi en relation les centres de consommation romande avec les puissantes installations de production d'énergie que possèdent en Valais, entre autres, EOS, Grande Dixence S. A. et Salanfe S. A. Les nouvelles constructions sont dimensionnées pour faire face à l'accroissement continu des besoins d'énergie et représentent un élément important du programme d'extension en cours d'exécution.