

Arbeiten unter Spannung
Isolierende hohle Rohre für elektrotechnische Zwecke
 (IEC 1235 : 1993, modifiziert)
 Deutsche Fassung EN 61235 : 1995

DIN
EN 61235

ICS 13.260; 29.120.10

Deskriptoren: Arbeiten unter Spannung, Isolierrohr, Elektrotechnik, Rohr, hohl

Live working – Insulating hollow tubes for electrical purposes (IEC 1235 : 1993, modified);
 German version EN 61235 : 1995

Travaux sous tension – Tubes creux isolants pour travaux électriques (CEI 1235 : 1993, modifiée);
 Version allemande EN 61235 : 1995

Die Europäische Norm EN 61235 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 78(CO)45 : 1994-05.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die Deutsche Fassung EN 61235 "Arbeiten unter Spannung – Isolierende hohle Rohre für elektrotechnische Zwecke", Ausgabe 08.95.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 214.4 "Ausrüstungen und Geräte zum Arbeiten unter Spannung; Prüfgeräte und Isolierstangen" der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Nationale Fußnoten:

1) IEC 410 war gleichlautend mit ISO 2859 und national als DIN 40080 veröffentlicht. ISO 2859 wurde überarbeitet, als ISO 2859-1 : 1989 veröffentlicht und national als DIN ISO 2859-1 : 1993 übernommen. Gleichzeitig wurde DIN 40080 zurückgezogen. IEC/TC 78 verweist weiterhin auf IEC 410. Zur Vermeidung weiterer Konfusion wird das K 214 IEC/TC 78 auffordern, ISO 2859 : 1989 anzuwenden.

2) Abschnitt 10.1:

Die Größe f in den Absätzen 5 und 7 dieses Abschnittes wird für die Durchbiegungsdifferenzen verwendet (siehe auch Tabellen 4, 5 und 6). Die Abweichung von 15 % in Absatz 7 darf nicht zur Überschreitung des Höchstwertes f nach den Tabellen 4, 5 oder 6 führen. Im UK 214.4 wird u. a. dieser Abschnitt überarbeitet. Die Überarbeitung dieses Abschnittes und weiterer Abschnitte dieser Norm wird zur Nachbesserung der Internationalen Norm IEC 1235 eingereicht werden.

3) Der in den Abschnitten 10.1 Biegeprüfung und 10.3 Quetschprüfung über die Kraft F_d hergestellte Zusammenhang ist nicht gegeben.

4) Bei den Aufschriften ist die Angabe der EN 61235 erforderlich; die Angabe IEC 1235 kann zusätzlich aufgebracht werden.

Der Zusammenhang der zitierten Normen und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist nachstehend wiedergegeben.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage 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 oder anderen Unterlage.

Fortsetzung Seite 2
und 22 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

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

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 50 (151) : 1978	DIN 40200 : 1981-10 DIN IEC 50-151 : 1983-12	–
HD 588.1 S1 : 1991	IEC 60-1 : 1989	DIN IEC 60-1 (VDE 0432 Teil 1) : 1994-06	VDE 0432 Teil 1
HD 437 S1 : 1984	IEC 212 : 1971	DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1) : 1995-09	VDE 0308 Teil 1
–	IEC 410 : 1973	–	–
prEN 60743 : 1995	IEC 743 : 1983	–	–

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 40200

Nennwert, Grenzwert, Bemessungswert, Bemessungsdaten; Begriffe

DIN IEC 50-151

Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch; Teil 151: Elektrische und magnetische Bauelemente und Geräte

DIN IEC 60-1 (VDE 0432 Teil 1)

Hochspannungs-Prüftechnik; Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60-1 : 1989 + Corrigendum März 1990);
Deutsche Fassung HD 588.1 S1 : 1991

DIN IEC 212 (VDE 0308 Teil 1)

Standardbedingungen für die Anwendung vor und während der Prüfung von festen Elektroisolierstoffen (IEC 212 : 1971);
Deutsche Fassung HD 437 S1 : 1984

DK 29.120.10; 13.340.20

Deskriptoren: Arbeiten unter Spannung, Sicherheitsgerät, Merkmale, Prüfungen, isolierendes Rohr, hohles Rohr

Deutsche Fassung

**Arbeiten unter Spannung
Isolierende hohle Rohre für elektrotechnische Zwecke
(IEC 1235 : 1993, modifiziert)**

Live working – Insulating hollow tubes for
electrical purposes
(IEC 1235 : 1993, modified)

Travaux sous tension – Tubes creux isolants
pour travaux électriques
(CEI 1235 : 1993, modifiée)

Die Europäische Norm wurde von CENELEC am 1995-03-06 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, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

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 der Internationalen Norm IEC 1235 : 1993, ausgearbeitet von dem IEC TC 78 "Tools for live working", wurde zusammen mit den von dem Technischen Komitee CENELEC TC 78 "Ausrüstungen und Geräte zum Arbeiten unter Spannung" ausgearbeiteten gemeinsamen Abänderungen der formellen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1995-03-06 als EN 61235 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): 1996-03-01
- spätestes Datum, zu dem Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1996-03-01

Für Erzeugnisse, die vor 1996-03-01 der einschlägigen nationalen Norm entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder durch eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, darf diese vorhergehende Norm für die Fertigung bis 2001-03-01 noch weiter angewendet werden.

Anhänge, die als "normativ" bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. Anhänge, die als "informativ" bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, C, D, E und ZA normativ und ist Anhang F informativ. Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Inhalt

	Seite		Seite
Hauptabschnitt eins: Allgemeines	3	Hauptabschnitt vier:	
1 Anwendungsbereich	3	Stück- und Stichprobenprüfungen	9
2 Normative Verweisungen	3	12 Stückprüfungen	9
3 Begriffe	3	13 Stichprobenprüfungen	9
3.1 Begriffe nach IEC 50(151).	3	14 Ergänzende nicht angegebene Prüfungen	9
3.2 Begriffe nach IEC 410	3	Hauptabschnitt fünf: Spezielle Bestimmungen	9
3.3 Spezielle Begriffe	3	15 Aufschriften	9
4 Kategorien	3	16 Änderungen	9
4.1 Kategorie Mechanische Eigenschaften	3	17 Abnahme	9
4.2 Kategorie Elektrische Eigenschaften	3	18 Qualitätssicherungsplan	9
Hauptabschnitt zwei: Technische Merkmale	4	Anhang A (normativ) Elektrische Prüfungen	
5 Werkstoffe	4	vor und nach Befeuchtung	10
6 Durchmesser von Rohren	4	Anhang B (normativ) Elektrische Prüfung unter Regen	16
Hauptabschnitt drei: Typprüfungen.	4	Anhang C (normativ) Mechanische Prüfungen	17
7 Allgemeines	4	Anhang D (normativ) Stückprüfungen	20
8 Sichtprüfung und Prüfung der Maße	5	Anhang E (normativ) Stichprobenverfahren	21
8.1 Sichtprüfung	5	E.1 Allgemeines	21
8.2 Prüfung der Maße	5	E.2 Einstufung der Fehler	21
9 Elektrische Prüfungen	5	E.3 Stichprobenplan	21
9.1 Elektrische Prüfungen vor und nach Befeuchtung	5	E.4 Stichprobenplan für Hauptfehler	21
9.2 Elektrische Prüfung unter Regen	5	Anhang F (informativ) Abnahmeprüfungen.	21
10 Mechanische Prüfungen	6	Anhang ZA (normativ) Andere in dieser Norm zitierte	
10.1 Biegeprüfung	6	internationale Publikationen mit den	
10.2 Torsionsprüfung.	7	Verweisungen auf die entsprechenden	
10.3 Quetschprüfung.	8	europäischen Publikationen	22
11 Mechanische Alterungsprüfungen	8		
11.1 Biegeprüfung	8		
11.2 Elektrische Prüfungen	8		

Hauptabschnitt eins: Allgemeines

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für isolierende hohle Rohre aus synthetischen Werkstoffen, die zur Herstellung von Geräten und Ausrüstungen zum Arbeiten an Anlagen mit Spannungen über 1 kV bestimmt sind.

Gesonderte spezielle technische Normen regeln Prüfeinheiten für Armaturen und Befestigungsteile an diesen hohlen Rohren, für Arbeitsköpfe und komplette Geräte.

Andere Maße wie z. B. Rohrdurchmesser von 64 mm, 77 mm und 100 mm sowie andere Herstellverfahren sind in Beratung.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 50(151) : 1978

International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 151:
Electrical and magnetic devices

IEC 60-1 : 1989

High-voltage test techniques – Part 1: General definitions
and test requirements

IEC 212 : 1971

Standard conditions for use prior to and during the testing
of solid electrical insulating materials

IEC 410 : 1973

Sampling plans and procedures for inspection by
attributes¹⁾

IEC 743 : 1983

Terminology for tools and equipment to be used in live
working

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten folgende Begriffsfestlegungen:

3.1 Begriffe nach IEC 50(151)

3.1.1 Typprüfung

Prüfung an einem oder mehreren Geräten/Bauteilen zum Nachweis, daß bestimmte Festlegungen eingehalten werden. (IEV 151-04-15)

3.1.2 Stückprüfung

Prüfung an jedem einzelnen Gerät/Bauteil während oder nach der Fabrikation zum Nachweis, daß es bestimmten Anforderungen genügt. (IEV 151-04-16)

3.1.3 Stichprobenprüfung

Prüfung an einer gewissen Anzahl von willkürlich dem Los entnommenen Geräten/Bauteilen. (IEV 151-04-17)

3.1.4 Abnahmeprüfung

Vertragsgemäß festgelegte Prüfung zum Nachweis, daß das Gerät oder die Einrichtung gewissen vom Anwender angegebenen Bedingungen genügt. (IEV 151-04-20)

3.2 Begriffe nach IEC 410¹⁾

3.2.1 Nebenfehler

Ein Nebenfehler ist ein Fehler, der voraussichtlich die Brauchbarkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck nicht wesentlich herabsetzt, oder er ist ein Abweichen von den geltenden Normen, das den Gebrauch oder Betrieb der Einheit nur geringfügig beeinflusst (siehe 2.1.3, IEC 410).

3.2.2 Hauptfehler

Ein Hauptfehler ist ein nicht kritischer Fehler, der voraussichtlich zu einem Ausfall führt oder die Brauchbarkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck wesentlich herabsetzt (siehe 2.1.2, IEC 410).

3.2.3 Kritischer Fehler

Ein kritischer Fehler ist ein Fehler, von dem anzunehmen oder bekannt ist, daß er voraussichtlich für Personen, die die betreffende Einheit benutzen, instand halten oder auf sie angewiesen sind, gefährliche oder unsichere Situationen schafft; oder ein Fehler, von dem anzunehmen oder bekannt ist, daß er voraussichtlich die Erfüllung der Funktion einer größeren Anlage verhindert (siehe 2.1.1, IEC 410).

3.3 Spezielle Begriffe

3.3.1 Verstärktes Rohr

Rohr, welches besonders gestaltet ist, um erheblicher mechanischer Belastung standzuhalten; gewöhnlich aus speziellen Werkstoffen wie Glasfasern hergestellt (siehe Tabelle 4, Tabelle 7 und Tabelle 9).

3.3.2 Normales Rohr

Rohr, welches gelegentlich einer mechanischen Belastung ausgesetzt werden kann und aufgrund seiner Materialeigenschaften sich selbst zurückstellen sollte (siehe Tabelle 5, Tabelle 7 und Tabelle 9).

3.3.3 Leichtes Rohr

Rohr, welches nicht gestaltet und hergestellt ist, mechanischen Beanspruchungen außer seinem Eigengewicht standzuhalten (siehe Tabelle 6 und Tabelle 8).

4 Kategorien

4.1 Kategorie Mechanische Eigenschaften

Hohle Rohre sind entsprechend ihrer mechanischen Eigenschaften in drei Kategorien eingeteilt.

Diese Kategorien sind: Verstärktes Rohr, Normales Rohr und Leichtes Rohr.

In allen drei Fällen müssen diese Rohre die in dieser Norm aufgeführten elektrischen Prüfungen bestehen.

4.2 Kategorie Elektrische Eigenschaften

Es gibt nur eine Kategorie.

Die elektrischen Eigenschaften müssen für die drei mechanischen Kategorien gleich sein.

ANMERKUNG: Hohle Rohre sollten in Gegenden mit Umgebungstemperaturen zwischen -40°C und $+70^{\circ}\text{C}$ verwendet werden.

¹⁾ Siehe Nationales Vorwort

Hauptabschnitt zwei: Technische Merkmale

5 Werkstoffe

Hohle Rohre müssen aus isolierenden Werkstoffen – wie synthetischen Werkstoffen – hergestellt werden, welche mit Mineral- oder Kunstfasern verstärkt werden können.

6 Durchmesser von Rohren

Alle Durchmesser zwischen 10 mm und 100 mm sind zulässig; die bevorzugten Durchmesser sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Bevorzugte Durchmesser

Außendurchmesser mm	Toleranz mm
10*)	± 0,5
15*), 19	± 1
25, 32, 39, 51, 64*), 77*)	± 1,5
100*)	± 2,5
*) Für diese Durchmesser sind die mechanischen Prüfwerte in Beratung.	

Hauptabschnitt drei: Typprüfungen

7 Allgemeines

Zur Prüfung sind vom Hersteller bereitzustellen:

10 Längen von 3 m für Rohre mit einem Durchmesser von 19 mm und größer;

10 Längen von 2,5 m für Rohre mit einem Durchmesser von weniger als 19 mm,

welche beim Anwender oder in seinem Auftrag verwahrt werden.

Nach Sichtprüfung und Prüfung der Maße aller Prüflinge werden diese in drei Lose geteilt, von denen die Prüfstücke zum Durchlaufen der verschiedenen Prüfungen entsprechend Tabelle 2 (drei Prüfstücke je Prüfung) beliebig entnommen werden.

Ein Los sollte aus Rohren desselben Durchmessers und derselben Kategorie bestehen.

Tabelle 2: Anzahl erforderlicher Rohrlängen für Prüfungen

Prüfung	Abschnitt	Rohrdurchmesser ≥ 19 mm			Rohrdurchmesser < 19 mm		
		Los 1	Los 2	Los 3	Los 1	Los 2	Los 3
Sichtprüfung und Prüfung der Maße	8	3 je 3 m	4 je 3 m	3 je 3 m	3 je 2,5 m	4 je 2,5 m	3 je 2,5 m
Elektrische Prüfung	9.1	3 je 0,3 m			3 je 0,3 m		
Prüfung unter Regen	9.2		3 je 1,2 m			3 je 1,2 m	
Biegeprüfung	10.1	3 je 2,5 m			3 je 2 m		
Torsionsprüfung	10.2		3 je 1,2 m			3 je 1,2 m	
Quetschprüfung	10.3		3 je 0,3 m**)			3 je 0,1 m**)	
Mechanische Alterungsprüfung	11			3 je 2,5 m			3 je 1,5 m
Referenzstücke	7		2 je 1 m*)			2 je 1 m*)	

*) Diese zwei Prüfstücke sollen, ohne eine Prüfung zu durchlaufen, verwahrt werden, damit sie als Referenzstücke dienen können.

**) Nach Abschnitt 10.3 ist die Länge jedes Prüfstückes 3 × Nenndurchmesser des Prüfstückes.

Jede Prüfung ist an einem Prüfstück durchzuführen, das jeder der drei Längen des Loses entnommen wird, die dieser Prüfung zugewiesen ist.

Rohre, die nicht mit einem bevorzugten Durchmesser übereinstimmen, sind nach Extrapolation entsprechend den Prüfbestimmungen für Rohre des nächsten bevorzugten Durchmessers zu prüfen, mit Ausnahme der in Abschnitt 9 aufgeführten elektrischen Prüfungen.

Besteht ein Prüfstück eine der in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Prüfungen nicht, gilt die gesamte Typprüfung als nicht bestanden.

Nach bestandener Prüfung werden die Referenzstücke mit dem Anwenderkennzeichen versehen. Jeweils ein Prüfstück verwahrt der Hersteller und eins der Anwender zu Kontrollzwecken. Nur solche Rohre, welche die hier aufgeführten Prüfungen bestehen, dürfen als mit dieser Norm übereinstimmend gekennzeichnet werden.

8 Sichtprüfung und Prüfung der Maße

Diese Prüfungen werden an allen Prüflingen durchgeführt um sicherzustellen, daß die allgemeinen Anforderungen erfüllt werden und die Maße mit den Festlegungen übereinstimmen.

8.1 Sichtprüfung

Die Prüflinge werden innen und außen besichtigt, um Herstellungsfehler festzustellen (z. B. offensichtlich fehlerhafte Bindung zwischen Faser und Harz, Luftblasen, Fremdkörper oder Fremdpartikel).

8.2 Prüfung der Maße

Die Durchmesser sind zu messen, um die Übereinstimmung der Prüflinge mit dem vom Hersteller angegebenen Durchmesser nachzuweisen.

9 Elektrische Prüfungen

Diese Prüfungen werden durchgeführt zum Nachweis der Widerstandsfähigkeit der Rohre gegen:

- elektrische Beanspruchung vor Befeuchtung (Abschnitt 9.1.2);
- elektrische Beanspruchung nach Befeuchtung (Abschnitt 9.1.3).

9.1 Elektrische Prüfungen vor und nach Befeuchtung

9.1.1 Allgemeine Prüfbedingungen

Vor der elektrischen Prüfung wird jedes Prüfstück zur Vorbereitung innen und außen mit Äthylalkohol gereinigt und anschließend 15 min in Luft getrocknet.

Diese Prüfungen werden an drei Prüfstücken durchgeführt, jedes 300 mm lang, welche von Rohren des Loses 1 geschnitten werden; dabei sind 100 mm der Rohrenden nicht zu verwenden.

Die Enden dieser Prüfstücke sind anschließend vor jeder elektrischen Prüfung mit einem leitenden Klebeband zu umwickeln. Während der Konditionierung in feuchter Atmosphäre ist das Klebeband zu entfernen.

Das Konditionieren in feuchter Atmosphäre ist nach IEC 212 durchzuführen.

Der Prüfraum muß den Norm-Umgebungsbedingungen nach IEC 212, Tabelle 1, mit einem Temperaturbereich von 18 °C bis 28 °C entsprechen.

Die Prüfanordnung ist in Bild A.1 (Anhang A) dargestellt. Die Meßausrüstung muß mindestens 2 m von der Hochspannung entfernt sein. Die Meßleitungen, Shunt und wahlweise Schutzfunkenstrecken müssen geschirmt und geerdet sein.

Das Prüfstück muß etwa 1 m über dem Boden auf einer isolierenden Stütze angebracht sein. Es wird eine Wechselspannung bei Netzfrequenz zwischen den Prüfelektroden angelegt. Der durch das Prüfstück fließende Strom wird gemessen (der äußere Schutzring der erdseitigen Prüfelektrode ist direkt mit Erde verbunden).

Die genannten Ströme sind als Effektivwerte angegeben. Die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung wird wie folgt ermittelt:

- Strom (erdseitig), indem man ihn durch eine Impedanz bekannter Größe fließen läßt (siehe Anhang A, Bild A.1);
- Spannung (hochspannungsseitig) mit einem geeigneten Teiler.

Während der Prüfungen darf an keinem Prüfstück ein Anzeichen eines Über- oder Durchschlages auftreten.

9.1.2 Prüfungen vor Befeuchtung

Nach mindestens 24 h in der Umgebungsatmosphäre des Prüfraumes wird eine Prüfspannung von 50 kV_{eff} bei Netzfrequenz für 1 min zwischen den Prüfelektroden angelegt und der Strom I_1 gemessen.

Der höchste Stromwert I_1 wird registriert.

Nachdem I_1 registriert wurde, ist die Spannung auf 100 kV_{eff} zu steigern und für 1 min zu halten.

Die Prüfung muß nachfolgenden Anforderungen genügen:

- kein Überschlag, Funkensprühen oder Durchschlag;
- keine sichtbaren Anzeichen von Kriechspuren oder Oberflächenerosionen;
- kein wahrnehmbarer Temperaturanstieg (5 °C).

ANMERKUNG: Das Prüfverfahren der Temperaturmessung ist in Beratung.

9.1.3 Prüfungen nach Befeuchtung

Die Prüfstücke werden in einen Klimaschrank gelegt und folgender Konditionierung unterzogen:

168 h/23 °C/93 % nach IEC 212, Tabelle 1.

Nach einer Verweildauer von 168 h sind die Prüfstücke in einer Atmosphäre von 93 % relativer Feuchte zu belassen und nach Erreichen der Umgebungstemperatur des Prüfraumes zu prüfen. Nachdem die Prüfstücke innen und außen mit einem trockenen fusselfreien Tuch abgewischt wurden, wird eine Prüfspannung von 50 kV_{eff} bei Netzfrequenz 1 min zwischen den Prüfelektroden angelegt.

Der höchste Stromwert I_2 und der Phasenwinkel φ_2 zwischen Strom und Spannung werden unter den gleichen Bedingungen wie für I_1 gemessen.

Anschließend ist die Spannung auf 100 kV_{eff} zu steigern und 1 min zu halten. Es sind die Ergebnisse entsprechend Abschnitt 8.1.2 zu notieren.

Das Prüfstück ist in Beziehung zur Erde in derselben Position anzuordnen. Das an Hochspannung liegende Ende des Prüfstückes muß für beide Prüfungen vor und nach Befeuchtung dasselbe bleiben.

9.1.4 Prüfergebnisse

Die Prüfungen gelten als bestanden, wenn die Werte nach Tabelle 3 eingehalten werden.

9.2 Elektrische Prüfung unter Regen

9.2.1 Allgemeine Prüfbedingungen

Vor der elektrischen Prüfung wird jedes Prüfstück zur Vorbereitung innen und außen mit einer Lösung aus Äthylalkohol gereinigt und anschließend 15 min in Luft getrocknet.

Diese Prüfungen sind an 3 Prüfstücken durchzuführen, jedes 1,20 m lang, welche von Rohren des Loses 2 geschnitten werden; dabei sind 100 mm der Rohrenden nicht zu verwenden. Die Enden der Prüfstücke müssen offen bleiben.

Die Elektroden, bestehend aus 3 oder 4 Windungen aus weichem Kupfer- oder Aluminiumdraht von 3 mm bis 4 mm Durchmesser, haben einen Abstand von 1,00 m.

Der Prüfraum muß den Norm-Umgebungsbedingungen der IEC 212 entsprechen, die Wassertemperatur innerhalb der gleichen Grenzen liegen wie die Umgebungstemperatur, d. h. 18 °C bis 28 °C.

Tabelle 3: Prüfergebnisse

A) Prüfspannung (kV _{Effektivwert})	50 kV/30 cm/1 min	
Durchmesser (mm)	≤ 32	> 32
Strom I_1 (μA _{Effektivwert}) vor Befeuchtung	5	$I_1 = 0,16 \times \text{Durchmesser}$
Strom I_2 (μA _{Effektivwert}) nach Befeuchtung	entweder $I_2 \leq 2 I_1$ oder $I_2 < I_1 + 20 \mu\text{A}$ und $\varphi_2 > 30^\circ$ sofern $I_2 > 2 I_1^*)$	
B) Prüfspannung (kV _{Effektivwert})	50 kV/30 cm/1 min	
Ergebnisse	– kein Überschlag, Funkensprühen oder Durchschlag – keine sichtbaren Anzeichen von Kriechspuren oder Oberflächen-erosionen – kein wahrnehmbarer Temperaturanstieg (5 °C)	
*) Der Strom I_2 darf nie größer sein als $I_1 + 20 \mu\text{A}$.		

Die Prüfanordnung ist in Anhang B; Bilder B.1 und B.2 dargestellt. Das Prüfstück muß in einem Winkel von 45° geneigt sein. Eine Spannung von 100 kV_{eff} bei Netzfrequenz ist nach IEC 60-1 1 h zwischen den Prüfelektroden anzulegen.

9.2.2 Regenbedingungen

Die Prüfung unter Regen wird in Übereinstimmung mit der überarbeiteten Regenprüfung nach IEC 60-1 durchgeführt:

- durchschnittlicher Niederschlag: (1,0 bis 1,5) mm/min;
- spezifischer Widerstand des aufgefangenen Wassers bezogen auf 20 °C: 100 Ωm ± 15 Ωm.

Entsprechend den Forderungen der oben erwähnten Publikation ist der Prüfgegenstand vor Anlegen der Spannung für eine Dauer von 15 min zu beregnen.

9.2.3 Prüfergebnisse

Die Prüfung muß nachfolgenden Anforderungen genügen:

- kein Überschlag, Funkensprühen, Durchschlag;
- keine sichtbaren Anzeichen von Kriechspuren oder Oberflächenerosionen weder auf der Innen- noch auf der Außenseite;
- kein wahrnehmbarer Temperaturanstieg (5 °C).

10 Mechanische Prüfungen

Diese Prüfungen ermitteln die Biege-, Torsions- und Quetschfestigkeit der Rohre.

Gemäß ihren Kategorien (Verstärkt, Normal, Leicht) sind die Prüfstücke nach den Tabellen 4 bis 9 zu prüfen.

Wie in Abschnitt 7 angegeben, wird jede Prüfung an drei Prüfstücken durchgeführt. Die Prüfumgebung muß den Norm-Umgebungsbedingungen nach IEC 212 mit einem Temperaturbereich von 10 °C bis 28 °C entsprechen (siehe Anmerkung in IEC 212).

10.1 Biegeprüfung

Diese Prüfung wird an drei Prüfstücken des Loses 1 durchgeführt. Ein Rohr, 2,5 m lang, wird auf zwei Rollen gelagert (Anhang C, Bilder C.1 und C.2) mit dem in Tabelle 4, 5 oder 6 entsprechend der Kategorie vorgegebenen Abstand zwischen den Rollenachsen.

In der Mitte der Spannweite ist eine vertikale Kraft F über einen 50 mm breiten Leder- oder Gewebegurt auf das Rohr aufzubringen.

F_d ist die Kraft, bei der die Elastizitätsgrenze nicht überschritten ist.

Die angelegte Kraft F wird stetig während 15 s gesteigert und die Durchbiegung bei Belastung mit $F_d/3$, $2 F_d/3$ und F_d gemessen, nachdem diese 30 s anlagen.

Die Differenz f zwischen den Durchbiegungen, die für $F_d/3$ und $2 F_d/3$ sowie für $2 F_d/3$ und F_d gemessen wird, muß kleiner als der in Tabelle 4, 5 oder 6 angegebene Wert f sein.¹⁾

Diese Kraft wird dann stetig verringert; 1 min nach Wegnahme der Kraft wird die Restdurchbiegung gemessen; diese darf nicht 6 % der Durchbiegung überschreiten, die während des Aufbringens der Kraft F_d gemessen wurde.

Anschließend ist das Rohr um 90°, 180° und 270° zu drehen und die Prüfung für jede Stellung zu wiederholen. Bei gleicher Belastung darf die Durchbiegung f um nicht mehr als 15 % schwanken.¹⁾

Die durch Aufbringen von F_d gemessene Durchbiegung ist mit derjenigen der ersten Prüfung zu vergleichen. In der Lage der größten Gesamtdurchbiegung wird dann die Kraft wieder angelegt und allmählich - unter den gleichen Bedingungen wie oben - bis auf den in den Tabellen 4, 5 und 6 entsprechend der Kategorie vorgegebenen Wert F_r gesteigert, der dann 30 s gehalten wird. Es darf kein Anzeichen eines Fehlers auftreten.

Die Prüfung ist fortzuführen, bis das Prüfstück bricht. Die tatsächliche Bruchbelastung wird zur Information registriert.

Tabelle 4 gibt die Werte von F_d , f und F_r für Rohre an, die zur Kategorie "Verstärkt" gehören, Tabelle 5 die für die Kategorie "Normal" und Tabelle 6 die für Kategorie "Leicht".

ANMERKUNG: Falls das zu prüfende Rohr keinen bevorzugten Durchmesser hat, sind die Tabellenwerte entsprechend dem nächsten bevorzugten Durchmesser (je nachdem kleiner oder größer) zu verwenden außer für die Kräfte F_d und F_r , welche zu extrapolieren sind.

¹⁾ Siehe Nationales Vorwort