

	DIN IEC 60794-3-11 (VDE 0888-311)	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
<div>ICS 33.180.10</div> <div>Einsprüche bis 2009-05-02</div> <div>Ersatz für E DIN IEC 60794-3-11 (VDE 0888-311):2005-08</div> <div>Entwurf</div> <div>Lichtwellenleiter – Teil 3-11: Außenkabel – LWL-Fernmelde-Erd- und Röhrenkabel – Bauartspezifikation (IEC 86A/1259/CD:2009)</div> <div>Optical fibre cables – Part 3-11 Outdoor cables – Product specification for duct and directly buried single-mode optical fibre telecommunication cables (IEC 86A/1259/CD:2009)</div> <div>Anwendungswarnvermerk</div> <div>Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-03-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</div> <div>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.</div> <div>Stellungnahmen werden erbeten</div> <div><ul style="list-style-type: none">– vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.</div> <div>Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</div> <div>Gesamtumfang 56 Seiten</div> <div>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</div>		

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationale Anhänge.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Symbole	8
4 Terminologie	8
5 Allgemeine Informationen	8
5.1 Allgemeine Beschreibung von Kabeln	8
5.1.1 Kennwerte von Lichtwellenleitern	8
5.1.2 Kennwerte von LWL-Kabelementen	8
5.1.3 Kennwerte von LWL-Kabeln	9
5.1.4 Anforderungen an die Umgebung und die Produktsicherheit.....	9
5.2 Spleißfähigkeit von LWL-Fasern.....	9
5.3 Prüfung	10
5.3.1 Gleich bleibende Dämpfung	10
5.3.2 Keine Änderung Faser-Dehnung (B, C, A1)	10
6 Anforderungen an verkabelte Einmoden-LWL	11
6.1 Faserwerkstoffe	11
6.2 Optische Anforderungen.....	11
6.2.1 Dämpfungskoeffizient	11
6.2.2 Dämpfungs-Fehlstellen.....	12
6.2.3 Grenzwellenlänge des Kabels	12
6.2.4 Polarisationsmodendispersion.....	12
6.2.5 Gruppenbrechzahl	13
7 Anforderungen an Kabelemente	13
7.1 Ausführung der Elemente	13
7.1.1 Modularität	13
7.1.2 Kennzeichnung von Fasern und Kabelementen.....	13
7.2 Kennwerte von Kabelementen.....	14
7.2.1 Bändchenkabel	14
7.2.2 Knicken von Hohladern.....	14
8 Anforderungen an LWL-Kabel	15
8.1 Kabelaufbau.....	15
8.1.1 Kabelseele	15
8.1.2 Knickschutz und Spleißen von Versteifungen	15
8.1.3 Verseilung von Kabelementen	15
8.1.4 Gespleißte Fasern	16
8.1.5 Ersatzfasern.....	16
8.1.6 Entfernung des Kabelmantels.....	16

	Seite
8.1.7 Bewährung.....	16
8.2 Mantelkennzeichnung.....	16
8.2.1 Mantelkennzeichnung.....	16
8.2.2 Identifizierungsaufschriften.....	16
8.2.3 Angabe der Kabellänge.....	17
8.3 Werkstoffe der Kabelseele.....	17
8.3.1 Füllstoffe für Hohladern (wenn notwendig).....	17
8.3.2 Werkstoff der Wassersperre.....	17
8.3.3 Verträglichkeit der Kabelwerkstoffe.....	17
8.3.4 Werkstoffe für die Hohladern.....	17
8.4 Kabelmantel.....	17
8.4.1 Mantelwerkstoff.....	17
8.4.2 Mantelstärke.....	18
8.4.3 Äußerer Kabeldurchmesser.....	18
8.4.4 Feuchtigkeitssperre.....	18
8.4.5 Nagetiersperre.....	18
8.5 Mechanische Anforderungen.....	18
8.5.1 Kabelbiegung.....	18
8.5.2 Schlag.....	19
8.5.3 Querdruck.....	19
8.5.4 Betriebsverhalten bei Zug.....	20
8.5.5 Torsion.....	21
8.5.6 Wiederholte Biegung.....	21
8.6 Umgebungsbedingungen.....	22
8.6.1 Temperaturwechsel.....	22
8.6.2 Beständigkeit gegen die Abziehkraft von verkabelten LWL.....	23
8.6.3 Eindringen von Wasser.....	24
8.6.5 Auswirkung auf die Umgebung.....	24
8.7 Elektrischer Schutz.....	24
8.7.1 Durchgängigkeit metallischer Bauteile.....	24
9 Qualitätssicherung.....	24
Anhang A (informativ).....	25
A.1 Hinweise auf verkabelte Fasern und Fasern nach ITU-T und IEC.....	25
Anhang B (informativ).....	26
B.1 Faserwerkstoffe.....	26
B.2 Liste der Fasereigenschaften.....	26
Anhang C (informativ).....	28

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86A/1259/CD:2009 „Optical fibre cables – Part 3-11 Outdoor cables – Product specification for duct and directly buried single-mode optical fibre telecommunication cables“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom SC 86A „Fibres and cables“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

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

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60304:1982	DIN IEC 60304:1987-01	–
EN 60793-1-1:2003	IEC 60793-1-1:2002	DIN EN 60793-1-1 (VDE 0888-200-1):2003-07	VDE 0888-200-1
EN 60793-1-40:2003	IEC 60793-1-40:2001 (mod)	DIN EN 60793-1-40 (VDE 0888-240):2004-08	VDE 0888-240
EN 60793-1-44:2002	IEC 60793-1-44:2001	DIN EN 60793-1-44 (VDE 0888-244):2002-11	VDE 0888-244
EN 60793-1-48:2003	IEC 60793-1-48:2003	DIN EN 60793-1-48 (VDE 0888-248):2004-06	VDE 0888-248
EN 60793-2-50:2004 + Corrigendum:2004	IEC 60793-2-50: 2004	DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325):2005-01	VDE 0888-325
EN 60794-1-1:2002	IEC 60794-1-1:2001	DIN EN 60794-1-1 (VDE 0888-100-1):2002-11	VDE 0888-100-1
EN 60794-1-2:2003	IEC 60794-1-2:2003	DIN EN 60794-1-2 (VDE 0888-100-2):2004-07	VDE 0888-100-2
EN 60794-3:2002	IEC 60794-3:2001	DIN EN 60794-3 (VDE 0888-108):2002-11	VDE 0888-108
EN 60794-3-10:2002	IEC 60794-3-10:2002	DIN EN 60794-3-10 (VDE 0888-310):2003-01	VDE 0888-310
EN 60811-1-1:1995 + A1:2001	IEC 60811-1-1:1993 + A1:2001	DIN EN 60811-1-1 (VDE 0473-811-1-1):2002-05	VDE 0473-811-1-1
EN 61663-1:1999	IEC 61663-1:1999 + Corrigendum 1999	DIN EN 61663-1 (VDE 0845-4-1):2000-07	VDE 0845-4-1
–	IEC 60708-1:1981	–	–
–	IEC/TR 61931:1998	–	–
EN ISO 9001:2000	ISO 9001:2000	DIN EN ISO 9001:2000-12	–
–	IEC Guide 104:1997	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60793-1-1 (VDE 0888-200-1), *Lichtwellenleiter – Teil 1-1: Mess- und Prüfverfahren – Allgemeines und Leitfaden* (IEC 60793-1-1:2002); Deutsche Fassung EN 60793-1-1:2003

DIN EN 60793-1-40 (VDE 0888-240), *Lichtwellenleiter – Teil 1-40: Messmethoden und Prüfverfahren – Dämpfung* (IEC 60793-1-40:2001, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60793-1-40:2003

DIN EN 60793-1-44 (VDE 0888-244), *Lichtwellenleiter – Teil 1-44: Messmethoden und Prüfverfahren – Grenzwellenlänge* (IEC 60793-1-44:2001); Deutsche Fassung EN 60793-1-44:2002

DIN EN 60793-1-48 (VDE 0888-248), *Lichtwellenleiter – Teil 148: Messmethoden und Prüfverfahren – Polarisationsmodendispersion* (IEC 60793-1-48:2003); Deutsche Fassung EN 60793-1-48:2003

DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325), *Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B* (IEC 60793-2-50:2004); Deutsche Fassung EN 60793-2-50:2004 + Corrigendum:2004

DIN EN 60794-1-1 (VDE 0888-100-1), *Lichtwellenleiterkabel – Teil 1-1: Fachgrundspezifikation – Allgemeines* (IEC 60794-1-1:2001); Deutsche Fassung EN 60794-1-1:2002

DIN EN 60794-1-2 (VDE 0888-100-2), *Lichtwellenleiterkabel – Teil 1-2: Fachgrundspezifikation – Grundlegende Prüfverfahren für Lichtwellenleiterkabel* (IEC 60794-1-2:2003); Deutsche Fassung EN 60794-1-2:2003

DIN EN 60794-3 (VDE 0888-108), *Lichtwellenleiterkabel – Teil 3: Rahmenspezifikation – Außenkabel* (IEC 60794-3:2001); Deutsche Fassung EN 60794-3:2002

DIN EN 60794-3-10 (VDE 0888-310), *Lichtwellenleiterkabel – Teil 3-10: Außenkabel – Familienspezifikation für LWL-Fernmelde-Erd- und Röhrenkabel* (IEC 60794-3-10:2002, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60794-3-10:2002

DIN EN 60811-1-1 (VDE 0473-811-1-1), *Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1-1: Allgemeine Anwendung; Messung der Wanddicke und der Außenmaße; Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften* (IEC 60811-1-1:1993 + A1:2001); Deutsche Fassung EN 60811-1-1:1995 + A1:2001

DIN EN 61663-1 (VDE 0845-4-1), *Blitzschutz – Telekommunikationsleitungen – Teil 1: Lichtwellenleiteranlagen* (IEC 61663-1:1999 + Corrigendum 1999); Deutsche Fassung EN 61663-1:1999

DIN EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen* (ISO 9001:2000-09); Dreisprachige Fassung EN ISO 9001:2000

DIN IEC 60304, *Standardfarben der Isolierung von Niederfrequenz-Kabeln und -Drähten* (IEC 60304:1982)

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60794 setzt die technischen Anforderungen und Kennwerte für Einmoden-Lichtwellenleiter (LWL) und LWL-Kabel für die Röhren- und Erdverlegung fort.

Die vorliegende Produktspezifikation umfasst mechanische-, Umwelt- und optische Anforderungen, empfohlene Eigenschaften und Prüfverfahren zur Bewertung des Produktes gegenüber den angegebenen Anforderungen.

Die festgelegten Prüfverfahren, soweit zutreffend, sind in IEC 60794-1-1 "Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General" enthalten und in IEC 60794-1-2 „Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test Procedures“ genau beschrieben.

Die Anforderungen dieser Spezifikation sind im Zusammenhang mit IEC 60794-3 „Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables“ und IEC 60794-3-10 „Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Duct and directly buried optical telecommunication cables – Family specification“ zu sehen.

Dieses Dokument enthält keine Anforderungen für Mehrmodenfasern; siehe IEC 60794-3-12.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

IEC 60304, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

IEC 60708, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath*

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures - General and guidance*

IEC 60793-1-40, *Optical fibres - Part 1-40: Measurement methods and test procedures – Attenuation*

IEC 60793-1-44, *Optical fibres - Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 60793-1-48, *Optical fibres - Part 1-48: Measurement methods and test procedures - Polarization mode dispersion*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B fibres*

IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables - Part 1-1: Generic specification – General*

IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures*

IEC 60794-3, *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*

IEC 60794-3-10, *Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Family specification for duct and directly buried optical telecommunication cables*

IEC 60811-1-1, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables and optical cables - Part 1-1: Methods for general application - Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC 61663-1, *Lightning protection – Telecommunication lines – Part 1: Fibre optic installations*

IEC/TR 61931, *Fibre optic – Terminology*

IEC/TR 62000, *Fibre compatibility guidelines*

IEC/TR 62408, *The power law theory of optical fibre reliability*

3 Symbole

λ_{cc} Grenzwellenlänge des Kabels

d Kabelaußendurchmesser

SZ Technik, bei der sich die Richtung der Lagen periodisch ändert

4 Terminologie

Wenn es nicht anders angegeben ist, gelten die Begriffe nach IEC 61931.

5 Allgemeine Informationen

Einmoden-LWL werden in der Telekommunikation häufig angewendet und so verkabelt, dass den Funktionsanforderungen der Installationsumgebung entsprochen wird. Außerdem dürfen Kabel, die in Rohren und Rohrzügen verlegt werden, ausschließlich oder durch eine Kombination der Installationstechniken Einschieben, Einziehen und Verlegung mit Druckluft verlegt werden. Bei der Rohrinstallation können die Umgebung und die Infrastruktur unterschiedlich beschaffen sein und sie darf auch einzelne oder mehrfache Rohrzüge umfassen. Erdkabel können in unterschiedlichen Umgebungen und Infrastrukturen durch viele verschiedene Verfahren wie Einpflügen und in gezogenen Gräben verlegt werden. Dies kann besondere Lösungen für den Kabelaufbau mit mehreren Lagen der Bewährung und Ummantelung erfordern. Es ist bekannt, dass bestimmte Arten des Kabelaufbaus nach diesen Lösungen für die Erdverlegung auch für die Rohrverlegung geeignet sind. Die Funktionsanforderungen und Prüfverfahren in dieser Spezifikation beruhen auf der Einhaltung von eingeführten und anerkannten Installationstechniken wie sie im informativen Anhang C von IEC 60794-1-1 angegeben sind.

5.1 Allgemeine Beschreibung von Kabeln

5.1.1 Kennwerte von Lichtwellenleitern

Einmoden-LWL werden nach ihrer Betriebswellenlänge und ihren Dispersionskennwerten eingestuft. Die Fasern nach dieser Spezifikation werden als Typ B eingestuft und sind in IEC 60793-2-50 beschrieben. Die in dieser Spezifikation vorherrschenden Fasertypen sind wie folgt beschrieben:

- nicht dispersionsverschobene Fasern (B1.1, B1.3);
- Biegeverlust unempfindliche Fasern (B6);
- dispersionsverschobene Fasern (B2);
- grenzverschobene Fasern (B1.2), Fasern mit einer Dispersion verschieden von Null (B4) – Während grenzverschobene B1.2 Fasern bei Erdverlegung angewandt werden, werden solche Fasern bei Untersee-Anwendungen genutzt;
- Breitband Fasern mit einer Dispersion verschieden von Null (B5).

5.1.2 Kennwerte von LWL-Kabelementen

LWL-Kabelemente wie Hohladern, Kammerkabel, Flachbandfasern, Faserbündel und Zentralader Kabel müssen entsprechend ausgeführt sein, damit angemessene Mittel für die Faserverlegung, die Kennzeichnung, die Modularität, den Schutz bei der Kabelherstellung, die Installation und den Kabelabschluss vorhanden sind. Der Aufbau dieser Elemente und die bei ihrer Herstellung verwendeten Werkstoffe dürfen keine langfristigen nachteiligen Auswirkungen auf das Betriebsverhalten der Faser während der Betriebslebensdauer des Kabels, des Spleißbehälters und/oder des Schaltschranks aufweisen. Damit diese Funktionsanforderungen erfüllt werden, müssen die verschiedenen Elemente den Anforderungen von IEC 60794-3, sowie den Anforderungen in Abschnitt 7 der vorliegenden Norm entsprechen.

5.1.3 Kennwerte von LWL-Kabeln

LWL-Kabel im Sinne dieses Dokumentes sind fertig gestellte Kabelerzeugnisse im Lieferzustand vom Hersteller. Gewöhnlich werden sie auf Einwegtrommeln geliefert. Diese Erzeugnisse erfordern keine weitere Montage oder die Verwendung zusätzlicher Werkstoffe oder eines zusätzlichen Schutzes, um die hier angegebenen Anforderungen zu erfüllen. Eine weitere Montage oder ein zusätzlicher Schutz ist gewöhnlich nur an der Verbindungsstelle der Kabel mit anderen Kabeln oder an der Anschlussstelle zu einem Gerät erforderlich, was im Allgemeinen den Einsatz einer Faserkapselung oder anderer Mittel zum Schutz des Kabelspleißes oder der Verbindungsstellen umfasst. Der geforderte Schutzgrad für die Faser kann durch Verlegung oder Montage der Kabelelemente zusammen mit geeigneten Versteifungen und/oder Elementen zum Knickschutz erreicht werden. Diese können entweder aus Metall oder einem nichtmetallischen Werkstoff bestehen und in der Mitte der Kabelseele angeordnet werden oder als peripheres Bauteil im oder unterhalb des äußeren Kabelmantels. Schutz gegen das Eindringen von Wasser und Feuchtigkeit kann durch metallische oder nichtmetallische Feuchtigkeitssperrbänder und Wasser sperrende oder quellfähige Werkstoffe erreicht werden.

5.1.4 Anforderungen an die Umgebung und die Produktsicherheit

Soweit möglich sollte IEC-Guide 104 berücksichtigt werden. Die Kabelwerkstoffe im Kontakt mit der äußeren Umgebung dürfen weder für die Umgebung noch für Personen eine Gefahr darstellen.

Es sollte beachtet werden, dass die in der vorliegenden Norm festgelegten Kabelarten nach der Verlegung selten zugänglich sind. Daher liegt die Gefahr der Wirkung gefährlicher Werkstoffe, soweit vorhanden, meistens in der Handhabung der Kabel bei der Herstellung und der Verlegung. Darüber hinaus wird die hier festgelegte Art der äußeren Umhüllung generell als ungiftig betrachtet, demzufolge ist die Gefahr für die Umgebung oder Personen nach einer ordnungsgemäßen Verlegung geringfügig.

Die vorliegende Norm trifft nicht für alle Arten von Kabelwerkstoffen zu, die für verschiedene Kabelausführungen eingesetzt werden können, um die Erfüllung der Anforderungen zu unterstützen, die eindeutig für eine bestimmte Anwendung gelten (z. B. sehr hohe Temperaturen oder Beständigkeit gegen bestimmte Chemikalien). In diesen Fällen besteht die Pflicht, eine Vereinbarung zwischen Kunde und Lieferant zu treffen, die für Anforderungen an diese Werkstoffe und Kabelausführungen gilt, und besondere Vorsichtsmaßnahmen für die Handhabung oder Anweisungen festzulegen, die für ihren Einsatz notwendig sind.

5.2 Spleißfähigkeit von LWL-Fasern

Bei sämtlichen Einmodenfasern nach dieser Spezifikation können mit einer Reihe herkömmlicher Techniken sehr geringe Spleißverluste erreicht werden.

Bei 1 550 nm sollten typische bidirektionale Spleißverluste weniger als 0,1 dB betragen mit einem Mittelwert von 0,05 dB für Fusionsspleiße zwischen Fasern der gleichen Kategorie (B1–B1 oder B2–B2 usw.), wenn sie von ausgebildetem Personal nach den gegenwärtig besten Techniken ausgeführt werden. Weitere Faser Kompatibilitäts-Richtlinien finden sich im TR62000.

ANMERKUNG 1 Es dürfen höhere Spleißverluste auftreten, wenn die Übertragungskapazität der Verbindung nicht beeinflusst wird.

ANMERKUNG 2 Spleiße von Fasern der gleichen Kategorie aber von verschiedenen Herstellern und/oder aus verschiedenen Herstellungsprozessen überschreiten die oben angegebenen Werte im Allgemeinen nicht.

ANMERKUNG 3 Wenn Fasern verschiedener Kategorien (B1–B2, B1–B4 usw.) gespleißt werden, ist der Spleißverlust gewöhnlich ein wenig höher als bei Spleißen zwischen Fasern der gleichen Kategorie.

5.3 Prüfung

Wenn es nicht anders festgelegt ist, müssen bei allen Prüfverfahren atmosphärische Normbedingungen ($23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ und relative Luftfeuchte 20 % – 70 %) vorliegen. Alle gemessenen und berechneten Werte sind auf die Dezimalstelle zu runden, die in den entsprechenden Abnahmekriterien für jede Anforderung oder jedes Ziel angegeben sind. Die Anzahl der zu testenden Fasern muss zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart werden.

5.3.1 Gleich bleibende Dämpfung

Das Ziel bei einigen, in dieser Norm spezifizierten Parametern ist eine gleich bleibende Dämpfung.

Diese Parameter können durch Messungenauigkeiten beeinträchtigt werden, die durch Messfehler oder Kalibrierungsfehler verursacht werden und im Fehlen passender Referenznormen begründet sind. Abnahmekriterien müssen unter Beachtung dieser Überlegungen interpretiert werden.

5.3.1.1 Gleich bleibende Dämpfung - Einmoden

Die gesamte Messungenauigkeit in dieser Norm muss $\leq \pm 0,05\text{ dB}$ bei der Dämpfung und $\pm 0,05\text{ dB/km}$ beim Dämpfungsbelag betragen. Jeder gemessene Wert in diesem Bereich muss als „gleich bleibende Dämpfung“ erachtet werden.

Die Anforderung für diese Parameter wird mit „keine Änderung ($\leq \pm 0,05\text{ dB}$ oder $\pm 0,05\text{ dB/km}$)“ angegeben.

Nach Vereinbarung zwischen Kunden und Lieferanten können bei niedrigen Frequenzen kleinere Abweichungen von diesen Grenzen akzeptiert werden, beispielsweise weniger als 10%. Allerdings dürfen für mechanische Tests keine Abweichungen größer 0,15 dB akzeptiert werden. Für Umwelt-Prüfverfahren dürfen keine Abweichungen größer 0,10 dB/km akzeptiert werden.

5.3.1.2 Gleich bleibende Dämpfung – Mehrmoden (A1)

Die gesamte Messungenauigkeit in dieser Norm muss $\leq \pm 0,2\text{ dB}$ bei der Dämpfung und $\pm 0,2\text{ dB/km}$ beim Dämpfungsbelag betragen. Jeder gemessene Wert in diesem Bereich muss als „gleich bleibende Dämpfung“ erachtet werden.

Die Anforderung für diese Parameter wird mit „keine Änderung ($\leq \pm 0,2\text{ dB}$ oder $\pm 0,02\text{ dB/km}$)“ angegeben.

Nach Vereinbarung zwischen Kunden und Lieferanten können bei niedrigen Frequenzen kleinere Abweichungen von diesen Grenzen akzeptiert werden, beispielsweise weniger als 10%. Allerdings dürfen für mechanische Tests keine Abweichungen größer 0,5 dB akzeptiert werden. Für Umwelt-Prüfverfahren dürfen keine Abweichungen größer 0,5 dB/km akzeptiert werden.

5.3.2 Keine Änderung Faser-Dehnung (B, C, A1)

Das Ziel bei einigen, in dieser Norm spezifizierten Parametern ist keine Änderung der Dehnung.

Diese Parameter können durch Messungenauigkeiten beeinträchtigt werden, die durch Messfehler oder Kalibrierungsfehler verursacht werden und im Fehlen passender Referenznormen begründet sind. Abnahmekriterien müssen unter Beachtung dieser Überlegungen interpretiert werden.

Die gesamte Messungenauigkeit in dieser Norm muss $\pm 0,05\%$ dB bei der Dehnung betragen. Jeder gemessene Wert in diesem Bereich muss als „keine Dehnungsänderung“ erachtet werden.

6 Anforderungen an verkabelte Einmoden-LWL

6.1 Faserwerkstoffe

Der LWL wird wie in IEC 60793-2-50 festgelegt verwendet.

Die beschichtete Oberfläche darf nur mit vom Faserhersteller empfohlenen Reinigungsmitteln gereinigt werden (z. B. von Kabelfüllmasse). Aufgrund der Gesundheitsgefahr dürfen auf keinen Fall Reinigungsmittel auf Chlorbasis benutzt werden.

6.2 Optische Anforderungen

Alle Übertragungseigenschaften eines LWL müssen IEC 60793-2-50, entsprechen. In den folgenden Abschnitten werden Eigenschaften festgelegt, die empfindlich auf die Kabelverlegung reagieren (Dämpfung, Punktdefekte, Polarisationsmodendispersion und Grenzwellenlänge des Kabels). Im informativen Anhang B sind die sonstigen Fasereigenschaften nach IEC 60793-2-50 zusammengefasst.

6.2.1 Dämpfungskoeffizient

Die Dämpfungskoeffizienten für verkabelte Einmoden-LWL nach dieser Spezifikation müssen folgende Anforderungen in Tabelle 1 erfüllen oder sonstige Bedingungen, die zwischen Kunde und Lieferant vereinbart werden.

Tabelle 1 – Dämpfungskoeffizient

	Fasertyp (höchste Dämpfung in dB/km)						
Wellenlänge	B1.1	B1.2	B1.3	B2	B4	B5	B6_a
1 310 nm	0,40	NA	0,40	0,50	siehe Anmerkung 1	NA	0,40
1 383 nm	NA	NA	0,40 (siehe Anmerkung 2)	NA	NA	NA	0,40
1 550 nm	0,35	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,30
1 625 nm	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)	0,40 (siehe Anmerkung 3)

NA = nicht anwendbar

ANMERKUNG 1 Wenn es zwischen Kunde und Lieferant nicht anders vereinbart ist, wird für 1 310 nm keine Festlegung getroffen.

ANMERKUNG 2 Die Dämpfung bei 1 383 nm ist nach der Wasserstoffalterung nach IEC 60793-2-50 festgelegt.

ANMERKUNG 3 Dämpfungswerte für 1 625 nm können optional mit dem Kunden vereinbart werden.

Definitionen für den Fasertyp von Einmodenfasern sind in IEC 60793-2-50 angegeben. Nachfolgend sind sie zur Information aufgeführt.

- B1.1: Einmodenfasern mit Nulldispersion zwischen 1 300 nm und 1 324 nm, die für den Einsatz im Bereich von 1 310 nm optimiert und mit dem Bereich von 1 550 nm kompatibel sind;
- B1.2: Einmodenfasern ohne Dispersionsverschiebung, die für die Übertragung bei 1 550 nm optimiert sind, mit einer Kabelgrenzwellenlänge von <1530 nm;
- B1.3: B1.1 ähnliche Einmodenfasern, aber mit einem geringen Verlust bei 1 383 nm für eine zusätzliche Kompatibilität zwischen 1 360 nm und 1 460 nm;

E DIN IEC 60794-3-11 (VDE 0888-311):2009-03

- B.2: Dispersionsverschobene Einmodenfasern mit Nulldispersion im Bereich von 1 525 nm bis 1 575 nm;
- B.4: Einmodenfasern mit einer Dispersion verschieden von Null, die für die Übertragung bei 1 550 nm optimiert sind, mit Nulldispersion außerhalb des Bereiches von 1530 nm bis 1565 nm.
- B5: Einmodenfasern mit einer Dispersion verschieden von Null, die für die Übertragung bei 1460 nm bis 1 625 nm optimiert sind, mit Nulldispersion außerhalb des Bereiches unter 1460 nm.
- B6_a: Eine Biegedämpfung unempfindliche Faser, kompatibel mit einer B1.3 Faser die passend für die Nutzung in Zugangsnetzwerken, inklusive innerhalb von Gebäuden.

Prüfverfahren:

Messungen müssen nach IEC 60793-1-40 bei Raumtemperatur ($23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) durchgeführt werden.

6.2.2 Dämpfungs-Fehlstellen

Punktueller Fehlstellen/örtliche Schwankungen, die zu reflexionsfreien Ereignissen führen, müssen $\leq 0,10$ dB sein.

Prüfverfahren:

Messungen müssen nach IEC 60793-1-40, Verfahren C (Rückstreuungsmethode), durchgeführt werden.

Messgröße:

Wellenlänge: 1 310 nm und/oder 1 550 nm.

6.2.3 Grenzwellenlänge des Kabels

Die Grenzwellenlänge des Kabels λ_{cc} muss betragen:

$\lambda_{cc} \leq 1\,260$ nm für die Fasertypen B1.1 und B1.3

$\lambda_{cc} \leq 1\,260$ nm für den Fasertyp B2

$\lambda_{cc} \leq 1\,480$ nm für den Fasertyp B4 & B5

$\lambda_{cc} \leq 1\,530$ nm für den Fasertyp B1.2

$\lambda_{cc} \leq 1\,260$ nm für den Fasertyp B6_a

Prüfverfahren:

Messungen der Grenzwellenlänge müssen nach IEC 60793-1-44 durchgeführt werden.

6.2.4 Polarisationsmodendispersion

Polarisationsmodendispersion (PMD) wird gewöhnlich als Differenzgruppenlaufzeit (DGD) beschrieben und ist die Zeitdifferenz zwischen der Ausbreitung der Grundpolarisationszustände eines optischen Signals. PMD in verkabelten Fasern und optischen Bauteilen verursacht die Ausbreitung eines optischen Impulses im Zeitbereich, was das Betriebsverhalten von LWL-Systemen mit langen Fasern und hohen Bitraten (z. B. Beförderung mit 10 Gbit/s über 400 km) verschlechtern kann. Für diese Systeme sind nur die folgenden Bewertungen nutzbringend.

Hinsichtlich der statistischen Natur der PMD in installierten Kabelstrecken wird auf IEC 60794-3, Anhang A, verwiesen.

Das zutreffende Prüfverfahren ist aus IEC 60793-1-48 auszuwählen, wo auch die statistische Natur der PMD beschrieben wird (siehe Einleitung):

- für Strecken $> 400\text{ km}$ darf der Konstruktionswert der Verbindungsstrecke (PMD_0) kleiner als oder gleich $0,20\text{ ps/km}^{0,5}$ sein. Anmerkung, laut ITU-T Anforderungen G.652 Tabelle I.2/, erlaubt dieser maximale Konstruktionswert die Möglichkeit von 3000 km langen Strecken bei der Übertragung von 10 Gbit/s und 80 km (bis 200 km) bei 40 Gbit/s ;
- für Strecken $\leq 400\text{ km}$ darf der Konstruktionswert der Verbindungsstrecke (PMD_0) kleiner als oder gleich $0,50\text{ ps/km}^{0,5}$ sein. Anmerkung, laut ITU-T Anforderungen G.652 Tabelle I.2/, erlaubt dieser maximale Konstruktionswert die Möglichkeit von 400 km langen Strecken bei der Übertragung von 10 Gbit/s .

6.2.5 Gruppenbrechzahl

Dieser Parameter wird genutzt um die Faserlänge innerhalb von Kabeln oder Kabellängen mit Hilfe der IEC 60793-1-22, Methode B zu bestimmen (unter Berücksichtigung der Konstruktion).

Die Gruppenbrechzahl muss für die Fasertypen B1.1, B1.3, und B2 bei 1310 nm , und für alle Fasertypen bei 1550 nm angegeben werden. Die Gruppenbrechzahl bei ist für jedes Kabel anzugeben, das für den Betrieb bei 1625 nm spezifiziert ist.

7 Anforderungen an Kabelelemente

7.1 Ausführung der Elemente

Ein LWL-Kabelelement ist ein Aufbau aus LWL, die so angeordnet sind, dass deren Struktur sowohl innerhalb des Kabels erhalten bleibt als auch dann, wenn der Mantel entfernt wird.

Das Konstruktionsziel eines LWL-Kabelelementes ist die Anordnung der Fasern und eine mögliche Faserkennzeichnung und die Verbesserung der Handhabung.

Zu derzeitig verfügbaren Kabelausführungen gehören folgende LWL-Kabelelemente:

- Hohlader(n);
- Kammerkabel;
- Faserbündel;
- Faserband (-bänder);
- Zentralader Kabel.

7.1.1 Modularität

Die gebräuchlichsten Modularitäten sind: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24.

7.1.2 Kennzeichnung von Fasern und Kabelelementen

7.1.2.1 Faserkennzeichnung

Die beschichtete Faser oder die Ader muss anhand der Farbe oder der Anordnung unterscheidbar sein. Faser und Kabel Einheiten müssen anhand von Nummern oder farblicher Kodierung unterscheidbar sein. Kabel-Einheiten sind definiert als Strukturen im Kabel, das die Fasern in Gruppen kombiniert. Zum Beispiel kann dies erreicht werden, indem Fasern in eine Hohlader platziert, sie mit einem Faden umwickelt, sie in einem Band oder in eine Kammer platziert werden oder jede andere Methode angewandt werden, die sie als eine Gruppe von Fasern in einer Einheit identifizierbar macht. Es sind Normfarben möglichst nach IEC 60304 zu verwenden. Die Farben für die Fasern sind in Tabelle 2 in alphabetischer Reihenfolge angegeben.

Das Farbcodesystem ist zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.

Tabelle 2 – Farbcodierungsfolge für einzelne Fasern oder Einheiten

Farbe
Blau
Braun
Gelb
Grün
Grau
Orange
Pink
Rot
Türkis
Schwarz
Violett
Weiss

ANMERKUNG Für eine Faseranzahl über 12 werden Fasern durch Kombination der oben angegebenen Folge mit einer weiteren Kennzeichnung (z. B. Ringmarkierung, Strichmarkierung, Indikator oder Kennfäden) gekennzeichnet.

7.1.2.2 Kennzeichnung von Kabelelementen

Die LWL-Kabelelemente müssen eindeutig gekennzeichnet werden. Ein Verfahren ist der gleiche Farbcode wie bei der Faserkennzeichnung. Die ersten zwölf Elemente (1 bis 12) entsprechen den ersten zwölf Faserfarben. Die nächste Gruppe von zwölf Elementen muss durch Kombination der zwölf Farben mit einer zusätzlichen Kennzeichnung gekennzeichnet werden.

Weitere Möglichkeiten sind:

- Aufdrucken der Folgenummer auf das Element;
- Marke/Referenzsystem (z. B. erstes Element blau, zweites Element gelb, gefolgt von weiteren Elementen ohne Farbe);
- Kennzeichnung der Kammern oder Stege in Kammerkabelkonstruktionen;
- Strichzahl.

7.2 Kennwerte von Kabelelementen

7.2.1 Bändchenkabel

LWL-Faserbändchen müssen IEC 60794-3 entsprechen.

7.2.2 Knicken von Hohladern

Der Widerstand von verseilten Hohlader-elementen gegen Knicken muss nach IEC 60794-1-2, Verfahren G7, geprüft werden.

Prüfbedingungen:

Zyklenanzahl: 5

- Länge L = 100 mm für einen Hohladerdurchmesser von $d < 2,0$ mm;
Länge L = 70 mm für einen Hohladerdurchmesser von $2,0 \text{ mm} < d < 2,8$ mm;
Länge L = 50 mm für einen Hohladerdurchmesser von $d > 2,8$ mm.
Länge L_1 : 350 mm;
Länge L_2 : 100 mm.

Das Prüfstück darf mit einem Heiß-Luft Gebläse geglättet werden.

8 Anforderungen an LWL-Kabel

8.1 Kabelaufbau

Die Fasern müssen durch den Kabelaufbau vor einer Beschädigung beim Versand, bei der Lagerung, bei der Verlegung und beim Einsatz geschützt werden. Durch den Kabelaufbau muss außerdem sichergestellt werden, dass die optischen Kennwerte der Fasern während der gesamten Kabellebensdauer in den festgelegten Grenzen bleiben.

Die in den nachfolgenden Absätzen angegebenen Eigenschaften und Kennwerte gelten für sämtliche allgemeinen Kabelanwendungen nach dieser Norm. Besondere Anwendungen können Abweichungen von diesen Kennwerten erfordern, die zwischen Kunde und Lieferant zu vereinbaren sind.

Der Kabelhersteller muss eine Beschreibung des Kabels zur Verfügung stellen und insbesondere die Anordnung der Kabelelemente und Ort und Werkstoffe von Versteifungen angeben. Die Beschreibung kann eine schematische Querschnittszeichnung umfassen.

8.1.1 Kabelleseele

Wenn es nicht anders vereinbart ist, muss die Kabelleseele mit einer Längswassersperre versehen sein. Dies kann mittels eines Gels, eines in Wasser quellfähigen oder anderen passenden Materials erreicht werden.

8.1.2 Knickschutz und Spleißen von Versteifungen

Spleiße im Knickschutz oder der Versteifungen sind zulässig, wenn die mechanischen Anforderungen des Kabels erfüllt sind (z. B. Zugfestigkeit und Biegeanforderungen).

Jeder Spleiß eines Knickschutzes und einer Versteifung muss eine Festigkeit von mindestens 80 % der Nennfestigkeit der entsprechenden Knicksicherung und Versteifung aufweisen. Der Durchmesser eines gespleißten Knickschutzes darf nicht größer sein als der Nenndurchmesser des Knickschutzes.

8.1.3 Verseilung von Kabelelementen

LWL-Kabelelemente nach 6.1 dürfen nach folgender Anordnung verlegt werden:

- einzelne(s) LWL-Kabelelement(e) ohne Verseilung;
- mehrere homogene LWL-Kabelelemente mit Gleichschlag- oder Gegenschlagverseilung (SZ);
- eine Anzahl von hybriden Anordnungen in Hohladern, Kammerkabeln oder Zentraladerkabeln wie Faserbündel, Faserbänder oder Hohladern.

Füllstoffe, isolierte Kupferdrähte, Paare oder Vierer dürfen gegebenenfalls mit optischen Kabelelementen verlegt werden, wenn notwendig.

Anmerkung: Die Absicht dieser Anforderung ist es, dass die ausreichende Faserüberlänge, die im Kabelaufbau vorhanden ist um eine Faserführung als auch Spleissarbeiten in der Streckenmitte durchzuführen. SZ und zentrale Kabelaufbauten sind naheliegende Lösungen, aber jede Kabelkonstruktion, die diesen Anforderungen entspricht ist akzeptabel.

8.1.4 Gespleißte Fasern

Wenn es zwischen Kunde und Lieferant nicht anders vereinbart ist, sind in der Fertigungslänge keine gespleißten Fasern zulässig.

8.1.5 Ersatzfasern

In optischen Kabeln dürfen keine Ersatzfasern enthalten sein, außer es ist zwischen Kunde und Lieferant vereinbart worden.

Anmerkung: Eine Ersatzfaser ist eine Faser, die zusätzlich zum Nennfaserinhalt dieses Kabelelementes hinzugefügt wird.

8.1.6 Entfernung des Kabelmantels

Der Lieferant muss ein geeignetes Verfahren angeben wie der Kabelmantel zu entfernen ist, wie die Bereitstellung von ein oder zwei Reißfäden unter dem Mantel.

8.1.7 Bewährung

Für direkte Erdverlegung kann eine Bewährung (metallisch oder nicht-metallisch) notwendig sein, abhängig von den mechanischen und Umgebungs-Bedingungen, die zwischen Lieferant und Kunde vereinbart werden inklusive angepasster mechanischer Kabel-Anforderungen (siehe 8.5). Zwischen Kunde und Lieferant können weitere mechanische Kabelprüfungen vereinbart werden.

8.2 Mantelkennzeichnung

8.2.1 Mantelkennzeichnung

Der Aufdruck auf einem Kabel muss nach einem der folgenden Verfahren ausgeführt werden: Sintern, Prägen, Heißfolien-Transfer, Tintenstrahl-Druck, Einkerbten, Stempeln.

Die Abriebfestigkeit der Mantelaufschrift muss nach IEC 60794-1-2, Verfahren E2B erfolgen.

Abhängig der genutzten Aufdrucktechnik, muss eine der folgenden Testmethoden angewandt werden:

Methode 1: Stahlnadel Durchmesser $d = 1,0 \text{ mm}$
Kraft 4 N
Wiederholungszyklen 100 bis 300 Zyklen, abhängig von den Kunden Anforderungen

oder

Methode 2: Filz-Kissen bestehend aus entweder 1) Wasser getränktes Woll-Kissen oder 2) Zell-Woll-Kissen mit $\leq 30\%$ Wolle.
Geicht: $\geq 450 \text{ g}$
Wiederholungszyklen 3

8.2.2 Identifizierungsaufschriften

Die Aufschriften auf jeder Kabellänge müssen mindestens folgendes umfassen:

- Bezeichnung (z.B. Bezeichnungen oder Symbole die das Kabel als „optisches Kabel“ kennzeichnen);
- Anzahl der Fasern;
- Fasertyp (z. B. B1,);
- Herstellername oder Produkt-Markename;
- Herstellungsjahr.

8.2.3 Angabe der Kabellänge

Sofern nicht anders vereinbart, darf der Unterschied zwischen der durch die Längenmarke aufgedruckten Länge und der tatsächlichen Länge höchstens $-1,0 / +0\%$ der tatsächlichen Länge betragen (die aktuelle Kabellänge darf immer nur gleich oder länger sein, als die aufgedruckte Länge). Andere Toleranzen können erlaubt sein, vorausgesetzt die Kabellänge wird durch andere Mittel garantiert.

Das Kabel muss aufsteigend nummerierte Längenmarken besitzen, die in einem Abstand von 1 m auf den Mantel aufgedruckt sind. Es sind auch andere Längenmarken zulässig. Die Längenmarke für die gesamte Kabellänge darf nicht auf Null zurückgesetzt werden. Sie kann mit einem von Null verschiedenen Wert beginnen.

Wenn es zwischen Kunde und Lieferant vereinbart ist, dürfen Kabel wie folgt neu gekennzeichnet werden:

- 1) die defekte Aufschrift darf entfernt und das Kabel mit der gleichen Farbe erneut gekennzeichnet werden;
- 2) alternativ dazu darf die defekte Aufschrift bestehen bleiben und das Kabel neu gekennzeichnet werden, wobei vorzugsweise eine gelbe Aufschrift auf einem anderen Abschnitt des Umfangs benutzt wird. Diese Aufschrift muss sämtliche ursprünglichen Anforderungen erfüllen. Kabel, die zwei Kabelaufschriften enthalten, müssen gekennzeichnet werden und die Farbe der geltenden Aufschrift muss angegeben werden.

8.3 Werkstoffe der Kabelseele

8.3.1 Füllstoffe für Hohladern (wenn notwendig)

Der Füllstoff für Hohladern, falls vorhanden, muss IEC 60794-1-2, Verfahren E15, genügen. Es gelten folgende Abnahmekriterien:

- Ausbluten $\leq 2\%$;
- Verdampfung $\leq 0,5\%$ bei 80 °C ;
- Dauer 24 h.

8.3.2 Werkstoff der Wassersperre

Zur Sicherung der Wasserdichtheit der Kabelseele dürfen trockene Wassersperrwerkstoffe und/oder -Verbundstoffe eingesetzt werden. Als Wassersperre in der Kabelseele darf auch Vergussmasse benutzt werden.

Fließvermögen von Füll- und Wassersperrstoffen:

Ein repräsentatives Prüfstück des Kabels muss nach IEC 60794-1-2, Verfahren E14, geprüft werden. Die Füll- und Wassersperrstoffe dürfen bis einschließlich 70 °C nicht fließen.

8.3.3 Verträglichkeit der Kabelwerkstoffe

Die Verträglichkeit von Faserbeschichtung und Füllwerkstoff der Hohladern muss nach IEC 60794-1-2, Verfahren E5, geprüft werden.

8.3.4 Werkstoffe für die Hohladern

Die Hohladern muss aus nicht wieder aufbereitetem Thermoplast hergestellt werden.

8.4 Kabelmantel

8.4.1 Mantelwerkstoff

Der Mantelwerkstoff muss UV beständiges schwarzes Polyethylen sein. Es können andere geeignete Werkstoffe verwendet werden.