

Bereit für schnelle Netze

Planungsleitfaden Breitband

Technische Verlegeanleitung
zur Planung und Errichtung von
Telekommunikations-Leerrohr-Infrastrukturen



Vorwort



Breitband-Datennetze sind die Infrastruktur der Informationsgesellschaft. Sie ermöglichen, erleichtern und beschleunigen unzählige wirtschaftliche, soziale und kulturelle Prozesse. Der Zugang zu den modernen, internet-basierten Kommunikationsformen wird für die Teilhabe am sozialen, kulturellen und politischen Leben immer wichtiger. Zugleich sind leistungsfähige Datennetze ein unverzichtbarer Standortfaktor für unsere Unternehmen.

Deshalb haben wir uns für die heimische Breitbandinfrastruktur ehrgeizige Ziele gesetzt. Bis zum Jahr 2020 soll es für die österreichischen Haushalte und Unternehmen flächendeckenden Zugang zu Hochleistungsbreitband mit mindestens 100 Megabit/Sekunde geben.

Eine Maßnahme der Breitbandstrategie 2020 bezieht sich auf die bessere Koordination beim Rollout von Breitbandinfrastruktur. Denn Bau- und Grabungsarbeiten sind der größte Kostenfaktor. Wenn man jetzt die Möglichkeit nutzt, im Zuge der Erneuerung von Energie-, Wasser- oder Fernwärmeleitungen gleich die Voraussetzungen für Breitband zu schaffen, kann der finanzielle Aufwand für die Erschließung stark reduziert werden.

Wie das am besten geht, dafür hat das Breitbandbüro meines Ministeriums jetzt einen umfassenden Leitfaden mit einer technischen Verlegeanleitung für die Planung und Errichtung von Telekommunikations-Leerrohr-Infrastrukturen erstellt. Dieser Planungsleitfaden ist gezielt an den Anforderungen von Gemeinden, Planungsbüros und Bauträgern ausgerichtet.

Mit diesem Leitfaden wollen wir Synergien möglich machen. Intelligentes und vorausschauendes Planen bringt uns unserem gemeinsamen Ziel wieder einen Schritt näher.

Alois Stöger
Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
Überblick	5
A. Handlungsanleitungen	6
A.1 Allgemeines	6
A.2 Netzstrukturen	8
A.3 Kooperationsmodelle	12
A.4 Projektablauf	14
A.5 Planungsprozess	19
A.6 Kostenplanung	24
B. Technik	26
B.1 Netzelemente	26
B.1.1 Elemente eines optischen Zugangsnetzes	26
B.1.2 Elemente einer optischen Gebäudeinstallation	29
B.2 Netzarchitekturen	31
B.3 Leerrohrtechnik	33
B.3.1 Übersicht Kabelschutzrohre	33
B.3.2 Leerrohrtechnik für Zubringerleitungen	33
B.3.3 Leerrohrtechnik für Hauptkabel	37
B.3.4 Leerrohrtechnik für Hauseinführungskabel	39
B.4 Einbau von Leerrohren	42
B.4.1 Tiefbau	42
B.4.2 Verlegung von Mikrorohren	44
B.4.3 Alternative Verlegemethoden	47
B.4.4 Mitverlegung und Mitnutzung	50
B.5 Ortszentralen	52
B.6 Faserverteiler	53
B.7 Gebäudeanschluss	55
B.8 Lichtwellenleitertechnik	57
B.8.1 Lichtwellenleiter	57
B.8.2 LWL-Kabel	59
B.8.3 Optische Verbindungstechnik	60
B.8.4 Einbau von LWL-Kabeln	63
B.8.5 Optische Messtechnik	65
C. Anlagen	67
C.1 Normen	67
C.2 Spezifikationen	69
C.3 Literaturhinweise	75
C.4 Abkürzungen	76
C.5 Glossar	77
C.6 Abbildungen und Tabellen	81
C.7 Versionsverzeichnis	82
C.8 Kontakt	83

Einleitung

Das Ziel der Breitbandstrategie vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie ist es, bis 2020 flächendeckend Übertragungsraten von mindestens 100 Mbit/s zur Verfügung zu haben. Denn eine leistungsfähige Infrastruktur ist die beste Basis für zukünftiges Wirtschaftswachstum und sozialen Wohlstand. Durch intelligente Rahmenbedingungen, die Koordination von Grabungsarbeiten zwischen Kommunen und Betreibern und durch optimale Förderungen soll dieses ambitionierte Ziel erreicht werden. Abseits der Städte und Ballungsgebiete gilt es, den Ausbau besonders intelligent zu planen. Denn gerade hier gibt es kaum einen Wettbewerb zwischen den verschiedenen Telekom-Anbietern, die aus kommerziellen Gründen dort keine Infrastruktur errichten und betreiben.

Intelligent planen heißt, Synergien zu nutzen, zum Beispiel mehrere Tiefbauprojekte zusammen zu legen. Intelligent planen heißt aber auch langfristig zu planen. Ein Leerrohrsystem muss mindestens 50 Jahre halten, Glasfaserkabel sollten 25 Jahre genutzt werden. Nicht im nachträglichen Aufrüsten, sondern im vorausschauenden Planen liegt der Erfolg. Eine aktive Planung ist der Schlüssel, um die zukünftige Breitbandversorgung optimal zu gestalten.

Diese technische Verlegeanleitung des Breitbandbüros, die Sie in Händen halten, ist ein Planungsleitfaden, geschrieben für Gemeinden, Gemeindeverbände, Planungsbüros und Bauträger, die Leerverrohrungen planen und errichten. Da es auf dem Markt eine Vielzahl von Leerrohrsystemen und -komponenten gibt, ist die Auswahl nicht einfach: Welches passt für welchen Zweck? Welche Voraussetzungen sind zu berücksichtigen und wie funktioniert der Einbau? Mit welchen Kosten ist zu rechnen?

Diese Broschüre beantwortet viele der Fragen. In der Einleitung (Teil A), die in das Thema Breitband einführt, werden unter anderem Netzstrukturen, Kooperationsmodelle sowie der Planungsprozess beschrieben. Der Hauptteil (Teil B) behandelt Netzelemente, Netzarchitekturen und Leerrohrtechniken. Im dritten Abschnitt (Teil C) finden sich Normen, technische Spezifikationen, Literaturhinweise und das Glossar wieder.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Planung und Umsetzung von Leerrohrsystemen.

Ihr Breitbandbüro

Überblick

Allgemeines

Das Thema Breitbandversorgung nimmt insbesondere in ländlichen Regionen eine immer wichtigere Rolle ein. Wenn Telekommunikationsunternehmen den Breitbandausbau auf dem Land aufgrund fehlender wirtschaftlicher Attraktivität nicht vorantreiben und mittelfristig auch keine Betreiberförderungen absehbar sind, braucht es alternative Lösungen.

Zu prüfen wäre, ob nicht andere Investoren im Sinne der Erhaltung und Verbesserung der Standortattraktivität in eine passive Netzinfrastruktur investieren sollten. Diese Infrastruktur kann dann an einen Betreiber vermietet werden, der die notwendige Servicequalität bietet. Um Synergien zu nutzen, werden solche Entscheidungen oft an andere Tiefbauprojekte gekoppelt.

Qualität ist wichtig

Ultraschnelle Breitbandnetze benötigen eine geeignete Leerrohr-Infrastruktur, in der die Lichtwellenleiterkabel geführt werden. Eine Leerrohr-Infrastruktur, die mit hohen Tiefbaukosten verbunden ist, muss mit Qualität und Präzision erstellt werden. Die Brauchbarkeitsdauer eines Leerrohrsystems muss bei mindestens 50 Jahren liegen, die Nutzungsdauer von Glasfaserkabeln bei 25 Jahren. Deshalb sollten ausschließlich Komponenten mit zertifizierter Qualität verwendet werden und die betrauten Firmen die nötige Fachkompetenz nachweisen.

Zweck und Zielgruppe

Diese technische Anleitung ist ein Planungsleitfaden, der insbesondere Gemeinden, Planungsbüros und Unternehmen, die Leerverrohrungen errichten, eine Hilfestellung sein soll. Da es auf dem Markt eine Vielzahl von Leerrohrsystemen und -Komponenten gibt, ist die Auswahl nicht einfach. In dieser Anleitung werden die am häufigsten verwendeten Lösungen genannt. Das Ziel ist auch, ein gewisses Mindestmaß an Standardisierung zu erreichen, um Kooperationen zwischen Infrastrukturbesitzern und Netzbetreibern zu erleichtern.

Inhalt dieser Anleitung

Dieses Dokument versucht alle Aspekte von der Planung bis zur Errichtung von passiven Glasfaser-Zugangsnetzen darzustellen. Es beginnt mit strategischen Themen und führt zur Beschreibung einzelner Komponenten und deren Einbau. Die wichtigsten Normen wie auch technische Spezifikationen für entscheidende Komponenten werden angeführt und zur Orientierung an einigen Stellen auch grobe Richtpreise (ohne USt. Stand 2015) angegeben.

A. Handlungsanleitungen

A.1 Allgemeines

Bandbreitenbedarf in Zukunft

In den letzten 20 Jahren hat der Internetverkehr ständig zugenommen. Laut Prognosen¹ soll das Datenvolumen im Festnetzbereich auch weiterhin mit 30 % bis 40 % pro Jahr wachsen. Dies erfordert immer höhere Anschlussdatenraten.

Breitbandversorgung als Herausforderung

Der Telekommunikationsmarkt ist ein regulierter Wettbewerbsmarkt. Etablierte Anbieter bauen Netze vor allem in Gebieten mit höherer Kundendichte, wo es sich für sie rechnet. Auf Grund der hohen Nachfrage gibt es deshalb in Ballungsräumen mehr als einen Anbieter. Dort funktioniert der Markt und damit auch der Wettbewerb.

In ländlichen Regionen hingegen werden Investitionen oft nur getätigt, wenn sie von öffentlicher Hand unterstützt werden. So wird die Breitbandversorgung auf dem Land zur Herausforderung. Wie kommt man auf regionaler oder lokaler Ebene zu einer leistungsfähigen Netzinfrastruktur? Um diese Aufgabe angehen zu können, braucht es neue Konzepte. Der Bedarf daran wird besonders dann dringend, wenn:

- ▶ sich eine Unterversorgung abzeichnet oder bereits vorherrscht
- ▶ Reklamationen von privaten Nutzern oder Unternehmen vorliegen
- ▶ sich neue Betriebe ansiedeln wollen, die ultraschnelles Internet brauchen
- ▶ neue Gewerbe- oder Wohngebiete erschlossen werden sollen
- ▶ TK-Unternehmen nur mit öffentlicher Hilfe bereit sind zu investieren
- ▶ Tiefbauprojekte anstehen (z.B. Siedlungswasserbau, Fernwärmeversorgung, Gasversorgung, Straßensanierungen)
- ▶ es unzureichende regionale Anbindungen, also Zubringerleitungen oder zu lange Verbindungsstrecken, zwischen Ortsteilen gibt

Wettbewerb der Zugangstechnologien

Im Zugangsnetz, also auf der letzten Meile bis zum Teilnehmer, konkurrieren derzeit mehrere Technologien, die sich im Übertragungsmedium unterscheiden (Kupfer-Doppelader, Koaxkabel, Lichtwellenleiter, Funk). Jede Technologie hat spezifische Eigenschaften und eine gesonderte Verbreitung.

Natürlich versuchen die Anbieter die Infrastruktur, die sie haben, aus wirtschaftlichen Gründen möglichst lange zu nutzen und dann schrittweise in Richtung Glasfaser zu gehen, indem sie mit der Glasfaser immer näher an den Kunden rücken.

¹ Quelle: „Cisco’s Visual Networking Index 2012-2017“ und Angaben von Internet Providern

In peripheren und verstreuten Siedlungsgebieten wird man deshalb für eine längere Übergangszeit die Kupfertechnologien weiter verwenden und mit verbesserten Zuleitungen zu den Ortszentralen ergänzen müssen, um eine wirtschaftliche Lösung für schnelles Breitband anbieten zu können (FTTC).

Der Mobilfunk hat sich ebenfalls weiterentwickelt. Die Funktechnologie der 4. Generation „LTE“ wird zunehmend auch im ländlichen Bereich eingesetzt. Dies kann in unterversorgten Gebieten auf jeden Fall eine spürbare Verbesserung bewirken. Für Nutzer mit erhöhtem Bandbreitenbedarf ist mobiles Internet zwar kein Ersatz für das Festnetz-Internet, in ländlichen Gebieten kann es aber eine wichtige Ergänzung und Überbrückung darstellen.

	Alte Technologie	Übergangstechnologie	Zukunftstechnologie
Festnetz	ISDN DSL DOCSIS 1	ADSL2+ VDSL2 DOCSIS 2.0 DOCSIS 3.0	Glasfaser (FTTH/FTTB)
Mobilfunk	GSM UMTS	HSDPA HSPA+ WLAN WiMax	LTE (advanced)
	1995	2005	2015-2020

Tabelle 1: Technologieübersicht

Die Zukunft im Festnetz heißt Glasfaser

Langfristig hat die Glasfasertechnologie im Festnetz die besten Zukunftsperspektiven. Sie hat uneingeschränkte Bandbreitenreserven und wird letztendlich bis zum Kunden führen. Das übliche Telefonkabel als Übertragungsmedium von Daten wird mittelfristig an Bedeutung verlieren. Das Koaxkabel der Kabelnetzbetreiber hält sich noch länger am Markt.

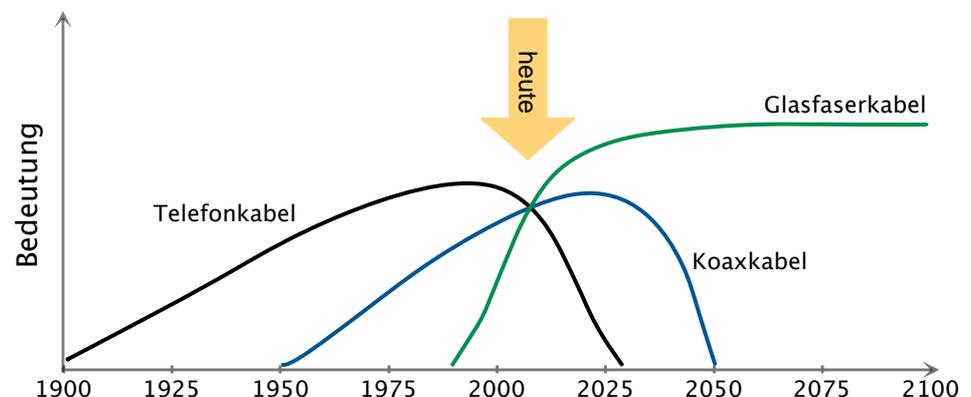


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der Zugangstechnologien im Festnetz

Das Haupthindernis eines flächendeckenden Glasfaserausbaus sind enorme Tiefbaukosten. Oberstes Ziel aller Überlegungen muss deshalb sein, den Ausbau so geschickt und kostengünstig zu planen, dass langfristig ein wirtschaftlicher Betrieb ermöglicht wird.

Dieses Dokument konzentriert sich auf die Planung und Errichtung von Glasfasernetzen bis in die Wohnung (FTTH „Fiber to the Home“) bzw. bis zum Haus (FTTB „Fiber to the Building“).

Die zukünftigen Technologien zusammengefasst:

Es gibt derzeit nur die Glasfasertechnologie, die ausreichend Möglichkeiten und Reserven für die Zukunft bietet. Die große Herausforderung ist, die Kosten für den Tiefbau und damit das Investitionsrisiko zu minimieren.

Die 4G-Mobilfunkgeneration LTE ist eine wichtige komplementäre Technologie zur Glasfasertechnologie. Dies gilt insbesondere für das mobile Arbeiten und für die Versorgung von dünner besiedelten Regionen.

A.2 Netzstrukturen

Begriffsdefinitionen

Grundsätzlich kann man in Telekommunikationsnetzen zwei Teilbereiche unterscheiden: den Zugangsbereich ("Access Network") und den Kernbereich ("Core Network")².

Dem Kernbereich eines Netzes sind die Schaltzentralen (Vermittlungsstellen, Backbone-Router, Netzknoten) und die zugehörigen - in der Regel breitbandigen - Übertragungswege zuzuordnen.

Im Zugangsbereich erfolgt die Anbindung der einzelnen Teilnehmer mittels leitungsgebundener Technologien oder über Funk. In beiden Fällen werden innerhalb des Zugangnetzes Konzentratoren eingesetzt, um mit bereits konzentriertem Verkehr eine kostengünstige Anbindung an das Kernnetz realisieren zu können.

Dieses Dokument beschränkt sich auf optische Zugangnetze. Im englischen Sprachgebrauch wird auch der Begriff „Optical Access Networks“ eingesetzt.

Wenn hier der Begriff Zugangnetz verwendet wird, so ist damit der Netzabschnitt zwischen einer Ortszentrale und der Hauseinführung des Teilnehmers gemeint.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Zugangnetz in einer ländlichen Ortschaft mit Anbindung an ein Kernnetz. Man sieht an diesem Praxis-Beispiel, dass eine Zubringerleitung oft sehr lang sein kann und deshalb hohe Kosten verursacht (typisch 40.000 bis 80.000 EUR pro km).

² Quelle: RTR

Weiters wird ersichtlich, dass in diesem Fall eine Unterbrechung der Zubringerleitung zu einem Ausfall des Zugangsnetzes führt, da keine zweite Anbindung vorhanden ist.

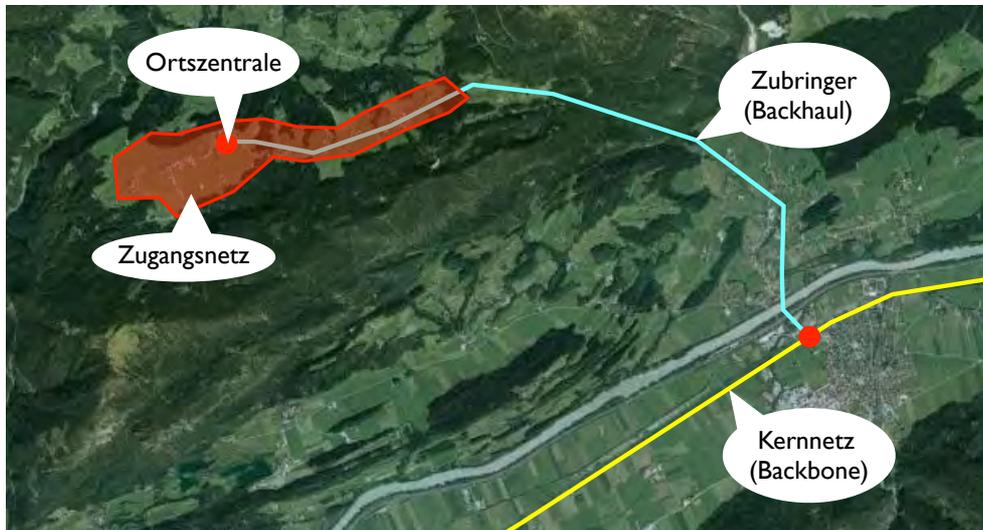


Abbildung 2: Zugangsnetz mit Anbindung an das Kernnetz

Im Ortsbereich selbst sieht in einer ländlichen Umgebung die Planung eines Zugangsnetzes wie in folgender Abbildung aus.

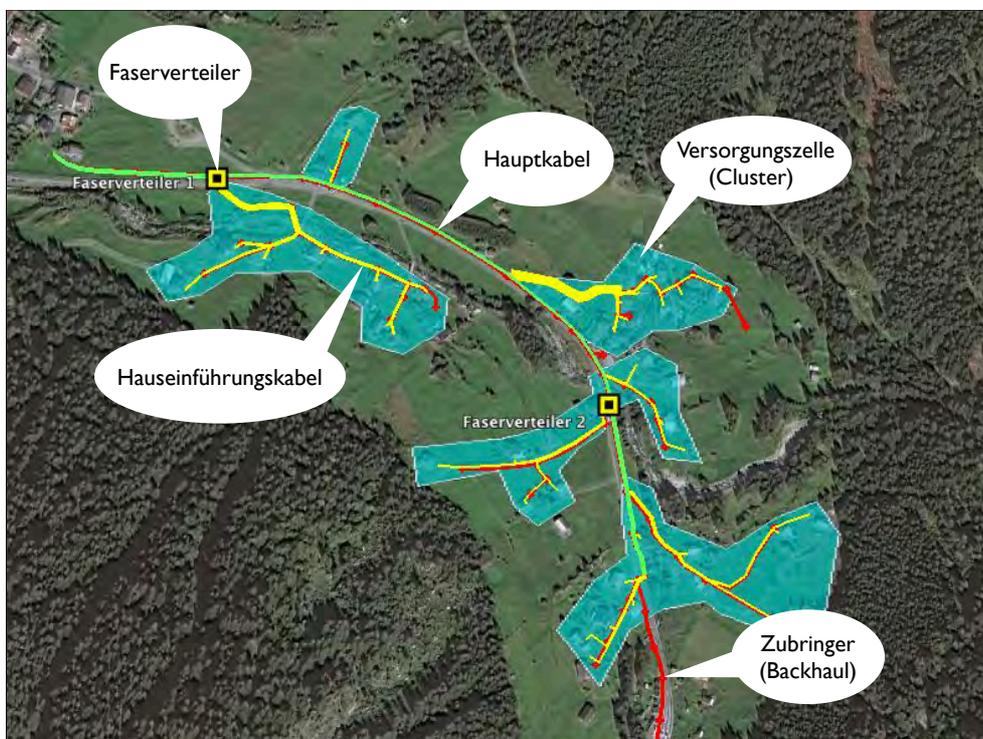


Abbildung 3: Beispiel für eine Netzplanung im Ortsbereich

Zunächst muss überlegt werden, welche Ausdehnung das Netz haben soll. Dann werden Versorgungszellen (Cluster) von Gebäuden gebildet, die über Mikrorohre mit einem Faserverteiler verbunden sind. Die maximale Clustergröße ist vorher festzulegen (typisch 32, 48, 72 oder 94 Gebäude pro Faserverteiler). Wichtig ist auch, dass die zulässigen Einblaslängen für das LWL-Hauseinführungskabel nicht überschritten werden (typisch 300 bis 500 m).

Aufbau von optischen Zugangsnetzen

Um die einzelnen Komponenten eines optischen Zugangsnetzes besser erläutern zu können, wird nachfolgend der Aufbau schematisch dargestellt. Man sieht die im vorigen Beispiel gezeichneten Clusterflächen hier als sechseckige Wabenstruktur.

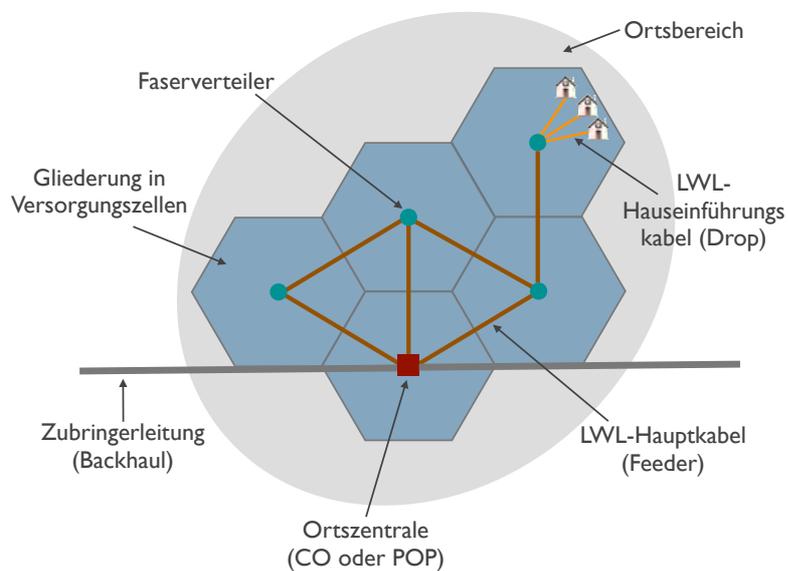


Abbildung 4: Aufbau eines optischen Zugangsnetzes

Im Einzelnen besteht ein optisches Zugangsnetz aus folgenden Elementen:

- ▶ Ortszentrale
- ▶ LWL-Hauptkabel
- ▶ Faserverteiler
- ▶ LWL-Hauseinführungskabel
- ▶ Hauseinführung

Eine Ortszentrale ist der Konzentrador für ein lokales optisches Zugangsnetz. Hier befinden sich aktive Netzkomponenten und das Fasermanagement. Die Ortszentrale muss mit entsprechenden Schutzmaßnahmen ähnlich eines Serverraumes ausgestattet sein.

Von der Ortszentrale führen LWL-Hauptkabel zu den Faserverteilern. Faserverteiler sind passive Konzentrationspunkte, von denen die Hauseinführungskabel bis zum jeweiligen Gebäude des Kunden führen.

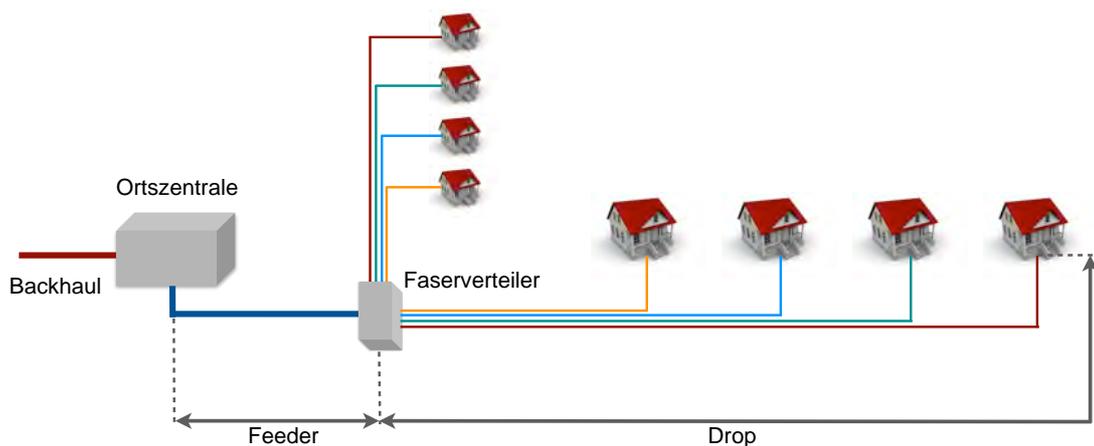
In Projekten in Österreich und in der Schweiz werden LWL-Kabel mit vier Fasern pro Kunde in diesem Abschnitt verwendet. Diese LWL-Kabel werden in Mikrorohre eingeblasen. Vom Faserverteiler bis zum Gehsteig werden diese als Rohrverbände zusammengefasst. Von der Grundstücksgrenze bis zum Hausanschluss wird ein einzelnes Mikrorohr verwendet.

Das LWL-Netz selbst ist rein passiv und beinhaltet keine aktiven Komponenten. Aktive Netzkomponenten gibt es nur in der Ortszentrale und beim Kunden. Dadurch haben optische Zugangsnetze eine sehr hohe technische Verfügbarkeit und niedrige Wartungskosten.

Wie in der Abbildung oben gezeigt wird, ist mit dieser Wabenstruktur auch eine Vermaschung realisierbar, die zu einer noch höheren Ausfallsicherheit führt.

Referenzmodell eines optischen Zugangsnetzes

Die nachfolgende Abbildung zeigt das technische Referenzmodell eines optischen Zugangsnetzes in einer abstrakteren Form. Hier sind weitere Begriffe aus dem englischen Sprachraum angeführt und den deutschen Begriffen zugeordnet.



Begriffe:

Ortszentrale	POP (Point of Presence) oder CO (Central Office)
Faserverteiler	Unterflurschacht (Manhole) oder Strassenschrank (Street Cabinet)
Zubringerleitung	Zubringerleitung (Backhaul)
Hausanschlussnetz	Hauptkabel (Feeder) und Hauseinführungskabel (Drop)

Abbildung 5: Referenzmodell eines optischen Zugangsnetzes

Zusammenfassung:

Ein optisches Zugangsnetz besteht aus folgenden Grundelementen: Ortszentrale, Hauptkabel, Faserverteiler, Hauseinführungskabel und Hauseinführung. LWL-Kabel werden meist in Mikrorohren von der Ortszentrale bis zum Teilnehmer geführt.

A.3 Kooperationsmodelle

Mit einem Kooperationsmodell können ein oder mehrere Netzbetreiber und Dienstanbieter in Kooperation mit dem Infrastrukturbesitzer die Netzinfrastruktur nutzen. Hier gibt es unterschiedliche Lösungsansätze für Kooperationsmöglichkeiten und eine vertikale Integration.

Man unterscheidet in einem Schichtenmodell:

- ▶ das passive Netz³: Trassen, Leerrohre, Glasfaserkabel, Faserverteiler, Räume, Schränke
- ▶ das aktive Netz: aktive Netzkomponenten wie Router und Switches inkl. optischer Schnittstellen
- ▶ die Dienste: Internet, Telefonie, Fernsehen, Video On Demand, Spiele, Videoconferencing etc.

Diese drei Schichten haben auch unterschiedliche Investitionszyklen (25 bis 30 Jahre für das passive Netz, 5 bis 7 Jahre für das aktive Netz, 1 bis 3 Jahre für Dienste).

Die nachfolgende Abbildung zeigt verschiedene Kooperationsmodelle in einem optischen Zugangnetz:

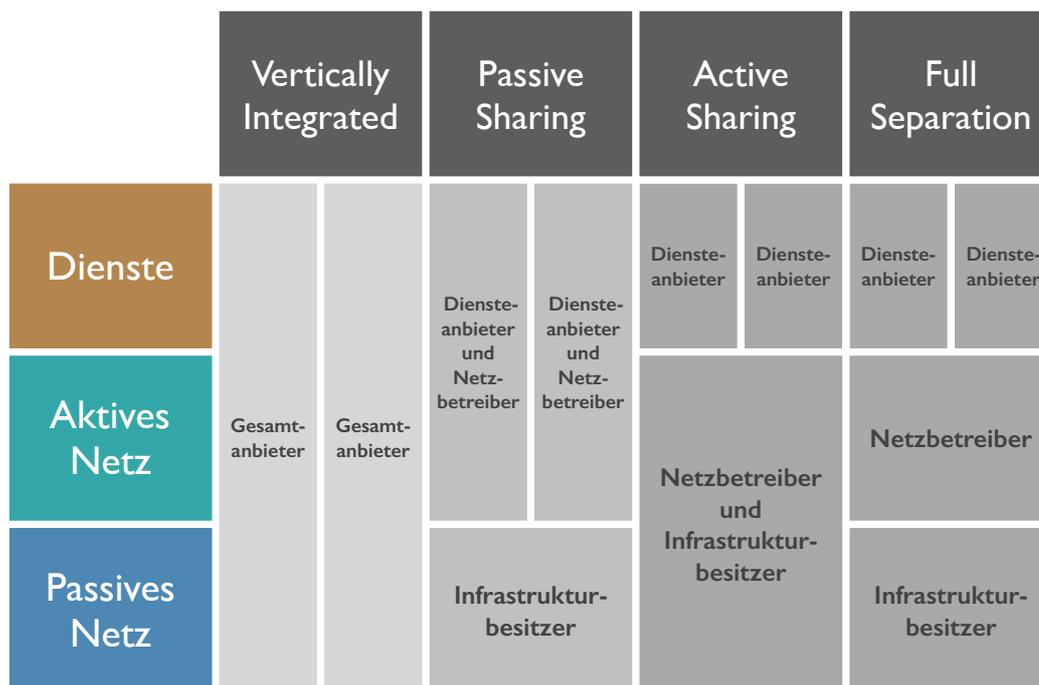


Abbildung 6: Mögliche Kooperationsmodelle

³ einfach ausgedrückt: passiv sind alle Komponenten, die keine Stromversorgung brauchen

Vertically Integrated (Vertikal integriert)

Beim vertikal integrierten Modell liefert ein Telekommunikationsanbieter als Vollanbieter seine Produkte über eine eigene Netzinfrastruktur bis zum Endkunden. Marketing-, Sales- und After-Sales-Aufgaben gehören ebenfalls zum Leistungsspektrum des Unternehmens.

Passive Sharing (Passive Teilung)

Ein Infrastrukturbesitzer (z.B. Gemeinde, Stadtwerke) vermietet seine passive Infrastruktur an mehrere Netzbetreiber und Diensteanbieter.

Active Sharing (Aktive Teilung)

In diesem Betreibermodell unterhält ein Unternehmen das passive und aktive Netz und offeriert verschiedenen Diensteanbietern einen offenen Zugang. Dieses Modell findet man häufig bei Stadtwerken.

Full Separation (Vollständige Trennung)

Dieses Modell findet man immer öfter in größeren Netzen. Ein Infrastrukturbesitzer (z.B. ein Versorgungsunternehmen) schreibt den Betrieb des Netzes als Dienstleistungskonzession für einen längeren Zeitraum aus. Mehrere Diensteanbieter liefern die gewünschten Dienste in das Netz zum Endkunden.

Kooperationsmodelle in Österreich

Es gibt mehrere Beispiele in Österreich, wo das Modell „Passive Sharing“ praktiziert wird. Die Gemeinde hat ein Netz errichtet. Den Betrieb und die Einspeisung von Diensten übernimmt ein Netzbetreiber, der auch Diensteanbieter ist. Die Zusammenarbeit basiert auf Basis einer Erlösteilung (z.B. 1/3 passive Infrastruktur, 1/3 Netzbetrieb, 1/3 Internet und TV).

In anderen Netzen sind Stadtwerke Infrastrukturbesitzer und Netzbetreiber in einem und bieten das Kooperationsmodell „Active Sharing“ an.

Open Access (Offener Zugang)

„Open Access“ bedeutet „Offener Zugang“. Open Access beinhaltet Geschäftsmodelle, die auf Basis von Breitband-Infrastruktur einen diskriminierungsfreien Netzzugang für Dritte ermöglichen. Bei Infrastrukturen, die mit Unterstützung von öffentlichen Mitteln entstehen, ist Open Access vorgeschrieben⁴.

Die Herausforderung ist es, Open Access-Geschäftsmodelle gleichermaßen attraktiv für Anbieter und Nachfrager zu machen. Integraler Bestandteil attraktiver Open Access-Geschäftsmodelle ist daher ein diskriminierungsfreier Zugang, der für Anbieter und Nachfrager einen fairen Gestaltungsspielraum ermöglicht. Voraussetzung ist der gleichberechtigte

⁴ Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau (2013/C 25/01)

Zugang für nachfragende Unternehmen ohne Vorrechte für einzelne Marktteilnehmer. Kriterien des diskriminierungsfreien Zugangs für Dritte sind ein angemessener, marktgerechter Preis sowie die rechtzeitige Bereitstellung von Vorleistungsprodukten, welche in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht den regulatorischen Vorgaben entsprechen müssen.

Dieser Netzzugang kann an verschiedenen Punkten gewährt werden:

- ▶ im passiven Netz (Layer 0 und Layer 1)
 - Leerrohr, Dark Fiber am Faserverteiler oder Ortszentrale
 - Mehrere Betreiber können Fasern mieten
 - Das Investitionsrisiko liegt beim Infrastruktureigner
- ▶ im aktiven Netz (Layer 2)
 - Layer 2 - Zugang in der Ortszentrale
 - Mehrere Nachfrager können eine Glasfaser nutzen
 - Höherer technischer Aufwand bei der Zusammenschaltung
- ▶ im aktiven Netz (Layer 3)
 - Zentrale Anschaltung der Dienste
 - Niedrige Einstiegshürde für Diensteanbieter
 - Geringere Wertschöpfung beim Nachfrager

Die Zusammenschaltung im aktiven Netz wird auch „Virtuelle Entbündelung“ genannt im Gegensatz zur „Physischen Entbündelung“ im passiven Netz.

A.4 Projektablauf

Bevor auf lokaler oder regionaler Ebene gegebenenfalls mit öffentlicher Unterstützung in den Breitbandausbau investiert wird, sollte ein umfassendes Breitbandkonzept erstellt werden. In diesem sollten ausgehend vom IST-Zustand alle Aspekte der mittel- und langfristigen Breitbandentwicklung im betroffenen Gebiet beschrieben werden. Eine Abstimmung mit Nachbarregionen ist sehr zu empfehlen.

Das nachfolgende Phasenmodell soll in diesem Prozess beispielhaft eine Hilfestellung geben.

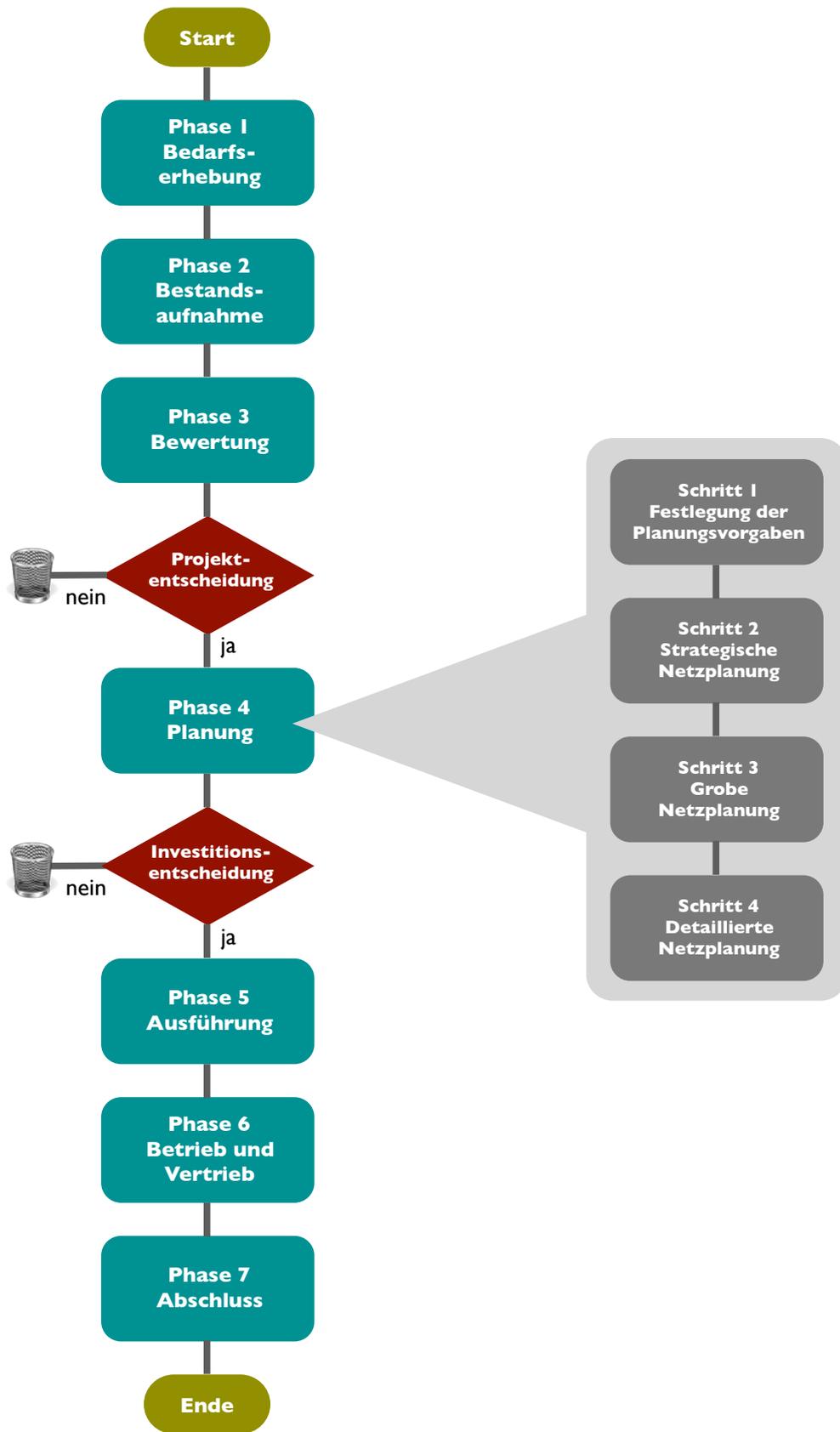


Abbildung 7: Phasenmodell für den Projektablauf und die Planung

Phase 1: Bedarfserhebung

- Zu versorgendes Gebiet definieren
- Versorgungsscheck mit Breitbandatlas des Breitbandbüros
- Nachfrage erheben von:
 - privaten Haushalten
 - Gewerbebetrieben (insbesondere Tourismusbetrieben)
 - öffentlichen Einrichtungen (Gemeindeamt, Schulen, Kinder- und Altenbetreuungseinrichtungen, Veranstaltungsräume, Feuerwehr, Arztpraxen, Apotheken, etc.)
- Einschätzung des zukünftigen individuellen und kollektiven Bedarfs abfragen
- Nachfrage (Anschlussquote) auswerten und darstellen

Phase 2: Bestandsaufnahme

- Kontakt mit TK-Unternehmen aufnehmen, die im untersuchten Gebiet tätig sind
- Versorgungssituation bei TK-Anbietern abfragen
- Ausbaupläne der TK-Anbieter abfragen
- Bestehende Infrastrukturen der TK-Anbieter soweit möglich erheben
- Eigene Infrastruktur erheben (Rohre, Kanäle, Schächte und Räumlichkeiten)
- Anstehende Tiefbauprojekte erheben
- Bestehende Zubringerleitungen erheben
- Georeferenzierte Darstellung der Ergebnisse
- Kontakt mit Breitbandbüro aufnehmen

Phase 3: Bewertung

- Bewertung der IST-Versorgung, der angebotenen Zugangstechnologien und der bestehenden Infrastrukturen.
- Bewertung der zu erwartenden Nachfrage von privaten, gewerblichen und öffentlichen Nutzern
- Mitnutzung von anderen Infrastrukturen und Kooperationen mit Netzbetreibern
- Bewertung der regionalen Kooperationsmöglichkeiten
- Darstellung der Synergien durch geplante Baumaßnahmen
- Bewertung, ob eine eigene Investition sinnvoll ist
- Mehrwert und Synergien einer solchen Investition
- Dimensionierung und Netzarchitektur

...Phase 3: Bewertung

- Potentielle Standorte für die aktive Infrastruktur
- Suche und Bewertung von geeigneten Netzbetreibern und Diensteanbietern
- Gewünschtes Kooperations- und Vertriebsmodell mit Betreibern
- Rahmenbedingungen und mögliche Förderungen
- Zeitplan
- Kostenschätzung
- Zusammenfassung in einem Ergebnisdokument

Projektentscheidung

Phase 4: Planung

- Ausschreibung und Vergabe der Planungsleistungen
- Definition der Planungsvorgaben
- Strategische Planung
- Grobplanung
- Feinplanung mit den Ergebnissen:
 - Übersichtspläne für Tiefbaufirma
 - Materialplanung mit Materiallisten
 - Kostenplanung
 - Terminplanung
 - Finanzierung mit möglichen Förderungen

Investitionsentscheidung

Phase 5: Ausführung

- Ausschreibung und Vergabe der Bau- und Dienstleistungsaufträge
- Materialbeschaffung
- Vereinbarungen mit Grundstückseigentümern abschließen
- Baumaßnahmen ausführen
- Leerrohre verlegen
- Faserverteiler und Hausanschlüsse einbauen
- Abnahmeprüfungen
- Vermessung und GIS-fähige Dokumentation
- Datenübermittlung an Breitbandbüro und RTR
- optional:**
 - LWL-Kabel einbringen
 - Spleißboxen einbauen und Spleißverbindungen herstellen

...Phase 5: Ausführung

- Passive Ausrüstung der Ortszentrale aufbauen Zubringerleitung herstellen
- LWL-Abnahmemessungen
- Fasermanagement mit Beschriftung und Dokumentation

abschließend:

- Abnahme und Kostenkontrolle

Phase 6: Betrieb und Vertrieb

- Festlegung eines Betreiber- und Erlösmodells
- Ausschreibung und Vergabe Netzbetrieb und Dienstleistung
- Unterstützung beim Vertrieb, um die geschaffene Infrastruktur am Markt zu etablieren und neue Nutzungsmöglichkeiten zu erschließen

Phase 7: Abschluss

- Evaluierung des Projektes
- Projektabschluss
- Strategie für weiteren Netzausbau verfolgen

Tabelle 2: Phasenmodell

Hinweis:

Diese Anleitung bezieht sich vor allem auf die Phase 4 **Planung** und die Phase 5 **Ausführung**.

A.5 Planungsprozess

Grundsätzlich sollte vor der Verlegung von Leerrohren eine Netzplanung auf der Grundlage eines Gesamtkonzeptes durchgeführt werden.

Eine Verlegung ohne ausführliches Netzkonzept ist nur in dem Fall sinnvoll, wenn in einem Ort punktuell andere Infrastrukturträger Tiefbaumaßnahmen betreiben, die keine flächige Netzstruktur entstehen lassen. Dies gilt auch für Zubringerstrecken außerorts oder bei der Verbindung von Ortsteilen.

Auswahl eines Planungsunternehmens

Die Planung eines optischen Zugangsnetzes ist eine komplexe Aufgabe, die großes Fachwissen erfordert. Durch eine gute Planung können Investitions- und laufende Kosten minimiert werden.

Die Planung sollte eine qualifizierte Stelle durchführen. Planungsaufträge müssen im Wettbewerb vergeben werden.

Sollte sich kurzfristig eine kosteneffektive Möglichkeit (z.B. Mitverlegung) für den Ausbau eines Teilbereiches eines lokalen Netzes ergeben, kann dieser auch vorab durchgeführt werden. In diesem Fall muss also nicht im Vorhinein das gesamte Netz durchgeplant werden. Dies ist zwar nicht das optimale Vorgehen, allerdings sollte in jedem Fall so gearbeitet werden, dass ein baldiger Betrieb möglich ist.

Wenn ein Leerrohrprojekt mit einem anderen Tiefbauprojekt (z.B. Fernwärmeprojekt) gemeinsam realisiert wird, kann es sinnvoll sein, dass das Planungsunternehmen, das auch das andere Bauprojekt betreut, die Feinplanung übernimmt.

Einsatz von Planungstools

Bei der Netzplanung ist der Einsatz von Planungstools unumgänglich. Bei größeren Planungsfirmen wird auf FTTH spezialisierte Planungssoftware eingesetzt. Diese kann georeferenzierte Daten verarbeiten, optimieren und am Ende automatisiert eine Reihe von Ergebnisdaten liefern. Kleinere Planungsfirmen verwenden Standardsoftware-Werkzeuge für die Planung wie AutoCAD oder Google Earth und müssen dadurch viele Ergebnislisten noch händisch erstellen.

Anzahl der Fasern

Welche Anzahl von Fasern braucht man pro Kunde im Zugangsnetz? Nach den heutigen Technologien ist es möglich, den Datenverkehr und auch die TV-Verteilung für einen Kunden über eine einzige Faser zu führen. Dies wird durch den Einsatz von Wellenlängen-Multiplexern möglich.

Da die Faserkosten nur einen geringen Anteil an den gesamten Projektkosten ausmachen, werden mehr Fasern verwendet. In der Praxis sind üblicherweise 4 Fasern pro Kundenanschluss vorgesehen:

- ▶ 1 Faser für die Datenübertragung
- ▶ 1 Faser für die TV-Verteilung
- ▶ 2 Fasern als Reserve für die Zukunft

Die Reserve kann auch von anderen Netzbetreibern genutzt werden. Dies unterstützt den „Open Access“-Ansatz.

Bei der Planung von Privatkunden-Anschlüssen werden je Gebäude bzw. Adresse 100 % der Haushalte bzw. Wohneinheiten (WE) berücksichtigt. Die Anzahl der Haushalte ist in der Regel mit der Anzahl von Stromzählern identisch. Bei Mehrfamilienhäusern mit mehr als 4 WE sind zusätzlich weitere 4 Fasern für das Gebäude einzuplanen.

Für Kleinbetriebe sind auch 4 Fasern vorzusehen. Bei größeren Firmen werden LWL-Kabel mit 8 bis 12 Fasern verwendet.

Anzahl von Rohrtypen

Ein Leerrohrnetz sollte mit wenig unterschiedlichen Rohrtypen auskommen, da für jeden Rohrtyp Mindestlängen auf ganzen Trommeln beschafft werden müssen. Üblicherweise kommt man mit zwei unterschiedlichen erdverlegbaren Mikrorohrverbänden, einem erdverlegbaren Einzelrohr und ggfs. einem DA50 Kabelschutzrohr aus.

Häufige Planungsfehler

Die häufigsten Planungsfehler sind:

- ▶ Verlegung von Leerrohren im Ortsbereich ohne Planung
- ▶ Verlegung von Leerrohren ohne Hausabzweigungen
- ▶ zu gering dimensionierte Hauptleitungen/Leerrohrkapazitäten
- ▶ keine Festlegung der Faserverteiler und der Ortszentrale
- ▶ Inselplanung ohne Zubringer
- ▶ Planung ohne Fachwissen

Der Planungsprozess

Der Planungsprozess sollte vier Phasen beinhalten, die sukzessive abgearbeitet werden. Rückkopplungsschleifen kann es geben.

- ▶ Festlegung der Planungsvorgaben
- ▶ Strategische Netzplanung
- ▶ Grobe Netzplanung
- ▶ Detaillierte Netzplanung

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die zu bearbeitenden Themen.

Schritt 1: Festlegung der Planungsvorgaben

- Welche Gebiete sind zu versorgen und in welchen Ausbausritten?
- Gibt es Bauerwartungsflächen für private und gewerbliche Bebauung?
- Welche Gebiete sind Neuerschließungen („Green Field Installation“), welche sind bereits bebaute Gebiete („Brown Field Installation“)?
- Gibt es Bestandstraßen (Leerrohre, LWL-Kabel etc.) und sonstige TK-Anschlusspunkte?
- Wie viele Anschlussnehmer sollen versorgt werden (Haushalte, Firmen, Gebäude, öffentliche Einrichtungen etc.)?
- Gibt es bereits Interessensbekundungen von potentiellen Kunden?
- Gibt es interessierte Netzbetreiber und Diensteanbieter?
- Soll auch Fernsehen verteilt werden? Wo können die Programme bezogen werden?

Schritt 2: Strategische Netzplanung

- Wo wird das Netz gebaut?
- In welchen Ausbausritten wird gebaut?
- Technologieauswahl - wo ist FTTH sinnvoll, wo sollte man in anderen Technologien ausbauen?
- Ist mit Wettbewerb zu rechnen?
- Welche Standorte und Ausführungen kommen für eine Ortszentrale in Frage?
- Wird eine Sternstruktur (P2P-Netz) oder eine Baumstruktur (P2MP-Netz) geplant?
- Welche Kooperationspartner sind geeignet?
- Wo bietet sich Mitnutzung oder Mitverlegung an?
- Werden Faserverteiler oberirdisch oder unterirdisch ausgeführt?
- Soll nur ein Leerrohrnetz errichtet werden oder gleich die LWL-Kabel eingebaut werden?
- Welche Dimensionen werden für Mikrorohre verwendet?
- Wie wird die Einspeisung von Fernsehen realisiert?
- Welche Möglichkeiten von „Open Access“ sind vorgesehen?
- Wer wird das Netz betreiben?
- Terminplan

...Schritt 2: Strategische Netzplanung

- Abklärung von möglichen Förderungen
- Grobe Kostenschätzung
- Modell der Refinanzierung

Schritt 3: Grobe Netzplanung

- Festlegung der Position und Ausführung der Ortszentrale
- Planung der Zubringerleitung, falls noch nicht vorhanden
- Festlegung der Versorgungszellen pro Faserverteiler
- Festlegung der Positionen der Faserverteiler
- Planung der Trassen für die Hauptkabel und Hauseinführungskabel
- Dimensionierung der Kabelschutzrohre und LWL-Kabel
- Längen und Mindestabnahmemengen für Leerrohre und LWL-Kabel je nach Ausführung
- Materiallisten von Leerrohrabschlüssen, Muffen, Faserverteilern und Hausanschlüssen
- Georeferenzierte Darstellung des Netzes
- Zeitplan
- Kostenaufstellung

Schritt 4: Detaillierte Netzplanung

- Genaue Positionierung der Ortszentrale, Faserverteiler, Trassen, Querungen und Hauseinführungen
- Genaue Spezifikation des Materials wie Kabelschutzrohre, LWL-Kabel, Faserverteiler, Spleißboxen und Hauseinführungen
- Überarbeitung der Materiallisten
- Erstellung von Ausschreibungsunterlagen für den Tiefbau, das Material und die Dienstleistungen
- Konzept für Farbcodierungen für Mikrorohre in Mikrorohrverbänden
- Konzept für Farbcodierungen für Glasfasern
- Spleißplan für Glasfaserkassetten
- Beschriftungsvorgaben
- Projektplanung für die Ausführung
- Ausführungspläne für die Tiefbaufirma
- Termin- und Kostenplan

Tabelle 3: Planungsprozess

Ein Beispiel für einen Netzplan ist in nachfolgender Abbildung zu sehen.

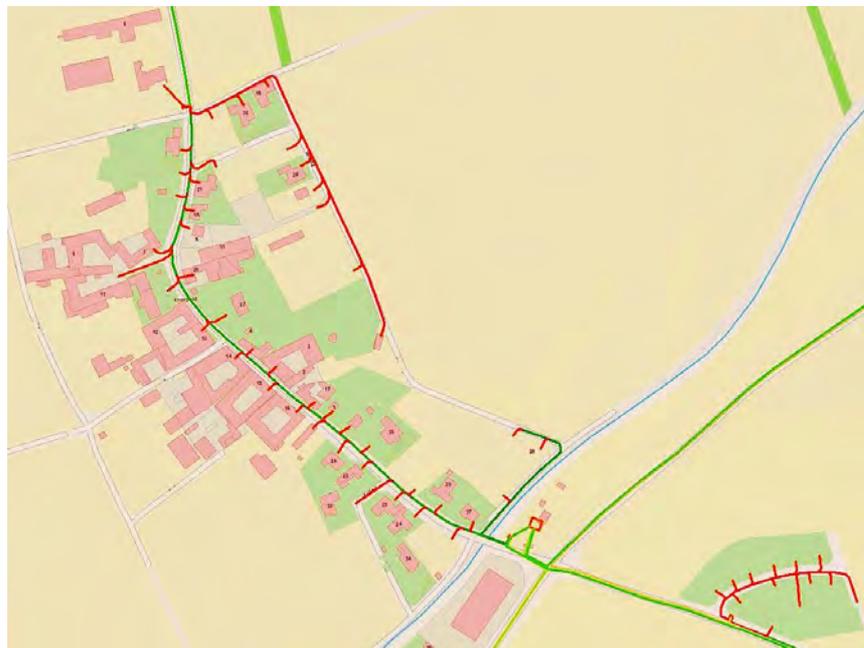


Abbildung 8: Beispiel für Netzplan

Kosten für die Planung

Bei bekannten Referenzprojekten wurden für die FTTH-Planung je nach Bebauungsdichte und Planungsmethode 10 bis 30 EUR je Gebäudeanschluss budgetiert.

Zusammenfassung:

Es wird empfohlen, eine möglichst umfassende Planung für ein optisches Zugangsnetz zu erstellen, um keine Überraschungen zu erleben. Dies sollte von einer qualifizierten Stelle durchgeführt werden.

A.6 Kostenplanung

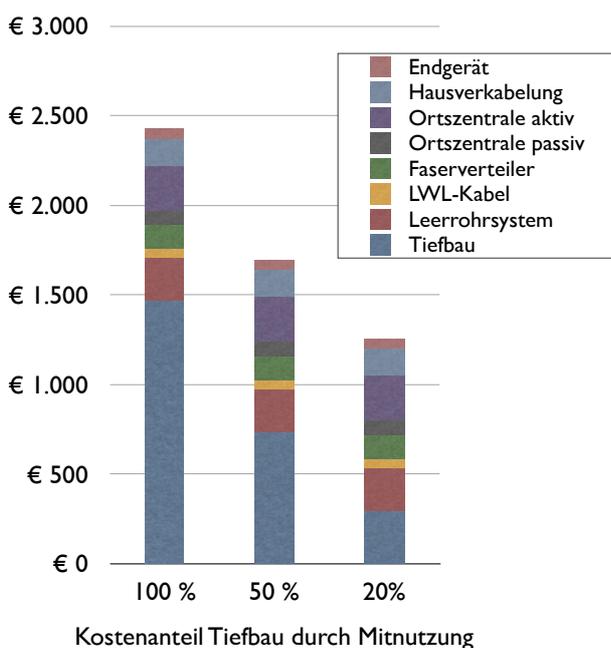
Wichtiger Teil eines FTTH-Projektes ist die Kostenplanung. Aus Sicht eines Infrastrukturrerichters kann man sich bei der Kostenplanung zunächst auf die Investitionskosten beschränken. In der Folge kann man sich überlegen, wie das Erlösmodell sein kann, um diese zu refinanzieren.

Bei den reinen Investitionskosten gibt es eine Reihe von Parametern, die das Ergebnis beeinflussen:

- ▶ Anzahl und Art der potentiellen Kunden
- ▶ Anzahl der Gebäude
- ▶ Gebäudedichte
- ▶ Netzausdehnung
- ▶ Bodenbeschaffenheit und Oberflächen
- ▶ Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials
- ▶ Besondere Tiefbauerschwernisse
- ▶ Netzarchitektur
- ▶ Versorgungsgrad (Take Rate)
- ▶ Mitverlegung und andere Synergien
- ▶ Länge der Zubringerleitungen

Nachfolgend werden beispielhaft einige Rechenergebnisse dargestellt, um diese Abhängigkeiten aufzuzeigen. Eine moderne Planungssoftware sollte es ermöglichen, mehrere Varianten durchzurechnen und darzustellen. Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf Annahmen, die je nach Projekt unterschiedlich sein können.

Investitionskosten pro Anschluss



In diesem Beispiel variieren die Tiefbaukosten durch Mitverlegung (100 % ohne Mitverlegung, 50 % und 20 % Kostenanteil nach Mitverlegung). Da der Tiefbau einen dominanten Kostenanteil ausmacht, ist die Mehrfachnutzung einer Künette unbedingt anzustreben.

Abbildung 9: Tiefbaukosten je nach Mitnutzung

Investitionskosten pro Anschluss

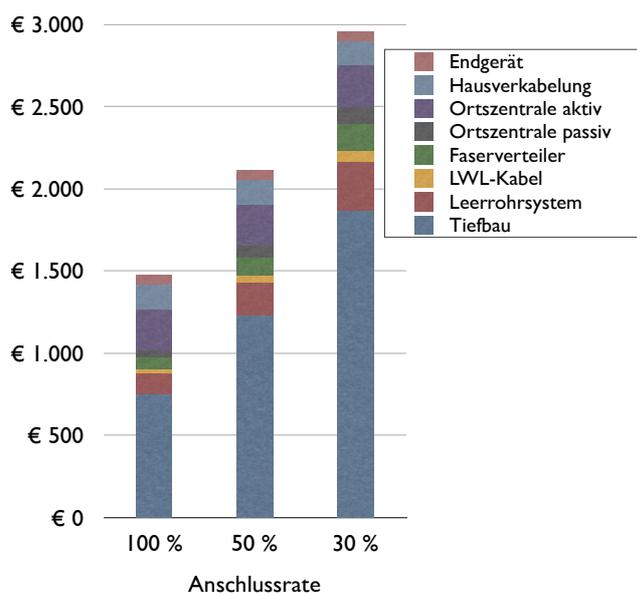


Abbildung 10: Investitionskosten nach Anschlussrate

Ebenso wichtig ist es, dass sich möglichst viele Kunden anschließen lassen, sonst ergeben sich zu hohe Erschließungskosten. Die gemeinsamen Netzabschnitte müssen bei einer geringen Anschlussrate auf weniger Kunden aufgeteilt werden. Dieses Beispiel zeigt die Investitionskosten pro Anschluss für Anschlussraten von 100 %, 50 % und 30 %.

Dieses Diagramm zeigt die anteiligen Errichtungskosten eines FTTH-Netzes für eine Anschlussrate von 40 % ohne Mitverlegung. Man sieht daraus, dass das Leerrohrsystem und die LWL-Kabel nur einen geringen Kostenanteil ausmachen.

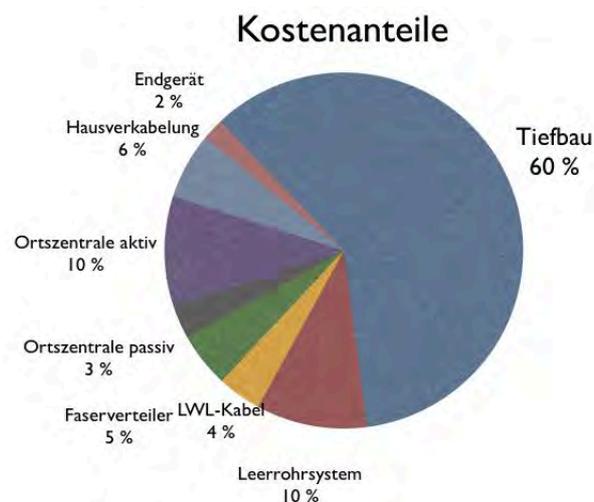


Abbildung 11: Kostenanteile

Zusammenfassung:

Das wesentliche Kostenelement ist der Tiefbau. Durch Mitverlegung mit anderen Tiefbauprojekten können die Investitionskosten deutlich gesenkt werden. Das letzte Stück des Hausführungskabels auf dem Privatgrundstück sollte der Teilnehmer möglichst selbst finanzieren. Ein Baukostenzuschuss durch den Teilnehmer wäre von großem Vorteil. Auch sollte schon im Vorfeld eines FTTH-Projektes sichergestellt werden, dass sich möglichst viele Kunden anschließen werden. Bei einer zu niedrigen Anschlussrate sind solche Projekte riskant.

B. Technik

B.1 Netzelemente

B.1.1 Elemente eines optischen Zugangsnetzes

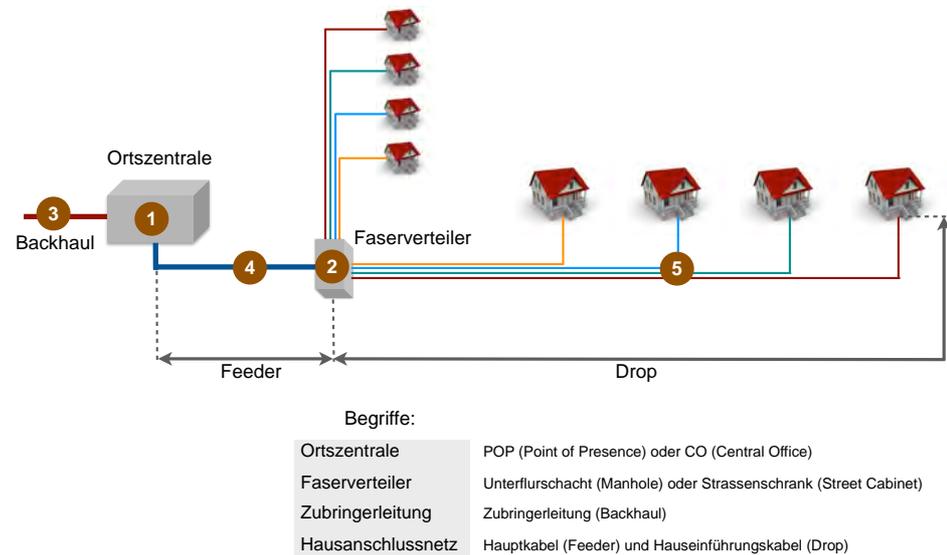


Abbildung 12: Elemente eines optischen Zugangsnetzes

Nachfolgend werden die wichtigsten Elemente eines optischen Zugangsnetzes erläutert und in Abbildungen visualisiert.

1 Ortszentrale

Die Ortszentrale oder Verteilerknotenpunkt wird oft auch POP (Point of Presence) oder CO (Central Office) genannt. In der Ortszentrale befinden sich aktive Netzkomponenten wie Switches und Router mit LWL-Schnittstellen. Im Falle eines P2P-Netzes ist jeder optische Ausgang mit einem einzelnen Teilnehmer verbunden. Die Zentrale befindet sich entweder in einem gesicherten Raum in einem Gebäude oder in einem Container.



Abbildung 13: Ortszentrale in einem Container

2 Faserverteiler

In Straßenschränken (Street Cabinets) bzw. Unterflurschächten (Manholes) werden die Glasfasern von den Hauptkabeln auf die Hauseinführungskabel aufgeteilt. In einem Faserverteiler sind somit nur Spleißverbindungen und keine aktiven Komponenten.

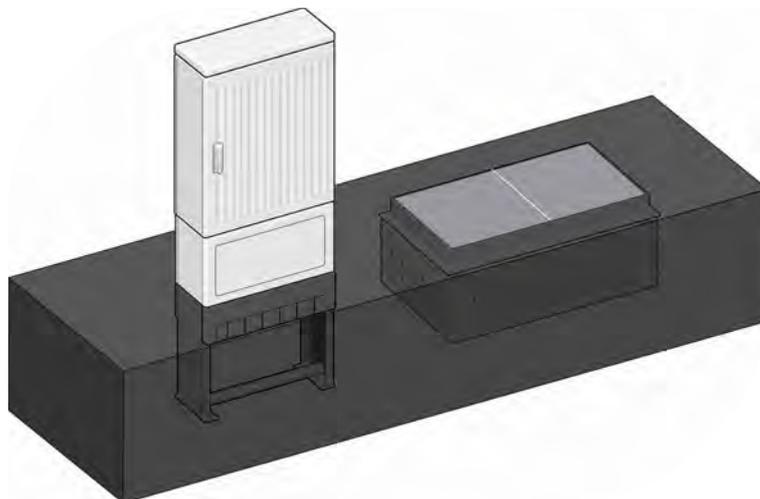


Abbildung 14: Straßenschrank und Unterflurschacht

3 Zubringerleitungen

LWL-Zubringerleitungen (Backhauls) sind notwendig zur Anbindung von Ortszentralen an höherwertige Netze (Backbones) bzw. zur Verbindung von Ortszentralen oder anderen Knoten untereinander.

Bei Backhauls werden oft DA50 Kabelschutzrohre mit eingeblasenen Mikrorohren oder direkt eingezogenen LWL-Kabeln verwendet. Die Unterteilung mit Mikrorohren erlaubt eine höhere Flexibilität bei künftig anstehenden Änderungen.



Abbildung 15: PE-HD Rohr mit 5 x 10 mm Mikrorohren mit Abdichtungen

4 Hauptkabel (Feeder)

Hauptkabel verbinden die Ortszentrale mit den Faserverteilern. Hauptkabel (Feeder) werden aus Kostengründen üblicherweise in erdverlegbaren Mikrorohrverbänden zu den Faserverteilern geführt.



Abbildung 16: Erdverlegbarer Mikrorohrverband 7 x 12 mm mit Abdichtungen

5 Hauseinführungskabel (Drop)

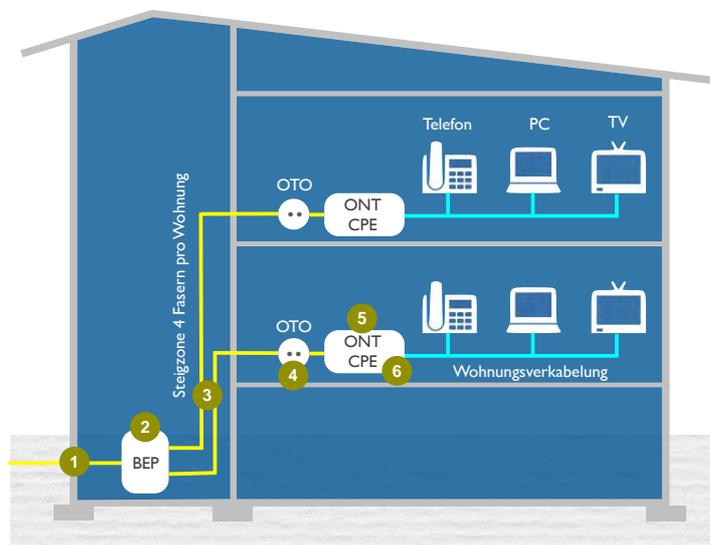
Das Hauseinführungskabel wird vom Faserverteiler entlang der Straße (üblicherweise im Gehsteig) in einem erdverlegbaren Mikrorohrverband geführt, von dem dann ein einzelnes Mikrorohr für den jeweiligen Hausanschluss abgezweigt wird. Dieses Drop-Mikrorohr hat einen Außendurchmesser von 4 bis 12 mm. Am häufigsten wird ein 7 mm Mikrorohr verwendet.



Abbildung 17: Erdverlegbarer Mikrorohrverband 24 x 7 mm mit Abzweigung

B.1.2 Elemente einer optischen Gebäudeinstallation

Nachfolgend sind die wesentlichen Elemente einer optischen Gebäudeinstallation dargestellt. Dies wird nur zum allgemeinen Verständnis erwähnt, ist aber nicht Gegenstand dieses Planungsleitfadens.



BEP Gebäudeeinführungspunkt (Building Entry Point)
 OTO Optische Telekommunikationsdose (Optical Telecommunication Outlet)
 ONT Optischer Netzabschluss (Optical Network Termination)
 CPE Teilnehmernetzgerät (Customer Premises Equipment)

Abbildung 18: Referenzmodell FTTH-Hausinstallation

1 Hauseinführung

Die Hauseinführung führt das Drop-Mikrorohr durch die Kellerwand in den Keller zum Gebäudeeinführungspunkt. Für die Hauseinführung gibt es unterschiedlichste Lösungen zur Abdichtung gegen Feuchtigkeit von außen. Die Hauseinführung sollte unterhalb des Außenniveaus vorgesehen werden, um mutwillige Beschädigungen zu erschweren.



Abbildung 19: Abdichtung Hauseinführung

2 Gebäudeeinführungspunkt

Der Gebäudeeinführungspunkt (BEP Building Entry Point) ermöglicht den Übergang vom Außen- zum Innenkabel. Er ist als Spleißbox ausgeführt und üblicherweise im Keller in der Nähe der Steigleitung montiert. Die Verbindung zwischen Außen- und Innenkabel erfolgt durch Spleißverbindungen. Es können aber auch optische Stecker verwendet werden.



Abbildung 20: Gebäudeeinführungspunkt (BEP)

3 Gebäudeverkabelung

Die Gebäudeverkabelung verbindet den Gebäudeeinführungspunkt mit der optischen Telekommunikationssteckdose in der Wohnung. Verwendet werden optische Innenkabel, die mit biegeunempfindlichen Fasern bestückt sind.

4 Optische Telekommunikationssteckdose

Die optische Telekommunikationssteckdose (OTO Optical Telecommunication Outlet) ist eine LWL-Steckdose, in der das Glasfaser-Innenkabel endet. Sie bildet die optische Schnittstelle zur Geräteschnur des optischen Netzabschlusses/Teilnehmernetzgerätes. Es kann jedoch auch sein, dass die optische Steckdose entfällt und aus Kostengründen im Teilnehmernetzgerät Stecker verwendet werden. Ebenso gibt es optische Steckdosen, die bereits Wandler auf konventionelle Schnittstellen wie z.B. für Ethernet enthalten.



Abbildung 21: Optische Steckdose (OTO)

5 Optischer Netzabschluss

Der optische Netzabschluss (ONT Optical Network Termination) schliesst das FTTH-Netzwerk auf der Kundenseite ab. Er enthält einen elektrisch-optischen Konverter. Der optische Netzabschluss und das Teilnehmernetzgerät werden in manchen Ausführungen in einem Gerät zusammengefasst.

6 Teilnehmernetzgerät

Das Teilnehmernetzgerät (CPE Customer Premises Equipment) ist ein aktives Gerät, das die FTTH - Dienste (Datenübertragung, TV, Telefonie usw.) für den Endbenutzer bereitstellt. Teilnehmernetzgeräte haben konventionelle Schnittstellen für die üblichen Endgeräte. Der optische Netzabschluss und das Teilnehmernetzgerät können integriert sein. Erfreulicherweise sind die Preise für die CPEs in den letzten Jahren stark gefallen, da es sich hier um Massenprodukte handelt.



Abbildung 22: Teilnehmernetzgeräte (CPEs)

B.2 Netzarchitekturen

Es gibt bei optischen Zugangsnetzen zwei grundsätzliche Netzarchitekturen, die Punkt-zu-Punkt-(P2P) und die Punkt-zu-Mehrpunkt (P2MP). Erstere ist in Europa am weitesten verbreitet.

Bei der P2P-Netzarchitektur, die das Ethernet-Protokoll verwendet, werden durchgehend von einer Ortszentrale bis zum Kunden dedizierte Fasern geführt. Diese Variante hat mehrere Vorteile:

- ▶ jeder Kunde nutzt nur eigene dedizierte Fasern
- ▶ bedarfsgerechter Ausbau - es werden nur bei den angeschlossenen Kunden Fasern eingeblasen
- ▶ einfache Wartung und Fehlersuche
- ▶ höhere Ausfallsicherheit - es ist nur ein Kunde betroffen
- ▶ technische Aufrüstungen können je nach Kunde vorgenommen werden
- ▶ Unterstützung von offenen Standards
- ▶ mehrere Betreiber können Fasern nutzen (Open Access)

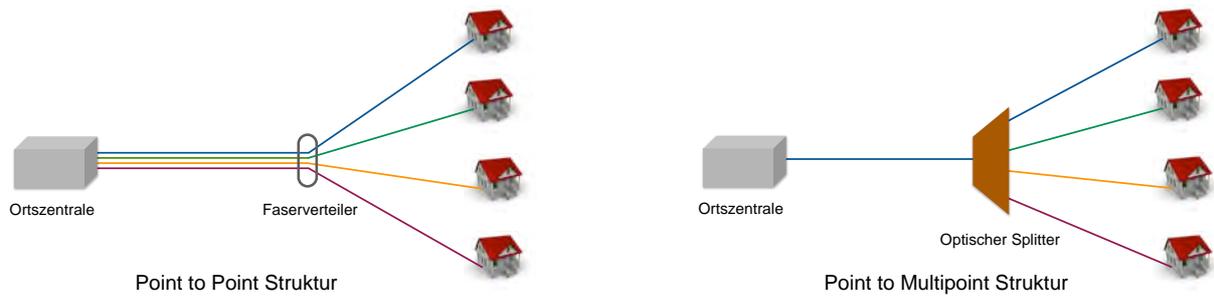


Abbildung 23: Netzarchitekturen P2P und P2MP

Bei P2MP-Netzen wird ein passiver optischer Splitter im Feld verwendet, der in der Ortszentrale die gleichzeitige Nutzung einer einzigen Laserquelle von mehreren Teilnehmern ermöglicht. Der Splitter verteilt dieses optische Signal auf Glasfaserstrecken bzw. Teilnehmeranschlüsse. Der optische Netzabschluss beim Teilnehmer filtert dann den für den jeweiligen Teilnehmer bestimmten Anteil aus dem Gesamtsignal heraus. In Gegenrichtung sendet das Teilnehmergerät in Zeitfenstern, die in der Ortszentrale eindeutig dem jeweiligen Teilnehmer zugeordnet werden.

Die EU fordert bei Netzen, die mit Unterstützung von öffentlichen Mitteln errichtet werden, eine „neutrale“ Infrastruktur, die beide Netztopologien unterstützt. Allerdings wird in der aktuellen Beihilfenleitlinie⁵ darauf hingewiesen, dass eine P2P-Topologie im Vergleich zu einer P2MP-Topologie beim derzeitigen Stand der Marktentwicklung dem Wettbewerb stärker zugute kommt.

Da die P2P-Ethernet Struktur sich besser für Open Access eignet, ist sie in Europa die bevorzugte Lösung, gerade für kleinere Netze. Es sind 73 %⁶ der FTTx-Netze als P2P-Netze ausgeführt.

Große Anbieter nutzen oft die P2MP-Technik mit dem Argument, dass Fasern im Hauptkabel sowie Platz und Leistungsverbrauch in der Ortszentrale gespart werden können. Eine gute Gegenüberstellung ist in [14] nachzulesen.

Zusammenfassung:

Es wird empfohlen, Leerrohr-Infrastrukturen als „neutrale“ Infrastrukturen zu konzipieren, um Kooperationen mit allen Netzbetreibern zu ermöglichen.

⁵ Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau (2013/C 25/01)

⁶ Quelle: FTTH Council Europe

B.3 Leerrohrtechnik

B.3.1 Übersicht Kabelschutzrohre

Lichtwellenleiter werden heute nur mehr in Kabelschutzrohren geführt. Da es für die verschiedenen Anwendungen eine Vielzahl von Rohrtypen gibt, wird in der nachfolgenden Tabelle ein Überblick über die gebräuchlichsten gegeben.

Situation	Art	Unterteilung	Anwendung
Nutzung vorhandener Schutzrohre	Kabelschutzrohr DA 50 x 4,6 aus PE-HD mit Längsriefung	keine	Zubringer Hauptkabel
		Rohr-in-Rohr Mikrorohre	
	Kabelkanalrohr DA110 aus PVC in Stangenform	keine	
		PE-HD-Subrohre	
Neuverlegung	Erdverlegbare Mikrorohrverbände	keine	Zubringer Hauptkabel Hauseinführungskabel
		Erdverlegbares Mikrorohr	keine

Tabelle 4: Übersicht Kabelschutzrohre

B.3.2 Leerrohrtechnik für Zubringerleitungen

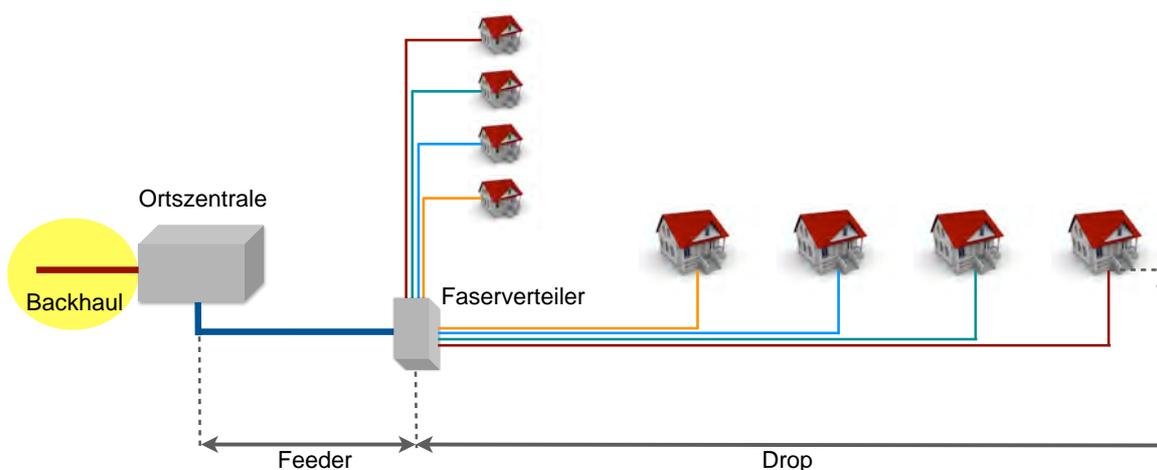


Abbildung 24: Abschnitt Zubringerleitungen (Backhaul)

LWL-Zubringerleitungen (Backhails) sind notwendig zur Anbindung von Ortszentralen an höherwertige Netze (Kernnetze, Backbones) bzw. zur Verbindung von Ortszentralen oder anderen Knoten untereinander.

Oft werden diese Zubringer ohne Netzkonzept im Zuge von anderen Tiefbauprojekten (Fernwärme, Gehsteig, Straßensanierung, Siedlungswasserbau etc.) mitverlegt. Meist wird der Zeitrahmen durch diese Tiefbauprojekte bestimmt, sodass die Entscheidungsträger kurzfristig entscheiden müssen, ob sie die Synergien nutzen wollen oder nicht.

In entlegenen Gebieten machen Zubringerverbindungen einen enormen Kostenanteil (40.000 bis 80.000 EUR pro km) aus, sodass die Nutzung von Synergien durch Mitverlegung oder Mitnutzung ein Gebot der Stunde ist.

Für Zubringerleitungen verwendet man Kabelschutzrohre in diesen Ausführungen:

- ▶ Kabelschutzrohr DA50 (innerorts und außerorts)
- ▶ Kabelkanalrohr DA110 (nur innerorts)
- ▶ Erdverlegbare Mikrorohrverbände

Kabelschutzrohr DA50 als Trommelware

Dieses Kabelschutzrohr wird von der Trommel in den Graben verlegt. In dieses Rohr kann man hochfasrige LWL-Kabel einbringen oder auch Rohr-in-Rohr Mikrorohre, in die dann LWL-Kabel eingeblasen oder eingezogen werden. Kabelschutzrohre DA50 werden nach der Verlegung druckgeprüft und kalibriert (Prüfung der lichten Weite durch Einblasen eines Kalibers mit Ortungsmöglichkeit).

Wichtig ist auch, dass keine Recycling-Rohre oder sonstigen Rohre verwendet werden, da diese eine hohe Fehleranfälligkeit aufweisen.

Wenn in ein DA50 Rohr ein LWL-Kabel direkt eingebracht wird, so ist dies meist ein LWL-Kabel mit 144 Fasern. Im städtischen Bereich können noch höherfasrige LWL-Kabel mit bis zu 576 Fasern in einem DA50 Rohr untergebracht werden.

Eine Unterteilung des DA50 Rohres mit Subrohren (z.B. 7 x 10 mm mit der Wandstärke von 1 mm) ermöglicht die Verwendung von 6 LWL-Kabeln mit je 72 oder 96 Fasern. Davon sollte ein Subrohr für Service- oder Notfälle frei bleiben.

Neben DA50 werden auch die Dimensionen DA32, DA40 und DA63 verbaut. Kabelschutzrohre aus PE-HD sind nach DIN 8074/75 und DIN 16874 spezifiziert. Die Rohre müssen innen gerieft sein, um weniger Reibung beim Einziehen oder Einblasen zu erzeugen.

Die Materialkosten für ein DA50 Kabelschutzrohr mit Wandstärke 4,6 mm liegen je nach Menge zwischen 1 bis 1,8 EUR pro m. Für das Verlegen und Betten sind 2 bis 6 EUR pro m je nach Länge vorzusehen. Druckprüfung und Kalibrierung kosten zusammen rund 1 EUR pro m mit größeren Schwankungen je nach Länge.



Abbildung 25: Kabelschutzrohr DA50 innen gerieft

Kabelkanalrohr DA110 in Stangenform

Dies ist die klassische Schutzrohrbauweise, die schon lange innerorts verwendet wird. Es sind 150 bis 200 m Schächte vorzusehen, die für das Einziehen verwendet werden. In DA110 lässt sich alles einbauen wie LWL-Kabel direkt, Subrohre mit DA32 und/oder DA40 und Mikrorohrverbände. Die Verlegung ist jedoch sperrig, sodass heute immer mehr Schutzrohre DA50 von der Trommel oder erdverlegbare Mikrorohrverbände verarbeitet werden. Durch die eingeschränkte Abzweigmöglichkeit ist diese Rohrtechnik nur für Zubringerstrecken verwendbar.

Andere Dimensionen sind natürlich auch erhältlich wie DA50, DA63, DA125 und DA160. Daneben gibt es auch Kabelrohre in Halbschalentechnik für Reparaturen. Diese Kabelkanalrohre aus PVC sind nach DIN 8061/8062 und DIN 16873 genormt.



Abbildung 26: PVC Kabelkanalrohr mit Unterteilungen

Mikrorohre für Rohr-in-Rohr Verwendung

Mikrorohre, die in ein Kabelschutzrohr eingebracht werden, haben eine dünnere Außenwand als erdverlegbare Mikrorohre. Damit steht ein größerer Innendurchmesser für das Einblasen von LWL-Kabeln zur Verfügung. Sie sind nicht für direkte Erdverlegung geeignet.

Rohr-in-Rohr Mikrorohre werden entweder in das umgebende Kabelschutzrohr eingeblasen oder auf kurzen Strecken eingezogen. Dies ist nur bei bestehenden Kabelschutzrohren üblich. Bei Neuinstallationen verwendet man heute aus Kostengründen immer mehr erdverlegbare Mikrorohrverbände.

Es gibt auch Kabelschutzrohre mit bereits bestückten dünnwandigen Mikrorohren auf dem Markt z.B. DA50 mit 24 x 7 mm Mikrorohren. Deren Verwendung ist problematisch, da es durch den sogenannten „Spaghetti-Effekt“ durch die unterschiedlichen Längen bei der Verlegung zu einem Zurückziehen von Mikrorohren kommen kann. Dann muss eine zusätzliche Muffe gesetzt werden, um die fehlende Länge einzelner Mikrorohre auszugleichen.

Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über Rohr-in-Rohr Mikrorohre und deren Abmessungen.

Durchmesser außen (mm)	Durchmesser innen (mm)	Wandstärke (mm)	Kabeldurchmesser (mm)	Anzahl Fasern
7	5,5	0,75	2,0 - 4,0	24
10	8	1	4,0 - 6,5	96
12	9,8	1,1	5,0 - 8,3	96
14	11,4	1,3	6,4 - 9,8	144

Tabelle 5: Rohr-in-Rohr Mikrorohre

Die in dieser Tabelle angegebene Faseranzahl ist für Standardkabel. Es gibt jedoch auch höherfasrige Kabel mit dünnerer Ummantelung bei sonst gleichem Außendurchmesser. Diese könnten jedoch lange Lieferzeiten haben was die Reparaturdauer verlängern würde.

Die Materialkosten von Rohr-in-Rohr Mikrorohren liegen zwischen 0,15 und 0,35 EUR pro m.



Abbildung 27: Kabelschutzrohr DA50 mit 7 Rohr-in-Rohr Mikrorohren 10 x 1mm

Erdverlegbare Mikrorohrverbände

Erdverlegbare Mikrorohrverbände werden heute immer mehr aus Kostengründen für Zubringerleitungen genutzt. Da sie auch für Hauptkabel verwendet werden, werden sie im Kapitel 11 näher beschrieben.

Zusammenfassung:

Es wird empfohlen, für Zubringerleitungen bei Neuverlegung erdverlegbare Mikrorohrverbände einzusetzen. Bei bestehenden Kabelschutzrohren PE-HD DA50 etc. und Kabelkanalrohren PVC DA110 etc. sollten Unterteilungen eingebaut werden.

B.3.3 Leerrohrtechnik für Hauptkabel

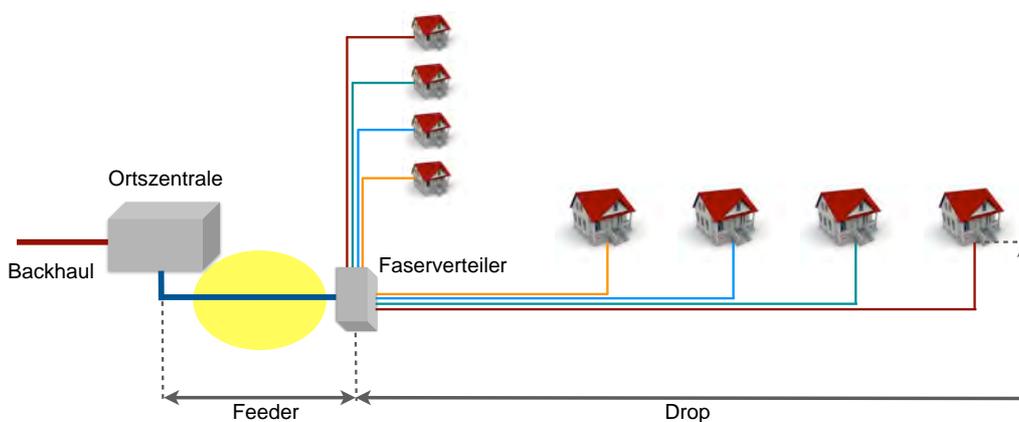


Abbildung 28: Abschnitt Hauptkabel (Feeder)

Hauptkabel (Feeder) verbinden eine Ortszentrale (POP) mit den Faserverteilern und die Faserverteiler untereinander.

In diesem Anwendungsfall werden heute erdverlegbare Mikrorohrverbände⁷ verwendet. Erdverlegbar sind diese Rohre deshalb, weil sie durch ihre höhere Wandstärke direkt in einen Graben mit Sandbett gelegt werden können.

Ausgeführt werden sie als Mikrorohrverbände, die durch eine Außenhülle zusammengehalten werden. Diese Hülle kann auch aufgeschnitten werden, um ein Rohr für eine Abzweigung zu entnehmen.



Abbildung 29: Erdverlegbare Mikrorohrverbände

Die Innenseite des Mikrorohres ist gerillt, um beim Einblasen des LWL-Kabels wenig Reibung zu erzeugen und damit bessere Einblasergebnisse zu ermöglichen.

Ein Vorteil der Mikrorohrverbände ist, dass sie nach Bedarf mit LWL-Kabeln bestückt werden können. Eine häufig verwendete Variante ist ein 7 x 12 mm Rohrverband, der mit 6 LWL-Kabeln mit 96 Fasern (= 576 Fasern gesamt) bestückt wird. Das 7. Rohr kann als Reserve für Service- bzw. Notfälle frei bleiben. In machen Projekten werden auch 14 mm Rohrverbände verwendet.

Bei der Verlegung ist darauf zu achten, dass kein Schmutz oder Wasser eindringt und dass die Mikrorohre durchgängig mit den entsprechenden Abschusselementen gas- und wasserdicht bis 0,5 bar verschlossen werden.

Nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht über verfügbare Größen von Mikrorohren und Mikrorohrverbänden. Ebenso ist der maximale einblasbare LWL-Kabeldurchmesser mit einer üblichen Faseranzahl angegeben.

⁷ Als Mikrorohr (engl. „Microduct“) wird ein Kunststoffrohr aus PE-HD bezeichnet, das einen Außendurchmesser von 4 bis 20 mm aufweist. In anderen Literaturstellen wird für Rohre ab 10 mm auch der Begriff „Minirohr“ verwendet. In diesem Dokument wird wie im englischen Sprachraum einheitlich nur die Bezeichnung „Mikrorohr“ verwendet.

Durchmesser außen (mm)	Durchmesser innen (mm)	Wandstärke (mm)	Rohrverbände mit n Rohren	Kabeldurchmesser (mm)	Anzahl Fasern
12	8	2	3, 4, 5, 7	4,0 - 6,5	96
14	10	2	3, 4, 5, 7	5,0 - 8,5	144
16	12	2	3,4,7	7,0 - 10,0	216
20	15	2,5	3,4	8 - 12,0	288

Tabelle 6: Erdverlegbare Mikrorohrverbände für Hauptkabel

Der Materialpreis von einem 7 x 12 mm Rohrverbund erdverlegbar liegt bei ca. 0,25 EUR pro m.

Zusammenfassung:

Es wird empfohlen, für Hauptleitungen bei Neuverlegung erdverlegbare Mikrorohrverbände einzusetzen. Bei Verwendung von bestehenden Kabelschutzrohren PE-HD DA50 und Kabelkanalrohren PVC DA110 sollten Unterteilungen eingebaut werden.

B.3.4 Leerrohrtechnik für Hauseinführungskabel

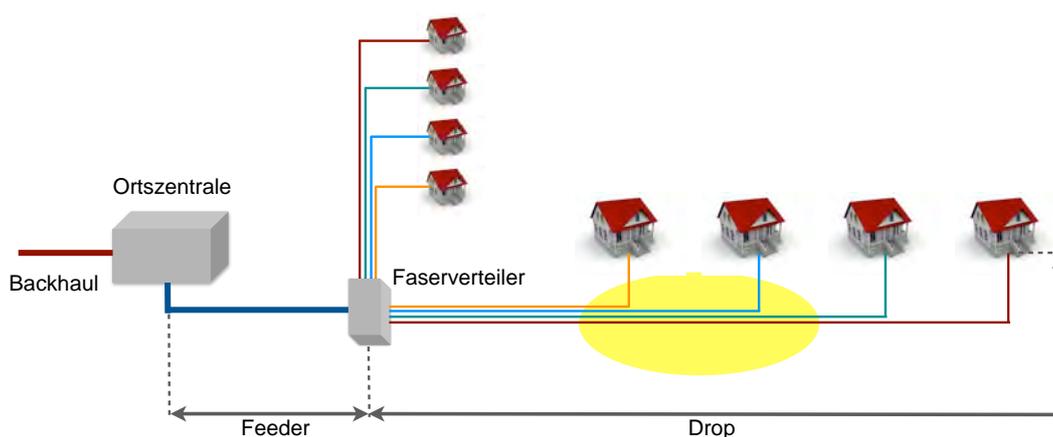


Abbildung 30: Abschnitt Hauseinführungskabel (Drop)

Hauseinführungskabel (Drop-Kabel) stellen die Verbindung zwischen Faserverteiler und den Hausanschlüssen her. In den letzten Jahren haben sich in diesem Abschnitt erdverlegbare Mikrorohre durchgesetzt.

Im ersten Abschnitt werden sie als Mikrorohrverbände entlang von Straßen oft im Gehsteig geführt. Damit befinden sie sich auf öffentlichem Grund.

Diesem Mikrorohrverband wird dann ein Mikrorohr entnommen und über eine Steckmuffe als Einzelrohr zum jeweiligen Gebäude verlegt. Das Einzelrohr befindet sich damit auf privatem Grund. Die Steckmuffe sollte nicht in der Biegung der Abzweigung sein, um eine Spaltbildung zu vermeiden. Sonst könnte es beim Einblasen des LWL-Kabels zu Schwierigkeiten kommen.

Sollte ein Hauseigentümer keinen Anschluss bestellen, wird meist eine Rohrreserve auf dem privaten Grundstück eingelegt, die dann später für einen Anschluss verwendet werden kann. Dies ist auch finanziell vertretbar, da der Laufmeter des einzelnen Mikrorohres nur rund 0,3 EUR kostet.

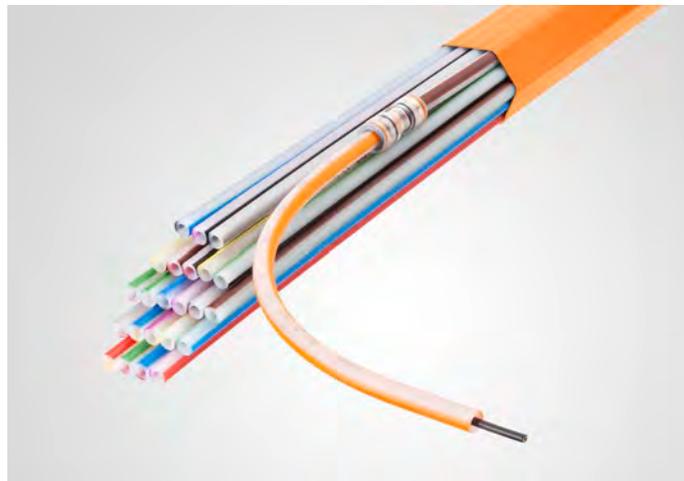


Abbildung 31: Erdverlegbarer Mikrorohrverband für Hauseinführungskabel (Drop)

In der Praxis haben sich 7 mm und 10 mm Mikrorohre für Hauseinführungskabel durchgesetzt. In dichter bebauten Gebieten ist sicher die Bauweise mit 7 mm Rohren im Vorteil, da mehr Anschlüsse im Faserverteiler untergebracht werden können. Dies ist auch die bevorzugte Bauweise der großen Telekommunikationsunternehmen. In ländlichen Regionen werden oft 10 mm Rohre verwendet. Die folgende Tabelle zeigt typische Daten von 7 und 10 mm Mikrorohren.

Durchmesser außen (mm)	Durchmesser innen (mm)	Wandstärke (mm)	Rohrverband mit n Rohren	Kabeldurchmesser (mm)	Anzahl Fasern
7	4	1,5	6, 8, 10, 14, 18, 24	1,0 - 2,5	12
10	6	2	4, 5, 7, 12	2,0 - 4,5	48

Tabelle 7 : Erdverlegbare Mikrorohrverbände für Hauseinführungskabel

In der letzten Zeit werden oft Mikrorohrverbände verwendet, die in der Mitte ein Mikrorohr aufweisen z.B. 22 x 7 mm + 1 x 12 mm. Dieses Mikrorohr in der Mitte wird entweder zur Versorgung von weiteren Faserverteilern verwendet oder es bleibt unbestückt für mögliche Notfälle oder Servicezwecke. Für diesen Mikrorohrverband ist der Materialpreis bei 4,00 bis 5,00 EUR pro m.

Versorgung einer Straße von zwei Seiten

Auf eine weitere Planungsmethode sollte noch hingewiesen werden. Es ist natürlich auch möglich, ein Gebiet bzw. einen Straßenzug von zwei Seiten mit einem Mikrorohrverband zu versorgen. Dies zeigt nachfolgende Grafik. Damit ist die materialsparende Versorgung von längeren Straßenzügen möglich.

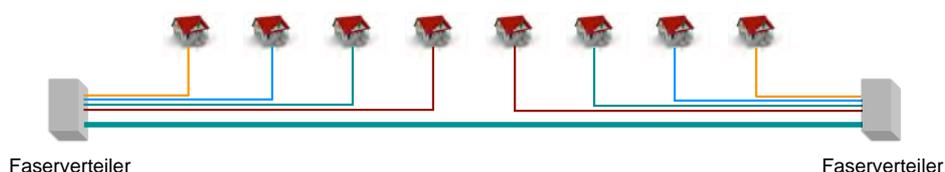


Abbildung 32: Versorgung einer Straße von zwei Seiten

Versorgung eines Gebäudes mit zwei Hauseinführungskabel

Es gibt auch eine einfache Methode, jedes Gebäude mit zwei Hauseinführungskabeln von den Seiten, also zwei Faserverteilern zu versorgen. Dies wird von der Deutschen Telekom angewandt. Damit wird ein Mikrorohrverband optimal ausgenutzt.

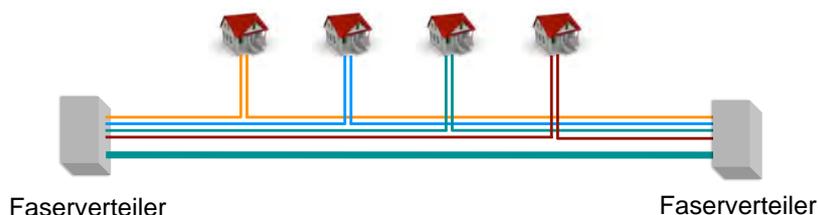


Abbildung 33: Versorgung eines Gebäudes mit zwei Hauseinführungskabel

Steckmuffen

Eine wichtige Funktion haben Steckmuffen, die bei Abzweigungen bzw. Verbindungen von Mikrorohren verwendet werden. Sie müssen über die gesamte Brauchbarkeitsdauer des Leerrohrsystems die Mikrorohre gegen Feuchtigkeit und Gas abdichten. Steckmuffen sollten nicht in Biegungen eingesetzt werden, da sich u.U. ein Spalt bildet, an dem ein LWL-Kabel hängen bleiben kann.

Steckmuffen dürfen sich bei den üblichen Einblasdrücken nicht öffnen, ansonsten entstehen hohe Kosten, wenn nochmals aufgegraben werden muss (Berstdruck min 30 bar) . Hier ist unbedingt auf Qualität zu achten.

Steckmuffen müssen die Norm DIN EN 50411-2-8 erfüllen. Für Endkappen gilt die Norm sinngemäß.



Abbildung 34: Steckmuffen

Zusammenfassung:

Es wird empfohlen, für Hauseinführungskabel ausschließlich erdverlegbare Mikrorohrverbände einzusetzen. Ein Mikrorohr-Durchmesser von 7 bzw. 10 mm wird am häufigsten verwendet.

B.4 Einbau von Leerrohren

B.4.1 Tiefbau

Der größte Anteil (60 % bis 80 %) an den gesamten Investitionskosten eines FTTH-Netzes liegt beim Tiefbau. Deshalb sollten Tiefbaumaßnahmen in Kooperation mit mehreren Bedarfsträgern durchgeführt werden (Mitverlegung).

Die Standardverlegung erfolgt in der offenen Bauweise in Gräben. Die Gräben werden je nach Anforderungen mit Bagger, Grabenfräse oder Kabelverlegepflug hergestellt.

Kabelschutzrohre werden in einer Regelverlegetiefe von 0,6 m auf der Grabensohle einlagig ausgelegt. Stromführende Kabel und Kupferkabel werden in der Regel tiefer verlegt (siehe ÖNORM E8120). Zu stromführenden Kabeln und Gasleitungen sind Schutzabstände einzuhalten. Über den Kabelschutzrohren sollen im Abstand von 30 cm Warnbänder eingelegt werden. Bei Verlegung im Grünland neben einer tieferliegenden Straße wird im Hinblick auf zukünftige Erweiterungen die Verlegetiefe der Straße gewählt.

Kostenfaktoren

Ein Kostenfaktor ist die Beschaffenheit des Untergrundes: Es wird zwischen Freiland- und Felstrasse unterschieden. In bewohnten Gebieten kommen Zuschläge für bereits vorhandene Einbauten hinzu. Ein weiteres wichtiges Kostenelement ist die Wiederherstellung der Oberfläche bei

Fahrbahnen oder Gehsteigen. Diese kann ausgeführt werden als Schotterbelag, Asphalt oder Natursteinbelag.

Daneben gibt es noch Sonderlösungen wie Brückenaufhängungen, Gewässerquerungen oder Durchpressungen mittels Erdrakete.

Ansonsten sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- ▶ Tiefbauarbeiten finden vom Frühjahr bis Spätherbst statt. Grabungen im Winter sind sehr teuer. Auch sprechen die geforderten Verlegetemperaturen der Mikrorohre dagegen.
- ▶ Bei geteerten Fahrbahnoberflächen führt jede nachträgliche Veränderung zu einer Reduzierung der Lebensdauer. Deshalb werden Baumaßnahmen an Straßen oder Gehwegen von Gemeinden oft zeitlich zusammengefasst.

Künettenabmessungen

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Künettenbreite gestaffelt nach der Tiefe und den Einbauten⁸:

Summe der Außendurchmesser der Einbauten bis	Breite des Grabens bei einer Verlegetiefe bis einschließlich			
	0,7 m	0,9 m	1,0 m	> 1m
20 cm	0,3	0,4	0,5	0,6
30 cm	0,4	0,4	0,5	0,6
40 cm	0,5	0,5	0,6	0,7

Tabelle 8 : Grabenbreite nach Einbauten und Verlegetiefe

Ablauf der Tiefbauarbeiten bei Verlegung von Leerrohren

- ▶ Oberfläche vorbereiten
- ▶ Aushub vornehmen:
 - Material: Erde, Sand, Kies, Fels
 - Lagerung vor Ort oder Abtransport
- ▶ Sandbett einfüllen
- ▶ Verlegung Leerrohr mit leichter Vorspannung
- ▶ Sandschüttung
- ▶ Gleichmäßige Verdichtung
- ▶ Verlegung Warnband (oder Warnplatten bei Straßenquerungen)
- ▶ Verfüllung: gleiches Material oder Ersatzmaterial
- ▶ ggfs. Dichtigkeitsprüfung und Kalibrierung bei Di > 8mm
- ▶ Herstellung der Oberfläche
- ▶ Dokumentation

⁸ Quelle: Bauvorschriften der Deutschen Telekom

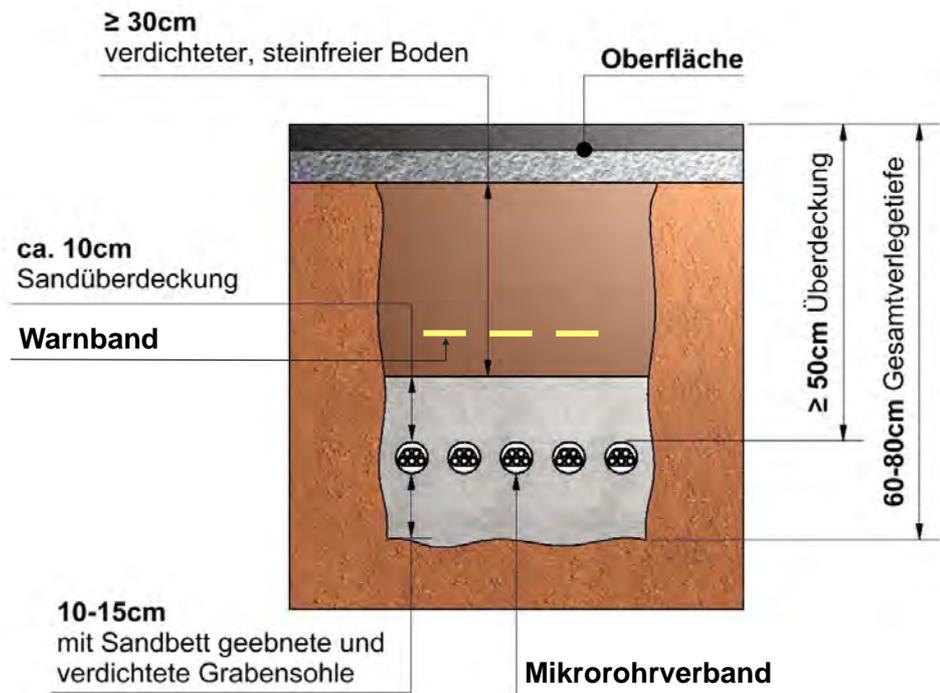


Abbildung 35: Typischer Einbau von Mikrorohrverbänden

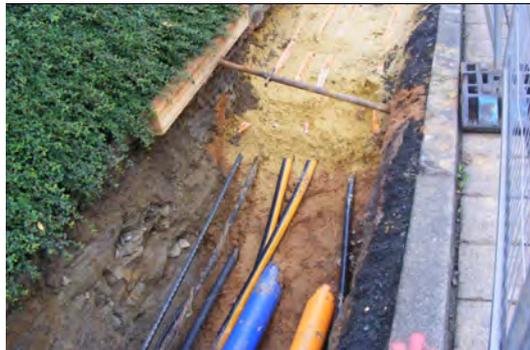


Abbildung 36: Praxisbeispiel Graben mit Sandbett

B.4.2 Verlegung von Mikrorohren

Allgemeines

Mikrorohre und Mikrorohrverbände sind bei Transport, Lagerung und Verarbeitung vor Verschmutzung und mechanischer Beschädigung zu schützen. Die Enden der Mikrorohre und Mikrorohrverbände sind mit Endkappen vor dem Eindringen von Schmutz und Wasser zu bewahren.

Jegliche Beschädigung und Verformung von Mikrorohren (Ovalisierung) führt zur Verringerung der Einblasreichweiten der LWL-Kabel und ist daher zu vermeiden.

Bei einer Lagerung über einen längeren Zeitraum als drei Monate ist die Rohrtrommel gegen direkte Sonneneinstrahlung zu schützen. Ein UV-

Schutz muss im PE-HD Material enthalten sein. Dafür sollte ein Zertifikat vorliegen.

Verlegung im offenen Graben

Mikrorohrverbände sollten unter leichtem Zug möglichst gerade in einem Sandbett verlegt werden. Damit sind optimale Einblasergebnisse möglich. Der kleinste Biegeradius von Mikrorohrverbände ist abhängig von der Verlegetemperatur:

- ▶ bei 20 °C: 1 m
- ▶ bei 10 °C: 2 m
- ▶ bei 0 °C: 2,5 m

Ebenso sollten nur sanfte Höhenversätze mit max. 5 % Steigung durch Ausgleichen mit Sand erreicht werden.

Die optimale Verlegetemperatur liegt zwischen 5 und 20 °C. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sollten die Trommeln vor der Verlegung einen Tag in einer beheizten Umgebung gelagert werden.

Bei der Verlegung von erdverlegbaren Mikrorohrverbänden ist ein Trommelanhänger oder Verlegewagen zu verwenden. Die Trommel darf nicht am Boden abgerollt werden, da die Gefahr besteht, dass die Rohre gequetscht werden.

Für die Grabensohle und die Rohrbettung darf nur steinfreies, verdichtungsfähiges Material verwendet werden. Die Grabensohle ist vor dem Verlegevorgang mit leichtem Verdichtungsgerät abzurütteln. Dabei ist auf eine gleichmäßige Verdichtung zu achten. Über den Mikrorohren dürfen maschinelle Verdichtungsgeräte erst nach einer Überdeckung von 30 cm verwendet werden.

Verlegung durch Einpflügen

Das Verlegen von erdverlegbaren Mikrorohrverbänden und Kabelrohren (z.B. DA50) mit dem Kabelverlegepflug ist dann anwendbar, wenn:

- ▶ Keine befestigte Wegoberfläche vorhanden ist
- ▶ Keine Hindernisse im Boden vorhanden sind
- ▶ Die Lage von Fremdanlagen bekannt ist

Es ist dies eine günstige Verlegemethode (4,00 bis 10,00 EUR pro m), die auf Wiesen und auch im Wald anwendbar ist. Die Verlegeleistung kann einige km pro Tag betragen.



Abbildung 37: Verlegepflug

Einziehen von erdverlegbaren Mikrorohren in bestehende Kabelschutzrohre

In bestehende Kabelschutzrohre DA32 bis DA63 können erdverlegbare Mikrorohre mit Hilfe eines Zugkopfes eingezogen werden. Dazu wird die Mantelhülle vor Erreichen des Rohres mit Hilfe einer Aufschnidevorrichtung aufgeschlitzt und entfernt. Die erreichbare Einzugslänge ist durch die zulässige Zugkraft der Mikrorohre begrenzt (siehe Herstellerangaben !). Die Verwendung von Gleitmittel wirkt sich dabei positiv aus. Die Anzahl der maximal möglichen Mikrorohre für ein bestimmtes Außenrohr ist den Herstellerangaben zu entnehmen.

Einblasen von Rohr-in-Rohr Mikrorohren in bestehende Kabelschutzrohre

Rohr-in-Rohr Mikrorohre (mit dünner Außenwand) werden in Kabelrohre eingepulvert. Dazu braucht man einen Trommelwagen, der für 7 x 10 mm Mikrorohre in einem DA50 Kabelrohr sieben Trommeln aufnehmen kann.

Zur Verstärkung der mechanischen Stabilität der Mikrorohre werden diese bereits auf der Trommel mit einem Druck von 7 bis 8 bar beaufschlagt. Dazu müssen die Mikrorohre am Ende verschlossen werden.

Die Verwendung eines geeigneten Gleitmittels ist sehr zu empfehlen. Solche Gleitmittel haben einen hohen Wasseranteil und sind umweltverträglich.

In ein PE-HD DA50 Rohr mit Längsriefung können 7 Stk. 10 x 1,0 mm Mikrorohre bis 2.000 m oder 10 Stk. 7 x 0,75 mm Mikrorohre bis 1.500 m in der Rohr-in-Rohr Ausführung eingepulvert werden.

In Ausnahmefällen werden über kürzere Distanzen (bis ca. 100 m) auch Mikrorohre eingezogen. Dabei sind die zulässigen Zugkräfte des Herstellers zu beachten.

B.4.3 Alternative Verlegemethoden

Auf Grund der hohen Tiefbaukosten einer konventionellen Verlegung in Künetten wurden Verfahren gesucht, die niedrigere Kosten und eine höhere Verlegegeschwindigkeit versprechen. Nachfolgend werden drei Verfahren erklärt:

- ▶ Verlegung mit Nano-Trenching
- ▶ Verlegung in bestehenden Abwasserkanälen
- ▶ Grabenlose Verlegung mit Erdrakete

Verlegung mit Nano-Trenching

Beim „Nano-Trenching⁹“ wird ein Schlitz in eine Straßendecke, einen Gehweg oder einen Radweg gefräst, in den erdverlegbare Mikrorohre eingelegt werden und der dann unmittelbar danach mit einer Füllmasse verschlossen wird. Nano-Trenching verspricht kurze Bauzeiten und niedrigere Kosten gegenüber der Verlegung in der üblichen Künettenbauweise (Kosten Nano-Trenching inklusive Verlegung und Verfüllung: ca. 30 - 40 EUR pro m).

Bei diesem Bauverfahren wird in die Fahrbahndecke ein Schlitz von 3 x 12 cm eingefräst, in den Mikrorohre verlegt werden. Dieser Schlitz wird gleich anschließend mit einer Vergussmasse gefüllt. Das Verfahren hat eine hohe Bauleistung von ca. 600 m pro Tag. Alle 600 m bis 800 m sind Schächte für das Einblasen der LWL-Kabel notwendig. Bei der Planung sind zukünftige Sanierungs- und Bauarbeiten zu berücksichtigen.

Jedoch fehlen Erfahrungen über das Langzeitverhalten.¹⁰ Da sich bei der Verlegung in Straßen die Einbauten in der Tragkonstruktion und damit im Frostbereich befinden könnten, leidet die Brauchbarkeitsdauer einer Straßendecke. Ebenso besteht durch die geringe Einbautiefe ein höheres Risiko von Beschädigungen. Dieses Verfahren ist deshalb nur zulässig, wenn der Straßenerhalter dem ausdrücklich zustimmt.



Abbildung 38: Aufbau Nano-Trench

⁹ Je nach Schlitzgröße gibt es auch die Verfahren: Mikro-, Mini- und Makro-Trenching (siehe [8])

¹⁰ Gutachten zum Langzeitverhalten sind angekündigt

Verlegung in Abwasserkanälen

Bei dieser Technologie werden vorhandene Abwasserrohre für die Verlegung von Glasfaserkabel genutzt. In nicht begehbaren Kanälen mit Rohrdurchmessern von DN 200 bis DN 700 wird ein Montageroboter eingesetzt. Im begehbaren Bereich werden die Arbeiten von Monteuren ausgeführt.

Grundsätzlich gibt es metallfreie und metallische Verlegesysteme.

In Wien werden metallfreie Systeme seit 15 Jahren mit Erfolg eingesetzt. Wichtig ist, dass die Trassen wegen einer möglichen Abwasser-Verschmutzung glatte Abdeckungen haben und so montiert werden, dass Service- und Reinigungsarbeiten des Kanalbetreibers nicht behindert werden. Aufgrund der Verhinderung möglicher vagabundierender Ströme sind nichtmetallische Systeme ein Vorteil.

In Deutschland werden häufig metallische Verlegesysteme eingesetzt. Dabei wird eine Leerrohranlage bestehend aus gewellten Edelstahl-Mikrorohren erstellt, die jeweils ein Kabel mit bis zu 216 Fasern aufnehmen können. Als Befestigungselemente für die Anlage werden Spannringe (sog. Briden) aus Edelstahl verwendet, die eine mechanische Beanspruchung der Kanalrohrwandungen, wie sie beim Einsatz von Bohr- oder Dübelverfahren auftreten würden, vermeiden.

Der Platzbedarf der Leerrohranlage - meist im Rohrscheitel montiert - ist minimal und stellt keine nennenswerte Behinderung der hydraulischen Durchflussverhältnisse dar. Das Reinigen der Abwasserrohre wie auch die Sanierung von Kanälen ist nach wie vor gut durchführbar.



Abbildung 39: LWL-Verlegung im Abwasserkanal (metallfrei und metallisch)

Grabenlose Verlegung mit Erdrakete

Oft ist es nicht gewünscht, den Kundenanschluss durch den Garten herzustellen. Es gibt hochwertige Oberflächen, Bepflanzungen oder Treppen, die man nicht verändern möchte. Hier eignet sich der Einsatz eines Bodenverdrängungsverfahrens mittels Erdrakete.

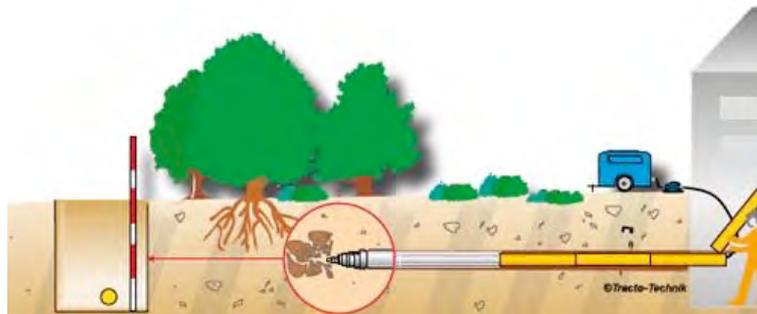


Abbildung 40: Prinzip Erdrakete

Im Keller wird eine Kernbohrung mit 60 mm Durchmesser erstellt. Die Erdrakete wird durch das Kernbohrloch mittels Bodenverdrängungsverfahrens zur Zielgrube getrieben. Die Erdrakete wird mit Druckluft von 7 bar vom normalen Baustellenkompressor angetrieben. Ein Schlagkolben treibt das röhrenförmige Gehäuse selbsttätig durch Erdreich, Gestein oder Mauerwerk. Das Erdreich wird verdrängt und es entsteht eine Erdröhre, in die ein Kabelschutzrohr oder Mikrorohr oft im gleichen Arbeitsgang von der Erdrakete unmittelbar eingezogen wird.

Das Verfahren ist ein ungesteuertes Verfahren, das bis zu 20 m einsetzbar ist. Die typische Genauigkeit ist in der Praxis ausreichend.

Ein Bautrupps kann pro Tag je nach Länge bis zu vier Anschlüsse herstellen. Das Bodenverdrängungsverfahren eignet sich natürlich auch für Durchführungen unter Straßen.



Abbildung 41: Ansetzen einer Erdrakete im Keller

B.4.4 Mitverlegung und Mitnutzung

Durch die hohen Kosten des Tiefbaus (60 bis 80 %) der Gesamtkosten eines optischen Zugangsnetzes hat die Nutzung von Synergien oberste Priorität. Wie kann man Synergien sinnvoll nutzen? Einmal durch Mitverlegung bei Tiefbauarbeiten und zum anderen durch Mitnutzung bestehender Infrastrukturen.

Mitverlegung

Es gibt eine Reihe von Bauträgern, die laufend Tiefbauten durchführen:

- ▶ Versorgungsunternehmen (Strom, Gas, Fernwärme, Wasser, Abwasser)
- ▶ Telekommunikationsunternehmen (TK-Unternehmen, Kabelnetzbetreiber, Mobilfunkbetreiber, Stadtwerke)
- ▶ Erhalter von Straßen, Radwegen und Gehwegen
- ▶ Transportunternehmen (Bahn, Seilbahnen)
- ▶ Industrie (Industrievernetzungen)

Hier bietet es sich an, bei diesen Baumaßnahmen eine Mitverlegung von Leerrohren zu prüfen, sofern dies technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Doch welche Kosten entstehen durch Mitverlegung? Auf alle Fälle sind es die Kosten der zusätzlichen Einbauten wie:

- ▶ Leerrohr(e)
- ▶ Sandbett
- ▶ Verlegung
- ▶ Kalibrierung und Druckprüfung (je nach Leerrohrart)
- ▶ Dokumentation

Daneben versucht der federführende Bauträger noch in den meisten Fällen anteilige Kosten unterzubringen für:

- ▶ Künette
- ▶ Felsuntergrund
- ▶ Wiederherstellung der Oberfläche (Asphalt, Naturstein)
- ▶ Sonstige Erschwernisse

Für letzteres gibt es verschiedene Ansätze und Berechnungsmodelle:

- ▶ Berechnung nach benutzter Künettenbreite
- ▶ Berechnung nach Platzbedarf und Verlegetiefe
- ▶ Pauschalierung des Künettenanteils

Berechnung nach benutzter Künettenbreite

Nachfolgende Abbildung zeigt als Beispiel den Platzbedarf für zwei Leerrohre mit dem Durchmesser 50 mm. Die Tiefe der Künette ist 70 cm und die Breite 40 cm. Der Platzbedarf für zwei Leerrohre beträgt insgesamt 12 cm. Dies ist ein Anteil von 30 % der Breite des Grabens. Für

sonstige Einbauten stehen 28 cm oder 70 % der Breite zur Verfügung. Somit könnte ein Kostenschlüssel von 30 : 70 angewandt werden.

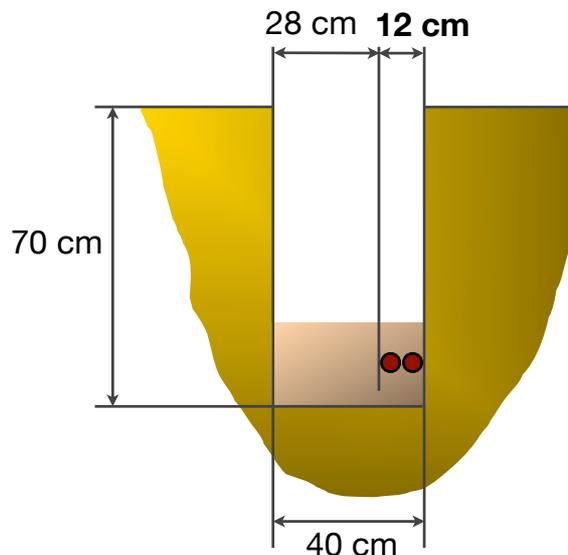


Abbildung 42: Beispiel für Mitverlegung

Berechnung nach Platzbedarf und Verlegetiefe

Eine anderes Verfahren der Kostenaufteilung berücksichtigt auch die Verlegetiefe, wenn es Einbauten in unterschiedlicher Tiefe gibt. Es wird hier der Durchmesser der Einbauten mit der Verlegetiefe multipliziert und summiert und daraus ein Kostenteilungsschlüssel errechnet.

Pauschalierung des Künnettenanteils

Bei manchen Versorgungsunternehmen wird eine Pauschalierung für die Zusatzkosten neben den Einbauten verwendet:

- ▶ Künnettenanteil: 1 x DA50: 6 EUR pro m, 2 x DA50: 8 EUR pro m
- ▶ Asphaltanteil: 6 EUR pro m
- ▶ Aufpreis Felsstrecke: 5,50 EUR pro m

Mitnutzung

Häufig bestehen bereits Infrastrukturen, die nicht voll belegt sind und deshalb mitgenutzt werden können und sollen. Dies ist volkswirtschaftlich sinnvoll und wünschenswert. In der Praxis bestehen jedoch einige Hürden, da viele Infrastrukturbesitzer keine Informationen über ihre Infrastruktur nach außen geben.

Es sind dies Leerrohre, in die LWL direkt oder über Subrohre eingebracht werden können, sowie Faserkapazitäten, die noch frei verfügbar sind.

Die Mitnutzung kann nach österreichischem Telekommunikationsrecht (siehe TKG 2003 § 8 und § 9) erzwungen werden, wenn dies technisch und wirtschaftlich dem Infrastrukturbesitzer zumutbar ist. Dabei werden die Entgelte im Streitfall von der RTR in einem Bescheid festgelegt.

Für die Mitnutzung von Leerrohren gibt es keine Marktpreise. Diese müssen im Verhandlungsverfahren vereinbart werden.

Dies gilt auch für das Anmieten von Dark Fiber, für das es keinen offiziellen Markt gibt. In der Praxis aber werden Dark Fiber vermietet. Eine Orientierung sind die Entgelte, die in RTR-Bescheiden festgelegt wurden. Diese liegen für ein Faserpaar zwischen 0,25 und 2,00 EUR pro m und Jahr.

B.5 Ortszentralen

Die Ortszentrale ist üblicherweise in einem eigenen Raum in einem Gebäude oder in einem Container untergebracht. Von der Ortszentrale (auch CO = Central Office oder POP= Point of Presence genannt) führen die LWL-Hauptkabel zu den Faserverteilern. An eine Ortszentrale können je nach Gegebenheit bis zu 5.000 Teilnehmer angeschlossen werden. Unter Umständen sind bei größeren Entfernungen zwischen Ortsteilen auch kleinere Unterzentralen sinnvoll.

In einer Ortszentrale befinden sich mindestens zwei Standschränke (meist 19“ Technik), die rundum zugänglich sein müssen. Deshalb sollte ein minimaler Platzbedarf von 15 m² vorgesehen werden.

Bei der Wahl des Standortes ist vorzugsweise eine Räumlichkeit im öffentlichen Besitz (z.B. in einem Gemeindeamt) zu bevorzugen. Ebenso spielt für die Standortwahl die Nähe zu einem Zubringeranschluss bei einem Telekom-Anbieter eine Rolle. Diese sind oft in Postämtern und örtlichen Vermittlungsstellen oder in Netzknoten von EVUs verfügbar.

Der Zugang zur Ortszentrale muss für 24 h möglich sein, um Störungsbehebungen rund um die Uhr zu ermöglichen.

Die Ausstattung einer Ortszentrale umfasst:

- ▶ Schränke
- ▶ Stromanschluss, Verteilung und Absicherung
- ▶ USV mit Pufferbatterien
- ▶ Klimagerät, Belüftung
- ▶ Kabeleinführungen für Hauptleitungen
- ▶ Schließsystem
- ▶ Temperaturüberwachung
- ▶ Brandmeldeanlage
- ▶ Zutrittsüberwachung, Alarmierung
- ▶ Fasermanagement
- ▶ Router/Switches mit optischen Schnittstellen für die Datenübertragung
- ▶ Einrichtungen für die Verteilung von TV-Programmen

In der Ortszentrale befindet sich ein Fasermanagement-Gestell (ODF = Optical Distribution Frame), in dem die eingehenden Glasfasern an Pig-tails mit LWL-Steckverbindern gespleißt sind. Diese Spleiße sind in Spleißbladen gelagert. Im ODF sind auch die Überlängen gelagert.

Über optische Patchkabel sind die Teilnehmer-Glasfasern mit den optischen Schnittstellen der aktiven Netzkomponenten verbunden.

Die Ortszentrale benötigt üblicherweise eine geregelte Kühlung, da etwa 2 bis 4 Watt Verlustwärme pro Teilnehmer entsteht.

Die Ausstattung einer Ortszentrale wird natürlich dadurch beeinflusst, ob ein P2P- oder P2MP-Netz errichtet wird. Deshalb ist dies mit möglichen Betreibern abzustimmen. Auf alle Fälle muss eine Ortszentrale von einem qualifizierten Unternehmen geplant werden.



Abbildung 43: Aktive Komponenten, Fasermanagement und 19"-Schränke in einer Ortszentrale

B.6 Faserverteiler

Im Faserverteiler werden die Fasern vom Hauptkabel auf die Hauseinführungskabel aufgeteilt. Somit ist die Funktion eines Faserverteilers die einer Spleißbox. Der Faserverteiler ist rein passiv und benötigt keine Stromversorgung. Im Falle eines P2MP-Netzes enthält er auch optische Splitter.

Faserverteiler werden meist für eine bestimmte Anzahl von Mikrorohren ausgelegt. So gibt es Faserverteiler für 48, 72 oder 96 Mikrorohre.

Bei der Planung werden Faserverteiler je nach Anschlussdichte im Abstand von 200 bis 500 m geplant.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, Faserverteiler einzubauen. Einerseits in einen unterirdischen Schacht (Manhole) und andererseits in einen überirdischen Straßenschrank (Street Cabinet). Beides hat Vor- und Nachteile.

Unterirdischer Faserverteiler (Manhole)

Dieser hat folgende Vorteile:

- ▶ Schutz gegen Vandalismus und Sabotage (durch schwere Betondeckel ist sichergestellt, dass diese nur durch zwei Personen mit Hilfe von Spezialwerkzeug geöffnet werden können)
- ▶ Schutz gegen Beschädigung durch Fahrzeuge und Schneepflüge im Winter
- ▶ Weniger Probleme mit Grundstückseigentümern
- ▶ Geringerer Eingriff in das Landschaftsbild

Die Nachteile sind:

- ▶ Bis zu 50 % höhere Investitionskosten (Produkt und Montage)
- ▶ Schlechtere Zugänglichkeit (2 Personen notwendig)
- ▶ Höherer Aufwand bei Serviceeinsätzen (Kundenanschluss, Wartung und Instandhaltung)
- ▶ Einflüsse von Frost, Wasser und Schmutz



Abbildung 44: Straßenschacht bestückt für 72 Mikrorohre mit Betondeckel

Oberirdischer Faserverteiler (Street Cabinet)

Ein Faserverteiler im Street Cabinet ist kostengünstiger und leichter zugänglich. Ansonsten hat er die Nachteile, die ein Schacht-Faserverteiler als Vorteile oben angeführt hat. In einer Punktebewertung¹¹ schneidet der oberirdische Faserverteiler ein wenig besser ab als der Straßenschacht. Insgesamt werden heute mehr oberirdische Faserverteiler verbaut.

¹¹ Quelle: Vortrag Hüller (Fa. Sichert)



Abbildung 45: Straßenschränke für 48 und 96 Mikrorohre

Die Kosten für einen vollbestückten Faserverteiler liegen bei ca. 30,-- EUR für einen Straßenschrank und ca. 50,-- EUR für einen Unterflurschacht pro Kundenanschluss.

Faserreserve

Wichtig ist noch, dass für den Fehlerfall in beiden Varianten für das LWL-Kabel eine Längenreserve vorgesehen werden muss.

B.7 Gebäudeanschluss

Nach der Mauerdurchführung wird das Glasfaserkabel in ein Gehäuse geführt, in dem das von außen kommende Kabel mit dem Inhouse-Kabel verbunden wird. Dieses wird häufig auch als BEP (Building Entry Point) bezeichnet wird. Vom BEP führt eine Steigleitung mit üblicherweise 4 Fasern in jede Wohnung und wird in einer optischen Anschlussdose (OTO) abgeschlossen. Von der Anschlussdose wird das Signal an den optischen Netzabschluss (ONT) und an das Teilnehmernetzgerät (CPE) geführt. Letztere sind meist in einem Gerät integriert. Das Teilnehmernetzgerät hat dann verschiedene konventionelle Schnittstellen zum PC, Fernseher und Telefon.

Mauerdurchführung

Um Mikrorohre in den Keller zu führen gibt es eine Vielzahl von Abdichtelementen, die die Öffnung gas- und wasserdicht bis 1 bar verschließen. Meist ist ein Umlenkbogen für das Mikrorohr integriert.

Mauerdurchführungen sollten unter dem Außenniveau montiert werden, um einen Schutz gegen Beschädigung und Vandalismus zu erreichen. Wo dies nicht möglich ist, gibt es auch Armaturen für die oberirdische Einführung.

Mauerdurchführungen können in Trockenbauweise oder auch in Nassbauweise eingebaut werden. Bei der Trockenbauweise wird eine Kernbohrung vorgesehen, in die die Abdichtelemente eingeschoben werden. In der Nassbauweise wird vorher ein Futterrohr eingemauert. In dieses Futterrohr kommen dann Dichtelemente, die eingeschäumt werden.

Wichtig ist auch, dass im Keller das Mikrorohr (allenfalls Zwillingsrohr) mit dem LWL-Kabel mit passenden Abdichtelementen gas- und wasserdicht bis 1 bar verschlossen wird.

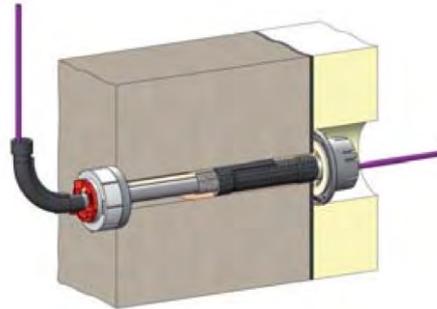


Abbildung 46: Mauerdurchführung

Gebäudeeinführungspunkt

Der Gebäudeeinführungspunkt (BEP) ist eine Spleißbox, in der die Fasern des Außen- und Innenkabels durch Fusionsspleiße verbunden werden. Die Durchgangsdämpfung darf maximal 0,15 dB sein. Die Rückflussdämpfung darf nicht meßbar sein.

Es können Schrumpf- oder Krimpspleißschutze eingesetzt werden. Deren Maße sind in der Norm IEC 61756-1 definiert. Die Spleißkassette für Einzelanschluss-Managementsysteme muss Raum für mindestens 4 Spleiße bieten. Eine Zugentlastung muss verfügbar sein.

Die Überlänge von Fasern und umhüllten Fasern wird in der Regel in der gleichen Kassette wie die Spleiße gelagert. Es muss eine Faserüberlänge von 1,5 m untergebracht werden können.

Als Standort für den Gebäudeeinführungspunkt wird meist die Nähe zur vertikalen Verkabelung gewählt. Der Gebäudeeinführungspunkt sollte leicht zugänglich, aber nicht zu sehr Gefahren wie Vandalismus, Beschädigung durch Bewohner oder Warenanlieferungen ausgesetzt sein.

B.8 Lichtwellenleitertechnik

B.8.1 Lichtwellenleiter

In optischen Zugangsnetzen werden ausschließlich Einmodenfasern verwendet. Sie weisen eine sehr niedrige Dämpfung auf. Die Fasermerkmale sind in internationalen Normen von ITU und IEC spezifiziert.

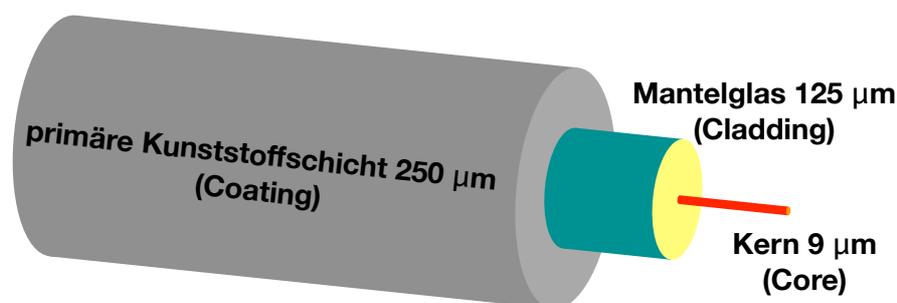


Abbildung 47: Aufbau einer Einmodenfaser

Fasermerkmale

Grundsätzlich gibt es wegen der unterschiedlichen Anforderungen eine Unterscheidung zwischen Fasern eines Haupt- oder Hauseinführungskabels (Außenkabel) und jenen der Gebäudeverkabelung (Innenkabel). Diese beiden Fasertypen müssen jedoch in Spleißverbindungen miteinander verknüpft werden und somit verbindungskompatibel sein.

Es werden nur zwei genormte Fasertypen verwendet:

Fasertyp	ITU-Kodierung	IEC-Kodierung
Außenkabel	G.652.D	IEC 60793-2-50 B1.3
Außenkabel	G.657.A	IEC 60793-2-50 B6.a
Innenkabel	G.657.A	IEC 60793-2-50 B6.a

Tabelle 9 : Fasertypen für Zugangsnetze

Die Norm G.657.A gilt für G.657.A1 wie für G.657.A2 (mit noch besseren Biegeeigenschaften). Die biegeoptimierten Fasern G.657.B2 und G.657.B3 sollten aus Kompatibilitätsgründen nicht verwendet werden.

Optische Fenster

Eine Glasfaser hat abhängig von der Wellenlänge des Lichtes eine unterschiedliche Dämpfung. Das übertragene Licht ist für das menschliche Auge unsichtbar, da Wellenlängen oberhalb von Rot verwendet werden.

Die verwendeten Wellenlängen sind derzeit bei 1310 nm, 1490 nm und 1550 nm. Damit ist es möglich, 2-Fasersysteme aber auch 1-Fasersysteme für die Datenübertragung und die Fernsehverteilung zu realisieren. Da dies vom technischen Konzept des jeweiligen Betreibers abhängt, wird dies hier nicht näher erläutert. Für die Betriebsüberwachung werden vermehrt die Wellenlängen 1625 und 1650 nm genutzt.

Biegeradius

Bei Unterschreitung des minimalen Biegeradius der Glasfaser findet am Cladding keine Totalreflexion mehr statt und ein Teil des Lichtes entweicht aus dem Glaskern. Dies macht sich in Form einer Dämpfungserhöhung bemerkbar und kann je nach Leistungsbudget, Streckenlänge und Biegung zum Totalausfall der Übertragung führen.

Speziell für die FTTH-Hausinstallationen entwickelten Glasfaserhersteller in der jüngsten Zeit neue Glasfasern, die durch einen speziellen Übergang zum Cladding biegeoptimierte Eigenschaften aufweisen. Durch diese neuartigen biegeunempfindlicheren Fasern ist es möglich, auch bei Biegeradien, die im Bereich von unter 10 mm liegen, eine nahezu verlustfreie Übertragung sicherzustellen. Diese Fasern nennt man auch biegeoptimierte Fasern (G.657.A).

Die Anforderungen an den Biegeradius der Glasfaser sind:

G.652.D für Außenkabel: min. 30 mm

G.657.A für Außenkabel: min. 30 mm

G.657.A für Innenkabel: min. 15 mm

Der Biegeradius beeinflusst auch die Ausfallrate eines LWL-Kabels. Aus diesem Grund müssen die Mindestbiegeradien unbedingt eingehalten werden.

Dämpfung von Glasfasern

Die Dämpfungsverluste von Einmodenfasern betragen laut ITU Spezifikation max. 0,5 db/km bei 1310 nm und 0,4 db/km bei 1550 nm. Die typischen Werte sind besser als 0,36 dB/km bei 1310 nm und 0,21 dB/km bei 1550 nm.

Damit können P2P-Netze bis zu 70 km Faserlänge gebaut werden. Bei P2MP reduziert sich die max. Entfernung durch den Leistungsverlust bei Benutzung von optischen Splitttern (z.B. 1:32 auf ca. 10 km). Somit muss bei P2MP-Netzen genauer auf die zulässigen Dämpfungs- und Pegelverhältnisse geachtet werden.

Für Innenkabel gilt nach ITU-T G.657A eine zulässige Dämpfung von 0,4 dB/km bei 1310 nm und 0,3 db/km bei 1550 nm. Durch die kurzen Entfernungen spielt dies nur eine untergeordnete Rolle.

B.8.2 LWL-Kabel

Ein Lichtwellenleiterkabel hat die Aufgabe, die empfindlichen Glasfasern vor Umgebungseinflüssen zu schützen.

Grundsätzlich differenziert man zwischen Außen- und Innenkabel, die unterschiedliche Anforderungen erfüllen müssen.

Außenkabel sind so aufgebaut und dimensioniert, dass sie allen Anforderungen, wie sie in Kabelschutzrohren vorkommen, genügen: hohe Zugfestigkeit, Längswasserschutz etc.

Innenkabel sind für die Verlegung in Gebäuden optimiert. Hier hat der Brandschutz eine große Bedeutung: geringe Brandfortleitung, geringe Rauchentwicklung, Halogenfreiheit.

Die Glasfasern befinden sich lose in Hüllen, den so genannten Bündeladern, die bis zu 24 Fasern aufnehmen können. Die Bündeladern und die Fasern sind meist farbkodiert. Weiters gehört zu einem hochfasrigen LWL-Kabel ein zentrales Stützelement, ggfs. Blindadern, Quellmaterial zum Längswasserschutz, eine Aramidfaserhülle mit Aufreisszwirn und ein HDPE Außenmantel. Nachfolgendes Bild zeigt ein typisches Außenkabel für die FTTH-Installation.

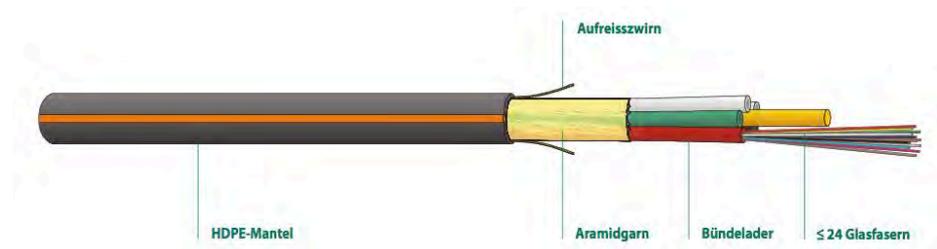


Abbildung 48: Aufbau eines LWL-Außenkabels

Zum Vergleich dazu ein LWL-Innenkabel:



Abbildung 49: Aufbau eines LWL-Innenkabels

Außenkabel müssen eine Reihe von Anforderungen erfüllen, die in einschlägigen Normen definiert sind. Die Testmethoden sind nach IEC 60794-1-2 spezifiziert:

- ▶ Temperaturbereich (Betrieb und Lagerung: - 40 bis + 70 °C)
- ▶ Zugfestigkeit
- ▶ Querdruckfestigkeit
- ▶ Schlagfestigkeit
- ▶ Wiederholte Biegung
- ▶ Kabelbiegung
- ▶ Kabeltorsion
- ▶ Längswasserdichtigkeit

Ebenso ist für Innenkabel die Halogenfreiheit und das Ausscheiden von nichtkorrosiven Gasen nach IEC 60754-1/-2 gefordert.

Nachfolgende Grafik zeigt Richtpreise von verschiedenen LWL-Außenkabeln pro m je nach Faserzahl. Man sieht daraus, dass die Faseranzahl den Preis nur mäßig beeinflusst.

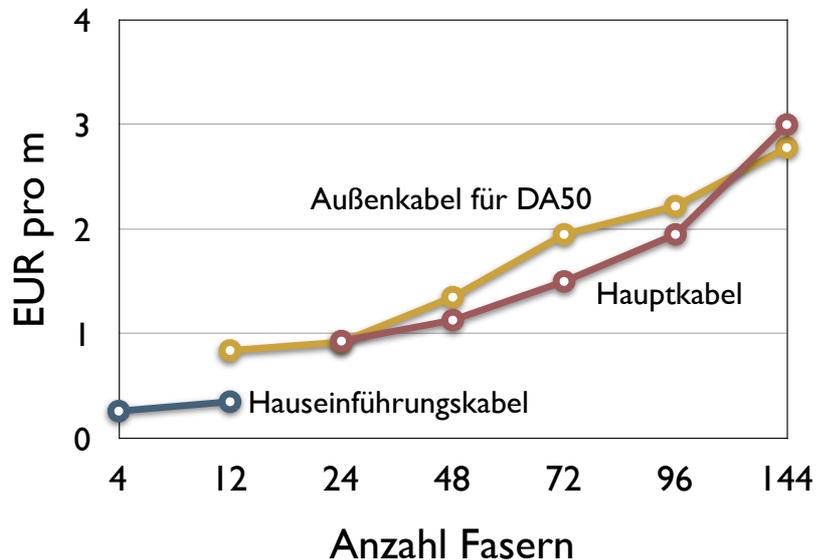


Abbildung 50: Richtpreise für Außenkabel

B.8.3 Optische Verbindungstechnik

Um zwei Fasern miteinander zu verbinden, braucht es eine optische Verbindungstechnik. Hier unterscheidet man zwischen lösbaren Verbindungen (Stecker) und nichtlösbaren Verbindungen (Spleiße).

Die Spleiße kann man noch in Fusions- und in mechanische Spleiße einteilen. Letztere sind zwar einfach herzustellen und kostengünstiger, da sie aber ein Gel verwenden, gibt es Zweifel an der Langzeitstabilität. Deshalb werden mechanische Spleiße nur bei Reparaturen eingesetzt.

Spleißtechnik

Der Fusionspleiß ist die übliche Verbindungstechnik für LWL, da die Dämpfung und die Reflexion hier am geringsten sind. Man braucht jedoch die notwendige Geräteausstattung und spezielle Fachkenntnisse.

Beim Fusionspleißen werden die beiden Glasfasern mit Hilfe eines Lichtbogens direkt miteinander verschweißt. Auf diese Weise entsteht eine stoffschlüssige Verbindung der Fasern. Das Fusionspleiß-Verfahren ist die präziseste und dauerhafteste Methode, um LWL-Fasern permanent miteinander zu verbinden.

Der Spleißprozess gliedert sich prinzipiell in folgende Schritte:

- ▶ Absetzen des Kabelmantels
- ▶ Entfernen des Coatings und Reinigen der Faser
- ▶ Einlegen in ein Trenngerät (Cleaver), Ritzen und Brechen der Faser

- ▶ Entsorgung der Faserreste (Verletzungsgefahr!)
- ▶ Einlegen der Faserenden in das Spleißgerät
- ▶ Starten des automatischen Spleißvorgangs. Dabei erfolgt eine automatische xyz-Positionierung der Fasern. Danach werden die Fasern mit Hilfe eines zwischen zwei Elektroden gezündeten Lichtbogens verschweißt
- ▶ Analyse des fertigen Spleißes
- ▶ Schützen und Ablegen der Spleißverbindung

Mit Hilfe einer Vergrößerungsoptik, eines Videokamera-Systems und eines TFT-Bildschirms lässt sich während des kompletten Spleißvorgangs der Ablauf visuell verfolgen.

Moderne Spleißgeräte erkennen, wenn unterschiedliche Fasern verwendet werden. Ebenso werden die Fasern darauf geprüft, ob der Brechwinkel stimmt.

Der eigentliche Spleißvorgang dauert ca. 9 Sekunden. Ein geübter Mitarbeiter kann pro Arbeitstag 50 bis 100 Spleißverbindungen herstellen.

Von den Übertragungstechnischen Eigenschaften gelten für eine Fusionspleißverbindung:

- ▶ Spleißdämpfung: max. 0,15 dB, typ. 0,01 dB
- ▶ Rückflussdämpfung: nicht meßbar

Spleißverbindungen werden benötigt in der Ortszentrale, in Faserverteilern, zur Verbindung von Lieferlängen und am Gebäudeeinführungspunkt.

Die Kosten für eine Spleißverbindung liegen zwischen 12 und 20 EUR pro Verbindung je nach Anzahl der Verbindungen.

Steckverbinder

Optische Steckverbinder sorgen für eine lösbare Steckverbindung zwischen zwei Lichtwellenleitern. Bei den meisten LWL-Steckern wird nicht zwischen Stecker und Buchse unterschieden. Vielmehr besteht die Steckverbindung aus zwei LWL-Steckern, die über eine Führungskuppelung miteinander verbunden werden.

Da LWL-Stecker Bauteile von höchster Präzision sind, können geringste mechanische Fertigungstoleranzen oder Veränderungen durch häufiges Ein- und Ausstecken die wesentlichen Übertragungstechnischen Parameter beeinträchtigen. Auch muss der Stecker gereinigt werden, damit Verschmutzungen nicht die Fähigkeiten mindern.

Bei den optischen Steckern wird die Glasfaser in einer Hülse (Ferrule) aus Keramik eingeklebt. Je nach Kontakt auf der Stirnfläche, die geschliffen wird, unterscheidet man zwischen Steckern mit gerader Stirnfläche (PC = Physical Contact) und solchen mit schräger Stirnfläche (APC = Angled Physical Contact). Letzterer hat eine wesentlich höhere Rückflussdämpfung, da durch den Schliffwinkel von üblicherweise 8 Grad das reflektierte Licht nicht mehr den Kern trifft.

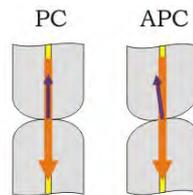


Abbildung 51: Endflächen von PC- und APC-Schliff

Beim Steckvorgang werden die beiden Ferrulen durch eine Führung in einer Kupplung zentriert und durch den Anpressdruck der Kontakt hergestellt.

Bei den Steckergehäusen gibt es eine Vielzahl von Ausführungen. Für FTTH-Netze hat sich der LC-Steckerverbinder (gemäß IEC 61754-20) durchgesetzt. Der LC-Stecker (LC = Lucent Connector) ist ein von der Firma Lucent entwickelter Small Formfaktor Stecker mit Schnappverschluss. Es gibt ihn auch in der Duplexvariante. Die Farbe Grün wird für den APC-Schliff verwendet, Blau für den PC-Schliff.

Die technischen Daten sind (siehe IEC 61755-1):

- ▶ Dämpfung: max. 0,25 dB bei 1550 nm, typ 0,12 dB
- ▶ Rückflussdämpfung im gesteckten Zustand:
 - LC/PC: min. 45 dB
 - LC/APC: min. 60 dB
- ▶ Steckzyklen: min. 1.000



Abbildung 52: LC-Stecker mit PC-Schliff (blau) und mit APC-Schliff (grün)

Für RF-Overlay (TV-Verteilung) ist auf alle Fälle der APC-Schliff zu verwenden. Für die Datenübertragung wird auch dieser Typ empfohlen (siehe BAKOM- und VDE-Empfehlungen).

Daneben wird in Österreich und in Deutschland auch der preislich günstigere, aber größere und mechanisch robustere SC-Stecker (SC = Subscriber Connector) verwendet. Es gibt ihn auch für den PC- und APC-Schliff. Der SC-Stecker ist in der Norm IEC 61754-4 standardisiert.

Optische Stecker werden in der Ortszentrale eingesetzt und manchmal auch im Gebäudeeinführungspunkt. Sie werden als Pigtails bezogen, da die Konfektionierung eines optischen Steckers im Werk erfolgen soll.

B.8.4 Einbau von LWL-Kabeln

Um ein LWL-Kabel in ein Kabelschutzrohr einzubringen, stehen grundsätzlich drei Methoden zur Auswahl:

- ▶ Einschieben
- ▶ Einziehen
- ▶ Einblasen

Einschieben, oft in Kombination mit Einziehen, von LWL-Kabeln wird innerorts nur auf kurzen Distanzen gemacht. Da der Reibungswiderstand nichtlinear mit der Länge steigt, können mit dieser Methode nur 100 bis 200 m erreicht werden. Bei dieser Methode wird das Kabel mechanisch beansprucht.

Einblasen von LWL-Kabeln

Einblasen, oft auch „EinJetten“ genannt, ermöglicht das stressfreie Einbringen von LWL-Kabeln in Kabelschutzrohre unter optimalen Voraussetzungen bis zu 2.000 m.

Deshalb ist Einblasen die Standardmethode für diese Aufgabenstellung. Das Einblasen kann nur von speziell geschultem Personal durchgeführt werden. Zum Einblasen von LWL-Kabeln in Mikrorohre werden Abpulgerät, Einblasgerät, Kompressor und Zubehör benötigt.

Die zu erreichenden Einblaslängen sind von mehreren Faktoren abhängig:

- ▶ verwendetes LWL-Kabel
- ▶ verwendetes Mikrorohr
- ▶ Trassenverlauf und Verlegung (Biegeradien, Höhenversatz etc.)
- ▶ Einblasausrüstung
- ▶ Umgebungsparameter (Temperatur, Luftfeuchtigkeit)
- ▶ Erfahrung des Personals

Beim Einblasen sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Die Größe des Ringspalt ist entscheidend für das Einblasverhalten. Ringspalte unter 0,75 mm sind zu vermeiden. Die angegebenen Durchmesser (Rohr-ID und Kabel-AD) sind auf die Nennmaße bezogen. Toleranzen dieser können den resultierenden Ringspalt reduzieren.
- ▶ Mikrorohre müssen eine große Maßhaltigkeit, geringe Reibungswerte und eine geeignete Längsriefung aufweisen.
- ▶ LWL-Kabel müssen frei von Seitenschlag sein. Dieser führt zum wechselseitigen Schlagen des Kabels an die Innenwand, erzeugt eine hohe Reibung und verschlechtert das Einblasergebnis.
- ▶ Der Kabelmantel sollte möglichst glatt sein. Die Außenfläche des Kabels muss trocken und sauber sein.

- ▶ Ideale Einblaswerte werden in einem Temperaturbereich von 5° bis 20 °C erreicht. Das einzublasende Kabel darf nicht längere Zeit der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein.
- ▶ Die Spule des Kabels muss leicht drehbar sein und im Fall eines unerwarteten Stopps sofort gebremst werden können.
- ▶ Für den Kompressor gibt es auch Anforderungen: Ein Einblasdruck von bis zu 15 bar ist notwendig, um die Luft durch den kleinen Ringspalt zu drücken und eine möglichst hohe Strömungsgeschwindigkeit aufrecht zu erhalten. Diese hohe Strömungsgeschwindigkeit transportiert das Kabel zugkraftfrei durch die Rohranlage. Der Volumenstrom sollte bei 1-2 m³ pro min. liegen. Zwingend notwendig ist für Kompressoren ein Nachkühler. Dieser reduziert die hohe Lufttemperatur des Kompressors auf ca. 8 - 10 °K über Umgebungstemperatur. Durch die tieferen Einblastemperaturen wird die Reibung im Schutzrohr reduziert und Beschädigungen an Rohren und Kabeln vermieden.
- ▶ Eine wichtige Unterstützung erhalten Einblasgeräte durch die Verwendung eines Lubricators. Dieser bringt Gleitmittel direkt auf den Kabelmantel und ermöglicht dadurch eine Leistungssteigerung und eine höhere Sicherheit beim Einblasen in schwierige Trassen.



Abbildung 53: Einblasgerät

Die Kosten pro m für das Einblasen eines LWL-Kabels in ein Mikrorohr können bei 0,7 bis 1,2 EUR (Drop-Kabel) und bei 1 bis 1,8 EUR (Feeder-Kabel) pro m liegen. Das Einblasen eines LWL-Kabels in ein DA50 Rohr liegt bei 1,1 bis 1,3 EUR pro m.

B.8.5 Optische Messtechnik

Die für optische Netze relevante Messtechnik beinhaltet folgende Messmethoden:

- ▶ Rückstreuungsmessung
- ▶ Leistungsmessung
- ▶ Dämpfungsmessung

Rückstreuungsmessung

Für die Rückstreuungsmessung wird ein OTDR-Messgerät verwendet (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer). Ein OTDR sendet einen kurzen Lichtimpuls und misst dann die Reflexionen.

Die Messung ermöglicht eine ortsaufgelöste Darstellung von Ereignissen entlang der Strecke. Damit ist es möglich, Aussagen über die Eigenschaften des verlegten Lichtwellenleiters wie Dämpfung, Störstellen (Stecker, Spleiße, Unterbrechungen) abhängig vom Ort zu bekommen. Für die Ortsauflösung ist die Brechzahl des Lichtwellenleiters vom Hersteller einzusetzen.

Das Ergebnis der Messung sieht wie folgt aus:

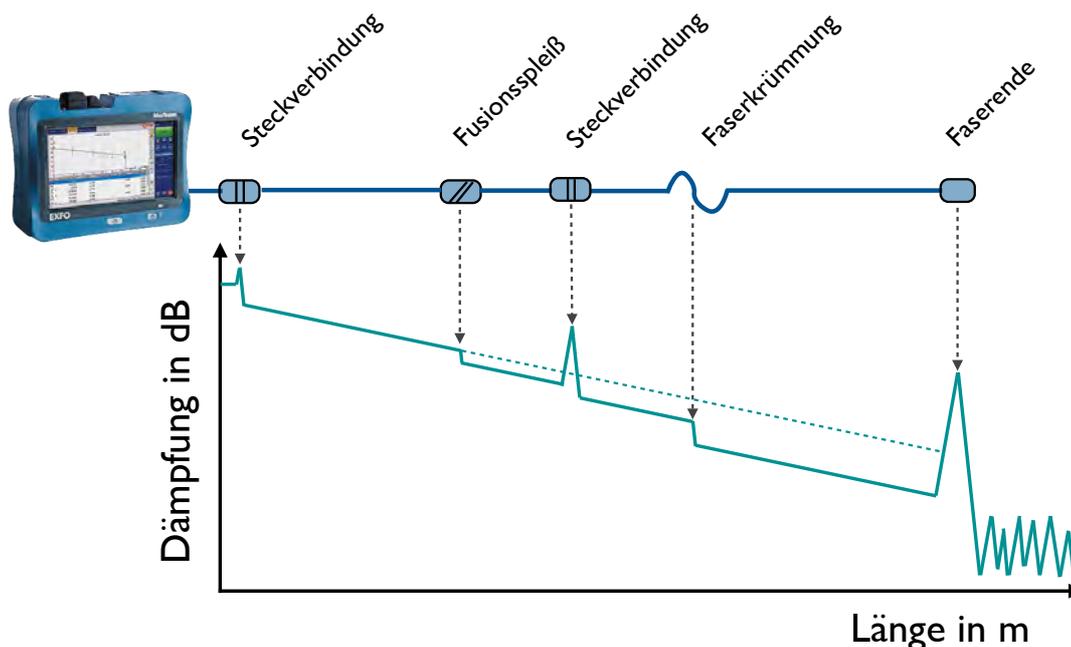


Abbildung 54: Prinzipielles Ergebnis einer OTDR-Messung

Eine OTDR-Messung muss von beiden Enden durchgeführt werden und kostet ca. 3 bis 5 EUR pro Faser.

Leistungsmessung

Mit der Leistungsmessung kann der Ausgangspegel des Senders überprüft werden. Eine Leistungsmessung am Ende der Strecke gibt Aufschluss darüber, ob die Leistung groß genug ist, damit der Empfänger fehlerfrei arbeiten kann.

Optische Leistungsmesser verwenden einen Halbleiterdetektor, der für die entsprechende Wellenlänge geeignet ist.

Dämpfungsmessung

Die Dämpfung eines optischen Systems begrenzt die Reichweite und ist damit für ein funktionierendes System ein wichtiger Parameter. Die Dämpfung ergibt sich aus dem Verhältnis zweier Leistungen.

Ein Dämpfungsmessplatz besteht aus einem Leistungsmesser und einem kalibrierten Sender mit der zu messenden Wellenlänge und Prüfkabel.

Die Dämpfungsmessung für Singlemoden-Fasern ist nach der DIN EN 61280-4-2 genormt.

Zuerst wird der Sender über ein oder zwei Messkabel mit dem Empfänger verbunden. In dieser Konfiguration wird ein Nullabgleich durchgeführt. Danach wird die Messstrecke dazwischen geschaltet und die Messung durchgeführt.

Sollwertberechnung

Um Messergebnisse überprüfen zu können, sollte eine Sollwertberechnung durchgeführt werden. Dafür sind folgende Werte zu verwenden:

LWL-Dämpfungsbelag für verkabelte Faser-km:

- ▶ 0,36 dB/km bei 1310 nm
- ▶ 0,23 dB/km bei 1550 nm

Spleißdämpfung:

- ▶ 0,1 dB je Spleiß

Werkzeuge und Zubehör

Für die praktische Arbeit mit Lichtwellenleitern sind noch weitere Werkzeuge und weiteres Zubehör hilfreich:

- ▶ Rotlichtquelle zur Identifikation von Fasern
- ▶ Fasermikroskop zur Beurteilung der Sauberkeit von Steckverbindern
- ▶ Reinigungsset für Stecker

Zusammenfassung:

Für alle installierten LWL-Verbindungen ist eine OTDR-Messung durchzuführen, bei der die Dämpfungen zu messen sind und Installationsfehler erkannt werden. Die Messergebnisse sind mit Sollwertberechnungen zu vergleichen, zu archivieren und dem Auftraggeber zur Kontrolle zu übergeben.

C. Anlagen

C.1 Normen

ITU

ITU G.652 Characteristics of a single-mode optical fibre and cable

ITU G.657 Characteristics of a Bending Loss Insensitive Single Mode Optical Fibre and Cable for the Access Network

IEC

IEC 60332 Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall

IEC 60754 Tests on gases evolved during combustion of materials from cables

IEC 60793-2-50 Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B

IEC 60825 Sicherheit von Lasereinrichtungen

IEC 61034 Messung der Rauchdichte von Kabeln und isolierten Leitungen beim Brennen unter definierten Bedingungen

IEC 61073-1 Lichtwellenleiter-Verbindungselemente und passive Bauteile – Mechanische Spleiße und Fusionsspleißschutze für optische Fasern und Kabel - Teil 1: Fachgrundspezifikation

IEC 61280-4-2 Lichtwellenleiter-Kommunikationsuntersysteme – Grundlegende Prüfverfahren – Teil 4-2: Lichtwellenleiter-Kabelanlagen; Dämpfungsmessung in Einmoden-LWL-Kabelanlagen

IEC 61753-021-2 Lichtwellenleiter – Verbindungselemente und passive Bauteile – Betriebsverhalten – Teil 021-2: Lichtwellenleiter-Steckverbinder der Stufe C/3 für Einmodenfasern für die Kategorie C – Kontrollierte Umgebung

IEC 61753-131-3 Ausgabe 1.0: Lichtwellenleiter-Verbindungselemente und passive Bauteile - Betriebsverhalten - Teil 131-3: Mechanische Spleiße für Einmoden- Lichtwellenleiter für die Kategorie U – Unkontrollierte Umgebung

IEC 61754-20 Steckgesichter von Lichtwellenleiter-Steckverbindern – Teil 20: Steckverbinderfamilie der Bauart LC

IEC 61755-1 Optische Schnittstellen von Lichtwellenleiter-Steckverbindern – Teil 1: Optische Schnittstellen von nicht-dispersionsverschobenen Einmodenfasern – Allgemeines und Leitfa-

IEC 61755-3-2 Optische Schnittstellen für Lichtwellenleiter-Steckverbinder – Teil 3-2: Optische Schnittstellen mit 8° abgeschrägten Zirkonium-Ferrulen mit 2,5 mm und 1,25 mm Durchmesser für Einmodenfasern mit physikalischem Kontakt

IEC 61755-3-6 Optische Schnittstellen von Lichtwellenleiter-Steckverbindern – Teil 3-6: Optische Schnittstelle – Zylindrische, 8 Grad angeschrägte PC-Ferrulen mit 2,5 mm und 5/351,25 mm Durchmesser für Einmodenfaser, mit Cu-Ni-Legierung als Material für die Faserfassung

DIN

DIN 16842 Rohre für drucklose Anwendungen

DIN 8075 Rohre aus Polyethylen (PE) Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen

EN

EN 50411-2-8 LWL-Spleißkassetten und -Muffen für die Anwendung in LWL- Kommunikationssystemen Teil 2-8 ABF Rohrverbinder

EN 50411-3-2 LWL-Spleißkassetten und -Muffen für die Anwendung in LWL- Kommunikationssystemen Teil 3-2: Mechanische Spleiße für Einmodenfasern

EN 50173-4 Informationstechnik. Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen. Wohnungen

ÖNORM

ÖNORM EN 60794-5 Lichtwellenleiterkabel – Teil 5: Rahmenspezifikation – Mikrorohr- Verkabelung zur Installation durch Einblasen

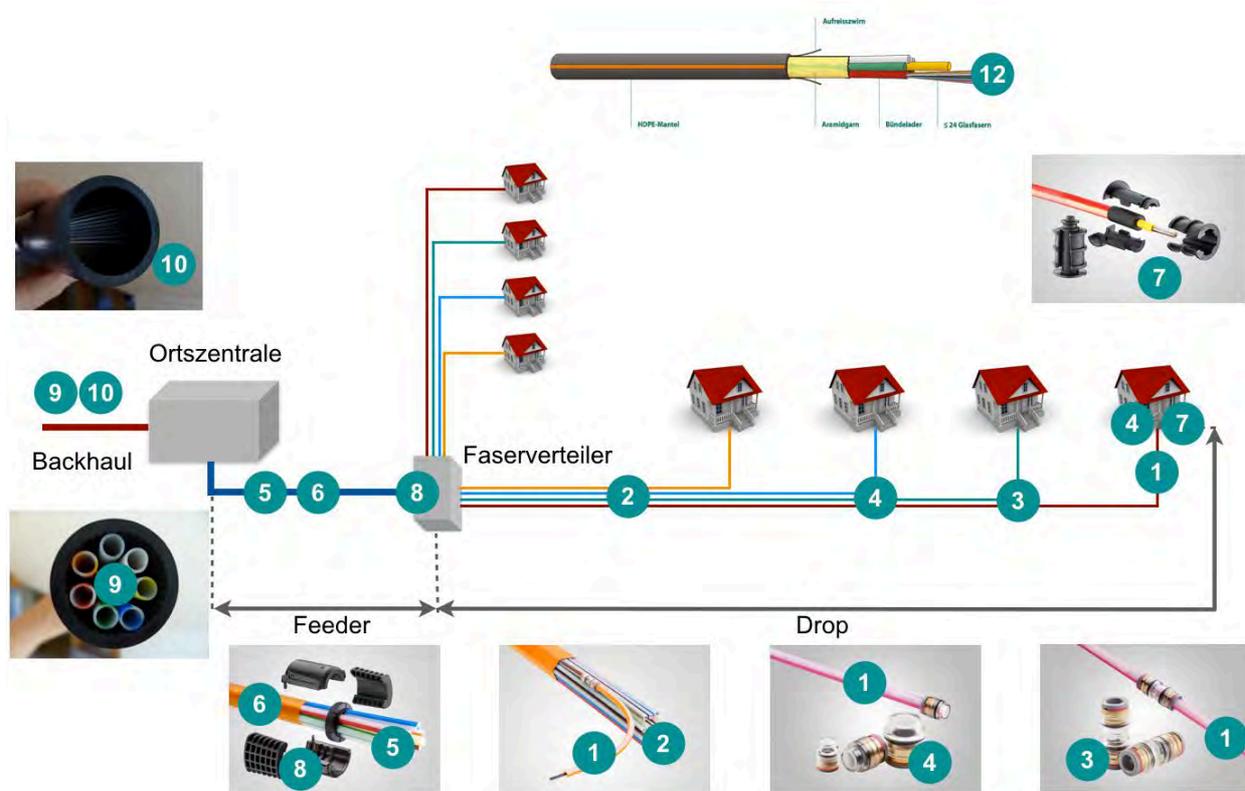
ÖNORM EN 60794-3-11 Lichtwellenleiter – Teil 3-11: Außenkabel – LWL-Fernmelde-Erd- und Röhrenkabel – Bauartspezifikation

ÖNORM EN 60794-2-20 Lichtwellenleiterkabel – Teil 2-20: LWL-Innenkabel – Familienspezifikation für Mehrfaserverteilerkabel

ÖNORM ÖVE E8120 Verlegung von Energie-, Steuer- und Meßkabeln

C.2 Spezifikationen

Nachfolgend sind technische Spezifikationen von gängigen Komponenten angeführt.



Die verwendeten Mikrorohre und Mikrorohrverbände müssen Qualitätsprodukte sein, ansonsten können erhebliche Mehrkosten bei der Installation und eine kürzere Brauchbarkeitsdauer entstehen. Die bestimmenden Qualitätsparameter sind:

- ▶ Material PE-HD mit Gleitrippen für große Einblaslängen
- ▶ Maßhaltigkeit, Ovalität, Durchgängigkeit (Kugelprüfung)
- ▶ Temperaturbereich (Einsatz, Verlegung)
- ▶ Dauerdruckbeständigkeit, Berstdruck
- ▶ Zugfestigkeit, Scheiteldruckfestigkeit
- ▶ Zeitstandfestigkeit, Längenänderung
- ▶ UV-Stabilität -> hohe Freilagerungsbeständigkeit
- ▶ Homogenität, keine Recyclingmaterialien

1 Mikrorohr 7 mm erdverlegbar

- ▶ Material: PE-HD, Herstellung im Extrusionsverfahren nach DIN 8074/8075
- ▶ Einsatztemperaturbereich: - 40 bis + 70 Grad C
- ▶ Verlegetemperaturbereich: - 10 bis + 40 Grad C
- ▶ Außendurchmesser 7 mm (- 0,0 mm / +0,1 mm)
- ▶ Wandstärke 1,5 mm (-0,0 mm / +0,1 mm)
- ▶ Geeignet zur direkten Erdverlegung
- ▶ Mit optimierten Gleitrippen innen und spezieller Eignung zum Einblasen hochwertiger Glasfaserkabel über große Längen
- ▶ Dauerdruckbeständigkeit: min 10 bar, Berstdruck min. 60 bar
- ▶ Scheiteldruckfestigkeit 2500 N bei 15 % Verformung entsprechend DIN EN 50086
- ▶ Zeitstandsfestigkeit nach DIN 8075 bzw. EN 921
- ▶ UV - Stabilität für 3 Jahre mitteleuropäisches Klima (die Freilagerungsbeständigkeit bzw. UV-Stabilität ist nach ÖNORM EN ISO 4892-2 (Verfahren A) zu prüfen)
- ▶ Farbe: transparent mit mitextrudierten .. Farbstreifen der Farbe .., Streifenbreite ca. .. mm

2 Mikrorohrverband erdverlegbar

- ▶ Rohrverband flexibel mit 22x7 + 1x12 Mikrorohren
- ▶ Geeignet zur direkten Erdverlegung
- ▶ Mantelrohr Wandstärke 0,6
- ▶ Mantelrohr gefüllt mit 22 Stück erdverlegbaren Minirohren 7 x 1,5 mm und einem erdverlegbaren Minirohr 12 x 2,0
- ▶ Mantelrohr dicht gegen Gas und Wasser bis 1 bar
- ▶ Zulässige Zugbelastung des Rohrverbandes ≥ 1.500 N
- ▶ Minirohre sind farblich gekennzeichnet mit zwei verschiedenen Farben, Reihenfolge: Farbstreifen, transparent, Farbstreifen, transparent, Streifenbreite ca. .. mm
- ▶ UV - Stabilität für 3 Jahre mitteleuropäisches Klima (die Freilagerungsbeständigkeit bzw. UV - Stabilität ist nach ÖNORM EN ISO 4892-2 (Verfahren A) zu prüfen)
- ▶ Zeitstandsfestigkeit nach DIN 8075 bzw. EN 921
- ▶ Geeignet zum Abdichten gegen Gas und Wasser bis 0,5 bar mit Abdichtelement
- ▶ Geeignet auch zum Einziehen in bestehende Rohrtrassen

3 Doppelsteckmuffe permanent für Mikrorohr 7 mm

- ▶ Gas- und wasserdicht
- ▶ Lösbar nach Entfernen des Sicherungsringes
- ▶ Zugfest bis min. 200 N
- ▶ Berstdruck mind. 30 bar

4 Endstopfen permanent für Mikrorohr 7 mm

- ▶ Gas- und wasserdicht
- ▶ Lösbar nach Entfernen des Sicherungsringes
- ▶ Zugfest bis min. 200 N
- ▶ Berstdruck mind. 30 bar

5 Mikrorohr 12 mm erdverlegbar

- ▶ Material: PE-HD, Herstellung im Extrusionsverfahren nach DIN 8074/8075
- ▶ Einsatztemperaturbereich: - 40 bis + 70 Grad C
- ▶ Verlegetemperaturbereich: - 10 bis + 40 Grad C
- ▶ Außendurchmesser 12 mm (- 0,0 mm / +0,1 mm)
- ▶ Wandstärke 2 mm (-0,0 mm / +0,15 mm)
- ▶ Geeignet zur direkten Erdverlegung
- ▶ Mit optimierten Gleitrippen innen und spezieller Eignung zum Einblasen hochwertiger Glasfaserkabel über große Längen
- ▶ Dauerdruckbeständigkeit: min 10 bar, Berstdruck min. 56 bar
- ▶ Scheiteldruckfestigkeit 2500 N bei 15 % Verformung entsprechend DIN EN 50086
- ▶ Zeitstandsfestigkeit nach DIN 8075
- ▶ UV - Stabilität für 3 Jahre mitteleuropäisches Klima (die Freilagerungsbeständigkeit bzw. UV-Stabilität ist nach ÖNORM EN ISO 4892-2 (Verfahren A) zu prüfen).
- ▶ Farbe: transparent mit mitextrudierten .. Farbstreifen der Farbe .., Streifenbreite ca. .. mm

6 Mikrorohrverband erdverlegbar mit 7x 12 mm Mikrorohren

- ▶ Rohrverband flexibel mit 7 x 12 Mikrorohren
- ▶ Geeignet zur direkten Erdverlegung
- ▶ Mantelrohr Wandstärke 0,6
- ▶ Mantelrohr gefüllt mit 7 Stück erdverlegbaren Minirohren 12 x 2 mm
- ▶ Mantelrohr dicht gegen Gas und Wasser bis 1 bar
- ▶ Zulässige Zugbelastung des Rohrverbandes ≥ 1.500 N
- ▶ Minirohre sind farblich gekennzeichnet mit zwei verschiedenen Farben, Reihenfolge: Farbstreifen, transparent, Farbstreifen, transparent, Streifenbreite ca. .. mm
- ▶ UV - Stabilität für 3 Jahre mitteleuropäisches Klima (die Freilagerungsbeständigkeit bzw. UV-Stabilität ist nach ÖNORM EN ISO 4892-2 (Verfahren A) zu prüfen)
- ▶ Zeitstandsfestigkeit nach DIN 8075
- ▶ Geeignet zum Abdichten gegen Gas und Wasser bis 0,5 bar mit Abdichtelement 50 mm
- ▶ Geeignet auch zum Einziehen in bestehende Rohrtrassen

7 Einzelzugabdichtung für einzelne Mikrorohre \varnothing 12

- ▶ Material PPO
- ▶ Entlang der Längsachse teilbar
- ▶ Gas- und wasserdicht bis 0,5 bar
- ▶ Mit Dichtung und Verschlussklammer
- ▶ Geeignet zum Abdichten und Verschließen (0,5 bar) belegter und unbelegter Mikrorohre
- ▶ Abzugsfestigkeit vom Mikro-Rohr \geq 120 N
- ▶ Integriertes Sicherheitsventil

8 Einzelzugabdichtung \varnothing 50 mm für Rohrverbund 7 x 12 mm

- ▶ Material PVC-U/PPO
- ▶ Zum Abdichten eines flexiblen Rohrverbandes oder eines Kabelrohres mit dem Außendurchmesser 50 mm zu Mikro-Rohren \varnothing 12 mm
- ▶ Gas- und wasserdicht bis 0,5 bar
- ▶ Teilbar
- ▶ Abzugsfestigkeit vom Rohrverband \geq 700 N, am Kabelrohr \geq 1200 N
- ▶ Mit teilbarer Dichtung und 2 Verschlussklammern

9 Mikrorohr 10 mm für Rohr-in-Rohr Montage

- ▶ Material: PE-HD
- ▶ Herstellung im Extrusionsverfahren nach DIN 8074/8075
- ▶ Einsatztemperaturbereich: - 40 bis + 70 Grad C
- ▶ Verlegetemperaturbereich: - 10 bis + 40 Grad C
- ▶ Außendurchmesser 10 mm (- 0,0 mm / +0,1 mm)
- ▶ Wandstärke 1,0 mm (-0,0 mm / +0,1 mm)
- ▶ Geeignet zum Einblasen in HD-PE Rohr (32/40/50)
- ▶ Mit optimierten Gleitrippen innen und spezieller Eignung zum Einblasen hochwertiger Glasfaserkabel über große Längen
- ▶ Dauerdruckbeständigkeit: min 10 bar, Berstdruck min. 30 bar
- ▶ Zeitstandsfestigkeit nach DIN 8075
- ▶ UV - Stabilität für 3 Jahre mitteleuropäisches Klima (die Freilagerungsbeständigkeit bzw. UV-Stabilität ist nach ÖNORM EN ISO 4892-2 (Verfahren A) zu prüfen).
- ▶ Farbe: transparent mit extrudierten .. Farbstreifen der Farbe .., Streifenbreite ca. .. mm

10 Kabelrohre aus PE-HD

- ▶ PE-Kabelrohr nach DIN 8074 mit RTR-Innenriefung
- ▶ geeignet zum Einziehen in Horizontalspülbohrungen und zur Grabenverlegung, Einblasen und Einziehen von LWL-Kabeln
- ▶ Maße nach DIN 8074
- ▶ Druckbeständigkeit min. 12 bar bei 35 °C für 2 Std.
- ▶ Farbe schwarz RAL9005
- ▶ an der Innenfläche längs verlaufende RTR-Innenriefung;
- ▶ Signierung mit Heißprägung in Kontrastfarbe, min. 4 mm hoch: [Hersteller] Kabelrohr PE-HD [Abmessung] DIN 8074 [Ma.-Nr.] [Fertigungsdatum (6-stellig TTMMJJ)] [Meterzahl 4-stellig].
- ▶ Standard-Rohre für die Erdverlegung (Wanddickenreihe SDR 11):
 - 32 x 2,9 (20 Riefen)
 - 40 x 3,7 (23 Riefen)
 - 50 x 4,6 (30 Riefen)
 - 63 x 5,8 (36 Riefen)

11 Spleißverbindungen

- ▶ Herstellen von LWL-Spleißverbindungen durch elektrische Glimmentladung mit automatischem Spleißgerät
- ▶ Anforderungen an den Spleißautomaten: 3-Achsen-Positionierung, Kernzentrierung, Messung oder Berechnung der Spleißdämpfung, zur Einschätzung der Qualität der Spleißung
- ▶ Spleißdämpfung: $\leq 0,10$ dB
- ▶ Durchzuführende Arbeiten:
 - Spleißfertiges Absetzen der Fasern
 - Herstellen der Spleiße
 - Nachbildung des Primärcoatings durch Crimpspleißschutz
 - Ablegen des Spleißes mit dem Spleißschutz in den Spleißschutzhalter und des Faservorrates in der Spleißkassette
 - Beschriften nach Vorgabe

12 Singlemodefaser E09/125 μm

- ▶ entsprechend ITU-T G 652.D bzw. IEC 60793-2-50 Typ B1.3; EN 50173-1:2007 OS2 Full Spectrum

Übertragungseigenschaften

- ▶ max. Dämpfung (dB/km):
 - 0,36 (1310 nm)
 - 0,36 (1383 nm)
 - 0,23 (1550 nm)
 - 0,27 (1625 nm)
- ▶ max. chromatische Dispersion (ps/nm*km):
 - 18 (1550 nm)
 - 23 (1625nm)
- ▶ nom. Nulldispersionswellenlängen (nm): $1310 \leq \lambda_0 \leq 1324$
- ▶ Modenfeld (Petermann II) (μm):
 - 9,2 \pm 0,4 (1310 nm)
 - 10,4 \pm 0,4 (1550 nm)
- ▶ max. Kabelgrenzwellenlänge (nm): 1260
- ▶ max. PMD-Koeffizient (ps/km): 0,2
- ▶ Brechzahlindex:
 - 1,467 (1310 nm)
 - 1,468 (1550 nm)

Geometrische und mechanische Abmessungen

- ▶ numerische Apertur: 0,14
- ▶ Kerndurchmesser (μm): 8,2
- ▶ Manteldurchmesser (μm): 125 \pm 0,7
- ▶ max. Modenfeld-Konzentritätsabweichung (μm): 0,5
- ▶ max. Unrundheit des Mantels (%): 0,7
- ▶ Coatingdurchmesser (μm): 245 \pm 5,0
- ▶ Min. Fiber Curl Radius (m): 4
- ▶ Nom. Betriebstemperatur ($^{\circ}\text{C}$): -60 bis +85

C.3 Literaturhinweise

- [1] Micus Management Consulting GmbH: „Leerrohre verlegen - aber richtig“
- [2] Bundesamt für Kommunikation BAKOM „Technische Richtlinien betreffend FTTH-Installationen in Gebäuden, physikalische Medien der Schicht 1“
- [3] gabo Systemtechnik GmbH: „Verlegeanleitung für speed-pipe Rohrverband ground SRV-G“
- [4] gabo Systemtechnik GmbH: „Verlegeanleitung für speed-pipe Rohrverband SRV 50 /8x10“
- [5] NGA-Forum: „Technische und operationelle Aspekte des Zugangs zu Glasfasernetzen und anderen NGA-Netzen“
- [6] NGA-Forum: „Leistungsbeschreibung Ebene 0-Zugangsprodukte Leerrohre“
- [7] NGA-Forum: „Leistungsbeschreibung Ebene 0-Zugangsprodukte Glasfaser“
- [8] Breitbandbüro Deutschland: „Arbeitspapier Mikro/Mini-Trenching“
- [9] Südtiroler Landesregierung: „Richtlinien zur Erstellung des Masterplanes“
- [10] Di Thomas Weigel, Fa. Vetter: „Wirtschaftliches Kabeleinblasen bei FTTB-Projekten in hoher Installationsqualität - Kombinationsfähigkeit verschiedener Komponenten“
- [11] Gerd Pichler, Fa. Pengg: „Faserarten - Kabelarten - Glasfaserverbindungen“
- [12] Herbert Tisch, Fa. R&M: „Qualität optischer Steckverbindungen“
- [13] Whitepaper R&M: „Herstellerneutrale Güteklassen für Glasfaser-Steckverbinder“
- [14] Whitepaper Keymile: „Ethernet-Punkt-zu-Punkt vs. PON – Eine Gegenüberstellung zweier optischer Zugangstechnologien und deren unterschiedliche Auswirkungen im Betrieb“
- [15] Dätwyler Schulungsunterlagen: „Lichtwellenleitertechnik“
- [16] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 10: „Tiefbauarbeiten für Gräben und Baugruben“
- [17] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 11: „Erdverlegung von Kabel und Kabelrohr“
- [18] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 21: „Projektierung von TK-Anlagen“
- [19] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 40: „Ein- und Ausziehen von Kabel und MR 4, Kalibrieren von Rohrzügen, Einblasen von GfK“
- [20] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 43: „FTTH - Messvorschrift für GPON und Gf-Kabel“
- [21] Deutsche Telekom ZTV-TKNetz 48: „Montageanweisungen an Einmodenfaserkabeln und deren Abschlusseinrichtungen“
- [22] Land Tirol: „Breitband-Masterplan des Landes Tirol“
- [23] FTTH Council Europe: FTTH Handbook“ Ausgabe 5
- [24] CES Multimedia-Installationen – bauliche Voraussetzungen für Ein- und Mehrfamilienhäuser
- [25] VDE-AR-E 2800-901 Gebäudeanschluss (FTTB) und Wohnungsanschluss (FTTH) an Lichtwellenleiternetze

C.4 Abkürzungen

APC	Angled Physical Contact (LWL-Stecker Kontakt mit Schrägschliff)
BEP	Building Entry Point (Gebäudeeinführungspunkt)
CO	Central Office (Ortszentrale)
CPE	Customer Premises Equipment (Teilnehmernetzgerät)
DSL	Digital Subscriber Line (Digitale Teilnehmerleitung)
FCP	Fiber Concentration Point (Faserverteiler)
FD	Floor Distributor (Etagenverteiler)
FTTB	Fiber to the Building (Glasfaser bis zum Gebäude)
FTTC	Fiber to the Cabinet (Glasfaser bis zum Straßenschrank)
FTTH	Fiber to the Home (Glasfaser bis in die Wohnung)
FTTN	Fiber to the Node (Glasfaser bis zum Knoten)
FTTx	Sammelbegriff für FTTC, FTTB, FTTH und FTTN
L1	Layer 1 (Schicht 1 des OSI-Modells)
LAN	Local Area Network (Lokales Netz)
LWL	Lichtwellenleiter
NGA	Next Generation Access (Netzzugang der nächsten Generation)
OAN	Optical Access Network (Optisches Zugangsnetz)
ODF	Optical Distribution Frame (Optisches Verteilergestell)
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (Orthogonales Frequenzmultiplex)
OLT	Optical Line Termination (Optischer Leitungsabschluss)
ONT	Optical Network Termination (Optischer Netzabschluss)
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer (optisches Impulsreflektometer)
OTO	Optical Telecommunications Outlet (Optische Telekommunikationssteckdose)
P2MP	Point-to-Multi-Point (Punkt-zu-Mehrpunkt)
P2P	Point-to-Point (Punkt-zu-Punkt)
PON	Passive Optical Network (Passives optische Netz)
POP	Point of Presence (Verteilknotenpunkt, Ortszentrale)
RFoG	Radio Frequency over Glass (Radiofrequenz über Glas)
WDM	Wavelength Division Multiplexing (Wellenlängen Multiplex)

C.5 Glossar

Im Bereich Breitband existieren viele Fachbegriffe, die nachfolgend erklärt werden, soweit sie in diesem Dokument verwendet werden.

Backbone

Backbone (engl. Rückgrat) bezeichnet den übergeordneten Kernbereich eines Telekommunikationsnetzes mit sehr hohen Datenübertragungsraten, der meist aus einem Glasfasernetz besteht.

Backhaul

Mit Backhaul (engl. Rücktransport) bezeichnet man die Anbindung des Netzknotens eines Zugangsnetzes an ein Backbone-Netz. Der Begriff beschreibt nur die Funktion der Anbindung und trifft keine Aussage über die zur Realisierung verwendete Technik.

Dark Fiber

Eine Dark Fiber (unbeschaltete Glasfaser) ist eine vom Netzbetreiber oder Infrastrukturbesitzer nicht genutzte Glasfaser, die an Dritte vermietet werden kann.

Entbündelung

Trennung von Netzinfrastruktur, Netzbetrieb und Dienstangebot. Konkurrierende Diensteanbieter ohne eigenes Zugangsnetz haben so die Möglichkeit des direkten Kundenzugangs. Dazu mieten sie die Teilnehmeranschlussleitung bei einem Netzbetreiber oder Infrastrukturbesitzer. Dies ermöglicht die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, die auf Dienste spezialisiert sind, und denjenigen, die sich auf den Netzbetrieb fokussieren.

FTTC (Fiber to the Curb oder Cabinet)

Die Glasfaserleitungen enden in einem Straßennetzknoten, der sich nahe dem Endkunden befindet. Auf der letzten Wegstrecke werden Kupfer- (bei FTTC-/VDSL-Netzen) oder Koaxialkabel (bei Kabel-/DOCSIS 3-Netzen) verlegt. FTTC ist ein Zwischenschritt in Richtung FTTH.

FTTB (Fiber to the Building)

Die Glasfaserleitungen werden bis zum Gebäude geführt, während innerhalb des Gebäudes Kupfer-, Koaxial- und/oder LAN-Kabel verwendet werden.

FTTH (Fiber to the Home – Glasfaser bis in die Wohnung)

Es handelt sich um ein lokales Netz, das von einer Ortszentrale bis in die Wohnung einschließlich der gebäudeinternen Verkabelung aus Glasfaserleitungen besteht.

FTTx (Fiber to the x)

FTTx ist der Sammelbegriff für FTTC, FTTB, FTTH.

FTTV (Fiber to the Village – Glasfaser bis in den Ort)

Mit dieser Bezeichnung meint man einen LWL-Anschluss in der Gemeinde bzw. einen Siedlungspunkt als Zubringer.

Gebäudeeinführungspunkt

Einrichtung, um LWL-Kabel in ein Gebäude einzuführen und den Übergang von Außen- auf Innenkabel zu ermöglichen.

Glasfaserkabel (auch Lichtwellenleiter, LWL)

Über Glasfaserkabel (auch Lichtwellenleiter bzw. LWL genannt) werden Informationen mit Lichtsignalen übermittelt. Damit ist eine sehr große Datenrate bei geringer Störanfälligkeit über weite Entfernungen möglich.

GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Eine Technologie auf Basis eines passiven optischen Zugangsnetzes mit optischen Verteilern. Hiermit sind Datenraten von bis zu 2,5 GBit/s sowohl für Down- als auch für Upstream möglich.

Leerrohr

Unterirdisches Leitungsrohr, Kabelkanal oder Durchführung zur Unterbringung von Leitungen (Glasfaser-, Kupfer- oder Koaxialkabel) eines Breitbandnetzes.

LTE

LTE (Long Term Evolution) ist das neueste Mobilfunksystem der 4. Generation

Neutrale Netze

Netze, die alle Arten von Netzwerktopologien unterstützen können. Bei FTTH-Netzen sollte die Infrastruktur sowohl Point-to-Point - als auch Point-to-Multipoint-Topologien unterstützen können.

NGA (Next Generation Access)

Next-Generation-Access-Netze (NGA-Netze) sind Zugangsnetze, welche dazu geeignet sind, die heute mit ADSL2+ erreichbaren Datenübertragungsraten auf Kupfer-basierenden Netzen deutlich zu übertreffen und insbesondere die Erbringung folgender Dienste und Anwendungen zu ermöglichen: Digitale Konvergenzdienste, On-Demand-Anwendungen, HD-Dienste, symmetrische Hochleistungs-Breitbandzugänge für Unternehmen usw.

NGA-Netze beruhen teilweise oder vollständig auf der Verwendung optischer oder elektro-optischer Technologie. Insofern sind hier Netze auf Basis von Glasfasertechnologie (FTTH), weiterentwickelte, modernisierte Kabelnetze (HFC) sowie weiterentwickelte, modernisierte Kupferdoppelader-Zugangsnetze (FTTC, FTTB) gleichermaßen umfasst. Sofern Satelliten- oder Mobilfunknetze zur Erbringung symmetrischer Hochleistungs-Breitbanddienste in der Lage sind, stellen sie ebenfalls NGA-Netze dar.

Open Access-Modell

Hierbei handelt es sich um ein offenes Netzwerk. Der Zugang zu diesem Netzwerk und zu den Teilnehmern (Endkunden) ist für alle Anbieter von Telekommunikationsdienstleistungen offen. Service Provider können ihre Dienste direkt dem Endkunden anbieten. Große städtische Energieversorger wählen das Open-Access-Modell für ihre Glasfasernetze. Sie erhoffen sich dadurch auf der einen Seite eine gute Auslastung ihrer Netze, auf der anderen Seite rechnen sie mit attraktiven Endkundenpreisen durch Wettbewerb.

OPEX (Operational expenditures)

Operative Kosten für Netzbetrieb und -Wartung.

Passives Netz

Breitbandnetz ohne aktive Komponenten. Umfasst in der Regel Leerrohre, unbeschaltete Glasfaserleitungen und Faserverteiler. Ein passives Netz hat keinen Stromanschluss.

Point-to-Point (Punkt-zu-Punkt)

Netzwerktopologie, bei der jeder Teilnehmer seine eigene Anschlussleitung bis zur Ortszentrale hat.

Point-to-Multipoint (Punkt-zu-Mehrpunkt)

Netzwerktopologie, bei der jeder Teilnehmer seine eigene Anschlussleitung nur bis zu einem zwischengeschalteten passiven Netzknoten (z. B. Straßenverteilerkasten) hat, wo diese Leitungen über einen Splitter zu einer gemeinsam genutzten Leitung zusammengefasst werden. Diese führt dann in die Ortszentrale.

RFoG (Radio Frequency over Glass)

Eine Technologie, die den Kabelnetzbetreibern ermöglicht, RF- und DOCSIS-Signale über ein passives, optisches Glasfasernetz zu transportieren, ohne dabei die Signalübermittlungstechnologie oder das Kundenprovisionierungs- und Netzmanagement-System ändern zu müssen. Dabei wird das Koaxbasierte Zugangsnetz eines HFC-Netzwerks vom regionalen Hub bis zum optischen Splitter durch eine einzige Glasfaser ersetzt und von dort aus mit einzelnen Glasfaserleitungen (sternförmig) bis zum Teilnehmer verbunden. Downstream und Upstream nutzen unterschiedliche Wellenlängen, um dieselbe Glasfaser zu teilen.

Spleiß

Mittels Lichtbogen verschweißte permanente Verbindung von Lichtwellenleitern aus zwei verschiedenen Kabeln.

Vorleistungsprodukte

Der Zugang ermöglicht es einem Betreiber, die Einrichtungen eines anderen Betreibers zu nutzen. Über das geförderte Netz können folgende Produkte auf Vorleistungsebene angeboten werden:

- ▶ FTTX-Netz: Zugang zu Leerrohren, Zugang zu unbeschalteten Glasfaserleitungen, entbündelter Zugang zum Teilnehmeranschluss (WDM-PON- oder ODF-Entbündelung (Optical-Distribution-Frame-Entbündelung)) und Bitstromzugang.
- ▶ Kabelnetze: Zugang zu Leerrohren und Bitstromzugang.
- ▶ FTTC-Netze: Zugang zu Leerrohren, entbündelter Zugang zum Kabelverzweiger und Bitstromzugang.
- ▶ Passive Netzinfrastruktur: Zugang zu Leerrohren, Zugang zu unbeschalteten Glasfaserleitungen und/oder entbündelter Zugang zum Teilnehmeranschluss.
- ▶ ADSL-Breitbandnetze: entbündelter Zugang zum Teilnehmeranschluss, Bitstromzugang.
- ▶ Mobile oder drahtlose Netze: Bitstrom, gemeinsame Nutzung der physischen Masten und Zugang zu den Backhaul-Netzen.
- ▶ Satellitennetze: Bitstromzugang.

Wholesale-Produkte

Produkte, die ein Full Service Provider einem Netzbetreiber in kompletter Form zur Verfügung stellt. Je nach Anbieter beinhaltet dieses Paket marketing- und vertriebstechnische Dienstleistungen, kann aber auch bis zum Kundensupport und/oder zur technischen Installation und zum Netzbetrieb gehen.

Zugangsnetz

Ein Zugangsnetz ist der Netzabschnitt im Ortsbereich, der den Kunden mit einer Ortszentrale verbindet. Im Englischen wird der Begriff „Access Network“ verwendet, bei optischen Netzen auch „Optical Access Network“. Die deutsche Bezeichnung ist je nach Literaturstelle und Firmenunterlagen unterschiedlich. Oft wird auch der Begriff Anschlussnetz für ein Zugangsnetz verwendet.

C.6 Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der Zugangstechnologien im Festnetz, Fa. Openaxs
 Abbildung 2: Zugangsnetz mit Anbindung an das Kernnetz
 Abbildung 3: Beispiel für eine Netzplanung im Ortsbereich
 Abbildung 4: Aufbau eines optischen Zugangsnetzes
 Abbildung 5: Referenzmodell eines optischen Zugangsnetzes
 Abbildung 6: Mögliche Kooperationsmodelle
 Abbildung 7: Phasenmodell für den Projektablauf und die Planung
 Abbildung 8: Beispiel für Netzplan
 Abbildung 9: Tiefbaukosten je nach Mitnutzung
 Abbildung 10: Investitionskosten nach Anschlussrate
 Abbildung 11: Kostenanteile
 Abbildung 12: Elemente eines optischen Zugangsnetzes
 Abbildung 13: Ortszentrale in einem Container
 Abbildung 14: Straßenschrank und Unterflurschacht, Fa. Sichert
 Abbildung 15: PE-HD Rohr mit 5 x 10 mm Mikrorohren mit Abdichtungen, Fa. Gabocom
 Abbildung 16: Erdverlegbarer Mikrorohrverband 7 x 12 mm mit Abdichtungen, Fa. Gabocom
 Abbildung 17: Erdverlegbarer Mikrorohrverband 24 x 7 mm mit Abzweigung, Fa. Gabocom
 Abbildung 18: Referenzmodell FTTH-Hausinstallation
 Abbildung 19: Abdichtung Hauseinführung, Fa. Gabocom
 Abbildung 20: Gebäudeeinführungspunkt (BEP), Fa. Dätwyler
 Abbildung 21: Optische Steckdose (OTO), Fa. Dätwyler
 Abbildung 22: Teilnehmernetzgeräte (CPEs), Fa. Elcon und Fa. Kathrein
 Abbildung 23: Netzarchitekturen P2P und P2MP
 Abbildung 24: Abschnitt Zubringerleitungen (Backhaul)
 Abbildung 25: Kabelschutzrohr DA50 innen gerieft
 Abbildung 26: PVC Kabelkanalrohr mit Unterteilungen, Fa. Rehau
 Abbildung 27: Kabelschutzrohr DA50 mit 7 Rohr-in-Rohr Mikrorohren 10 x 1mm, Fa. Gabocom
 Abbildung 28: Abschnitt Hauptkabel (Feeder)
 Abbildung 29: Erdverlegbare Mikrorohrverbände, Fa. Gabocom
 Abbildung 30: Abschnitt Hauseinführungskabel (Drop)
 Abbildung 31: Erdverlegbarer Mikrorohrverband für Hauseinführungskabel (Drop), Fa. Gabocom
 Abbildung 32: Versorgung einer Straße von zwei Seiten
 Abbildung 33: Versorgung eines Gebäudes mit zwei Hauseinführungskabeln
 Abbildung 34: Steckmuffen, Fa. Gabocom
 Abbildung 35: Typischer Einbau von Mikrorohrverbänden, Fa. Gabocom
 Abbildung 36: Praxisbeispiel Graben mit Sandbett
 Abbildung 37: Verlegepflug, Fa. EconTech
 Abbildung 38: Aufbau Nano-Trench
 Abbildung 39: LWL-Verlegung im Abwasserkanal, Fa. A1 Telekom und Fa. Fastopticon
 Abbildung 40: Prinzip Erdrakete, Fa. Tracto-Technik
 Abbildung 41: Ansetzen einer Erdrakete im Keller, Fa. Hauff-Technik
 Abbildung 42: Beispiel für Mitverlegung
 Abbildung 43: Aktive Komponenten, Fasermanagement und 19"-Schränke in einer Ortszentrale
 Abbildung 44: Straßenschacht bestückt für 72 Mikrorohre mit Betondeckel, Fa. Langmatz
 Abbildung 45: Straßenschränke für 48 und 96 Mikrorohre, Fa. Sichert
 Abbildung 46: Mauerdurchführung, Fa. Langmatz
 Abbildung 47: Aufbau einer Einmodenfasern
 Abbildung 48: Aufbau eines LWL-Außenkabels
 Abbildung 49: Aufbau eines LWL-Innenkabels
 Abbildung 50: Richtpreise für Außenkabel
 Abbildung 51: Endflächen von PC- und APC-Schliff
 Abbildung 52: LC-Stecker mit PC-Schliff (blau) und mit APC-Schliff (grün)
 Abbildung 53: Einblasgerät, Fa. Vetter
 Abbildung 54: Prinzipielles Ergebnis einer OTDR-Messung

Tabelle 1: Technologieübersicht
 Tabelle 2: Phasenmodell
 Tabelle 3: Planungsprozess
 Tabelle 4: Übersicht Kabelschutzrohre
 Tabelle 5: Rohr-in-Rohr Mikrorohre
 Tabelle 6: Erdverlegbare Mikrorohrbänder für Hauptkabel
 Tabelle 7 : Erdverlegbare Mikrorohrverbände für Hauseinführungskabel
 Tabelle 8 : Grabenbreite nach Einbauten und Verlegetiefe

C.7 Versionsverzeichnis

Version	Datum	Anmerkungen
1.0	28.02.2014	Erstversion
1.1	01.05.2015	Änderungen eingearbeitet

C.8 Kontakt

Kontakt

Breitbandbüro des BMVIT
1030 Wien, Radetzkystraße 2
Web: www.breitbandbuero.at

Autor

DI Heinrich Loibner
6800 Feldkirch, Carinagasse 36
Web: www.loibner.com

