

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer  
Elektrizitätswerke (VSE)

**Band:** 54 (1963)

**Heft:** 8

**Artikel:** Einführung in die Regeln für Feuchtigkeits- und Wasserbehandlung zur  
Prüfung elektrischen Materials

**Autor:** Ganz, E.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916469>

### **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:** 17.10.2024

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

# BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)  
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

## Einführung in die Regeln für Feuchtigkeits- und Wasserbehandlung zur Prüfung elektrischen Materials

Von E. Ganz, Wettingen

620.193.23 : 621.3

Der Aufsatz erläutert die wesentlichsten Überlegungen, die bei der Aufstellung des Entwurfes «Regeln für Feuchtigkeits- und Wasserbehandlung zur Prüfung elektrischen Materials» massgebend waren. Es werden die Mängel der im derzeitig gültigen Vorschriftenwerk des SEV festgelegten Prüfmethoden dargelegt und die international oder in anderen Ländern national festgelegten Prüfmethoden kritisch betrachtet.

L'exposé développe les considérations essentielles qui sont à la base du projet de «règles pour le traitement à l'humidité et à l'eau du matériel électrique en vue des essais à subir». Il traite des inconvénients des méthodes d'essai, selon les prescriptions actuellement valables de l'ASE et discute les méthodes d'essai, prescrites dans d'autres pays ou internationalement.

Der in vorliegendem Heft auf Seite 308 vom Vorstand des SEV veröffentlichte Entwurf der Regeln für Feuchtigkeits- und Wasserbehandlung zur Prüfung elektrischen Materials wurde aufgestellt, um im Vorschriftenwerk des SEV eine Einheitlichkeit in der Beurteilung des Materials und der entsprechenden Anforderungen und Prüfbestimmungen zu erreichen. Nach Inkraftsetzung dieser Regeln müssen die einschlägigen Textstellen in neu aufzustellende Vorschriften, Regeln und Leitsätze des SEV übernommen werden, soweit nicht zwingende Gründe für Abweichungen vorliegen.

In den derzeit gültigen Sicherheitsvorschriften des SEV für elektrisches Material (Installationsmaterial und Apparate) sind folgende Methoden für die Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit und des Wasserschutzes (Tropfwasser- und Spritzwassersicherheit) festgelegt:

### a) Methode zur Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit

Der Prüfling wird in gebrauchsfähigem Zustand während 24 h bei Raumtemperatur in einem geschlossenen Kasten gelagert, dessen Volumen mindestens 4mal so gross sein muss wie das Volumen des Prüflings (Fig. 1). Während dieser Lagerung wird die innere Bodenfläche des Kastens unter Wasser gehalten. Zu Beginn der Lagerung wird mit Hilfe eines Zerstäubers wäh-

rend ca. 2 min in den Kasten eine Wassermenge in Nebelform eingeleitet, welche als Wasser 1/800 des Volumens dieses Kastens beträgt. Durch eine Schutzwand wird dafür gesorgt, dass der Prüfling vom einströmenden Nebelstrahl nicht direkt getroffen wird.

### b) Methode zur Prüfung des Tropfwasserschutzes

Der Prüfling wird wie bei der Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit während 24 h bei Raumtemperatur in einem geschlossenen Kasten (Fig. 1) gelagert, wobei jedoch zu Beginn der Lagerung an Stelle des Nebels während 1 h Wasserdampf eingeleitet wird, dessen Volumen als Wasser 1/100 des Volumens des Abschlusskastens beträgt.

### c) Methode zur Prüfung des Spritzwasserschutzes

Spritzwassersicheres Material wird anschliessend an die Prüfung des Tropfwasserschutzes in der Gebrauchslage von der für das Material ungünstigsten Seite unter 45° von oben während 5 min aus einem Zerstäuber mit Wasser bespritzt (Fig. 2).

Normalerweise steht in diesen Sicherheitsvorschriften die Forderung, dass zufolge der Behandlung mit Feuchtigkeit oder Wasser entsprechend den oben dargestellten Prüfmethoden kein Wasser in einer für die Isolation nachteiligen Weise in das Material eindringen und das Material keine Veränderungen erleiden darf, und dass bei der unmittelbar anschliessend vorgenommenen Spannungsprüfung weder

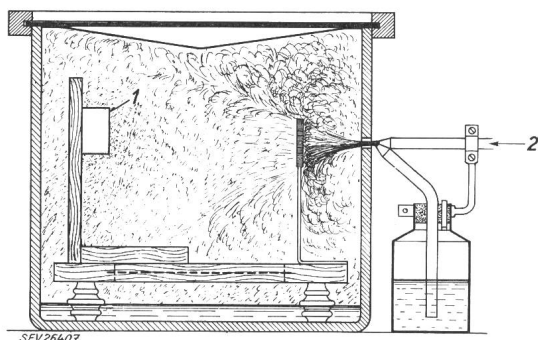


Fig. 1

Abschlusskasten und Zerstäuber für die Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit

1 Prüfling; 2 Pressluft

Durchmesser der Pressluftdüse ca. 1 mm; Durchmesser der Zerstäuberdüse ca. 0,5 mm; Winkel zwischen Pressluft- und Zerstäuberrohr ca. 50°

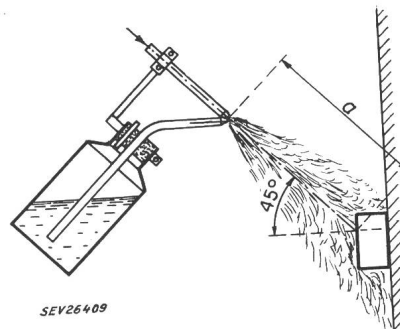


Fig. 2

Zerstäuber für die Bespritzung

a = 40 cm

Daten des Zerstäubers siehe Fig. 1

Durchschläge oder Überschlüge auftreten noch Kriechströme wahrnehmbar sein dürfen.

Diese Behandlungsmethoden mit Feuchtigkeit oder Wasser wurden schon seit längerer Zeit von verschiedenen Fachkollegien des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES), die sich mit der Aufstellung von Sicherheitsvorschriften befassten, stark kritisiert, insbesondere aus folgenden Gründen:

1. Die Methoden sind rein schweizerisch und es bestehen keine Vergleichsmöglichkeiten mit entsprechenden international oder in andern Ländern festgelegten Prüfmethoden;

2. Die Dauer der Lagerung im Abschlusskasten von nur 24 h zur Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit ist für verschiedene Materialarten zu kurz, und kann deshalb nur zur Beurteilung des befeuchteten Oberflächenzustandes einer Isolation benützt werden, nicht aber zur Feststellung, ob Feuchtigkeit in die Isolation eindringen konnte;

3. Die Methode zur Prüfung des Tropfwasserschutzes stellt in Wirklichkeit lediglich eine verschärfte Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit dar, und der vom Konstrukteur des Materials vorgesehene Schutz gegen fallende Wassertropfen wird nicht auf seine Eignung geprüft;

4. Der für die Prüfung des Spritzwasserschutzes festgelegte Zerstäuber erzeugt lediglich einen feinen Wassernebel und stellt deshalb eine ungenügende Nachbildung der in der Praxis zu erwartenden Wasserspritzer dar;

5. Die derzeit gültigen Sicherheitsvorschriften unterscheiden in Bezug auf Feuchtigkeitsbeständigkeit und Wasserschutz nicht zwischen Material, das offen und ungeschützt montiert oder installiert wird, und Material, das zum Einbau in ein Gehäuse vorgesehen ist, wobei dieses Gehäuse den Wasserschutz übernimmt (z. B. muss ein Kondensator, der in einem spritzwassersicheren Apparat aus zusammengesetztem Material eingebaut und durch das Apparateghäuse gegen Spritzwasser geschützt wird, entsprechend den derzeit gültigen Vorschriften für sich selbst ebenfalls spritzwassersicher sein, obwohl bei richtiger Konstruktion des Apparateghäuses keine Wasserspritzer an den Kondensator gelangen können).

Auf Grund dieser begründeten Kritiken wurde im Frühjahr 1957 eine Expertenkommission des CES für die Benennung und Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit (EK-FB) gebildet mit der Aufgabe, für das gesamte Vorschriftenwerk

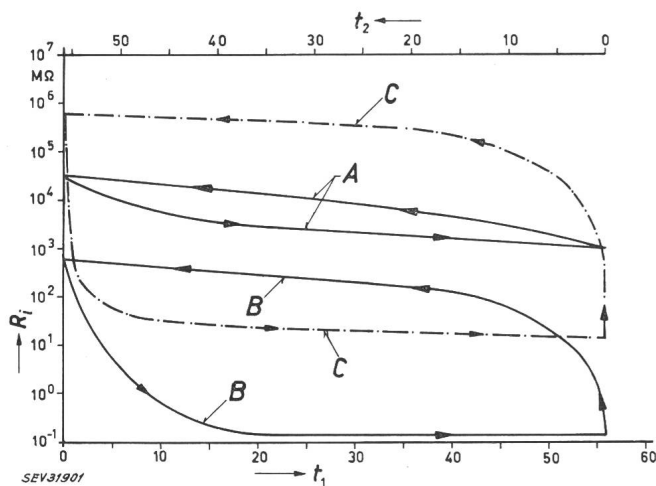


Fig. 3

**Idealisierter Verlauf des Isolationswiderstandes  $R_i$  handelsüblicher Installationsmaterialien aus organischen Isolierstoffen während der Lagerung in ca. 93 % relativer Feuchtigkeit bei ca. 23 °C ( $t_1$  in Anzahl Tage) sowie während der hieran anschließenden Lagerung in trockener Luft von ca. 45 % relativer Feuchtigkeit bei 23 °C ( $t_2$  in Anzahl Tage)**

- A sehr guter, wenig hygroskopischer Isolierstoff; Einstellung des Gleichgewichtes erst nach Monaten
- B mittelmässig hygroskopischer Isolierstoff; Einstellung des Gleichgewichtes nach Wochen
- C schlechter, stark hygroskopischer Isolierstoff; Einstellung des Gleichgewichtes schon nach einigen Tagen

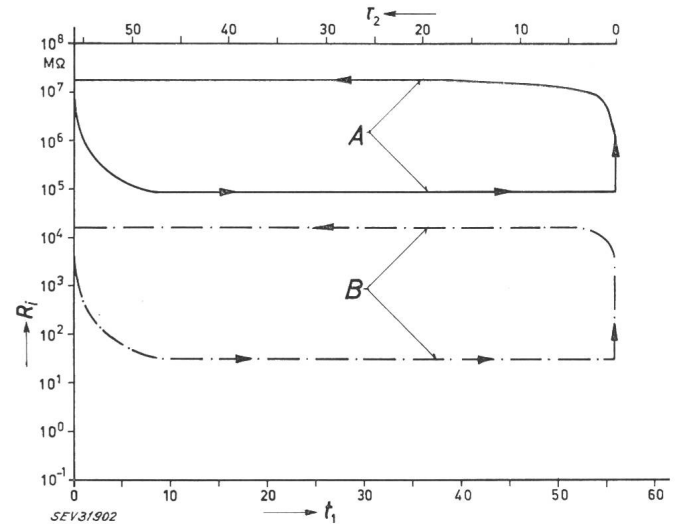


Fig. 4

**Idealisierter Verlauf des Isolationswiderstandes  $R_i$  zweier handelsüblicher Installationsmaterialien aus keramischem Isolierstoff während der Lagerung in ca. 93 % relativer Feuchtigkeit bei ca. 23 °C ( $t_1$  in Anzahl Tage) sowie während der hieran anschließenden Lagerung in trockener Luft von ca. 45 % relativer Feuchtigkeit bei 23 °C ( $t_2$  in Anzahl Tage)**

A Porzellan glasiert; B Steatit unglasiert

des SEV neue, zweckmässigere Methoden zur Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit und des Wasserschutzes auszuarbeiten. In diese EK-FB wurden neben Vertretern der Technischen Prüfanstalten des SEV je ein fachkundiger Delegierter jener Fachkollegien gewählt, die sich mit der Aufstellung von Sicherheitsvorschriften befassten. Die EK-FB wurde direkt dem CES unterstellt.

Der EK-FB stellte sich vorerst die Frage, ob aus Vorschriften anderer Länder oder aus internationalen Empfehlungen geeignete Prüf- und Behandlungsmethoden übernommen werden können. Das Studium solcher Publikationen führte aber zu der erstaunlichen Feststellung, dass nur wenig brauchbare Unterlagen existieren. Ein persönlicher Besuch einer offiziellen Delegation in verschiedenen ausländischen Prüflaboratorien bestätigte diese Feststellung.

Für die Prüfung der Feuchtigkeitsbeständigkeit konnte die von der CEE (Commission internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'équipement électrique) in der Publ. REC 1, Résistance à l'humidité, aufgestellte Methode weitgehend übernommen werden (Lagerung in 90... 95 % relativer Feuchtigkeit bei Raumtemperatur). Zu ernsthaften Meinungsverschiedenheiten führte lediglich die Frage der Dauer der Lagerung in Feuchtigkeit, da diese Publikation der CEE als Minimum für gewöhnliches Material (d. h. entsprechend den Hausinstallationsvorschriften des SEV für Verwendung in trockenen Räumen) eine 2tägige Lagerung festgelegt hat, wogegen entsprechend den derzeit gültigen Sicherheitsvorschriften des SEV nur 1 Tag vorgeschrieben ist; von Seiten der Fabrikanten von Installationsmaterial wurde nämlich befürchtet, dass durch die Ausdehnung der Lagerungsdauer auf 2 Tage gewisse Konstruktionen, die heute das Sicherheitszeichen des SEV tragen dürfen, in Zukunft möglicherweise die verschärfte Feuchtigkeitsprüfung nicht mehr bestehen werden. Zur Abklärung dieser Frage wurde verschiedenes typisches Installationsmaterial entsprechend der neuen Methode durch die Materialprüfanstalt des SEV geprüft, wobei jedoch die Dauer der Lagerung in Feuchtigkeit bis auf 56 Tage ausgedehnt wurde,

um das Verhalten des Materials über die vorgeschriebene Prüfdauer hinaus kennen zu lernen (Fig. 3 und 4).

Diese Messungen zeigen eindeutig, dass nach nur 1tägiger Lagerung in Feuchtigkeit keine repräsentativen Messungen gemacht werden können und dass, da die Trocknungscharakteristik angenähert spiegelbildlich zur Befeuchtungscharakteristik ist, schon innert kürzester Zeit nach Beendigung der Feuchtigkeitsbehandlung das Material wieder austrocknet (also schon vor Beendigung der anschließenden elektrischen Messungen und Prüfungen). Einigermassen reproduzierbare Messbedingungen können somit frühestens nach 2 Tagen Lagerung in Feuchtigkeit erreicht werden, so dass die bisherige 1tägige Lagerungsdauer fallen gelassen werden musste; dieser Festlegung in der CEE-Publ. REC 1 konnte somit zugestimmt werden. Diese Publikation der CEE hat weiterhin für tropfwassersicheres, spritzwassersicheres und wasserdichtes Material eine einheitliche Lagerungsdauer in Feuchtigkeit während 7 Tagen festgelegt. Da aber die Hausinstallationsvorschriften des SEV (Publ. Nr. 1000, im folgenden kurz HV genannt) vorschreiben, dass für Installationen in feuchten Räumen tropfwassersicheres Material und für Installationen in nassen Räumen oder für Installationen im Freien, die schutzlos den Niederschlägen ausgesetzt sind, spritzwassersicheres Material zu verwenden ist, schien es angebracht, auch in Bezug auf die Dauer der Feuchtigkeitsbehandlung entsprechend zu unterscheiden. Die EK-FB hat deshalb für tropfwassersicheres Material, entgegen den Empfehlungen der CEE, nur eine Feuchtigkeitsbehandlung von 4 Tagen vorgeschrieben und nur für spritzwassersicheres Material, entsprechend den Empfehlungen der CEE, eine 7-tägige Lagerungsdauer festgelegt. Wie aber weiterhin die durchgeführten Messungen zeigen, wird der Gleichgewichtszustand von einzelnen Isolierstoffen erst nach Wochen (Kurve *B* in Fig. 3) oder sogar erst nach Monaten (Kurve *A* in Fig. 3) erreicht. Da aber die in den HV festgelegten Raumarten nur Wohn-, Arbeits- und Betriebsräume betreffen und somit im Geltungsbereich der HV nicht mit andauernder

extremer Feuchtigkeit gerechnet werden muss, braucht dieser endgültige Gleichgewichtszustand zur Beurteilung der sicherheitstechnischen Kriterien nicht abgewartet werden. Um aber dennoch den Anforderungen z. B. in Untertagebauten (Tunnels, Kavernen usw.), die den Geltungsbereich der HV übersteigen, entsprechen zu können, wurde von der EK-FB der Begriff «dauernd nasse Umgebung» geschaffen. Die Behandlungsdauer für Materialien für Installationen in derartigen extremen Räumlichkeiten ist noch im Studium.

Die Publ. 68, Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique recommandés pour les pièces détachées pour matériel électronique, der CEI (Commission Electrotechnique Internationale) hat eine Feuchtigkeitsbehandlung bei 40 °C und 90...95 % rel. Feuchtigkeit festgelegt. Diese Bedingungen sind zur Durchführung zeitgeraffter Qualitätsprüfungen insbesondere hochwertigen Materials für die Nachrichtentechnik und Elektronik sehr geeignet, für die Prüfung der sicherheitstechnischen Kriterien jedoch zu kostspielig, da hierfür ein teurer, automatisch regulierter Klimaschrank mit den zugehörigen Überwachungseinrichtungen benötigt wird. Demgegenüber benötigt die durch die EK-FB von der CEE übernommene Methode nur geringfügige Anschaffungen, so dass auch kleine Fabrikanten von Installationsmaterial in der Lage sind, die entsprechenden Prüfungen, ohne grosse diesbezügliche Fachkenntnisse, mit einfachen Mitteln auszuführen.

Für die Prüfung des Tropfwasserschutzes sind in den «Regeln für Prüfgeräte und Prüfverfahren» des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE-Publ. 0470/1. 61) sowie in den deutschen Normen «Schutzarten, Prüfgeräte und Prüfanweisungen für Wasserschutz» (DIN 40 060, Blatt 2) entsprechende Prüfgeräte festgelegt (Fig. 5). Bei der praktischen Erprobung dieser Prüfgeräte zeigte es sich, dass es ausserordentlich schwierig ist, eine gleichmässige Verteilung der Bleikugeln über eine grössere Fläche zu erhalten, ohne das darunter liegende Fliesspapier zu verletzen (insbesondere, wenn das Fliesspapier feucht ist). Die Materialprüfanstalt des SEV hat deshalb zur Erzeugung kontinuierlicher Wassertropfen Tropfkapillaren entwickelt, die in den Boden des Wassergefässes eingesetzt werden können und hiedurch die Verwendung der empfindlichen Fliesspapierlagen überflüssig machen. Weiterhin wurde der freie Fall der Wassertropfen in den von der EK-FB aufgestellten Regeln gegenüber DIN 40 060 von 0,2 m auf 1 m erhöht, da in der Praxis in feuchten Räumen mit von der Raumdecke aus grosser Höhe fallenden Tropfen kondensierten Wassers (z. B. von an der Decke montierten kalten Wasserleitungen) zu rechnen ist und die Konstruktion des Materials derart sein muss, dass auch auf der Oberfläche des Prüflings zerplatzte Wassertropfen (z. B. an vorstehenden Teilen der Seitenflächen des Apparates, wie Bedienungsriffe usw.) nicht in diesen eindringen können. Das Sous-Comité 17B, Appareillage à basse tension, der CEI hat neuerdings zur Prüfung der Tropfenwassersicherheit von Niederspannungsschaltern die deutsche Norm DIN 40 060 praktisch unverändert übernommen, die EK-FB konnte sich aber dennoch wegen der geschilderten Mängel nicht entschliessen, auf die von ihr vorgenommenen Verbesserungen zu verzichten.

Für die Prüfung des Spritzwasserschutzes ist in den Publikationen der CEE sowie in Publ. VDE 0470/1. 61 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ein Spritzapparat ent-

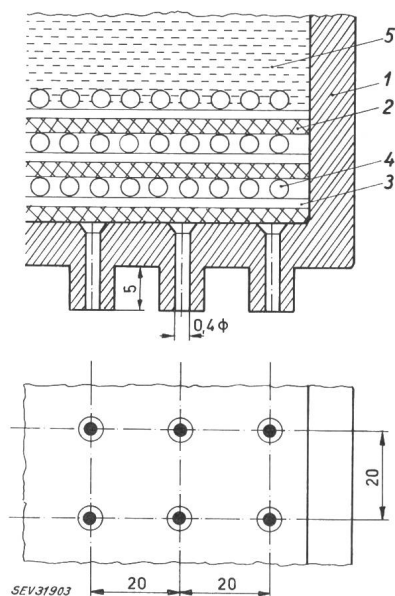


Fig. 5

**Tropfwasserapparat nach DIN 40060, Blatt 2**

- 1 Wassergefäss; 2 Messinggewebe; 3 Fliesspapier;
- 4 Bleikugeln 2 mm  $\phi$ ; 5 Wasserfüllung

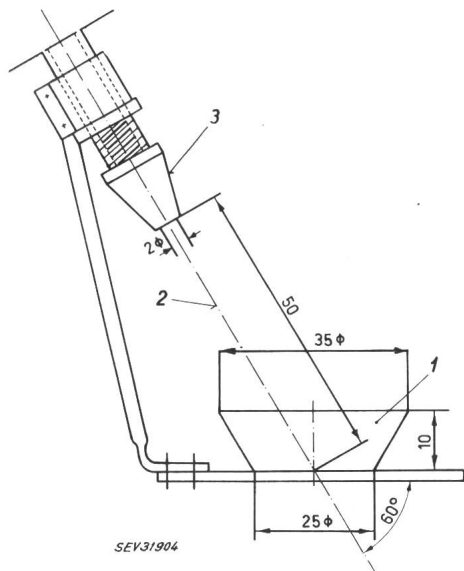


Fig. 6

**Spritzwasserapparat nach CEE und VDE 0470/1.61**  
 1 Reflexionsbecken; 2 Wasserstrahl; 3 Strahldüse

sprechend Fig. 6 festgelegt, bei dem ein scharf gebündelter Wasserstrahl in ein Reflexionsbecken gerichtet ist, von dem aus bis zu einer Höhe von 15 cm schräg nach oben gerichtete Wassertropfen austreten. Die praktische Erprobung dieses Apparates zeigt aber, dass die hiemit erzielten Resultate äusserst stark vom Wasserdruck in der Strahldüse sowie von der Richtung des Wasserstrahles in das Reflexionsbecken abhängig sind; bei nur wenig falsch gerichtetem Wasserstrahl oder bei zu kleinem Druck füllt sich das Reflexionsbecken mit Wasser und es werden keine oder nurmehr ungenügende Reflexionsspritzer erzeugt. Weiterhin wurde festgestellt, dass in der Praxis auch unter extremsten Verhältnissen von einer Auflagefläche aus nie Reflexionsspritzer bis zu einer Höhe von 15 cm (wie dies bei günstigster Einstellung des Apparates der Fall ist) auftreten. Die EK-FB hat aus diesen Gründen eine einfachere und der Praxis besser entsprechende Prüfmethode vorgeschlagen.

Da die Hausinstallationsvorschriften des SEV (HV) festlegen, dass Installationen im Freien, die schutzlos den Niederschlägen ausgesetzt sind, wie solche in nassen Räumen (d. h. spritzwassersicher) auszuführen sind, konnte ein Prüfkriterium mit nur nach oben gerichteten Wasserspritzern dieser Anforderung nicht gerecht werden und es musste zusätzlich eine Methode zur Nachbildung extremer sturmgepeitschter Regenschauer vorgesehen werden. Eine in Frage kommende Prüfmethode wurde in der deutschen Norm DIN 40 060, Blatt 2, gefunden (Fig. 7). Doch auch dieser Apparat arbeitet unbefriedigend. Bei einem Schwenkrohr von 200 mm Radius und dem in der deutschen Norm festgelegten Wasserüberdruck von 0,4 kg/cm<sup>2</sup> wurden kräftige Wasserstrahlen nur an den ersten Bohrungen des Schwenkrohres erhalten; gegen das Ende des Schwenkrohres hin tropft das Wasser nur noch drucklos aus den Bohrungen heraus. Mit zunehmendem Radius und gleichbleibendem Innendurchmesser des Schwenkrohres verschlechtert sich dieses Bild natürlich noch zunehmend. Überdies genügt es nicht, nur einfache Bohrungen in das Schwenkrohr anzubringen, da bei der kleinsten Ungenauigkeit der Bohrung oder an inneren Bohrungsgraten der Strahl abgelenkt wird und nicht mehr in der

Ebene des Schwenkrohres oder in dessen Zentrum gerichtet ist; statt einfachen Bohrungen müssten einstellbare Düsen vorgesehen werden. Zuzufolge dieser offensichtlichen Mängel verzichtete die EK-FB auf die Übernahme dieser noch zu wenig entwickelten Prüfeinrichtung, obwohl inzwischen auch die CEI diese Methode zur Prüfung von Niederspannungsschaltern eingeführt hat. Es wurde deshalb beschlossen, für die Prüfung des Spritzwasserschutzes eine im SEV bereits genormte Kapillardüse der für die Spannungsprüfung von Hochspannungsmaterial verwendeten Kapillardüsen-Beregnungsanlage zu verwenden. Diese Prüfeinrichtung ist sehr einfach und ergibt gut reproduzierbare und der Praxis entsprechende Resultate.

Zusätzlich zu den in den HV festgelegten Bauarten des Materials (gewöhnlich, tropfwassersicher, spritzwassersicher und wasserdicht) wünschte die Industrie auch genormte Prüfungen für die Schutzarten gegen Schwallwasser und Strahlwasser in den von der EK-FB aufgestellten Regeln festgelegt zu haben. Der Schwallwasserschutz kommt z. B. in normalerweise trockenen Räumen in Frage, wo jedoch damit gerechnet werden muss, dass beim Reinigen des Bodens ein Wasserschwall aus einem Eimer auf das Material (z. B. Motoren, Motorschutzschalter) gespritzt werden kann. Der Strahlwasserschutz kommt in Frage, wo bei Reinigungsarbeiten Räume (z. B. Molkereien, Metzgereien, Garagen) oder aber das Material selbst (z. B. Baumaschinen, Armeematerial) mit heftigen Wasserstrahlen abgespritzt werden. Zur Bezeichnung dieser Schutzarten mussten Kennzeichen gewählt werden, die zu den von der CEE sowie in einigen Publikationen der CEI festgelegten und vom SEV in den Hausinstallationsvorschriften übernommenen Zeichen nicht im Widerspruch stehen und beim Installateur zu keinen Verwechslungen führen können. Es wurde deshalb beschlossen, zur Kennzeichnung gegenüber der in den HV geforderten höher zu bewertenden Schutzart eine Ergänzung des Grundzeichens durch Punkte vorzunehmen. Versuche an Guss- und Pressteilen haben gezeigt, dass diese Kennzeichen auch bei schlechtester Oberflächenbeschaffenheit des Materials (z. B. Grauguss) noch einwandfrei erkennbar sind, sofern die Grösse des Kennzeichens entsprechend dem Herstellungsprozess richtig gewählt wird.

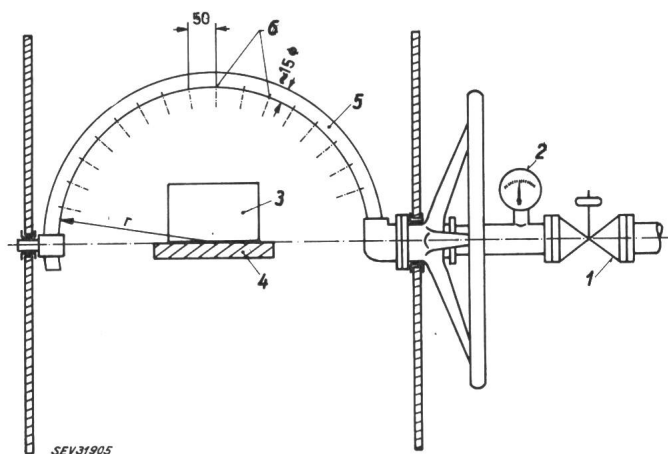


Fig. 7

**Schwenkrohr zur Prüfung der Spritzwassersicherheit nach DIN 40060, Blatt 2**

1 Drosselventil; 2 Druckmesser; 3 Prüfling; 4 in der Höhe einstellbarer Drehtisch; 5 Schwenkrohr (Radius  $r$  wahlweise je nach Grösse des Prüflings 200, 400, 600, 800 mm usw.); 6 Bohrungen 0,4 mm  $\phi$



Gegenüber der bisherigen Praxis im Vorschriftenwerk des SEV ist grundsätzlich neu die Schaffung der Materialkategorien für feuchte und nasse Umgebung. Solches Material hat gegenüber gewöhnlichem Material lediglich die verschärfte Feuchtigkeitsprüfung zu bestehen, ohne dass es aber auf Wasserschutz geprüft wird. Dieses Material ist z. B. für den Einbau in Apparate bestimmt, wobei das Apparateghäuse den in den HV verlangten Wasserschutz zu übernehmen hat. Nach bestandener Prüfung durch die Technischen Prüfanstalten des SEV ist der Fabrikant solchen Materials berechtigt, es durch das Sicherheitszeichen sowie das Kennzeichen ① bzw. ②, je nach Dauer der ausgeführten Lagerung in Feuchtigkeit, zu bezeichnen. Der Installateur darf dieses Material entsprechend den HV jedoch nur in

trockenen Räumen installieren, wogegen ein Apparatefabrikant es in tropfwassersichere oder spritzwassersichere Apparate einbauen darf. Z. B. braucht ein spritzwassersicherer Apparat, der ausschliesslich aus Material der Kennzeichnung

② zusammengestellt ist, zur Erlangung der Bewilligung zum in Verkehr Bringen lediglich als ganzes die Prüfung der Spritzwassersicherheit zu bestehen, ohne dass jedes Einzelteil einzeln auf Feuchtigkeitsbeständigkeit geprüft werden muss. Dadurch wird eine wesentliche Verbilligung der Prüfkosten sowie eine Beschleunigung der Prüfung zur Erteilung des Sicherheitszeichens für den Apparat erreicht.

**Adresse des Autors:**

E. Ganz, Präsident der EK-FB des CES, Wiesenstrasse 7, Wettingen (AG).

## Kontrolle der Fertigungsqualität von Isolationen der Stator-Wicklungen rotierender Hochspannungsmaschinen

Von M. Moravec, T. H. Sie und O. Wohlfahrt, Baden

DK 621.313.043.2.045 : 658.56

*Le contrôle de qualité de l'isolation des bobinages statoriques s'effectue de façons différentes suivant les différents constructeurs et différents acheteurs. Aujourd'hui, on s'efforce d'établir des prescriptions appropriées définissant des valeurs limites valables universellement, comme critères de réception des bobinages statoriques. L'exposé qui suit, doit contribuer aux discussions sur les normes de contrôle des isolations à l'état de neuf avant et après la mise en place des bobinages dans le stator.*

*Die Kontrolle der Fertigungsqualität von Statorwicklungs-isolationen ist mannigfaltig und ist von Lieferant zu Lieferant und je nach Abnehmer verschieden. Es sind Bestrebungen im Gange, geeignete Vorschriften zur Festlegung allgemein gültiger Grenzwerte als Abnahmebedingungen für Statorwicklungen aufzustellen. Die folgende Arbeit soll als Beitrag zur Diskussion über Normen zur Kontrolle von neuwertigen Isolationen vor und nach dem Einbau der Wicklung in den Stator dienen.*

Die heute üblichen Kontrollen während und nach der Fertigung der mechanisch und elektrisch hoch beanspruchten Isolationen von Statorwicklungen sind mannigfaltig; dazu sind sie von Hersteller zu Hersteller und je nach Abnehmer verschieden.

Folgende Prüfungen sind üblich oder doch wenigstens vorgeschlagen worden:

- Prüfung der Einzelleiter-Isolation auf Kurzschlussfreiheit (nur bei Stäben);
- Spannungsprüfung der Windungsisolation (nur bei Spulen);
- Kontrolle der Verklebung der Nutisolation in sich und mit dem Leiterbündel;
- Kontrolle des Aushärtungs- bzw. des Austrocknungsgrades der Nutisolation;
- Kontrolle der Wärmedurchschlagsfestigkeit;
- Prüfung der thermischen Standfestigkeit der Verklebung, Spannungsprüfung der Nutisolation;
- Prüfung des Glimmschutzes im Nutteil und am Nutaustritt;
- Kontrolle der mechanischen Abmessungen;
- Kontrolle der Wärmeklasse der verwendeten Isoliermaterialien;
- Kontrolle bei Ablauf der Garantiezeit.

In einigen Ländern sind Bestrebungen im Gange, geeignete Vorschriften zur Festlegung allgemein gültiger Grenzwerte als Abnahmebedingungen für Statorwicklungen aufzustellen. Dies erscheint berechtigt, denn im Laufe der Zeit bürgerten sich bei verschiedenen Abnehmern die vielfältigsten Bedingungen ein. Sie basieren meistens auf von den Herstellern gelegentlich erzielten Werten und Vereinbarungen zwischen Hersteller und Abnehmer. Die vorliegende Arbeit diene als Beitrag zur Diskussion über Normen zur Kontrolle von neuwertigen Isolationen vor dem Einbau der Wicklung in den Stator.

Bei der Beurteilung von Sinn und Zweck der aufgezählten Kontrollen und Prüfungen sei von vornherein betont, dass alle so erhaltenen Unterlagen wohl wesent-

liche Voraussetzungen darstellen, aber für sich allein noch keine Garantie für die Betriebstüchtigkeit einer Wicklung darstellen können. Diese Werte dienen nur als Kontrolle, dass die Isolation nach ihrer Fertigstellung von solcher Qualität ist, wie sie bei Versuchswicklungen festgestellt wurde, die sich dann im Betrieb bzw. bei Dauerversuchen im Laboratorium bewährten.

Es liegt also in der Natur des Problems, dass der Abnehmer zu den vom Lieferanten bei der Entwicklung des fraglichen Isolationssystems durchgeführten Dauerversuche Zutrauen haben muss. Er selber ist ja nur in den seltensten Fällen in der Lage, auch nur einzelne der über die Lebensdauer entscheidenden Dauerversuche durchzuführen. Auch eine ausgesprochen schlechte Wicklung mag ohne Anstände die Garantiezeit überleben und kann sogar die schärfsten Abnahmebedingungen im neuwertigen Zustand erfüllen.

### I. Prüfung der Einzelleiter-Isolation bei Stäben auf Kurzschlussfreiheit

Die Kunden schreiben oft vor, dass zwischen den verseilten Einzelleitern von Stäben keine Kurzschlüsse bis zu einer gewissen Prüfspannung so z. B. 100 V auftreten dürfen. Diese Forderung lässt sich nur zum Teil technisch begründen, abgesehen davon, dass die verlangte Prüfspannung ein Vielfaches der im Betrieb auftretenden Spannungen ist. Für viele Fälle kann gezeigt werden, dass Kurzschlüsse zwischen Einzelleitern ohne Belang sind. Andere führen dagegen zu erheblicher Erwärmung der Kurzschlußstelle und des betroffenen Leiters mit eventueller Zerstörung der Isolation gegen Eisen und sogar zum Schmelzen des Kupfers. Unbe-