

Glasfasernetze – Qualitätssicherung bei der Errichtung von Gigabitnetzen



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Inhalt

1.	Vorwort.....	7
2.	Zweck und Einordnung der empfohlenen Qualitätssicherungsmaßnahmen ..	8
3.	Anwendungsbereich	9
4.	Technische Spezifikation für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände	10
4.1	Kabelschutzrohre	10
4.1.1	Allgemeines	10
4.1.2	Anforderungen an PE-Kabelschutzrohre mit Innenriefung	10
4.1.3	Kennzeichnung	10
4.1.4	Abmessungen	11
4.2	Mikrorohre	12
4.2.1	Allgemeines	12
4.2.2	Mikrorohr-Typen	12
4.2.3	Erforderliche Prüfungen	15
4.2.4	Kennzeichnung	15
4.2.5	Einblasdruck	17
4.2.6	Lieferform	17
4.3	Mikrorohrverband	19
4.3.1	Mikrorohrverbandtypen	20
4.3.2	Werkstoff Außenmantel	21
4.3.3	Prüfung der UV-Stabilität	21
4.3.4	Ausführung	21
4.3.5	Kennzeichnung/Beschriftung	22
4.3.6	Thermische Eigenschaften	22
4.3.7	Mechanische Eigenschaften	22

4.3.8	Lieferform	22
4.4	Zubehör für Mikrorohre und Mikrorohrverbände	24
4.4.1	Mikrorohrverbinder, Reduziersteckmuffen und Endkappen.....	24
4.4.2	Reduziersteckmuffen.....	25
4.4.3	Teilbare Verbinder (mit/ohne Gas- und Wasser-Stopp)	26
4.4.4	Einzelzugabdichtung (EZA/EZA-t) mit Gas- und Wasserstopp	27
4.4.5	Mehrfachabdichtung für Mikrorohrverbände.....	28
4.4.6	Abdichtung für Rohrverbände bei Legung, Lagerung und Transport (temporär)	29
4.4.7	Abdichtung für PE-Schutzrohre	30
4.4.8	Transportkappen.....	31
4.4.9	Abzweighilfe	31
4.4.11	Teilbare Verbinder für PE-Schutzrohre	33
4.4.12	Halbrohre für PE-Schutzrohr DA40/50.....	34
4.4.13	Halbrohr-Muffen-Abzweig.....	34
4.4.14	Reparaturmuffen, geteilt.....	34
4.4.15	Kennzeichnungsschilder	35
4.5	Hinweis auf Umweltverträglichkeit	35
5.	Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Erdlegung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden	36
5.1	Legeverfahren	36
5.1.1	Legung	36
5.1.2	Schlitz- und Grabenprofil für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände	36
5.2	Verfüllen und Verdichten	37
5.2.1.	Verfüllen der Leitungszone	37
5.2.2	Verfüllen oberhalb der Leitungszone.....	38
5.2.3	Prüfen der Bodenverdichtung.....	38

5.3	Schutz und Abtrommeln von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden	38
5.3.1	Transport, Be- und Entladen von Trommeln.....	38
5.3.2	Zulässige Legetemperaturen	38
5.3.3	Abtrommeln von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden.	39
5.3.4	Abspulen von Trommeln bei niedrigen Außentemperaturen	39
5.3.5	Schutz vor Verschmutzung der Mikrorohre	39
5.3.6	Punktförmige Belastungen z.B. durch Steine	40
5.3.7	Einbringen von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden in Schutzrohre.....	40
5.3.8	Auslegen von Trassenwarnband	40
5.4	Auslegen von Kabelschutzrohren	40
5.4.1	Rohrmaterial	40
5.4.2	Legung der Kabelschutzrohre	40
5.4.3	Verbinden von Kabelschutzrohren	41
5.4.4	Legung in Schutzrohren	41
5.4.5	Beschädigungen	42
5.4.6	Druckprüfung und abschließende Kontrollen	42
5.5	Auslegen von Mikrorohren oder Mikrorohrverbänden.....	42
5.5.1	Auslegen im Schlitz oder Graben	42
5.5.2	Hinweise zur Lieferaufmachung von Mikrorohren und Mikrorohrverbänden..	42
5.5.3	Kleinere Deformationen	43
5.5.4	Farbkennzeichnung bei Legung mehrerer Mikrorohre und Mikrorohrverbände in einem Graben.....	43
5.5.5	Marker.....	43
5.5.6	Schneiden.....	43
5.5.7	Verbindungsstellen	44
5.5.8	Abzweige	44
5.5.9	Legung in Schutzrohren bei geringen Tiefen	44

5.6	Nachbelegung von vorhandenen Leerrohren	45
5.6.1	Allgemeines	45
5.6.2	Einziehen von Mikrorohren	45
5.6.3	Einblasen von Mikrorohren	45
5.6.4	Übergänge	45
	Anhang A –Vorlage Einblasprotokoll	46
	Anhang B –Anwendbare Normen und Regelwerke	48
	Zu beachtende Normen und Regelwerke zu Technischen Spezifikation für Mikrorohre und Mikrorohrverbände	49
	Zu beachtende Normen und Regelwerke zu Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Erdlegung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden	51
	Unfallverhütungsvorschriften.	51
	Abkürzungsverzeichnis	52
	Mitwirkende	53

1. Vorwort

Ob Verkehr und Mobilität, Wirtschaft und Verwaltung, Bildung, Arbeit und Alltag, die Digitalisierung ist der Booster für mehr Fortschritt, mehr Klimaschutz und neue Chancen. Flächen-deckende, hochleistungsfähige und sichere digitale Infrastrukturen sind Voraussetzung dafür, dass die digitale Transformation Deutschlands möglich wird.

Die Bundesregierung setzt daher mit der Gigabitstrategie¹ Handlungsschwerpunkte, um den flächendeckenden und nachhaltigen Ausbau hochleistungsfähiger digitaler Infrastrukturen im Festnetz und im Mobilfunk zu beschleunigen.

Ziel muss es immer sein, eine hochwertige und nachhaltige Qualität bei der Errichtung der Glasfasernetze zu erreichen.

Die Handreichung „Glasfasernetze – Qualitätssicherung bei der Errichtung von Gigabitnetzen“ ersetzt die Veröffentlichung „Handreichung zur Qualitätssicherung im Rahmen der Mitverlegung nach § 77i Abs. 7 TKG“, BMDV, Stand Juli 2019.

¹ Gigabitstrategie der Bundesregierung, 2022: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitaler-aufbruch/gigabitstrategie-2017464>

2. Zweck und Einordnung der empfohlenen Qualitätssicherungs- maßnahmen

In der vorliegenden Handreichung hat ein Team von Praktikern, bestehend aus Expertinnen und Experten des Steuerkreises Bauwesen des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, umfassende Empfehlungen zur Qualitätssicherung des Netzausbaus zusammengetragen.

Die Handreichung stellt den Entscheidungsträgern vor Ort Erläuterungen und Abwägungshilfen als mögliches Hilfsmittel zur Verfügung. Sie dient der ersten Orientierung zur Vorbereitung eines nachhaltigen Netzausbaus, enthält Empfehlungen für technische Spezifikationen für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände sowie Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Legung dieser passiven Netzinfrastrukturen. Die Handreichung ersetzt weder die fachlich qualifizierte Beratung vor Ort noch die fachlich erforderlichen Qualifikationen zur Durchführung der Maßnahmen.

Unabhängig der Empfehlungen der Handreichung gelten die Anforderungen von Herstellern bzw. Netzbetreibern. Die Handreichung weist auf geltende Vorgaben der Hersteller von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden und ausführende Unternehmen zur Legung dieser passiven Netzinfrastrukturen.

Grundsätzlich sollten Normen, Bestimmungen und Vorschriften in der jeweils aktuellen Fassung beachtet werden, auch wenn sie in dieser Handreichung nicht ausdrücklich aufgeführt werden. Diese werden durch diese Handreichung weder ersetzt noch ergänzt.

Es wird ein mit der Telekommunikationsbranche und den Rohrherstellern abgestimmter technischer Rahmen beschrieben, der sich nicht nur auf den erforderlichen Mindeststandard beschränkt und gängige marktweite Qualitätsvorgaben bei der Auswahl und Legung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden zusammenfasst.

Bei Beachtung der dargestellten Grundsätze kann bei einer Mitverlegung aufgrund des § 146 Abs. 2 TKG sichergestellt werden, dass geplante und montierte Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände den erforderlichen Qualitätsanforderungen entsprechen. Somit sind die im Wege der Sicherstellungsverpflichtung nach § 146 Abs. 2 TKG bereitzustellenden passiven Infrastrukturen wettbewerbs- und vermarktungsfähig.²

² Zu weiteren Fragen der Vermarktung kommunaler passiver Infrastruktur siehe „Leitfaden für die Verpachtung und/oder den Verkauf kommunaler Leerrohre“, Gigabitbüro des Bundes, 2022: <https://gigabitbuero.de/publikation/leitfaden-fuer-die-verpachtung-und-oder-den-verkauf-kommunaler-leerrohre/>

3. Anwendungsbereich

Die Handreichung gibt Empfehlungen für die Errichtung von passiven Netzinfrastrukturen, die sowohl kompatibel zu bestehenden als auch zu noch zu errichtenden Gigabitnetzen sind. Sie liefert Vorschläge für mögliche passive Netzinfrastrukturen sowie deren technische Spezifikation und Ausstattung sowie Kombinierbarkeit.

Die Handreichung konzentriert sich dabei auf die Zu- und Ableitungsebene, der Strecke zwischen dem Point of Presence³ (PoP, Vermittlungsstelle) und dem Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP).

Die Abbildung 1 veranschaulicht die Zu- und Ableitungsebene. Die Zuleitungsebene umfasst die Netzinfrastrukturen vom PoP bis zu einem Verzweigerpunkt, also einem Multifunktionsgehäuse (MFG) bzw. Kabelverzweiger (KVz) des jeweiligen Netzbetreibers, die Ableitungsebene die weiterführenden Netzinfrastrukturen bis zu den einzelnen Gebäuden.

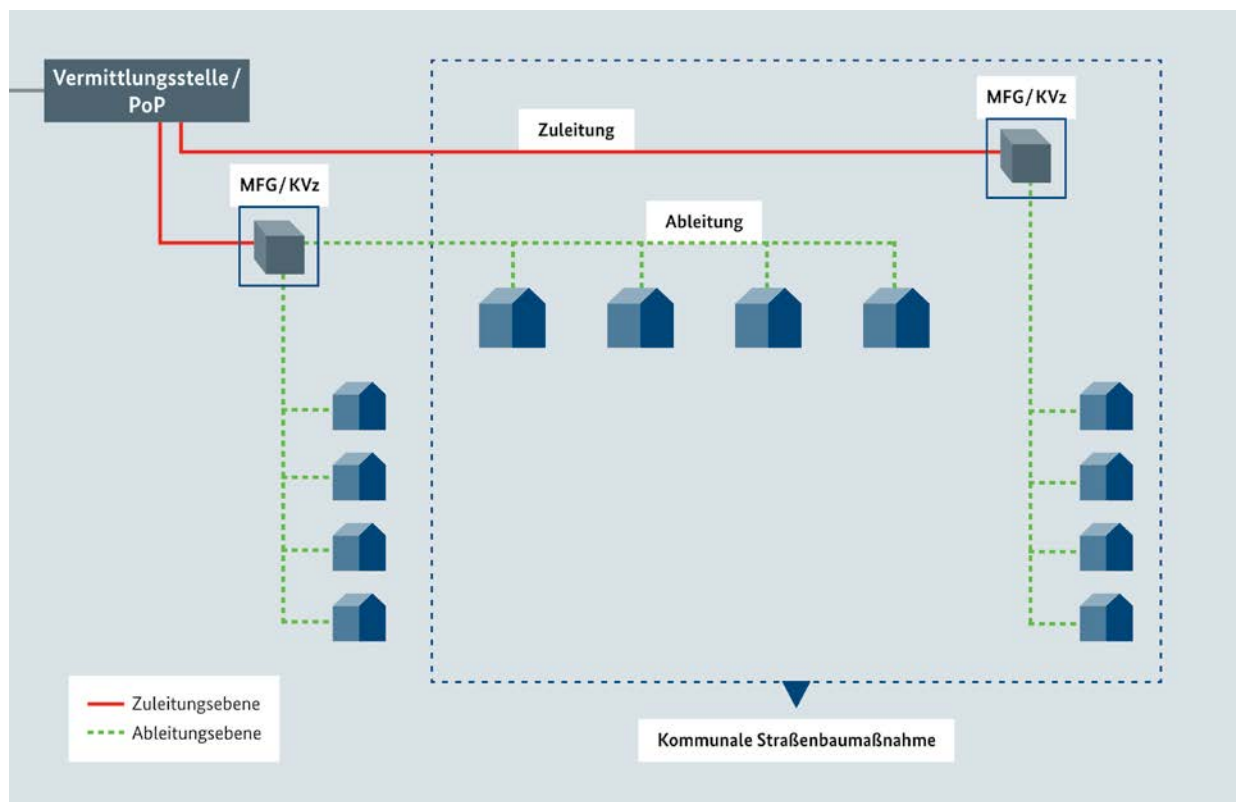


Abbildung 1: typische Struktur von TK-Netzen in der Zu- und Ableitungsebene

³ Point of Presence (PoP): Ort mit aktiver Netztechnik, der die Verbindung zwischen zwei oder mehreren Kommunikationsnetzen herstellt, Quelle: VDE 0800-720.

4. Technische Spezifikation für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände

Die Handreichung gibt Empfehlungen für technische Spezifikationen für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände.

Bei der Auswahl der Materialien sowie beim Bau sollten die in Anhang B aufgeführten Dokumente beachtet werden.

4.1 Kabelschutzrohre

4.1.1 Allgemeines

Kabelschutzrohre werden zum Einblasen bzw. Einziehen von LWL-Kabeln und Mikrorohren verwendet.

Aus Gründen der Nachhaltigkeit dürfen nur Materialien verwendet werden, welche dem bestmöglichen Grundsatz der Abfallvermeidung und Abfallbewirtschaftung nach § 6 KrWG entsprechen. Bei Installation und Betrieb dürfen keine umwelt- und gesundheitsschädigenden Stoffe freigesetzt werden.

4.1.2 Anforderungen an PE-Kabelschutzrohre mit Innenriefung

Kabelschutzrohre aus PE-HD nach DIN 16874 oder DIN 8074 / DIN 8075 (sandbettfreie grabenlose Legeverfahren) [siehe auch E DIN EN 50626-2

(VDE 0605-626-2)] zum Einblasen und Einziehen von Glasfaserkabeln und Mikrorohren; Farbe Schwarz, an der Innenfläche längs verlaufende Innenriefung; Lieferaufmachung: Trommel oder Ringbund.

Für die Stangenware aus PE-HD sollte mindestens DIN 16876 angewendet werden. Für Rohre aus PVC gelten DIN 16873 und DIN 16875 sowie DIN 8061 / DIN 8062.

4.1.3 Kennzeichnung

Die Beschriftung des Mantels muss als fortlaufende Bedruckung ausgeführt werden, welche folgende Informationen in nachstehender Reihenfolge beinhaltet:

- Name der Herstellerfirma bzw. deren Kurzzeichen oder entsprechende Firmensymbole;
- Produktbezeichnung (nach Norm) / Herstellungsdatum (in Kurzform);
- Chargennummer oder andere eindeutige Kennzeichnung zur Rückverfolgbarkeit;
- laufendes Metermaß (4-stellig) mit Meterkürzel „m“ („0000“ ist nur am Anfang der Länge zulässig).

Die Kennzeichnung muss nach DIN 1451 im Abstand von 1 m dauerhaft längs in Rohrachse mit Schrifthöhe 10 mm (bei DA 40 Rohre und kleiner mind. 5 mm) in weißer Farbe auf das Kabelschutzrohr aufgebracht werden.

4.1.4 Abmessungen

Die folgende Tabelle beschreibt die Abmessungen von Rohren aus PE-HD.

Tabelle 1: Maße und Lieferform von PE-Rohren

Bezeichnung	Außen-Ø m	Wanddicke mm	SDR*	Lieferform		
				Stange	Ringbund	Trommel
DA 32x2,9	32	2,9	11	X	X	X
DA 40x3,7	40	3,7	11	X	X	X
DA 50x4,6**	50	4,6	11	X	X	X
DA 63x5,8	63	5,8	11	X	X	X
DA 75x6,8	75	6,8	11	X	X	X
DA 90x8,2	90	8,2	11	X	X	X
DA 110x10,0***	110	10,0	11	X	X	(X)
DA 125x11,4	125	11,4	11	X	X	(X)
DA 32x1,8	32	1,8	17,6	X	X	
DA 40x2,3	40	2,3	17,6	X	X	
DA 50x2,9	50	5,9	17,6	X	X	
DA 63x3,6	63	3,6	17,6	X	X	
DA 75x4,3	75	4,3	17,6	X	X	
DA 90x5,1	90	5,1	17,6	X	X	
DA 110x6,3***	110	6,3	17,6	X	X	
DA 125x7,1	125	7,1	17,6	X	X	
DA 160x9,1	160	9,1	17,6	X	X	

* SDR = Standard Dimension Ratio; Der SDR bezeichnet das Verhältnis von Außendurchmesser zur Wandstärke.

** Das Kabelschutzrohr DA 50x4,6 ist bei Neuinstallationen von FTTx-Netzen das am meisten genutzte Schutzrohr.

*** diese Rohrsysteme sind geeignet zur Anwendung außerhalb einer FTTx-Nutzung (z.B. für die Spannungsversorgung von aktiven Geräten).

(X) möglich, erfordert aufwändigere Handhabung (große Trommeln/Abwickelgeräte)

Die fett-markierten Typen sind die gängigsten auf dem Markt verwendeten Typen.

Tabelle modifiziert nach VDE 0800-720.

4.2 Mikrorohre

4.2.1 Allgemeines

Mikrorohre dienen dem Schutz von Glasfaserkabeln. Um diese Aufgabe zu erfüllen, sollten Mikrorohre gewisse Qualitätsparameter besitzen, um u.a. Druck, Erschütterungen und äußeren Einflüssen standhalten zu können und widerstandsfähig gegen Umwelteinflüsse sein. Eine klare Kennzeichnung der Mikrorohre sorgt dafür, Wartung und Identifizierung von Glasfaserkabeln zu erleichtern.

Der Querschnitt der Mikrorohre ist kreisrund. Hierbei müssen die Mikrorohre an der Rohraußenoberfläche sauber und glatt sein. Die Mikrorohre bestehen aus Polyethylen mit hoher Dichte (PE-HD). Die Rohrwand darf keine Krusten, Hohlstellen, Blasen, Fremdkörper oder Inhomogenitäten größer $0,02 \text{ mm}^2$ aufweisen.

Die Zumischung von Recyclat nach DIN EN ISO 472 ist nicht zulässig.

Zur Reduzierung des Kabelmantelabriebs und des Gleitreibungskoeffizienten verfügen Mikrorohre über eine Innenriefung (Längsrillen), die es ermöglicht, um Glasfaserkabel unterschiedlicher Ausführung mittels eines Einblasvorganges in das Mikrorohr über eine möglichst große Länge einzubringen.

Die Wanddicke wird gemessen zwischen Außenoberfläche und Riefenspitze der inneren Rillung gemäß DIN EN 16874 an mindestens vier gleichmäßig über den Kreisumfang des Schutzrohres verteilten Stellen.

Es wird zwischen dünnwandigen und dickwandigen Rohren unterschieden. Dünnwandige Rohre werden ausschließlich in Schutzrohren eingesetzt. Dickwandige Rohre können darüber hinaus direkt in die Erde gelegt werden.

Die Detailabmessungen und Toleranzen sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben.

Die entsprechenden Protokolle sowie entsprechende Muster, sind auf Verlangen dem Auftraggeber innerhalb von 5 Werktagen vorzulegen.

Die Lagerung und der Transport der Rohre zur und auf der Baustelle müssen so erfolgen, dass keine bleibenden Verformungen und/oder Beschädigungen eintreten.

4.2.2 Mikrorohr-Typen

Folgende Mikrorohr-Typen (Einzelrohre) werden in den folgenden Abschnitten spezifiziert. Tabelle 2 beinhaltet die Abmessung und Anforderung an erdlegbare Mikrorohre.

Tabelle 2: Maße von und Anforderungen an erdlegbare (dickwandige) Mikrorohre

	Außendurchmesser x Wandstärke					
Mikrorohr	7 x 1,5 mm	10 x 2,0 mm	12 x 2,0 mm	14 x 2,0 mm	16 x 2,0 mm	20 x 2,5 mm
Bauform	7/4	10/6	12/8	14/10	16/12	20/15
Außendurchmesser (DA)	7,0 mm	10,0 mm	12,0 mm	14,0 mm	16,0 mm	20,0 mm
Toleranz DA	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,15 mm	-0,0/+0,15 mm
Wandstärke	1,5 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,5 mm
Toleranz	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,15 mm	-0,0/+0,15 mm	-0,0/+0,15 mm	-0,0/+0,15 mm
Innendurchmesser nom.	4,0 mm	6,0 mm	8,0 mm	10,0 mm	12,0 mm	15,0 mm
Ovalität (auf Trommel)	≤ 0,5 mm	≤ 0,6 mm	≤ 0,7 mm	≤ 0,8 mm	≤ 0,9 mm	≤ 1,1 mm
Kugelgröße ***	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0
Anzahl der Riefen	30±5	40±10	60±10	70±10	80±10	100±10
Riefentiefe	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm
Toleranz	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm
Zeitstandfestigkeit σ (170 h/80 °C)*	4 MPa					
Berstdruck bei 23 °C**	≥ 6 MPa	≥ 6 MPa	≥ 5,6 MPa	≥ 5 MPa	≥ 4,5 MPa	≥ 4 MPa
Scheiteldruck bei 23 °C**	≥ 2.500 N	≥ 3.500 N	≥ 2.500 N	≥ 2.000 N	≥ 1.700 N	≥ 2.000 N
Streckspannung bei 23 °C**	≥ 450 N	≥ 750 N	≥ 1.000 N	≥ 1.200 N	≥ 1.400 N	≥ 1.900 N
Zul. Zugkraft**	≥ 250 N	≥ 450 N	≥ 600 N	≥ 700 N	≥ 800 N	≥ 1.100 N
Mindestkern durchmesser/mm (Empfehlung)	360	360	360	360	360	480
Farbe (s. u.)	rot, grün, blau, gelb, weiß, grau, braun, violett, türkis, schwarz, orange oder rosa (nach Anforderung)					
* Werte werden angepasst, sobald eine entsprechende Norm für Mikrorohre existiert.						
** Die Prüfungen sind bei Normklima nach DIN EN ISO 291 (23 °C und 50 % rel. Luftfeuchte) durchzuführen.						
*** In der Verpackungseinheit wird die Kugel mit Druckluft durch das Mikrorohr geblasen.						
Tabelle modifiziert nach VDE 0800-720.						

Tabelle 3 beinhaltet die Abmessung und Anforderung an Mikrorohre, die in Rohren verlegt werden.

Tabelle 3: Maße von und Anforderungen an (dünnwandige) Rohr-in-Rohr-Mikrorohre

	Außendurchmesser x Wandstärke				
Mikrorohr	7 x 0,75 mm	10 x 1,0 mm	12 x 1,1 mm	14 x 1,3 mm	16 x 1,5 mm
Bauform	7/5,5	10/8	12/9,8	14/11,4	16/13
Außendurchmesser (DA)	7,0 mm	10,0 mm	12,0 mm	14,0 mm	16,0 mm
Toleranz DA	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,15 mm
Wandstärke	0,75 mm	1,0 mm	1,1 mm	1,3 mm	1,5 mm
Toleranz	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,10 mm	-0,0/+0,1 mm
Innendurchmesser nom.	5,5 mm	8,0 mm	9,8 mm	11,4 mm	13,0 mm
Ovalität (auf Trommel)	≤ 0,6 mm	≤ 0,7 mm	≤ 0,8 mm	≤ 0,9 mm	≤ 1,0 mm
Kugelgröße **	4,0 mm	6,3 mm	8,5 mm	10,0 mm	11,5 mm
Anzahl der Riefen	(35±5)	(60±10)	(70±10)	(80±15)	(90±15)
Rillentiefe	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm	0,1 mm
Toleranz	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm	-0,05/+0,1 mm
Zeitstandfestigkeit σ (170 h/80 °C)	4 MPa				
Berstdruck bei 23 °C*	≥ 3 MPa	≥ 3 MPa	≥ 3 MPa	≥ 3 MPa	≥ 4 MPa
Streckspannung bei 23 °C*	≥ 230 N	≥ 450 N	≥ 550 N	≥ 650 N	≥ 950 N
Zul. Zugkraft*	≥ 120 N	≥ 250 N	≥ 350 N	≥ 390 N	≥ 570 N
Mindestkern durchmesser/ mm (Empfehlung)	360	360	360	360	360
Farbe (s. u.)	rot, grün, blau, gelb, weiß, grau, braun, violett, türkis, schwarz, orange oder pink (nach Anforderung)				
* Die Prüfungen sind bei Normklima nach DIN EN ISO 291 (23 °C und 50 % rel. Luftfeuchte durchzuführen).					
** In der Verpackungseinheit wird die Kugel mit Druckluft durch das Mikrorohr geblasen.					
Tabelle modifiziert nach VDE 0800-720.					

4.2.3 Erforderliche Prüfungen

4.2.3.1 UV-Stabilität

Die Freilagerbeständigkeit bzw. UV-Stabilität muss einer 2-jährigen Außenlagerung in Mitteleuropa entsprechen und ist nach DIN EN ISO 4892-2 zu prüfen. Die Mikrorohre sind nach der Bewitterung einem Zeitstandtest nach DIN EN 1167 Teil 1 und 2 mit Bewertung nach DIN 16874 zu unterziehen, welcher zu bestehen ist.

4.2.3.2 Inhomogenitäten

Aus drei Probekörpern (Rohrabschnitte) eines Produktionsloses wird mindestens je ein Mikrotomschnitt quer zur Rohrachse von ca. 10 µm Dicke entnommen. Bei 75- bis 100-facher Vergrößerung werden die Mikrotomschnitte auf Größe und Charakter möglicher Fehlstellen untersucht, wobei die erfasste Gesamtfläche 100 mm² nicht

unterschreiten darf. Treten Inhomogenitäten > 0,02 mm² auf, ist die Prüfung auf drei weitere Probekörper auszudehnen.




Wenn bei einer Prüfung wieder Inhomogenitäten > 0,02 mm² auftreten, ist die betroffene Produktionsmenge auszuschneiden.

4.2.4 Kennzeichnung

4.2.4.1 Farbkennzeichnung

Die Mikrorohre sind eindeutig farblich zu kennzeichnen. Die 12 Grundfarben sollen eindeutig identifizierbar und unverwechselbar mit anderen Farben sein. Dazu wird in Tabelle 4 die mögliche RAL-Farbe mit einem Farbmuster (in Abhängigkeit vom Untergrund und den Druckfarben sind Abweichungen von der RAL-Farbe möglich) dargestellt.

Tabelle 4: Farbschema für die Mikrorohrkennzeichnung 1 bis 12

Farbe	Kurzbezeichnung	Nummer	Nummer	RAL
rot	rt	1	12	RAL 3020 
grün	gn	2	14	RAL 6001 
blau	bl	3	15	RAL 5015 
gelb	ge	4	16	RAL 1018 









Farbe	Kurzbezeichnung	Nummer	Nummer	RAL
weiß	ws	5	17	RAL 9010 
grau	gr	6	18	RAL 7045 
braun	br	7	19	RAL 8015 
violett	vi	8	20	RAL 4005 
türkis	tk	9	21	RAL 6027 
schwarz	sw	10	22	RAL 9005 
orange	or	11	23	RAL 2003 
rosa	rs	12	24	RAL 3015 

Tabelle modifiziert nach VDE 0800-720

Sofern die Einfärbung der Mikrorohre durchscheinend (translucent) gestaltet wird, gilt für die Farbgebung: Mikrorohre 1 bis 12 mind. 2 Farbstreifen in den Farben (siehe oben); für die Mikrorohre 13 bis 24 mind. 4 Farbstreifen. Bei durchgefärbten Röhrchen erfolgt die Kennzeichnung der Röhrchen 13 bis 24 über eine zusätzliche Kennzeichnung durch Längsstreifen.

4.2.4.2 Beschriftung

Die Beschriftung des Mikrorohres ist als fortlaufende Bedruckung auszuführen, welche mindestens folgende Informationen in nachstehender Reihenfolge beinhaltet:

- Name der Herstellerfirma bzw. deren Kurzzeichen od. Firmensymbol;
- Produktbezeichnung / Herstelldatum (in Kurzform);
- Chargennummer oder andere eindeutige Kennzeichnung zur Rückverfolgbarkeit;
- Rohrfarbe in Klarschrift und/oder Zählnummer des Rohres gemäß Farbkennzeichnung;
- laufendes Metermaß (mindestens 4-stellig) mit Meterkürzel „m“ („0“ ist nur am Anfang der Länge zulässig).

Die Kennzeichnung ist nach DIN 1451 im Abstand von 1 m dauerhaft und lesbar längs in Rohrachse mit Schrifthöhe $\geq 2,5$ mm auf das Mikrorohr aufzubringen.

Weitere Angaben können zwischen Kunden und Lieferanten vereinbart werden.

4.2.4.3 Thermische Eigenschaften

Transport und Lagerung: -10°C bis $+50^{\circ}\text{C}$

Installation: -10°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ (Innenraumanwendung: -5°C bis $+50^{\circ}\text{C}$)

Einblasen Glasfaserkabel: -5°C bis $+35^{\circ}\text{C}$

Dauertemperatur im verlegten Zustand: -40°C bis $+50^{\circ}\text{C}$

4.2.5 Einblasdruck

Die Schutzrohre müssen für folgenden Einblasdruck (2h bei 35°C) auslegt sein. Der größtmögliche Einblasdruck ist mit DIN EN IEC 60794-1-213: „Fachgrundspezifikation – Grundlegende Prüfverfahren für Lichtwellenleiterkabel – Umweltprüfverfahren – Druckfestigkeit von Mikrorohren“ durch den Hersteller zu prüfen.

- 7x1,5 ≥ 16 bar
- 10x1,0 ≥ 12 bar
- 10x2,0 ≥ 16 bar
- 12x2,0 ≥ 16 bar
- 14x2,0 ≥ 16 bar
- 16x2,0 ≥ 16 bar
- 20x2,5 ≥ 16 bar

4.2.6 Lieferform

Das Mikrorohr sollte eng und gleichmäßig in Lagen auf die Trommel aufgewickelt sein. Die Längen auf der Trommel dürfen entweder genormte Längen oder festgelegte Längen sein. Genormte Längen sind die Längen auf der Trommel, die

üblicherweise von einem Lieferanten bereitgestellt werden. Diese Länge wird vom Lieferanten festgelegt. Festgelegte Längen sind Längen auf der Trommel, die vom Kunden festgelegt werden. Eine Grenzabweichung von -0 m und $+5$ m sollte für festgelegte und ± 1 % für genormte Längen eingehalten werden.

- Sofern vom Kunden nicht anders festgelegt, bestimmt der Lieferant Größe und Ausführung der Trommel, die für üblichen Versand, übliche Handhabung, Lagerung und Legearbeiten ohne Beschädigungen am Mikrorohr geeignet ist. Der Kerndurchmesser der Trommel muss so gewählt werden, dass im festgelegten Temperaturbereich für Transport und Lagerung nur Ovalitäten im Rahmen der Spezifikation (siehe Tabelle 3) des Mikrorohrs auftreten. Gleiches gilt für die Zahl der Hochlagen.
- Die Trommeln werden liegend auf Paletten gelagert und transportiert. Ein Ineinanderschieben der Trommeln ist zu verhindern.
- Die Trommel und die Innenwände sollten derart beschaffen sein, dass bei Versand, Handhabung, Lagerung und Legung keine Beschädigung des Mikrorohrs auftreten kann. Die Holztrommeln sollten an ihren Flanken geschlossen sein.
- Die Nummern der Trommeln sollten deutlich und lesbar an der Außenseite einer Trommelwand angebracht werden.
- Die Mikrorohrenden sollen sicher befestigt sein, um zu verhindern, dass das Mikrorohr sich beim Versand löst. Das innere Ende des Mikrorohrs sollte für eine Wareneingangsprüfung zugänglich sein. Diese Länge des Mikrorohrs sollte während des Versands sicher befestigt und geschützt sein.
- Die vollbestückten Trommeln sind zum Schutz mit UV-beständiger Folie zu umwickeln.
- Die Lieferlängen müsse an beiden Enden mit Verschlusskappen verschlossen werden. Diese Verschlusskappen müssen so fest angebracht werden, dass sie bei Transport- und Verlademanipulationen nicht verloren gehen.
- Die Lagerung und der Transport der Mikrorohre zur und auf der Baustelle muss so erfolgen, dass keine bleibenden Verformungen und/oder Beschädigungen eintreten.
- An jeder Trommel sollten zwei Versandschilder angebracht sein. Die Versandschilder sollten witterungsbeständig sein. Auf diesen Versandschildern sollten alle wesentlichen Informationen lesbar angegeben sein, wie Name und Adresse des Herstellers, Herstellungsdatum, Farbe des Mikrorohrs, Lieferlänge in „m“, Artikelnummer, Prüfkennzeichnung (PE-Mikrorohre druckgeprüft, Durchgängigkeit geprüft) und Trommelnummer. Die Versandschilder sollten die exakte Produktbezeichnung eindeutig in der Beschreibung angeben.
- Jede Trommel sollte an der Außenwand mit der Richtung der Trommel gekennzeichnet werden, in der die Trommel beim Transport gerollt werden darf, um das Lösen des Mikrorohrs auf der Trommel zu verhindern.
- Die Prüfprotokolle sowie entsprechende Muster, sind auf Verlangen des Auftraggebers innerhalb von 5 Werktagen vorzulegen.

- Spulenabmessungen:
 - Außendurchmesser: max. 1200 mm (700 mm bei 7 x 1,5)
 - Breite: max. 390 mm (700 mm bei 20 x 2,5) Das innere Rohrende muss (z.B. über eine Fräsung) am Spulenseitenflansch erreichbar sein.

4.3 Mikrorohrverband

Der Mikrorohrverband dient zur Aufnahme von Glasfaser-Mikro-/Minikabeln (nachfolgend Mikro- bzw. Minikabel), die nach erfolgter Legung des Verbands eingeblasen werden. Rohrverband, Mikrorohre und Anbauteile sind, soweit nicht anderweitig gekennzeichnet, erdverlegbar und benötigen keine weiteren Schutzmaßnahmen. Das Mikrorohr wird in erster Linie zum Abzweigen aus dem Rohrverband verwendet. Mikrorohrverbände sind Gebilde, bei denen mehrere Mikrorohre nach Empfehlung (Abschnitt 4.3.2) mit einer gemeinsamen Hülle umgeben sind. Die einzelnen Mikrorohre sind von einem PE-HD- oder PP-Mantel eng ummantelt und bilden somit einen flexiblen Rohrverband. Der Rohrverband muss zur direkten Erdlegung bzw. zum Einbringen in bestehende Rohrtrassen geeignet sein. Die Manteloberfläche an der Rohraußenoberfläche muss sauber und glatt sein.

Gängige Mikrorohre im Rohrverband können rund gebündelt (s. Abbildung 2) oder flach (s. Abbildung 3) angeordnet sein.



Abbildung 2: Beispiel eines gebündelten Mikrorohrverbandes



Abbildung 3: Beispiel eines flachen Mikrorohrverbandes

Ein Mikrorohrsystem besteht grundsätzlich aus den Mikrorohren und den für die spezielle Anwendung erforderlichen Anbauteilen, ein Mikrorohrverbandsystem aus Mikrorohrverbänden und den entsprechenden Anbauteilen.

Ein Mikrorohrsystem wird je nach Ausführung direkt erdverlegt oder in bestehende Kabelschutzrohre eingeblasen.

4.3.1 Mikrorohrverbandtypen

Tabelle 5 gibt für gängige Rohrverbandtypen eine informatorische Übersicht über den Aufbau, die Abmessungen und Zugfestigkeit von Mikrorohrverbänden an.

Tabelle 5: Lieferform, Aufbau, Abmessungen und Zugfestigkeit von Mikrorohrverbänden

Lieferform/ Rohr- verbandtyp	Wanddicke Außenmantel	Typischer Außen- durchmesser Verband	Wanddicke Außenmantel	Aufbau	Typischer Außendurch- messer Verband (flach)	Typischer Außendurch- messer Ver- band (gefaltet)	Zugfestig- keit (max. empfohlene Zugkraft bei 23° C)**
	runder Verband		flacher Verband*				
2 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	16 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2	16 x 9 mm		550 N
3 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	17 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3	23 x 9 mm		800 N
4 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	21 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4	32 x 9 mm		1.000 N
7 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	23 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+3	52 x 9 mm	33 x 18 mm	1.800 N
8 x 7x1,5 + 1 x 12x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	28 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+4+1		42 x 18/28 mm	2.700 N
12 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	30 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+4+4	89 x 9 mm	57 x 18 mm	3.200 N
12 x 7x1,5 + 1 x 14x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	36 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	1+4+4+4	62 x 18/32 mm		4.000 N
14 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	32 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+4+4+2	112 x 9 mm	66 x 18 mm	3.700 N
22 x 7x1,5 + 1 x 12x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	42 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+4+4+4+4+2+1		107 x 18/28mm	6.400 N
24 x 7x1,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	44 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	4+4+4+4+4	90 x 18mm		6.300 N
24 x 7x1,5 + 1 x 14x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	44 mm					7.000 N
2 x 10x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	22 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2	22 x 12 mm		950 N
6 x 10x2,0 + 1 x 16x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	38 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+3+1		52 x 24/36 mm	3.500 N
7 x 10x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	32 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2+2+3	75 x 12 mm	45 x 24 mm	3.400 N
8 x 10x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	36 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm		86 x 12 mm	55 x 24 mm	3.900 N
12 x 10x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	43 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+3+3+3	125 x 12 mm	62,5 x 24 mm	5.700 N
24 x 10x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	64 mm					11.000 N
3 x 12x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	28 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3	38 x 14 mm		1.900 N
7 x 12x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	38 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+2+3	87 x 14 mm	53 x 28 mm	4.450 N
12 x 12x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	52 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+3+3+3	149 x 14 mm	74,5 x 28 mm	8.500 N
2 x 14x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	30 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2	30 x 16 mm		1.500 N
7 x 14x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	44 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+2+3	108 x 16 mm	61 x 32 mm	5.250 N
3 x 16x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	36 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3	50 x 18 mm		2.700 N
4 x 16x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	45 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2+2	66 x 18 mm	33 x 36 mm	3.550 N

Lieferform/ Rohr- verbandtyp	Wanddicke Außenmantel	Typischer Außen- durchmesser Verband	Wanddicke Außenmantel	Aufbau	Typischer Außendurch- messer Verband (flach)	Typischer Außendurch- messer Ver- band (gefaltet)	Zugfestig- keit (max. empfohlene Zugkraft bei 23° C)**
7 x 16x2,0	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	50 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2+2+3	115 x 18 mm	49,5 x 36 mm	6.200 N
4 x 20x2,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	56 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	2+2	85 x 22 mm	42,4 x 44 mm	5.450 N
6 x 20x2,5	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	62 mm	0,6 ^{+0,6-0,3} mm	3+3	125 x 22 mm	62,5 x 44 mm	8.000 N
* weitere Maße möglich							
** erhöhte Zugfestigkeit für Bohrspülverfahren möglich							
Tabelle modifiziert nach VDE 0800-720.							

Projektspezifische Mikrorohrverbandtypen können nach Absprache mit Auftraggeber konfiguriert werden (z.B. 22x7/4+1x12/8).

Die Einzelrohre sind im Verband in ihrer Farb-anordnung vom Hersteller immer gleich anzuordnen.

4.3.2 Werkstoff Außenmantel

Der Werkstoff für den Außenmantel des Mikrorohrverbandes ist Polypropylen (PP) oder Polyethylen hoher Dichte (PE-HD). Die einzelnen Gemengekomponenten und deren Zusammensetzungsverhältnis sind dem Hersteller des Rohrverbandes bekannt und können auf Wunsch des Auftraggebers für Überprüfungs-zwecke - insbesondere bei Unklarheiten - an autorisierte Prüfanstalten weitergegeben werden. Die Grundfärbung des Rohrverbandes ist grundsätzlich durchgehend homogen und beispielsweise in oranger Farbe herzustellen (andere Farben nach Rücksprache mit Auftraggeber).

Eine Zumischung von Regenerat bzw. Recyclat ist nicht zulässig. Der Einsatz von Umlaufmaterial ist unter der Berücksichtigung der technischen Spezifikationen möglich.

Die UV-Stabilisierung des Mantels und der enthaltenen Mikrorohre für Freilagerung auf Spulen hat größer 2 Jahre zu sein.

4.3.3 Prüfung der UV-Stabilität

Die Freilagerbeständigkeit bzw. UV-Stabilität muss einer 2-jährigen Außenlagerung in Mitteleuropa entsprechen und ist nach DIN EN ISO 4892-2 zu prüfen. Der Mantel darf nach der Bewitterung keine Versprödung aufweisen. Das Biegeverhalten muss dem des unbewitterten Mantels entsprechen.

4.3.4 Ausführung

Ein Mikrorohrverband besteht aus einzelnen Mikrorohren aus PE-HD, die mit einem eng anliegenden Außenmantel in der Stärke von 0,3mm bis 0,9mm je nach technischem Erfordernis gebündelt werden. Bei Notwendigkeit kann ein stärkerer Außenmantel bis zu 3mm (auf Ovalisierung achten) gewählt werden. Die einzelnen Mikrorohre müssen die technischen Anforderungen aus Kapitel 4.2 erfüllen.

Die Manteloberfläche muss sauber und glatt sein. Die Mantelwand darf keine Krusten, Hohlstellen, Löcher oder Inhomogenitäten aufweisen. Es dürfen keine Fremdkörpereinschlüsse vorhanden sein.

Die ummantelten Rohrverbände müssen zur direkten Erdlegung bzw. zum Einziehen in bestehende Schutzrohre geeignet sein.

Die üblichen Außendurchmesser für Mikrorohrverbände sind in Tabelle 5 angegeben.

4.3.5 Kennzeichnung/Beschriftung

Die jeweils gleichartigen Mikrorohre in einem Rohrverband sind gemäß Abschnitt 4.2.4 zu kennzeichnen. Einzelne Mikrorohre anderer Dimension innerhalb eines Rohrverbands haben die Farbe natur/transluzent (ohne Farbstreifen).

Die Beschriftung des Mantels muss als fortlaufende Signierung ausgeführt werden, welche mindestens folgende Informationen in nachstehender Reihenfolge beinhaltet:

- Name der Herstellerfirma bzw. deren Kurzzeichen oder Firmensymbol;
- Produktbezeichnung/ Herstellungsdatum (in Kurzform);
- Chargennummer oder andere eindeutige Kennzeichnung zur Rückverfolgbarkeit;
- laufendes Metermaß (mindestens 4-stellig) mit Meterkürzel „m“ („0“ ist nur am Anfang der Länge zulässig);

Die Kennzeichnung muss nach DIN 1451 im Abstand von 1 m dauerhaft längs zur Rohrachse in mind. 12 mm Schrifthöhe auf das Mantelrohr in gut lesbarer, kontrastreicher Farbe aufgebracht werden. Die Mantelfarbe ist zwischen Hersteller und Kunden zu vereinbaren.

Zur Unterscheidung verschiedener Rohrverbände im selben Kabelgraben ist eine zusätzliche (Farb-)Kennzeichnung vorzusehen.

4.3.6 Thermische Eigenschaften

Transport und Lagerung: -10°C bis +50°C

Installation: -10°C bis +50°C

Dauertemperatur im verlegten Zustand: -40°C bis +50°C

4.3.7 Mechanische Eigenschaften

Die mechanischen Eigenschaften sind in Tabelle 5 festgelegt.

4.3.8 Lieferform

Der Mikrorohrverband sollte eng und gleichmäßig in Lagen auf die Trommel aufgewickelt sein. Die Längen auf der Trommel dürfen entweder genormte Längen oder festgelegte Längen sein. Genormte Längen sind die Längen auf der Trommel, die üblicherweise von einem Lieferanten bereitgestellt werden. Diese Länge wird vom Lieferanten festgelegt. Festgelegte Längen sind Längen auf der Trommel, die vom Kunden festgelegt werden. Eine Grenzabweichung von -0 m und +5 m sollte für festgelegte und $\pm 1\%$ für genormte Längen eingehalten werden.

- Es werden sowohl kleine Trommeln für Kurzlängen bevorzugt (z. B. 500m) als auch größere Trommeln (max. Durchmesser 2,40m) für größere Längen und stärkere Mikrorohrverbände, sowie Lieferung in 25m, 50m, 100m in Ringbunden.
- Bei der Auswahl der Trommeln ist darauf zu achten, dass ein einwandfreies Abspulen ohne hinderliche Korkenziehereffekte möglich sein sollte, u. U. unter Verwendung von Hilfsmitteln. Auf die Legehinweise des Herstellers – einschließlich der zulässigen Legetemperaturen – ist zu achten.

- Die Trommeln sollten aus Holz/Stahl/stahlverstärktem Holz bestehen und nicht rückgabepflichtig oder rückgabepflichtig sein. Sofern vom Kunden nicht anders festgelegt, bestimmt der Lieferant Größe und Ausführung der Trommel, die für üblichen Versand, übliche Handhabung, Lagerung und Verlegearbeiten ohne Beschädigungen am Mikrorohrverband geeignet ist. Der Kerndurchmesser der Trommel ist so zu wählen, dass im festgelegten Temperaturbereich für Transport und Lagerung keine unzulässigen Abplattungen des Mikrorohrverbandes und der enthaltenen Mikrorohre auftreten. Gleiches gilt für die Zahl der Hochlagen.
- Die Trommeln müssen auf den Flanschen stehend zu transportiert und gelagert werden. Ein Ineinanderrollen der Trommeln ist zu verhindern.
- Die Trommel und die Innenwände sollten derart beschaffen sein, dass bei Versand, Handhabung, Lagerung und Legung keine Beschädigung des Mikrorohrverbandes auftreten kann.
- Die Nummern der Trommeln sollten deutlich und lesbar an der Außenseite einer Trommelwand angebracht werden, z. B. durch QR-Code für Informationen und einfache Rückgabe an den Hersteller.
- Die Enden des Mikrorohrverbandes sollten sicher befestigt sein, um zu verhindern, dass der Mikrorohrverband sich beim Versand und Transport löst. Das innere Ende des Mikrorohrverbandes sollte für eine Wareneingangsprüfung zugänglich sein. Diese Länge des Mikrorohrverbandes sollte während des Versands sicher befestigt und geschützt sein.
- Die vollbestückten Trommeln müssen zum Schutz des Mikrorohrverbandes mit UV-beständiger Folie umwickelt werden.
- Die Lieferlängen müssen an beiden Enden mit Verschlusskappen verschlossen werden. Diese Verschlusskappen müssen so fest angebracht werden, dass sie bei Transport- und Verlademanipulationen nicht verloren gehen.
- Die Lagerung und der Transport der Mikrorohrverbände zur und auf der Baustelle müssen so erfolgen, dass keine bleibenden Verformungen und/oder Beschädigungen eintreten.
- An jeder Trommel sollten zwei Versandschilder angebracht sein. Die Versandschilder sollten witterungsbeständig sein. Auf diesen Versandschildern sollten alle wesentlichen Informationen lesbar angegeben sein, wie Name und Adresse des Herstellers, Herstellungsdatum, Farbe des Mantelrohrs, Lieferlänge in m, Artikelnummer, Prüfkennzeichnung (PE-Mikrorohrverbände druckgeprüft, Durchgängigkeit geprüft) und Trommelnummer. Die Versandschilder sollte die exakte Produktbezeichnung eindeutig in der Beschreibung angeben.
- Jede Trommel sollte an der Außenwand mit der Richtung der Trommel gekennzeichnet werden, in der die Trommel beim Transport gerollt werden darf, um das Lösen des Mikrorohrverbandes auf der Trommel zu verhindern.
- Die Prüfprotokolle sowie entsprechende Muster, sind auf Verlangen des Auftraggebers innerhalb von 5 Werktagen vorzulegen.

4.4 Zubehör für Mikrorohre und Mikrorohrverbände

Um den Anforderungen dieser Handreichung zu entsprechen, muss das nachfolgend beschriebene Zubehör für alle Mikrorohre und Mikrorohrverbände, die nachfolgend angegebenen Anforderungen herstellerübergreifend erfüllen.

Für die Mikrorohrverbinder, Reduziersteckmuffen, Endkappen siehe DIN EN 50411-2-8. Von der Norm abweichende und/oder weitere Forderungen sind bei den jeweiligen Bauteilen aufgelistet.

Im Folgenden werden die Produkte in ihrer Funktion beschrieben. Bei den Anforderungen sind nur von der Norm abweichende Werte aufgelistet. Die Bauteile müssen der Norm sowie den hier beschriebenen Anforderungen entsprechen. Alle Bauteile bis auf die Einzelzugabdichtung müssen für direkte Erdlegung geeignet und wiederverwendbar sein. Die Bauteile müssen beständig gegen übliche Gleitmittel zum Einblasen sein.

4.4.1 Mikrorohrverbinder, Reduziersteckmuffen und Endkappen

Die Mikrorohrverbinder (auch Kupplung bzw. Doppelsteckmuffe) dienen zum Verbinden von

Mikrorohren. Reduziersteckmuffen dienen zum Verbinden von Mikrorohren mit gleichen Innendurchmessern aber voneinander abweichenden Außendurchmessern. Endkappen (Endstopfen) dienen zum dauerhaften Verschluss/Abdichtung von Mikrorohrenden. Für diese Bauteile gilt die Norm DIN EN 50411-2-8 Bauart 1. Bei den nachfolgenden Anforderungen sind wichtige Merkmale aus der Norm und von der Norm abweichende Werte aufgelistet.

- Lösbar und wiederverwendbar, mit Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen;
- Geeignet für die direkte Erdlegung (auch ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen wie z. B. Schutzhüllen);
- Einblasdruck $\leq 1,5$ MPa;
- Berstdruck: ≥ 3 MPa;
- metallische Teile haben gegen korrosive Einflüsse, die während der Lebensdauer des Produktes auftreten können, beständig zu sein;
- beständig gegen übliche zum Einblasen erforderliche Gleitmittel;
- Montierbarkeit im Temperaturbereich von -10 bis $+50^\circ$ C.

Tabelle 6: Eigenschaften Mikrorohrverbinder, Reduziersteckmuffen und Endkappen

	Auszugsfestigkeit	Gesamtlänge Verbinder	Gesamtlänge Endkappe	Außendurchmesser
DA 7	≥ 200 N	max. 48 mm	max. 28 mm	max. 19 mm
DA 10	≥ 400 N	max. 58 mm	max. 35 mm	max. 24 mm
DA 12	≥ 450 N	max. 62 mm	max. 38 mm	max. 26 mm
DA 14	≥ 500 N	max. 67 mm	max. 38 mm	max. 30 mm
DA 16	≥ 550 N	max. 72 mm	max. 43 mm	max. 34 mm
DA 20	≥ 600 N	max. 87 mm	max. 51 mm	max. 38 mm

4.4.1.1 Erforderliche Prüfungen durch die Hersteller

Das Bestehen der nachfolgend aufgeführten Prüfungen ist durch den Hersteller bzw. Lieferanten nachzuweisen.

4.4.1.1.1 Berstdruck

Das Mikrorohr ist mit Wasser zu befüllen und einseitig zu verschließen. Anschließend wird am anderen Rohrende der Druck bis zum Bersten erhöht.

4.4.1.1.2 Auszugsfestigkeit

Zwei Mikrorohrstücke sind mit einer Doppelsteckmuffe zu verbinden. Die freien Rohrenden sind in einer geeigneten Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsge-
schwindigkeit von 100 mm/min ein Kraft-Wegdiagramm aufzuzeichnen.

4.4.2 Reduziersteckmuffen

Diese dienen zum Verbinden von Mikrorohren mit folgenden unterschiedlichen Außendurchmessern:

- 10 mm und 7 mm
- 12 mm und 10 mm
- 14 mm und 12 mm
- 16 mm und 14 mm

Es sind die technischen und allgemeinen Eigenschaften aus Kapitel 5.1 einzuhalten. Außerdem sind die erforderlichen Prüfungen aus Kapitel 5.1.2 nachzuweisen.

Tabelle 7: Eigenschaften Reduziersteckmuffen

	Auszugsfestigkeit	Gesamtlänge	Außendurchmesser
DA 10-7	≥ 200 N	max. 58 mm	max. 24 mm
DA 12-10	≥ 400 N	max. 62 mm	max. 26 mm
DA 14-12	≥ 450 N	max. 67 mm	max. 30 mm
DA 16-14	≥ 500 N	max. 72 mm	max. 34 mm

4.4.3 Teilbare Verbinder (mit/ohne Gas- und Wasser-Stopp)

Die teilbaren Verbinder dienen zum Verbinden von mit Mikrokabeln belegten Mikrorohren entsprechend Tabelle 8. Die Verbinder mit Gas-Stopp dichten und fixieren zusätzlich das Mikrorohr zum Kabel. Bei den nachfolgenden Anforderungen sind die wichtigen Merkmale aufgelistet:

- Verbinder ohne Gas-Stopp zum gas- und wasserdichten Abdichten (Rohrinneres zu Rohr-umgebung) von mit Kabeln belegten Mikrorohren.
 - Druckfestigkeit ≥ 1 MPa für 30 Minuten
 - wieder verwendbarer, teilbarer Verbinder
- Verbinder mit Gas-Stopp zum gas- und wasserdichten Abdichten (dichtet Rohrinneres des Mikrorohres in Längsachse) von mit Kabeln belegten Mikrorohren.
 - ≥ 50 kPa für 30 Minuten

Für beide Ausführungen gilt:

- Verwendung auch für nachträgliche Montage an belegten Mikrorohren durch teilbares Gehäuse und Dichtung;
- Montage und Installation ohne Spezialwerkzeug;
- geeignet für die direkte Erdlegung;
- metallische Teile haben gegen korrosive Einflüsse, die während der Lebensdauer des Produktes auftreten können, beständig zu sein;
- beständig gegen übliche zum Einblasen erforderliche Gleitmittel;
- Montierbarkeit im Temperaturbereich von -10 bis $+50^\circ\text{C}$.

Tabelle 8: Eigenschaften teilbarer Verbinder

	Auszugsfestigkeit zum Mikrorohr	Auszugsfestigkeit des Mikrokabels (mit Gasstop)
DA 7	≥ 70 N	≥ 15 N bei Kabel D3 mm
DA 10	≥ 100 N	≥ 35 N bei Kabel D4,6 mm
DA 12	≥ 120 N	≥ 51 N bei Kabel D6,8 mm
DA 14	≥ 140 N	≥ 65 N bei Kabel D8,7 mm
DA 10-12	≥ 100 N	≥ 35 N bei Kabel D4,6 mm
DA 16	≥ 160 N	≥ 75 N bei Kabel D10,4 mm

4.4.3.1 Erforderliche Prüfungen durch die Hersteller

Das Bestehen der nachfolgend aufgeführten Prüfungen ist durch den Hersteller bzw. Lieferanten nachzuweisen.

4.4.3.1.1 Druckfestigkeit ohne Gasstop

Zwei Mikrorohrstücke (Länge 20 cm) sind mit einer Einblasmuffe ohne Gasstop zu verbinden. Ein freies Rohrende ist zu verschließen. Das Rohrinne ist dann mit einem entsprechenden Prüfaufbau mit einem Prüfdruck (Wasser) von 10 bar zu belasten. Prüfdauer 30 min. Es darf kein Wasser austreten. Ein Druckabfall ist nachzuregeln.

4.4.3.1.2 Druckfestigkeit mit Gasstop

Zwei Mikrorohrstücke (Länge 20 cm) mit eingebrachtem Mikrokabel sind mit einer Einblasmuffe mit Gasstop zu verbinden. Ein Rohrende wird an eine geeignete Prüfeinrichtung angeschlossen, das Rohrinne wird dann mit einem Prüfdruck (Luft) von 0,5 bar belastet. Prüfdauer

30 min. Die Prüfung ist mit in ein Wasserbad eingelegter Einblasmuffe durchzuführen. Ein Druckabfall von max. 10% ist zulässig.

4.4.3.1.3 Auszugsfestigkeit Mikrorohr (mit/ohne Gasstop)

Zwei Mikrorohrstücke sind mit einer Einblasmuffe zu verbinden. Die freien Rohrenden sind in einer geeigneten Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.3.1.4 Auszugsfestigkeit Kabel (mit Gasstop)

Zwei Mikrorohrstücke sind mit einer Einblasmuffe mit Gasstop zu verbinden. Ein freies Rohrende und ein in das Mikrorohr eingebrachtes Mikrokabel sind in einer geeigneten Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.4 Einzelzugabdichtung (EZA/EZA-t) mit Gas- und Wasserstopp

Bei der Einzelzugabdichtung (EZA/EZA-t) handelt es sich um ein Bauteil zur wasser- und gasdichten Abdichtung von leeren und mit Kabel belegten Mikrorohren. Die Anwendung erfolgt in Verteil- und Endeinrichtungen wie z. B. Glasfaser-Kabelverzweiger (Gf-KVz), Muffen und Glasfaserabschlusspunkt im Gebäude (Gf-AP). Die geteilte Version EZA-t ist insbesondere bei unzugänglichem Kabelende und bei bereits angeschlossenem Kabel (z. B. bei der Nachrüstung oder im Reparaturfall) vorgesehen. Die Einzelzugabdichtung fängt Zug- und Schubkräfte vom Kabel wie auch vom Mikrorohr ab.

- Die Einzelzugabdichtung muss wiederverwendbar sein;
- EZA-t Verwendung auch für nachträgliche Montage an belegten Mikrorohren durch teilbares Gehäuse und Dichtung;
- Die Dichtung der Einzelzugabdichtung hat eine Sollbruchstelle, welche bei Überdruck von zwischen 200 kPa und 1000 kPa durch versehentliches Einblasen nachgibt und damit ein Lösen der Einzelzugabdichtung vom Mikrorohr verhindert;
- gas- und wasserdicht ≥ 50 kPa [EZA-t];

- gas- und wasserdicht ≥ 150 kPa [EZA];
- Metallische Teile müssen gegen korrosive Einflüsse, die während der Lebensdauer des Produktes auftreten können, beständig sein;
- Beständig gegen übliche zum Einblasen erforderliche Gleitmittel;
- Montierbarkeit im Temperaturbereich von -10 bis $+50^\circ$ C (Auf die Montagehinweise der Hersteller – einschließlich der zulässigen Montagetemperatur (der Komponente) – ist zwingend zu achten)
- Sichtprüfung nach DIN EN 61300-3-1.
- Montage/Installation ohne Spezialwerkzeug möglich.

Tabelle 9: Eigenschaften von Abdichtelementen für Mikrorohre

	Auszugsfestigkeit zum Mikrorohr	Auszugsfestigkeit des Mikrokabels	Abdichtbereich bis
DA 7	≥ 70 N	≥ 15 N bei Kabel D3 mm	4,0 mm
DA 10	≥ 100 N	≥ 35 N bei Kabel D4,6 mm	6,5 mm
DA 12	≥ 120 N	≥ 51 N bei Kabel D6,8 mm	8,0 mm
DA 14	≥ 140 N	≥ 65 N bei Kabel D8,7 mm	9,5 mm
DA 16	≥ 150 N	≥ 75 N bei Kabel D10,4 mm	11,0 mm
DA 20	≥ 180 N	≥ 93 N bei Kabel D12,8 mm	13,0 mm

4.4.4.1 Erforderliche Prüfungen durch die Hersteller

Das Bestehen der nachfolgend aufgeführten Prüfungen ist durch den Hersteller bzw. Lieferanten nachzuweisen.

4.4.4.1.1 Druckfestigkeit

Das Ende eines Mikrorohrstückes (Länge 20cm) ist mit einer Einzelzugabdichtung abzuschließen. Das andere Rohrende wird an eine geeignete Prüfeinrichtung angeschlossen, das Rohrinne wird dann mit einem Prüfdruck (Luft) von 0,5 bar belastet. Prüfdauer 30 min. Die Prüfung ist mit in ein Wasserbad eingelegter Einzelzugabdichtung durchzuführen. Ein Druckabfall von max. 10% ist zulässig.

Anschließend ist der Druck zu erhöhen und vor Erreichen von 10 bar der Druck abzublasen.

4.4.4.1.2 Auszugsfestigkeit

Ein Mikrorohrstück ist mit einer Einzelzugabdichtung abzuschließen. Das freie Rohrende einerseits und die Einzelzugabdichtung andererseits sind in eine geeignete Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.5 Mehrfachabdichtung für Mikrorohrverbände

Permanente Abdichtkappen sind für die dauerhafte Abdichtung von Mikrorohrverbänden und Lagerung im Erdreich oder Kabelschacht geeignet. Statt der Abdichtung jedes einzelnen

Mikrorohrs aus einem Mikrorohrverband mit jeweils einer Endkappe (Stopfen), wird mit einer Abdichtkappe der gesamten Mikrorohrverband in einem Arbeitsvorgang abgedichtet. Je nach Ausführung sind die Kappen für Mikrorohrverbände mit und ohne Zentralrohr (Havarie-Rohr) ausgelegt. Überdruck, verursacht durch z. B. versehentliches Anblasen eines Mikrorohrs, kann am Endverschluss entweichen. Die Abdichtkappe dichtet danach den Rohrverband wieder ab. Vorhandene Dichtmassen dürfen nur max. 10 cm in die Rohre eindringen.

- Dauerhafte gas- und wasserdichte Abdichtung von Mikrorohrverbänden Schutzart IP 68 mit 5 m Wassersäule (50 kPa) (nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1));
- Innendruckdichtheit gegen Gas- und Wasser bis 50 kPa;
- Abzugsfestigkeit vom Mikrorohrverband min ≥ 500 N, Auszugsgeschwindigkeit 100 mm;
- Montage und Installation ohne Spezialwerkzeug;
- beständig gegen übliche zum Einblasen erforderliche Gleitmittel;
- Bei der Montage der Komponenten ist der in den Montagehinweisen des Herstellers vorgegebene Komponententemperaturbereich zwingend einzuhalten. Dieser kann signifikant von der Außentemperatur abweichen.
- Schlagfestigkeit DIN EN 61300-2-12 (0,5 kg/1 m entspricht 5 J);
- UV resistentes Material.

4.4.6 *Abdichtung für Rohrverbände bei Legung, Lagerung und Transport (temporär)*

Temporäre Abdichtkappen sind für die vorübergehende Abdichtung von Rohrverbänden während der Legung, Zwischenlagerung während Bauabschnitten und Transport geeignet.

Mikrorohre werden bei der Auslieferung nur mit einfachen Schutzkappen versehen. Diese gehen bei der Legung leicht verloren und dichten die Mikrorohre bei Zwischenlagerung während Bauabschnitten nicht ausreichend ab. Statt der Abdichtung jedes einzelnen Mikrorohrs aus einem Mikrorohrverband mit jeweils einer Endkappe (Stopfen), wird mit einer temporären Abdichtkappe der gesamten Mikrorohrverband in einem Arbeitsvorgang abgedichtet. Die temporären Abdichtkappen sind für die vorübergehende Abdichtung aller Mikrorohre in einem Mikrorohrverband mit einem Bauteil und der zeitweiligen Lagerung in Schächten oder offenem Graben vorgesehen. Die temporäre Abdichtkappe behält ihre volle Funktion bei bis zu 5-maliger Wiederverwendung, wenn sie fachgerecht gereinigt und montiert wird. Je nach Ausführung sind die Abdichtkappen für Mikrorohrverbände mit und ohne Zentralrohr (Havarie-Rohr) ausgelegt. Zur einfachen Zuordnung der Größen können die temporären Abdichtkappen farbig kodiert sein.

- Gas- und wasserdichte Abdichtung von Mikrorohrverbänden Schutzart IP 67 für 15 Tage;
- Abzugsfestigkeit vom Mikrorohrverband min ≥ 500 N, Auszugsgeschwindigkeit 100 mm;
- Montage und Installation ohne Spezialwerkzeug;
- Bei der Montage der Komponenten ist der in den Montagehinweisen des Herstellers vor-

gegebene Komponententemperaturbereich zwingend einzuhalten. Dieser kann signifikant von der Außentemperatur abweichen.

- Schlagfestigkeit 0,5 kg/1 m entspricht 5 J (nach DIN EN 61300-2-12);
- UV-resistentes Material.

4.4.7 Abdichtung für PE-Schutzrohre

Diese dient zum Abdichten von Rohr-in-Rohr-Belegungen (Mikrorohre in PE-Schutzrohren). In der folgenden Tabelle sind die maximalen Belegungen bei Einblastechnik angegeben, die abgedichtet werden müssen:

Tabelle 10: maximale Belegungen von PE-Schutzrohre bei Einblastechnik

Außendurchmesser PE-Schutzrohr	DA7	DA10	DA12	DA14	DA16
32 mm	7	3	2	1	1
40 mm	10	5	4	2	1
50 mm	10	7	5	3	3
63 mm	10	7	7	4	3

Für Einzugstechnik können höhere Belegungen möglich sein, für die gesondert Abdichtelemente beschafft werden müssen.

Auch Kombinationen von Mikrorohren unterschiedlicher Größe bzw. Kombinationen von Mikrorohren mit Standard-Erdkabeln sollen durch den Einsatz entsprechender Formteile möglich sein.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften:

- Wiederverwendbar und teilbar,
- gas- und wasserdicht $\geq 0,5$ bar,
- verwendbar auch für nachträgliche Montage von belegten Rohren, durch teilbares Gehäuse und Dichtung,
- nicht genutzte Öffnungen sind mit Blindstopfen verschlossen,

- Auszugsfestigkeit Mikrorohr aus Einzelzugabdichtung ≥ 50 N,
- Auszugsfestigkeit der Einzelzugabdichtung vom Schutzrohr ≥ 1000 N (bei DN32, DN40) bzw. ≥ 1200 N (bei DN50, DN63),
- unbegrenzter Montage-Einsatz im Temperaturbereich von -10°C bis $+50^{\circ}\text{C}$,
- Montage/Installation ohne Spezialwerkzeug möglich.

4.4.7.1 Erforderliche Prüfungen durch Hersteller

Das Bestehen der nachfolgend aufgeführten Prüfungen ist durch den Hersteller bzw. Lieferanten nachzuweisen.

4.4.7.1.1 Druckfestigkeit

Ein PE-HD-Rohr bzw. Mantelrohr (Länge 20 cm) ist mit der jeweiligen Einzelzugabdichtung zu verschließen.

Das andere Rohrende wird an eine geeignete Prüfeinrichtung angeschlossen, das Rohrinne wird dann mit einem Prüfdruck (Luft) von 0,5 bar belastet (Prüfdauer 30 min). Ein Druckabfall von max. 10% ist zulässig.

Anschließend ist die Einzelzugabdichtung mit der max. Anzahl von Mikrorohren zu belegen. Die Mikrorohre sind zu verschließen. Das andere Rohrende wird an eine geeignete Prüfeinrichtung angeschlossen, das Rohrinne wird dann mit einem Prüfdruck (Luft) von 0,5 bar belastet. Prüfdauer 30 min. Ein Druckabfall von max. 10% ist zulässig.

4.4.7.1.2 Auszugsfestigkeit Einzelzugabdichtung vom PE-HD- Rohr bzw. Mantelrohr

Ein PE-HD-Rohr bzw. Mantelrohr ist mit einer Einzelzugabdichtung abzuschließen. Das freie Rohrende einerseits und die Einzelzugabdichtung andererseits sind in eine geeignete Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.7.1.3 Auszugsfestigkeit Mikrorohr aus Einzelzugabdichtung

Ein PE-HD-Rohr DA50 ist mit Mikrorohren zu befüllen. Die Anzahl der Mikrorohre richtet sich nach dem jeweiligen Typ, wobei alle Auslässe zu belegen sind. Ein freies Mikrorohrende einerseits und das PE-HD-Rohrende andererseits sind in eine geeignete Zugmaschine einzuspannen.

Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.8 Transportkappen

Diese dienen der Vermeidung von Verunreinigung der Mikrorohre während des Transports

und auf der Baustelle und zum Verschließen unbelegter Rohre folgender Außendurchmesser:

- 7 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 20 mm

4.4.9 Abzweihilfe

Abzweihilfe zum geführten redundanten oder einseitigen Abzweigen von Mikrorohren aus einem erdverlegten Rohrverband unter 90° mit Positionierung und Fixierungshilfe für ein Ortungssystem.

4.4.10 Hauseinführung

Soweit möglich sollten Bauwerksdurchdringungssysteme entsprechend der VDE AR-N 4223 „Bauwerksdurchdringungen und deren Abdichtung für erdverlegte Leitungen“ verwendet werden. Sie ist für alle gängigen Wandarten wie z. B. WU-Beton, Ziegel- oder Hohlblocksteine geeignet.

VDE AR-N 4223 und DIN 18533 beschreiben erdberührte Hauseinführungen und treffen auf unterirdische Hauseinführungen zu, wobei ein Schrägeinbau nicht ausgeschlossen wird.

Eine definierte Umlenkung des Mikrorohrs an der Gebäudeinnenseite sollte das Kalibrieren des Mikrorohres und Einblasen des Glasfaserkabels unter Beachtung des kleinstzulässigen Biegeradius des Mikrorohres und des Glasfaserkabels ermöglichen.

Die Kombination aus Hauseinführung und Mikrorohr muss in Anlehnung an die DIN EN 61386-24 (VDE 0605-24) einer Biegeprüfung unterzogen werden. Hierbei müssen mindestens 86% des nominalen Innendurchmessers des Mikrorohres zur Durchführung von Kabeln zur Verfügung stehen.

Eine definierte Umlenkung des Mikrorohres und damit auch des Glasfaserkabels in einem Innendurchmesser wie oben angegeben (bspw. mit den Formteilen der marktüblichen Hauseinführungen) ist am Ende oder Anfang einer Trasse möglich, ohne dass sich dies negativ auf die Lebensdauer oder sonstige Beschaffenheit des Materials auswirkt. Um den Einblasprozess nicht zu beeinträchtigen, müssen Mikrorohre vor dem Beblasen aus der Auslenkung herausgenommen werden. Nach dem Einblasvorgang kann das Mikrorohr wieder fixiert werden.

Zusätzliche Anforderungen an unterirdische Hauseinführungen (siehe Abbildungen 4 und 5):

- Gas- und wasserdicht ≥ 100 kPa;
- geeignet für drückendes und nicht drückendes Wasser;
- Auszugfestigkeit Abdichtsystem – Mikrorohr > 600 N, Abdichtsystem – Mauerwerk > 1.000 N;
- Torsions- und vibrationssicher;
- geeignet für gerade oder schräge Einführungen (nicht unterkellerte Gebäude);
- unabhängig von der Wandstärke;
- die Herstellung der Abdichtung zwischen Bohrung und Mikrorohr erfolgt werkzeuglos
- die Eindringtiefe des 2K-Expansionsharzes in die Außenwand muss mindestens 10 cm betragen

- ein unkontrolliertes Austreten des 2K-Expansionsharzes und Kompensation von Fehlstellen an der Außenwand und in der Bohrung muss vermieden werden

Zusätzliche Anforderungen an oberirdische Hauseinführungen (siehe Abbildung 6):

- Dichtheit der Hauseinführung in Anlehnung an die Werte der Schutzart min. IP65;
- geeignet für gerade oder schräge Einführungen;
- UV-, witterungsbeständig;
- UV- und mechanischer Schutz des Mikrorohrs (evtl. ist dazu ein zusätzlicher Kanal/Schutzrohr notwendig).

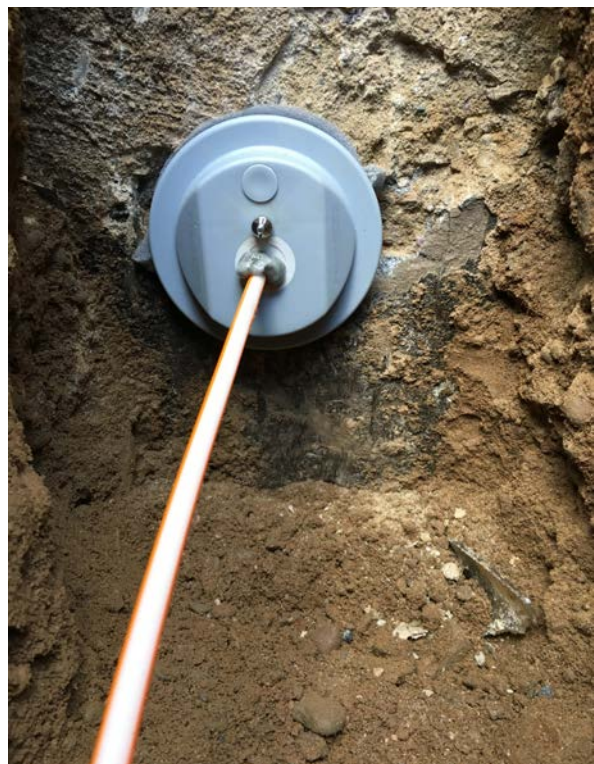


Abbildung 4: unterirdische Hauseinführung für Mikrorohre

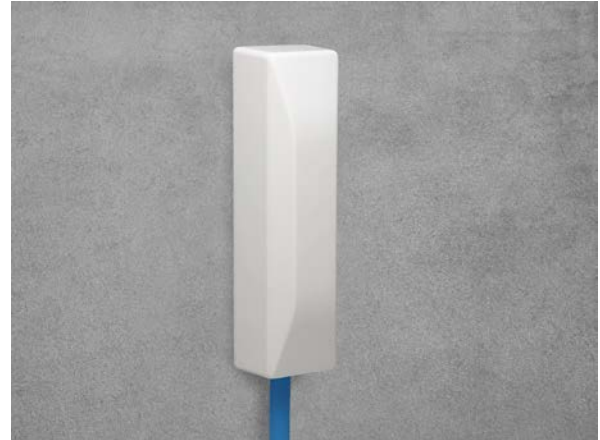


Abbildung 5: Abdeckelement für Hauseinführungen von Mikrorohren, Abdeckung offen und geschlossen

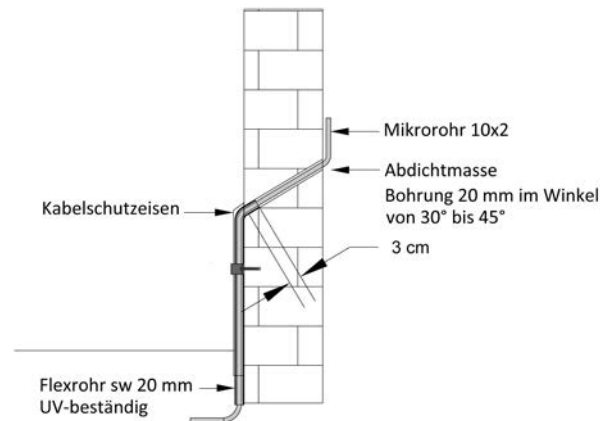


Abbildung 6: Beispiel für eine oberirdische Hauseinführung und schematischer Querschnitt

4.4.11 Teilbare Verbinder für PE-Schutzrohre

Diese dienen zum Verbinden von PE-Schutzrohren DA40 bzw. DA50 an Einblasstellen.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften:

- Geeignet für Kabelschutzrohre mit DA40 bzw. DA50,
- zugelassen für einen Einblasdruck bis 10 bar am Kompressor,
- bestehend aus zwei Gehäusehälften mit vormontierter Dichtung, Klemmrings und Verbindungs-Klammern,

- Auszugsfestigkeit bei DA40: mind. 1300 N,
- Auszugsfestigkeit bei DA50: mind. 1500 N,
- teilbar bzw. geeignet zur Reparatur von belegten Kabelschutzrohren.

4.4.11.1 Erforderliche Prüfungen

4.4.11.1.1 Druckfestigkeit

Zwei PE-HD-Rohre DA40 bzw. DA50 sind mit einer Einblasmuffe zu verbinden. Ein freies Rohrende ist zu verschließen. Das Rohrende ist dann mit einem entsprechenden Prüfaufbau mit einem Prüfdruck (Luft) von 10 bar zu belasten.

Die Prüfung ist mit in ein Wasserbad eingelegter Einzelzugabdichtung durchzuführen. Es darf keine Luft austreten. Prüfdauer 30 min. Ein Druckabfall ist nachzuregeln.

4.4.11.1.2 Auszugsfestigkeit

Zwei PE-HD-Rohre DA40 bzw. DA50 sind mit einer Einblasmuffe zu verbinden. Die freien Rohrenden sind in einer geeigneten Zugmaschine einzuspannen. Anschließend ist mit einer Auszugsgeschwindigkeit von 100 mm/min Kraft aufzubringen.

4.4.12 Halbrohre für PE-Schutzrohr DA40/50

Diese dienen in Verbindung mit den geteilten Einblasmuffen zum Verschließen bzw. Verbinden von PE-HD-DA40- bzw. PE-HD-DA50-Rohren an Reparatur- bzw. Einblasstellen.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften:

- Länge mind. 2000 mm
- Geeignet für Kabelschutzrohre mit DA40 bzw. DA50
- Zugelassen für einen Einblasdruck bis 10 bar
- Dauerhaft gas- und wasserdicht bis mind. 0,5 bar
- Geteilt bzw. geeignet zur Reparatur von belegten Kabelschutzrohren

Prüfung Druckfestigkeit - Auszugsfestigkeit: Die Prüfungen erfolgen in Anlehnung an die oben genannten Druck- und Auszugsfestigkeiten.

4.4.13 Halbrohr-Muffen-Abzweig

Diese dienen zum Herstellen von Abzweigen von Mikrorohren ausgehend vom PE-HD- Hauptrohr.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften:

- Geeignet für einen Abzweig von einem Hauptrohr DA50 (DA63 mit Reparaturmuffe DA50/63) zu einem Abzweigrohr mit DA50 in einem max. Winkel von max. 30°,
- gas- und wasserdicht $\geq 0,5$ bar,
- Zugfestigkeit: mind. 1500 N,
- Verbindung der Gehäusehälften durch mitgelieferte Verbindungsklammern,
- kompatibel zu den gas- und wasserdichten Halbrohren.

Prüfung Druckfestigkeit/Auszugsfestigkeit: Die Prüfungen erfolgen in Anlehnung an die vorangeführten Druck- und Auszugsfestigkeiten.

4.4.14 Reparaturmuffen, geteilt

Diese dienen zum Verschließen bzw. Verbinden von PE-HD-DA50 und DA63 Rohren bzw. Halbrohren DA50 an Einblasstellen.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften:

- Länge mind. 450 mm,
- geeignet für Kabelschutzrohre mit DA50/DA63,
- gas- und wasserdicht $\geq 0,5$ bar,

- bestehend aus zwei Gehäusehälften mit vormontierter Dichtung, Klemmrings und Verbindungs-Klammern,
- Auszugsfestigkeit mind. 1500 N,
- geteilt bzw. geeignet zur Reparatur von belegten Kabelschutzrohren.

Prüfung Druckfestigkeit/Auszugsfestigkeit:

Die Prüfungen erfolgen in Anlehnung an die vorangeführten Druck- und Auszugsfestigkeiten.

4.4.15 Kennzeichnungsschilder

Diese dienen zur Kennzeichnung von belegten und unbelegten Mikrorohren DA7, DA10, DA12, DA14, DA16 und DA20.

Technische bzw. allgemeine Eigenschaften (mit oder ohne Rohrverschluss):

- Dauerhaft beschrift- bzw. beschreibbar (z.B. Permanentmarker) und Abdeckschild geschützt

4.5 Hinweis auf Umweltverträglichkeit

Der Aufbau der Rohre muss so erfolgen, dass die jeweiligen gesetzlichen Bestimmungen bzgl. Umweltverträglichkeit, Sicherheit (z.B. bei Brand), Entsorgungsfähigkeit und ggf. Wiederverwertbarkeit durch den Hersteller oder Lieferanten sicher eingehalten werden. Eine Gesundheitsgefährdung durch Handhabung (insbesondere Montage und Legung) oder in besonderen Situationen (z.B. Brand, aggressive Umgebungsbedingungen) muss ausgeschlossen sein. Die in den Rohren verwendeten Stoffe dürfen nicht toxisch sein und keinen unangenehmen Geruch besitzen.

Die Rohre sind nach dem aktuellen Stand der Umwelt- und Sicherheitstechnik herzustellen.

Die Rohre haben insbesondere bezüglich der verwendeten Materialien dem aktuellen Stand der Technik zu entsprechen.

Der Lieferant hat alle Anforderungen bzgl. Umweltverträglichkeit und Brandverhalten auf Anforderung nachzuweisen und in einer Form zur Verfügung zu stellen, dass eine unabhängige Beurteilung durch die zuständige Fachabteilung des Auftraggebers oder durch Dritte möglich ist.

5. Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Erdlegung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden

Dieses Kapitel gibt technische Empfehlung für die fach-/sachgerechte Handhabung sowie das Legen, Einblasen und Einziehen von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden in Gräben und Baugruben nach den anerkannten Regeln der Technik.

Die vorliegenden Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Erdlegung von Telekommunikationsrohren wurden erstellt auf Grundlage der ZTV-TKNetz 10, 11 und 40 der DTAG, Stand Feb. 2023

5.1 Legeverfahren

5.1.1 Legung

Die offene Grabenbauweise kann mit konventionellen oder alternativen Legemethoden (nach DIN 18220) erstellt werden. Sie sind gängige Verfahren zur Erdlegung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden und vielfältig einsetzbar. Je nach Bodenart und bereits

vorhandenen Infrastrukturen erfolgt die Erstellung des Schlitzes oder Grabens in der jeweilig angepassten Art und Weise.

DIN 18220 („Trench-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze“) beschreibt den sicheren Einsatz von Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren. Durch § 126 TKG ist sie als anerkannte Regel der Technik einheitlich anzuwenden.

Unter dem Link <https://bmdv.bund.de/publikationen/legetechniken-glasfaserausbau> finden Sie eine Handreichung zu Legemethoden.

5.1.2 Schlitz- und Grabenprofil für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände

5.1.2.1 Mindestüberdeckung

Bei der Legung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden sind beim

konventionellen Tiefbau sowie bei Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren die Vorgaben der anerkannten Regeln der Technik einzuhalten.

5.1.2.2 Schlitz- und Grabensohle

In unebenem (welligem) Gelände ist die Grabensohle so tief auszuheben, dass – bezogen auf eine untere Niveaulinie – die Regellegetiefe eingehalten wird, um eine ebene Grabensohle auf einem Streckenabschnitt beibehalten zu können.

5.1.2.3 Schlitz- und Grabenbreite

Die Breite der Schlitz sind $< 30\text{cm}$ und die der Gräben $\geq 30\text{cm}$. Die geforderte Mindestüberdeckung abzüglich des Durchmessers des größten ausgelegten Mediums ergibt dabei die Legetiefe. Bezüglich der entsprechenden Mindestüberdeckung sind die anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

Bei der Anwendung von Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren sind die Schlitz- und Grabenbreiten entsprechend den Vorgaben DIN 18220 zu entnehmen.

Bei der Legung sind unterschiedliche Straßengrundstücksbestandteile zu beachten (nachfolgende Auflistung nach DIN 18220, Bild 2):

- Gelände
- Mulde/Entwässerungsgraben (ohne Entwässerungsleitung)
- Böschung, Damm
- Bankett
- Geh- und Radweg
- Sicherheitstrennstreifen
- Fahrbahn
- Bankett
- Mulde mit Entwässerungsleitung
- Böschung Einschnitt
- Gelände

- Mulde/Graben
- Geh- und Radweg, öffentlicher Feld- und Waldweg, Wirtschaftsweg
- Mulde/Graben
- Gelände

Je nach örtlicher Begebenheit werden die erdlegbaren Leerrohre bzw. Leerrohrverbände in die entsprechenden Straßengrundstücksbestandteile eingebracht.

Es ist darauf hinzuweisen, dass bei geringer werdenden Legetiefen oberhalb der Frostschutzschicht zunehmend thermische Effekte (Längenänderung von Mikrorohren, Kabeln und Fasern; jede Komponente besitzt verschiedene Ausdehnungskoeffizienten) auftreten können. Hier kann es zu Frostbeeinflussungen und Kondenswasserbildung kommen, was die Trasse beschädigen kann. Dies ist relevant, wenn innerhalb der Asphaltsschicht verlegt wird, da diese Schicht Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Fixierungseffekte, die im klassischen Tiefbau durch Überdeckung der Mikrorohrverbände und Verdichtung des Grabens gegeben sind, greifen bei diesen Randbedingungen nicht. Zusätzlich muss die Belastung der Trasse durch möglichen Schwerlastverkehr beachtet werden.

5.2 Verfüllen und Verdichten

5.2.1 Verfüllen der Leitungszone

Die Leitungszone für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände ist der Raum zwischen der Graben- oder Grubensohle und einer Höhe von 10 cm über dem Scheitel der Rohre. Die Leitungszone umfasst die gesamte Graben- bzw. Grubenbreite und darf keinesfalls in den Oberbau hineinragen.

Wenn erforderlich, ist für das Verfüllen der Leitungszone gesiebter Sand zu verwenden (Bodenaustausch). Der Einsatz von Brechsand ist nicht zugelassen. In die Leitungszone ist, wenn erforderlich, verdichtungsfähiger Füllboden natürlichen Ursprungs (nicht gebrochenes Material, z.B. Natursand) mit einer Korngröße ≤ 2 mm für Kabel, Mikrorohre sowie Mikrorohrverbände und mit einer Korngröße von ≤ 6 mm für Schutzrohre einzubauen.

Um Beschädigungen der eingebauten Anlagen zu vermeiden, ist im Bereich der Leitungszone der eingebrachte Füllboden grundsätzlich von Hand zu verdichten.

Bei Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren erfolgt das Verfüllen und Verdichten nach DIN 18220.

5.2.2 Verfüllen oberhalb der Leitungszone

Bei Kabelgräben und Montagegruben ist die erste Lage des eingefüllten Bodens, die maschinell zu verdichten ist, in ihrer Schütthöhe so zu bemessen, dass sich die endgültig verdichtete Fläche etwa 0,30m über dem Rohr-/Kabelscheitel befindet. Maschinelle Verdichtungsgeräte dürfen senkrecht über den Leitungen erst ab einer Überdeckung von mindestens 0,30m verwendet werden. Auf diese Fläche sind Trassenwarnbänder auszulegen.

Oberhalb der Leitungszone kann das vorgefundene Aushubmaterial verwendet werden, wenn es zum Wiedereinbau geeignet ist.

Bei Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren erfolgt das Verfüllen und Verdichten nach DIN 18220.

5.2.3 Prüfen der Bodenverdichtung

Zur Vermeidung späterer Setzungen und Absenkungen der verfüllten Gräben und Gruben

muss der im Rahmen der Wiederherstellung verfüllte Boden fachgerecht verdichtet sein. Der unmittelbar nach dem Entfernen der Oberfläche vorgefundene Verdichtungsgrad muss nach Beendigung der Arbeiten nachweislich im Rahmen der Eigenüberwachung wieder erreicht werden.

Bei Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren sind die Vorgaben nach DIN 18220 einzuhalten.

5.3 Schutz und Abtrommeln von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden

5.3.1 Transport, Be- und Entladen von Trommeln

Für den sachgemäßen Transport und das Be- und Entladen bzw. das Sichern der Ladung ist zu sorgen. Das Entladen ist mit der Baustelle abzustimmen. Für das Be- und Entladen ist geeignetes Gerät vorzuhalten. Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände sind beim Abtrommeln wegen der Gefahr mechanischer Beschädigungen vorsichtig zu behandeln und vor scharfen Biegungen usw. zu bewahren.

5.3.2 Zulässige Legetemperaturen

Die Rohre sind nur bei zulässigen Einziehtemperaturen nach Tabelle 10 auszulegen. Die dort aufgeführten Temperaturbedingungen gelten erst dann als erfüllt, wenn das betreffende Rohr während der letzten 12 Stunden vor dem Einziehen keiner Temperatur außerhalb des zugelassenen Bereiches ausgesetzt war. Bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes sind die Trommeln der Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände vor dem Einbringen mindestens 12 Stunden in geheizten Räumen zu lagern. Die Trommeln sind vor direkter Sonneneinstrahlung

und gegen Verschmutzung zu schützen. Eine ideale Zugbelastbarkeit wird in einem Temperaturbereich zwischen +5°C und +20°C erreicht.

Tabelle 11: zulässiger Legetemperaturbereich

Rohrtyp	Zulässiger Legetemperaturbereich
Kabelschutzrohre, Mikrorohre, Mikrorohrverbände	-10 bis 50°C

5.3.3 *Abtrommeln von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden*

Beim Abtrommeln dürfen die zulässigen Umlenkstrahlen nicht unterschritten werden. Der Trommeltransportanhänger bzw. die Trommel ist so aufzustellen, dass das Kabelschutzrohr, das Mikrorohr bzw. der Mikrorohrverband von der Unterseite der Trommel in möglichst flachem Bogen und unter Einhaltung der zulässigen Biege- bzw. Umlenkstrahlen in den Graben eingeleitet wird und beim Abspulen mechanisch nicht beschädigt werden kann. Es ist verpflichtend, eine Trommelbremse beim Abtrommeln am Trailer/Trommelanhänger bei der Installation zu verwenden, um z.B. den „Korkenzieher“-Effekt zu verhindern. Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände sind beim Auslegen wegen der Gefahr mechanischer Beschädigungen vorsichtig zu behandeln und vor scharfen Biegungen usw. zu bewahren.

5.3.4 *Abspulen von Trommeln bei niedrigen Außentemperaturen*

Grundsätzlich haben alle Rohrverbände oder PE-HD-Rohre die Eigenschaft, dass sie nach Abspulen einer Orientierung unterliegen. Je kälter die Außentemperaturen werden, desto stärker sind diese Orientierungen, da das Material auf-

grund der kälteren Umgebungstemperatur steifer wird. Diese Orientierungen besonders auch in Kern-Nähe lassen das Kabelschutzrohr, Mikrorohr oder den Mikrorohrverband bei einem Temperaturniveau, wie es im Winterhalbjahr über Nacht herrscht, auch nach dem ordnungsgemäßen Abziehen von der Trommel temperaturbedingt wie einen Korkenzieher aussehen. Um diesen Orientierungen entgegenzuwirken ist es notwendig, das Rohr von der Unterseite der Trommel unter Zug in möglichst flachem Bogen und unter Einhaltung der zulässigen Biege- bzw. Umlenkstrahlen abzuwickeln. Dadurch ist eine linear ausgerichtete Legung im Graben möglich. Durch Bremsen ist das Nachlaufen der Trommel und damit das Stauchen oder Knicken des Kabelschutzrohres, Mikrorohres bzw. Mikrorohrverbandes zu verhindern. Die Rohrenden sind gegen das Zurückschlagen zu sichern. Ein Abwickeln des Rohrverbandes über den Flansch (in Richtung der Spulennachse) ist nicht zulässig. Rohre, deren Windungen auf der Trommel zusammengefroren sind, müssen wegen der Gefahr der Knickung vor dem Legen aufgetaut werden. Hierzu ist die Trommel mehrere Stunden in geeigneten Räumen bei >10°C zu lagern, der Einsatz einer offenen Flamme ist dabei unzulässig.

5.3.5 *Schutz vor Verschmutzung der Mikrorohre*

Kabelschutzrohre und Mikrorohre mit Mini- oder Mikrokabel sind mittels Einzelzugabdichtung oder Gasblocker gas- und wasserdicht zu verschließen. Unbelegte Mikrorohre bzw. Einzelröhren von Mikrorohrverbänden sind generell bei Arbeitsunterbrechungen und Zwischenlagerung der Trommeln mit entsprechenden Schutzkappen provisorisch abzudichten. Diese Schutzkappen sind keinesfalls als Ersatz für die Einzelzugabdichtung bzw. Gasblocker einzubauen. Soll das Mikrorohr dauerhaft im Erdreich oder im Kabelschacht enden, so ist es zwingend

mit druckdichten Endstopfen zu verschließen. Endet das Mikrorohr innerhalb eines Gebäudes oder Outdoorgehäuses, sind die Enden mit Endstopfen oder Einzelzugabdichtung zu verschließen und ggf. zu beschriften.

5.3.6 *Punktförmige Belastungen z.B. durch Steine*

Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände dürfen generell keinesfalls punktförmigen Belastungen ausgesetzt werden, da dies in einem Zeitraum von bis zu ca. 1.000 Stunden nach dem Beginn der Einwirkung zu Verformungen (Kaltfließen des PE-HD Rohrmaterials) führen kann.

5.3.7 *Einbringen von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden in Schutzrohre*

Müssen Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände mit mechanischem Schutz versehen werden, müssen sie in entsprechenden Schutzrohren eingebracht werden. Hierbei ist das Risiko der jahreszeitlich bedingten Längenänderungen besonders zu beachten.

Bei der Herausführung ist die Mindestüberdeckung (0,5m) zu beachten und sind ggf. Schutzmaßnahmen zu treffen (s.u.). Druckstellen durch kreuzende Leitungen sind unzulässig.

5.3.8 *Auslegen von Trassenwarnband*

Nach dem Verfüllen der Leitungszone ist der Kabelgraben auf eine Höhe von ca. 0,30m über Kabelsichel zu verfüllen und eben abzugleichen. Auf diese abgegliche Schicht ist das Trassenwarnband über dem Rohr auszulegen. Beim weiteren Verfüllen des Grabens ist darauf zu achten, dass sich das Band nicht verschiebt. Werden mehrere Kabelschutzrohre, Mikrorohre

und Mikrorohrverbände nebeneinander auf der Grabensohle verlegt, so sind ab einer Gesamtbreite der Anlage >1m, resultierend aus der Summe der Außendurchmesser, zwei Trassenwarnbänder jeweils über den beiden außenliegenden Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden auszulegen. Mehr als zwei Trassenwarnbänder sind nicht erforderlich.

5.4 *Auslegen von Kabelschutzrohren*

5.4.1 *Rohrmaterial*

Als Kabelschutzrohre werden nur Rohre aus PE-HD mit geriefter Innenwandung ausgelegt.

5.4.2 *Legung der Kabelschutzrohre*

Die Kabelschutzrohre sind in einem Zeitraum von 24 Stunden vor dem Einbau vor intensiver Sonnenbestrahlung zu schützen.

Kabelschutzrohre werden auf einer eingeebneten Grabensohle grundsätzlich in einer Ebene ohne Überkreuzungen unter Zugbelastung eingebracht. Dabei darf die maximal zulässige Zugbelastung nicht überschritten werden (siehe auch Datenblatt des Herstellers). Kabelschutzrohre sind grundsätzlich entweder von Hand oder mit der Winde in den offenen Graben einzuziehen. Die für das Auslegen/Einziehen der Kabelschutzrohre wichtigsten technischen Daten sind in Kapitel 4 „Technische Spezifikation für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände“ zusammengefasst.

Noch unter Zug stehend ist die Leitungszone über dem Kabelschutzrohr bis 10cm über den Rohrsichel mit Sand zu verfüllen, nur dann wird die optimale Einblasperformance erreicht. Bei der Verwendung von Abstandshaltern ist auf

die richtige Verdichtung zu achten, da es sonst durch den Kaltfluss der Kabelschutzrohre zu Einbeulungen der Kabelschutzrohre kommen kann.

Beim Auslegen der Kabelschutzrohre sind diese während des Ablaufens von der Trommel hinsichtlich vorhandener Beschädigungen zu prüfen. Werden einzelne punktuelle Deformationen (Einbeulungen) festgestellt, sind diese mit einer Rundungsklemme zu beseitigen, nachdem die Fehlerursache beseitigt wurde.

Werden mehrere Kabelschutzrohre gemeinsam in einem Graben verlegt, sind Rohre mit unterschiedlicher Kennung oder Streifen zu verwenden.

Müssen Kabelschutzrohre bzw. Abzweige aus Kabelschutzrohren in Ausnahmefällen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten in einer geringeren als der Mindestüberdeckung (0,50m) ausgelegt werden, so sind die in Tabelle 11 aufgeführten Schutzmaßnahmen erforderlich.

Tabelle 12: Schutzmaßnahmen bei Unterschreitung der Mindestüberdeckung bei Kabelschutzrohren, Quelle: ZTV-TK Netz 11, S. 21 (Februar 2023)

	Mindestüberdeckung [m]	Legen in Zement-Sand-Gemisch, Porenleichtbeton o.ä.	Abdecken der Rohre oberhalb der Leitungszone durch eine 10 cm dicke Magerbeton (Beton C15/20)-Schicht mit eingelegter Betonstahlmatte
Gehwegbereich	0,2 bis 0,4	•	-
Fahrbahnbereich	0,2 bis 0,4	•	•

5.4.3 Verbinden von Kabelschutzrohren

Beim Verbinden einzelner Längen ist darauf zu achten, dass nur Kabelschutzrohre gleicher Kennung bzw. Signierung miteinander verbunden werden. An den vorgesehenen Verbindungsstellen müssen die Kabelschutzrohre mit einer Überlappung von mindestens 0,50m eingebaut werden. Direkt erdverlegte Rohrtrassen können ohne Überlappung verbunden werden. Bei Rohr-in-Rohr-Legung ist eine Überlappung im ersten Schritt mit 0,50m herzustellen, damit Längenänderungen zwischen Installations- und Grabentemperatur ausgeglichen werden können. Im Nachgang ist das Rohr im Rohr gegen weitere Längenänderungen zu fixieren, um thermische Längenänderungen auszuschließen. Vor dem Herstellen der Verbindungen mit Schraubklemmfittings oder Doppelsteckverbindern

müssen die Kabelschutzrohre mindestens 24 Stunden ausgelegt sein. Zur Montage beider Typen sind die Kabelschutzrohr-Enden mit geeigneten Werkzeugen innen und außen anzufasen. Die Rohrenden müssen rechtwinklig geschnitten, eben und glatt sein. Anschließend sind die Bauteile entsprechend der Montageanweisungen der Hersteller zu montieren.

5.4.4 Legung in Schutzrohren

Werden Kabelschutzrohre auf Strecken $\geq 30\text{m}$ in Düker (z.B. Straßenübergänge, Fluss- oder Bachübergänge $\geq 160\text{mm}$ Außendurchmesser) eingezogen, so ist der Düker mit der größtmöglichen Anzahl von Kabelschutzrohren zu belegen. Anschließend ist der verbleibende Hohlraum mit Dämm-Wasser-Suspension oder gleichwertigem Material zu verfüllen. Dies verhindert

ein Aufschwimmen (Drücken gegen Kanten, Durchmesseränderungen durch Kaltfluß des Rohrmaterials) der einzelnen Rohre im Düker. Bei Strecken (typisch Straßenquerung) <30m sind Schutzrohr-Enden bis $\leq 160\text{mm}$ Außendurchmesser mit Schutzrohrabdichtungen schwemmsanddicht gegen die Kabelschutzrohre abzudichten.

5.4.5 Beschädigungen

Kabelschutzrohre sind im Falle der Beschädigung dem Betreiber zu melden und fachgerecht in Abstimmung mit dem Betreiber instand zu setzen.

5.4.6 Druckprüfung und abschließende Kontrollen

Nach erfolgter Legung ist das Kabelschutzrohr einer Druckprüfung zu unterziehen. Dabei wird das Rohr auf der einen Seite dicht verschlossen. Dann wird das Rohr mit einem Druck von 5 bar beaufschlagt. Dieser Druck muss 20 Minuten gehalten werden, dabei darf der Druckverlust 0,25bar je 10 Minuten, d.h. 0,5bar insgesamt nicht überschreiten.

Nach Abschluss der Legearbeiten ist die Strecke mit einem Festkaliber zu kalibrieren. Der Durchmesser des Kalibers sollte ca. 85% des Rohr-Innendurchmessers aufweisen.

5.5 Auslegen von Mikrorohren oder Mikrorohrverbänden

5.5.1 Auslegen im Schlitz oder Graben

Mikrorohre oder Mikrorohrverbände werden im Sandbett (Welligkeiten im Untergrund sind zu vermeiden) auf einer eingeebneten Grabensohle in einer Ebene nebeneinander, ohne Überkreuzungen und möglichst straff unter Zugbelastung (Ende fixieren, spannen unter Nutzung der Trommelbremse am Trommelwagen)

eingbracht. Dabei darf die max. zulässige Zugbelastung nicht überschritten werden (siehe auch Datenblatt Hersteller).

Eine wellenförmige Legung (sowohl horizontal als auch vertikal) ist zu vermeiden (die Einblasperformance wird beeinträchtigt, die erreichbare Einblasstrecke wird stark verkürzt). Mikrorohre oder Mikrorohrverbände sind grundsätzlich entweder von Hand oder mit der Winde in den offenen Graben einzuziehen. Unmittelbar danach ist die Leitungszone bis 10cm über den Rohrscheitel mit Sand zu verfüllen. Die für das Auslegen/Einziehen der Mikrorohre oder Mikrorohrverbände wichtigsten technischen Daten sind in Kapitel 4 „Technische Spezifikation für Kabelschutzrohre, Mikrorohre und Mikrorohrverbände“ zusammengefasst. Mikrorohre oder Mikrorohrverbände sind in einem Zeitraum von 24 Stunden vor dem Einbau vor Sonnenbestrahlung zu schützen.

5.5.2 Hinweise zur Lieferaufmachung von Mikrorohren und Mikrorohrverbänden

- Die Trommel (Spule) muss vorsichtig transportiert und umgelagert werden (nicht von der Ladefläche werfen, Spule wird verformt oder beschädigt).
- Wickelbild: jede Wickellage ist lückenlos und bis zum Ende vollständig. Keine Mikrorohr-Überkreuzungen, die zu Längs- oder Durchmesser-Verformung führen.
- Offensichtlich umgetrommelte Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände mit unsauberem Wickelbild dürfen nicht eingebaut werden. Rohre mit einem Seitenschlag führen zu einer sehr schlechten Einblasperformance beim Einbringen der Rohre und später zu verkürzten Einblasstrecken und damit zu mehr Baugruben. Sie stellen unkalkulierbare Risiken beim späteren Einblasen dar.

- Die Mikrorohr-Enden müssen jederzeit mit Schutzkappen an beiden Enden verschlossen sein.
- Das äußere Mikrorohr-Ende ist straff (unter Zugspannung) mit Klebeband oder einem Gummiband befestigt.
- Die Mikrorohr-Wickellage ist sauber und frei von Verunreinigungen zu halten, die Wickellagen sind so zu fixieren, dass sie sich nicht lösen oder verrutschen können. Der Mikrorohr-Anfang ist immer straff mit einem Klebeband zu fixieren.
- Lagerung und Transport erfolgen stehend. Bei Transport erfolgt keine Transportsicherung durch Abspannung über die Wickellagen.

5.5.3 Kleinere Deformationen

Werden einzelne kleinere Deformationen an den Mikrorohren bzw. Mikrorohrverbänden festgestellt, so ist die Schadensstelle herauszuschneiden und mittels Doppelsteckmuffe instand zu setzen. Dabei ist auf einen Versatz der Doppelsteckmuffen zueinander zu achten.

5.5.4 Farbkennzeichnung bei Legung mehrerer Mikrorohre und Mikrorohrverbände in einem Graben

Werden mehrere Mikrorohre oder Mikrorohrverbände gemeinsam in einem Graben verlegt, sind Rohre bzw. Rohrverbände mit unterschiedlicher Kennung (unterschiedliche Mantelfarbe oder Streifen) zu verwenden oder zu versehen. Zur Farbkennzeichnung der Mikrorohre und Mikrorohrverbände siehe Kapitel 4.2.4.

5.5.5 Marker

Werden Hausanschlüsse ausschließlich mit Mikrorohren angebunden, so kann der Abzweigpunkt der Längstrasse mit einem elektronischen Markierer gekennzeichnet werden. Alle elektronischen Markierer (z.B. Kugelmarker) müssen wegen der Ortbarkeit einen Mindestabstand von 2m untereinander haben. Die Punkte sollten dokumentiert werden. Alle Querabgänge zur Längstrasse (z.B. Hausanschluss, Straßenquerung), die bei einem späteren Grabungsvorhaben eines Dritten gefährdet wären, können zusätzlich zur genauen Einmessung durch den Einbau eines Markierers gesichert werden. Das gilt auch für alle Richtungsänderungen der Trassen zum Haus hin und für alle Richtungsänderungen der Längstrasse (z. B. wenn die Trasse von der Gehwegvorderkante zur Gehweghinterkante oder die Mindestüberdeckung der Trasse wechselt).

5.5.6 Schneiden

Beim Schneiden von Mikrorohren oder Mikrorohrverbänden sind zwingend immer geeignete Rohr- bzw. Rohrverbandsscheren zur Erzeugung glatter rechtwinkliger Schnitte einzusetzen. Beim Verbinden einzelner Mikrorohr- oder Mikrorohrverband-Längen identischer Bündelung ist darauf zu achten, dass ausschließlich Röhrchen gleicher Farbkennung verbunden werden. Unsauberes Schneiden der Rohre führt zu einer wesentlich schlechteren Einblasperformance, d.h. es werden nur wenige Meter Einblasstreckenlänge erreicht. Die Anzahl der einzubauenden Doppelsteckmuffen ist insgesamt so niedrig wie möglich zu halten. Jeder unsaubere bzw. ungerade Schnitt stellt eine Fehlermöglichkeit dar und kann ggf. eine Verschlechterung der Einblasperformance und spätere Zwischengruben der Trasse beim Einblasen und damit höhere Kosten zur Folge haben.

5.5.7 Verbindungsstellen

Die gesamten Verbindungsstellen können mit einem mechanischen Schutz, z.B. einer Schutzmuffe oder einem geteilten Kunststoffwellrohr, geschützt werden. Der Verbindungsschutz dient zur Absicherung der Verbindungsstelle zwischen zwei Mikrorohrverbänden. Er schützt den Verbindungsbereich mit den Doppelsteckmuffen/Kupplungen und fängt Zugkräfte am Mikrorohrverband ab. Dadurch werden die Doppelsteckmuffen von zusätzlichen Zugkräften z.B. beim Umlagern/wieder Anheben der Verbindungsstelle oder temperaturbedingten Spannungen entlastet. Der Verbindungsschutz schützt darüber hinaus die Mikrorohre und Verbindungsmuffen gegen mechanische Belastung aus dem Erdreich durch z.B. Verdichten gröberer Materials im Erdreich.

5.5.8 Abzweige

Beim Abzweigen der Hauszuführungstrasse wird die Außenhülle des zur Herausführung des/der benötigten Mikrorohre(s) längs zur Trasse aufgetrennt. Das/die abzweigende(n) Mikrorohr(e) werden mittels Doppelsteckmuffe mit dem/den weiterführenden Mikrorohr(en) verbunden. Die Doppelsteckmuffen sind keinesfalls im Biege-/Bogenbereich des abzweigenden Mikrorohrs einzubauen (Einblashindernis). Die Mindestbiegeradien sind einzuhalten (Einblashindernis), z.B. mit Hilfe einer Abzweighilfe.

5.5.9 Legung in Schutzrohren bei geringen Tiefen

In Ausnahmefällen können Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände aufgrund der örtlichen Gegebenheiten in einer geringeren als der Mindestüberdeckung (0,50m) ausgelegt werden. In diesem Ausnahmefall sind sie in diesem Bereich in ein Schutzrohr zu legen. Die Enden jeder

Schutzrohr-Strecke sollten immer mit Schutzrohrabdichtungen geschützt werden, um spätere Setzungen der Oberfläche zu vermeiden. Werden die Strecken wegen Hausabgängen unterbrochen, so sind die Schutzrohre immer komplett zu schneiden und auf einer Strecke von mindestens 1,50m zu unterbrechen. Auch hier sind fachgerechte Schutzrohrabdichtungen einzubauen, um spätere Setzungen der Oberfläche zu vermeiden.

Für Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände, die zum Zweck einer Hausanbindung verlegt werden, sollten keine Schutzrohre verwendet werden (großer Aufwand Hausanschlussherstellung). Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände, die nicht zum Zweck der Hausanbindung verlegt werden (Backbone o.ä.), sollten im Schutzrohr liegen (wie hier beschrieben).

Hier ist darauf zu achten, dass an den jeweiligen Enden mindestens 5m Erdtrasse bis zum nächsten Hausabgang liegen, damit es im Falle von Temperaturschwankungen beim Jahreszeitenwechsel zu keinem Zug (durch Zusammenziehen der Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände auf die Hausabgänge) kommen kann.

Werden trotzdem Mikrorohre bzw. Mikrorohrverbände auf Strecken $\geq 30\text{m}$ in Schutzrohre (z.B. Straßenübergänge) bzw. in Düker eingezogen, so ist das Dehn- und Spannungsverhalten konstruktiv zu berücksichtigen. Das Schutzrohr ist mit der größtmöglichen Anzahl von Mikrorohren bzw. Mikrorohrverbänden zu belegen.

Werden KVz mit Mikrorohren oder Mikrorohrverbänden angebunden, ist auf eine belastungsfreie Führung der Rohre zu achten. Ggf. erforderliche Überlängen sind im Erdreich zu lagern. Die zulässigen Biegeradien sind nicht zu unterschreiten.

5.6 Nachbelegung von vorhandenen Leerrohren

5.6.1 Allgemeines

Nicht erdverlegbare Mikrorohre z.B. ein 10x1,0mm (Außendurchmesser x Wanddicke)-Rohr werden i.d.R. zur Nachbelegung vorhandener Rohrleitungen genutzt. Erfolgt durch teilweise vorabverlegte Schutzrohre ein Wechsel zwischen Erdlegung und Rohrlegung, ist durchweg der Einsatz von erdverlegbaren Mikrorohren bzw. Mikrorohrverbänden sinnvoll.

5.6.2 Einziehen von Mikrorohren

Mikrorohre sind grundsätzlich einzublase. Müssen sie dennoch eingezogen werden, kann ein Kabelziehstrumpf eingesetzt werden. Hierbei sind die Mikrorohre vor dem Überziehen des Kabelziehstrumpfes in geeigneter Weise mit selbstklebendem Kunststoffband untereinander zu fixieren. Die Herstellervorgaben bezüglich der minimalen Biegeradien und maximalen Zugkräfte (gemäß Datenblatt des Herstellers) sind zwingend einzuhalten.

Nach frühestens 24 Stunden ist die Längs-Rückstellung der Mikrorohre soweit abgeschlossen, dass mit dem Einbau der Doppelsteckmuffen begonnen werden kann. Die Rückstellzeit der Dehnung nach dem Ziehen wird beeinflusst durch:

- die eingezogene Länge,
- die örtlichen Temperaturverhältnisse und
- die aufgetretenen Zugkräfte.

Es muss nach der Rückstellung der Dehnung noch ein Überstand von 0,50m über jede Leerrohrmündung hinaus verbleiben.

5.6.3 Einblasen von Mikrorohren

Vor dem Einblasen in das Kabelschutzrohr ist das entsprechende Rohr zu kalibrieren und zu reinigen.

Es ist zu beachten, dass:

- für jeden Einblasvorgang von Mikrorohren immer ein ausführliches Einblasprotokoll (siehe Anhang) zu erstellen ist,
- das Mikrorohr gleichmäßig von der Trommel abrollt und diese im Falle eines unvorhergesehenen Stillstandes jederzeit gebremst werden kann sowie
- die Vorlaufgeschwindigkeit 55m/min nicht überschreitet.
- Der Einsatz eines Manschettenkolbens ist nicht zulässig.

Alle Mikrorohre sind vor Beginn des Einblasens mit einem Druck von ca. 0,7 MPa bis 0,8 MPa zu füllen. Auf diese Weise ist das Mikrorohr-Bündel steifer und es werden längere Einblasstrecken möglich. Die Mikrorohre sind an ihren herausgeführten Enden auf der Trommel druckdicht zu verschließen.

Die Mikrorohre müssen in einem einzigen Arbeitsgang eingeblasen werden, ein späteres Nachblasen ist nicht möglich. Während des Einblasens muss jederzeit mit einem plötzlichen Stopp des Vorganges gerechnet werden, in diesem Fall müssen die Trommeln gebremst werden können.

5.6.4 Übergänge

Bei Übergängen von nicht erdverlegbaren zu erdverlegbaren Mikrorohren sind entsprechende Reduzierungen einzusetzen. Zusätzlich ist die Verbindungsstelle z.B. mit Schutzmuffen mechanisch zu schützen.

*Anhang A –
Vorlage Einblasprotokoll*

	Einblasprotokoll	Ggf. Firmenlogo
Bauvorhaben		
Streckenabschnitt		
Firma		
Datum, Startzeit		
Einbläser		
Anmerkungen		

Rohrparameter		Kabelparameter		Einblasgerät/Kompressor	
Hersteller		Hersteller		Einblasgerät	
Rohrverband		Bezeichnung		+ Lubrikator [ja/nein]	
Rohr [Maße in mm]		Faserzahl		Gleitmittel [Menge/Typ]	
Farbe/ Kennung		Kabeldurch- messer [mm]		Kompressor	
Riefung [ja/nein]		Meterzahl [Start/Ende]		+Ölabscheider [ja/nein] +Nachkühler [ja/nein]	
Rohr- Temperatur		Kabel- Temperatur		Kabel-Einblas- Kappe [ja/nein]	
				Einblasdruck/ Kraft [Nm] soll	
				Einblasdruck/ Kraft [Nm] ist	

Zusammenfassung				
Entfernung				
Einblaszeit				
Wetter [Temperatur/ Luftfeuchtigkeit]				
Ort [GPS Daten]				

Protokoll				
Streckenlänge [m]	Geschwindigkeit [m/min]	Rohr-Druck [bar]	Schubkraft [%]	Uhrzeit [hh:mm:ss]

*Anhang B –
Anwendbare Normen
und Regelwerke*

Zu beachtende Normen und Regelwerke zu Technischen Spezifikationen für Mikrorohre und Mikrorohrverbände

Lichtwellenleiter/Lichtwellenleiterkabel

DIN EN IEC 60793-2-50 (VDE 0888-325)
Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B

DIN EN 60794-1-1 (VDE 0888-100-1)
Lichtwellenleiterkabel – Teil 1-1: Fachgrundspezifikation – Allgemeines

DIN VDE V 0888-100-1-1 (VDE V 0888-100-1-1)
Lichtwellenleiterkabel – Teil 100-1-1: Fachgrundspezifikation – Allgemeines – Kennzeichnung, Transport und Lagerung

VDE 0800-720 VDE-Leitlinie
Leitlinien und Qualifizierungsmuster Breitband
Teil 720: Leitlinie zu Materialanforderungen für FTTx-Breitband-Netze

Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall

DIN EN 61034-2 (VDE 0482-1034-2)
Messung der Rauchdichte von Kabeln und isolierten Leitungen beim Brennen unter definierten Bedingungen – Teil 2: Prüfverfahren und Anforderungen

Kabelschutzrohre und Mikrorohre

DIN 16874
Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) für die erdverlegte Telekommunikation – Maße und technische Lieferbedingungen

DIN EN 61386-1 (VDE 0605-1)
Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Energie und für Informationen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 60794-5 (VDE 0888-500)
Lichtwellenleiterkabel – Teil 5: Rahmenspezifikation – Mikrorohr-Verkabelung zur Installation durch Einblasen

DIN EN 60794-5-10 (VDE 0888-5-10)
Lichtwellenleiterkabel – Teil 5-10: Familienspezifikation für Mikrorohr-Lichtwellenleiterkabel, Mikrorohre und geschützte Mikrorohre zur Installation durch Einblasen für die Anwendung im Freien

DIN EN 60794-5-20 (VDE 0888-520)
Lichtwellenleiterkabel – Teil 5-20: Familienspezifikation für Mikrorohr-LWL-Einheiten, Mikrorohre und geschützte Mikrorohre zur Installation durch Einblasen für die Anwendung im Freien

DIN 1451 (alle Teile)
Schriften – Serifenlose Linear-Antiqua

DIN EN 50411-2-8
LWL-Spleißkassetten und -Muffen für die Anwendung in LWL-Kommunikationssystemen – Produktnormen – Teil 2-8: ABF- Mikrorohrverbinder, Bauart 1

DIN EN 50626-2 (VDE 0605-626-2)
Erdverlegte Elektroinstallationsrohrsysteme für den Schutz und die Führung isolierter elektrischer Kabel oder Fernmeldekabel – Teil 2: Besondere Anforderungen für Elektroinstallationsrohre für Sonderanwendungen

DIN EN 61386-24 (VDE 0605-24)
Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Energie und für Informationen – Teil 24: Besondere Anforderungen für erdverlegte Elektroinstallationsrohrsysteme

Prüfungen an Mikrorohren

DIN EN ISO 4892-2

Kunststoffe - Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten - Teil 2: Xenonbogenlampen

DIN EN ISO 1167-1

Rohre, Formstücke und Bauteilkombinationen aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten - Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck - Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren

DIN EN ISO 1167-2

Rohre, Formstücke und Bauteilkombinationen aus thermoplastischen Kunststoffen für den Transport von Flüssigkeiten - Bestimmung der Widerstandsfähigkeit gegen inneren Überdruck - Teil 2: Vorbereitung der Rohr-Probekörper

DIN EN 50642 (VDE 0604-2-100)

Kabelführungssysteme - Prüfverfahren für Halogengehalt

DIN EN 60684 (VDE 0341-1)

Isolierschläuche - Teil 2: Prüfverfahren

DIN EN IEC 60794-1-213 (VDE 088-100-213)

Fachgrundspezifikation - Grundlegende Prüfverfahren für Lichtwellenleiterkabel - Umweltprüfverfahren - Druckfestigkeit von Mikrorohren

Allgemeine Normen

DIN EN ISO 9001

Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen

DIN EN ISO 14001

Umweltmanagementsysteme - Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung

BS OHSAS 18001

Arbeitsschutzmanagementsysteme Forderungen

DIN VDE 0100 (VDE 0100) (alle Teile)

Errichten von Niederspannungsanlagen

Zu beachtende Normen und Regelwerke zu Qualitätsanforderungen an die Bauausführung und Erdlegung von Kabelschutzrohren, Mikrorohren und Mikrorohrverbänden

DIN 4124

Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

DIN 18220

Trenching-, Fräs- und Pflugverfahren zur Legung von Leerrohrinfrastrukturen und Glasfaserkabeln für Telekommunikationsnetze
DIN 1998,
Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Verkehrsflächen – Richtlinie für die Planung

RSA 21 VV

Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen

ZTV A-StB 12

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

Unfallverhütungsvorschriften

DGUV Vorschrift 1

Unfallverhütungsvorschrift - Grundsätze der Prävention

DGUV Vorschrift 2

Mustertext - Unfallverhütungsvorschrift - Betriebsärzte und Fachkräfte für Arbeitssicherheit

DGUV Vorschrift 3

Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ mit Durchführungsanweisungen
DGUV Vorschrift 9
BG-Vorschrift - Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz

DGUV Vorschrift 38

Unfallverhütungsvorschrift - Bauarbeiten (Muster-UVV)

DGUV Vorschrift 52

Krane

DGUV Vorschrift 70

BG-Vorschrift - Fahrzeuge

DGUV Vorschrift 77

Arbeiten im Bereich von Gleisen

DGUV Information 208-016 BGI 694

BG-Information - Handlungsanleitung für den Umgang mit Leitern und Tritten

DGUV 100-500

Betreiben von Arbeitsmitteln - Kap. 2.12 Arbeiten mit Erdbauarbeiten

DGUV Regel 100-500

Betreiben von Arbeitsmitteln - Kap. 2.39 Arbeiten an Anlagen für Gase der öffentlichen Gasversorgung
Telekommunikationsgesetz (TKG)

ASR A 2.2

Technische Regeln für Arbeitsstätten - Maßnahmen gegen Brände

Abkürzungsverzeichnis

DA	Rohr-Außendurchmesser (mm)
EZA	Einzelzugabdichtung
Gf-AP	Glasfaserabschlusspunkt
Gf-KVz	Glasfaser-Kabelverzweiger
KVz	Kabelverzweiger
MFG	Multifunktionsgehäuse
PE	Polyethylen
PE-HD	Polyethylen mit hoher Dichte
PoP	Point of Presence
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid

ANGA Der Breitbandverband e.V.

Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)

Bundesverband Breitbandkommunikation e.V. (BREKO)

Deutsche Telekom Technik GmbH

EWE Netz GmbH

Gigabitbüro des Bundes

Rohrleitungsbauverband e.V. (rbv)

Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE)

Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/KRITIS e.V. (VST)

Vodafone GmbH

Carsten Engelke

Olaf Pauli

Lisia Mix

Mirko Adamy

Thomas Hoffmann

Dominic Titze

Konstantinos Makris

Thomas Sentko

Jan Syré

Heiko Eichstaedt

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr,
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Stand

Dezember 2023

Gestaltung | Druck

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Druckvorstufe | Hausdruckerei

Bildnachweis

Abbildung 1: © BMDV, Bausteine für Netzinfrastrukturen von Gebäuden, 2021

Abbildung 2: © Hexatronic GmbH

Abbildung 3: © Hexatronic GmbH

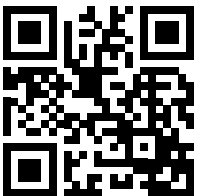
Abbildung 4: © FILOform B.V.

Abbildung 5: © FILOform B.V.







Abbildung 6: © Kabel Netzwerk Service GmbH

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben.

Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.



www.bmdv.bund.de

-  facebook.com/bmdv
-  twitter.com/bmdv
-  youtube.com/bmdv
-  instagram.com/bmdv
-  linkedin.com/company/bmdv-bund
-  social.bund.de@bmdv