



	DIN EN 62011-2 (VDE 0320 Teil 2)	
	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.	

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.

ICS 29.035.20

**Isolierstoffe –
Formgepresste Rohre und Stäbe mit rechteckigem und sechseckigem
Querschnitt aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis
warmhärtender Harze für elektrotechnische Zwecke –
Teil 2: Prüfverfahren
(IEC 62011-2:2004);
Deutsche Fassung EN 62011-2:2004**

Insulating materials –
Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes –
Part 2: Methods of test
(IEC 62011-2:2004);
German version EN 62011-2:2004

Matériaux isolants –
Tubes et barres industriels, rigides, moulés, stratifiés, de sections transversales rectangulaires ou hexagonales, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai
(CEI 62011-2:2004);
Version allemande EN 62011-2:2004

Gesamtumfang 18 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2004-03-01 angenommene EN 62011-2 gilt als DIN-Norm ab 2004-12-01.

Nationales Vorwort

Zu diesem Dokument wurde ein Kurzverfahren in den DIN-Mitteilungen veröffentlicht.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 181.2 „Anforderungen an feste Isolierstoffe“ (AK 181.2.6 „Schichtpressstoffe“) der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informations-technik im DIN und VDE zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 15C „Specifications“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2005 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60167:1964	DIN IEC 60167 (VDE 0303 Teil 31):1993-12	VDE 0303 Teil 31
–	IEC 60212:1971	DIN IEC 60212 (VDE 0308 Teil 1):1995-09	VDE 0308 Teil 1
EN 60243-1:1998	IEC 60243-1:1998	DIN EN 60243-1 (VDE 0303 Teil 21):1999-03	VDE 0303 Teil 21
–	IEC 60296:1982	DIN IEC 60296 (VDE 0370 Teil 1):2001-02	VDE 0370 Teil 1
–	Normen der Reihe: IEC 62011-3	–	–
EN ISO 62:1999	ISO 62:1999	DIN EN ISO 62:1999-08	–
EN ISO 178:2003	ISO 178:2001	DIN EN ISO 178:2003-06	–
EN ISO 604:2003	ISO 604:2002	DIN EN ISO 604:2003-12	–
–	ISO 1183:1987	–	–
–	ISO 5893:2002	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60167 (VDE 0303 Teil 31):1993-12, *Prüfverfahren für Elektroisierstoffe; Isolationswiderstand von festen, isolierenden Werkstoffen (IEC 60167:1964); Deutsche Fassung HD 568 S1:1990.*

DIN IEC 60212 (VDE 0308 Teil 1):1995-09, *Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisierstoffen (IEC 60212:1971); Deutsche Fassung HD 437 S1:1984.*

DIN EN 60243-1 (VDE 0303 Teil 21):1999-03, *Elektrische Durchschlagfestigkeit von isolierenden Werkstoffen – Prüfverfahren – Teil 1: Prüfungen bei technischen Frequenzen (IEC 60243-1:1998); Deutsche Fassung EN 60243-1:1998.*

DIN IEC 60296 (VDE 0370 Teil 1):2001-02, *Bestimmung für neue Isolieröle für Transformatoren und Schaltgeräte (IEC 10/490/CD:2000) / Achtung: Vorgesehen als Ersatz für DIN VDE 0370-1 (1978-12).*

DIN EN ISO 62:1999-08, *Kunststoffe – Bestimmung der Wasseraufnahme (ISO 62:1999); Deutsche Fassung EN ISO 62:1999.*

DIN EN ISO 178:2003-06, *Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:2001); Deutsche Fassung EN ISO 178:2003.*

DIN EN ISO 604:2003-12, *Kunststoffe – Bestimmung von Druckeigenschaften (ISO 604:2002); Deutsche Fassung EN ISO 604:2003.*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Isolierstoffe
Formgepresste Rohre und Stäbe mit rechteckigem und sechseckigem
Querschnitt aus technischen Schichtpressstoffen auf der Basis warmhärtender
Harze für elektrotechnische Zwecke
Teil 2: Prüfverfahren
(IEC 62011-2:2004)

Insulating materials
Industrial, rigid, moulded, laminated tubes and
rods of rectangular and hexagonal cross-
section, based on thermosetting resins for
electrical purposes
Part 2: Methods of test
(IEC 62011-2:2004)

Matériaux isolants
Tubes et barres industriels, rigides, moulés,
stratifiés, de sections transversales
rectangulaires ou hexagonales, à base de
résines thermodurcissables, à usages
électriques
Partie 2: Méthodes d'essai
(CEI 62011-2:2004)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2004-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, Slowenien, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 15C/1532/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62011-2, ausgearbeitet von dem SC 15C „Specifications“ des IEC TC 15 „Insulating materials“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2004-03-01 als EN 62011-2 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2004-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2007-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62011-2:2004 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 61212-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61212-1:1995 (nicht modifiziert).
IEC 62011-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62011-1:2002 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Konditionierung.....	5
4 Maße.....	5
5 Mechanische Prüfungen.....	7
6 Elektrische Prüfungen	10
7 Weitere Prüfungen.....	12
Literaturhinweise.....	13
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	14

Einleitung

Dieser Teil der IEC 62011 gehört zu einer Reihe, die formgepresste Rohre mit rechteckigem und Stäbe mit rechteckigem und sechseckigem Querschnitt aus technischen Schichtpresstoffen auf der Basis warmhärtender Harze für elektrotechnische Zwecke behandelt. Die Werkstoffe sind ähnlich denen, die in IEC 61212-1 beschrieben sind, haben aber andere Querschnitte.

Diese Reihe unter dem allgemeinen Titel Isolierstoffe – Formgepresste Rohre und Stäbe mit rechteckigem und sechseckigem Querschnitt aus technischen Schichtpresstoffen auf der Basis warmhärtender Harze für elektrotechnische Zwecke - besteht aus drei Teilen:

- Teil 1: Definitionen, Bezeichnungen und allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Prüfverfahren
- Teil 3: Bestimmungen für einzelne Werkstoffe

IEC 62011-2 beschreibt die Prüfverfahren.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62011 behandelt die Prüfverfahren für formgepresste Rohre und Stäbe mit rechteckigem und sechseckigem Querschnitt aus technischen Schichtpresstoffen auf der Basis warmhärtender Harze für elektrotechnische Zwecke.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten normativen Dokumente 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 60167:1964, *Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials*

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60296:1982, *Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 62011-3 (all parts), *Insulating materials – Industrial rigid moulded laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

ISO 62:1999, *Plastics – Determination of water absorption*

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 604:2002, *Plastics – Determination of compressive properties*

ISO 1183:1987, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics*

ISO 5893:2002, *Rubber and plastics test equipment – Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) – Specification*

3 Konditionierung

Wenn nicht anders festgelegt, müssen die Probekörper unmittelbar vor der Prüfung für wenigstens 24 h im Normalklima B nach IEC 60212 bei einer Temperatur von $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $(50 \pm 5)\%$ konditioniert werden.

Wenn nicht anders festgelegt, muss jeder Probekörper im Konditionierungsklima geprüft werden oder die Prüfungen müssen innerhalb von 3 min nach der Entnahme des jeweiligen Probekörpers aus dem Konditionierungsklima beginnen.

4 Maße

4.1 Außenmaße

4.1.1 Prüfgerät

Die Außenmaße von rechteckigen Rohren und Stäben und der Abstand zwischen den Flächen eines sechseckigen Stabes müssen mit einem Messwerkzeug mit einer Genauigkeit von $\pm 0,02\text{ mm}$ oder besser bestimmt werden. Dies kann sowohl eine Messschraube als auch ein Messschieber sein. Im Fall einer Messschraube müssen die Messflächen einen Durchmesser von 6 mm bis 8 mm haben und auf 0,01 mm eben und 0,003 mm parallel sein.

Jedes andere Messmittel, das ein gleiches Ergebnis erbringt, ist zulässig. Im Streitfall muss eine Messschraube oder ein Messschieber verwendet werden.

4.1.2 Durchführung

4.1.2.1 Außenmaße von rechteckigen und quadratischen Querschnitten

Im Anlieferungszustand werden die zwei Maße (Abstand zwischen gegenüberliegenden Flächen des Rohres oder Stabes) in drei verschiedenen Ebenen rechtwinklig zur Achse gemessen. Im Allgemeinen müssen die Messungen in der Mitte und an jedem Ende eines Rohres oder Stabes durchgeführt werden, jedoch nicht weniger als 20 mm von den Enden entfernt. Die drei Ergebnisse für jedes der beiden Maße sind auf 0,02 mm genau zu protokollieren.

4.1.2.2 Außenmaße von sechseckigen Querschnitten

Im Anlieferungszustand werden die Abstände zwischen gegenüberliegenden Flächen des Stabes in drei verschiedenen Ebenen rechtwinklig zur Achse gemessen. Im Allgemeinen müssen die Messungen in der Mitte und an jedem Ende eines Rohres oder Stabes gemacht werden, jedoch nicht weniger als 20 mm von den Enden entfernt. Die drei Ergebnisse für jedes der drei Maße sind auf 0,02 mm genau zu protokollieren.

4.1.3 Ergebnisse

Im Falle eines sechseckigen oder quadratischen Stabes oder Rohres werden das arithmetische Mittel sowie die Kleinst- und die Größtwerte in Millimeter für die beiden Maße eines Stabes oder Rohres angegeben. Im Falle eines sechseckigen Stabes werden das arithmetische Mittel sowie die Kleinst- und die Größtwerte in Millimeter für den Abstand zwischen gegenüberliegenden Flächen des Stabes angegeben.

4.2 Innenmaße

4.2.1 Prüfgerät

Die Innenmaße eines quadratischen oder rechtwinkligen Rohres müssen mit einem Messmittel mit einer Genauigkeit von 0,02 mm oder besser bestimmt werden. Dies kann sowohl eine Messschraube als auch ein Messschieber sein.

Jedes andere Messmittel, das ein gleiches Ergebnis erbringt, ist zulässig. Im Streitfall muss eine Messschraube oder ein Messschieber verwendet werden.

4.2.2 Durchführung

Im Anlieferungszustand werden die zwei Innenmaße (Abstand zwischen gegenüberliegenden Innenflächen des Rohres) in einer Ebene rechtwinklig zur Achse an jedem Ende des Rohres gemessen. Die Maße müssen an drei Stellen, ungefähr in der Mitte und nahe an den Ecken des Querschnittes, bestimmt werden. Die erhaltenen Ergebnisse sind zu protokollieren.

4.2.3 Ergebnisse

Das arithmetische Mittel der Messungen für jedes der zwei Innenmaße ist ebenso wie die Kleinst- und Größtwerte zu protokollieren.

4.3 Wanddicke

4.3.1 Prüfgerät

Die Wanddicke von quadratischen oder rechteckigen Rohren muss mit einem Messmittel mit einer Genauigkeit von 0,02 mm oder besser bestimmt werden. Dies kann sowohl ein Messschieber als auch eine Messschraube mit Spitzenmesseinsatz sein, damit Messungen dicht an den Ecken des Querschnitts möglich sind.

Jedes andere Messmittel, das ein gleiches Ergebnis bringt, ist zulässig. Im Streitfall muss eine Messschraube oder ein Messschieber verwendet werden.

4.3.2 Durchführung

Die Wanddicke wird im Anlieferungszustand gemessen. An jedem Ende des Rohres sind die Wanddicken der vier verschiedenen Wandungen nahe an den Ecken und etwa in der Mitte zu messen. Die erhaltenen Ergebnisse sind zu protokollieren.

4.3.3 Ergebnisse

Das arithmetische Mittel der gemessenen Werte ist auf die nächsten 0,02 mm genau als Wanddicke des Rohres ebenso wie der Kleinst- und der Größtwert zu protokollieren.

4.4 Abweichung von der Geradheit – Anwendbar für alle Rohre und Stäbe

4.4.1 Probekörper

Der Probekörper ist das zu prüfende Rohr oder der zu prüfende Stab. Wenn nötig, kann vor der Prüfung das Rohr oder der Stab in der Länge gekürzt werden, um überschüssiges Harz oder Grat der Enden zu entfernen.

4.4.2 Verfahren

Die Länge des Rohres oder Stabes ist in Millimeter auf die nächsten 1,0 mm genau zu messen und zu protokollieren. Das Rohr oder der Stab ist dann mit einer Fläche auf eine ebene, waagerechte Unterlage zu legen. Das Rohr oder der Stab wird dann so lange von einer Fläche auf die nächste gedreht bis zu der Position, wo die Enden in Kontakt mit der Unterlage sind und der größte Spalt auftritt.

Das Rohr oder der Stab wird in dieser Position gehalten, ohne einen Druck auszuüben, der eine Deformation bewirken könnte. Der größte Abstand zwischen dem Rohr oder Stab und der Unterlage ist mittels Fühlerlehren oder Endmaßen zu messen.

ANMERKUNG Falls die Mitte des Rohres oder Stabes einen größeren Querschnitt hat und die Enden nicht die ebene, waagerechte Unterlage berühren, ist der Spalt an jedem Ende des Rohres oder Stabes zu messen und die Differenz der beiden Ergebnisse der Enden zu protokollieren.

4.4.3 Ergebnisse

Der gefundene Größtwert ist in Millimeter auf die nächsten 0,1 mm genau als die Abweichung von der Geradheit für das zu prüfende Rohr oder den zu prüfenden Stab zu protokollieren. Die Methode zur Berechnung der zulässigen Abweichung von der Geradheit als Funktion der Länge ist in IEC 62011-3 angegeben.

5 Mechanische Prüfungen

5.1 Biegefestigkeit parallel zu den Lagen (nur Stäbe)

5.1.1 Allgemein

Die Biegefestigkeit muss gemäß dem in ISO 178 beschriebenen Verfahren bestimmt werden. Das Prüfgerät muss ISO 5893 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Dieses Verfahren liefert nützliche Informationen zur Bestimmung von Werkstoffen; sie dürfen jedoch nicht bei Konstruktionsberechnungen eingesetzt werden. Bei der Herstellung von Probekörpern können Spannungen im Stab freigesetzt werden, und es kann sein, dass die Ergebnisse nicht mit den wahren Biegespannungen übereinstimmen.

ANMERKUNG 2 Für die Werkstoffe, die in dieser Norm beschrieben werden, können die Biegefestigkeit und die Biegespannung beim Bruch als gleich angesehen werden.

5.1.2 Probekörper

Es sind fünf Probekörper zu prüfen. Jeder Probekörper muss ein Stück des Stabes im Anlieferungszustand sein; Ausnahmen sind in 5.1.2.1 und 5.1.2.2 beschrieben. Die Länge jedes Probekörpers muss das 22fache der Dicke eines Probekörpers betragen und sie muss aus der Hauptrichtung des zu prüfenden Stabes geschnitten sein.

5.1.2.1 Rechteckige Stäbe

Wenn der Abstand zwischen den Flächen eines rechteckigen Stabes in jeder Richtung 10 mm oder weniger beträgt, muss der Stab im Anlieferungszustand geprüft werden.

Wenn der Abstand zwischen den Flächen eines rechteckigen Stabes in einer Richtung 10 mm oder weniger beträgt und mehr als 15 mm in der anderen Richtung, muss das größere Maß durch Bearbeitung auf $(15 \pm 0,5)$ mm verringert werden.

Wenn der Abstand zwischen den Flächen eines rechteckigen Stabes 10 mm überschreitet, ist der Stab auf einen rechteckigen Querschnitt herabzuarbeiten, dessen Dicke möglichst dicht bei 10 mm liegt und bei dem gleiche Anteile der Ober- und Unterseiten entfernt wurden. Werden Probekörper auf diese Weise aus dem Stab hergestellt, muss die Breite des Probekörpers gleich dem Abstand der ursprünglichen Flächen sein, jedoch nicht, wenn dieser mehr als 15 mm beträgt. In diesem Fall ist die Breite der Probekörper durch Bearbeitung auf $(15 \pm 0,5)$ mm zu verringern.

5.1.2.2 Sechseckige Stäbe

Wenn der Abstand zwischen den Flächen eines sechseckigen Stabes 10 mm oder weniger beträgt, muss der Stab im Anlieferungszustand geprüft werden.

Wenn der Abstand zwischen den Flächen eines sechseckigen Stabes 10 mm überschreitet, ist der Stab durch Bearbeitung auf einen rechteckigen Querschnitt zu bringen. Die Breite des Probekörpers muss gleich dem ursprünglichen Abstand von zwei gegenüberliegenden Flächen sein, ausgenommen jedoch, wenn

dieser 15 mm überschreitet. In diesem Fall ist sie durch Abarbeitung von ungefähr gleichen Anteilen von den gegenüberliegenden Seiten auf $(15 \pm 0,5)$ mm zu verringern.

Die bevorzugte Probekörperdicke beträgt 10 mm. Dies wird erreicht durch das Entfernen von ungefähr gleichen Anteilen von den oberen und unteren Flächen des Probekörpers. Im Fall von schmaleren Stäben, bei denen eine Probekörperbreite von 10 mm nicht erreicht werden kann, soll der Probekörper so dick wie möglich sein.

5.1.3 Durchführung

Die Maße jedes Probekörpers sind mit einem Messmittel mit einer Genauigkeit von 0,02 mm oder besser zu bestimmen. Dies kann sowohl eine Messschraube als auch ein Messschieber sein.

Im Fall von rechteckigen Probekörpern sind die Dicke der Probekörper auf die nächsten 0,02 mm und die Breite der Probekörper auf die nächsten 0,1 mm genau zu messen. Im Fall von sechseckigen Stäben ist der Abstand zwischen den Flächen auf die nächsten 0,02 mm genau zu messen.

Der Abstand zwischen den Auflagepunkten des Prüfgerätes muss das 15- bis 17fache der gemessenen Dicke betragen (oder, im Fall von sechseckigen Stäben das 15- bis 17fache des gemessenen Abstandes zwischen den Flächen). Der Abstand ist auf 0,5 % genau zu messen.

Alle rechteckigen Probekörper müssen während der Prüfung so positioniert werden, dass die breite Oberfläche auf den beiden Auflagebalken der Prüfmaschine liegt.

Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt 5 mm/min \pm 20%.

Für jeden Probekörper ist die maximale Kraft F in Newton zu messen und zu protokollieren und die Biegefestigkeit nach der unten angegebenen Gleichung zu berechnen.

Für rechteckige Stäbe und rechteckige Probekörper, die aus großen, sechseckigen Stäben bearbeitet wurden, gilt

$$\text{Biegefestigkeit} = \frac{1,5 FL}{bh^2}$$

Dabei ist:

- F die Kraft im Augenblick des Bruches in N;
- L der Abstand zwischen den Auflagebalken in mm;
- b die Breite des Probekörpers in mm;
- h die Dicke des Probekörpers in mm.

Für kleine sechseckige Stäbe gilt:

$$\text{Biegefestigkeit} = \frac{2,8 FL}{D^3}$$

Dabei ist:

- F die Kraft im Augenblick des Bruches in Newton (N);
- L der Abstand zwischen den Auflagebalken in mm;
- D der Abstand zwischen den Flächen des Probekörpers in mm.

5.1.4 Ergebnisse

Das arithmetische Mittel der 5 Ergebnisse ist als die Biegefestigkeit des zu prüfenden Stabes anzugeben.

5.2 Axiale Druckfestigkeit (nur Rohre)

5.2.1 Allgemein

Das folgende Verfahren basiert auf ISO 604. Das Prüfgerät muss ISO 5893 entsprechen.

ANMERKUNG Nach ISO 604 ist die axiale Druckfestigkeit die größte Druckspannung, die ein Probekörper im Moment des Versagens während einer Druckprüfung in axialer Richtung erfährt. Für die Werkstoffe, die in dieser Norm beschrieben werden, können die axiale Druckfestigkeit und die axiale Druckspannung beim Bruch als gleich angesehen werden.

5.2.2 Probekörper

Die Probekörper müssen die Form eines rechteckigen Rohres mit der Länge L in Millimetern haben, mit

$$L = \frac{b+h}{2}$$

wobei b und h die Außenmaße des zu prüfenden rechteckigen Rohres in Millimetern sind.

Wenn die Größe eines rohrförmigen Probekörpers eine Kraft erfordert, die über die Kapazität der Prüfmaschine oder des Druckwerkzeuges hinausgeht, sind Probekörper aus der Wand des zu prüfenden Rohres entsprechend den empfohlenen Abmessungen in Tabelle 1 von ISO 604 für den Probekörper Typ B herzustellen.

In allen Fällen muss die Achse des Probekörpers parallel zur Hauptachse des zu prüfenden Rohres sein. Die Enden jedes Probekörpers sind unter 90° zur Hauptachse zu schneiden. Die Parallelitätsabweichung der geschnittenen Enden darf höchstens 0,1 % der Länge des Probekörpers betragen, und die Länge des Probekörpers muss innerhalb von $\pm 0,5$ mm zum oben berechneten Wert für L liegen.

5.2.3 Durchführung

Es sind 5 Probekörper im Anlieferungszustand zu prüfen.

Bei rechteckigen Probekörpern sind die Außenmaße b und h und die Innenmaße b_i und h_i auf die nächstliegenden 0,02 mm genau zu messen und die Querschnittsfläche A zu berechnen:

$$A = (b \times h) - (b_i \times h_i)$$

Bei rechteckigen Probekörpern, die aus der Wand des Rohres geschnitten wurden, sind die Maße b und h auf die nächstliegenden 0,02 mm genau zu messen und die Querschnittsfläche A zu berechnen:

$$A = (b \times h)$$

Die Probekörper sind zwischen die Druckplatten zu legen, wobei sichergestellt sein muss, dass die Enden parallel und in gutem Kontakt mit den Oberflächen der Platten sind. Die Mitte des Probekörpers muss mit der Mitte des Druckwerkzeuges übereinstimmen. Die Maschine ist so einzustellen, dass die Oberflächen der Druckplatten die Enden des Probekörpers gerade berühren.

Die Maschinengeschwindigkeit wird auf die benötigte Prüfgeschwindigkeit eingestellt. Die Deformationsgeschwindigkeit δ hängt von der Probekörperhöhe ab, wird in mm/min angegeben und nach folgender Gleichung berechnet:

$$\delta = 0,3 \times L$$

wobei L die Länge des Probekörpers in Millimetern ist.

Das Prüfgerät ist einzuschalten und die Gesamtlast, in Newton, die im Moment des Bruches auf den Probekörper wirkt, festzuhalten.

5.2.4 Ergebnisse

Die Druckfestigkeit wird in Mpa auf 3 Stellen genau angegeben und berechnet sich aus der Division der Last beim Bruch durch den kleinsten ursprünglichen Querschnitt.

Das arithmetische Mittel der fünf Einzelwerte ist als axiale Druckfestigkeit beim Bruch anzugeben. Der Kleinst- und der Größt- wert sind ebenfalls anzugeben.

6 Elektrische Prüfungen

6.1 Allgemein

Durchschlagspannung und Durchschlagfestigkeit müssen nach den Verfahren in IEC 60243-1 bestimmt werden. Dort werden sowohl die 20-s-Stufenprüfung als auch die 1-min-Prüfspannungs-Prüfung beschrieben. Beide Verfahren können eingesetzt werden. Wenn nicht anders angegeben, werden die Prüfungen bei $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ in einem Mineralöl wie in IEC 60296 beschrieben, das hinreichend frei von Zersetzungsprodukten ist, durchgeführt. Unmittelbar vor der Prüfung werden die Probekörper in Öl bei dieser Temperatur für 0,5 h bis 1 h gelagert.

6.1.1 Durchschlagspannung parallel zu den Schichten

6.1.1.1 Probekörper

Es sind drei Probekörper zu prüfen.

6.1.1.1.1 Bei einem Rohr oder Stab mit einem oder beiden Außenmaßen über 10 mm bis höchstens 100 mm werden die Probekörper vom Rohr oder Stab abgeschnitten.

6.1.1.1.2 Bei einem Rohr oder Stab mit einem oder beiden Außenmaßen über 100 mm sind rechteckige Probekörper aus dem Stab oder aus der Wand des Rohres herzustellen. Die bevorzugten Maße für bearbeitete Probekörper sind 100 mm lang x 25 mm hoch x 12 mm dick.

6.1.1.1.3 Bei einem Rohr mit einer Wanddicke von weniger als 12 mm oder einem Stab mit einer Mindestbreite von weniger als 12 mm ist die Dicke der Probekörper gleich der Wanddicke des Rohres oder gleich der kleinsten Breite des Stabes zu wählen.

Die Enden der Probekörper müssen glatte, parallele Flächen aufweisen und rechtwinklig zur Hauptachse des Rohres oder Stabes geschnitten sein. Die Probekörperhöhe ist $(25 \pm 0,2)$ mm.

6.1.1.2 Durchführung

Die Durchschlagspannung muss nach den Verfahren in IEC 60243-1 bestimmt werden. Dort werden sowohl die 20-s-Stufenprüfung als auch die 1-min-Prüfspannungs-Prüfung beschrieben. Beide Verfahren können eingesetzt werden. Wenn nicht anders angegeben, werden die Prüfungen bei $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ in einem Mineralöl wie in IEC 60296 beschrieben durchgeführt, das hinreichend frei von Zersetzungsprodukten ist. Unmittelbar vor der Prüfung werden die Probekörper in Öl bei dieser Temperatur für 0,5 h bis 1 h gelagert.

Es ist sicherzustellen, dass der Innendurchmesser des Rohres völlig mit Öl gefüllt ist, bevor die Prüfung fortgeführt wird. Das kann erreicht werden, indem man die Probekörper in die Elektroden einführt, nachdem die Elektroden ins Öl eingetaucht worden sind.

6.1.1.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse, die während der Durchschlagspannungs-Prüfung ermittelt wurden, sind festzuhalten und das arithmetische Mittel der gemessenen Werte in kV als die Durchschlagspannung parallel zu den Schichten ist anzugeben.

6.1.2 Durchschlagfestigkeit senkrecht zu den Schichten (anwendbar nur bei Rohren)

6.1.2.1 Probekörper

Es sind drei Probekörper zu prüfen.

Jeder Probekörper muss ein Rohrabschnitt mit nicht mehr als 100 mm Länge sein.

Die äußere Elektrode ist ein fest um das Rohr herumgelegtes Band aus Metallfolie, 25 mm \pm 1 mm breit.

Die innere Elektrode ist ein eng anliegender metallischer Leiter (Stab, Rohr, Metallfolie oder eine Füllung mit Metallkugeln (Durchmesser 0,75 mm bis 2,0 mm)), der einen guten Kontakt mit der Innenoberfläche bietet. Die innere Elektrode muss wenigstens 25 mm über die Enden der äußeren Elektrode hinausragen.

6.1.2.2 Durchführung

Die Durchschlagfestigkeit muss nach den Verfahren in IEC 60243-1 bestimmt werden. Dort werden sowohl die 20-s-Stufenprüfung als auch die 1-min-Prüfspannungs-Prüfung beschrieben. Beide Verfahren können eingesetzt werden. Wenn nicht anders angegeben, werden die Prüfungen bei 90 °C \pm 2 K in einem Mineralöl wie in IEC 60296 beschrieben durchgeführt, das hinreichend frei von Zersetzungsprodukten ist. Unmittelbar vor der Prüfung werden die Probekörper in Öl bei dieser Temperatur für 0,5 h bis 1 h gelagert.

6.1.2.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse, die während der Prüfung der Durchschlagfestigkeit ermittelt wurden, sind festzuhalten und das arithmetische Mittel der gemessenen Werte in kV/mm als die Durchschlagfestigkeit des Rohres oder des Stabes ist anzugeben.

6.2 Isolationswiderstand nach Eintauchen in Wasser

Der Isolationswiderstand nach dem Eintauchen in Wasser muss nach dem in IEC 60167 festgelegten Kegelstiftverfahren bestimmt werden. Es sind zwei Probekörper zu prüfen.

6.2.1 Probekörper vom Rohr

Diese Prüfung ist nur anwendbar bei Rohren mit einer Innenbreite von mindestens 12 mm oder einer Wanddicke von höchstens 10 mm.

Wenn ein formgepresstes Rohr eine sichtbare Formtrennlinie auf einer der Flächen hat, ist eine Prüfung entlang der Formtrennlinie und eine zweite unter 90° zu der Formtrennlinie durchzuführen.

Die Kegelstifte dürfen nur durch eine Wand des Rohres eingeführt werden.

6.2.2 Probekörper vom Stab

Im Fall von sechseckigen oder rechteckigen, gepressten Stäben, wenn der kleinste Abstand zwischen gegenüberliegenden Flächen weniger als 25 mm beträgt, werden die Probekörper vom zu prüfenden Stab abgeschnitten, und die Probekörper werden so verwendet, dass der kleinste Abstand zwischen den Flächen die Dicke des Probekörpers ist.

Wenn der kleinste Abstand zwischen gegenüberliegenden Flächen über 25 mm liegt, ist die Dicke des Probekörpers einseitig auf 22,5 mm abzarbeiten.

Wenn ein formgepresster Stab eine sichtbare Formtrennlinie auf einer der Fläche hat, ist eine Prüfung entlang der Formtrennlinie und eine zweite unter 90° zu der Formtrennlinie durchzuführen.

6.2.3 Prüfverfahren

Der Probekörper ist für (24 ± 1) h in einem Wärmeschrank bei $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ zu erwärmen. Anschließend lässt man ihn in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abkühlen. Danach wird er für weitere (24 ± 1) h in destilliertem oder entionisiertem Wasser bei einer Temperatur von $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ gelagert.

Nach der Wasserlagerung wird der Probekörper aus dem Wasser entnommen und mit einem sauberen Tuch oder Filterpapier abgewischt. Dann werden die Kegelstift Elektroden eingesetzt und der Isolationswiderstand bei $25 \text{ °C} \pm 10 \text{ K}$ in einem Klima mit nicht mehr als 75 % relativer Luftfeuchtigkeit gemessen.

Die Prüfspannung von 500 V ist entsprechend dem Verfahren in IEC 60167 innerhalb einer Minute nach der Entnahme der Probekörper aus dem Wasser aufzubringen.

Der Isolationswiderstand ist 1 min nach dem Anlegen der Spannung zu messen.

6.2.4 Ergebnisse

Der niedrigere der beiden Einzelwerte ist als der Isolationswiderstand nach Wasserlagerung des zu prüfenden Rohres oder Stabes anzugeben.

7 Weitere Prüfungen

7.1 Wasseraufnahme

Die Wasseraufnahme wird nach dem Verfahren 1 von ISO 62 bestimmt.

7.1.1 Probekörper

Die Prüfung ist anwendbar bei rechteckigen Rohren und Stäben mit einer größten Seitenlänge von nicht mehr als 50 mm und sechseckigen Stäben mit einem größten Abstand zwischen gegenüberliegenden Flächen von nicht mehr als 50 mm.

ANMERKUNG Wenn Rohre oder Stäbe dieses Maß überschreiten, ist es für Prüfzwecke zulässig, ein kleineres Rohr oder einen kleineren Stab herzustellen unter Verwendung der gleichen Zusammensetzung und der gleichen Herstellungsbedingungen wie für das zu prüfende Rohr oder den zu prüfenden Stab.

Drei Probekörper müssen entsprechend 5.4 oder 5.5 von ISO 62 hergestellt werden.

7.1.2 Verfahren

Die Probekörper sind für (24 ± 1) h in einem Wärmeschrank bei $50 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ zu erwärmen. Anschließend lässt man sie in einem Exsikkator auf Raumtemperatur abkühlen. Danach werden sie für weitere (24 ± 1) h in destilliertem oder entionisiertem Wasser bei einer Temperatur von $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ gelagert.

Nach der Wasserlagerung werden die Probekörper aus dem Wasser genommen und mit einem sauberen Tuch oder Filterpapier abgewischt. Die Probekörper müssen innerhalb einer Minute nach der Entnahme aus dem Wasser gewogen werden.

7.1.3 Ergebnisse

Für jeden Probekörper ist die Wasseraufnahme je Einheit der Gesamtfläche in mg/cm^2 zu berechnen. Das arithmetische Mittel der drei Einzelwerte ist als die Wasseraufnahme des zu prüfenden Rohres oder Stabes anzugeben.

7.2 Dichte

Das bevorzugte Verfahren ist das Verfahren A in ISO 1183.

Literaturhinweise

IEC 61212-1:1995, *Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: General requirements*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61212-1:1995 (nicht modifiziert).

IEC 62011-1:2002, *Insulating materials – Industrial rigid moulded laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: Definitions, designations and general requirements*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 62011-1:2002 (nicht modifiziert).

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden zitierten Dokumente 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).

ANMERKUNG Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60167	1964	Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials	HD 568 S1	1990
IEC 60212	1971	Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials	HD 437 S1	1984
IEC 60243-1	1998	Electrical strength of insulating materials – Test methods Part 1: Tests at power frequencies	EN 60243-1	1998
IEC 60296	1982	Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear	EN 60296	2004
IEC 62011-3	Reihe	Insulating materials – Industrial rigid moulded laminated tubes and rods of rectangular and hexagonal cross-section, based on thermosetting resins for electrical purposes Part 3: Specifications for individual materials	EN 62011-3	Reihe
ISO 62	1999	Plastics – Determination of water absorption	–	–
ISO 178	2001	Plastics – Determination of flexural properties	–	–
ISO 604	2002	Plastics – Determination of compressive properties	–	–
ISO 1183	1987	Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics	–	–
ISO 5893	2002	Rubber and plastics test equipment - Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) – Specification	–	–