

2 FTTx-Netze

2.1 Begriffserklärung

Die heute weitverbreitete Auslegung der Abkürzung FTTx steht für die Gesamtheit aller mit Glasfasertechnologie ausgestatteten Netze. FTTx hat sich als Oberbegriff für Glasfaserzugangsnetze durchgesetzt. Das x steht dabei als Platzhalter für den Punkt, bis zu dem die Glasfaser auf der letzten Meile in Richtung Kunden verlegt wird. Es wird meist zwischen drei Varianten unterschieden: FTTC (Fiber To The Curb) bedeutet Glasfaser bis zum Bordstein, FTTB (Fiber To The Building) Glasfaser bis zum Gebäude und FTTH (Fiber To The Home) steht für Glasfaser bis in die Wohnung. Auch gibt es weitere, nicht so verbreitete Abkürzungen, auf die hier aber nicht näher eingegangen wird.

2.2 Was ist Vectoring oder Super Vectoring?

Vectoring ist eine Technik, mit der Störungen in den Kupferleitungen unterdrückt werden können, bevor sie sich negativ auf den Datenaustausch auswirken. Vergleichen kann man dies mit Kopfhörern, die Außengeräusche unterdrücken. Mit Vectoring können zwar herkömmliche Kupferleitungen besser genutzt werden, im Vergleich zu Glasfaser sind sie aber keine zukunftsfähige Alternative. Dies gilt auch für die neue Variante von Super Vectoring.

Werden Kupferkabel anstatt Glasfaserkabel für die Internetübertragung verwendet, bedeutet dies eine erhöhte Störanfälligkeit. Vor allem auf dem letzten Teilstück der Kabelverbindung kommt es bei ihnen zu deutlichen Leistungsverlusten.

In Glasfasernetzen bleibt die Signalstärke auch auf langen Distanzen erhalten. Im Gegensatz dazu kommt es bei Kupferkabeln zu hohen Signalverlusten, je weiter der Kunde vom aktiven Verteiler entfernt ist. Mehr als 50 Mbit/s kann mit einem Internetanschluss per Kupferkabel selten realisiert werden. Bei langen Distanzen sind es oft sogar nur etwa 2 Mbit/s. Hier kann auch die Vectoring-Technik keine höheren Bandbreiten liefern.

Die Vectoring-Technik kann nur angewendet werden, wenn zumindest bis zum Kabelverzweiger ein Glasfaserkabel liegt. Mit einem Vectoring-Gerät in den Kabelverzweigern werden die Störsignale bis zum Endverbraucher weitgehend unterdrückt. Der Endverbraucher benötigt dann jedoch ein spezielles Modem, welches das Vectoring unterstützt. Die Störsignale auf der Leitung werden von beiden Enden ausgemessen und gezielt gelöscht.

Problematisch bei der Vectoring-Technik ist aber, dass nur ein einzelner Anbieter den Kabelverzweiger nutzen kann, da sämtliche Leitungen von diesem überwacht werden müssen. Ein weiterer Anbieter auf physikalischer Basis kann am gleichen Standort deshalb keine eigene Technologie installieren. Damit ist durch die Anwendung von Vectoring keine freie Wahl zwischen den Anbietern mehr möglich (kein sogenanntes „Open-Access-Netz“), was den Wettbewerb drastisch einschränkt. Dieser Zugang ist dann nur noch über ein spezielles VULA-Produkt³ oder Bitstreamprodukte möglich. Für die Förderung muss dieses Produkt zunächst von der EU genehmigt werden. Sollen VULA-Produkte im Rahmen des geförderten Ausbaus zum Einsatz kommen, können diese seit

³ VULA = Virtual Unbundled Local Access; vgl. Expert Opinion der Europäischen Kommission aus 2018

dem 02.10.2017 dem BMVI zur Prüfung der funktionalen Identität mit bereits genehmigten VULA-Produkten zur Begutachtung vorgelegt werden. Stand heute konnte die funktionale Identität bei drei vorgelegten VULA-Produkten festgestellt werden⁴. Weitere Produkte sind in der Prüfung, die dem Genehmigten entsprechen müssen. Für Super Vectoring gilt im Allgemeinen das oben Gesagte. Bei Super Vectoring sind höhere Bandbreiten von bis zu ca. 200 MBit/s in einem geringen Umkreis der Technikstandorte [passiver KVZ (Kupferkabelverzweiger der Deutschen Telekom) mit entsprechendem aktiven MFG (Multifunktionsgehäuse)] möglich. Hierbei wird eine noch höhere Rechenleistung und -kapazität zur Ausblendung von Störungen benötigt. Daraus ergibt sich ein erhöhter Stromverbrauch sowie eine entsprechende Abwärme, die zu einer erhöhten Geräuschkulisse an diesen Standorten durch Lüfter und Klimatechnik beitragen kann.

2.3 Was sind HFC- (Hybrid Fiber Coax) bzw. Glasfaser-Koax-Kupfer-Netze?

Glasfaser-Koax-Netze sind aus den ehemaligen Kabelfernsehtzen entstanden und wurden mit entsprechender Technik zur bidirektionalen Kommunikation aufgerüstet (sogenannte Rückkanaltauglichkeit), um hierüber auch Breitbanddienste verteilen zu können. Die Technik beruht im Wesentlichen auf Koaxialkabeln, die durch ihre Aufrüstung nicht nur Signale an Endkunden verteilen, sondern auch Signale von diesen empfangen und verarbeiten können. Diese Technik wurde zwischenzeitlich mehrmals angepasst und die Leistungen im Netz erhöht. Hierbei gibt es verschiedene Standards wie Docsis 3.0 und Docsis 3.1. Hohe Bandbreiten können über die (hochfrequenztauglichen) Kupfernetze nur dann verteilt werden, wenn die Verteilerstandorte zuvor mit Glasfasertechnik aufgerüstet wurden. Da es sich noch immer um Kupferleitungen handelt, gilt hierbei die gleiche physikalisch begründete Regel, dass mit zunehmender Länge die Bandbreite abnimmt. Je höher die zu übertragende Bandbreite werden soll, desto höher muss der Docsis-Standard sein. Das bedeutet, um möglichst hohe Bandbreiten zu verteilen, müssen die Hauptverteilerstandorte (Technikstandorte) nahe beim Kunden liegen. Die Anzahl der Teilnehmer sollte dann in einem Verteilcluster nicht zu hoch sein, da es sich bei dieser Technik um ein Shared-Medium handelt und sich alle Teilnehmer auf der Kupfer-Koax-Leitung die Bandbreite teilen müssen. Der Technikstandard Docsis 3.1 kann hierbei nur bis zu einigen 100 Mbit/s im Upload zur Verfügung stellen. Eine gigabitfähige Symmetrie ist dabei nicht gewährleistet. Aus diesem Grund bleibt abzuwarten, ob diese HFC-Netze auch zukünftig zu den gigabitfähigen Infrastrukturen zu zählen sind. Ebenfalls ist es hierbei aktuell nicht möglich, unter den verschiedenen Betreibern zu wechseln (Gewährung von Open Access), da es hierfür aktuell keine gesetzlichen Vorgaben zur Installation der entsprechenden Technik für Open Access gibt.

2.4 Was ist ein Open Access?

Unter Open Access wird der diskriminierungsfreie Zugang aller Marktteilnehmer zu einer passiven Infrastruktur bis zum Endkunden verstanden.⁵

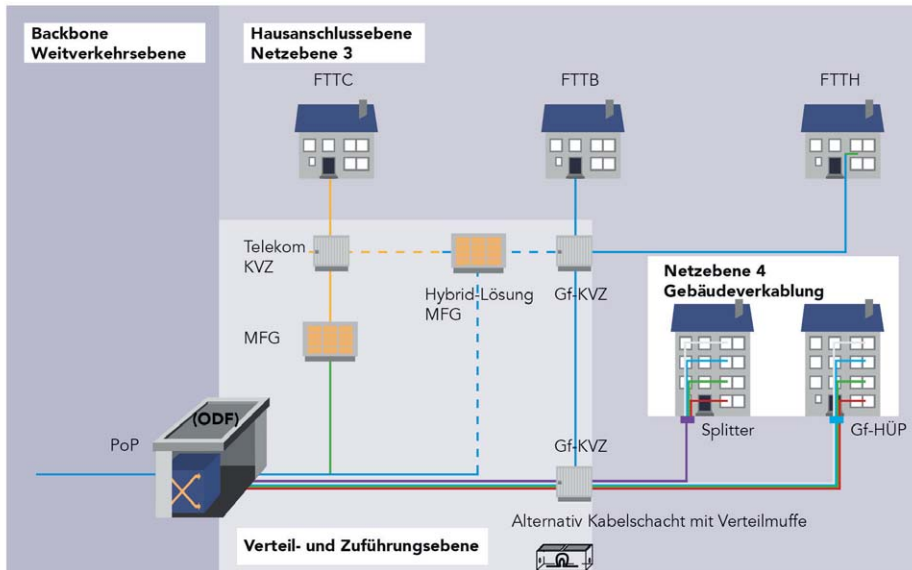
⁴ Vgl. <https://aconium.eu/kompetenzen/foerdermittelberatung/breitbandfoerderung-gigabit/infrastrukturprojekte/open-access-und-vula/>

⁵ Vgl. Open Access-Regelung der EU der zugelassenen OA-Produkte und TKG § 154

Open Access bedeutet, dass ein Betreiber eine offene Zugangsplattform bzw. einen physikalisch entbündelten Netzzugang bis zum Endkunden herstellen kann. Hiermit sollen die Wettbewerbsneutralität sowie kalkulierbare Kosten für weitere „dritte“ Netzbetreiber und Diensteanbieter aufrechterhalten bleiben. Dies bedeutet, dass jeder Telekommunikationsbetreiber und -provider, der berechtigtes Interesse an einem öffentlichen Verteilerdienst hat, auf die Infrastruktur (auch solche, die öffentlich gefördert wurde) ohne Einschränkungen zugreifen kann. Hieraus ergibt sich, dass die Ressourcen optimal genutzt werden können und auch keine weitere Infrastruktur verlegt werden muss. Weitere Zugangsvoraussetzungen und Informationen finden Sie im aktuellen Telekommunikationsgesetz (TKG §§ 154 ff. 2021).

2.5 Glasfasernetztechnologien – FTTx-Netz

FTTx = Fiber To The x
(Glasfasernetztechnologien)



Legende:



- PoP = Point of Presence
- MFG = Multifunktionsgehäuse
- KVZ = Kabelverzweiger
- Gf-KVZ = Glasfaser-Kabelverzweiger
-  = Glasfaserkabel
-  = XPON (nicht förderfähig)
-  = Kupferkabel

Abbildung 2.1 Glasfasertechnologie FTTx

4 Faserkonzept/Spleißplanung

4.1 Faserkonzept Hauptnetz (Backbone)/Verteilnetz (Backhaul)

Die Vorgabe ist, im Backbone mindestens ein 144/288- sowie für innerörtliche Netze (POP zu FTTB-Verteilern, Backhaul-Netz) ein 576-faseriges Kabel sowie die dazugehörigen Rohrtypen in allen Städten, Gemeinden und Weilern zu realisieren. Diese Kabel verbinden die Verteileinheiten Point of Presence (POP) und Multifunktionsgehäuse (MFG) bzw. Glasfaser-Verteiler oder Schächte miteinander. Die Anzahl von 576-Fasern ist speziell bei geförderten Projekten¹⁹ bei wenig bestehenden Leerrohrkapazitäten und Nutzung dieser zu verwenden.

Die Faserverbindungen sind im Besonderen bei POP-zu-POP-Anbindungen redundant zu gestalten. Ein zweites 144/288/576-faseriges Kabel verläuft jeweils von POP 1 bis POP n+1. Weiterhin ist eine Vermaschung der einzelnen POPs untereinander zu gewährleisten. Dies kann Ausfallzeiten bei Havarien in der Ringstruktur verhindern und die Performance des Netzes erheblich steigern. Hierbei sind genügend freie Fasern zu berücksichtigen.

Bei der Verschaltung der Fasern ist die Zählweise für ein 24 x 12-Bündeladernkabel wie in Abbildung 4.1 zu nutzen.

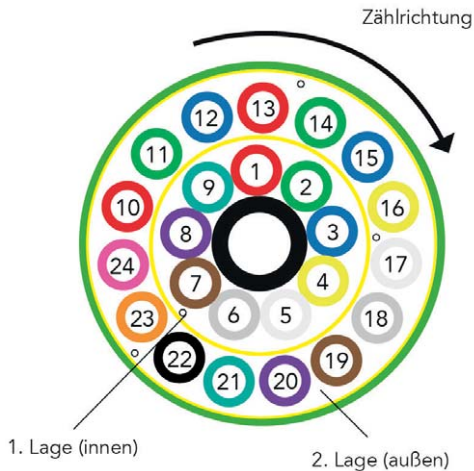


Abbildung 4.1 Zählweise für 24 x 12-Bündeladern

¹⁹ Gilt nur in Absprache und nach vorheriger Genehmigung durch den Fördermittelgeber bzw. Projektträger.

Die LWL Kabel werden von der innersten Lage beginnend nach dem unten stehenden Farbcode ausgezählt.

DIN Farbcode:

Innen 1	Innen 2	Innen 3	Innen 4	Innen 5	Innen 6	Innen 7	Innen 8	Innen 9	Außen 1	Außen 2	Außen 3
rot	grün	blau	gelb	weiß	grau	braun	violett	türkis	rot	grün	blau
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Außen 4	Außen 5	Außen 6	Außen 7	Außen 8	Außen 9	Außen 10	Außen 11	Außen 12	Außen 13	Außen 14	Außen 15
rot	grün	blau	gelb	weiß	grau	braun	violett	türkis	schwarz	orange	rosa
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Abbildung 4.2 DIN-Farbcode für Kabel

Grundsätzlich sind Redundanzen im Backbone nicht in der gleichen Trasse vorzusehen. Falls aus technischen Gründen dies nicht möglich ist, ist Rücksprache mit dem Auftraggeber bzw. Infrastruktureigentümer zu halten und mindestens ein getrenntes Kabel in einem Schutzrohr in verschiedenen Verlegetiefen vorzusehen. Dadurch ist bei Beschädigung einer dieser Leitungen der Weiterbetrieb des Netzes gewährleistet.

Im Regelbetrieb sollte die maximale Länge des Signalweges 10 km im Verteilnetz/Hausanschlussnetz bis zum Kunden nicht überschreiten. Das Spleißschema ist entsprechend den Vorgaben zu erstellen.

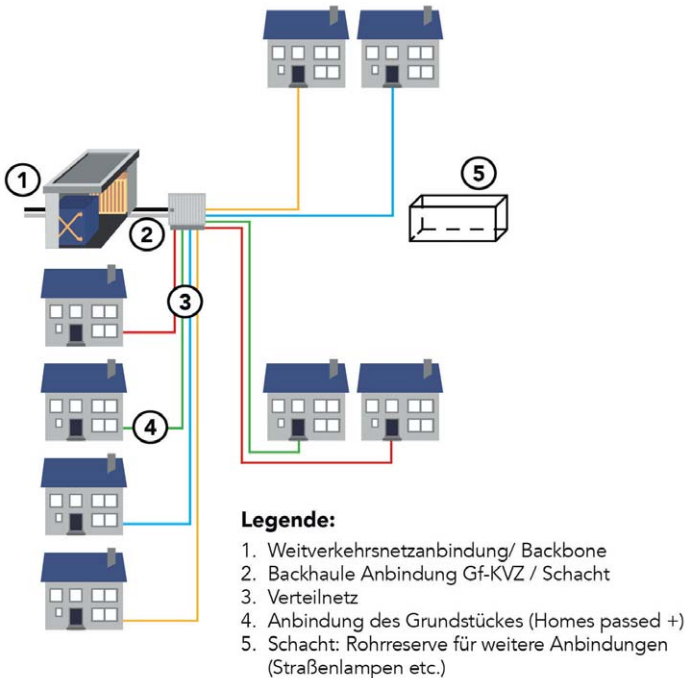
Die Fasern für die Anbindung von Technikstandorten werden in Muffen aus dem Hauptkabel zum Technikstandort bedarfsgerecht, in der Regel mindestens 2 Faserpaare, herausgeführt. Die Anzahl der Spleiße ist abhängig vom Aufbau eines geförderten oder nicht geförderten Netzes. Dies muss hierbei beachtet werden. Insbesondere ist die Stelle des Kollokationspunkts zu beachten. Bei FTTC-Netzen dürfen nur die Fasern in einen MFG-Technikstandort eingeführt werden, wie im Faserkonzept dargestellt.

Das Durchschleifen von Backboneanbindungen in einen Technikschränk, POP und MFG ist zu vermeiden, um bei einer Störung (z. B. Umfahren oder Zerstören eines MFG- oder POP-Gehäuses) nicht großflächige Ausfälle mehrerer Technikstandorte zu begünstigen.

Die Planungen im passiven Netz sind entsprechend in redundanten Ringen durchzuführen. Eine Low-Level-Planung der Leerrohrsysteme und Kabelführungen sowie eine High-Level-Spleiß- und Verschaltungsplanung sind zu erstellen.

FTTB = Fiber To The Building

(Glasfasernetz bis zum Gebäude / Keller)

**Abbildung 4.3** Rohrkonzept FTTB

Zu planen sind mindestens 12-faserige Kabel bei einem Wohngebäude mit einem bzw. bis zu zwei Wohneinheiten (vgl. Faserkonzept). Dabei werden vorsorglich mindestens 4 Fasern pro WE und 2 pro Gebäude im Gf-APL (HÜP) auf Pigtails LC/APC 8° gespleißt. Dies kann in Abhängigkeit des Kollokationspunktes variieren (vgl. Abschnitt 2.9). Das Kabel und die Fasern im Verteilnetz sind grundsätzlich separat vom Backbone zu realisieren (vgl. Bundeskonzept bei Bundesförderung).

Eine entsprechende Kabelzugplanung und Spleißplanung ist in elektronischer Form (z. B. in Visio) und einer Datenbank (MS Access) und in Exceltabellen oder den Planungsprogrammen für Spleißplanungen (z. B. NET o. a.) sowie in Papierform/pdf (Übersichtspläne, schematisch technische Darstellung, Schaltbilder) für die Backbone- und Verteilnetzebene zu erstellen. Die Planung und Dokumentation hat gemäß den Dokumentationsvorgaben²⁰ des Auftraggebers und Infrastruktüreigentümers in den vorgegebenen Austauschformaten (Datenbank, z. B. MS Access, Excel, GIS [Shape-Layer] gdb sowie in visueller Darstellung) sowie ebenfalls in Papierform und elektronisch (Ordner, USB-Stick oder Online Storage) zu erfolgen. Die GIS-Nebenbestimmungen des jeweiligen Landes, ggf. des Bundes, sind im Bedarf bei geförderten Projekten zu beachten und einzuhalten.

Generell sind vor den POP/MFG-Technikstandorten (FTTC/Hybride Netze) Schächte mit Muffen (ggf. auch andere Verteileinheiten) einzuplanen (bei POP-Standorten kann das je nach Größe und Anzahl der Faserkapazitäten variieren).

²⁰ Vgl. auch Kapitel 11 Dokumentation.

14 Einheitliches Materialkonzept zur Errichtung eines Next Generation Network (FTTB-Netze)

Das vorliegende Materialkonzept beschreibt Standards zur Errichtung von Hoch- und Höchstgeschwindigkeitsnetzen. Es handelt sich um ein dynamisches Konzept, das auf Basis von Erfahrungswerten in der Praxis stetig weiterentwickelt wird.

14.1 Allgemeines

14.1.1 Material-Kennzeichnung mit QR-Code

Alle Materialien (Leerrohrsysteme, Kabel, Gehäuse etc.) sind, soweit technisch möglich, mit einem QR-Code zu versehen, welcher auf Informationen zu Lieferanten, Produktionsdaten, Typenangaben und Anleitungen/Videos verweist. Bei Leerrohren und Kabeln sollte der QR-Code der Länge nach im Abstand von 10 Metern angebracht werden und er muss auf der Trommel beidseitig groß und gut lesbar sein. Die Inhalte des QR-Codes sind zusätzlich in Textform aufzubringen. Mindestens ist dieser auf jeder Trommel gut sichtbar auf einem wetterbeständigen Material (Lesbarkeit > 5 Jahre) anzubringen und bei jeder Verwendung des Materials auch einzulesen.

14.1.2 Anforderungen an die PE- und HDPE-Kabelschutzrohre mit Innenriefung

Kabelrohre aus PE-HD nach DIN 16874 und DIN 16876 in Anlehnung an DIN 8074/75, geeignet zur Verlegung im Hochdruckspül- und Einflugverfahren (Zugfestigkeit für PE-HD 50 (50/4,6) min. 4000 Nm, für Mikrorohr gelten die angegebenen Werte pro Mikrorohr/-verband), auch ohne Sandbett, sowie zur Verlegung im offenen Graben. Geeignet zum Einblasen und Einziehen von LWL-Kabeln und Mikrorohren; Farbe Schwarz mit unterschiedlichen Farbstreifen, an der Innenfläche längs verlaufende Innenriefung; Lieferaufmachung: Trommel oder Ringbund. Für die Stangenware aus PE-HD gilt DIN 16876. Für Rohre aus PVC gelten DIN 16873 und DIN 16875 sowie DIN 8061/62.

Kennzeichnung

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

- Name der Herstellerfirma bzw. deren Kurzzeichen oder Firmensymbol
- Produktbezeichnung/Dimensionierung/Herstelldatum (in Kurzform), Uhrzeit
- laufendes Metermaß (4-stellig) von 0000 bis 9999 mit Meterkürzel „m“
- Signierung und Prägung/Aufdruck der Metrierung sowie Chargennummer mit Datum für die eindeutige Rückverfolgbarkeit
- Name des Auftraggebers (optional)

- Service-Nummer des Auftraggebers (optional)
- Achtung LWL
- zum Aufdruck vergleiche zusätzlich Abbildung 14.1

Die Kennzeichnung ist nach DIN 1451 im Abstand von max. 1 m dauerhaft längs zur Rohrachse auf dem Mantelrohr aufzubringen. Die Beschriftung der Einzelrohre erfolgt wie oben (zusätzlich siehe Abbildung 14.1).

Beschriftung

• Schriftart:	Arial oder ähnlich
• Neigung:	90°
• Schrifthöhe:	vgl. Abbildung 14.1

Schriftfarbe

Weiß (bei schwarzem Leerrohr), ansonsten Schwarz

Lieferform

Die Lieferlängen sind an beiden Enden (rechtwinklig zur Rohrachse geschnitten) mit Verschlusskappen zu verschließen. Diese Verschlusskappen sind so fest anzubringen, dass sie bei Transport- und Verladearbeiten nicht verloren gehen.

Jede Lieferlänge (Trommelkennzeichnung oder Bundkennzeichnung) ist mit einem dauerhaften Etikett gut lesbar (Beschriftung mit unverwischbarer Farbe und/oder Präge-/Plasmadruckverfahren) auf beiden Trommelseiten zu beschildern, welches nachstehende Informationen aufweist. Zusätzlich sind diese Informationen als QR-Code abrufbar anzubringen:

- Name und Adresse des Herstellers
- Produkt-Name, Dimension und Farbe des Außenmantels (z. B. RV 4 x 20/15 orange)
- Herstellungsdatum
- Lieferlänge in m
- Artikelnummer
- Chargennummer
- Prüfkennzeichnung (PE-Kabelschutzrohre druckgeprüft, Durchgängigkeit geprüft)
- Produkthinweise

Die Trommellieferung hat zu dem jeweiligen Abruf zu erfolgen. Die Trommeln, die für die Lieferung der Kabelschutzrohre notwendig sind, werden vom Lieferanten kostenfrei bzw. als Einwegholztrommeln rückgabefrei bzw. mietfrei zur Verfügung gestellt. Diese können aus Holz, Stahl oder einer Holz-Stahl-Konstruktion gefertigt sein.

Der Verband auf der Trommel muss so gewickelt sein, dass keine Druckstellen, Verpressungen, Ovalitäten auf den einzelnen Lagen entstehen können. Die Lagen müssen eng aneinander liegen, sodass kein Verrutschen unter den Lagen und auf der Trommel möglich ist.

Das Kabelschutzrohr ist auf geeigneten Trommeln zu liefern. Das innere Ende des Kabelschutzrohres ist am Trommelkern so zu befestigen, dass eine Prüfung auf der Baustelle möglich ist. Alle Einzelrohrenden im Verbund müssen fest mit wiederverwendbaren Kappen verschlossen sein. Die vollbestückten Trommeln sind zum Schutz mit schwarzer Folie zu umwickeln, bei offenen Seiten sind diese möglichst vor Sonneneinstrahlung mit Folie zu schützen. Von jeder

Trommel ist mindestens 1 Stück des Leerrohres in 1 m Länge mit dem gesamten Aufdruck für mindestens 3 Jahre vorzuhalten und auf Verlangen vorzulegen.

Die entsprechenden Protokolle sowie Muster sind auf Verlangen innerhalb von 5 Werktagen vorzulegen.

14.1.3 Rohranlagen

Material	Mikrorohr	Mikrorohr	Kabelschutzrohr (KSR)
Benennung Rohrverband	12 x 10/6 mm***	4 x 20/15 mm 6 x 20/15 mm ***	12 x DA50 x 4,6 mm in Ausnahmefällen ***
Anwendung	Verteilebene*	Backbone oder Weitverkehrsebene innerorts**	Backbone- oder Weitverkehrsebene**
Dimension	12 Einzelrohre mit DA = 10 mm, DN = 6 mm	4 Einzelrohre mit DA = 20 mm, DN = 15 mm	3 Einzelrohre mit DA = 50 mm, DN = 41 mm oder 3-fach DA 50
Ausführung Einzelrohr	HDPE; rund oder klappbar; durchgefärbt nach VDE 0888 mit aufgedruckter Rohrnummer und Farbe, z. B. Rot etc., und min. 1 extrudierten Streifen in Farbe des Mantels (Höhe 5 mm); Färbung nach DIN VDE 0888 mit extrudiertem Mantel „flächendeckend“, Farbe des Streifens und Rohrnummer müssen in Schriftform aufgedruckt (Höhe 6 mm) werden; Längsinnenriefung	HDPE; rund oder klappbar; durchgefärbt nach VDE 0888 mit aufgedruckter Rohrnummer und Farbe, z. B. Rot etc., und min. 1 extrudierten Streifen in Farbe des Mantels (Höhe 5 mm); Farbe des Streifens und Rohrnummer müssen in Schriftform aufgedruckt (Höhe 6 mm) werden; Längsinnenriefung	HDPE; durchgefärbt oder mit 2 bis 4 extrudierten Streifen je Rohr in Farbe Rot, Grün, Blau (Höhe 10 mm); Farbe des Streifens muss in Schriftform aufgedruckt (Höhe 10 mm) werden; Längsinnenriefung
Mantelfarben	<ul style="list-style-type: none"> • Grün • Orange • Rot • Blau • Gelb • Transparent** 	FTTB/C (innerorts): <ul style="list-style-type: none"> • Grün • Orange • Rot • Blau • Gelb • Transparent** • Backbone Grau 	<ul style="list-style-type: none"> • Hauptfarbe (Schwarz)
Erläuterung	Standardgröße	Standardgröße	Vielorts schon verlegt
Falls weitere Mantelfarben benötigt werden, können diese in Abstimmung mit dem Auftraggeber verwendet werden. Dies macht jedoch die Logistik schwieriger.			
* Verteilebene: zwischen Glasfaserverteiler (Gf-KVZ) und Gebäude; DA = Außendurchmesser			
** Zuführungsebene: zwischen POP und POP oder POP und Glasfaserverteiler; DN = Nenndurchmesser			
***KSR und Mikrorohrverband bei Bestand nach Absprache mit Auftraggeber			

Abbildung 14.1 Materialvorgaben