

DIN EN IEC 60793-2-10
(VDE 0888-321)
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 33.180.10

Einsprüche bis 2019-01-16

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60793-2-10
(VDE 0888-321):2018-05

Entwurf

Lichtwellenleiter –
Teil 2-10: Produktspezifikationen –
Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A1
(IEC 86A/1871/CDV:2018);
Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60793-2-10:2018

Optical fibres –
 Part 2-10: Product specifications –
 Sectional specification for category A1 multimode fibres
 (IEC 86A/1871/CDV:2018);
 German and English version prEN IEC 60793-2-10:2018

Fibres optiques –
 Partie 2-10: Spécifications de produits –
 Spécification intermédiaire pour les fibres multimodales de catégorie A1
 (IEC 86A/1871/CDV:2018);
 Version allemande et anglaise prEN IEC 60793-2-10:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-11-16 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 99 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60793-2-10:2018 „Lichtwellenleiter – Teil 2-10: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A1“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 86A/1871/CDV:2018 „Optical fibres – Part 2-10: Product specifications – Sectional specification for category A1 multimode fibres“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60793-2-10:2018 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. 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.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60793-2-10 (VDE 0888-321):2018-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Eingeführt wird eine überarbeitete Vereinbarung für die Bezeichnung von Mehrmodenfasern der Kategorie A1, die zutreffender als jene in ISO/IEC-Normen sind. Diese Änderungen werden im Anwendungsbereich dieses Dokuments gemeinsam mit einer Querverweistabelle für die neuen Bezeichnungen dargelegt.

– Leerseite –

**Lichtwellenleiter –
Teil 2-10: Produktspezifikationen –
Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A1**

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Abkürzungen	7
5 Spezifikationen	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Maßanforderungen	8
5.3 Mechanische Anforderungen	9
5.4 Übertragungsanforderungen	10
5.5 Umweltsanforderungen	12
5.5.1 Allgemeines	12
5.5.2 Mechanische Umweltsanforderungen (für alle Fasern der Kategorie A1)	13
5.5.3 Übertragungsumweltsanforderungen	14
Anhang A (normativ) Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5	15
A.1 Allgemeines	15
A.2 Maßanforderungen	15
A.3 Mechanische Anforderungen	16
A.4 Übertragungsanforderungen	16
A.5 Umweltsanforderungen	18
Anhang B (normativ) Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1-OM1	19
B.1 Allgemeines	19
B.2 Maßanforderungen	19
B.3 Mechanische Anforderungen	19
B.4 Übertragungsanforderungen	20
B.5 Umweltsanforderungen	20
Anhang C (normativ) Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1d	21
C.1 Allgemeines	21
C.2 Maßanforderungen	21
C.3 Mechanische Anforderungen	21
C.4 Übertragungsanforderungen	22
C.5 Umweltsanforderungen	22
Anhang D (normativ) Anforderungen an die Gruppenlaufzeitdifferenz (DMD), die berechnete effektive Modenbandbreite (EMB _C) und die berechnete Modenbandbreite bei Vollenregung (OMB _C)	23

	Seite
D.1 Anforderungen an die DMD für Fasern der Kategorie A1-OM3	23
D.1.1 Allgemeines	23
D.1.2 DMD-Schablonen	23
D.1.3 DMD-Intervallmasken	25
D.2 Anforderungen an die EMB _c von Fasern der Kategorie A1-OM3	25
D.2.1 Allgemeines	25
D.2.2 Berechnete effektive Bandbreite	25
D.3 Anforderungen an die DMD für Fasern der Kategorie A1-OM4	27
D.3.1 Allgemeines	27
D.3.2 DMD-Schablonen	27
D.3.3 DMD-Intervallmasken	28
D.4 Anforderungen an die EMB _c von Fasern der Kategorie A1-OM4	28
D.4.1 Allgemeines	28
D.4.2 Berechnete effektive Bandbreite	28
D.5 Anforderungen an die Modenbandbreite von Fasern der Kategorie A1-OM5	28
D.5.1 Allgemeines	28
D.5.2 Berechnete effektive Modenbandbreite	29
D.6 Berechnete Modenbandbreite bei Vollanregung von Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5	29
Anhang E (informativ) Überlegungen zu System, Modenbandbreite und Sender	31
E.1 Hintergrund	31
E.2 Systembetrachtungen	31
E.2.1 Fasern der Kategorien A1-OM3 und A1-OM4	31
E.2.2 Fasern der Kategorie A1-OM5	31
E.3 Effektive Modenbandbreite (EMB)	32
E.4 Anforderungen an den eingeschlossenen Fluss (EF) und die Mittenwellenlänge des Senders	35
E.4.1 Eingeschlossener Fluss	35
E.4.2 Mittenwellenlänge für Fasern der Kategorie A1-OM3 und A1-OM4	36
E.4.3 Mittenwellenlänge für Fasern der Kategorie A1-OM5	36
Anhang F (informativ) Erklärung der Bandbreitenomenklatur	38
Anhang G (informativ) Vorläufige Angaben zu Gesichtspunkten, zu denen weitere Untersuchungen notwendig sind	39
G.1 Effektive Modenbandbreite (EMB) bei 1 300 nm	39
G.2 Skalierung von EMB mit DMD	40
Anhang H (informativ) Von Fasern der Kategorie A1 unterstützte Anwendungen und Kabel	41
H.1 Genormte Anwendungen	41
Anhang I (informativ) 1-Gigabit-, 10-Gigabit-, 25-Gigabit, 40-Gigabit- und 100-Gigabit-Ethernet- Anwendungen	42
Literaturhinweise	47

Bilder

Bild 1 – Zusammenhang zwischen Bandbreiten bei 850 nm und 1 300 nm	12
Bild D.1 – Anforderungen an DMD-Schablonen.....	24
Bild E.1 – Estimated minimum wide band EMB versus wavelength for A1-OM3	33
Bild E.3 – Geschätzte Bandbreite der kleinsten EMB in Abhängigkeit von der Wellenlänge für A1-OM5.....	35
Bild E.4 – Ungefähre Position der DMD bezüglich der Grenzen für den eingeschlossenen Fluss nach den Gleichungen (E.10) und (E.11)	36

Tabellen

Tabelle 1 – IEC-Querverweise von Bezeichnungen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1 zu den Bezeichnungen in IEC 60793-2-10, 6. Ausgabe.....	6
Tabelle 2 – Maßeigenschaften und Messverfahren	8
Tabelle 3 – Gemeinsame Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1	9
Tabelle 4 – Zusätzliche, in den Spezifikationen der Kategorien geforderte Maßeigenschaften	9
Tabelle 5 – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren.....	10
Tabelle 6 – Gemeinsame mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1	10
Tabelle 7 – Übertragungseigenschaften und Messverfahren	10
Tabelle 8 – Zusätzliche, in den Spezifikationen der Kategorien geforderte Übertragungseigenschaften	11
Tabelle 9 – Umweltprüfungen.....	13
Tabelle 10 – Gemessene Eigenschaften für Umweltprüfungen.....	13
Tabelle 11 – Absetzkraft für Umweltprüfungen	13
Tabelle 12 – Zugfestigkeit für Umweltprüfungen.....	14
Tabelle 13 – Spannungskorrosionsempfindlichkeit für Umweltprüfungen	14
Tabelle 14 – Dämpfungsänderung für Umweltprüfungen	14
Tabelle A.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5	16
Tabelle A.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5	16
Tabelle A.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5	17
Tabelle B.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1	19
Tabelle B.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1.....	20
Tabelle B.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1	20
Tabelle C.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1d	21
Tabelle C.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1d	21
Tabelle C.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1d	22
Tabelle D.1 – DMD-Schablonen für Fasern der Kategorie A1-OM3	23
Tabelle D.2 – DMD-Intervallmasken für Fasern der Kategorie A1-OM3.....	25
Tabelle D.3 – DMD-Wichtungen.....	26
Tabelle D.4 – DMD-Schablonen für Fasern der Kategorie A1-OM4	28

	Seite
Tabelle D.5 – DMD-Intervallmasken für Fasern der Kategorie A1-OM4	28
Tabelle D.6 – DMD-Wichtung für OMB_c	30
Tabelle F.1 – Erklärung der Bandbreitenomenclatur	38
Tabelle H.1 – Einige genormte und von Fasern der Kategorie A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 sowie in manchen Fällen der Kategorie A1-OM1 unterstützte Anwendungen	41
Tabelle I.1 – Zusammenfassung der Anforderungen und Möglichkeiten für Ethernet mit 1 Gbit/s, 10 Gbit/s, 25 Gbit/s, 40 Gbit/s und 100 Gbit/s	43

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60793 gilt für Lichtwellenleiter der Kategorien A1-OM1, A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4, A1-OM5 und A1d. Diese Fasern werden in Nachrichtenübertragungseinrichtungen und Lichtwellenleiterkabeln eingesetzt oder können deren Bestandteil sein.

Die Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 gelten für 50/125- μ m-Gradientenprofilfasern in vier Bandbreitenklassen. Für jede dieser Bandbreitenklassen sind zwei Stufen des Makrobiegedämpfungsverhaltens festgelegt, die durch Suffix „a“ oder „b“ gekennzeichnet sind. Kategorien mit dem Suffix „a“ genügen den bisher üblichen Stufen des Makrobiegedämpfungsverhaltens. Mit Suffix „b“ sind diejenigen Kategorien gekennzeichnet, die verbesserte Stufen des Makrobiegedämpfungsverhaltens (d. h. geringere Dämpfung) aufweisen.

Die Kategorie A1-OM5 ist spezifiziert für die Unterstützung von Einzelwellenlängen- oder Mehrfachwellenlängen-Übertragungssysteme in der Umgebung von 850 nm bis 950 nm. Obwohl nicht normativ spezifiziert, sind Bandbreiteninformationen, die diesen Wellenlängenbereich abdecken, auch für A1-OM3 und A1-OM4 enthalten. Kategorie A1-OM1 wird für 62,5/125- μ m-Gradienten(profil)fasern und Kategorie A1d für 100/140- μ m-Gradienten(profil)fasern eingesetzt.

Andere Anwendungen umfassen, sind jedoch nicht beschränkt auf das Folgende: Hochgeschwindigkeitsübertragungssysteme mit kurzer Reichweite in der Telefonie, Daten übertragende Verteil- und lokale Netze, Sprach- und/oder Videodienste sowie gebäudeinterne und -übergreifende Lichtwellenleiteranlagen auf einem Gelände einschließlich Rechenzentren, lokale Netzwerke (LAN), Speichernetzwerke (SAN), Nebenstellenanlagen (PBX), Video, verschiedene Multiplexanwendungen, Anwendungen außerhalb von Telefonkabelanlagen und verschiedene ähnliche Anwendungen.

Für diese Fasern gelten drei Arten von Anforderungen:

- allgemeine Anforderungen, festgelegt in [IEC 60793-2](#);
- spezielle Anforderungen, die für die in dieser Norm behandelten Mehrmodenfasern der Kategorie A1 gemeinsam gelten und in [Abschnitt 5](#) enthalten sind;
- besondere Anforderungen, die für einzelne LWL-Kategorien und -Bauarten oder spezielle Anwendungen gelten, die in den normativen Anhängen der Familienspezifikationen festgelegt sind.

In [Tabelle 1](#) sind die Querverweise zwischen der in dieser Ausgabe verwendeten Bezeichnungen für Mehrmoden-LWL der Kategorie A1 im Vergleich zu denen dargestellt, die in der 6. Ausgabe von [IEC 60793-2-10](#) verwendet wurden. Diese Tabelle verweist auch auf den normativen Anhang in diesem Dokument, der die ausführliche Spezifikation enthält.

Tabelle 1 – IEC-Querverweise von Bezeichnungen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1 zu den Bezeichnungen in IEC 60793-2-10, 6. Ausgabe

Anhang	Kategorie	Kategorie / Bauart	Kerndurchmesser (nominal)	ISO/IEC 11801-1:2017
	IEC 60793-2-10, 7. Ausgabe Bezeichnungen	IEC 60793-2-10, 6. Ausgabe Bezeichnungen		Anwendung von OMx-Kabeln
A	A1-OM2	A1a.1	50 µm^a	OM2^b
	A1-OM3	A1a.2	50 µm	OM3
	A1-OM4	A1a.3	50 µm	OM4
	A1-OM5	A1a.4	50 µm	OM5
B	A1-OM1	A1b	62,5 µm^c	OM1^d
C	A1d	A1d	100 µm	–

^a Historisch definiert ISO/IEC 11801:2002 auch OM2-Kabel mit 62,5/125-µm-Fasern mit einer Mindestbandbreite bei Einkopplung mit Vollanregung von 500 MHz·km bei 850 nm und 500 MHz·km bei 1 300 nm. Diese spezifische Bandbreitenkombination der 62,5/125-µm-Faser ist nicht Bestandteil dieser Norm.

^b Eine Anwendung von OM2-Kabeln für Neuinstallationen wird nach ISO/IEC 11801-1:2017 nicht unterstützt.

^c Historisch definiert ISO/IEC 11801:2002 auch OM1-Kabel mit 50/125-µm-Fasern mit einer Mindestbandbreite bei Einkopplung mit Vollanregung von 200 MHz·km bei 850 nm und 500 MHz·km bei 1 300 nm. Diese spezifische Bandbreitenkombination der 50/125-µm-Faser ist nicht Bestandteil dieser Norm.

^d Eine Anwendung von OM1-Kabeln für Neuinstallationen wird nach ISO/IEC 11801-1:2017 nicht unterstützt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60793-1-20, *Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

IEC 60793-1-21, *Optical fibres – Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry*

IEC 60793-1-22, *Optical fibres – Part 1-22: Measurement methods and test procedures – Length measurement*

IEC 60793-1-30, *Optical fibres – Part 1-30: Measurement methods and test procedures – Fibre proof test*

IEC 60793-1-31, *Optical fibres – Part 1-31: Measurement methods and test procedures – Tensile strength*

IEC 60793-1-32, *Optical fibres – Part 1-32: Measurement methods and test procedures – Coating strippability*

IEC 60793-1-33, *Optical fibres – Part 1-33: Measurement methods and test procedures – Stress corrosion susceptibility*

IEC 60793-1-34, *Optical fibres – Part 1-34: Measurement methods and test procedures – Fibre curl*

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

IEC 60793-1-41, Optical fibres – Part 1-41: Measurement methods and test procedures – Bandwidth

IEC 60793-1-42, Optical fibres – Part 1-42: Measurement methods and test procedures – Chromatic dispersion

IEC 60793-1-43, Optical fibres – Part 1-43: Measurement methods and test procedures – Numerical aperture measurement

IEC 60793-1-46, Optical fibres – Part 1-46: Measurement methods and test procedures – Monitoring of changes in optical transmittance

IEC 60793-1-47, Optical fibres – Part 1-47: Measurement methods and test procedures – Macrobending loss

IEC 60793-1-49, Optical fibres – Part 1-49: Measurement methods and test procedures – Differential mode delay

IEC 60793-1-50, Optical fibres – Part 1-50: Measurement methods and test procedures – Damp heat (steady state) tests

IEC 60793-1-51, Optical fibres – Part 1-51: Measurement methods and test procedures – Dry heat (steady state) tests

IEC 60793-1-52, Optical fibres – Part 1-52: Measurement methods and test procedures – Change of temperature tests

IEC 60793-1-53, Optical fibres – Part 1-53: Measurement methods and test procedures – Water immersion tests

IEC 60793-2:2015, Optical fibres – Part 2: Product specifications – General

IEC 61280-4-1:2009, Fibre-optic communication subsystem test procedures – Part 4-1: Installed cable plant – Multimode attenuation measurement

3 Begriffe

In dieser Norm sind keine Begriffe aufgeführt.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online-Browsing-Plattform: unter <http://www.iso.org/obp>

4 Abkürzungen

CPR	Leistungskoppelverhältnis
DMD	Gruppenlaufzeitdifferenz
EF	eingeschlossener Fluss
EMB	effektive Modenbandbreite
EMB _c	berechnete effektive Modenbandbreite
LAN	lokales Netzwerk
MMF	Mehrmodenfaser
NA	numerische Apertur

OFL	Vollanregung
OMB _c	Vollanregung der Modenbandbreite, berechnet aus der Gruppenlaufzeitdifferenz (auch bekannt als OFL _c)
PBX	Nebenstellenanlage
PMD	unterste Teilschicht der Bitübertragungsschicht in lokalen Netzen (en: Physical Medium Dependent)
ROFL	radiale Einkopplung mit Vollanregung
SAN	Speichernetzwerk

5 Spezifikationen

5.1 Allgemeines

Die Faser besteht aus einem Glaskern mit einem Gradientenindexprofil und aus einem Glasmantel nach **IEC 60793-2:2015, 5.1**.

Der Begriff „Glas“ bezieht sich im Allgemeinen auf einen Werkstoff aus nichtmetallischen Oxiden.

5.2 Maßanforderungen

Eigenschaften der Maße und Messverfahren sind in Tabelle 2 angegeben.

Für alle Fasern der Kategorie A1 gemeinsam geltende Anforderungen sind in **Tabelle 3** angegeben.

In **Tabelle 4** sind zusätzliche Eigenschaften aufgeführt, die in den Spezifikationen für jede Kategorie festgelegt werden müssen.

Tabelle 2 – Maßeigenschaften und Messverfahren

Eigenschaften	Messverfahren
Manteldurchmesser	IEC 60793-1-20
Kerndurchmesser ^{a, b}	IEC 60793-1-20
Mantel-Kreisabweichung	IEC 60793-1-20
Kern-Kreisabweichung	IEC 60793-1-20
Kern-Mantel-Konzentritätsfehler	IEC 60793-1-20
Primärbeschichtungsdurchmesser	IEC 60793-1-21
Primärbeschichtungs-Kreisabweichung	IEC 60793-1-21
Primärbeschichtungs-Mantel-Konzentritätsfehler	IEC 60793-1-21
Faserlänge	IEC 60793-1-22
^a Für Fasern der Kategorie A1, ausgenommen Fasern der Kategorien A1-OM2b, A1-OM3b, A1-OM4b, A1-OM5b ist der Kerndurchmesser bei (850 ± 10) nm festgelegt sowie eine Probenlänge von $(2,0 \pm 0,2)$ m und ein Grenzwert k_{CORE} von 0,025. ^b Für Fasern der Kategorien A1-OM2b, A1-OM3b, A1-OM4b, A1-OM5b ist der Kerndurchmesser bei (850 ± 10) nm festgelegt sowie eine Probenlänge von $100 \text{ m} \pm 5 \%$ und ein Grenzwert k_{CORE} von 0,025.	

Tabelle 3 – Gemeinsame Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte
Kern-Kreisabweichung	%	≤ 6
Primärbeschichtungsdurchmesser – nicht farbig ^a	μm	245 ± 10
Primärbeschichtungsdurchmesser – farbig ^a	μm	250 ± 15
Primärbeschichtungs-Mantel-Konzentritätsfehler	μm	$\leq 12,5$
Faserlänge	km	^b
^a Die Grenzwerte für den Primärbeschichtungsdurchmesser werden am häufigsten in Nachrichtenübertragungskabeln verwendet. Es gibt andere Anwendungen, die andere Primärbeschichtungsdurchmesser verwenden, einige von ihnen sind nachfolgend aufgeführt. Alternative Nenndurchmesser und Grenzabweichungen von Primärbeschichtungen (μm): 400 ± 40 500 ± 50 700 ± 100 900 ± 100		
^b Längenanforderungen sind unterschiedlich und sollten zwischen dem Lieferanten und dem Kunden vereinbart werden.		

Tabelle 4 – Zusätzliche, in den Spezifikationen der Kategorien geforderte Maßeigenschaften

Eigenschaften
Manteldurchmesser
Mantel-Kreisabweichung
Kerndurchmesser
Kern-Mantel-Konzentritätsfehler

5.3 Mechanische Anforderungen

Mechanische Eigenschaften und Messverfahren sind in [Tabelle 5](#) angegeben.

Für alle Fasern der Kategorie A1 gemeinsam geltende Anforderungen sind in [Tabelle 6](#) angegeben.

Tabelle 5 – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren

Eigenschaften	Prüfverfahren
Nachweis von Fehlern	IEC 60793-1-30
Zugfestigkeit	IEC 60793-1-31
Absetzbarkeit der Primärbeschichtung	IEC 60793-1-32
Spannungskorrosionsempfindlichkeit	IEC 60793-1-33

Tabelle 6 – Gemeinsame mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte
Nachweisbeanspruchungsstufe	GPa	$\geq 0,69^a$
Absetzkraft (Mittelwert) ^b	N	$1,0 \leq F_{\text{avg}} \leq 5,0$
Absetzkraft (Spitzenwert) ^b	N	$1,0 \leq F_{\text{peak}} \leq 8,9$
Zugfestigkeit (Median) bei einer Probenlänge von 0,5 m	GPa	$\geq 3,8$
Konstante der Spannungskorrosionsempfindlichkeit n_d	–	≥ 18

^a Der Wert für die Prüfung zum Nachweis von Fehlern von 0,69 GPa entspricht bei Fasern der Kategorien A1-OM1 bis A1-OM5 etwa 1 % Dehnung oder einer Krafteinwirkung von etwa 8,8 N. Zum Verhältnis zwischen diesen unterschiedlichen Einheiten siehe IEC/TR 62048, 8.4.

^b Je nach Festlegung im Prüfverfahren darf entweder der Durchschnitts- oder Spitzenwert der Absetzkraft durch Vereinbarung zwischen Lieferant und Kunde festgelegt werden.

5.4 Übertragungsanforderungen

Übertragungseigenschaften und Messverfahren sind in Tabelle 7 angegeben.

In **Tabelle 8** sind zusätzliche Eigenschaften aufgeführt, die in den Spezifikationen für jede Kategorie festgelegt werden müssen.

Tabelle 7 – Übertragungseigenschaften und Messverfahren (1 von 2)

Eigenschaften	Messverfahren
Dämpfungskoeffizient	IEC 60793-1-40
Modenbandbreite ^{a,b}	IEC 60793-1-41
Numerische Apertur ^{c,d}	IEC 60793-1-43
Chromatische Dispersion	IEC 60793-1-42
Änderung des optischen Durchlassgrades	IEC 60793-1-46
Makrobiegedämpfung	IEC 60793-1-47
Gruppenlaufzeitdifferenz ^e	IEC 60793-1-49

Tabelle 7 (2 von 2)

- ^a Für die Modenbandbreite kann entweder die Vollarregung (OFL) oder die Vollarregung der Modenbandbreite, berechnet aus der Gruppenlaufzeitdifferenz (OMB_c), verwendet werden. OMB_c ist das Referenzprüfverfahren für Fasern der Kategorie A1-OM2, A1-OM3 und A1-OM4 bei 850 nm und ist das geforderte Verfahren für A1-OM5 bei 850 nm und 953 nm.
- ^b Für Fasern der Kategorie A1-OM3 bis A1-OM5 ist die Modenbandbreite bei 850 nm festgelegt, mit einer Probenlänge von 1 000 m ± 5 %. Für Fasern der Kategorie A1-OM3 wird die Modenbandbreite von 850 nm bei (850 ± 10) nm gemessen. Für Fasern der Kategorie A1-OM4 und A1-OM5 wird die Modenbandbreite von 850 nm bei (850 ± 2) nm gemessen. Für Fasern der Kategorie A1-OM5 wird die Modenbandbreite auch bei (953 ± 6) nm gemessen.
- ^c Für Fasern der Kategorie A1, ausgenommen Fasern der Kategorien A1-OM2b, A1-OM3b, A1-OM4b, A1-OM5b ist die numerische Apertur bei (850 ± 10) nm festgelegt sowie eine Probenlänge von (2,0 ± 0,2) m und ein Grenzwert k_{NA} von 0,05.
- ^d Für Fasern der Kategorien A1-OM2b, A1-OM3b, A1-OM4b und A1-OM5b ist die numerische Apertur bei (850 ± 10) nm festgelegt, mit einer Probenlänge von 100 m ± 5 % und einem Grenzwert k_N von 0,05.
- ^e Für Fasern der Kategorie A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 ist die Gruppenlaufzeitdifferenz mit einer Probenlänge von 1 000 m ± 5 % festgelegt. Für Fasern der Kategorie A1-OM3 wird die Gruppenlaufzeitdifferenz bei (850 ± 10) nm gemessen. Für Fasern der Kategorie A1-OM4 und A1-OM5 wird die Gruppenlaufzeitdifferenz bei (850 ± 2) nm gemessen. Für Fasern der Kategorie A1-OM5 wird die Gruppenlaufzeitdifferenz auch bei (953 ± 6) nm gemessen.

Die Übereinstimmung mit der Spezifikation der chromatischen Dispersion kann durch Einhaltung der Spezifikation der numerischen Apertur der A1-Faser sichergestellt werden.

Tabelle 8 – Zusätzliche, in den Spezifikationen der Kategorien geforderte Übertragungseigenschaften

Eigenschaften
Dämpfungskoeffizient
Modenbandbreite
Chromatische Dispersion
Numerische Apertur
Makrobiegedämpfung

Die Spezifikationen der Kategorien können für den Dämpfungskoeffizienten und die Modenbandbreite anstelle fester Grenzwerte Bereiche festzulegender Werte enthalten. In diesem Fall sind die tatsächlichen Werte des höchsten Dämpfungskoeffizienten und der kleinsten Modenbandbreite sowohl bei 850 nm als auch bei 1 300 nm (oder nur bei einer dieser Wellenlängen) zwischen Lieferant und Kunde zu vereinbaren. Für handelsübliche Anwendungen ist die Modenbandbreite linear auf 1 km normiert. In [Tabelle H.1](#) sind zur Orientierung einige standardisierte Anwendungen angegeben, die von Fasern der Kategorie A1 unterstützt werden.

Die in angegebenen Koeffizienten der höchsten Dämpfung gelten für nicht verkabelte Lichtwellenleiter; für die Koeffizienten der höchsten Dämpfung für verkabelte Lichtwellenleiter wird auf [IEC 60794-1-1](#) verwiesen, die zusammen mit der vorliegenden Norm angewendet werden kann. Es können strengere Spezifikationen für die Faser verlangt werden, um eine zusätzliche Dämpfung bei der Verkabelung zu berücksichtigen.

Anmerkungen zur Spezifikation der Modenbandbreite:

Die Erarbeitung von Spezifikationen für die Bandbreiten bei zwei Wellenlängen sollte sorgfältig erfolgen. Es wird davon ausgegangen, dass für Fasern der Kategorie A1 die mögliche Beziehung zwischen den Bandbreiten bei 850 nm und 1 300 nm, wie in [Bild 1](#) gezeigt, von dem Brechzahlparameter g (siehe [IEC 60793-2:2015, 5.1](#)) abhängt. Siehe [\[26\]](#)¹⁾, Seite 50 und [\[27\]](#), Seite 255 für ähnliche Abbildungen. Der schraffierte Bereich unter der Kurve in [Bild 1](#) kann als Doppelfensterfläche definiert werden. In dieser Fläche

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf das Literaturverzeichnis.

sind die Bereiche X, Y und Z Beispiele für einen vom Faserhersteller optimierbaren Prozess. Das heißt, die Produktion ist bei 850 nm, bei 1 300 nm oder zwischen diesen beiden Wellenlängen zu zentrieren.

Aufgrund dieser Optimierung des Herstellungsprozesses werden Kombinationen von Bandbreiten auftreten, die nicht möglich sind (d. h. außerhalb des schraffierten Bereichs).

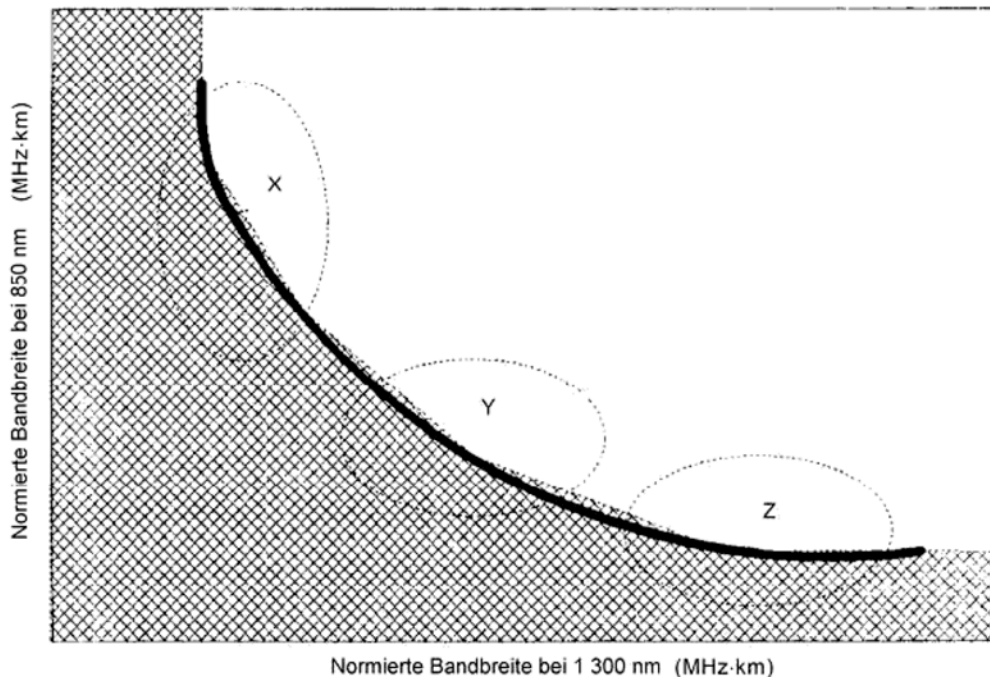


Bild 1 – Zusammenhang zwischen Bandbreiten bei 850 nm und 1 300 nm

5.5 Umweltanforderungen

5.5.1 Allgemeines

Umweltprüfungen und -messungen sind auf zwei Arten dokumentiert:

- maßgebliche Umwelteigenschaften und Prüfverfahren sind in [Tabelle 9](#) angegeben.
- Messungen einer bestimmten mechanischen Eigenschaft oder Übertragungseigenschaft, die sich durch Umwelteinwirkungen verändern könnte, sind in [Tabelle 10](#) aufgeführt.

Tabelle 9 – Umweltprüfungen

Umwelteinwirkung	Prüfung
Feuchte Wärme	IEC 60793-1-50
Trockene Wärme	IEC 60793-1-51
Temperaturwechsel	IEC 60793-1-52
Eintauchen in Wasser	IEC 60793-1-53

Tabelle 10 – Gemessene Eigenschaften für Umweltprüfungen

Eigenschaft	Messverfahren
Änderung des optischen Durchlassgrades	IEC 60793-1-46
Dämpfung	IEC 60793-1-40
Absetzkraft	IEC 60793-1-32
Zugfestigkeit	IEC 60793-1-31
Spannungskorrosionsempfindlichkeit	IEC 60793-1-33

Diese Prüfungen werden üblicherweise in regelmäßigen Abständen als Typprüfungen für eine Faserkonstruktion und Beschichtung durchgeführt. Falls nicht anders angegeben, muss die zulässige Erholungsdauer zwischen dem Ende der Umwelteinwirkung und der Messung der Eigenschaften den Angaben im jeweiligen Umweltprüfverfahren entsprechen.

5.5.2 Mechanische Umwelthanforderungen (für alle Fasern der Kategorie A1)

5.5.2.1 Allgemeines

Diese Prüfungen enthalten in der Praxis die schärfsten Anforderungen unter den in Tabelle 9 festgelegten Umwelteinwirkungen.

Die Tabellen 11, 12 und 13 enthalten die Anforderungen für Absetzkraft, Zugfestigkeit bzw. Spannungskorrosionsempfindlichkeit.

5.5.2.2 Absetzkraft

Die folgenden Eigenschaften müssen nach dem Entfernen der Faser aus der jeweiligen Umgebung geprüft werden.

Tabelle 11 – Absetzkraft für Umweltprüfungen

Umwelteinwirkung	Mittlere Absetzkraft (N)	Höchste Absetzkraft (N)
Feuchte Wärme	$1,0 \leq F_{\text{avg}} \leq 5,0$	$1,0 \leq F_{\text{peak}} \leq 8,9$
Eintauchen in Wasser	$1,0 \leq F_{\text{avg}} \leq 5,0$	$1,0 \leq F_{\text{peak}} \leq 8,9$

5.5.2.3 Zugfestigkeit

Die folgende Eigenschaft muss nach dem Entfernen der Faser aus der Umgebung geprüft werden.

Tabelle 12 – Zugfestigkeit für Umweltprüfungen

Umwelteinwirkung	Median der Zugfestigkeit Prüflingslänge: 0,5 m GPa	15. Perzentil der Zugfestigkeit Prüflingslänge: 0,5 m GPa
Feuchte Wärme	≥ 3,03	≥ 2,76
ANMERKUNG Diese Anforderungen gelten nicht für hermetisch beschichtete Fasern.		

5.5.2.4 Spannungskorrosionsempfindlichkeit

Die folgende Eigenschaft muss nach dem Entfernen der Faser aus der Umgebung geprüft werden.

Tabelle 13 – Spannungskorrosionsempfindlichkeit für Umweltprüfungen

Umwelteinwirkung	Konstante der Spannungskorrosionsempfindlichkeit, n_d
Feuchte Wärme	≥ 18
ANMERKUNG Diese Anforderung gilt nicht für hermetisch beschichtete Fasern.	

5.5.3 Übertragungsumweltaanforderungen

Die Dämpfungsänderung vom Anfangswert muss kleiner als die Werte in Tabelle 14 sein. Die Dämpfung muss in regelmäßigen Abständen während der gesamten Dauer jeder Umwelteinwirkung und im Anschluss daran gemessen werden.

Tabelle 14 – Dämpfungsänderung für Umweltprüfungen

Umwelteinwirkung	Wellenlänge nm	Dämpfungsanstieg dB/km
Feuchte Wärme	850	≤ 0,20
	1 300	≤ 0,20
Trockene Wärme	850	≤ 0,20
	1 300	≤ 0,20
Temperaturwechsel	850	≤ 0,20
	1 300	≤ 0,20
Eintauchen in Wasser	850	≤ 0,20
	1 300	≤ 0,20

Anhang A (normativ)

Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5

A.1 Allgemeines

Anhang A enthält besondere Anforderungen, die für Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 gelten. Gemeinsame Anforderungen, die zur Vereinfachung der Bezugnahme aus der Rahmenspezifikation übernommen wurden, sind durch einen Eintrag in der Spalte „Bezug“ gekennzeichnet. Die Spalte „Bezug“ verweist ebenfalls auf andere Anhänge, die wesentliche Informationen zu der Eigenschaft enthalten. Zutreffende Anmerkungen aus der Rahmenspezifikation werden nicht wiederholt, sind jedoch mit dem hochgestellten Zeichen „SS“ bezeichnet.

Die Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 gelten für 50/125-µm-Mehrmodenfasern mit Gradientenprofil in vier Bandbreitenklassen. Für alle sind Bandbreiten bei Vollanregung festgelegt, wobei für die Kategorien A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 auch die Gruppenlaufzeitdifferenz gemessen wird, um eine laseroptimierte Leistung um 850 nm bereitzustellen. Die Kategorie A1-OM5 legt auch die Bandbreiten sowohl bei Vollanregung als auch für eine Gruppenlaufzeitdifferenz bei 953 nm fest, um eine laseroptimierte Leistung über einen Wellenlängenbereich von ungefähr 850 nm bis 953 nm bereitzustellen. A1-OM3 erfüllt die A1-OM2-Spezifikationen. A1-OM4 erfüllt die A1-OM3-Spezifikationen. A1-OM5 erfüllt die A1-OM4-Spezifikationen.

A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 sind auch für zwei Stufen des Makrobiegedämpfungsverhaltens festgelegt, die durch Suffix „a“ oder „b“ gekennzeichnet sind. Jene mit Suffix „a“ (d. h. die Bauarten A1-OM2a, A1-OM3a, A1-OM4a und A1-OM5a) sind so spezifiziert, dass sie den bisher üblichen Stufen des Makrobiegedämpfungsverhaltens genügen. Jene mit Suffix „b“ (d. h. die Bauarten A1-OM2b, A1-OM3b, A1-OM4b und A1-OM5b) sind so spezifiziert, dass sie verbesserten Stufen des Makrobiegedämpfungsverhalten genügen und daher auch mit dem bisher üblichen Makrobiegedämpfungsverhalten übereinstimmen.

Die Nomenklatur für die Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5 ermöglicht eine Bezeichnung der Fasern mit zunehmender Spezifität. Beispielsweise können Bestellungen für die Kategorie A1-OM3 durch A1-OM3a oder A1-OM3b erfüllt werden. Das heißt, wo Spezifikationen und Beschreibungen für alle Bauarten auf niedrigeren Hierarchieebenen gelten, wird nur der gemeinsame Teil des Namens angegeben.

Die Maß-, mechanischen und umweltbezogenen Anforderungen gelten für alle Kategorien und sind in den [Tabellen A.1](#) und [A.2](#) festgelegt. Die gemeinsamen sowie die besonderen Übertragungsanforderungen sind in [Tabelle A.3](#) festgelegt.

A.2 Maßanforderungen

[Tabelle A.1](#) enthält Maßanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5.

Tabelle A.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Manteldurchmesser	µm	125 ± 1	
Mantel-Kreisabweichung	%	≤ 1	
Kerndurchmesser ss	µm	50 ± 2,5	
Kern-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 2	
Kern-Kreisabweichung	%	≤ 6	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – nicht farbig ss	µm	245 ± 10	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – farbig ss	µm	250 ± 15	5.2
Primärbeschichtungs-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 12,5	5.2
Länge	km	(siehe 5.2)	5.2
ss Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

A.3 Mechanische Anforderungen

Tabelle A.2 enthält mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5.

Tabelle A.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Nachweisbeanspruchungsstufe ss	GPa	≥ 0,69	5.3
Absetzkraft (Mittelwert) ss	N	$1,0 \leq F_{avg} \leq 5,0$	5.3
Absetzkraft (Spitzenwert) ss	N	$1,0 \leq F_{peak} \leq 8,9$	5.3
ss Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

A.4 Übertragungsanforderungen

[Tabelle A.3](#) enthält Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5.

Tabelle A.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorien A1-OM2, A1-OM3, A1-OM4 und A1-OM5

Eigenschaften			Einheit	Grenzwerte				Bezug
Faserunterkategorie				A1-OM2	A1-OM3	A1-OM4	A1-OM5	
Angestrebte Betriebswellenlänge(n) ^a			nm	850			850 bis 950	Anhang E
Größter Dämpfungskoeffizient bei 850 nm			dB/km	2,5				
Größter Dämpfungskoeffizient bei 953 nm			dB/km	nicht festgelegt			1,8	
Größter Dämpfungskoeffizient bei 1 300 nm			dB/km	0,8				
Produkt aus kleinster Modenbandbreite bei Vollenregung und Länge bei 850 nm ^{SS}			MHz·km	500	1 500	3 500	3 500	Abschnitt D.6
Produkt aus kleinster Modenbandbreite bei Vollenregung und Länge bei 953 nm ^{SS}			MHz·km	nicht festgelegt			1 850	Abschnitt D.6
Produkt aus kleinster Modenbandbreite bei Vollenregung und Länge bei 1 300 nm ^{SS}			MHz·km	500				
Produkt aus kleinster effektiver Modenbandbreite und Länge bei 850 nm ^{SS}			MHz·km	nicht festgelegt	2 000 Einhaltung von D.1 oder D.2	4 700 Einhaltung von D.3 oder D.4	4 700 Einhaltung von Abschnitt D.5	Anhänge D, E, F, G
Produkt aus kleinster effektiver Modenbandbreite und Länge bei 953 nm ^{SS}			MHz·km	nicht festgelegt			2 470 Einhaltung von D.5	Anhänge D, E, F, G
Numerische Apertur ^{SS}			dimen- sionslos	0,200 ± 0,015				
Größte Makrobiege- dämpfung ^b	Biegeradius	Anzahl der Windungen	dB	A1-OM2a	A1-OM3a	A1-OM4a	A1-OM5a	
				Höchstwert bei 850 nm / 1 300 nm				
				0,5 / 0,5				
				1,0 / 1,0				
	Biegeradius	Anzahl der Windungen	dB	A1-OM2b	A1-OM3b	A1-OM4b	A1-OM5b	
				Höchstwert bei 850 nm / 1 300 nm				
				0,5 / 0,5				
				0,1 / 0,3				
			0,2 / 0,5					
Nulldispersionswellenlänge λ_0			nm	$1\,295 \leq \lambda_0 \leq 1\,340$ ^c			$1\,297 \leq \lambda_0 \leq 1\,328$ ^d	
Anstieg der Nulldispersion S_0			ps/nm ² · km	$S_0 \leq 0,105$ von $1\,295 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,310 \text{ nm}$, und $\leq 0,000\,375 (1\,590 - \lambda_0)$ von $1\,310 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,340 \text{ nm}$ ^c			$S_0 \leq 4 (-103) / (840 (1 - (\lambda_0/840)^4))$ ^d	

^a Die angestrebte(n) Betriebswellenlänge(n) ist (sind) informativ.

^b Die Einkopplungsbedingungen für die Messung der Makrobiegedämpfung müssen denen in IEC 61280-4-1 entsprechen.

^c Der Koeffizient der chromatischen Dispersion im ungünstigsten Fall bei 850 nm (z. B. $S_0 = 0,093\,75 \text{ ps/nm}^2\cdot\text{km}$ bei $\lambda_0 = 1\,340 \text{ nm}$ oder $S_0 = 0,101\,25 \text{ ps/nm}^2\cdot\text{km}$ bei $\lambda_0 = 1\,320 \text{ nm}$) ist $-104 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$.

^d Die Koordinate, die im ungünstigsten Fall die Dispersion für Betriebswellenlängen von 840 nm bis 1 000 nm erzeugt, ist $\lambda_0 = 1\,328 \text{ nm}$, $S_0 = 0,093\,477 \text{ ps/nm}^2\cdot\text{km}$. Der chromatische Dispersionskoeffizient bei 850 nm im ungünstigsten Fall ist $-98,5 \text{ ps/nm}\cdot\text{km}$.

^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.

A.5 Umweltaanforderungen

Die Anforderungen nach 5.5 müssen erfüllt werden.

Anhang B (normativ)

Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1-OM1

B.1 Allgemeines

Anhang B enthält die Anforderungen, die für Fasern der Kategorie A1-OM1 anwendbar sind. Gemeinsame Anforderungen, die zur Vereinfachung der Bezugnahme aus der Rahmenspezifikation übernommen wurden, sind durch einen Eintrag in der Spalte „Bezug“ gekennzeichnet. Zutreffende Anmerkungen aus der Rahmenspezifikation werden nicht wiederholt, sind jedoch mit dem hochgestellten Zeichen „SS“ bezeichnet.

Die Kategorie A1-OM1 ist eine 62,5/125-µm-Gradienten(profil)faser.

B.2 Maßanforderungen

Tabelle B.1 enthält Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1.

Tabelle B.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Manteldurchmesser	µm	125 ± 2	
Mantel-Kreisabweichung	%	≤ 2	
Kerndurchmesser ^{SS}	µm	62,5 ± 3	
Kern-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 3	
Kern-Kreisabweichung	%	≤ 6	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – nicht farbig ^{SS}	µm	245 ± 10	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – farbig ^{SS}	µm	250 ± 15	5.2
Primärbeschichtungs-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 12,5	5.2
Länge ^{SS}	km	(siehe 5.2)	5.2
^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

B.3 Mechanische Anforderungen

Tabelle B.2 enthält mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1.

Tabelle B.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Nachweisbeanspruchungsstufe ^{SS}	GPa	$\geq 0,69$	5.3
Absetzkraft (Mittelwert) ^{SS}	N	$1,0 \leq F_{\text{avg}} \leq 5,0$	5.3
Absetzkraft (Spitzenwert) ^{SS}	N	$1,0 \leq F_{\text{peak}} \leq 8,9$	5.3
^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

B.4 Übertragungsanforderungen

Tabelle B.3 enthält Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1.

Tabelle B.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1-OM1

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Größter Dämpfungskoeffizient bei 850 nm	dB/km	3,0	
Größter Dämpfungskoeffizient bei 1 300 nm	dB/km	1,0	
Produkt aus kleinster Modenbandbreite und Länge bei 850 nm	MHz·km	200	
Produkt aus kleinster Modenbandbreite und Länge bei 1 300 nm	MHz·km	500	
Numerische Apertur ^{SS}	dimensionslos	$0,275 \pm 0,015$	
Größte Makrobiegedämpfung 100 Windungen bei einem Biegeradius von 37,5 mm bei Wellenlängen von 850 nm und 1 300 nm ^a	dB	0,5	
Nulldispersionswellenlänge λ_0	nm	$1\,320 \leq \lambda_0 \leq 1\,365$ ^b	
Anstieg der Nulldispersion S_0 – von $1\,320 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,348 \text{ nm}$ – von $1\,348 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,365 \text{ nm}$	ps/nm ² ·km	$\leq 0,11$ ^b $\leq 0,001 (1\,458 - \lambda_0)$ ^b	
^a Die Einkopplungsbedingungen für die Messungen der Makrobiegedämpfung muss denen in IEC 61280-4-1 entsprechen. ^b Im ungünstigsten Fall beträgt der Koeffizient der chromatischen Dispersion bei 850 nm ($S_0 = 0,11 \text{ ps/nm}^2\cdot\text{km}$ bei $\lambda_0 = 1\,348 \text{ nm}$) –125 ps/nm·km. ^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

B.5 Umwelтанforderungen

Die Anforderungen nach 5.5 müssen erfüllt werden.

Anhang C (normativ)

Spezifikationen für Mehrmodenfasern der Kategorie A1d

C.1 Allgemeines

Anhang C enthält die Anforderungen für Fasern der Kategorie A1d. Gemeinsame Anforderungen, die zur Vereinfachung der Bezugnahme aus der Rahmenspezifikation übernommen wurden, sind durch einen Eintrag in der Spalte „Bezug“ gekennzeichnet. Zutreffende Anmerkungen aus der Rahmenspezifikation werden nicht wiederholt, sind jedoch mit dem hochgestellten Zeichen „SS“ bezeichnet.

Die Kategorie A1d ist eine 100/140-µm-Gradienten(profil)faser.

C.2 Maßanforderungen

Tabelle C.1 enthält Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1d.

Tabelle C.1 – Maßanforderungen an Fasern der Kategorie A1d

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Manteldurchmesser	µm	140 ± 4	
Mantel-Kreisabweichung	%	≤ 4	
Kerndurchmesser ^{SS}	µm	100 ± 5	
Kern-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 6	
Kern-Kreisabweichung	%	≤ 6	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – nicht farbig ^{SS}	µm	245 ± 10	5.2
Primärbeschichtungsdurchmesser – farbig ^{SS}	µm	250 ± 15	5.2
Primärbeschichtungs-Mantel-Konzentritätsfehler	µm	≤ 12,5	5.2
Länge ^{SS}	km	(siehe 5.2)	5.2
^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

C.3 Mechanische Anforderungen

Tabelle C.2 enthält mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1d.

Tabelle C.2 – Mechanische Anforderungen an Fasern der Kategorie A1d

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Nachweisbeanspruchungsstufe ^{SS}	GPa	≥ 0,69	5.3
Absetzkraft (Mittelwert) ^{SS}	N	1,0 ≤ F_{avg} ≤ 5,0	5.3
Absetzkraft (Spitzenwert) ^{SS}	N	1,0 ≤ F_{peak} ≤ 8,9	5.3
^{SS} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

C.4 Übertragungsanforderungen

Tabelle C.3 enthält Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1d.

Tabelle C.3 – Übertragungsanforderungen an Fasern der Kategorie A1d

Eigenschaften	Einheit	Grenzwerte	Bezug
Größter Dämpfungskoeffizient bei 850 nm ^a	dB/km	3,5 bis 7,0	
Größter Dämpfungskoeffizient bei 1 300 nm ^a	dB/km	1,5 bis 4,5	
Produkt aus kleinster Modenbandbreite und Länge bei 850 nm ^a	MHz·km	10 bis 200	
Produkt aus kleinster Modenbandbreite und Länge bei 1 300 nm ^a	MHz·km	100 bis 300	
Numerische Apertur ^{ss}	dimensionslos	0,26 ± 0,03 oder 0,29 ± 0,03	
Größte Makrobiegedämpfung	dB	in Beratung	
Nulldispersionswellenlänge λ_0	nm	$1\,330 \leq \lambda_0 \leq 1\,385$ ^b	
Anstieg der Nulldispersion S_0 – von $1\,330\text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,365\text{ nm}$ – von $1\,365\text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1\,385\text{ nm}$	ps/nm ² ·km	 $\leq 0,105$ ^b $\leq 0,000\,5\,(1\,575 - \lambda_0)$ ^b	
^a Die Spalte für den Grenzwert enthält einen Bereich von Werten, die festgelegt werden dürfen. ^b Im ungünstigsten Fall beträgt der Koeffizient der chromatischen Dispersion bei 850 nm ($S_0 = 0,105\text{ ps/nm}^2\cdot\text{km}$ bei $\lambda_0 = 1\,365\text{ nm}$) –126 ps/nm·km. ^{ss} Siehe Anmerkungen im Hauptteil dieser Rahmenspezifikation.			

C.5 Umweltsanforderungen

Die Anforderungen nach 5.5 müssen erfüllt werden.

Anhang D (normativ)

Anforderungen an die Gruppenlaufzeitdifferenz (DMD), die berechnete effektive Modenbandbreite (EMB_c) und die berechnete Modenbandbreite bei Vollanregung (OMB_c)

D.1 Anforderungen an die DMD für Fasern der Kategorie A1-OM3

D.1.1 Allgemeines

Fasern der Kategorie A1-OM3, die unter Anwendung des DMD-Maskenverfahrens ausgewählt wurden, müssen die Anforderungen von D.1.2 und D.1.3 erfüllen. Die Grenzwerte für die Radien R_{INNER} und R_{OUTER} wurden für Sender festgelegt, welche die Anforderungen nach E.4 erfüllen.

Siehe Anhang E bezüglich Informationen zur effektiven Modenbandbreite (EMB).

D.1.2 DMD-Schablonen

Nach IEC 60793-1-49 gemessen, müssen Fasern der Kategorie A1-OM3 einer der sechs Schablonen in Tabelle D.1 entsprechen, die jeweils eine Anforderung für eine innere und eine äußere Maske enthalten.

Tabelle D.1 – DMD-Schablonen für Fasern der Kategorie A1-OM3

Nummer der Schablone	DMD der inneren Maske (ps/m) für $R_{INNER} = 5 \mu\text{m}$ bis $R_{OUTER} = 18 \mu\text{m}$	DMD der äußeren Maske (ps/m) für $R_{INNER} = 0 \mu\text{m}$ bis $R_{OUTER} = 23 \mu\text{m}$
1	$\leq 0,23$	$\leq 0,70$
2	$\leq 0,24$	$\leq 0,60$
3	$\leq 0,25$	$\leq 0,50$
4	$\leq 0,26$	$\leq 0,40$
5	$\leq 0,27$	$\leq 0,35$
6	$\leq 0,33$	$\leq 0,33$

Die in Tabelle D.1 enthaltenen Anforderungen an die DMD sind in Bild D.1 dargestellt. In diesem Bild ist die zulässige DMD (gemessen nach IEC 60793-1-49) in Abhängigkeit von der radialen Versatzlage der Einmodenprüffaser dargestellt. Dabei gibt es einen Kompromiss zwischen der Schärfe der inneren Maske und der äußeren Maske, um einen ausreichenden Betrag der Baudenergie von einem Sender sicherzustellen (bei Einhaltung der Einkopplungsbedingungen), die innerhalb des geforderten Zeitintervalls eintrifft (festgelegt durch die Baudrate des Übertragungssystems).

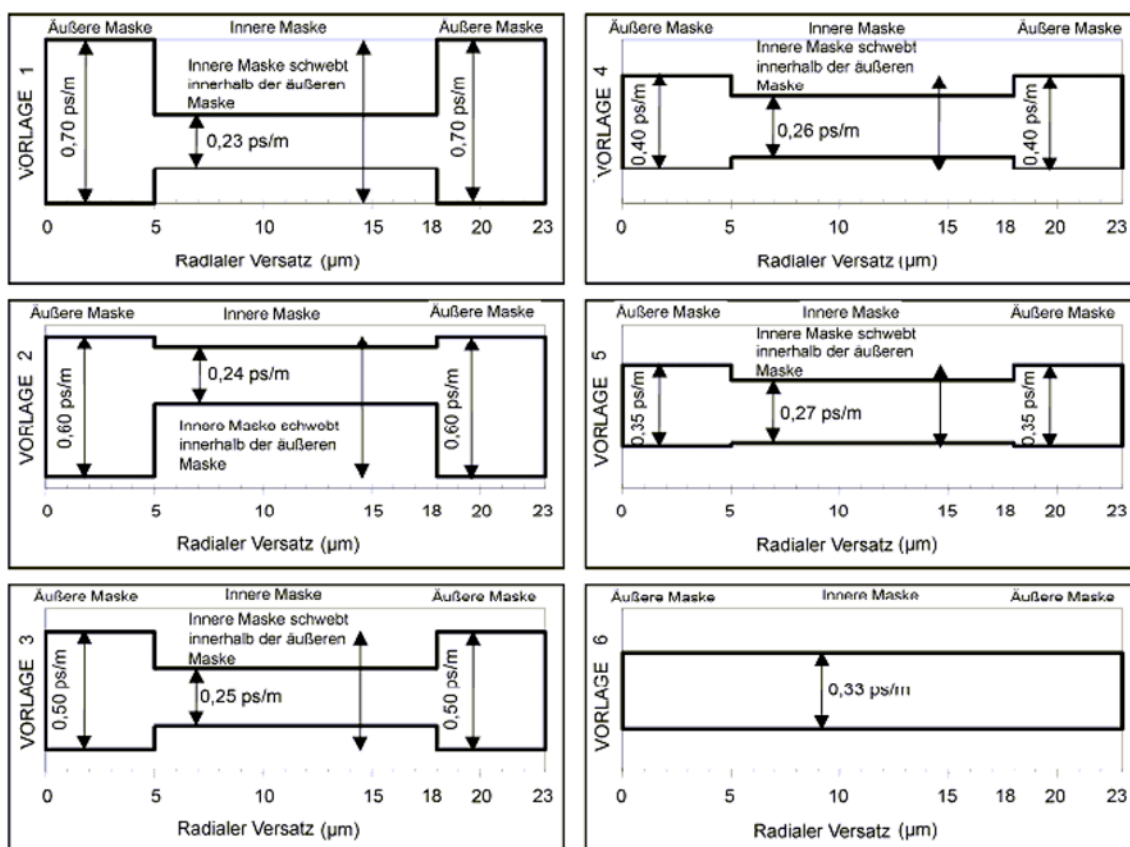


Bild D.1 – Anforderungen an DMD-Schablonen

In Bild D.1 ist auch der „schwebende“ Charakter der inneren Maske dargestellt. In diesem Bild kann die innere Maske (5 µm bis 18 µm) an einer beliebigen Stelle innerhalb der äußeren Maske (0 µm bis 23 µm) vertikal (zeitbezogen) positioniert werden. Die DMD ist innerhalb der inneren Maske stärker eingeschränkt, um größere Grenzabweichungen in der äußeren Maske zuzulassen, so dass es verbesserte Voraussetzungen zur Herstellung einer Faser entsprechend dieser Anforderung gibt. Im Falle einer 0,33 ps/m Maske ist diese Anforderung über den gesamten Bereich von 0 µm bis 23 µm dieselbe und erzeugt eine „flache“ Maske.

Zur Sicherstellung eines Produktes aus kleinster effektiver Modenbandbreite und Länge kann IEC 60793-1-49 angewendet werden, sofern Quellen verwendet werden, die den betreffenden Einschränkungen entsprechen. Wenn die Anforderungen an die Einkopplungsbedingungen der Sender mit den DMD-Anforderungen an die Faser verbunden werden, kann ein Gleichgewicht zwischen Grenzabweichung der Faser und Grenzabweichung des Senders erreicht werden. Eine sorgfältige Untersuchung, bei der Fasern von verschiedenen Faserherstellern sowie Lasersender von verschiedenen Herstellern verwendet wurden und die umfangreiche und detaillierte Simulationen umfasst, zeigt, dass die vorgenannt angeführten kombinierten Anforderungen an Fasern und Sender zu einem Produkt aus kleinster effektiver Bandbreite und Länge von 2 000 MHz·km führen (siehe [1] bis [12]).

Die Anwendung einer Schablone auf den DMD-Werten führt zu einem wirksamen Kompromiss zwischen Sender- und Fasereigenschaften. Die Einkopplungsbedingung des Senders wird durch die Anforderungen an den eingeschlossenen Fluss bei 4,5 µm und 19 µm eingeschränkt, wie in E.4 erörtert. Die Begrenzung des eingeschlossenen Flusses des Senders bei einem Radius von 4,5 µm stellt sicher, dass sehr wenig Energie von den Moden niedrigster Ordnung der Faser geführt wird, und gestattet eine etwas größere Grenzabweichung der Modenstruktur, die bei kleinen Radien angeregt wird. Die Begrenzung des eingeschlossenen Flusses des Senders bei einem Radius von 19 µm stellt sicher, dass sehr wenig Energie von den Moden höchster Ordnung der Faser geführt wird, und gestattet eine etwas größere Grenzabweichung der Modenstruktur, die bei großen Radien angeregt wird.

D.1.3 DMD-Intervallmasken

Die DMD der Faser der Kategorie A1-OM3 darf bei keinem in Tabelle D.2 angegebenen radialen Versatz 0,25 ps/m überschreiten.

Tabelle D.2 – DMD-Intervallmasken für Fasern der Kategorie A1-OM3

Nummer des Intervalls	R_{INNER} μm	R_{OUTER} μm
1	7	13
2	9	15
3	11	17
4	13	19

Diese Intervallmasken sortieren Fasern mit einer DMD aus, die sich über kurze Radialbereiche zu schnell ändert. Fasern, die diese Sortierung bestehen, besitzen eine geringere Intersymbolstörung als diejenigen, die diese Sortierung nicht bestehen.

D.2 Anforderungen an die EMB_c von Fasern der Kategorie A1-OM3

D.2.1 Allgemeines

Fasern der Kategorie A1-OM3, die mit dem EMB_c -Verfahren ausgewählt werden, müssen die Anforderungen nach D.2.2 erfüllen.

D.2.2 Berechnete effektive Bandbreite

Die optischen Impulsformen der DMD können mit einem Satz von Einkopplungsverteilungen gewichtet werden, um einen entsprechenden Satz von EMB_c -Werten zu erhalten. Der Mindestwert der EMB_c (minEMB_c) innerhalb dieses Satzes muss die Anforderungen der Gleichung (D.1) erfüllen:

$$\text{minEMB}_c \geq 1\,770 \text{ MHz} \cdot \text{km} \quad (\text{D.1})$$

Dabei

wird die kleinste EMB_c aus der komplexen Übertragungsfunktion nach IEC 60793-1-49 mit den in Tabelle D.3 festgelegten Wichtungen bestimmt.

ANMERKUNG 1 Die kleinste EMB_c ist ein Faserparameter, dessen Wert möglicherweise nicht optimal für die Verwendung in Systemmodellen ist. Siehe Anhang E bezüglich Informationen zu dem entsprechenden Systemparameter, der als „effektive Modenbandbreite“ (EMB) bezeichnet wird, und seinem Verhältnis zu EMB_c .

ANMERKUNG 2 Siehe Anhang F für ergänzende Erklärungen der Bandbreitenomenklatur.

In Tabelle D.3 sind Wichtungen für DMD angegeben, die beginnend vom Zentrum des Kerns ($r = 0$) für zehn simulierte Laser mit eingeschlossenem Fluss (EF) mit einer Entsprechung von zehn tatsächlichen Lasern in radialen Intervallen von $1\mu\text{m}$ gemessen werden. Die DMD-Wichtungen in Tabelle D.3 gelten speziell für Sender, die die Festlegungen nach E.4 erfüllen.

Tabelle D.3 – DMD-Wichtungen (1 von 2)

Radiale Position	Laser-ID				
r (µm)	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	0,033 023	0,023 504	0	0	0
2	0,262 463	0,188 044	0	0	0
3	0,884 923	0,634 634	0	0	0
4	2,009 102	1,447 235	0,007 414	0,005 637	0,003 034
5	3,231 216	2,376 616	0,072 928	0,055 488	0,029 856
6	3,961 956	3,052 908	0,262 906	0,200 05	0,107 634
7	3,694 686	3,150 634	0,637 117	0,483 667	0,258 329
8	2,644 369	2,732 324	1,197 628	0,896 95	0,458 494
9	1,397 552	2,060 241	1,916 841	1,402 833	0,661 247
10	0,511 827	1,388 339	2,755 231	1,957 805	0,826 035
11	0,110 549	0,834 722	3,514 797	2,433 247	1,000 204
12	0,004 097	0,419 715	3,883 317	2,639 299	1,294 439
13	0,000 048	0,160 282	3,561 955	2,397 238	1,813 982
14	0,001 111	0,047 143	2,617 093	1,816 953	2,506 95
15	0,005 094	0,044 691	1,480 325	1,296 977	3,164 213
16	0,013 918	0,116 152	0,593 724	1,240 553	3,572 113
17	0,026 32	0,219 802	0,153 006	1,700 02	3,618 037
18	0,036 799	0,307 088	0,012 051	2,240 664	3,329 662
19	0,039 465	0,329 314	0	2,394 077	2,745 395
20	0,032 152	0,268 541	0	1,952 429	1,953 241
21	0,019 992	0,166 97	0	1,213 833	1,137 762
22	0,008 832	0,073 514	0	0,534 474	0,494 404
23	0,002 612	0,021 793	0	0,158 314	0,146 517
24	0,000 282	0,002 679	0	0,019 738	0,018 328
25	0	0	0	0	0
r (µm)	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0
1	0,015 199	0,016 253	0,022 057	0,010 43	0,015 681
2	0,120 91	0,129 011	0,176 39	0,083 496	0,124 978
3	0,407 702	0,434 844	0,595 248	0,281 802	0,421 548
4	0,925 664	0,987 184	1,351 845	0,650 28	0,957 203
5	1,488 762	1,587 6	2,174 399	1,130 599	1,539 535
6	1,825 448	1,94 661 4	2,666 278	1,627 046	1,887 747