

**DIN EN 60112
(VDE 0303-11)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 29.035.01

Einsprüche bis 2016-11-30

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60112
(VDE 0303-11):2010-05

Entwurf
**Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen
(IEC 112/369/CD:2016)**

Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials
(IEC 112/369/CD:2016)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-09-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 41 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieser Norm ist ...

	Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....		4
1 Anwendungsbereich		5
2 Normative Verweisungen		5
3 Begriffe		6
4 Kurzbeschreibung.....		7
5 Probekörper		7
6 Konditionierung der Probekörper		8
6.1 Umgebungsbedingte Konditionierung		8
6.2 Oberflächenzustand der Probekörper		8
7 Prüfeinrichtung		9
7.1 Elektroden		9
7.2 Prüfkreis		9
7.3 Prüflösungen		10
7.4 Tropfengeber		10
7.5 Auflagefläche für Probekörper.....		11
7.6 Installation der Elektrodenanordnung.....		11
7.7 Klimakammer.....		11
8 Zugrundeliegendes Prüfverfahren		11
8.1 Allgemeines		11
8.2 Vorbereitung		11
8.3 Prüfverfahren		12
9 Bestimmung der Erosion		12
10 Bestimmung der Prüfzahl der Kriechwegbildung (PTI)		13
10.1 Verfahren		13
10.2 Prüfbericht		13
11 Bestimmung der Vergleichszahl der Kriechwegbildung (CTI).....		14
11.1 Allgemeines		14
11.2 Vorprüfung		14
11.3 Bestimmung des 100-Tropfen-Punkts		14
11.4 Bestimmung der maximalen 50-Tropfen-Stehspannung.....		15
11.5 Prüfbericht		16
Anhang A (informativ) Liste von Faktoren, die von Produkt-Komitees berücksichtigt werden sollten		19
Anhang B (informativ) Prüflösung B		20
Anhang C (informativ) Auswahl des Elektrodenmaterials		21
Literaturhinweise		22

Bilder

Bild 1 – Elektrode	17
Bild 2 – Anordnung Elektrode/Probekörper	17
Bild 3 – Typische Elektrodenanordnung und Probekörperhalterung (Beispiel)	18
Bild 4 – Prüfschaltung (Beispiel)	18

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 112/369/CD:2016 „Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 112 „Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 183 „Bewertung und Qualifizierung von elektrischen Isolierstoffen und Isoliersystemen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60112 (VDE 0303-11):2010-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung einer neuen Verunreinigung, Lösung C mit einem Tensid angepasst an das Prüfverfahren nach IEC 60587. Die Definition der Lösung B wurde in den Annex B als Rückverweis verschoben.
- b) Einführung einer Vorprüfung in Anbetracht der Tatsache, dass manche Materialien hohen Testspannungen widerstehen können, aber bei niedrigeren Testspannungen versagen.

Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt das Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen Isolierstoffen unter der Verwendung von Wechsellspannung fest, und zwar auf Materialproben, die aus Bauteilen entnommen wurden, und auf Materialplatten.

Weiterhin legt die Norm die Bestimmung der Erosion fest, soweit diese benötigt wird.

ANMERKUNG 1 Die Prüfzahl der Kriechwegbildung wird sowohl als Abnahmekriterium als auch als Instrument zur Qualitätskontrolle an Materialien und Formteilen herangezogen. Die Vergleichszahl der Kriechwegbildung wird hauptsächlich für die grundlegende Charakterisierung sowie zum Vergleich der Eigenschaften von Materialien verwendet.

Dieses Prüfverfahren bewertet die Zusammensetzung des Materials sowie die Oberfläche des zu bewertenden Materials. Sowohl die Zusammensetzung als auch der Oberflächenzustand haben direkten Einfluss auf die Ergebnisse der Bewertung und müssen bei Verwendung der Ergebnisse im Materialauswahlprozess berücksichtigt werden.

Die Prüfergebnisse sind nicht ohne weiteres zur Ermittlung von Kriechstrecken bei der Konstruktion elektrischer Geräte geeignet.

ANMERKUNG 2 Dies entspricht IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*.

ANMERKUNG 3 Dieses Prüfverfahren ermöglicht eine Unterscheidung zwischen Materialien mit einem verhältnismäßig geringen und solchen mit mäßigem oder gutem Widerstand gegen Kriechwegbildung zur Verwendung in Betriebsmitteln, die für den Einsatz unter feuchten Umgebungsbedingungen geeignet sind. Für die Bewertung des Materialverhaltens bei Freilufteinsatz sind strengere und länger andauernde Prüfverfahren erforderlich, bei denen höhere Spannungen und größere Probekörper eingesetzt werden (siehe „inclined plane test“ nach IEC 60587). Andere Prüfverfahren – wie der „inclined plane test“ – können Materialien in einer anderen Reihenfolge gewichten als das in dieser Norm beschriebene Tropfenverfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

IEC 60212, *Standard conditions for the use prior and during the testing of solid electrical insulation materials*

ISO 293, *Plastics – Compression moulding test specimens of thermoplastic materials*

ISO 294-1, *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials – Part 1: General principles, and moulding of multi-purpose and bar test specimens*

ISO 294-3, *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials – Part 3: Small plates*

ISO 295, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermosetting materials*

ISO 4287, *Geometrical Product Specification (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definition and surface texture parameters*

ISO 3696, *Water for analytical laboratory use – Specification and test methods*

ISO 304, *Surface active agents – Determination of surface tension by drawing up liquid films*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC unterhalten Terminologiedatenbanken zur Verwendung bei der Normungsarbeit unter folgenden Adressen:

- IEC-Wörterbuch: verfügbar unter <http://www.electropedia.org>
- ISO Online-Rechercheplattform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Kriechwegbildung

fortschreitende Ausbildung leitender Pfade, die auf der Oberfläche und/oder im Inneren eines festen Isolierstoffs infolge von zusammenwirkenden Effekten durch elektrische Beanspruchung und elektrolytische Verunreinigung gebildet werden

3.2

Versagen durch Kriechwegbildung

Versagen der Isolierung infolge von Kriechwegbildung zwischen leitfähigen Körpern

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei dem vorliegenden Prüfverfahren wird ein Versagen aufgrund von Kriechwegbildung durch das Ansprechen eines Überstromauslösers infolge eines Stromflusses von mindestens 0,5 A für mindestens 2 s über die zu prüfende Oberfläche und/oder durch den Probekörper angezeigt.

3.3

elektrische Erosion

Materialabtrag von Isolierstoff durch die Einwirkung elektrischer Entladungen

3.4

Lichtbogen in Luft

Funkenentladung zwischen den Elektroden über der Probekörperoberfläche

3.5

Vergleichszahl der Kriechwegbildung

CTI

numerischer Wert der maximalen Spannung, in Volt, bei der fünf Probekörper der Prüffolge mit 50 Tropfen widerstehen, ohne dass ein Versagen durch Kriechwegbildung eintritt und ohne dass eine andauernde Flamme entsteht und umfasst des Weiteren eine Angabe zum Materialverhalten bei Prüfung mit 100 Tropfen (siehe 11.3). Bei geringerer Prüfspannung sind weder Versagen durch Kriechwegbildung noch andauernde Flamme zulässig

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kriterien für den CTI können außerdem eine Angabe zum Grad der Erosion erfordern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Obgleich das Auftreten einer nicht andauernden Flamme in der Prüfung zulässig ist, ohne dass dies als Fehler gewertet wird, werden Materialien, die gar keine Flammenentwicklung zeigen, bevorzugt, soweit andere Faktoren nicht als wichtiger betrachtet werden. Siehe auch Anhang A.

Anmerkung zum Begriff 3: Einige Materialien können hohen Prüfspannungen widerstehen, aber versagen bei niedrigeren Prüfspannungen. Siehe auch 11.2.

3.6

andauernde Flamme

in Schiedsfällen eine solche, die mehr als 2 s brennt

3.7

Prüfzahl der Kriechwegbildung

PTI

numerischer Wert der Prüfspannung, in Volt, bei der fünf Probekörper der Prüffolge von 50 Tropfen widerstehen, ohne dass ein Versagen durch Kriechwegbildung eintritt und ohne dass eine andauernde Flamme entsteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Obgleich eine nicht andauernde Flamme bei der Prüfung zulässig ist, ohne dass dies als Fehler gewertet wird, werden Materialien, die gar keine Flammenentwicklung zeigen, bevorzugt, soweit andere Faktoren nicht als wichtiger betrachtet werden. Siehe auch Anhang A.

3.8

vollentsalztes Wasser

Wasser für Laboranwendungen nach ISO 3696, Qualität 3

4 Kurzbeschreibung

Die Oberseite des Probekörpers wird in einer ungefähr waagerechten Ebene gelagert und mittels zweier Elektroden einer elektrischen Beanspruchung unterworfen. Die Oberfläche zwischen den Elektroden wird einer Folge von Auftropfungen eines Elektrolyten solange unterworfen, bis entweder der Überstromauslöser anspricht oder bis eine andauernde Flamme entsteht oder die Prüffolge beendet ist.

Die einzelnen Prüfungen sind von kurzer Dauer (weniger als 1 h) mit bis zu 50 oder 100 Tropfen von etwa 20 mg Elektrolyt, die in Zeitintervallen von 30 s zwischen Platinelektroden (Abstand: 4 mm) auf die Oberfläche des Probekörpers fallen.

Während der Prüfung wird an die Elektroden eine Wechselspannung zwischen 100 V und 600 V angelegt.

Im Verlauf der Prüfung können die Probekörper unter Umständen auch erodieren oder erweichen und hierdurch den Elektroden ein Eindringen in diese ermöglichen. Die Bildung eines Loches durch den Probekörper hindurch während einer Prüfung muss zusammen mit der Tiefe des Loches angegeben werden. Wiederholungsprüfungen unter Verwendung dickerer Probekörper (bis maximal 10 mm) sind zulässig.

ANMERKUNG Die Anzahl der Tropfen, die für die Verursachung eines Versagens durch Kriechwegbildung erforderlich ist, steigt normalerweise, wenn die angelegte Spannung vermindert wird, und unterhalb eines kritischen Wertes tritt die Kriechwegbildung nicht mehr auf. Bei einigen Materialien tritt außerdem oberhalb eines oberen kritischen Wertes keine Kriechwegbildung mehr auf.

5 Probekörper

Jede annähernd flache Oberfläche ist zulässig, vorausgesetzt, dass die Fläche ausreichend ist, um sicherzustellen, dass während der Prüfung keine Flüssigkeit von den Prüfelektroden abfließt.

ANMERKUNG 1 Flache Oberflächen von nicht weniger als 20 mm × 20 mm werden empfohlen, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass Elektrolyt von den Prüfelektroden abfließt; gleichwohl sind kleinere Abmessungen zulässig, z. B. Mehrzweckprobekörper (15 mm × 15 mm) nach ISO 3167, soweit kein Elektrolytverlust erfolgt.

ANMERKUNG 2 Nach Möglichkeit sind separate Probekörper für jede Prüfung zu verwenden. Wenn mehrere Prüfungen an der gleichen Probe durchgeführt werden, sollte dafür darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass die geprüften Stellen in einem hinreichenden Abstand zueinander liegen, so dass Spritzer oder Rauch von der geprüften Stelle die anderen zu prüfenden Bereiche nicht kontaminieren können.

Die Dicke der Probekörper muss 3 mm oder mehr betragen. Einzelne Materialproben dürfen gestapelt werden, um die geforderte Mindestdicke von 3 mm zu erreichen.

ANMERKUNG 3 Die CTI-Werte, die für Probekörper mit einer Dicke von weniger als 3 mm erhalten werden, können mit den Werten dickerer Probekörper nicht vergleichbar sein (wegen der höheren Wärmeableitung zur Glasauflage durch dünnere Probekörper). Aus diesem Grund sind gestapelte Probekörper zulässig.

Die Probekörper müssen nominell glatte und untexturierte Oberflächen besitzen, die frei von Oberflächenfehlern wie Kratzern, Beschädigungen, Verunreinigungen usw. sind, soweit dies nicht in der jeweiligen Produktnorm anderweitig festgelegt ist. Falls das nicht möglich ist, müssen die Ergebnisse zusammen mit einer Aussage zur Beschreibung der Oberfläche des Probekörpers angegeben werden, weil bestimmte Merkmale auf der Oberfläche des Probekörpers zur Streuung der Ergebnisse beitragen könnten.

Für Prüfungen an Bauteilen von Produkten, bei denen es unmöglich ist, einen geeigneten Probekörper aus einem Bauteil eines Produktes zu entnehmen, dürfen Probekörper verwendet werden, die aus gepressten oder spritzgegossenen Platten des gleichen Isolierstoffs entnommen wurden. In diesen Fällen sollte darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass sowohl das Bauteil als auch die Platte im gleichen Fertigungsprozess gefertigt sind, was die gleiche Oberflächentextur ergibt, wo immer dies möglich ist. In Fällen, bei denen die Details des letzten Fertigungsprozesses unbekannt sind, können unter Umständen die in ISO 293, ISO 294-1 und ISO 294-3 sowie ISO 295 angegebenen Verfahren geeignet sein.

ANMERKUNG 4 Die Anwendung unterschiedlicher Herstellungsbedingungen und/oder -prozesse kann zu unterschiedlichen Niveaus in Bezug auf das Verhalten bei der PTI- und CTI-Prüfung führen.

ANMERKUNG 5 Teile, die mit unterschiedlichen Fließrichtungen geformt wurden, können in entsprechender Weise unterschiedliche Niveaus in Bezug auf das Verhalten bei der PTI- und CTI-Prüfung zeigen.

In besonderen Fällen dürfen die Probekörper geschliffen werden, um eine glatte Oberfläche zu erhalten. In diesem Fall muss die Oberflächentextur nach ISO 4287 (z. B. R_z -Werte) angegeben werden (siehe 10.2 und 11.5).

Wenn die Richtung der Elektroden in Bezug auf irgendeine Eigenschaft des Materials von Bedeutung ist, müssen Messungen in der Richtung dieser Eigenschaft und senkrecht dazu durchgeführt werden. Die Richtung, die den kleineren CTI-Wert ergibt, muss angegeben werden, soweit nicht anders festgelegt.

6 Konditionierung der Probekörper

6.1 Umgebungsbedingte Konditionierung

Soweit nicht anders festgelegt, müssen die Probekörper mindestens 24 h bei $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 10) \% \text{ r.F.}$ konditioniert werden. Sobald der Probekörper aus der Klimakammer (siehe 7.7) entnommen wurde, muss mit der Prüfung innerhalb von 30 min begonnen werden.

6.2 Oberflächenzustand der Probekörper

Soweit nicht anders festgelegt,

- a) müssen die Prüfungen auf sauberen Oberflächen durchgeführt werden;
- b) muss jede angewendete Reinigungsprozedur angegeben werden. Wo immer dies möglich ist, müssen die Einzelheiten zwischen Lieferanten und Abnehmer vereinbart werden.

Staub, Schmutz, Fingerabdrücke, Fett, Öl, Rückstände aus dem Verarbeitungswerkzeug oder andere Verunreinigungen können die Ergebnisse beeinflussen. Bei der Reinigung des Probekörpers sollte mit Sorgfalt gearbeitet werden, um Quellung, Erweichung, Verschleiß oder andere Beschädigungen des Materials zu vermeiden.

7 Prüfeinrichtung

7.1 Elektroden

Zwei Elektroden aus Platin mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99 % müssen verwendet werden (siehe Anhang B). Die beiden Elektroden müssen einen rechteckigen Querschnitt von $(5 \pm 0,1) \text{ mm} \times (2 \pm 0,1) \text{ mm}$ haben; sie müssen auf der einen Seite ein meißelförmiges Ende mit einem Winkel von $(30 \pm 2)^\circ$ haben (siehe Bild 1). Die scharfe Kante muss gebrochen werden, um eine annähernd glatte Oberfläche mit einer Breite von 0,01 mm bis 0,1 mm herzustellen.

ANMERKUNG 1 Ein Mikroskop mit einem kalibrierten Okular hat sich zur Überprüfung der Größe der Endfläche als geeignet erwiesen.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, dass nach der Durchführung einer Prüfung mechanische Hilfsmittel zur Aufarbeitung der Elektrodenform verwendet werden, um sicherzustellen, dass die Elektroden die geforderten Toleranzen einhalten, besonders in Bezug auf die Ecken und Kanten.

Zu Beginn der Prüfung müssen die Elektroden symmetrisch in einer vertikalen Ebene und mit gegenüberliegenden Elektrodenspitzen annähernd vertikal auf einer flachen, horizontalen Oberfläche des Probekörpers angeordnet werden; der Gesamtwinkel zwischen den Elektroden beträgt $(60 \pm 5)^\circ$ (siehe Bild 2). Ihr Abstand auf der Oberfläche des Probekörpers muss zu Beginn der Prüfung $(4 \pm 0,1) \text{ mm}$ betragen.

Zur Überprüfung des Elektrodenabstandes muss eine dünne metallische Abstandslehre verwendet werden. Die Elektroden müssen frei beweglich sein, und die Kraft, die zu Beginn der Prüfung von jeder Elektrode auf die Oberfläche des Probekörpers ausgeübt wird, muss $(1,00 \pm 0,05) \text{ N}$ betragen. Die Gestaltung muss in einer Weise ausgeführt sein, dass davon ausgegangen werden kann, dass die Kraft während der Prüfung auf ihrem ursprünglichen Niveau verbleibt.

Eine typische Anordnung zum Aufsetzen der Elektroden auf den Probekörper ist in Bild 3 wiedergegeben. Die Kraft muss in geeigneten Abständen überprüft werden.

Wenn Prüfungen ausschließlich an Materialien durchgeführt werden, bei denen das Maß des Eindringens der Elektroden gering ist, darf die Elektrodenkraft mit Federn erzeugt werden. Bei Allzweckgeräten sollte jedoch die Schwerkraft zur Krafterzeugung genutzt werden (siehe Bild 3).

ANMERKUNG 3 Bei den meisten, aber nicht bei allen Ausführungen von Geräten werden die Elektrodenspitzen einen Bogen beschreiben, und der Elektrodenabstand wird sich ändern, wenn die Elektroden sich aufgrund von Erweichung oder Erosion des Probekörpers bewegen. Die Größenordnung und Richtung der Abstandsänderung wird von den relativen Positionen der Elektroden-Drehpunkte und der Berührungspunkte zwischen Elektroden und Probekörper abhängen. Die Bedeutung dieser Änderungen wird vermutlich materialabhängig sein und ist nicht untersucht worden. Unterschiede im Aufbau könnten zu Abweichungen zwischen den Ergebnissen verschiedener Prüfgeräte führen.

7.2 Prüfkreis

Die Elektroden müssen mit einer im Wesentlichen sinusförmigen Spannung versorgt werden, die zwischen 100 V und 600 V bei einer Frequenz von 48 Hz bis 62 Hz eingestellt werden kann. Das Spannungsmessgerät muss den wahren Effektivwert (true r.m.s.) anzeigen und darf einen maximalen Fehler von 1,5 % nicht überschreiten. Die Leistung der Quelle darf nicht weniger als 0,6 kVA betragen. Ein Beispiel einer geeigneten Schaltung ist in Bild 4 wiedergegeben.

Ein einstellbarer Widerstand muss ein Einstellen des Stroms zwischen den kurzgeschlossenen Elektroden auf $(1,0 \pm 0,1) \text{ A}$ ermöglichen, und die von dem Spannungsmessgerät angezeigte Spannung darf um nicht mehr als 10 % abfallen, wenn dieser Strom fließt (siehe Bild 4). Das Messgerät, das zur Messung des Kurzschlussstromes verwendet wird, darf einen maximalen Fehler von $\pm 3 \%$ nicht überschreiten.

Die Eingangs-Versorgungsspannung des Prüfgerätes muss hinreichend stabil sein.

Der Überstromauslöser muss ansprechen, wenn ein Strom mit einem Effektivwert (r.m.s.) von 0,50 A mit einer relativen Toleranz von $\pm 10 \%$, für 2,00 s mit einer relativen Toleranz von $\pm 10 \%$ fortwährend fließt.

7.3 Prüflösungen

Prüflösung A:

Etwa 0,1 % (Massenprozent) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), Qualität: „pro analysis“, mit einer Reinheit von nicht weniger als 99,8 % in vollentsalztem Wasser lösen; die fertige Lösung besitzt bei $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ einen spezifischen Widerstand von $(3,95 \pm 0,05) \Omega\text{m}$.

ANMERKUNG 1 Die Menge des Ammoniumchlorids wird in der Weise gewählt, dass eine Lösung mit dem geforderten spezifischen Widerstand hergestellt wird.

Prüflösung B:

Die Beschreibung für diese Prüflösung ist nach Anhang B (informativ) verschoben worden.

Prüflösung C:

Etwa 0,2 % (Massenprozent) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), Qualität: „pro analysis“, mit einer Reinheit von nicht weniger als 99,8 % sowie $(0,5 \pm 0,02) \%$ (Massenprozent) eines nichtionischen Tensids (*t-Octylphenoxypolyethoxyethanol*, CAS-Nummer 9002-93-1) in vollentsalztem Wasser lösen; die fertige Lösung besitzt bei $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ einen spezifischen Widerstand von $(1,98 \pm 0,05) \Omega\text{m}$ und eine Oberflächenspannung von $< 40 \text{ mN/m}$.

ANMERKUNG 2 Die Menge des Ammoniumchlorids wird in der Weise gewählt, dass eine Lösung mit dem geforderten spezifischen Widerstand hergestellt wird, und die Menge des nichtionischen Tensids so, dass die Lösung die erforderliche Oberflächenspannung hat.

Normalerweise wird Prüflösung A verwendet, wenn jedoch eine aggressivere Verunreinigung erforderlich ist, wird Prüflösung C empfohlen. Zur Kennzeichnung, dass Prüflösung C verwendet wurde, muss der CTI- oder PTI-Wert mit einem nachgesetzten Buchstaben „C“ angegeben werden. Zu Vergleichszwecken mit früheren Ergebnissen darf die Verwendung von Prüflösung B vereinbart werden.

7.4 Tropfengeber

Die Tropfen der Prüflösung müssen in Zeitintervallen von $(30 \pm 5) \text{ s}$ auf die Oberfläche des Probekörpers fallen. Die Tropfen müssen mehr oder weniger mittig zwischen die Elektroden aus einer Höhe von $(35 \pm 5) \text{ mm}$ fallen.

Die Zeitdauer für das Fallen von 50 Tropfen auf den Probekörper muss $(24,5 \pm 2) \text{ min}$ betragen.

Die Masse einer Folge von 50 Tropfen muss zwischen 0,997 g und 1,147 g liegen. Die Masse einer Folge von 20 Tropfen muss zwischen 0,380 g und 0,480 g liegen.

ANMERKUNG 1 Die Masse der Tropfen kann durch Wägen mit einer geeigneten Laborwaage ermittelt werden.

Die Masse der Tropfen muss in geeigneten Zeitintervallen überprüft werden.

ANMERKUNG 2 Bei Prüflösung A hat sich ein Abschnitt eines dünnwandigen Stahlröhrchens (z. B. einer Injektionsnadel) mit einem Außendurchmesser zwischen 0,9 mm und 1,2 mm (abhängig vom Tropfsystem) für die Spitze des Tropfengebers als geeignet erwiesen. Bei Prüflösung B haben sich Röhrchen mit Außendurchmessern zwischen 0,9 mm und 3,45 mm für die verschiedenen in Verwendung befindlichen Tropfsysteme als erforderlich erwiesen.

ANMERKUNG 3 Die Verwendung eines Tropfendetektors und/oder Tropfenzählers wird empfohlen, um doppelte oder fehlende Auftropfungen zu ermitteln.

7.5 Auflagefläche für Probekörper

Als Auflage für den Probekörper während der Prüfung muss eine Glasplatte (oder Platten) mit einer Gesamtdicke von nicht weniger von 4 mm und in passender Größe verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Um das Problem der Reinigung des Proben-Auflagetisches zu vermeiden, wird empfohlen, einen entfernbaren gläsernen Mikroskop-Objektträger auf dem Proben-Auflagetisch unmittelbar unter den Probekörper zu legen.

ANMERKUNG 2 Das Anbringen metallisch leitender Folien rund um den Rand der Glasplatte hat sich zur Erkennung von Elektrolytverlust als nützlich erwiesen.

7.6 Installation der Elektrodenanordnung

Der Probekörper und dessen zugehörige Elektroden müssen in einem im Wesentlichen zugluftfreien Raum in einer Kammer montiert sein.

ANMERKUNG Um die Kammer in vernünftiger Weise von Rauch freizuhalten, kann es für bestimmte Klassen von Materialien erforderlich sein, einen geringen Luftstrom über der Oberfläche des Probekörpers und zwischen den Elektroden zuzulassen. Eine Luftgeschwindigkeit in der Größenordnung von 0,2 m/s vor Beginn der Prüfung und, so weit als möglich, während der Prüfung hat sich als geeignet erwiesen. Die Luftgeschwindigkeit in anderen Bereichen der Kammer darf wesentlich höher sein, um die Rauchentfernung zu unterstützen. Die Luftgeschwindigkeit kann mit einem in geeigneter Weise skalierten Hitzdraht-Anemometer gemessen werden.

Damit die Kammer nach der Prüfung sicher entlüftet werden kann, muss ein geeignetes Rauchabzugssystem bereitgestellt werden.

7.7 Klimakammer

Die Klimakammer muss bei einer Temperatur von $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 10)\%$ gehalten werden.

ANMERKUNG In IEC 60212 sind die Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisoliermaterialien beschrieben.

8 Zugrundeliegendes Prüfverfahren

8.1 Allgemeines

Ist das Material im Wesentlichen anisotrop, müssen die Prüfungen in der Richtung der jeweiligen Eigenschaften und senkrecht dazu durchgeführt werden. Als Ergebnisse müssen die Werte der Richtung, welche die niedrigeren Werte ergibt, verwendet werden, soweit dies nicht anders festgelegt ist.

Die Prüfung muss bei einer Umgebungstemperatur von $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ durchgeführt werden.

Soweit nicht anders festgelegt, müssen die Prüfungen an Probekörpern ohne Verunreinigungen durchgeführt werden.

Das Ergebnis einer Prüfung, bei der ein Loch gebildet wurde, wird ohne Rücksicht auf die Dicke des Probekörpers als gültig betrachtet; die Bildung eines Loches muss jedoch zusammen mit der Tiefe des Loches (die Dicke des Probekörpers oder des Probekörperstapels) angegeben werden.

8.2 Vorbereitung

Nach jeder Prüfung werden die Elektroden mit einem geeigneten Lösungsmittel gereinigt und anschließend mit vollentsalztem Wasser abgespült. Falls erforderlich, wird die Gestalt der Elektroden wiederhergestellt und sie werden vor der nächsten Prüfung abschließend noch einmal abgespült.

Unmittelbar vor der Prüfung wird sichergestellt (falls notwendig, durch Kühlung der Elektroden), dass die Temperatur der Elektroden hinreichend niedrig ist, so dass diese keinen schädlichen Einfluss auf die Eigenschaften des Probekörpers haben.

Es wird sichergestellt, dass die Lösung frei von sichtbaren Verunreinigungen ist und dass die verwendete Lösung den Anforderungen hinsichtlich der Leitfähigkeit entspricht, entweder durch regelmäßige Prüfung oder durch Messung unmittelbar vor der Prüfung.

ANMERKUNG 1 Rückstände am Tropfengeber von einer früheren Prüfung werden voraussichtlich zu einer Verunreinigung der Lösung führen, und Verdunsten von Lösung erhöht deren Konzentration; beides kann zu niedrigeren als den wahren Werten führen. In diesen Fällen kann es ratsam sein, vor jeder Prüfung die Außenseite des Tropfengebers mechanisch und/oder mit einem Lösungsmittel zu reinigen und die Innenseite mit der den Anforderungen entsprechenden Lösung durchzuspülen. Das Durchspülen mit 10 bis 20 Tropfen (abhängig vom Zeitraum zwischen den Prüfungen) entfernt normalerweise jede nicht den Anforderungen entsprechende Flüssigkeit.

In Schiedsfällen muss die für die Elektroden und den Tropfengeber verwendete Reinigungsprozedur zwischen Kunde und Lieferant abgestimmt werden.

Der Probekörper wird mit der zu prüfenden Oberfläche nach oben und waagrecht auf den Probekörper-Auflagetisch gelegt. Die relative Höhe des Probekörpers und der Elektrodenanordnung wird so eingestellt, dass beim Absenken der Elektroden auf den Probekörper die richtige Orientierung der Elektroden mit einem Abstand von $(4 \pm 0,1)$ mm erhalten wird. Es wird sichergestellt, dass deren meißelförmige Enden über die volle Breite und mit der geforderten Kraft die Oberfläche des Probekörpers berühren.

ANMERKUNG 2 Bei visueller Durchführung dieser Überprüfung kann es hilfreich sein, hinter den Elektroden eine Lichtquelle zu platzieren.

Die Prüfspannung wird auf den geforderten Wert eingestellt, der ein ganzzahliges Vielfaches von 25 V sein muss, und die Parameter des Prüfkreises werden so eingestellt, dass der Kurzschlussstrom innerhalb der zulässigen Toleranz liegt.

8.3 Prüfverfahren

Das Tropfsystem wird so aktiviert, dass auf die zu prüfende Oberfläche Tropfen fallen, und die Prüfung wird so lange fortgesetzt, bis einer der folgenden Fälle eintritt:

- a) der Überstromauslöser spricht an;
- b) eine andauernde Flamme entsteht;
- c) mindestens 25 s sind vergangen, nachdem der fünfzigste (hundertste) Tropfen gefallen ist, ohne dass a) oder b) eingetreten ist.

ANMERKUNG Wenn die Bestimmung der Erosion nicht gefordert ist, dürfen die 100-Tropfen-Prüfungen vor den 50-Tropfen-Prüfungen durchgeführt werden.

Nach Beendigung der Prüfung wird die Kammer belüftet, um schädliche Dämpfe zu entfernen, und der Probekörper wird entnommen.

9 Bestimmung der Erosion

Wenn erforderlich, müssen die Probekörper, die bei dem 50-Tropfen-Wert nicht versagt haben, von sämtlichen Ablagerungen oder lose anhaftenden Zersetzungsprodukten gereinigt werden und auf die Messfläche einer Tiefenlehre gelegt werden. Von jedem Probekörper muss die maximale Tiefe der Erosion, in mm, mit einer Genauigkeit von 0,1 mm bestimmt werden, und zwar unter Verwendung eines Messfühlers mit einem nominellen Durchmesser von 1,0 mm, der ein halbkugelförmiges Ende besitzt. Das Ergebnis ist der Maximalwert der fünf gemessenen Werte.

Erosionstiefen von weniger als 1 mm werden mit < 1 mm angegeben.

Bei Prüfungen nach Abschnitt 10 muss die Erosion, soweit erforderlich, auf den Probekörpern gemessen werden, die den 50 Tropfen bei der festgelegten Spannung widerstanden haben.

Bei Prüfungen nach Abschnitt 11 muss die Erosion, soweit erforderlich, auf den Probekörpern gemessen werden, die bei der höchsten 50-Tropfen-Spannung geprüft wurden.

10 Bestimmung der Prüfzahl der Kriechwegbildung (PTI)

10.1 Verfahren

In Fällen, in denen durch IEC-Normen für Anforderungen an Materialien oder elektrische Geräte oder durch andere Normen lediglich eine Bestimmung der Prüfzahl der Kriechwegbildung gefordert wird, müssen 50-Tropfen-Prüfungen nach Abschnitt 8 durchgeführt werden, jedoch nur bei einer einzigen festgelegten Spannung. Die geforderte Anzahl von Probekörpern muss der Prüffolge bis mindestens 25 s, nachdem der fünfzigste Tropfen gefallen ist, widerstehen, und zwar ohne Versagen durch Kriechwegbildung und ohne das Auftreten einer andauernden Flamme.

Das Ansprechen des Überstromauslösers in Folge von Lichtbögen in Luft gilt nicht als Versagen durch Kriechwegbildung.

Die empfohlene Anzahl von Probekörpern ist 5. Wenn einer der fünf Probekörper bei einer bestimmten Prüfspannung versagt, muss eine neue Reihe von 5 Probekörpern geprüft werden. Wenn nur einer der insgesamt 10 Probekörper versagt, ist das Ergebnis „bestanden“.

Die Prüfspannung muss ein ganzzahliges Vielfaches von 25 V sein.

10.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

1. Kennzeichnung des geprüften Materials und die Einzelheiten zur Konditionierung.
2. Dicke der Probekörper und die Anzahl der verwendeten Lagen, um diese Dicke zu erreichen.
3. Beschaffenheit der Probekörperoberfläche, wenn nicht die originale Oberfläche geprüft wurde:
 - 3.1 Einzelheiten zu jedem Reinigungsprozess;
 - 3.2 Einzelheiten zu jedem Bearbeitungsprozess, z. B. Schleifen;
 - 3.3 Einzelheiten zu jeder Beschichtung auf dem geprüften Probekörper.
4. Zustand der Oberfläche vor der Prüfung in Bezug auf Oberflächenfehler, z. B. Oberflächenkratzer, Beschädigungen, Verunreinigungen usw.
5. Das für die Elektroden und den Tropfengeber verwendete Reinigungsverfahren.
6. Soweit die Messungen nicht in einem im Wesentlichen zugluftfreien Raum durchgeführt wurden, wird die ungefähre Luftgeschwindigkeit angegeben.
7. Orientierung der Elektroden in Bezug auf alle bekannten Merkmale des Materials.
8. Angabe über das Ergebnis der Prüfung zur Bestimmung der Prüfzahl der Kriechwegbildung, wenn keine Bestimmung der Erosion erforderlich ist, wie folgt:

„Bestanden“ oder „Nicht bestanden“ bei der festgelegten Spannung mit einer Kennzeichnung der Art der Prüflösung, wenn Prüflösung C oder Prüflösung B verwendet wurde.

BEISPIEL für Prüflösung A: „Bestanden/Nicht bestanden PTI 175“; oder

BEISPIEL für Prüflösung B: „Bestanden/Nicht bestanden PTI 225 M“; oder

BEISPIEL für Prüflösung C: „Bestanden/Nicht bestanden PTI 175 C“.

Wenn eine Angabe zur Erosion erforderlich ist, muss das Ergebnis wie folgt angegeben werden: