

	DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 29.060.20 Ersatz für DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632):1999-05 Siehe Anwendungsbeginn Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis 150 kV ($U_m = 170$ kV); Deutsche Fassung HD 632 S3:2016, Teile 0, 1, 3-D, 4-D und 5-D 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); German version HD 632 S3:2016, Parts 0, 1, 3-D, 4-D and 5-D 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); Version allemande HD 632 S3:2016, Parties 0, 1, 3-D, 4-D et 5-D Gesamtumfang 83 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für diese Norm ist 2017-09-01.

Für **DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632):1999-05** besteht eine Übergangsfrist bis 2019-06-27.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN VDE 0276-632-3 (VDE 0276-632-3):2013-05.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 411.1 „Starkstromkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Das Harmonisierungsdokument HD 632, *Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung und ihre Garnituren für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis 150 kV ($U_m = 170$ kV)*, strukturiert sich wie folgt:

- Teil 1 Allgemeine Prüfanforderungen*
- Teil 2 Ergänzende Prüfverfahren*
- Teil 3 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren*
- Teil 4 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung, Metallschirm und Metall-Schichtenmantel und ihre Garnituren*
- Teil 5 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren*
- Teil 6 Prüfanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren*
- Teil 7 Prüfanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung, Metallschirm und Metall-Schichtenmantel und ihre Garnituren*
- Teil 8 Prüfanforderungen für Kabel mit EPR-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren*
- Teil 9 Prüfanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren*
- Teil 10 Prüfanforderungen für Kabel mit PE- oder HDPE-Isolierung, Metallschirm und Metall-Schichtenmantel und ihre Garnituren*
- Teil 11 Prüfanforderungen für Kabel mit PE-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 ist jedoch in Englisch bei der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main, käuflich zu erwerben.

Hinweis: Im Bereich der Kabel- und Leitungsnormen wird „rated voltage“ aus sachlichen Gründen mit „Nennspannung“ übersetzt.

Die weltweit vereinbarten Prüfanforderungen an Starkstromkabel mit extrudierter Isolierung für Hoch- und Höchstspannungs-Übertragungsnetze sind in den Internationalen Normen IEC 60840 und **IEC 62067** festgelegt. Dabei enthält IEC 60840 die Anforderungen für Spannungen bis einschließlich 170 kV und **IEC 62067** die Anforderungen für Spannungen oberhalb von 170 kV.

Beide IEC-Normen (IEC 60840 und **IEC 62067**) wurden neu überarbeitet und im November 2011 veröffentlicht. Die Neuausgaben von IEC 60840 Edition 4.0 (2011-11) sowie **IEC 62067** Edition 2.0 (2011-11) zeichnen sich durch eine weitgehende Angleichung der Textstruktur aus.

Wesentliche Veränderungen zu den vorhergehenden Ausgaben sind:

- Erweiterung der IEC 60840:2011-11 um ein Präqualifikationsverfahren für Kabelsysteme mit erhöhten Feldstärken an den Leitschichten, in Anlehnung an **IEC 62067**;
- sowohl in IEC 60840 als auch in **IEC 62067**, Festlegung eines verkürzten Präqualifikationsverfahrens, falls nur geringe Änderungen in Design oder im Herstellungsverfahren einzelner Systemkomponenten vorgenommen wurden.

In Europa findet sich die normative Beschreibung der Anforderungen an Hochspannungskabel mit extrudierter Isolierung bis 170 kV im CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 632.

Bei diesem Harmonisierungsdokument hat schon bei der vorletzten Überarbeitung eine Angleichung an die IEC-Norm in der Form stattgefunden, dass als Teil 1 des Europäischen Harmonisierungsdokuments HD 632 S2:2008 die IEC 60840 Edition 3.0 (2004-04) eingefügt wurde.

Um in der europäischen Normung den Anschluss an die aktuelle IEC 60840 Edition 4.0 (2011-11) zu erhalten, wurde zeitnah zur Neuerscheinung der IEC für HD 632 die Ausgabe S3 vorbereitet. Zukünftig sollen dann die CENELEC- und IEC-Revisionen im Gleichtakt vollzogen werden.

Die Veröffentlichung des HD 632 in der Ausgabe S3 hat die Neuausgabe der vorliegenden DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632) zur Folge. Sie enthält in deutscher Sprache Teil 1 von HD 632 und die deutschen Teile 3-D, 4-D und 5-D des HD 632 mit ergänzenden Anforderungen zum Teil 1.

Änderungen

Gegenüber **DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632):1999-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung einer Präqualifikationsprüfung für Kabel mit hoher elektrischer Belastung und Prüfung als Kabelsystem einschließlich Garnituren;
- b) Prüfverfahren und Prüfanforderungen wurden an den aktuellen Stand der Technik angepasst;
- c) Redaktionelle Überarbeitung und Aktualisierung der normativen Verweisungen.

Frühere Ausgaben

DIN VDE 0263 (VDE 0263): 1991-02

DIN VDE 0276-632 (VDE 0276-632): 1999-05

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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

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

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

Tabelle NA.1 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 588.1	IEC 60060-1	DIN EN 60060-1(VDE 0432-1)	VDE 0432-1
	IEC 60183	DIN IEC 60183 (VDE 0276-183)	VDE 0276-183
EN 60228	IEC 60228	DIN EN 60228 (VDE 0295)	VDE 0295
EN 60229:2008	IEC 60229:2007	DIN EN 60229 (VDE 0473-229):2009-04	VDE 0473-229
EN 60230	IEC 60230	DIN EN 60230 (VDE 0481-230)	VDE 0481-230
–	IEC 60287 (alle Teile)	–	–
–	IEC 60287-1-1:2006	–	–
EN 60332-1-2	IEC 60332-1-2	DIN EN 60332-1-2 (VDE 0482-332-1-2)	VDE 0482-332-1-2
EN 60811 (alle Teile)	IEC 60811 (alle Teile)	DIN EN 60811 (VDE 0473-811) (alle Teile)	VDE 0473-811 (alle Teile)
EN 60811-201	IEC 60811-201	DIN EN 60811-201 (VDE 0473-811-201)	VDE 0473-811-201
EN 60811-202	IEC 60811-202	DIN EN 60811-202 (VDE 0473-811-202)	VDE 0473-811-202
EN 60811-203	IEC 60811-203	DIN EN 60811-203 (VDE 0473-811-203)	VDE 0473-811-203
EN 60811-401	IEC 60811-401	DIN EN 60811-401 (VDE 0473-811-401)	VDE 0473-811-401
EN 60811-403	IEC 60811-403	DIN EN 60811-403 (VDE 0473-811-403)	VDE 0473-811-403
EN 60811-409	IEC 60811-409	DIN EN 60811-409 (VDE 0473-811-409)	VDE 0473-811-409
EN 60811-412	IEC 60811-412	DIN EN 60811-412 (VDE 0473-811-412)	VDE 0473-811-412
EN 60811-501	IEC 60811-501	DIN EN 60811-501 (VDE 0473-811-501)	VDE 0473-811-501
EN 60811-502	IEC 60811-502	DIN EN 60811-502 (VDE 0473-811-502)	VDE 0473-811-502
EN 60811-503	IEC 60811-503	DIN EN 60811-503 (VDE 0473-811-503)	VDE 0473-811-503
EN 60811-505	IEC 60811-505	DIN EN 60811-505 (VDE 0473-811-505)	VDE 0473-811-505
EN 60811-506	IEC 60811-506	DIN EN 60811-506 (VDE 0473-811-506)	VDE 0473-811-506
EN 60811-507	IEC 60811-507	DIN EN 60811-507 (VDE 0473-811-507)	VDE 0473-811-507
EN 60811-508	IEC 60811-508	DIN EN 60811-508 (VDE 0473-811-508)	VDE 0473-811-508
EN 60811-509	IEC 60811-509	DIN EN 60811-509 (VDE 0473-811-509)	VDE 0473-811-509

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60811-605	IEC 60811-605	DIN EN 60811-605 (VDE 0473-811-605)	VDE 0473-811-605
EN 60811-606	IEC 60811-606	DIN EN 60811-606 (VDE 0473-811-606)	VDE 0473-811-606
–	IEC 60853-2	–	–
EN 60885-3	IEC 60885-3	DIN EN 60885-3 (VDE 0481-885-3)	VDE 0481-885-3
–	IEC 61443	–	–
–	ISO 48	DIN ISO 48	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1), Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Prüfbedingungen

DIN EN 60228 (VDE 0295), Leiter für Kabel und isolierte Leitungen

DIN EN 60229 (VDE 0473-229):2009-04, Starkstromkabel – Prüfungen an extrudierten Außenmänteln mit besonderer Schutzfunktion (IEC 60229:2007); Deutsche Fassung EN 60229:2008

DIN EN 60230 (VDE 0481-230), Stoßspannungsprüfungen an Kabeln und deren Garnituren

DIN EN 60332-1-2 (VDE 0482-332-1-2), Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall – Teil 1-2: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung an einer Ader, einer isolierten Leitung oder einem Kabel – Prüfverfahren mit 1-kW-Flamme mit Gas-/Luft-Gemisch

DIN EN 60811 (alle Teile), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe

DIN EN 60811-201 (VDE 0473-811-201), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 201: Allgemeine Prüfungen – Messung der Wanddicke von Isolierhüllen

DIN EN 60811-202 (VDE 0473-811-202), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 202: Allgemeine Prüfungen – Messung der Wanddicke von nichtmetallinen Mänteln

DIN EN 60811-203 (VDE 0473-811-203), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 203: Allgemeine Prüfungen – Messung der Außenmaße

DIN EN 60811-401 (VDE 0473-811-401), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 401: Sonstige Prüfungen – Thermische Alterungsverfahren – Alterung im Wärmeschrank

DIN EN 60811-403 (VDE 0473-811-403), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 403: Sonstige Prüfungen – Prüfung der Ozonbeständigkeit für vernetzte Mischungen

DIN EN 60811-409 (VDE 0473-811-409), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 409: Sonstige Prüfungen – Prüfung des Masseverlusts von thermoplastischen Isolierhüllen und Mänteln

DIN EN 60811-412 (VDE 0473-811-412), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 412: Sonstige Prüfungen – Thermische Alterungsverfahren – Alterung in einer Druckkammer

DIN EN 60811-501 (VDE 0473-811-501), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 501: Mechanische Prüfungen – Prüfungen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Isolier- und Mantelwerkstoffen

DIN EN 60811-502 (VDE 0473-811-502), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 502: Mechanische Prüfungen – Schrumpfungsprüfung für Isolierhüllen

DIN EN 60811-503 (VDE 0473-811-503), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 503: Mechanische Prüfungen – Schrumpfungsprüfung für Mäntel

DIN EN 60811-505 (VDE 0473-811-505), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 505: Mechanische Prüfungen – Dehnungsprüfungen bei niedriger Temperatur für Isolierhüllen und Mäntel

DIN EN 60811-506 (VDE 0473-811-506), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 506: Mechanische Prüfungen – Schlagprüfungen bei niedriger Temperatur für Isolierhüllen und Mäntel

DIN EN 60811-507 (VDE 0473-811-507), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 507: Mechanische Prüfungen – Wärmedehnungsprüfung für vernetzte Werkstoffe

DIN EN 60811-508 (VDE 0473-811-508), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 508: Mechanische Prüfungen – Wärmedruckprüfungen für Isolierhüllen und Mäntel

DIN EN 60811-509 (VDE 0473-811-509), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 509: Mechanische Prüfungen – Prüfung der Rissbeständigkeit von Isolierhüllen und Mänteln (Wärmeschock-Prüfung)

DIN EN 60811-605 (VDE 0473-811-605), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 605: Physikalische Prüfungen – Messung des Ruß- und/oder Füllstoffgehalts in Polyethylenmischungen

DIN EN 60811-606 (VDE 0473-811-606), Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe – Teil 606: Physikalische Prüfungen – Verfahren zur Bestimmung der Dichte

DIN EN 60885-3 (VDE 0481-885-3), Elektrische Prüfverfahren für Starkstromkabel – Teil 3: Prüfverfahren zur Teilentladungsmessung an Längen von extrudierten Kabeln

DIN IEC 60183 (VDE 0276-183), Leitlinie zur Auswahl von AC-Hochspannungskabelsystemen

DIN ISO 48, Elastomere und thermoplastische Elastomere – Bestimmung der Härte (Härte zwischen 10 IRHD und 100 IRHD)

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 2016-06-27 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen für die Übernahme dieses Harmonisierungsdokuments auf nationaler Ebene festgelegt sind.

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

Dieses Harmonisierungsdokument besteht in drei offiziellen Fassungen (Englisch, Französisch und Deutsch).

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



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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2016 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren,
sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. HD 632 S3:2016 D

Inhalt

Europäisches Vorwort	0-3
Teil 1 Allgemeine Prüfanforderungen	1-1
Teil 3 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallschirm und ihre Garnituren	
3-D Kabel mit VPE-Isolierung und Kupferschirm und ihre Garnituren (Prüfliste 3D)	3-D-1
Teil 4 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung, Metallschirm und Metall-Schichtenmantel und ihre Garnituren	
4-D Kabel mit VPE-Isolierung, Kupferschirm und Aluminium-Schichtenmantel und ihre Garnituren (Prüfliste 4D)	4-D-1
Teil 5 Prüfanforderungen für Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren	
5-D Kabel mit VPE-Isolierung und Metallmantel und ihre Garnituren (Prüfliste 5D)	5-D-1

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (HD 632 S3:2016) wurde von CLC/TC 20 „Kabel und isolierte Leitungen“ ausgearbeitet.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem das Vorhandensein dieses Dokuments auf nationaler Ebene angekündigt werden muss (doa): 2016-12-27
- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2017-06-27
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2019-06-27

Dieses Dokument ersetzt HD 632 S2:2008.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die technische Hauptänderung in Bezug auf das HD 632 S2:2008 ist die unveränderte Übernahme der aktuellen Ausgabe der IEC 60840 (Edition 4, 2011-11) als Teil 1 dieser Europäischen Norm. Die Prüfabschnitte in Teil 2 wurden in Übereinstimmung mit den Änderungen in Teil 1 und den Abschnitten von Teil 3 bis Teil 11 überarbeitet und aktualisiert. Die Abschnitte in Teil 3 bis Teil 11 wurden aktualisiert und an die neuen Inhalte in Teil 1 angepasst. Alle Verweisungen auf EN 60811 wurden auf die neue Reihe EN 60811:2012-06 aktualisiert.

Durch Entscheidung des Technischen Büros (D81/139, erweitert durch D104/118 und D114/076) liegt dieses HD nur in der englischen Sprachfassung vor.

Die Nummerierung der Seiten gibt die Aufteilung in Teile und Abschnitte des Dokuments wieder, z. B. steht Seite 4-C-3 für Seite 3 des Abschnitts C von Teil 4.

Teil 1: Allgemeine Prüfanforderungen

Inhalt

Seite

1	Anwendungsbereich.....	1-5
2	Normative Verweisungen	1-5
3	Begriffe	1-6
3.1	Begriffe zu Maßen (Dicke, Querschnitte usw.)	1-6
3.2	Begriffe zu Prüfungen	1-6
3.3	Weitere Begriffe.....	1-7
4	Spannungsbezeichnungen und Werkstoffe	1-7
4.1	Nennspannungen	1-7
4.2	Kabelisolierstoffe	1-7
4.3	Kabelschirme/-mäntel aus Metall	1-7
4.4	Kabelaußenmantelwerkstoffe.....	1-7
5	Vorsichtsmaßnahmen gegen das Eindringen von Wasser in Kabel.....	1-8
6	Kabeleigenschaften.....	1-8
7	Garnitureigenschaften	1-9
8	Prüfbedingungen	1-9
8.1	Umgebungstemperatur	1-9
8.2	Frequenz und Wellenform der Prüfspannungen bei Betriebsfrequenz.....	1-10
8.3	Wellenform von Blitzstoßspannungen.....	1-10
8.4	Zusammenhang zwischen Prüfspannungen und Nennspannungen	1-10
8.5	Bestimmung der Leitertemperatur des Kabels.....	1-10
9	Stückprüfungen an Kabeln und der Hauptisolierung von vorgefertigten Garnituren	1-10
9.1	Allgemeines.....	1-10
9.2	Teilentladungsprüfung.....	1-11
9.3	Spannungsprüfung	1-11
9.4	Elektrische Prüfung am Außenmantel des Kabels.....	1-11
10	Auswahlprüfungen an Kabeln	1-11
10.1	Allgemeines	1-11
10.2	Häufigkeit der Prüfungen	1-12
10.3	Wiederholung von Prüfungen.....	1-12
10.4	Überprüfung des Leiters.....	1-12
10.5	Messung des elektrischen Widerstands von Leiter und Metallschirm/-mantel	1-12
10.6	Messung der Isolier- und Mantelwanddicke.....	1-12
10.7	Messung der Wanddicke eines Metallmantels.....	1-13
10.8	Messung von Durchmessern	1-14
10.9	Wärmedehnungsprüfung an VPE-, EPR- und HEPR-Isolierungen	1-14

	Seite
10.10 Messung der Kapazität.....	1-15
10.11 Messung der Dichte der HDPE-Isolierung	1-15
10.12 Blitzstoßspannungsprüfung	1-15
10.13 Wassereindringprüfung	1-15
10.14 Prüfungen an Komponenten von Kabeln mit fest mit dem Außenmantel verbundenem längslaufendem Metallband oder entsprechender Metallfolie.....	1-15
11 Auswahlprüfungen an Garnituren.....	1-16
11.1 Prüfungen an Komponenten	1-16
11.2 Prüfungen an kompletten Garnituren	1-16
12 Typprüfungen an Kabelsystemen.....	1-16
12.1 Allgemeines	1-16
12.2 Gültigkeitsbereich der Typzulassung	1-17
12.3 Übersicht der Typprüfungen	1-17
12.4 Elektrische Typprüfungen an vollständigen Kabelsystemen.....	1-18
12.5 Nicht-elektrische Typprüfungen an Kabelkomponenten und am vollständigen Kabel.....	1-22
13 Präqualifikationsprüfung des Kabelsystems.....	1-27
13.1 Allgemeines und Geltungsbereich der Präqualifikationsprüfzulassung	1-27
13.2 Präqualifikationsprüfung am vollständigen System.....	1-28
13.3 Prüfungen zur Erweiterung der Präqualifikation eines Kabelsystems	1-30
14 Typprüfungen an Kabeln	1-32
14.1 Allgemeines	1-32
14.2 Gültigkeitsbereich der Typzulassung	1-33
14.3 Übersicht der Typprüfungen	1-33
14.4 Elektrische Typprüfungen an vollständigen Kabeln	1-33
15 Typprüfungen an Garnituren	1-34
15.1 Allgemeines	1-34
15.2 Gültigkeitsbereich der Typzulassung	1-34
15.3 Übersicht der Typprüfungen	1-35
15.4 Elektrische Typprüfungen an Garnituren.....	1-35
16 Elektrische Prüfungen nach Montage	1-36
16.1 Allgemeines	1-36
16.2 Gleichspannungsprüfung am Außenmantel	1-36
16.3 Wechselspannungsprüfung an der Isolierung	1-36
Anhang A (informativ) Bestimmung der Leitertemperatur des Kabels	1-44
A.1 Zweck	1-44
A.2 Kalibrierung der Temperatur im Hauptprüfkreis	1-44
A.2.1 Allgemeines	1-44
A.2.2 Anordnung von Kabel und Temperaturfühlern	1-44
A.2.3 Kalibrierverfahren	1-46

A.3	Erwärmung für die Prüfung	1-46
A.3.1	Verfahren 1 – Prüfung mit einem Referenzkabel.....	1-46
A.3.2	Verfahren 2 – Prüfung mit Berechnung der Leitertemperatur und Messung der Oberflächentemperatur	1-47
Anhang B (normativ)	Runden von Zahlen	1-48
Anhang C (informativ)	Liste der Typprüfungen, der Präqualifikationsprüfungen und der Prüfungen zur Erweiterung der Präqualifikation von Kabelsystemen, Kabeln und Garnituren	1-49
Anhang D (normativ)	Verfahren zur Messung des spezifischen Widerstands von Leitschichten.....	1-52
Anhang E (normativ)	Wassereindringprüfung	1-54
E.1	Prüfling	1-54
E.2	Prüfung.....	1-54
E.3	Anforderungen.....	1-55
Anhang F (normativ)	Prüfungen an Komponenten von Kabeln mit fest mit dem Außenmantel verbundenem längslaufendem Metallband oder entsprechender Metallfolie	1-56
F.1	Sichtprüfung	1-56
F.2	Haftfestigkeit der Metallfolie	1-56
F.2.1	Verfahren.....	1-56
F.2.2	Anforderungen.....	1-57
F.3	Haftfestigkeit von überlappten Metallfolien	1-57
F.3.1	Verfahren.....	1-57
F.3.2	Anforderungen.....	1-58
Anhang G (normativ)	Prüfungen an der äußeren Schutzhülle von Muffen	1-59
G.1	Allgemeines.....	1-59
G.2	Gültigkeitsbereich der Typzulassung	1-59
G.3	Lagerung in Wasser und Heizzyklen	1-59
G.4	Prüfspannungen	1-60
G.4.1	Allgemeines.....	1-60
G.4.2	Anordnungen mit Garnituren ohne Schirm-/Metallmanteltrennisolierung	1-60
G.4.3	Anordnungen mit Schirm-/Metallmanteltrennisolierung	1-60
G.5	Untersuchung der Prüfanordnung.....	1-61
Anhang H (normativ)	Bestimmung der Härte der HEPR-Isolierungen.....	1-62
H.1	Prüfling	1-62
H.2	Prüfverfahren.....	1-62
H.2.1	Oberflächen mit großem Krümmungsradius	1-62
H.2.2	Oberflächen mit kleinem Krümmungsradius	1-62
H.2.3	Konditionierung und Prüftemperatur	1-62
H.2.4	Anzahl der Messungen	1-63
Literaturhinweise		1-64

Bilder

Bild 1 – Beispiel für die Prüfanordnung bei der Präqualifikationsprüfung	1-29
Bild 2 – Beispiel für die Prüfanordnung zur Erweiterung der Präqualifikation eines Systems mit einer anderen Muffe, die sowohl für starre als auch für flexible Installation ausgelegt ist	1-31
Bild A.1 – Typischer Prüfaufbau für Referenz- und Hauptprüfkreis	1-45
Bild A.2 – Beispiel für die Anordnung der Temperaturfühler auf dem Leiter des Referenzkreises	1-46
Bild D.1 – Vorbereitung der Prüflinge für die Messung des spezifischen Widerstands von inneren und äußeren Leitschichten	1-53
Bild E.1 – Schematische Darstellung des Aufbaus der Wassereindringprüfung	1-55
Bild F.1 – Haftung der Metallfolie	1-56
Bild F.2 – Beispiel für die überlappte Metallfolie	1-57
Bild F.3 – Abziehfestigkeit der überlappten Metallfolie	1-57
Bild H.1 – Prüfung an Oberflächen mit großem Krümmungsradius	1-63
Bild H.2 – Prüfung an Oberflächen mit kleinem Krümmungsradius	1-63

Tabellen

Tabelle 1 – Isolermischungen für Kabel	1-37
Tabelle 2 – Außenmantelmischungen für Kabel	1-37
Tabelle 3 – $\tan \delta$ -Anforderungen an Isolermischungen für Kabel	1-37
Tabelle 4 – Prüfspannungen	1-38
Tabelle 5 – Nicht-elektrische Typprüfungen an Isolier- und Außenmantelmischungen für Kabel	1-39
Tabelle 6 – Prüfanforderungen für mechanische Eigenschaften von Isolermischungen für Kabel (vor und nach Alterung)	1-40
Tabelle 7 – Prüfanforderungen für mechanische Eigenschaften von Außenmantelmischungen für Kabel (vor und nach Alterung)	1-41
Tabelle 8 – Prüfanforderungen für besondere Eigenschaften von Isolermischungen für Kabel	1-42
Tabelle 9 – Prüfanforderungen für besondere Eigenschaften von PVC-Außenmänteln für Kabel	1-43
Tabelle C.1 – Typprüfungen an Kabelsystemen, Kabeln und Garnituren	1-50
Tabelle C.2 – Präqualifikationsprüfungen an Kabelsystemen mit einer rechnerischen elektrischen Nennfeldstärke am Leiter über 8,0 kV/mm oder einer rechnerischen elektrischen Nennfeldstärke an der Isolierung über 4,0 kV/mm	1-50
Tabelle C.3 – Prüfungen zur Erweiterung der Präqualifikation an Kabelsystemen mit einer rechnerischen elektrischen Nennfeldstärke am Leiter über 8,0 kV/mm oder einer rechnerischen elektrischen Nennfeldstärke an der Isolierung über 4,0 kV/mm	1-51
Tabelle G.1 – Stoßspannungsprüfungen	1-60

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil 1 des HD 632 legt Prüfverfahren und Anforderungen für Starkstromkabelsysteme, Kabel allein und Garnituren allein, für Festinstallationen und für Nennspannungen über 36 kV ($U_m = 42$ kV) bis einschließlich 150 kV ($U_m = 170$ kV) fest.

Abhängig von der Gestaltung und den Systembedingungen können zusätzliche oder sogar weniger Tests oder andere Anforderungen, welche nicht in Teil 1 beschrieben sind, in den einzelnen Abschnitten der Teile 3 bis 11 festgelegt werden.

In diesen Teilen zeigt jeder Abschnitt entweder

- 1) eine vollständige Aufstellung, wie der jeweilige Abschnitt entweder jedem Abschnitt von Teil 1 zustimmt oder davon abweicht, oder
- 2) eine reduzierte Aufstellung, welche nur die Stellen angibt, wo der jeweilige Abschnitt von Teil 1 abweicht.

Die Anforderungen gelten für einadrige Kabel und einzeln geschirmte dreiadrig Kabel und ihre Garnituren für die üblichen Verlege-/Montage- und Betriebsbedingungen, aber nicht für Spezialkabel und ihre Garnituren, wie z. B. Unterwasserkabel, die für die Änderungen der Normprüfungen notwendig sein können oder für die es nötig sein kann, besondere Prüfbedingungen festzulegen.

Diese Norm deckt keine Übergangsmuffen zwischen Kabeln mit extrudierter Isolierung und Papierisolierung ab.

2 Normative Verweisungen

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

EN 60228, *Leiter für Kabel und isolierte Leitungen (IEC 60228)*

EN 60229:2008, *Starkstromkabel – Prüfungen an extrudierten Außenmänteln mit besonderer Schutzfunktion (IEC 60229:2007)*

EN 60230, *Stoßspannungsprüfungen an Kabeln und deren Garnituren (IEC 60230)*

EN 60332-1-2, *Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall – Teil 1-2: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung an einer Ader, einer isolierten Leitung oder einem Kabel – Prüfverfahren mit 1-kW-Flamme mit Gas-/Luft-Gemisch (IEC 60332-1-2)*

EN 60811 (alle Teile), *Kabel, isolierte Leitungen und Glasfaserkabel – Prüfverfahren für nichtmetallene Werkstoffe (IEC 60811) (alle Teile)*

EN 60885-3, *Elektrische Prüfverfahren für Starkstromkabel – Teil 3: Prüfverfahren zur Teilentladungsmessung an Längen von extrudierten Kabeln (IEC 60885-3)*

HD 588.1, *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60060-1)*

IEC 60183, *Guide to the selection of high-voltage cables*

IEC 60287-1-1:2006, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe zu Maßen (Dicke, Querschnitte usw.)

3.1.1

Nennwert

Wert, durch den eine Größe beschrieben und der häufig in Tabellen verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen werden von Nennwerten in dieser Norm Werte abgeleitet, die durch Messung unter Berücksichtigung festgelegter Toleranzen überprüft werden.

3.1.2

Medianwert

wenn einige Prüfergebnisse vorliegen und in steigender (oder fallender) Reihenfolge angeordnet sind, der mittlere Wert, wenn die Anzahl der vorliegenden Werte ungeradzahlig ist, und der Mittelwert der beiden mittleren Werte, wenn die Anzahl geradzahlig ist

3.2 Begriffe zu Prüfungen

3.2.1

Stückprüfung

Prüfungen, die vom Hersteller an jeder gefertigten Komponente (Kabellänge oder Garnitur) durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob die Komponente die festgelegten Anforderungen erfüllt

3.2.2

Auswahlprüfung

Prüfungen, die vom Hersteller an Prüflingen des kompletten Kabels oder an Komponenten, die dem kompletten Kabel oder der Garnitur in einer bestimmten Häufigkeit entnommen wurden, durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das fertige Produkt die festgelegten Anforderungen erfüllt

3.2.3

Typprüfung

Prüfungen, die vor der Einführung auf allgemeiner kommerzieller Basis einer Bauart eines Kabelsystems nach dieser Norm durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Leistungsdaten in zufriedenstellender Weise erfüllt sind und auf die vorgesehene Anwendung zutreffen

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach einmaligem erfolgreichem Abschluss müssen diese Prüfungen nicht wiederholt werden, es sei denn, es wurden Änderungen am Kabel oder an der Garnitur im Hinblick auf Werkstoffe, Herstellungsprozess, Konstruktion oder die Auslegungsfeldstärkeebenen vorgenommen, die die Leistungsdaten nachteilig verändern könnten.

3.2.4

Präqualifikationsprüfung

Prüfung, die für den Handel üblicherweise vor der Lieferung eines von dieser Norm abgedeckten Kabelsystemtyps durchgeführt wird, um die zufriedenstellende langfristige Gebrauchstauglichkeit des kompletten Kabelsystems nachzuweisen

3.2.5

Erweiterung der Präqualifikationsprüfung

Prüfung, die für den Handel üblicherweise vor der Lieferung eines von dieser Norm abgedeckten Kabelsystemtyps durchgeführt wird, um die zufriedenstellende langfristige Gebrauchstauglichkeit des kompletten Kabelsystems unter Berücksichtigung eines bereits präqualifizierten Kabelsystems nachzuweisen

3.2.6

elektrische Prüfung nach Montage

Prüfungen, die die Unversehrtheit des Kabelsystems nach Montage nachweisen

3.3 Weitere Begriffe

3.3.1

Kabelsystem

Kabel mit montierten Garnituren einschließlich der Komponenten zur Beherrschung thermo-mechanischer Beanspruchungen des Systems, aber beschränkt auf solche, die für Endverschlüsse und Muffen verwendet werden

3.3.2

Nennfeldstärke

elektrische Feldstärke, berechnet bei U_0 unter Verwendung der Nennabmessungen

4 Spannungsbezeichnungen und Werkstoffe

4.1 Nennspannungen

In dieser Norm werden die Symbole U_0 , U und U_m verwendet, um die Nennspannungen der Kabel und Garnituren zu bezeichnen, sie haben dabei die in [IEC 60183](#) vorgegebene Bedeutung.

4.2 Kabelisolierstoffe

Diese Norm gilt für Kabel, die mit einem oder mehreren der in [Tabelle 1](#) aufgeführten Werkstoffe isoliert sind. Diese Norm legt auch für alle für Kabel verwendeten Isoliermischungstypen die maximalen Leiterbetriebstemperaturen fest, von denen die festgelegten Prüfbedingungen abgeleitet sind.

4.3 Kabelschirme/-mäntel aus Metall

Diese Norm gilt für die verschiedenen zurzeit verwendeten Konstruktionen. Sie deckt auch radial wasserdichte und andere Konstruktionen ab.

Die radial wasserdichten Konstruktionen bestehen hauptsächlich aus

- Metallmänteln,
- fest mit dem Außenmantel verbundenen längslaufenden Metallbändern oder -folien,
- Verbundschirmen, bestehend aus einer Drahtlage und zusätzlich entweder einem Metallmantel oder einem bzw. einer fest mit dem Außenmantel verbundenen Metallband bzw. -folie, die gemeinsam als radiale Wassersperre wirken (siehe [Abschnitt 5](#)),

und andere Konstruktionen, wie z. B.:

- Metallbänder oder -folien, die nicht mit dem Außenmantel verbunden sind,
- nur Drahtbündeln.

In jedem Falle sollte der Metallschirm/-mantel in der Lage sein, den gesamten Fehlerstrom zu führen.

4.4 Kabelaußenmantelwerkstoffe

Prüfungen sind für folgende vier Außenmanteltypen festgelegt:

- ST₁ und ST₂ auf Basis von Polyvinylchlorid (PVC);
- ST₃ und ST₇ auf Basis von Polyethylen (PE).

Die Auswahl der Außenmanteltypen hängt von der Konstruktion des Kabels sowie von den mechanischen und thermischen und brandtechnischen Einschränkungen während des Betriebs ab.

Die höchsten zulässigen Temperaturen am Leiter im Normalbetrieb für die unterschiedlichen Außenmantelwerkstoffe nach dieser Norm sind in [Tabelle 2](#) angegeben.

ANMERKUNG Für einige Anwendungen kann der Außenmantel mit einer (z. B. halbleitenden) Funktionsschicht umhüllt sein.

5 Vorsichtsmaßnahmen gegen das Eindringen von Wasser in Kabel

Für den Fall, dass Kabelsysteme in Erde, in leicht überflutbare Bauwerke oder in Wasser gelegt werden, wird eine radiale Wassersperre um das Kabel empfohlen.

ANMERKUNG Eine Prüfung auf radiales Eindringen von Wasser ist gegenwärtig nicht verfügbar.

Auch Längswassersperrern dürfen vorgesehen werden, um das Auswechseln langer Kabelabschnitte im Fehlerfall bei anstehendem Wasser zu vermeiden.

Eine Prüfung auf Wasserausbreitung in Längsrichtung ist in [12.5.14](#) angegeben.

6 Kabeleigenschaften

Um die Prüfungen an Kabelsystemen oder Kabeln, die in dieser Norm beschrieben sind, auszuführen und die Ergebnisse aufzuzeichnen, muss das Kabel identifizierbar sein. Die folgenden Eigenschaften müssen bekannt sein oder angegeben werden:

- a) Name des Herstellers, Bauart, Bezeichnung und Herstellungsdatum oder -datencode;
- b) Nennspannung: die Werte für U_0 , U , U_m sind anzugeben (siehe [4.1](#) und [8.4](#));
- c) Bauart des Leiters, sein Werkstoff und seine Nennquerschnittsfläche in Quadratmillimeter; Leiteraufbau; Vorhandensein, falls zutreffend, und Art der Maßnahmen zur Reduzierung des Skineffektes; Vorhandensein, falls zutreffend, und Art der Maßnahme zum Erreichen der Längswasserdichtheit. Falls die Nennquerschnittsfläche nicht mit [EN 60228](#) übereinstimmt, muss der auf eine Länge von 1 km und 20 °C korrigierte Gleichstromleiterwiderstand angegeben werden;
- d) Werkstoff und Nennwanddicke der Isolierung (t_n) (siehe [4.2](#)). Falls die Isolierung aus VPE besteht, sind besondere Additive anzugeben, sofern der höhere Wert des $\tan \delta$ nach [Tabelle 3](#) angewendet wird;
- e) Art des Herstellungsprozesses für das Isoliersystem;
- f) Vorhandensein, falls zutreffend, und Art der Maßnahme zum Erreichen der Längswasserdichtheit im Schirmbereich;
- g) Werkstoff und Konstruktion des Metallschirms, z. B. Anzahl und Durchmesser der Drähte. (Der Gleichstromwiderstand des Metallschirms ist anzugeben.) Werkstoff, Konstruktion und Nennwanddicke des Metallmantels oder des fest mit dem Außenmantel verbundenen längslaufenden Metallbandes bzw. der entsprechenden Metallfolie, falls vorhanden;
- h) Werkstoff und Nennwanddicke des Außenmantels;
- i) Nenndurchmesser des Leiters (d);
- j) Nennaußendurchmesser des Kabels (D);
- k) Nenninnendurchmesser (d_{ii}) und berechneter Nennaußendurchmesser (D_{io}) der Isolierung;
- l) auf eine Länge von 1 km korrigierte Nennkapazität zwischen Leiter und Metallschirm/-mantel;

m) berechnete Nennfeldstärke an der inneren Leitschicht (E_i) und an der äußeren Leitschicht (E_o):

$$E_i = \frac{2U_0}{d_{ii} \cdot \ln(D_{io} / d_{ii})}$$

$$E_o = \frac{2U_0}{D_{io} \cdot \ln(D_{io} / d_{ii})}$$

Dabei ist

$$D_{io} = d_{ii} + 2 t_n;$$

D_{io} der berechnete Nennaußendurchmesser der Isolierung;

d_{ii} der angegebene Nenninnendurchmesser der Isolierung;

t_n die angegebene Nennwanddicke der Isolierung.

Der Wert von U_0 wird in [Tabelle 4](#) angegeben.

7 Garnitureigenschaften

Für die Durchführung der in der vorliegenden Norm beschriebenen Prüfungen an Kabelsystemen oder Garnituren und die Aufzeichnung der Ergebnisse muss die Garnitur identifizierbar sein.

Die folgenden Eigenschaften müssen bekannt sein oder angegeben werden:

- a) Kabel, die für die Garniturenprüfungen verwendet werden, müssen korrekt nach [Abschnitt 6](#) zu identifizieren sein.
- b) Leiterverbindungen, die in den Garnituren verwendet werden, müssen, soweit anwendbar, korrekt zu identifizieren sein in Bezug auf:
 - Montagetechnik,
 - Werkzeuge, Formen und die erforderlichen Zuordnungen,
 - Vorbereitung der Kontaktoberflächen,
 - Bauart, Referenznummer und jegliche andere eindeutige Kennzeichen des Verbinders,
 - Einzelheiten der Typzulassung des Verbinders, falls zutreffend;
- c) Garnituren, die geprüft werden sollen, müssen korrekt zu identifizieren sein in Bezug auf:
 - Name des Herstellers,
 - Bauart, Bezeichnung und Herstellungsdatum oder -datencode,
 - Nennspannung (siehe [6 b](#)) oben),
 - Montageanweisung (Referenznummer und Ausgabedatum).

8 Prüfbedingungen

8.1 Umgebungstemperatur

Sofern in den Einzelheiten zur betreffenden Prüfung nicht anders festgelegt, sind die Prüfungen bei einer Umgebungstemperatur von $(20 \pm 15) ^\circ\text{C}$ durchzuführen.

8.2 Frequenz und Wellenform der Prüfspannungen bei Betriebsfrequenz

Sofern in dieser Norm nicht anders angegeben, muss die Frequenz der Prüfwechselspannungen im Bereich 49 Hz bis 61 Hz liegen. Die Wellenform muss im Wesentlichen sinusförmig sein. Die angegebenen Werte sind Effektivwerte.

8.3 Wellenform von Blitzstoßspannungen

In Übereinstimmung mit [EN 60230](#) muss die Stirnzeit der Norm-Blitzstoßspannung zwischen 1 µs und 5 µs liegen. Die Rückenhalbwertszeit muss $50 \mu\text{s} \pm 10 \mu\text{s}$ betragen, wie in [IEC 60060-1](#) festgelegt.

8.4 Zusammenhang zwischen Prüfspannungen und Nennspannungen

Falls Prüfspannungen in dieser Norm als Vielfaches der Nennspannung U_0 festgelegt sind, muss der Wert von U_0 für die Bestimmung der Prüfspannungen ein Wert sein, wie er in [Tabelle 4](#) festgelegt ist.

Für Kabel und Garnituren mit Nennspannungen, die nicht in der Tabelle angegeben sind, darf der Wert von U_0 für die Bestimmung der Prüfspannungen der gleiche sein wie für die nächstliegende angegebene Nennspannung, unter der Bedingung, dass der Wert U_m für Kabel und Garnituren nicht höher ist als der entsprechende Wert in der Tabelle. Anderenfalls und besonders, wenn die Nennspannung nicht nahe bei einem der in der Tabelle angegebenen Werte liegt, muss der Wert U_0 , auf dem die Prüfspannungen basieren, der Bemessungswert sein, d. h. U dividiert durch $\sqrt{3}$.

Die Prüfspannungen in dieser Norm basieren auf der Annahme, dass die Kabel und Garnituren in Systemen der Kategorie A, wie in [IEC 60183](#) definiert, eingesetzt werden.

8.5 Bestimmung der Leitertemperatur des Kabels

Es wird empfohlen, eines der in [Anhang A](#) beschriebenen Prüfverfahren anzuwenden, um die tatsächliche Leitertemperatur zu bestimmen.

9 Stückprüfungen an Kabeln und der Hauptisolierung von vorgefertigten Garnituren

9.1 Allgemeines

Die folgenden Prüfungen sind an jeder gefertigten Kabellänge durchzuführen:

- a) Teilentladungsprüfung (siehe [9.2](#));
- b) Spannungsprüfung (siehe [9.3](#));
- c) elektrische Prüfung am Außenmantel des Kabels, falls gefordert (siehe [9.4](#)).

Die Reihenfolge, in der die Prüfungen durchgeführt werden, liegt im Ermessen des Herstellers.

Die Hauptisolierung jeder vorgefertigten Garnitur ist den Teilentladungs- (siehe [9.2](#)) und Spannungsstückprüfungen (siehe [9.3](#)) zu unterziehen, nach entweder 1), 2) oder 3), wie unten angegeben:

- 1) an Garnituren, die auf einem Kabel montiert sind;
- 2) durch Verwendung einer Prüfgarnitur, in der eine Komponente einer Garnitur zu Prüfzwecken ersetzt wird;
- 3) durch Verwendung einer Modellprüfanordnung, in der die Feldstärkeumgebung einer Hauptisolierungskomponente reproduziert wird.

In den Fällen 2) und 3) ist die Prüfspannung so zu wählen, dass die elektrische Feldstärke mindestens so hoch ist wie in der Komponente in einer kompletten Garnitur, die den in 9.2 und 9.3 festgelegten Prüfspannungen unterworfen wird.

ANMERKUNG Die Hauptisolierung von vorgefertigten Garnituren besteht aus den Komponenten, die in direkten Kontakt mit der Kabelisolierung kommen und notwendig und unerlässlich sind, um die elektrische Feldverteilung in der Garnitur zu steuern. Beispiele sind gespritzte oder gegossene Elastomerkomponenten oder Isolierkomponenten aus gefülltem Epoxidharz, die einzeln oder gemeinsam verwendet werden können, um die notwendige Isolierung oder Schirmung von Garnituren herzustellen.

9.2 Teilentladungsprüfung

Die Teilentladungsprüfung ist nach [EN 60885-3](#) an Kabeln durchzuführen, außer dass die Empfindlichkeit, wie in [EN 60885-3](#) festgelegt, 10 pC oder besser sein muss. Die Prüfung von Garnituren folgt den gleichen Grundsätzen, jedoch muss die Empfindlichkeit 5 pC oder besser sein.

Die Prüfspannung ist schrittweise zu erhöhen und für 10 s bei $1,75 U_0$ zu halten und dann langsam auf $1,5 U_0$ abzusinken (siehe [Tabelle 4](#), Spalte 5).

Es dürfen bei $1,5 U_0$ keine feststellbaren Teilentladungen aus dem Prüfling auftreten, die die angegebene Empfindlichkeit überschreiten.

9.3 Spannungsprüfung

Die Spannungsprüfung ist bei Umgebungstemperatur mit betriebsfrequenter Wechselspannung durchzuführen.

Die Prüfspannung ist schrittweise auf $2,5 U_0$ zu erhöhen (siehe [Tabelle 4](#), Spalte 4) und dann für 30 min zwischen Leiter und Metallschirm/-mantel zu halten.

Es darf kein Durchschlag an der Isolierung auftreten.

9.4 Elektrische Prüfung am Außenmantel des Kabels

Wenn die Prüfung im jeweiligen Vertrag gefordert wird, ist der Kabelaußenmantel der elektrischen Prüfung nach [EN 60229:2008, Abschnitt 3](#), zu unterziehen.

10 Auswahlprüfungen an Kabeln

10.1 Allgemeines

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

- Überprüfung des Leiters (siehe [10.4](#));
- Messung des elektrischen Widerstands von Leiter und Metallschirm/-mantel (siehe [10.5](#));
- Messung der Wanddicke von Isolierung und Außenmantel (siehe [10.6](#));
- Messung der Wanddicke des Metallmantels (siehe [10.7](#));
- Messung der Durchmesser, falls gefordert (siehe [10.8](#));
- Wärmedehnungsprüfung für VPE-, EPR- und HEPR-Isolierungen (siehe [10.9](#));
- Messung der Kapazität (siehe [10.10](#));
- Messung der Dichte der HDPE-Isolierung (siehe [10.11](#));

- i) Blitzstoßspannungsprüfung für ein Kabel mit einer nach [Abschnitt 6](#), Punkt m) berechneten Nennfeldstärke des Leiters $> 8,0 \text{ kV/mm}$ (siehe [10.12](#));
- j) Wassereindringprüfung, falls anwendbar (siehe [10.13](#));
- k) Prüfungen an Komponenten von Kabeln mit fest mit dem Außenmantel verbundenem längslaufendem Metallband oder entsprechender Metallfolie (siehe [10.14](#)).

10.2 Häufigkeit der Prüfungen

Die Auswahlprüfungen unter [10.1 a\)](#) bis h) und k) sind an einer Länge aus jedem Fertigungslos gleicher Bauart und gleichen Querschnitts des Kabels auszuführen, jedoch begrenzt auf nicht mehr als 10 % der vertraglich festgelegten Längenzahl, gerundet auf die nächste ganze Zahl.

Die Häufigkeit der Prüfungen unter [10.1 i\)](#) und j) muss den vereinbarten Qualitätskontrollverfahren entsprechen. Bei Fehlen einer solchen Vereinbarung ist die Prüfung für Verträge mit einer Kabellänge größer als 20 km einmal durchzuführen.

10.3 Wiederholung von Prüfungen

Besteht die Probe eine der Prüfungen nach [10.1](#) nicht, so sind weitere Proben aus zwei weiteren Längen desselben Fertigungsloses zu entnehmen und den gleichen Prüfungen zu unterziehen, die die Erstprobe nicht bestanden hat. Bestehen beide zusätzlichen Proben die Prüfungen, so gelten die in der vorliegenden Norm festgelegten Anforderungen für alle Kabel aus diesem Fertigungslos als erfüllt. Falls eine Probe davon nicht besteht, hat dieses Fertigungslos von Kabeln die Prüfung nicht bestanden.

10.4 Überprüfung des Leiters

Die Übereinstimmung des Leiteraufbaus mit den Anforderungen von [EN 60228](#) ist durch Sichtprüfung und Messung, soweit durchführbar, zu überprüfen.

10.5 Messung des elektrischen Widerstands von Leiter und Metallschirm/-mantel

Die Kabellänge oder eine Probe davon ist im Prüfraum zu lagern und vor der Prüfung für eine Dauer von mindestens 12 h bei annähernd gleich bleibender Temperatur zu halten. Wenn nicht sicher ist, dass die Leiter- oder Metallschirmtemperatur gleich der Raumtemperatur ist, muss der Widerstand nach einer 24-stündigen Lagerung des Kabels im Prüfraum gemessen werden. Alternativ darf der Widerstand an einer Leiter- oder Metallschirmprobe gemessen werden, die mindestens 1 h in einem temperaturgeregelten Bad konditioniert wurde.

Der Gleichstromwiderstand des Leiters oder Metallschirms ist mit Hilfe der in [EN 60228](#) angegebenen Formeln und Faktoren auf eine Temperatur von 20 °C und 1 km Länge zu korrigieren. Für Schirme aus anderen Werkstoffen als Kupfer oder Aluminium sind die Temperaturkoeffizienten und Korrekturformeln aus [Tabelle 1](#) beziehungsweise IEC 60287-1-1:2006, 2.1.1 zu entnehmen.

Der korrigierte Gleichstromwiderstand des Leiters bei 20 °C darf weder den entsprechenden Höchstwert nach [EN 60228](#) noch den angegebenen Wert übersteigen.

Der korrigierte Gleichstromwiderstand des Metallschirms bei 20 °C darf den angegebenen Wert nicht übersteigen.

10.6 Messung der Isolier- und Mantelwanddicke

10.6.1 Allgemeines

Das Prüfverfahren muss [EN 60811-201](#) und [EN 60811-202](#) entsprechen.

Jede Kabellänge, die für die Prüfung ausgewählt wurde, wird durch ein Muster von einem Ende repräsentiert, nachdem, falls nötig, alle Stücke abgeschnitten wurden, die beschädigt sein könnten.

10.6.2 Anforderungen an die Isolierung

Die kleinste gemessene Wanddicke darf 90 % der Nennwanddicke nicht unterschreiten:

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

Zusätzlich muss erfüllt sein:

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

Dabei ist

$t_{\max}$ die größte Wanddicke, in Millimeter;

$t_{\min}$ die kleinste Wanddicke, in Millimeter;

t_n die Nennwanddicke, in Millimeter.

ANMERKUNG $t_{\max}$ und $t_{\min}$ werden in derselben Schnittfläche der Isolierung gemessen.

Die Wanddicken der Leitschichten auf dem Leiter und über der Isolierung sind nicht in die Isolierwanddicke einzubeziehen.

10.6.3 Anforderungen an den Kabelaußenmantel

Die kleinste gemessene Wanddicke darf 85 % der Nennwanddicke nicht um mehr als 0,1 mm unterschreiten:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

Dabei ist

$t_{\min}$ die kleinste Wanddicke, in Millimeter;

t_n die Nennwanddicke, in Millimeter.

Zusätzlich gilt: Für Außenmäntel auf einer im Wesentlichen glatten Oberfläche darf der Mittelwert der Messwerte, gerundet auf 0,1 mm nach [Anhang B](#), nicht kleiner sein als die Nennwanddicke.

Diese letzte Anforderung gilt nicht für Außenmäntel auf unregelmäßigen Oberflächen, wie z. B. Metallschirmen aus Drähten und/oder Bändern oder gewellten Metallmänteln.

10.7 Messung der Wanddicke eines Metallmantels

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

10.7.1 Mantel aus Blei oder Bleilegierung

Falls das Kabel einen Mantel aus Blei oder einer Bleilegierung hat, darf die kleinste Wanddicke des Mantels 95 % der Nennwanddicke nicht um mehr als 0,1 mm unterschreiten:

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1$$

Die Wanddicke des Bleimantels ist nach Ermessen des Herstellers nach einem der folgenden Verfahren zu messen.

10.7.1.1 Streifenverfahren

Die Messung ist mit einer Messschraube mit ebenen Flächen von 4 mm bis 8 mm Durchmesser und mit einer Genauigkeit von $\pm 0,01$ mm durchzuführen.

Die Messung ist an einer Probe des Bleimantels von etwa 50 mm Länge vorzunehmen, die vom fertigen Kabel entnommen wurde. Die Probe ist längs zu schlitzen und sorgfältig zu glätten. Nach dem Reinigen der Probe ist eine ausreichende Anzahl von Messungen entlang des Bleimantelumfangs und nicht weniger als 10 mm von der Kante der geglätteten Probe entfernt vorzunehmen, damit sichergestellt ist, dass die dünnste Stelle gemessen wird.

10.7.1.2 Ringverfahren

Die Messungen sind mit einer Messschraube vorzunehmen, die entweder einen flachen und einen kugelförmigen Einsatz oder einen flachen Einsatz und einen flachen rechtwinkligen Einsatz von 0,8 mm Breite sowie 2,4 mm Länge aufweist. Der kugelförmige oder der flache rechtwinklige Einsatz muss an der Innenseite des Ringes angesetzt werden. Die Messgenauigkeit der Messschraube muss $\pm 0,01$ mm betragen.

Die Messungen müssen an einem Ring des Bleimantels vorgenommen werden, der sorgfältig aus dem Probestück geschnitten wurde. Die Wanddicke muss an einer ausreichenden Anzahl von Punkten entlang des Umfangs des Ringes bestimmt werden, damit sichergestellt ist, dass die dünnste Stelle gemessen wird.

10.7.2 Glatter oder gewellter Aluminiummantel

Die Mindestwanddicke des Mantels darf bei glatten Aluminiummänteln 90 % der Nennwanddicke nicht um mehr als 0,1 mm unterschreiten:

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

und bei gewellten Aluminiummänteln darf sie 85 % der Nennwanddicke nicht um mehr als 0,1 mm unterschreiten:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1$$

Die Messungen sind mit einer Messschraube mit kugelförmigen Einsätzen von ungefähr 3 mm Radius vorzunehmen. Die Genauigkeit muss $\pm 0,01$ mm betragen.

Die Messungen sind an einem Ring des Aluminiummantels mit einer Breite von ungefähr 50 mm vorzunehmen, der sorgfältig dem fertigen Kabel entnommen wurde. Die Wanddicke ist an einer ausreichenden Anzahl von Punkten entlang des Umfangs des Ringes zu bestimmen, damit sichergestellt ist, dass die dünnste Stelle gemessen wird.

10.8 Messung von Durchmessern

Falls der Käufer eine Messung des Durchmessers der Ader und/oder des Außendurchmessers des Kabels fordert, sind die Messungen nach **EN 60811-203** durchzuführen.

10.9 Wärmedehnungsprüfung an VPE-, EPR- und HEPR-Isolierungen

10.9.1 Verfahren

Die Probenentnahme und das Prüfverfahren sind nach **EN 60811-507** unter den in **Tabelle 8** angegebenen Prüfbedingungen durchzuführen.

Die Prüfstücke sind dem Teil der Isolierung zu entnehmen, an dem der Grad der Vernetzung bei dem angewendeten Vernetzungsprozess als am geringsten angenommen wird.

10.9.2 Anforderungen

Die Prüfergebnisse müssen den in [Tabelle 8](#) angegebenen Anforderungen entsprechen.

10.10 Messung der Kapazität

Die Kapazität ist zwischen Leiter und Metallschirm/-mantel bei Umgebungstemperatur zu messen, wobei die Umgebungstemperatur mit den Prüfdaten aufzuzeichnen ist.

Der gemessene Wert der Kapazität ist auf eine Länge von 1 km zu korrigieren und darf den angegebenen Nennwert um nicht mehr als 8 % überschreiten.

10.11 Messung der Dichte der HDPE-Isolierung

10.11.1 Verfahren

Die Dichte des HDPE ist unter Anwendung des Probenentnahme- und Prüfverfahrens nach [EN 60811-606](#) zu messen.

10.11.2 Anforderungen

Die Ergebnisse der Prüfung müssen den in [Tabelle 8](#) angegebenen Anforderungen entsprechen.

10.12 Blitzstoßspannungsprüfung

Diese Prüfung ist nur bei Kabeln mit einer elektrischen Nennfeldstärke am Leiter $> 8,0$ kV/mm erforderlich.

Die Prüfung ist an einem kompletten Kabel mit einer Länge von mindestens 10 m ohne Prüfgarnituren bei einer Leitertemperatur durchzuführen, die 5 K bis 10 K über der höchsten im Normalbetrieb auftretenden Leitertemperatur liegt.

Der Prüfaufbau ist ausschließlich durch Leiterstrom und so lange zu erwärmen, bis das Kabel die geforderte Temperatur erreicht.

ANMERKUNG Falls sich die Prüftemperatur aus praktischen Gründen nicht erreichen lässt, darf eine zusätzliche Wärmedämmung verwendet werden.

Die Stoßspannung ist nach dem in [EN 60230](#) angegebenen Verfahren anzulegen.

Das Kabel muss ohne Durchschlag 10 positiven und 10 negativen Spannungsimpulsen des entsprechenden in [Tabelle 4](#), Spalte 8 angegebenen Werts standhalten.

Es darf zu keinem Durchschlag an der Isolierung kommen.

10.13 Wassereindringprüfung

Falls anwendbar, sind Proben aus dem kompletten Kabel zu entnehmen und der Prüfung zu unterziehen, wobei die in [12.5.14](#) beschriebenen Anforderungen erfüllt werden müssen.

10.14 Prüfungen an Komponenten von Kabeln mit fest mit dem Außenmantel verbundenem längslaufendem Metallband oder entsprechender Metallfolie

Bei Kabeln mit einem fest mit dem Außenmantel verbundenen längslaufenden Metallband oder einer Metallfolie ist eine Probe von 1 m Länge aus dem kompletten Kabel zu entnehmen und den Prüfungen nach [12.5.15](#) zu unterziehen, wobei die darin festgelegten Anforderungen erfüllt werden müssen.

11 Auswahlprüfungen an Garnituren

11.1 Prüfungen an Komponenten

Die Kenndaten jeder Komponente sind in Übereinstimmung mit den Festlegungen des Garniturenherstellers zu überprüfen, entweder durch Prüfberichte des Herstellers der jeweiligen Komponente oder durch interne Prüfungen.

Der Hersteller einer bestimmten Garnitur muss eine Liste der Prüfungen zur Verfügung stellen, die an jeder Komponente durchzuführen sind, mit Hinweis auf die Häufigkeit jeder Prüfung.

Die Komponenten sind auf Übereinstimmung mit ihren Zeichnungen zu überprüfen. Es darf keine Abweichungen außerhalb der angegebenen Toleranzen geben.

ANMERKUNG Weil sich die Komponenten von Hersteller zu Hersteller unterscheiden, ist es nicht möglich, in dieser Norm allgemeingültige Auswahlprüfungen für Komponenten festzulegen.

11.2 Prüfungen an kompletten Garnituren

An Garnituren, deren Hauptisolierung nicht einer Stückprüfung unterzogen werden kann (siehe 9.1), sind durch den Hersteller die folgenden elektrischen Prüfungen an einer vollständig montierten Garnitur durchzuführen:

- a) Teilentladungsprüfung (siehe 9.2);
- b) Spannungsprüfung (siehe 9.3).

Die Reihenfolge, in der diese Prüfungen ausgeführt werden, liegt im Ermessen des Herstellers.

ANMERKUNG Beispiele für Hauptisolierungen, die nicht stückgeprüft werden, sind Warmschrumpf-Isolierungen oder Isolierungen, die vor Ort gewickelt und/oder gegossen werden.

Diese Prüfungen sind an jeweils einer Garnitur je Bauart durchzuführen, wenn die Anzahl von dieser Bauart im Vertrag 50 überschreitet.

Wenn die Probe in einer der beiden oben genannten Prüfungen versagt, sind zwei weitere Proben der gleichen Garniturenbauart aus dem Auftrag herauszunehmen und den gleichen Prüfungen zu unterziehen. Wenn beide zusätzlichen Prüflinge die Prüfungen bestehen, gelten die Anforderungen nach dieser Norm für die anderen Garnituren der gleichen Bauart in diesem Vertrag als erfüllt. Wenn eine Probe versagt, gilt die Prüfung für diese Garniturenbauart aus dem Vertrag als nicht bestanden.

12 Typprüfungen an Kabelsystemen

12.1 Allgemeines

Die Prüfungen in diesem Abschnitt dienen dazu, die zufriedenstellende Gebrauchstauglichkeit von Kabelsystemen nachzuweisen.

Eine Tabelle der bei einer Typprüfung an einem Kabelsystem zu berücksichtigenden Verweisungen auf Abschnitte ist in [Anhang C](#) angegeben.

ANMERKUNG Prüfungen an Endverschlüssen im Hinblick auf Umgebungsbedingungen sind in dieser Norm nicht festgelegt.