

AVA Documents
Document Sharing Hub

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 411.1 „Starkstromkabel“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig. Dieser Norm ist kein Norm-Entwurf vorausgegangen. Anstelle dessen wurde das Kurzverfahren durchgeführt, was in DIN Mitt Nr. 11/1998 und etz Heft 22/1998 bekanntgegeben wurde.

Das Harmonisierungsdokument HD 632 S1 ist vor dem Hintergrund der europäischen öffentlichen Beschaffungsrichtlinie (Public Procurement Directive) erstellt worden. Es beschreibt Prüfverfahren an Starkstromkabeln mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis 150 kV ($U_m = 170$ kV). Das HD strukturiert sich wie folgt:

- Teil 1 Allgemeine Prüfanforderungen
- Teil 2 Ergänzende Prüfverfahren
- Teil 3 Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren
- Teil 4 Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren
- Teil 5 Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren
- Teil 6 Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren
- Teil 7 Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren
- Teil 8 Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren
- Teil 9 Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren
- Teil 10 Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren
- Teil 11 Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren

Das Technische Büro von CENELEC hat auf seiner Sitzung im Juni 1991 beschlossen, daß die nationalen Komitees nur verpflichtet sind, die für das jeweilige Land relevanten Teile des HD in das nationale Normenwerk zu übernehmen. Das komplette HD jedoch ist in Englisch bei der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE), Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main, käuflich zu erwerben.

Die in Deutschland genormten Prüfverfahren an Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihren Garnituren für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis 150 kV ($U_m = 170$ kV) nach DIN VDE 0263 (VDE 0263) mit VPE-Isolierung sind in den Teilen 1, 3D, 4D und 5D enthalten.

Um den Harmonisierungsvorgang deutlich zu machen, werden alle HD für Kabel mit Spannungen von 1 kV und höher unter der DIN-VDE-Nummer 0276 zusammengefaßt. Die Nummer des Harmonisierungsdokumentes wird Teile-Nummer von DIN VDE 0276 (VDE 0276).

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 605 S1:1994	–	DIN VDE 0276-605 (VDE 0276 Teil 605):1995-10	VDE 0276 Teil 605
HD 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1):1994-06	VDE 0432 Teil 1
–	IEC 60183	–	–
HD 383 S2:1986	IEC 60228:1978	DIN VDE 0295 (VDE 0295):1992-06	VDE 0295
–	IEC 60229:1982	DIN VDE 0472-807 (VDE 0472 Teil 807):1985-11	VDE 0472 Teil 807
(fortgesetzt)			

(abgeschlossen)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 48 S1:1977	IEC 60230:1966	DIN VDE 0472-511 (VDE 0472 Teil 511):1985-08	VDE 0472 Teil 511
HD 405.1 S1:1979, HD 405.2 S1:1991	IEC 60332-2:1989	DIN VDE 0472-804 (VDE 0472 Teil 804):1989-11	VDE 0472 Teil 804
EN 60811-1-1:1995	IEC 60811-1-1:1993	DIN EN 60811-1-1 (VDE 0473 Teil 811-1-1):1996-03	VDE 0473 Teil 811-1-1
EN 60811-1-2:1995	IEC 60811-1-2:1985	DIN EN 60811-1-2 (VDE 0473 Teil 811-1-2):1996-03	VDE 0473 Teil 811-1-2
EN 60811-1-3:1995	IEC 60811-1-3:1993	DIN EN 60811-1-3 (VDE 0473 Teil 811-1-3):1996-03	VDE 0473 Teil 811-1-3
EN 60811-1-4:1995	IEC 60811-1-4:1985	DIN EN 60811-1-4 (VDE 0473 Teil 811-1-4):1996-03	VDE 0473 Teil 811-1-4
EN 60811-2-1:1995	IEC 60811-2-1:1986	DIN EN 60811-2-1 (VDE 0473 Teil 811-2-1):1996-03	VDE 0473 Teil 811-2-1
EN 60811-3-1:1995	IEC 60811-3-1:1985	DIN EN 60811-3-1 (VDE 0473 Teil 811-3-1):1996-03	VDE 0473 Teil 811-3-1
EN 60811-3-2:1995	IEC 60811-3-2:1985	DIN EN 60811-3-2 (VDE 0473 Teil 811-3-2):1996-03	VDE 0473 Teil 811-3-2
EN 60811-4-1:1995	IEC 60811-4-1:1985	DIN EN 60811-4-1 (VDE 0473 Teil 811-4-1):1996-03	VDE 0473 Teil 811-4-1
–	IEC 60885-2:1987	DIN IEC 60885-2 (VDE 0481 Teil 885-2):1993-10	VDE 0481 Teil 885-2
–	IEC 60885-3:1988	DIN IEC 60885-3 (VDE 0481 Teil 885-3):1993-10	VDE 0481 Teil 885-3

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0263 (VDE 0263):1991-02

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0263 (VDE 0263):1991-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Europäisches Harmonisierungsdokument HD 632 S1:1998-03 übernommen.
- Inhalt redaktionell vollständig überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60811-1-1 (VDE 0473 Teil 811-1-1)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 1: Messung der Wanddicke und der Außenmaße; Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften (IEC 60811-1-1:1993); Deutsche Fassung EN 60811-1-1:1995
DIN EN 60811-1-2 (VDE 0473 Teil 811-1-2)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 2: Thermische Alterung (IEC 60811-1-2:1985 + Corrigendum Mai 1986 + A1:1989); Deutsche Fassung EN 60811-1-2:1995
DIN EN 60811-1-3 (VDE 0473 Teil 811-1-3)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 3: Dichtebestimmung, Wasseraufnahmeprüfungen, Schrumpfungsprüfung (IEC 60811-1-3:1993); Deutsche Fassung EN 60811-1-3:1995
DIN EN 60811-1-4 (VDE 0473 Teil 811-1-4)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 4: Prüfungen bei niedriger Temperatur (IEC 60811-1-4:1985 + Corrigendum Mai 1986 + A1:1993); Deutsche Fassung EN 60811-1-4:1995
DIN EN 60811-2-1 (VDE 0473 Teil 811-2-1)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 2: Besondere Verfahren für Elastormischungen; Hauptabschnitt 1: Ozonbeständigkeitsprüfung, Wärme-Dehnungsprüfung, Ölbeständigkeitsprüfungen (IEC 60811-2-1:1986 + Corrigendum Mai 1986 + A1:1992 + A2:1993); Deutsche Fassung EN 60811-2-1:1995
DIN EN 60811-3-1 (VDE 0473 Teil 811-3-1)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 3: Verfahren für PVC-Mischungen; Hauptabschnitt 1: Wärmedruckprüfung, Prüfung der Reißbeständigkeit (IEC 60811-3-1:1985 + Corrigendum 1986); Deutsche Fassung EN 60811-3-1:1995
DIN EN 60811-3-2 (VDE 0473 Teil 811-3-2)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 3: Verfahren für PVC-Mischungen; Hauptabschnitt 2: Prüfung des Masseverlustes, Prüfung der thermischen Stabilität (IEC 60811-3-2:1985 + Corrigendum 1986 + A1:1993); Deutsche Fassung EN 60811-3-2:1995
DIN EN 60811-4-1 (VDE 0473 Teil 811-4-1)	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren – Teil 4: Besondere Verfahren für Polyethylen- und Polypropylen-Verbindungen; Hauptabschnitt 1: Spannungsrißbeständigkeit, Wickelprüfung nach thermischer Alterung in Luft, Messung des Schmelzindex, Bestimmung des Ruß- und/oder Füllstoffgehaltes in PE (IEC 60811-4-1:1985 + Corrigendum Mai 1986 + A2:1993); Deutsche Fassung EN 60811-4-1:1995
DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1)	Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990); Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991
DIN IEC 60885-2 (VDE 0481 Teil 885-2)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen; Teilentladung; Allgemeines (IEC 60885-2:1987)
DIN IEC 60885-3 (VDE 0481 Teil 885-3)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen; Teilentladung an Kabellängen (IEC 60885-3:1988)
DIN VDE 0276-605 (VDE 0276 Teil 605)	Starkstromkabel – Teil 605: Ergänzende Prüfverfahren; Deutsche Fassung HD 605 S1:1994
DIN VDE 0295 (VDE 0295)	Leiter für Kabel und isolierte Leitungen für Starkstromanlagen
DIN VDE 0472-804 (VDE 0472 Teil 804)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen; Brennverhalten
DIN VDE 0472-807 (VDE 0472 Teil 807)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen; Korrosion
DIN VDE 0472-511 (VDE 0472 Teil 511)	Prüfung an Kabeln und isolierten Leitungen; Stoßspannungsfestigkeit

ICS 29.060.20

Deskriptoren: Energieverteilung, elektrische Anlagen, elektrische Kabel und Leitungen, Einleiterkabel, Kabel und isolierte Leitungen, polymere Harze, Bauart, Eigenschaften, Prüfung

Deutsche Fassung

**Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren
für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV)
bis 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

Power cables with extruded insulation
and their accessories for rated voltages above
36 kV ($U_m = 42$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV)

Câbles d'énergie à isolation extrudée et leurs
accessoires pour des tensions assignées supérieures
à 36 kV ($U_m = 42$ kV) et jusqu'à 150 kV ($U_m = 170$ kV)

Dieses Harmonisierungsdokument wurde von CENELEC am 1998-01-01 angenommen.

Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen für die Übernahme dieses Harmonisierungsdokumentes auf nationaler Ebene festgelegt sind.

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

Dieses Harmonisierungsdokument besteht in zwei offiziellen Fassungen (Englisch, Französisch).

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, der Tschechischen Republik 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

Dieses HD 632 ist durch das Technische Komitee CENELEC TC 20 „Electric cables“ erstellt worden.

Das Dokument enthält folgende Teile, die die wichtigsten Herstellungseigenschaften von Kabel abdecken:

- | | |
|---------|---|
| Teil 1 | Allgemeine Prüfanforderungen |
| Teil 2 | Ergänzende Prüfverfahren |
| Teil 3 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren |
| Teil 4 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren |
| Teil 5 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren |
| Teil 6 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren |
| Teil 7 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren |
| Teil 8 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren |
| Teil 9 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren |
| Teil 10 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren |
| Teil 11 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren |

Die Teile 3 bis 11 sind in weitere Unterabschnitte aufgeteilt, und das Technische Komitee (D68/047) hat beschlossen, daß die nationalen Komitees nur verpflichtet sind, die für das jeweilige Land relevanten Teile zu übersetzen und in das nationale Normenwerk zu übernehmen. Die Verpflichtung, das ganze HD durch Veröffentlichung der Titel und Benummerung bekanntzugeben, besteht jedoch weiterhin sowie auch das Zurückziehen nationaler Normen, die den entsprechenden Teilen des HDs entgegenstehen.

Die Numerierung der Seiten gibt die Aufteilung in Teile und Abschnitte des Dokumentes wieder, z. B. steht

Seite 4-C-3 für Seite 3 des Abschnitts C von Teil 4.

Verweisungen auf andere HDs, ENs und internationale Normen sind in den einzelnen Teilen oder Abschnitten aufgeführt.

Die Norm wurde zum formellen Abstimmungsverfahren eingereicht und von CENELEC als HD 632 S1 am 1998-01-01 angenommen. Durch Beschluß des Technischen Komitees (D81/139) ist dieses HD nur in Englisch und Französisch erstellt worden.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- | | | |
|---|--|-------------------|
| – | spätestes Datum, zu dem das Vorhandensein des HD auf nationaler Ebene bekanntgegeben werden muß | (doa): 1998-03-01 |
| – | spätestes Datum, zu dem das HD auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer harmonisierten nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muß | (dop): 1998-09-01 |
| – | spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die dem HD entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen | (dow): 1998-09-01 |

Inhalt

- | | |
|--------|--|
| Teil 1 | Allgemeine Prüfanforderungen |
| Teil 3 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren
3-D Kabel mit VPE-Isolierung und Kupferschirm und ihre Garnituren (Prüfliste 3D) |
| Teil 4 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und Metallschichtenmantel und ihre Garnituren
4-D Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und Kupferschichtenmantel und ihre Garnituren (Prüfliste 4D) |
| Teil 5 | Prüfungsanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren
5-D Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren (Prüfliste 5D) |

TEIL 1: ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

	Inhalt	Seite
1	Allgemeines	3
1.1	Anwendungsbereich	3
1.2	Normative Verweisungen	3
1.3	Nennspannungen	3
1.4	Verhältnis von Prüfspannungen zu Nennspannungen	3
1.5	Isolierwerkstoffe für Kabel	4
1.6	Vorkehrungen gegen das Eindringen von Wasser in Kabeln	4
1.7	Nichtmetallene Mantelwerkstoffe für Kabel	4
1.8	Eigenschaften des Kabels	4
1.9	Eigenschaften der Garnituren	5
1.10	Kategorien der Prüfungen	5
2	Prüfbedingungen	5
2.1	Umgebungstemperatur	5
2.2	Frequenz und Wellenform der betriebsfrequenten Prüfspannungen	5
2.3	Wellenform der Stoßspannung	5
3	Stückprüfungen an Kabeln	5
3.1	Allgemeines	5
3.2	Teilentladungsprüfung	6
3.3	Spannungsprüfung	6
3.4	Elektrische Prüfung am nichtmetallinen Mantel	6
4	Auswahlprüfungen an Kabeln	6
4.1	Allgemeines	6
4.2	Häufigkeit der Prüfungen	6
4.3	Wiederholungsprüfungen	6
4.4	Prüfung des Leiters	6
4.5	Messung des elektrischen Leiterwiderstandes	6
4.6	Messung der Wanddicke der Isolierung und des nichtmetallinen Mantels	7
4.7	Messung der Wanddicke des Metallmantels	7
4.8	Messung der Durchmesser	8
4.9	Wärme-Dehnung der VPE- und EPR-Isolierung	8
4.10	Messung der Kapazität	8
4.11	Messung der Dichte der HDPE-Isolierung	8
5	Typprüfungen an Kabeln	8
5.1	Allgemeines	8
5.2	Gültigkeitsbereich der Typzulassung	8
5.3	Übersicht der Typprüfungen	9
5.4	Prüfung der Isolierwanddicke des Kabels für die elektrischen Typprüfungen	9
5.5	Elektrische Prüfungen am vollständigen Kabel	9
5.6	Typprüfungen an Kabelaufbauelementen	11
6	Typprüfungen an Garnituren	14
6.1	Allgemeines	14
6.2	Prüfanforderungen	15
6.3	Teilentladungsprüfung	15
6.4	Lastwechselprüfung	15
6.5	Stoßspannungsprüfung	16
6.6	Prüfung an der nichtmetallinen schützenden Umhüllung von Muffen	16
6.7	Überprüfung	16

7	Elektrische Prüfungen an Kabelanlagen	16
7.1	Isolierung	16
7.2	Nichtmetallene Mäntel	16
Anhang A	(normativ) Runden von Zahlen	23

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Prüfanforderungen für Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung nach 1.5 und für ihre Garnituren mit Nennspannungen U über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis 150 kV ($U_m = 170$ kV) fest für feste Verlegung in Übertragungs- und Verteilungsnetzen und in Kraftwerken und Stationen.

Die Übersicht der Prüfungen in den einzelnen Hauptabschnitten der Teile 3 bis 11 dieses HD gilt jedoch zwingend für das jeweils bestellte Kabel.

In diesen Teilen ist jeder Hauptabschnitt eine individuelle Alternative zu Teil 1.

Abhängig von der Bauart und den Netzbedingungen können zusätzliche oder auch weniger Prüfungen oder andere Anforderungen, die nicht im Teil 1 beschrieben sind, in diesen einzelnen Hauptabschnitten der Teile 3 bis 11 spezifiziert werden.

Die Anforderungen gelten für einadrige und dreiadrige Kabel mit einzelnen Adern und ihren Garnituren für die üblichen Verlege- und Betriebsbedingungen, jedoch nicht für Spezialkabel und ihre Garnituren, wie Unterwasserkabel, für die Änderungen gegenüber den Standardprüfungen notwendig sein könnten oder besondere Prüfbedingungen festgelegt werden müßten.

1.2 Normative Verweisungen

HD 632, Teil 1, enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu HD 632, Teil 1, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 60811	Allgemeine Prüfverfahren für Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen
HD 48	Stoßspannungsprüfungen an Kabeln und Leitungen und deren Zubehör (Übernahme von IEC 60230)
HD 383	Leiter für Kabel und isolierte Leitungen (Übernahme von IEC 60228 und IEC 60228A)
HD 405	Prüfungen an Kabeln und isolierten Leitungen unter Brandeinwirkung
HD 588.1	Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (Übernahme von IEC 60060-1)
HD 605	Elektrische Kabel: Ergänzende Prüfverfahren
IEC 60183	Guide to the selection of high voltage cables
IEC 60229	Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion
IEC 60885	Electrical test methods for electric cables

1.3 Nennspannungen

In dieser Norm werden die Symbole U_0 , U , und U_m zur Bezeichnung der Nennspannungen von Kabeln und Garnituren verwendet. Die Definition der Symbole ist in IEC 60183 angegeben.

1.4 Verhältnis von Prüfspannungen zu Nennspannungen

Wo Prüfspannungen in dieser Norm als ein Vielfaches der Nennspannung U_0 festgelegt sind, muß der Wert für U_0 zur Ermittlung der Prüfspannungen [Tabelle 1](#) entsprechen.

Bei Kabeln und Garnituren mit einer Nennspannung, die nicht in der Tabelle angegeben ist, darf der Wert für U_0 zur Bestimmung der Prüfspannung der gleiche sein wie für die nächste angegebene Nennspannung, vorausgesetzt, der Wert U_m für das Kabel und die Garnitur ist nicht höher als der entsprechende Wert in der Tabelle. Ansonsten, und insbesondere, wenn die Nennspannung nicht nahe an einem der Werte in der Tabelle liegt, muß der Wert für U_0 , auf dem die Prüfspannungen basieren, der spezifische Nennwert sein (d. h. U), geteilt durch $\sqrt{3}$.

Die Prüfspannungen in dieser Norm basieren auf der Annahme, daß die Kabel und Garnituren in Netzen der Kategorie A, wie in IEC 60183 definiert, verwendet werden.

1.5 Isolierwerkstoffe für Kabel

Diese Norm gilt für Kabel, die mit den in der nachstehenden Tabelle angegebenen Werkstoffen isoliert sind. In dieser Tabelle ist auch für Kabel mit jeder Art von Isolierwerkstoff die höchste zulässige Betriebstemperatur am Leiter angegeben, auf der die festgelegten Prüfbedingungen basieren.

Isolermischung	Höchste zulässige Temperatur am Leiter	
	Ungestörter Betrieb ¹⁾ (°C)	Kurzschluß ²⁾ (°C)
Thermoplastisches Polyethylen niederer Dichte (PE)	70	130 ³⁾
Thermoplastisches Polyethylen hoher Dichte (HDPE)	80	160 ³⁾
Vernetztes Polyethylen (VPE)	90	250
Ethylen-Propylen-Gummi ⁴⁾ (EPR)	90	250
ANMERKUNGEN: 1) Die Möglichkeit, die höchsten zulässigen Temperaturen bei Notbetrieb für eine begrenzte Dauer zuzuordnen, zusammen mit der Notwendigkeit einer entsprechenden Prüfspezifikation, ist in Vorbereitung. Zur Zeit wird der Betrieb bei höheren Temperaturen der Kabel, die nach dieser Norm geprüft wurden, nicht empfohlen. 2) Maximale Kurzschlußdauer 5 s, wenn in den einzelnen Hauptabschnitten nicht anders angegeben. 3) Bei PE und HDPE dürfen Kurzschlußtemperaturen, die die angegebenen bis zu 20 °C überschreiten, bei Verwendung geeigneter innerer und äußerer Leitschichten und nach Absprache mit dem Hersteller akzeptiert werden. 4) Mit der EPR-Mischung ist vorgesehen, nicht nur den normalen Ethylen-Propylen-Gummi, sondern auch Hard-grade-Ethylen-Propylen-Gummi (HEPR) abzudecken. Die Prüfanforderungen und Prüfmethoden für HEPR sind in den einzelnen Teilen und Hauptabschnitten für HEPR-isolierte Kabel angegeben.		

1.6 Vorkehrungen gegen das Eindringen von Wasser in Kabeln

Da keine Prüfungen auf Querwasserdichtheit vorhanden sind, wird eine wasserundurchlässige Sperre um das Kabel empfohlen. Eine Prüfung auf Längswasserdichtheit ist in [5.6.16](#) angegeben.

Die Prüfung ist nicht für Unterwasserkabel vorgesehen, wo besondere Anforderungen gelten.

1.7 Nichtmetallene Mantelwerkstoffe für Kabel

Prüfungen sind für die folgenden vier Arten von nichtmetallinen Mänteln festgelegt (siehe [Tabelle 5](#)):

- ST1 und ST2 auf der Basis von PVC;
- ST3 und ST7 auf der Basis von Polyethylen.

Die Wahl des Mantels hängt von der Kabelbauart und den mechanischen und thermischen Eigenschaften während des Betriebes ab.

ANMERKUNG: In dieser Norm werden keine Temperaturgrenzwerte für Mäntel angegeben.

1.8 Eigenschaften des Kabels

Für die Durchführung und Aufzeichnung der in dieser Norm beschriebenen Prüfungen müssen folgende Kenngrößen bekannt sein oder angegeben werden:

- Nennspannungen nach [1.3](#) und [1.4](#). Die Werte sind für U , U_0 und U_m anzugeben.
- Leiterart, Werkstoff und Querschnitt in mm². Vorhandensein (wenn zutreffend) und Art der Maßnahmen, um Längswasserdichtheit zu erreichen.
- Gleichstromwiderstand des Leiters, wenn der Nennquerschnitt nicht mit dem in [HD 383](#) angegebenen Wert übereinstimmt.
- Art des Isolierwerkstoffes – siehe 1.5. Wenn die Isolierung aus VPE besteht, müssen spezielle Zusätze angegeben werden, wenn der höhere Wert des $\tan \delta$ nach [Tabelle 2](#) gültig ist.
- Nennwanddicke der Isolierung.
- Vorhandensein (wenn zutreffend) und Art der Maßnahmen, um Wasserdichtheit im Schirmbereich zu erreichen.
- Art und Aufbau des Metallmantels, falls vorhanden. Ansonsten Art, Aufbau und Wanddicke des Metallschirmes.
- Art des nichtmetallinen Mantelwerkstoffes.
- Nennwert des Durchmessers über dem Leiter (d).
- Nennwert des Durchmessers über dem vollständigen Kabel (D).
- Nennwert der Kapazität zwischen Leiter und Metallschirm/-mantel.

1.9 Eigenschaften der Garnituren

Für die Durchführung und Aufzeichnung der in dieser Norm beschriebenen Prüfungen müssen folgende Kenngrößen bekannt sein oder angegeben werden:

- a) Zu prüfende Kabel müssen mit den [Abschnitten 1 bis 5](#) übereinstimmen und, entsprechend [1.8](#), genau beschrieben werden.
- b) Leiterverbinder, die in Garnituren verwendet werden, müssen hinsichtlich folgender Punkte genau beschrieben werden:
 - Montagetechnik;
 - Werkzeugbestückung und notwendige Einstellung;
 - Vorbereitung der Kontaktoberflächen;
 - Typ, Referenznummer und andere Kennzeichen des Verbinders.
- c) Zu prüfende Garnituren müssen hinsichtlich folgender Punkte genau beschrieben werden:
 - Name des Herstellers;
 - Typ, Bezeichnung, Herstellungsdatum oder Datumscode;
 - Nennspannung (siehe [1.8 a](#)) oben);
 - Montageanweisung (Referenz und Datum).

1.10 Kategorien der Prüfungen

ANMERKUNG: Auswahlprüfungen (S) oder Stückprüfungen (R) können als Teil von Typprüfungen gefordert werden.

1.10.1 Stückprüfungen (Symbol R)

Prüfungen, die an allen Fertigungslängen durchgeführt werden, um ihre Übereinstimmung mit den Anforderungen nachzuweisen.

1.10.2 Auswahlprüfungen (Symbol S)

Prüfungen, die an Probestücken des fertiggestellten Kabels oder an Aufbauelementen fertiggestellter Kabel durchgeführt werden, um nachzuweisen, daß das fertige Produkt den Anforderungen entspricht.

1.10.3 Typprüfungen (Symbol T)

Prüfungen, die an Kabeln nach diesem HD durchzuführen sind, bevor sie in den Markt eingeführt werden, um zu zeigen, daß die Betriebseigenschaften den gestellten Anforderungen gerecht werden. Die Prüfungen sind so gear-
tet, daß eine Wiederholung nur dann erforderlich ist, wenn Änderungen der Werkstoffe, des Aufbaus oder des Fer-
tigungsprozesses erfolgen, die eine Änderung der Betriebseigenschaften bedingen könnten.

1.10.4 Prüfungen an Kabelanlagen

Prüfungen, die zeigen sollen, daß die verlegten Kabel und die dazugehörigen Garnituren unversehrt sind.

2 Prüfbedingungen

2.1 Umgebungstemperatur

Wenn für eine einzelne Prüfung nicht anders vorgegeben, sind die Prüfungen bei einer Umgebungstemperatur von $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$ durchzuführen.

2.2 Frequenz und Wellenform der betriebsfrequenten Prüfspannungen

Die Frequenz von Prüfwechselspannungen darf nicht weniger als 49 Hz und nicht mehr als 61 Hz betragen. Die Wellenform muß annähernd sinusförmig sein. Die angegebenen Prüfspannungen sind Effektivwerte.

2.3 Wellenform der Stoßspannung

In Übereinstimmung mit HD 48 muß die Stoßwelle eine Stirnzeit von 1 µs bis 5 µs haben und eine Rückenhalbwertzeit von 40 µs bis 60 µs. Ansonsten muß die Stoßwelle mit [HD 588.1](#) übereinstimmen.

3 Stückprüfungen an Kabeln

3.1 Allgemeines

Folgende Prüfungen sind durchzuführen:

- a) Teilentladungsprüfung ([3.2](#));
- b) Spannungsprüfung ([3.3](#));
- c) Elektrische Prüfung am nichtmetallinen Mantel, wenn gefordert ([3.4](#)).

Die Anwendbarkeit der Prüfung am nichtmetallinen Mantel nach Punkt c), wenn in dem jeweiligen Vertrag oder Auftrag gefordert, hängt von der Funktion des Mantels in der Anlage ab (siehe IEC 60229). Deshalb ist die Prüfung nur durchzuführen, wenn im Vertrag gefordert.

Die Reihenfolge der Durchführung der Prüfungen liegt, abhängig vom Prüfaufbau, im Ermessen des Herstellers.

3.2 Teilentladungsprüfung

Die Teilentladungsprüfung ist nach IEC 60885-3 durchzuführen, die Empfindlichkeit muß jedoch 10 pC oder weniger betragen.

Die Prüfspannung ist auf $1,75 U_0$ zu erhöhen und 10 s auf diesem Wert zu halten und dann langsam auf $1,5 U_0$ abzusinken.

Die Stärke der Entladung bei $1,5 U_0$ darf 10 pC nicht überschreiten.

3.3 Spannungsprüfung

Die Spannungsprüfung ist bei Umgebungstemperatur mit einer betriebsfrequenten Wechselspannung durchzuführen.

Die Prüfspannung ist allmählich auf den festgelegten Wert zu erhöhen und auf diesem Wert 30 min zwischen Leiter und Metallschirm/-mantel zu halten.

Die Prüfspannung muß $2,5 U_0$ betragen (Tabelle 1).

Es darf kein Durchschlag an der Isolierung auftreten.

3.4 Elektrische Prüfung am nichtmetallinen Mantel

Wenn im jeweiligen Vertrag oder Auftrag gefordert, ist der nichtmetallene Mantel der elektrischen Stückprüfung nach IEC 60229 zu unterziehen.

4 Auswahlprüfungen an Kabeln

4.1 Allgemeines

Die folgenden Prüfungen sind an Proben durchzuführen, die Fertigungslose repräsentieren und die für die Prüfungen unter Punkt b) und g) vollständige Spulenlängen sein dürfen:

- Prüfung des Leiters (4.4);
- Messung des elektrischen Leiterwiderstandes (4.5);
- Messung der Wanddicke der Isolierung und der nichtmetallinen Mäntel (4.6);
- Messung der Wanddicke des Metallmantels (4.7);
- Messung der Durchmesser, wenn gefordert (4.8);
- Wärme-Dehnung der VPE- und EPR-Isolierung (4.9);
- Messung der Kapazität (4.10);
- Messung der Dichte der HDPE-Isolierung (4.11).

4.2 Häufigkeit der Prüfungen

Die Auswahlprüfungen sind an einer Länge aus jedem Fertigungslos des gleichen Kabeltyps und -querschnitts durchzuführen, jedoch an nicht mehr als 10 % der Längen eines Vertrages, gerundet auf die nächsthöhere Zahl.

4.3 Wiederholungsprüfungen

Besteht eine Probe eine Prüfung nach diesem Abschnitt nicht, werden weitere Proben aus zwei weiteren Längen des gleichen Fertigungsloses entnommen und den gleichen Prüfungen unterzogen, die die Erstprobe nicht bestanden hat.

Bestehen beide zusätzlichen Proben die Prüfungen, gelten die festgelegten Anforderungen für alle Kabel aus diesem Fertigungslos als erfüllt.

Falls eine davon nicht besteht, gilt die Prüfung für das Fertigungslos, aus dem diese Proben stammen, als nicht bestanden.

Weitere Probenentnahmen und Wiederholungsprüfungen sind zu vereinbaren.

4.4 Prüfung des Leiters

Die Übereinstimmung mit den Anforderungen in HD 383 bezüglich des Leiteraufbaus ist, wenn zutreffend, durch Sichtprüfung und Messung zu überprüfen.

4.5 Messung des elektrischen Leiterwiderstandes

Die vollständige Kabellänge oder eine Probe davon muß vor der Prüfung mindestens 12 h bei annähernd konstanter Temperatur in der Prüfkammer gelagert werden. Wenn nicht sichergestellt werden kann, daß die Leiter die

Umgebungstemperatur angenommen haben, darf der Widerstand gemessen werden, nachdem das Kabel 24 h in der Prüfkammer war. Alternativ darf der Widerstand an einer Leiterprobe gemessen werden, die mindestens 1 h in einem temperaturkontrollierten Bad konditioniert wurde.

Der Gleichstromwiderstand des Leiters ist auf eine Temperatur von 20 °C und 1 km Länge entsprechend **HD 383** zu korrigieren.

Der Gleichstromwiderstand des Leiters bei 20 °C darf den in **HD 383** angegebenen entsprechenden Höchstwert, wenn zutreffend, nicht überschreiten.

4.6 Messung der Wanddicke der Isolierung und des nichtmetallinen Mantels

4.6.1 Allgemeines

Das Prüfverfahren muß **Abschnitt 8 von EN 60811-1-1** entsprechen. Jede für die Prüfung ausgewählte Kabellänge muß durch ein Stück repräsentiert sein, das von einem Ende entnommen wird, nachdem, falls erforderlich, ein Abschnitt, der beschädigt ist, abgeschnitten wurde.

4.6.2 Anforderungen

a) Isolierung

Die niedrigste gemessene Wanddicke an einer beliebigen Stelle darf von der angegebenen Nennwanddicke um nicht mehr als

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n$$

abweichen, zusätzlich gilt:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15$$

Dabei ist:

$t_{\max}$ und $t_{\min}$ gemessene Werte in mm an ein- und demselben Querschnitt der Isolierung;

t_n Nennwanddicke in mm.

Die Wanddicke der inneren und äußeren Leitschicht darf nicht in der Wanddicke der Isolierung enthalten sein.

b) Nichtmetallener Mantel

Der niedrigste gemessene Wert darf die angegebene Nennwanddicke um nicht mehr als 0,1 mm + 15 % der Nennwanddicke unterschreiten:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n)$$

Dabei ist:

$t_{\min}$ gemessener Wert in mm;

t_n Nennwanddicke in mm.

Zusätzlich darf der Durchschnitt der gemessenen Werte, gerundet auf 0,1 mm entsprechend **Anhang A**, bei Mänteln, die auf einer im wesentlichen glatten Oberfläche aufgebracht werden, nicht kleiner als die angegebene Nennwanddicke sein.

Die letztgenannte Anforderung gilt nicht für Mäntel, die auf einer unebenen Oberfläche aufgebracht werden, die z. B. durch metallene Schirme aus Drähten und/oder Bändern gebildet werden.

4.7 Messung der Wanddicke des Metallmantels

Die folgenden Prüfungen gelten für Kabel mit einem Metallmantel aus Blei, einer Bleilegierung oder Aluminium.

4.7.1 Mantel aus Blei oder Bleilegierung

Bei Kabeln mit einem Mantel aus Blei oder Bleilegierung darf die Mindestwanddicke die angegebene Nennwanddicke um nicht mehr als 0,1 mm + 5 % der Nennwanddicke unterschreiten, d. h.:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,05 t_n)$$

Dabei ist:

$t_{\min}$ gemessener Wert in mm;

t_n Nennwanddicke in mm.

Die Wanddicke des Bleimantels ist durch eine der in **2.1.5 von HD 605** angegebenen Methoden zu messen, die im Ermessen des Herstellers liegt.

4.7.2 Glatter oder gewellter Aluminiummantel

Bei Kabeln mit einem Mantel aus Aluminium darf die Mindestwanddicke des Metallmantels die angegebene Nennwanddicke um nicht mehr als 0,1 mm + 10 % der Nennwanddicke bei glatten Aluminiummänteln:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,1 t_n)$$

und 0,1 mm + 15 % der Nennwanddicke bei gewellten Aluminiummänteln:

$$t_{\min} \geq t_n - (0,1 + 0,15 t_n) \text{ unterschreiten;}$$

dabei ist:

$t_{\min}$ gemessener Wert in mm;

t_n Nennwanddicke in mm.

Die Wanddicke des Mantels ist durch die in [2.1.5 b\) von HD 605](#), angegebene Ringmethode zu messen, jedoch mit einem Mikrometer mit kugelförmiger Meßfläche von ungefähr 3 mm Radius.

4.8 Messung der Durchmesser

Wenn der Käufer eine Messung des Durchmessers der Ader und/oder des Außendurchmessers des Kabels fordert, sind die Messungen nach [Abschnitt 8 von EN 60811-1-1](#) durchzuführen.

4.9 Wärme-Dehnung der VPE- und EPR-Isolierung

a) Verfahren

Die Probenentnahme und das Prüfverfahren müssen [Abschnitt 9 von EN 60811-2-1](#) entsprechen, unter Verwendung der in [Tabelle 6](#) angegebenen Prüfbedingungen.

Die Prüfstücke sind vom inneren, mittleren oder äußeren Teil der Isolierung zu entnehmen, wo der Grad der Vernetzung beim jeweils verwendeten Vernetzungsprozeß im allgemeinen am niedrigsten ist.

b) Anforderungen

Die Prüfergebnisse müssen mit den in [Tabelle 6](#) angegebenen Anforderungen übereinstimmen.

4.10 Messung der Kapazität

Die Kapazität ist zwischen Leiter und metallinem Schirm/Mantel zu messen. Der gemessene Wert darf den vom Hersteller angegebenen Nennwert um nicht mehr als 8 % überschreiten.

4.11 Messung der Dichte der HDPE-Isolierung

a) Die Dichte des HDPE ist unter Verwendung der Probenentnahme und des Prüfverfahrens nach [Abschnitt 8 von EN 60811-1-3](#) zu messen.

b) Die Prüfergebnisse müssen mit den in [Tabelle 6](#) angegebenen Anforderungen übereinstimmen.

5 Typprüfungen an Kabeln

5.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt angegebenen Typprüfungen sind entsprechend der Definition in [1.10.3](#) durchzuführen, mit der Ausnahme, daß die Prüfungen, die auch als Auswahlprüfungen in [Abschnitt 4](#) gefordert werden, wie auf diesen Abschnitt zutreffend, wiederholt werden.

5.2 Gültigkeitsbereich der Typzulassung

Wenn die Typprüfungen erfolgreich an einem Kabeltyp mit einer spezifischen Nennspannung an einer Kabelprobe oder zwei Proben mit unterschiedlichen Leiterquerschnitten durchgeführt worden sind, gilt die Typzulassung auch für:

a) Kabel mit gleichem Leiterquerschnitt, mit einer leicht unterschiedlichen Nennspannung, jedoch zur gleichen Spannungsgruppe gehörend wie das geprüfte Kabel.

ANMERKUNG: In diesem Zusammenhang sind Kabel der gleichen Spannungsebene Kabel mit Nennspannungen, die einen gemeinsamen Wert für U_m haben, höchste zulässige Spannung für Betriebsmittel und deshalb die gleichen Prüfspannungsebenen (siehe [1.4](#)). Prüfungen an einem Kabel mit Nennspannung $U = 66$ kV würden z.B. auch Kabel mit Nennspannungen $U = 60$ kV und $U = 69$ kV abdecken.

b) Kabel ähnlichen Aufbaus, in der gleichen Nennspannungsgruppe und mit gleichem Leiterquerschnitt.

ANMERKUNG: Kabel ähnlichen Aufbaus sind Kabel mit einem Isolierwerkstoff des gleichen Typs und der gleichen Verarbeitung und den gleichen Arten von leitfähigen Schichten. Die Wiederholung der elektrischen Typprüfungen (siehe [5.5](#)) ist nicht notwendig aufgrund von Unterschieden in den schützenden Lagen über den geschirmten Adern, es sei denn, diese haben signifikante Auswirkungen auf die Prüfergebnisse. Da diese Norm auf Prüfanforderungen beschränkt ist und nicht den Kabelaufbau festlegt, sollte jedoch beachtet werden, daß die möglichen Auswirkungen auf die elektrischen Typprüfungen, die sich aus den unterschiedlichen Umhüllungen über der Ader ergeben, nicht ausführlich behandelt werden können. In einigen Fällen kann es sinnvoll sein, eine oder mehrere der in [5.5](#) aufgeführten Prüfungen (z. B. die Biegeprüfung) zu wiederholen, wenn die Umhüllungen des Kabels von dem Kabel abweichen, an dem die gesamten elektrischen Prüfungen bereits durchgeführt worden sind.

c) Kabel der gleichen Nennspannungsgruppe mit allen Leiterquerschnitten, die zwischen den beiden liegen, an denen die Prüfungen durchgeführt wurden, unter der Voraussetzung, daß die Isolierwanddicken der Bauart für die Zwischenquerschnitte berechnete Werte für die maximale elektrische Feldstärke an der inneren Leitschicht ergeben, die nicht höher sind als die des geprüften Kabels mit dem kleineren Querschnitt, und daß die Wanddicken auch nicht kleiner sind als die Wanddicke des größeren geprüften Querschnitts.

Weiterhin dürfen nach Absprache zwischen Hersteller und Käufer Prüfungen, die erfolgreich an Kabeln einer Nennspannung durchgeführt wurden, als Nachweis dienen, daß das Verhalten der Kabel einer niedrigeren Spannung zufriedenstellend ist, vorausgesetzt, daß vom Hersteller für beide Spannungen die gleichen Fertigungstechniken verwendet werden und daß die elektrische Betriebsfeldstärke bei Kabeln niedrigerer Spannung nicht höher ist.

Die Typprüfungen an Kabelaufbauelementen (siehe 5.6) unterliegen auch der Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer und brauchen nicht an Proben von Kabeln unterschiedlicher Spannungen und/oder Leiterquerschnitten durchgeführt zu werden, es sei denn, es werden unterschiedliche Werkstoffe für die Herstellung verwendet. Es darf jedoch eine Wiederholung der Alterungsprüfungen an Stücken des vollständigen Kabels zur Überprüfung der Verträglichkeit der Werkstoffe gefordert werden (5.6.5), wenn die Kombination der Werkstoffe, die über der geschirmten Ader verwendet werden, anders ist als die bei dem Kabel, an dem die Typprüfungen bereits durchgeführt worden sind.

Ein Typprüfzertifikat, das von einem Vertreter einer fachkompetenten Beglaubigungsstelle unterschrieben ist, oder ein Bericht vom Hersteller mit den Prüfergebnissen, der von einem geeignet qualifizierten Beauftragten unterschrieben ist, gilt als Nachweis der Typprüfung.

5.3 Übersicht der Typprüfungen

Die Typprüfungen umfassen die elektrischen Prüfungen am vollständigen Kabel nach 5.5 und die entsprechenden Prüfungen an Kabelaufbauelementen nach 5.6.

Die elektrischen Prüfungen sind der Reihe nach an einer Kabelprobe durchzuführen, ausgenommen den Vorgaben in 5.5.2. Die Biegeprüfung ist in dieser Reihenfolge von Prüfungen enthalten, um zu überprüfen, daß die elektrischen Eigenschaften des Kabels nach dem Biegen zufriedenstellend sind.

Die Prüfungen an Kabelaufbauelementen sind in Tabelle 3 zusammengefaßt. Hier sind die Prüfungen angegeben, die für jeden Isolier- und Mantelwerkstoff gelten. Die Prüfung des Brennverhaltens wird nur gefordert, wenn der Hersteller den Anspruch auf Übereinstimmung mit dieser Prüfung erhebt als ein besonderes Merkmal der Kabelbauart.

5.4 Prüfung der Isolierwanddicke des Kabels für die elektrischen Typprüfungen

Vor den elektrischen Typprüfungen ist die Isolierwanddicke durch das in Abschnitt 8 von EN 60811-1-1 angegebene Verfahren an einem repräsentativen Kabelstück aus der Länge zu messen, die für die Prüfungen verwendet wird, um zu überprüfen, daß die Wanddicke im Vergleich zum angegebenen Wert nicht überschritten wird.

Wenn die durchschnittliche Isolierwanddicke den angegebenen Wert um nicht mehr als 5 % überschreitet, müssen die Prüfspannungen die normalen Werte sein, die für die Nennspannung des Kabels festgelegt wurden.

Wenn die durchschnittliche Isolierwanddicke den angegebenen Wert um mehr als 5 % überschreitet, jedoch um nicht mehr als 15 %, ist die Prüfspannung anzupassen, um eine elektrische Beanspruchung an der inneren Leitschicht zu haben, die gleich der ist, die gilt, wenn die durchschnittliche Isolierwanddicke gleich dem angegebenen Nennwert ist und die Prüfspannungen die normalen Werte sind, die für die Nennspannung des Kabels angegeben wurden.

Die durchschnittliche Wanddicke der Kabellänge für die elektrischen Typprüfungen darf den angegebenen Wert um nicht mehr als 15 % überschreiten.

5.5 Elektrische Prüfungen am vollständigen Kabel

Die in 5.5.1 aufgeführten Prüfungen sind an mindestens 10 m langen Proben des vollständigen Kabels durchzuführen, Prüfgarnituren nicht eingeschlossen.

Mit Ausnahme der Bedingungen in 5.5.2 sind alle Prüfungen nach 5.5.1 der Reihe nach an derselben Kabelprobe durchzuführen.

5.5.1 Reihenfolge der Prüfungen

Die normale Reihenfolge der Prüfungen muß wie folgt sein:

- a) Biegeprüfung mit anschließender Teilentladungsprüfung (5.5.3 und 5.5.4);
- b) Messung des $\tan \delta$ (5.5.5);
- c) Lastwechselprüfung mit anschließender Teilentladungsmessung, die nach dem letzten Zyklus oder, alternativ, nach der Stoßspannungsprüfung durchzuführen ist (5.5.6);
- d) Stoßspannungsprüfung mit anschließender betriebsfrequenter Spannungsprüfung (5.5.7);
- e) Teilentladungsprüfung, wenn nicht bereits in Punkt c) durchgeführt.

5.5.2 Besondere Bedingungen

Die Prüfung in 5.5.1, Punkt b), darf an einer anderen Probe durchgeführt werden als der, die für die restlichen Prüfungen in 5.5.1 verwendet wurde.

5.5.3 Biegeprüfung

a) Die Probe ist bei Raumtemperatur mindestens einmal vollständig um einen Prüfzylinder (z. B. ein Spulenkern) zu biegen. Sie muß abgewickelt werden und der Vorgang wiederholt werden, die Probe muß dabei jedoch in entgegengesetzter Richtung gebogen werden.

Dieses Verfahren ist insgesamt dreimal durchzuführen.

b) Der Durchmesser des Prüfzylinders darf nicht größer sein als:

- $36 (d + D) + 5 \%$ bei Kabeln mit glatten Aluminiummänteln;
- $25 (d + D) + 5 \%$ bei Kabeln mit Mantel aus Blei, Bleilegierung oder gewellten Metallmänteln oder mit überlappender längseinlaufender Metallfolie;
- $20 (d + D) + 5 \%$ bei den übrigen Kabeln.

Dabei ist:

d Nennwert des Leiterdurchmessers in mm;

D Nennwert des Außendurchmessers des Kabels in mm.

ANMERKUNG: Eine negative Abweichung ist nicht festgelegt, die Prüfung bei Durchmessern unterhalb des festgelegten Wertes sollte jedoch nur nach Absprache mit dem Hersteller erfolgen.

c) Zur Vervollständigung dieser Prüfung ist das Kabel der Teilentladungsprüfung zu unterziehen. Es müssen die Anforderungen nach 5.5.4 erfüllt werden.

5.5.4 Teilentladungsprüfung

Die Teilentladungsprüfung ist nach IEC 60885-2 durchzuführen. Die Empfindlichkeit beträgt 5 pC oder weniger. Die Höhe der Entladung bei $1,5 U_0$ darf 5 pC nicht überschreiten.

5.5.5 Messung des $\tan \delta$

a) Die Probe ist durch eine geeignete Methode zu erwärmen und die Leitertemperatur entweder durch Messung des Widerstandes oder durch Thermoelemente auf der Schirmoberfläche oder durch Thermoelemente am Leiter einer anderen Probe des gleichen Kabels, das mit den gleichen Mitteln erwärmt wurde, zu bestimmen.

Die Probe ist zu erwärmen, bis der Leiter eine Temperatur von mindestens 5 °C und maximal 10 °C über der maximal zulässigen Temperatur am Leiter in ungestörtem Betrieb erreicht hat.

b) Der $\tan \delta$ ist bei einer betriebsfrequenten Spannung von U_0 bei der oben angegebenen Temperatur zu messen.

c) Der gemessene Wert darf den in Tabelle 2 angegebenen Wert nicht überschreiten.

5.5.6 Lastwechselprüfung

a) Die Probe ist in eine U-Form zu biegen, die den in 5.5.3, Punkt b), angegebenen Durchmesser hat.

b) Die Probe ist mit einem geeigneten Verfahren zu erwärmen, bis der Leiter eine Temperatur von mindestens 5 °C und maximal 10 °C über der maximal zulässigen Temperatur am Leiter bei ungestörtem Betrieb erreicht hat.

c) Die Erwärmung muß mindestens 8 h lang erfolgen mit einer anschließenden natürlichen Abkühlung von mindestens 16 h. Die Leitertemperatur muß in den letzten 2 h einer jeden Heizperiode in den angegebenen Temperaturgrenzen gehalten werden.

d) Der Heiz- und Abkühlzyklus muß 20mal durchgeführt werden.

e) Während der gesamten Prüfdauer ist eine Spannung von $2 U_0$ an der Probe anzulegen.

f) Die Probe ist bei Umgebungstemperatur der Teilentladungsprüfung zu unterziehen. Nach dem letzten Zyklus, oder alternativ nach der Stoßspannungsprüfung entsprechend 5.5.7, müssen die Anforderungen entsprechend 5.5.4 erfüllt werden.

5.5.7 Stoßspannungsprüfung (mit anschließender Wechselspannungsprüfung)

a) Die Stoßspannungsprüfung ist an einer Probe durchzuführen bei einer Leitertemperatur von mindestens 5 °C und maximal 10 °C über der maximal zulässigen Temperatur am Leiter bei ungestörtem Betrieb.

Die Stoßspannung ist entsprechend dem in HD 48 angegebenen Verfahren anzulegen.

b) Das Kabel muß 10 positiven und 10 negativen Stößen des in Tabelle 1 angegebenen Wertes standhalten.

c) Nach der Stoßspannungsprüfung ist die Kabelprobe 15 min lang einer betriebsfrequenten Spannungsprüfung bei $2,5 U_0$ zu unterziehen. Diese Prüfung darf entweder während der Abkühlphase oder bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden. Dies liegt im Ermessen des Herstellers.

Es darf kein Durchschlag an der Isolierung auftreten.

d) Wenn nicht bereits in 5.5.6, Punkt f), durchgeführt, ist die Probe einer Teilentladungsprüfung bei Umgebungstemperatur nach 5.5.4 zu unterziehen.

5.6 Typprüfungen an Kabelaufbauelementen

Die nichtelektrischen Typprüfungen und Typprüfungen zur Überprüfung, daß die Werkstoffe für die Kabelaufbauelemente zufriedenstellende Eigenschaften haben, sind in Tabelle 3 in zusammengefaßter Form aufgeführt. Einzelheiten zu den Prüfungen sind in 5.6.1 bis 5.6.16 festgelegt.

5.6.1 Überprüfung des Kabelaufbaus

Die Prüfung des Leiters und die Messungen der Isolier- und Mantelwanddicken sind entsprechend und in Übereinstimmung mit den Anforderungen in 4.4, 4.6 und 4.7 durchzuführen.

5.6.2 Spezifischer Widerstand der leitfähigen Schichten

a) Der spezifische Widerstand der extrudierten inneren und äußeren Leitschicht ist durch Messungen an den Prüfstücken zu ermitteln, die von der Ader einer Kabelprobe entnommen wurden und einer Kabelprobe, die der Alterungsbehandlung unterzogen wurde, um die Verträglichkeit der Werkstoffe der Aufbauelemente nach 5.6.5 zu prüfen.

b) Das Prüfverfahren muß 3.9.3 von HD 605 entsprechen.

c) Die Messungen sind bei einer Temperatur von $\pm 2^\circ\text{C}$ der maximal zulässigen Temperatur am Leiter bei ungestörtem Betrieb für die Kabelbauart durchzuführen.

d) Der spezifische Widerstand, sowohl vor Alterung als auch nach Alterung, darf die folgenden Werte nicht überschreiten:

- innere Leitschicht: 1000 Ωm ;
- Aderschirmung: 500 Ωm .

5.6.3 Prüfungen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Isolierung vor und nach Alterung

a) Die Probenentnahme und Vorbereitung der Prüfstücke sind nach 9.1 von EN 60811-1-1 vorzunehmen.

b) Die Alterungsbehandlung ist nach Abschnitt 8 von EN 60811-1-2 unter den in Tabelle 4 angegebenen Bedingungen durchzuführen.

c) Die Konditionierung und Messung der mechanischen Eigenschaften sind nach 9.1 von EN 60811-1-1 durchzuführen.

d) Die Prüfergebnisse für nichtgealterte und gealterte Prüfstücke müssen mit den in Tabelle 4 angegebenen Anforderungen übereinstimmen.

5.6.4 Prüfungen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von nichtmetallinen Mänteln vor und nach Alterung

a) Die Probenentnahme und Vorbereitung der Prüfstücke sind nach 9.2 von EN 60811-1-1 vorzunehmen.

b) Die Alterungsbehandlung ist nach 8.1 von EN 60811-1-2 unter den in Tabelle 5 angegebenen Bedingungen durchzuführen.

c) Die Konditionierung und Messung der mechanischen Eigenschaften sind nach 9.2 von EN 60811-1-1 durchzuführen.

d) Die Prüfergebnisse für nichtgealterte und gealterte Prüfstücke müssen mit den in Tabelle 5 angegebenen Anforderungen übereinstimmen.

5.6.5 Alterungsprüfungen an Stücken des vollständigen Kabels zur Überprüfung der Verträglichkeit der Werkstoffe

a) Allgemeines

Die Alterungsprüfung an Stücken des vollständigen Kabels ist durchzuführen, um zu überprüfen, daß die Isolierung, der nichtmetallene Mantel und die extrudierte innere und äußere Leitschicht nicht anfällig sind, sich während des Betriebes übermäßig zu verschlechtern aufgrund des Kontakts mit anderen Aufbauelementen im Kabel.

b) Probenentnahme

Proben für die Prüfung an der Isolierung und am nichtmetallinen Mantel sind vom vollständigen Kabel entsprechend 8.1.4 von EN 60811-1-2 zu entnehmen. Die Probe für die Prüfung an den leitfähigen Schichten muß eine ähnliche Probe des vollständigen Kabels von einer Stelle nahe der Probe sein, die zur Messung des spezifischen Widerstandes der leitfähigen Schichten vor Alterung entnommen wurde.