

Creating a brighter future

FTTH Handbook

Ausgabe 5

D&O Committee

Ausgabedatum: 08/02/2012



Fibre to the Home
Council **Europe**

Haftungsausschluss

Der Inhalt dient als Diskussionsgrundlage.

Diese Information gibt nicht zwingend die offizielle Meinung des FTTH Council Europe wieder. Einige Inhalte können die Meinung von Mitgliedern des FTTH Council Europe und/oder unserer Partner wiedergeben.

Eine Referenz auf beliebige Produkte, Services oder eine Technologie stellt oder impliziert keine Befürwortung, Unterstützung oder Empfehlung durch das FTTH Council Europe dar.

Dieses Dokument wird nach bestem fachlichen Wissen bereitgestellt. Das FTTH Council Europe übernimmt keine Gewähr für dessen Eignung für einen bestimmten Zweck oder für jedwede daraus resultierenden Verluste oder Schäden.

Alle Warenzeichen sind vom FTTH Council Europe anerkanntes Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

Bitte kontaktieren Sie für weitere Informationen, Rückmeldungen oder Beiträge Frau Natascha Weinstabl, Project Manager, FTTH Council Europe, unter pm@ftthcouncil.eu.

© FTTH Council Europe 2012
Wettelijk Depot: D/2012/12.345/3

Dieses Dokument ist auf Basis einer nichtkommerziellen, nicht-ableitbaren Creative Commons License 3.0 Attribution lizenziert. Sie dürfen dieses Dokument zur privaten Nutzung kopieren und



verteilen, sollten seinen Inhalt jedoch weder verändern, umwandeln, darauf aufbauen oder ihn für kommerzielle Zwecke nutzen.

Die dritte und vierte Ausgabe wurden von **Frau Pauline Rigby**, freie Editorin, bearbeitet.

Die fünfte Ausgabe wurde von **Frau Eileen Connolly Bull**, Connolly Communication AB, überarbeitet und editiert

Danksagungen

Das FTTH Hanbook wurde vom FTTH Council Europe erstellt und beruht in hohem Maß auf der Expertise seiner Mitgliedsfirmen und Partner. Wir danken den folgenden Personen für ihre Zeit, ihr Engagement und ihre Beiträge und bestätigen ihre in diesem Guide enthaltenen Originalartikel und graphischen Darstellungen:

Erste bis vierte Ausgabe

Diese Ausgaben waren ein Gemeinschaftsprojekt aller Mitglieder des Deployment & Operations Committees des FTTH Council Europe.

Fünfte Ausgabe

Cristina Deac, Reichle & De-Massari (Vorsitzende Deployment & Operations Committee); **Eric Festraets**, Alcatel-Lucent; **Chris Holden**, Corning Cable Systems; **Daniel Moortgat**, Alcatel-Lucent; **Jim Crowfoot**, Senko; **Diarmuid Kelly**, AND-Solution; **Peter Kiesheyer**, Corning Cable Systems; **Lars Züllig**, Huber+Suhner; **Raf Meersman**, Comsof; **Ulrich Scheu**, Scheu-Netzplanung; **Roland Wessäly**, Atesio

Das FTTH Handbook ist eine Initiative des Deployment & Operations Committees des FTTH Council Europe. Koordination des Projekts wurde von Frau **Natascha Weinstabl**, Project Manager, FTTH Council Europe, durchgeführt.

Vorwort

Die Publikationen des FTTH Council Europe spielen bei unserem Ziel des europäischen Ausbaus der Glasfaser Zugangsnetzwerke zu Privathaushalten und Unternehmen eine wichtige Rolle. Die Dokumente unterstützen dabei, dem steigenden Wissensdurst über Fibre-To-The-Home (FTTH) Netzwerke gerecht zu werden, insbesondere bei neu in den Markt eintretenden Unternehmen und alternativen Betreibern, die einen wichtigen Teil der FTTH Szene in Europa darstellen.

Das FTTH Handbook war die erste größere vom FTTH Council Europe produzierte Publikation. Ursprünglich im Jahr 2007, herausgegeben sollte es eine unparteiische Informationsquelle über die beim Ausbau der Glasfaserstruktur verfügbaren Optionen darstellen. Dieser Anwendungsbereich wurde später erweitert und umfasst nun die technischen Optionen zur Beleuchtung der Glasfaser einschließlich des passiven optischen Netzwerks und der aktiven Systeme sowie der Ausrüstung in den Kundenliegenschaften.

Das Dokument wird in jedem Jahr überarbeitet. In diesem Jahr hat das Team neben der Aktualisierung des bisherigen Inhalts zwei neue Abschnitte hinzugefügt, die sich mit der Planung eines FTTH Netzwerks und der hausinternen Verkabelung beschäftigen.

Die vorliegende fünfte Ausgabe des FTTH Handbooks verdeutlicht die andauernde Verpflichtung der Mitglieder des FTTH Council Europe dazu, die Menschen über die Technologien, die den Ausbau und den Betrieb eines FTTH Netzwerks ermöglichen, zu informieren.

Dieses Dokument ist eine deutliche Referenz an Sie, unseren verehrten Leser. Ihre Meinung ist uns wichtig, bitte senden Sie uns daher Ihre Rückmeldung oder jedwede inhaltliche Vorschläge, damit wir das Handbook auch in der Zukunft weiter verbessern können.

Als Branchenorganisation repräsentiert das FTTH Council Europe Glasfaser-, Kabel-, Ausrüstungs- und Installationsunternehmen in ganz Europa. Die Kooperation von mehr als 160 Mitgliedern gewährleistet, dass das FTTH Handbook Ihnen eine Hersteller-neutrale Information auf Basis der neuesten Marktentwicklungen bietet. Auch in diesem Fall hat das Deployment and Operations Committee bei der Koordination der verschiedenen Beiträge großartige Arbeit geleistet und dadurch ein derart umfassendes Dokument erstellt.



Chris Holden, Präsident des FTTH Council Europe



Inhalt

1	Einführung.....	9
2	FTTH Netzwerkbeschreibung	10
2.1.	Eine FTTH Netzwerkumgebung	10
2.2.	FTTH Architektur	12
2.3.	Unterschiedliche Terminierungspunkte der Glasfaser	13
3	Netzwerkplanung	15
3.1	Der Treibstoff der Netzwerkplanung: Daten	16
3.1.1	Geographisch-referenzierte Daten	16
3.1.2	Hardwarespezifikationen	18
3.1.3	Kosten.....	18
3.2	Der Motor der Netzwerkplanung: Tools.....	19
3.3	Strategische Netzwerkplanung	20
3.3.1	Wo wird das FTTH Netzwerk gebaut?.....	20
3.3.2	In welcher Reihenfolge werden die Teilbereiche des Netzwerks ausgebaut?	21
3.3.3	Welche Methoden, Komponenten und Technologien werden für den Bau des Netzwerks eingesetzt?	21
3.4	High-Level Netzwerkplanung.....	22
3.4.1	Wo sind die POPs gelegen?.....	22
3.4.2	Wie viele Glasfaser Konzentrationspunkte?.....	22
3.4.3	Welche Kabelwege dienen welcher Verteilung und Einspeisung?.....	23
3.4.4	Wie sieht die erwartete Materialliste aus?	23
3.5	Detaillierte Netzwerkplanung.....	24
3.5.1	Detaillierte Daten	24
3.5.2	Erzeugen des Ausführungsplans.....	25
3.5.3	Dokumentation.....	26
3.5.4	Workflow Management	27
4	Aktive Ausrüstung	28
4.1	Passives optisches Netzwerk	29
4.1.1	PON Lösungen	29
4.1.2	Aktive PON Ausrüstung.....	31
4.1.3	Bandbreitenmanagement	32
4.2	Optimierung des PON Ausbaus	32
4.3	Ethernet Punkt-zu-Punkt.....	35
4.3.1	Ethernet Punkt-zu-Punkt Lösungen.....	35
4.3.2	Übertragungstechnologien.....	36
4.3.3	HF-basierende Videolösungen	37
4.4	Teilnehmerausrüstung	38
4.5	Zukünftige Technologieentwicklung	39
4.5.1	Residentielle Bandbreitentrends.....	39
4.5.2	Passive optische Netzwerke.....	40
4.5.2.1	Über die ITU Standards	40
4.5.2.2	Über die IEEE Standards.....	41
4.5.3	Next Generation PON Technologien	41
5	Gemeinsame Infrastrukturnutzung	44

5.1	Geschäftsmodelle	44
5.2	Gemeinsame Infrastrukturnutzung.....	45
6	Infrastruktur Netzwerkelemente	46
6.1	Zugangsknoten	47
6.2	Zubringerverkabelung	47
6.3	Betrachtung des primären Glasfaser Konzentrationspunkts	48
6.4	Verteilungsverkabelung.....	49
6.5	Sekundärer Glasfaser Konzentrationspunkt	50
6.6	Endverkabelung	50
6.6.1	Direkt installierte Kabel	51
6.6.2	Direkt vergrabene Kabel	51
6.6.3	Luftkabel.....	52
6.6.4	Fassadenkabel.....	52
6.7	Gebäudeverkabelung.....	52
7	Gebäudeverkabelung	53
7.1	Referenzmodell einer Gebäudeverkabelung	54
7.1.1	Hausübergabepunkt (Building Entry Point, BEP).....	55
7.1.2	Etagenverteiler (Floor Distributor, FD)	55
7.1.3	Gebäudeverkabelung.....	56
7.1.4	Optische Anschlussdose (Optical Telecommunications Outlet, OTO)	56
7.1.5	Optische Netzwerkterminierung (Optical Network Termination, ONT)	56
7.1.6	Teilnehmereinrichtungen (Subscriber Premises Equipment, CPE, SPE).....	56
7.1.7	Heimverkabelung	56
7.1.8	Benutzerausrüstung	56
7.2	Allgemeine Betrachtungen zur Glasfaser-Gebäudeverkabelung und zu Glasfaserkabeln 57	
7.2.1	Eigenschaften der Glasfaser.....	57
7.2.2	Anforderungen an den Biegeradius	57
7.2.3	Kabeltyp	58
7.2.4	Außenkabel	58
7.2.5	Innenkabel.....	58
7.2.6	Farbkodierung der Glasfasern	58
7.2.7	Mikro-Rohrverkabelung für die Einblasinstallation.....	58
7.2.8	Kabel mit entflammaren Materialien.....	58
7.3	Allgemeine Anforderungen an den BEP	59
7.3.1	Schmelzspleiße am BEP.....	59
7.3.2	Verbindungsbox am BEP	59
7.3.3	Spleißkassette.....	60
7.3.4	Positionierung des BEP	61
7.4	Etagenverteiler	61
7.5	Spezifikation an der optischen Anschlussdose (OTO)	62
7.5.1	Glasfasertypen und Verbindungseigenschaften in der OTO	63
7.5.2	Optische Steckverbinder	63
7.5.3	Spleiße	64
7.5.4	Positionierung der OTO	64
7.5.5	Test der Gebäudeverkabelung und der BEP-OTO Verbindung	65
7.5.6	Sicherheitsanforderungen	66
7.5.7	Allgemeine Anforderungen.....	66

7.5.8	Lasersicherheit	66
8	Ausbaumethoden	67
8.1	Rohrinfrastruktur	67
8.1.1	Rohrnetzwerk.....	68
8.1.2	Rohrtypen	69
8.1.3	Kabeltypen für die Rohrinstallation	69
8.1.3.1	Kabelinstallation durch Einziehen.....	70
8.1.3.2	Kabelinstallation durch Einblasen.....	71
8.1.3.3	Kabelinstallation durch Flutung	72
8.1.4	Kabelentkernung.....	72
8.1.5	Zugangs- und Verbindungsmuffen	73
8.1.6	Kabelmuffen.....	73
8.2	Eingeblasene Mikro-Rohre und Mikro-Kabel.....	73
8.2.1	Mikro-Rohr Lösungen	74
8.2.2	Mikro-Rohr Verbinder und Muffen	75
8.2.3	Mikro-Rohr Kabel und Glasfaserbündel	76
8.2.4	Installation von Mikro-Kabeln/eingeblasenen Glasfaserbündeln.....	78
8.2.5	Schächte für Zugänge- und Muffen	79
8.2.6	Muffen für Mikro-Kabel	79
8.3	Direkt vergrabene Kabel	79
8.3.1	Installationsoptionen	80
8.3.2	Direkt vergrabene Kabel – Typen.....	80
8.3.3	Blitzschutz.....	80
8.3.4	Nagetierschutz	80
8.3.5	Termitenschutz	80
8.3.6	Zugangs- und Muffenschächte	80
8.3.7	Muffen für direkt vergrabene Kabel	81
8.4	Luftkabel	81
8.4.1	Lastkapazität der Mast-Infrastruktur	81
8.4.2	Luftkabeltypen	82
8.4.3	Unterstützungs-Hardware für Kabelmasten	83
8.4.4	Kabelbefestigung	84
8.4.5	Luftkabelmuffen	84
8.4.6	Weitere Ausbauspekte.....	84
8.5	Vortermiierter Netzwerkausbau	85
8.6	Straßenverteiler	86
8.7	Andere Ausbauoptionen mit Wegerecht.....	88
8.7.1	Glasfaserkabel in Kanalsystemen	88
8.7.2	Glasfaserkabel in Gasleitungen.....	88
8.7.3	Glasfaserkabel in Trinkwasserrohren	89
8.7.4	Kanäle und Wasserwege.....	89
8.7.5	Untergrund- und Transporttunnel	89
9	Glasfasern und deren Management	91
9.1	Wahl der Glasfaser für FTTH	91
9.1.1	Glasfasergrundlagen	91
9.1.2	Singlemode Glasfaser	92
9.1.3	Gradientenindex multimode Glasfasern	93

9.1.4	Biegeunempfindliche Glasfasern	93
9.2	Optische Terminierung	94
9.2.1	Optische Verteilergestelle (Optical Distribution Frames)	94
9.2.2	Straßenverteiler	96
9.3	Optische Steckverbinder, Patchcords und Pigtails	97
9.3.1	Übliche Steckverbindertypen	98
9.3.2	Return Loss (Rückflussdämpfung)	102
9.3.3	Einfügungsdämpfung	103
9.3.4	Extrinsische Verluste	103
9.4	Glasfaserspleiße	105
9.4.1	Schmelzspleißen	105
9.4.2	Mechanisches Spleißen	106
9.5	Optische Splitter	107
9.5.1	Bikonische Schmelzkoppler	107
9.5.2	Planare Splitter	108
9.6	Qualitätsklassen optischer Steckverbinder	109
10	Betrieb und Wartung	113
10.1	Einsatz von Planungsrichtlinien	113
10.1.1	Lokationskontrolle und Einsatzplanung der Installation	113
10.1.2	Allgemeine Management Überlegungen	113
10.1.3	Generelle Sicherheitsüberlegungen	114
10.1.4	Allgemeine Bau- und Ausrüstungsüberlegungen	114
10.1.5	Allgemeine Überlegungen bezüglich der Verkabelungsmethoden	115
10.2	Richtlinien für Betrieb und Wartung	117
11	FTTH Testrichtlinien	118
11.1	Steckverbinderpflege – erst reinigen, dann anschließen	118
11.1.1	Warum ist die Reinigung der Steckverbinder wichtig?	118
11.1.2	Was sind mögliche Verschmutzungen?	119
11.1.3	Welche Komponenten müssen geprüft und gereinigt werden?	121
11.1.4	Wann sollte ein Steckverbinder geprüft und gereinigt werden?	121
11.1.5	Wie werden Steckverbinder geprüft?	122
11.1.6	Prüfanweisungen	123
11.1.7	Für die Prüfung benötigte Werkzeuge	124
11.1.8	Reinigungstücher und -werkzeuge	125
11.2	FTTH Netzwerktest während des Ausbaus	127
11.2.1	Verfahren 1: Verwendung von optischen Dämpfungsmessgeräten (Optical Loss Test Set, OLTS)	127
11.2.2	Verfahren 2: Verwendung eines OTDRs	129
11.3	Serviceaktivierungsbericht	134
12	FTTH Netzwerk Störungsbehebung	135
12.1	Probleme bei der Gebäudeverkabelung	136
12.2	Überblick über die optischen Testwerkzeuge	137
	Anhang A: IEC Standards	138
	Anhang B: Europäische Standards	140
	“Die 10 meistgestellten Fragen”	143

1 Einführung

Die wesentlichen Ziele jedes FTTH Ausbaus sind die Erfüllung der Umsatzerwartungen der Investoren innerhalb der definierten Geschäftsparameter sowie die Bereitstellung der vereinbarten Bandbreite, des Service und des Inhalts an die Teilnehmer auf Basis des ausgewählten optimalen Ausbauprozesses.

Das FTTH Council Europe veröffentlicht in jedem Jahr zwei Publikationen: der Business Guide konzentriert sich auf wirtschaftliche Aspekte, das FTTH Handbook beleuchtet Ausbau und Betrieb.

Dies ist die fünfte Ausgabe des FTTH Handbook. In jedem Jahr gewinnt das Handbook an Komplexität und Detail in dem Maß, wie Wissen, Erfahrung und erfolgreiche Implementierung des Ausbaus von Mitwirkenden und Mitgliedern des Council wachsen. Die Sammlung dieses Wissens, dieser Erfahrung und die Details des Erfolgs auf den Buchseiten dieses Handbooks bei gleichzeitiger Wahrung der Unparteilichkeit des Council ist eine immer wiederkehrende Herausforderung und erfordert das Engagement der Mitglieder des Deployment and Operations Committees.

Diese Ausgabe beinhaltet für den Leser zwei neue Kapitel, die wichtige Aufgaben wie die Netzwerkplanung und die hausinterne Verkabelung behandeln. Zuletzt wird dies noch durch ein starkes Argument zur Demystifizierung des FTTH Ausbaus und Einsatzes abgerundet.

Die wesentliche Botschaft des Kapitels zur Netzwerkplanung ist es, dem Leser die Bedeutung der Planungsphase für den initialen Ausbau des Netzwerks nahezubringen, wobei die Definition des allgemeinen Netzwerkumfangs jedoch von gleich hoher Bedeutung ist.

Im Kapitel über die hausinterne Verkabelung beschreibt dieses Handbook ein auf internationalen Standards beruhendes Referenzmodell. Wie in jeder Debatte über ein derart komplexes Thema ist die Bestimmung der Basisstruktur wichtig. Die Zielsetzung des Council ist die Schaffung einer professionellen Arena, die FTTH auf der Basis international akzeptierter Standards fördert und die nun von den Mitgliedern angenommen und zu einem gemeinsamen Wert wurde.

Die fünfte Ausgabe des Handbooks ist die erste, die eine Zusammenfassung der Gedanken, Analysen, der Implementierung und der Services in Form eines FAQs als Schlusskapitel bietet, dass sich am Ende dieses Handbooks befindet.

Dieses Handbook kann von unseren Lesern nur dann als Referenz genutzt werden, wenn sie zur Übermittlung ihrer Ansichten und Meinungen bereit sind, und wir die Implementierung dieser Rückmeldungen in künftigen Ausgaben ernsthaft in Erwägung ziehen.

Das Handbook gehört allen FTTH Experten. Das Ziel, dem sich die Herausgeber auf Dauer verpflichtet fühlen, ist seine Fähigkeit, sich Jahr für Jahr zum Vorteil Aller weiterzuentwickeln.



Cristina Deac, Vorsitzende Deployment & Operations Committee

2 FTTH Netzwerkbeschreibung

Ein Fibre-To-The-Home (FTTH) Netzwerk besteht aus einem Glasfaser-basierenden Zugangsnetzwerk, das eine große Anzahl von Endanwendern mit einem zentralen Punkt, der als Zugangsknoten (Access Node) oder Point-of-Presence (POP) bekannt ist, verbindet. Jeder Zugangsknoten enthält die erforderliche elektronische (aktive) Übertragungsausrüstung für die Bereitstellung der Applikationen und Services über eine Glasfaser bis zum Teilnehmer. Jeder Zugangsknoten innerhalb einer großen Gemeinde oder Region ist mit einem größeren Metro- oder urbanen Netzwerk verbunden.

Zugangsnetzwerke können verbinden:

- Feste Wireless Netzwerkantennen, zum Beispiel für Wireless LAN oder WiMAX
- Basisstationen für mobile Netzwerke
- Teilnehmer in Einfamilienhäusern (Single Family Unit, SFU) oder Mehrfamilienhäusern (Multi-Dwelling Units, MDU)
- Größere Gebäude wie Schulen, Krankenhäuser oder Unternehmen
- Relevante Sicherheits- und Überwachungsstrukturen wie Überwachungskameras, Sicherheitsalarm- und Steuergeräte

Ein FTTH Netzwerk kann Teil eines größeren regionalen oder Zugangsnetzwerks sein.

2.1. Eine FTTH Netzwerkumgebung

Der Glasfaserausbau dichter am Teilnehmer kann die Installation der Glasfaserinfrastruktur auf öffentlichem und/oder privaten Grund und innerhalb öffentlicher und/oder privater Liegenschaften beinhalten.

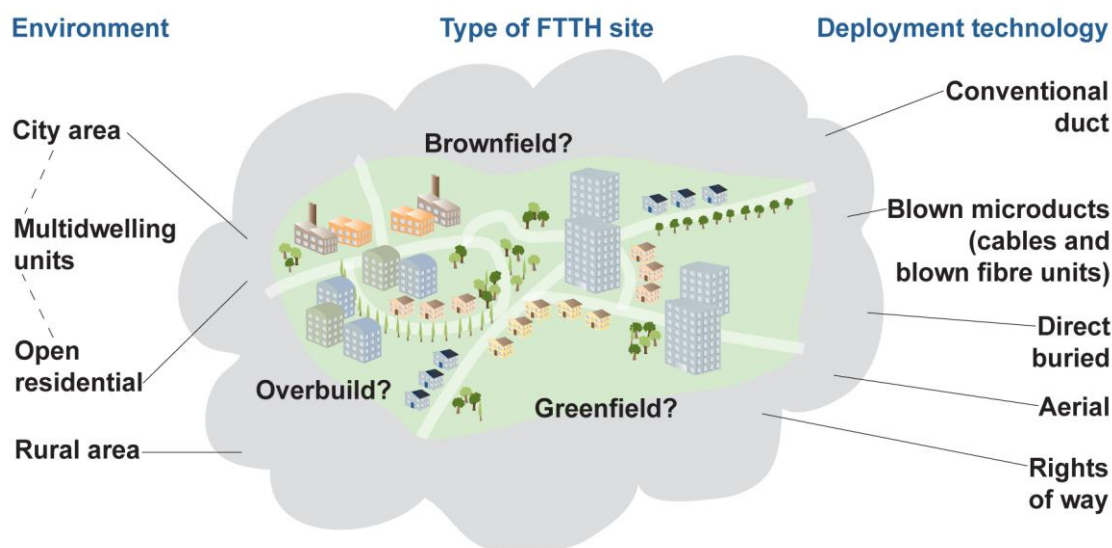


Abbildung 1: Verschiedene FTTH Lokationen

Environment: Umgebung; Multidwelling units: Mehrfamilienhäuser; Open: Offene Wohngebiete; Rural...: ländliche Wohngebiete; Type of: Art der FTTH Lokation; Deployment...: Ausbautechnologie; Conventional: Herkömmliche Rohranlage; Blown...: Eingeblassene Mikro-Rohre (Kabel und eingeblassene Glasfasern; Direct...: Direkt vergraben; Aerial: Luftkabel; Rights...: Wegerecht

Die physikalische Umgebung kann grob aufgeteilt werden in:

- Städte
- Offene Wohngebiete
- Ländliche Gebiete
- Gebäudetyp und -dichte – Einfamilienhäuser (SFU, Single Family Units) oder Mehrfamilienhäuser (MDU, Multi-Dwelling Units)

Es ist nicht nur so, dass jede physikalische Umgebung eine unterschiedliche Teilnehmerdichte von Wohnhäusern darstellt (pro Quadratkilometer), es müssen auch die Gegebenheiten des Landes in Betracht gezogen werden.

Ein Schlüsselfaktor bei der Entscheidung über das bestgeeignete Netzwerkdesign und die Architektur wird die Beschaffenheit der Lokation sein. Gebäudearten beinhalten:

- Die grüne Wiese – das Netzwerk wird zeitgleich mit den Gebäuden errichtet
- Der Altstandort – die existierende Infrastruktur der bereits errichteten Gebäude ist auf einem niedrigen Standard
- Die Überbauung – das Hinzufügen zur vorhandenen Infrastruktur

Haupteinflüsse bei der Methodik des Infrastruktureinsatzes sind:

- Die FTTH Lokation
- Die Größe des FTTH Netzwerks
- Die initialen Infrastruktur-Einsatzkosten der Infrastruktur Elemente (CAPEX)
- Die laufenden Kosten für den Netzwerkbetrieb und die Wartung (OPEX)
- Die Netzwerkarchitektur, z. B. PON oder aktives Ethernet
- Lokale Gegebenheiten, z. B. lokale Lohnkosten, lokale behördliche Einschränkungen (Verkehrskontrolle) und andere

Die Wahl der Glasfaserausbautechnologie bestimmt sowohl den CAPEX und OPEX als auch die Zuverlässigkeit des Netzwerks. Diese Kosten können durch die Wahl der bestgeeigneten aktiven Lösung in Kombination mit der bestgeeigneten Methodik des Infrastruktureinsatzes optimiert werden. Wie in Abschnitt 9 beschrieben beinhalten diese Vorgehensweisen:

- Konventionelle Erdverlegung von Rohren und Kabeln
- Eingeblassene Mikro-Rohre und Kabel
- Direkt vergrabene Erdkabel
- Luftkabel
- Andere "Wegerechtslösungen"

Erforderliche Schlüsselfunktionen eines FTTH Netzwerks beinhalten:

- Bereitstellung von schnellen Services und Inhalten für jeden Teilnehmer
- Ein flexibles Design der Netzwerkarchitektur mit einer auf den zukünftigen Bedarf ausgerichteten Kapazität
- Direkte Glasfaserverbindung jedes einzelnen Teilnehmers an die aktive Ausrüstung und dadurch Gewährleistung einer maximal verfügbaren Kapazität für zukünftige Serviceanforderungen
- Unterstützung zukünftiger Netzwerkausrüstungen und -erweiterungen
- Minimierte Unterbrechungen während des Netzausbaus zur Förderung der Glasfaserakzeptanz von Netzwerkeigentümern und zum Nutzen der FTTH Teilnehmer

Bei Design und Errichtung von FTTH Netzwerken ist das Verständnis der Herausforderungen und Konflikte, denen potenzielle Netzwerkeigentümer und Betreiber begegnen, vorteilhaft. Einige Herausforderungen können in einen Konflikt zwischen Funktionalität und wirtschaftlichen Anforderungen münden.

Der FTTH Netzwerkplaner muss einen profitablen Business Case vorweisen, Kapitalausgaben mit Betriebskosten ausbalancieren und dabei eine Umsatzgenerierung gewährleisten. Die Kostenbetrachtungen werden kurz in Abschnitt 6 erläutert. Eine detailliertere Analyse der Haupteinflüsse auf einen Business Case für FTTH Netzwerke ist im *FTTH Business Guide* des FTTH Council Europe verfügbar.

2.2. FTTH Architektur

Für die Spezifikation der Zusammenarbeit von passiven und aktiven Infrastrukturen ist eine klare Unterscheidung zwischen den für den Ausbau der Glasfaser genutzten Topologien (der passiven Infrastruktur) und den für den Datentransport über die Glasfaser (der aktiven Ausrüstung) genutzten Technologien wichtig.

Die beiden gebräuchlichsten Topologien sind Punkt-zu-Mehrpunkt, welche häufig eine passive optische Netzwerkarchitektur (PON) verwendet, sowie Punkt-zu-Punkt, welche üblicherweise Ethernet Übertragungstechnologien verwendet.

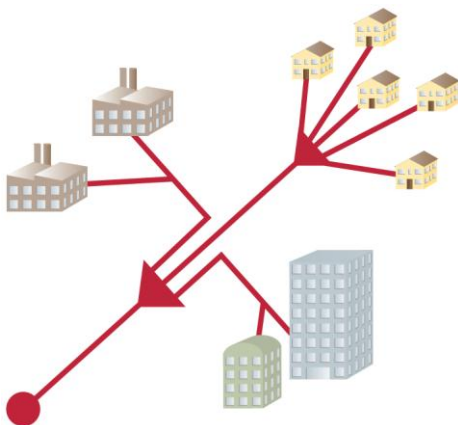


Abbildung 2: Passives optisches Netzwerk

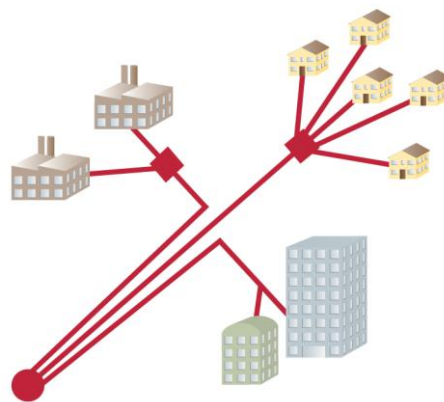


Abbildung 3: Aktives Ethernet Netzwerk

Punkt-zu-Punkt Topologien stellen dedizierte Glasfasern zwischen dem POP und dem Teilnehmer bereit. Jeder Teilnehmer hat eine direkte Verbindung mit einer dedizierten Glasfaser. Die meisten existierenden Punkt-zu-Punkt FTTH Installationen nutzen Ethernet, welches mit anderen Übertragungsweisen für Geschäftsanwendungen (z. B. Fibre Channel, SDH/SONET) gemischt werden kann. Durch Platzierung der passiven optischen Splitter im Zugangsknoten kann diese Topologie auch PON Technologien beinhalten.

Punkt-zu-Multipunkt Topologien mit passiven optischen Splitttern im Feld werden in Verbindung mit standardisierten PON Technologien – GPON ist der heute Spitzenkandidat in Europa, EPON ist der populärste in Asien – unter Verwendung von Time-Sharing Protokollen zur Kontrolle des Zugangs mehrerer Teilnehmer auf die gemeinsam genutzte Glasfaser eingesetzt.

Die aktive Ethernet Technologie kann auch zur Kontrolle des Teilnehmerzugangs in einer Punkt-zu-Mehrpunkt Topologie genutzt werden, wobei dies den Einsatz von Ethernet Switchen im Feld erfordert.

2.3. Unterschiedliche Terminierungspunkte der Glasfaser

Es können unterschiedliche Architekturen des Zugangsnetzwerks implementiert werden:

Fibre to the Home (FTTH) – Jeder Teilnehmer ist über eine dedizierte Glasfaser mit einem Port der Ausrüstung im POP oder mit dem passiven optischen Splitter verbunden. Dazu wird ein gemeinsam genutzter Glasfaserzugang am POP und eine 100BASE-BX10 oder 1000BASE-BX10 Übertragung für die Ethernet Konnektivität verwendet; hauptsächlich GPON (oder EPON) im Falle einer Punkt-zu-Multipunkt Verbindung.

Fibre to the Building (FTTB) – jede optische Terminierungsbox im Gebäude (häufig im Keller befindlich) ist über eine dedizierte Glasfaser mit einem Port der Ausrüstung im POP oder mit dem passiven optischen Splitter verbunden, der wiederum über eine Glasfaser mit dem POP verbunden ist. Die Verbindungen zwischen dem Teilnehmer und dem Switch des Gebäudes basieren nicht auf Glasfaser, sondern können Kupfer-basierend sein und umfassen eine Art von Ethernet Übertragung entsprechend des verfügbaren Mediums der vertikalen Verkabelung. In einigen Fällen sind die Gebäudeswitche nicht einzeln an den POP angeschlossen, sondern in einer Ketten- oder Ringstruktur miteinander verbunden, um existierende Glasfasern spezifischer Topologien zu nutzen. Dies spart sowohl Glasfasern als auch Ports im POP. Das Konzept, die Glasfaser ohne den Einsatz von Switchen im Gebäude direkt vom POP oder mittels eines optischen Splitters in die Wohnungen zu legen, bringt uns wieder zu dem FTTH Szenario zurück.

Fibre to the Curb (FTTC) – Jeder Switch / oder DSL Access Multiplexer (DSLAM) – häufig in einem Straßenverteiler zu finden – ist über eine einzelne Glasfaser oder ein Paar Glasfasern an den POP angeschlossen und transportiert den aggregierten Datenverkehr der Nachbarschaft über Gigabit Ethernet oder 10 Gigabit Ethernet Verbindungen. Die Switche des Straßenverters basieren nicht auf Glasfaser, sondern können Kupfer-basierend sein und nutzen entweder 100BASE-BX10, 1000BASE-BX10 oder VDSL2. Diese Architektur wird manchmal "Aktives Ethernet" genannt, da es aktive Netzwerkelemente vor Ort erfordert.

Dieses Dokument konzentriert sich jedoch auf den Einsatz von FTTH/B, da diese auf lange Sicht aufgrund ihrer nahezu grenzenlosen Skalierbarkeit als Zielarchitektur angesehen werden.

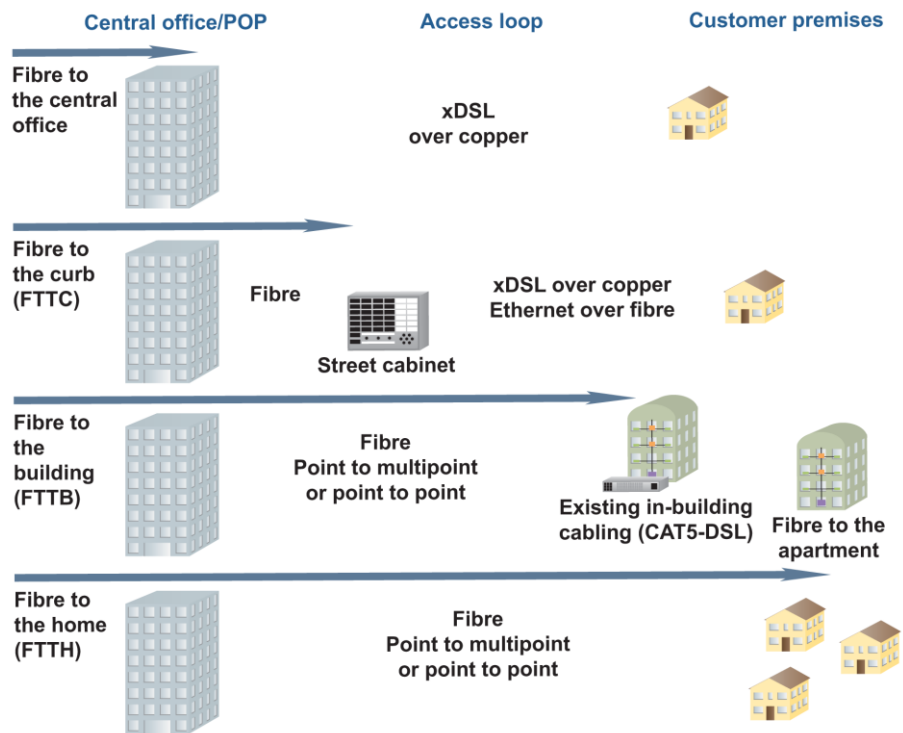


Abbildung 4: Unterschiedliche Typen von FTTx Netzwerken

Central office: Vermittlungsstelle / POP; Access loop: Zugang; Customer premise: Kundenliegenschaft; Fibre to the curb: Glasfaser bis zum Bordstein; Street cabinet: Straßenverteiler

3 Netzwerkplanung

Große Investitionen erfordern zur Minimierung des finanziellen Risikos eine sorgfältige Planung. Ein gut geplantes Netzwerk ist sowohl der Schlüssel zur Minimierung der Investitionen als auch zur Verbesserung des durchschnittlichen Ertrags pro angeschlossenem Benutzer. Mit anderen Worten – eine sorgfältige Planung kann auch den Business Case beeinflussen.

Die Planung bezieht sich auf den kompletten Prozess der Vorbereitung eines FTTH Netzwerkausbaus. Es gibt drei eindeutige Phasen, beginnend mit der **strategischen Netzwerkplanung**, gefolgt von der **High-Level Netzwerkplanung** und schließlich der **detaillierten Netzwerkplanung**. Diese Stufen lassen sich wie folgt kurz charakterisieren:

- Die **Strategische Netzwerkplanung** hat zwei Hauptaufgaben. Erstens, die allgemeine Entscheidung über den Business Case an sich, und – wenn positiv – in welchem Ausmaß FTTH bereitgestellt werden sollte. Zweitens, nachdem die strategischen Grundsatzentscheidungen gefällt wurden, beispielsweise, welche Architektur implementiert und welche Kabel- und Rohrleitungstechnologien eingesetzt werden sollen.
- Die **High-Level Netzwerkplanung** ist die Phase, in der strukturelle Entscheidungen über ein spezifisches geographisches Gebiet getroffen werden. Diese beinhalten die Platzierung der Netzwerkfunktionen (Verteilerpunkte) und Verbindungsentscheidungen (welche Lokationen welchen Gebieten dienen) sowie vorläufige Materiallisten (bill of materials), einschließlich der Installationslänge von Kabeln und Rohren sowie der Mengenangaben für die verschiedenen Hardwaretypen. Ziel ist es, einen Netzwerkplan zu niedrigsten Kosten innerhalb der Grenzen der strategischen Entscheidungen der vorherigen Planungsphase zu generieren.
- Die **Detaillierte Netzwerkplanung** – als finaler Planungsschritt – bedeutet, dass der Ausführungsplan generiert wird. Dies umfasst auch die Netzwerkdokumentation, die an Bauunternehmen übermittelt werden kann. Weitere Ergebnisse dieser Planungsphase beinhalten die detaillierte Verbindungsinformation wie den Spleißplan, das Beschriftungsschema oder die Mikro-Rohrverbindungen.

Im Allgemeinen folgen diese drei Planungsphasen im Laufe der Zeit sequentiell aufeinander. Einige anfangs getroffene Entscheidungen müssen jedoch vor dem Hintergrund neuer Informationen eventuell nochmals überprüft werden. Beispielsweise muss die angenommene Lokation für einen POP nach der Erstellung des detaillierten Plans möglicherweise geändert werden. In solchen Fällen ist es wichtig, zu früheren Schritten zurückgehen und die bisherigen Entscheidungen überprüfen zu können – idealerweise mithilfe von Software Tools, die ein hohes Maß an Automatisierung und Optimierung bieten. Das Zusammenspiel zwischen den Planungsstufen durch die Möglichkeit einer einfachen und konstanten Feedback-Schleife zwischen High-Level und detaillierter Netzwerkplanung ist daher wichtig.

3.1 Der Treibstoff der Netzwerkplanung: Daten

Bei der Generierung eines guten Netzwerkplans sollte jede Entscheidung auf einer soliden Information basieren. Daher ist eine sorgfältige Datenbasis entscheidend, insbesondere die Kenntnis von geographisch-referenzierten Daten über das Zielgebiet des Projekts.

Software Tools können diese Information zur Entwicklung unterschiedlicher Netzwerktopologie Modelle auf der Basis unterschiedlicher Annahmen entwickeln, Szenarien miteinander vergleichen und das Beste auswählen. Einige Software Tools unterstützen den effizienten Aufbau und die Dokumentation eines detaillierten Ausführungsplans.

Die Art und Präzision der erforderlichen Daten variiert je nach Planungsstufe. Die wichtigsten Arten von Planungsdaten können in drei Hauptkategorien unterteilt werden:

- Geographisch-referenzierte Daten
- Hardware Spezifikationen
- Kosten

3.1.1 Geographisch-referenzierte Daten

In allen Planungsphasen müssen die Besonderheiten des geographischen Gebiets in Betracht gezogen werden. Es werden zwei Hauptarten geographisch-referenzierter Daten zur Planung benötigt:

- Informationen zur Topologie der Straßen, einschließlich Bürgersteigen, Übergängen etc.; und
- Informationen zu Lokationen von Gebäuden, idealerweise einschließlich der Anzahl an Wohneinheiten und/oder Unternehmen per Glasfaser Terminierungspunkt.

Typische Anbieter von Straßentopologiedaten sind die Betreiber großer geographischer Informationssystem-Datenbanken (GIS), die auch für die Navigationssysteme in Kraftfahrzeugen genutzt werden. Diese Daten werden für die Karten- und Routenplanungen von Webseiten wie <http://maps.google.com> genutzt. Alternativ mögen lokale Datenanbieter vorhanden sein. In einigen Regionen können die freien Daten von OpenStreetMap, www.openstreetmap.org als guter Einstieg dienen.



Abbildung 5: Mustergrafik von OpenStreetMap. © OpenStreetMap Contributors, CC-BY-SA.

Der Erwerb von Adressinformationen von einer Regierungsbehörde stellt sicher, dass Sie die richtige Schreibweise haben. Später können diese Adressen die Hauptadressdatenbank für alle angeschlossenen Abteilungen, einschließlich der Kundenbetreuung, des Rechnungswesens und des Marketings darstellen.

Informationen über Gebäude und Bewohner sind schwieriger zu erhalten. Manchmal können diese von anderen Informationen wie Hausnummernbereichen oder Bevölkerungsdichten abgeleitet werden. Oder die Informationen können möglicherweise von dem lokalen Energieversorgungsunternehmen in Erfahrung gebracht werden. Wo keine geeignete Informationsquelle verfügbar ist, gibt es nur die Möglichkeit, jedes Gebäude aufzusuchen und die Anzahl der Wohneinheiten zu zählen.

Die Genauigkeit der Planungsergebnisse kann durch die folgenden zusätzlichen Daten noch weiter verbessert werden:

- Die Beschaffenheit der Oberfläche einer Straße kann dem Betreiber helfen, eine bessere Kostenabschätzung für die Erdarbeiten abzugeben; diese Information kann auch dazu genutzt werden, ob ein ein- oder zweiseitiges Graben für ein spezielles Straßensegment eingeplant wird.
- Die Verfügbarkeit existierender und wiederverwendbarer Infrastrukturen, wie Masten (für Luftkabelverlegung) oder existierende Rohre mit Leerraumkapazität, helfen bei der Reduzierung der entsprechenden Bereitstellungskosten.
- Informationen über existierende Gas-, Elektrizitäts- und Kupferinfrastrukturen in den Straßen können zur Festlegung potentieller Wege dienen, die eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine entsprechende Erlaubnis zum Aufgraben bieten.
- Die geeigneten Lokationen für einen Point of Presence (POP) oder Glasfaser Konzentrationspunkt (Fibre Concentration Point, FCP).

Diese zusätzlichen Daten können schwieriger zu erlangen sein. Sie müssen sich überlegen, ob der Erhalt dieser Daten den erforderlichen Einsatz unter Berücksichtigung der Zielsetzungen der Planungsaufgabe rechtfertigt.

Einige detaillierte Informationen können in einer frühen Planungsphase außer Acht gelassen und geschätzt werden. Präzisere Daten können aber in späteren Planungsstufen erforderlich werden; aus Gründen der besseren strategischen und aufgrund übergeordneter Entscheidungen ist es deshalb oft besser, qualitativ hochwertige Informationen bereits in den frühen Planungsphasen zu erfassen.

Für eine detaillierte Netzwerkplanung werden soviel Informationen wie möglich benötigt. Es kann lohnenswert sein, Zeit für das Prüfen und "Säubern" der Daten, beispielsweise anhand von Satellitenbildern oder Fluraufnahmen, aufzuwenden.

3.1.2 Hardwarespezifikationen

Die in einem FTTH Netzwerk eingesetzte Hardware wird in anderen Kapiteln dieses Handbooks beschrieben. Dies wird in allen Phasen des Planungsprozesses herangezogen. Es ist wichtig, bereits in den frühen Stadien des Planungsprozesses einen detaillierten Blick auf die Hardware zu werfen, da die Details einen signifikanten Einfluss auf die optimale Netzwerktopologie haben können – und damit auf die strategische Planung.

Die Hardware beinhaltet unter anderem die aktive Ausrüstung (zum Beispiel Ethernet Switches, OLTs und PON optische Terminals) sowie passive Komponenten (zum Beispiel optische Verteilergestelle, Spleißkassetten, PON Splitter, konventionelle Rohre oder Mikro-Rohrsysteme, Kabel und Glasfasern sowie Glasfaser Termination Units).

Beginnend mit der Spezifikation der Ausrüstung muss für die Planungsentscheidung eine Reihe von Vorschriften definiert werden, die beschreiben, wie und in welcher Netzwerkkonfiguration die Hardware genutzt werden kann. Dies beinhaltet:

- welche Kabel und Rohre bei der Einspeisung, der Verteilung und an den Endstellen installiert werden können;
- welche (inneren) Kabel und Rohre in welche äußeren Rohre passen (abhängig vom Außen- und Innendurchmesser der angeschlossenen Verbindungskomponenten oder von Designvorschriften);
- welche Ausrüstung, z. B. Splitter, in Gebäuden, an Verteilerpunkten und in POPs installiert werden kann;
- welche Tests vor Inbetriebnahme einer Verbindung ausgeführt werden sollten.

3.1.3 Kosten

Eines der Hauptplanungsziele ist die Kostenkontrolle im Rahmen einer Reihe von Beschränkungen und Erfordernissen. Für eine einwandfreie Durchführung ist eine klare Vorstellung von den unterschiedlichen Kosten der Bereitstellung und der Wartung eines FTTH Netzwerks erforderlich. Diese beinhalten:

- Lohnkosten für Baumaßnahmen
- Materialkosten pro Hardwaretyp
- Kosten der Installation, der Prüfung und des Messwesens
- Netzwerkwartungskosten
- Energiekosten der aktiven Ausrüstung
- Kosten im Zusammenhang mit dem Aufbau und der Wartung von POPs und FCPs
- Kosten im Zusammenhang mit dem Wegerecht

Die Kostenbereiche werden häufig nach Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) unterschieden. Weitere wichtige Kategorien sind: aktive Ausrüstung und passive Komponenten, Außengelände und Gebäudeverkabelung, angeschlossene und anschließbare Häuser.

3.2 Der Motor der Netzwerkplanung: Tools

In früheren Jahren wurden Netzwerkpläne manuell erstellt, indem Objekte auf Karten gezeichnet wurden, zunächst auf Papier, später dann mithilfe von CAD (Computer-Aided Design) Softwarepaketen. Die Planung selbst wurde jedoch gänzlich manuell durchgeführt und war daher sowohl zeitraubend als auch fehleranfällig. Das Ergebnis war, dass die frühen Stufen der Planungsprozesse oft ignoriert wurden oder lediglich als Theorie oder Statistik abgetan wurden und der Planer direkt die detaillierte Planungsphase fokussierte.

Ein weiterer Nachteil dieses Ansatzes war, dass der Plan nur wenig oder keine intelligenten Daten über die Netzwerkkomponenten enthielt, da keine Datenbank hinterlegt war. Dies erschwerte den effizienten Einsatz dieser Pläne während späterer Phasen der Netzwerklebensdauer, z. B. der Wartung.

Heutzutage werden viele dieser Probleme durch den Einsatz GIS-basierender Software für die Dokumentation des Netzwerks gelöst. Die Software verlinkt die Objekte der Karte mit den Datenbankobjekten, wodurch alle Arten von Daten über Netzwerkkomponenten nachverfolgbar werden.

Durch FTTH Planungstools wird der Netzwerksplanungsprozess viel effizienter, nicht nur in Bezug auf die Zeit (durch Automatisierung), sondern auch in Bezug auf die Qualität des Netzwerkplans (durch dedizierte Datenmodelle) und das Maß an Optimierung der Pläne (durch intelligente Optimierungsalgorithmen).

Jede der drei Stufen des Netzwerkplanungsprozesses hat spezielle Anforderungen in Bezug auf Geschwindigkeit im Vergleich zu der Komplexität, die verfügbare Softwaretools unterstützen.

Strategische Netzwerkplanung stellt die geringsten Detailanforderungen an ein Softwaretool. Da es zur Analyse unterschiedlicher Netzwerkkonzepte eingesetzt wird, muss die Software schnell genug arbeiten, um den Vergleich der Szenarien zu erlauben. Bedingt durch den beträchtlichen Einfluss der strategischen Entscheidungen auf den Business Case muss die Qualität der Berechnungen präzise genug sein, um stichhaltige Rückschlüsse ziehen zu können.

Ähnliche Anforderungen hat die High-Level Netzwerkplanung. Der Detaillierungsgrad muss jedoch hoch genug sein, um verlässliche BOMs (Bill Of Material) zu erstellen und als Startpunkt einer detaillierten Netzwerkplanung zu fungieren. Die Anforderungen an die Kosteneffektivität des generierten Netzwerkdesigns sind höher, da diese Planungsstufe zur Identifikation der letzten paar Prozentpunkte einer potenziellen Kostenersparnis genutzt wird.

Eine detaillierte Netzwerkplanung stellt im Bereich der Automation nur geringe Anforderungen. In dieser Stufe muss der Planer den Ausführungsplan generieren. Deshalb müssen die Tools die Bearbeitung sehr präziser und detaillierter Netzwerkspezifikationen unterstützen.

3.3 Strategische Netzwerkplanung

Größere Geschäftsentscheidungen werden in der ersten Planungsphase getroffen. Dabei ist die Kernfrage, ob eine Investition in ein FTTH Netzwerk getätigt werden sollte.

Um diese Frage beantworten zu können, benötigt der Planer die genauen Kosten sowohl für den Netzwerkbetrieb als auch für die Kundenaktivierung und die Netzwerkwartung während der gesamten Lebensdauer. Hinzu kommen einige realistische Vorhersagen bezüglich der Annahme von Services durch die Kunden und die damit einhergehenden Umsätze.

Der Aufbau der Kostenanalyse auf realen Daten ist ein wichtiger Aspekt, da es zwischen verschiedenen geographischen Gebieten zu großen Unterschieden kommen kann – sogar in Fällen ähnlich gelagerter Bevölkerungsdichte. Hochrechnungen und Vergleiche sollten nach Möglichkeit vermieden werden.

Ist die Entscheidung, mit dem Projekt fortzufahren, gefallen, stellen sich weitere Fragen wie:

- Wo wird das Netzwerk gebaut? (Definieren Sie den geographischen Umfang des Projekts)
- In welcher Reihenfolge werden die Teilbereiche an das Netzwerk angeschlossen? (Definieren Sie die geographische Reihenfolge)
- Welche Methoden und Technologien werden genutzt? (Legen Sie Designrichtlinien, Komponenten und Technologien fest)

3.3.1 Wo wird das FTTH Netzwerk gebaut?

Anhand des Vergleichs verschiedener Regionen in Bezug auf Ausgaben und Umsätze kann eine Entscheidung darüber getroffen werden, wo das FTTH Netzwerk gebaut wird. In der Realität haben Investoren in FTTH unterschiedliche Profile. Während private Investoren der finanziellen Effizienz mehr Bedeutung beimessen, müssen öffentliche Investoren alle potentiellen Kunden gleich bedienen – manchmal über große Gebiete hinweg – und eine landesweite Versorgung bedenken. Im Idealfall werden sowohl die kommerziellen Interessen als auch die Serviceverfügbarkeit in Betracht gezogen.

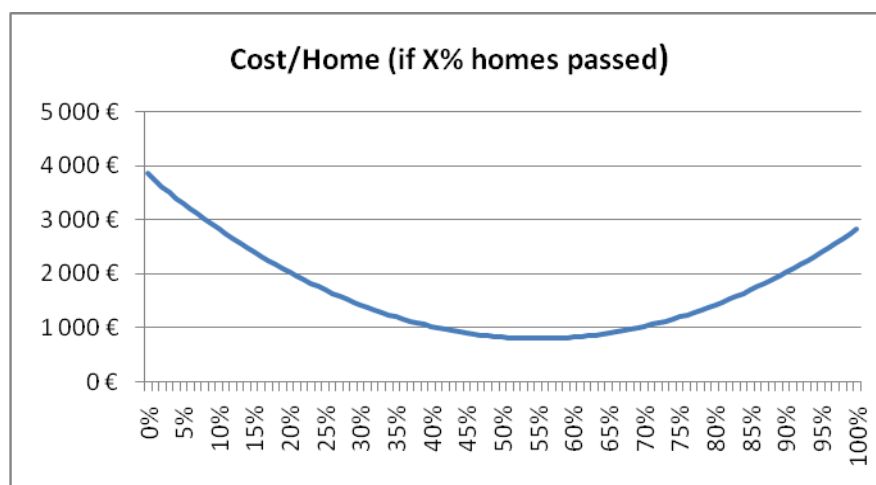


Abbildung 6: Typische Kostenentwicklung pro Haus in Abhängigkeit von der Zahl der anschließbaren Häuser

Cost/Home: Kosten pro Haus (bei x% der anschließbaren Häuser)

Allgemein wird beobachtet, dass die durchschnittlichen Kosten pro anschließbarem Haus mit dem Prozentsatz anschließbarer Häuser in speziellen Gebieten variiert, wie die obige Abbildung zeigt. Die geographische Verteilung von Gebäuden sowie die Anzahl der Wohneinheiten in Gebäuden kann die Durchdringung, bei der die niedrigsten Kosten pro Wohneinheit (hier ca. 60%) entstehen, jedoch stark beeinflussen.

3.3.2 In welcher Reihenfolge werden die Teilbereiche des Netzwerks ausgebaut?

Erstreckt sich ein FTTH Projekt auf ein großes geographisches Gebiet, kann der Bau leicht einige Jahre in Anspruch nehmen. Je größer der Ausbauezeitrahmen ist, desto wichtiger wird die Bestimmung der optimalen Reihenfolge des Netzwerkausbaus in den verschiedenen Teilgebieten. Die Auswahl dieser Reihenfolge basiert normalerweise auf einer Kombination aus Kosten und Umsatzerwartungen.

3.3.3 Welche Methoden, Komponenten und Technologien werden für den Bau des Netzwerks eingesetzt?

Es gibt viele mögliche Technologien und Komponenten für den Bau eines FTTH Netzwerks. Die kostengünstigste Option kann nur durch die Anwendung der verschiedenen technischen Bauvorschriften und Beschränkungen der geographischen Gegebenheiten der jeweiligen Region sowie dem Vergleich der Endresultate bestimmt werden. In Abhängigkeit von der lokalen Situation einschließlich der lokalen geographischen Lage, der behördlichen Auflagen, der Marktsituation und anderer Faktoren wird jedes Projekt eine unterschiedliche optimale Auswahl an Technologien mit sich bringen.

In vielen Fällen stellen die Kosten nicht die einzige Betrachtung dar. Um zu diesem frühen Zeitpunkt die richtigen Entscheidungen treffen zu können, ist die Durchführung einer gründlichen Evaluierung der verschiedenen Szenarien wichtig. Der Einfluss einer jeweiligen Entscheidung auf die Bereitstellungskosten ist natürlich entscheidend, jedoch sollten auch andere Aspekte, wie Qualität, Bandbreite und Zuverlässigkeit in Betracht gezogen werden. Die getroffenen Entscheidungen werden oft von der Frage begleitet: "Ist es lohnenswert, diesen zusätzlichen Betrag in die zusätzliche Qualität/ Bandbreite/ Zuverlässigkeit ... zu investieren?"

Mögliche Optionen, die betrachtet werden können:

- Unterschiedliche Architekturen ("x" in FTTx, siehe Kapitel 2),
- Unterschiedliche aktive Technologien (PON vs. P2P vs. Hybrid, siehe Kapitel 4),
- Unterschiedliche Stufen der Glasfaserkonzentration (siehe Kapitel 9),
- Unterschiedliche Methoden des Kabelausbaus (Mikro-Kabel vs. konventioneller Verkabelung, siehe Kapitel 8),
- Unterschiedliche Splitter Architekturen (siehe Kapitel 9),
- Unterschiedliche Gebäudeverkabelungen und Methoden der Kundenausrüstungen (siehe Kapitel 3 und 7),
- Unterschiedliche Strategien zur gemeinsamen Nutzung der Infrastruktur (siehe Kapitel 5)

3.4 High-Level Netzwerkplanung

Nach der Entscheidung über den Projektumfang wird nun den detaillierten Entscheidungen über die Netzwerkstruktur Aufmerksamkeit geschenkt. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Planungsphase sind eine zuverlässige Schätzung des erwarteten Investments, Entscheidungen über die Lokationen für POPs und FCPs, Entscheidungen über die Verbindungen von den Lokationen in die Gebiete sowie eine Materialliste (Bill of Materials).

Die High-Level Netzwerkplanung baut auf den Ergebnissen der strategischen Netzwerkplanungsphase auf und beginnt mit den folgenden Eingaben:

- ein definiertes Planungsgebiet
- ein Budget
- eine Architektur (P2P, PON, oder Hybrid)
- eine Art der Verkabelung
- eine Strategie zur Anbindung der Gebäude (Anzahl der Glasfasern pro Gebäude etc.)

Diese Eingaben mögen nicht alle verfügbar sein, beispielsweise gibt es möglicherweise keine eindeutige Präferenz über den Kabeltyp oder über die Anzahl der zu terminierenden Glasfasern auf den einzelnen Kundengrundstücken, worüber noch entschieden werden muss. In solchen Situationen muss die High-Level Netzwerkplanung über eine Anzahl verschiedener möglicher Szenarien erfolgen, um eine zuverlässige Vorhersage über die zu erwartenden Kosten für das Projekt zu liefern.

Weitere Fragen, die in der High-Level Planungsphase zu beantworten sind, sind:

3.4.1 Wo sind die POPs gelegen?

Bei komplexen Planungsgebieten muss der Planer jetzt entscheiden, wie viele POP Lokationen genutzt werden sollten und wo die ODFs und die aktive Ausrüstung zu platzieren sind. Werden mehrere POPs genutzt, muss der Planer auch entscheiden, welche Kunden von welcher POP Lokation versorgt werden sollen.

Es existiert keine Daumenregel darüber, wie viele Kunden von einem einzelnen POP versorgt werden können. Im Allgemeinen gilt, je mehr Kunden von einem POP versorgt werden, desto größer ist der Degressionseffekt im Bereich Energie, Wartung und Aggregierungskapazität.

In kleineren Planungsgebieten, die nur über einen einzelnen POP verfügen, wird die Lokation des POPs normalerweise aus einer vordefinierten Anzahl von Optionen bestimmt, die von der Anzahl der dem Betreiber in diesem Gebiet zur Verfügung stehenden Gebäude abhängen.

3.4.2 Wie viele Glasfaser Konzentrationspunkte?

Eine der Kernaufgaben der High-Level Netzwerkplanung ist die Entscheidung darüber, wo sich die Glasfaser Konzentrationspunkte (Fiber Concentration Points, FCPs) befinden sollen. Der Planer muss auch darüber entscheiden, welche Kundenlokation an welchen FCP angeschlossen wird und die optische Managementlösung jedes FCPs festlegen.

Diese Entscheidungen unterliegen den Beschränkungen der technischen Spezifikation der verfügbaren Lösungen zur Verwaltung der Glasfasern sowie der Anzahl der Glasfasern in den Kabeln und Rohrsystemen.

3.4.3 Welche Kabelwege dienen welcher Verteilung und Einspeisung?

Es muss über Kabelwege für die Konnektivität zwischen POPs, Verteilerpunkten und Kundengrundstücken entschieden werden. Das Graben und Verlegen von Kabeln und Rohren ist nach wie vor sehr teuer, daher ist die Wahl der Routen (manchmal Trassen genannt) eine der geschäftskritischsten Entscheidungen. Es ist wichtig, die existierende Infrastruktur, wie beispielsweise Leerrohre, zu einem Maximum zu nutzen, damit das Graben und die damit verbundenen Kosten vermieden werden können.

3.4.4 Wie sieht die erwartete Materialliste aus?

Nach der Entscheidung über die Konnektivität muss ebenfalls entschieden werden, welche Kabel- und Rohrinstallationen entlang welcher Routen eingesetzt werden sollten. Zusammen mit den Hardwareanforderungen (wie Schränke, Splitter, aktive Switches etc.) kann diese Information genutzt werden, um High-Level Materiallisten zu erstellen und Hardwarelieferanten eine Indikation über die benötigte Hardware geben. Die finalen Materiallisten, die alle Punkte im Detail erfassen, werden während der detaillierten Planungsphase erstellt.



Abbildung 7: Ergebnis der High-Level Planung – farbcodierte Verteilungslösungen und -gebiete

Die oben genannten Entscheidungen wurden so beschrieben, als seien sie Individualentscheidungen, in der Praxis besteht jedoch ein hohes Maß an Wechselwirkungen. So hat beispielsweise die Entscheidung, welche Kunden von einem POP bedient werden, einen direkten Einfluss auf die Anzahl der installierten Kabel einer speziellen Route und damit konsequenterweise auf die Frage, ob die existierenden Rohre genügend Kapazität zur Aufnahme haben oder Erdarbeiten erforderlich sind.

Die Verwendung eines automatischen High-Level Planungstools wird sehr empfohlen, da es alle Entscheidungen in einem einzigen integrierten Planungs- und Optimierungsschritt handhaben kann. In einer solchen Umgebung entscheidet der Planer über die Planungsparameter und Limitierungen. Das automatische High-Level Planungstool unterstützt den Planer bei dem Entwurf eines kostengünstigen Netzwerks, das alle technischen Maßgaben erfüllt und die existierende Infrastruktur optimal nutzt.

3.5 Detaillierte Netzwerkplanung

In diesem frühen Stadium des Planungsprozesses werden die Ergebnisse der High-Level Planung in Ausführungspläne umgesetzt und der Prozess bis zum fertigen Netzwerk unterstützt.

Zwischen der High-Level Planung und der detaillierten Netzwerkplanung existiert eine Konzeptänderung. Erstere erzeugt einen Netzwerkplan (ohne die während der detaillierten Planung entschiedenen Konfigurationen), der realisierbar sein *sollte* – von wenigen strukturellen Änderungen einmal abgesehen. Im Gegensatz dazu erzeugt die detaillierte Netzwerkplanung einen Netzwerkplan, der hinreichend genau und detailliert sein *muss*, um zu gewährleisten, dass alle offiziellen Genehmigungen erteilt und die Arbeitsanweisungen generiert werden können.

Diese Konzeptänderung impliziert, dass

- noch mehr Schwergewicht auf die Qualität der geographisch-referenzierten Daten gelegt wird.
- die Unterstützung durch Softwaretools für die grafische Manipulation und die Konsistenzprüfung des geplanten Netzwerks unabdingbar ist.
- die Datenbankunterstützung für die Dokumentation, den Netzwerkbetrieb, das Change Management, die Fehlerbehebung, die Kundenpflege, das Marketing und die Netzwerkregistrierung erforderlich ist – dem offiziellen Verzeichnis der Lage der Rohre / Kabel zur Vermeidung von Schäden durch andere Erdarbeiten.

3.5.1 Detaillierte Daten

Alle in den vorherigen Planungsphasen genutzten Daten sollten in der detaillierten Netzwerkplanung wiederverwendet werden, z.g. die geographisch-referenzierten Daten der Straßen, Gebäude, Adressen von Wohneinheiten und andere relevante geographische Parameter, die Datenbankeinträge installierbarer Komponenten, des Einkaufs und der Installationskosten. Auch die während der High-Level Planung getroffenen Strukturentscheidungen sollten als Startpunkt genutzt werden, einschließlich

- der Anzahl und der geographischen Lokation der POPs und FCPs,
- der Gebiete, die jeder POP und FCP bedient (in Abbildung 7 farbcodiert), und
- der benutzten Routen einschließlich der Kabel- und Rohrintallation.

Idealerweise sollten die Softwaretools angemessene Export und Import Funktionen unterstützen und so die Weiterverwendung der Ergebnisse der High-Level Planung vereinfachen.

Während der Planung ist es hilfreich, wenn die Planungsinformation direkt geographisch-referenziert ist und für eine Abfrage am Computer mit Werkzeugen wie Google Street View verbunden werden kann. Dies vereinfacht die Prüfung der Oberflächendetails wie Bäume, Straßentypen etc. Da solche Daten jedoch nicht immer vollständig aktuell sind, bleibt eine Prüfung vor Ort unabdingbar. Zur Vermeidung von Kollisionen mit der im Erdreich existierenden Infrastruktur unterstützen die Softwaretools typischerweise den Import der Positionen von Strom- und Kupfer-Telekommunikationskabeln sowie Gas- und Wasserleitungen.

Weiterhin ist die Kenntnis der genauen Spezifikation von Rohren, Kabeln, Glasfasern und optischen Steckverbindern zur Vermeidung einer Inkompatibilität zwischen den verschiedenen Komponenten während der Planung ein wichtiger Aspekt. Dies beinhaltet beispielsweise:

- die Farbcodierung der Mikro-Rohrsysteme,
- die Kompatibilitätsbeschränkungen bei Steckverbindern, z.B. kann ein APC Steckverbinder nicht mit einem PC Steckverbinder verbunden werden, und
- die Kompatibilitätseinschränkungen beim Glasfaserspleißen, z.B. kann eine G.652D Glasfaser nicht mit einer G.657B Glasfaser verspleißt werden.

3.5.2 Erzeugen des Ausführungsplans

Im Verlauf der detaillierten Netzwerkplanungsphase werden die Ausführungspläne erzeugt, wobei in dieser Phase den High-Level Planungsergebnisses Details und Genauigkeit hinzugefügt werden. Die folgenden Aufgaben sind Bestandteil:

- Beschriftung: jede installierte Komponente erhält eine eindeutige Beschriftung entsprechend eines konsistenten, Benutzer-definierten Schemas, das eine einfache Identifizierung und Bezugnahme auf diese Komponente im Plan erlaubt.
- Kabel/Rohr im Rohr-Konfiguration: für jedes nicht direkt eingegrabene Kabel und jedes Innenrohr muss angegeben werden, in welches äußere Rohr dieses eingblasen oder eingezogen wird, z.B. durch Angabe der Farbe und der Beschriftung des Mikro-Rohrsystems.
- Detaillierte Endverbindung: jede Endverbindung (von der Straße bis zum Anschlusspunkt eines Gebäudes) muss exakt positioniert und nachverfolgt werden.
- Platzierung der Steckverbinder: für jedes Rohrsystem muss spezifiziert werden, an welchen geographischen Positionen eines oder mehrere seiner Rohre (insbesondere für Mikro-Rohrsysteme) verbunden ist (sind), mit welchem Steckverbindertyp und zu welchem Rohr eines anderen Rohrsystems dies geschieht.
- Glasfaser- und Spleißplan: an ODFs, Glasfaser Konzentrationspunkten und – bei Verwendung einer konventionellen Verkabelung – anderen beliebigen Kabelverbindungspunkten ist die genaue Definition des zu spleißenden Glasfaserpaares erforderlich. Die Spleißverbindungen können als „neu“, „in Gebrauch“ oder als „existent“ markiert werden. Da dies eine Masseninformation ist, wird eine angemessene grafische Darstellung aller Verbindungen zwischen den Glasfasern einer Glasfaserkassette benötigt (wie in Abbildung 8 dargestellt).

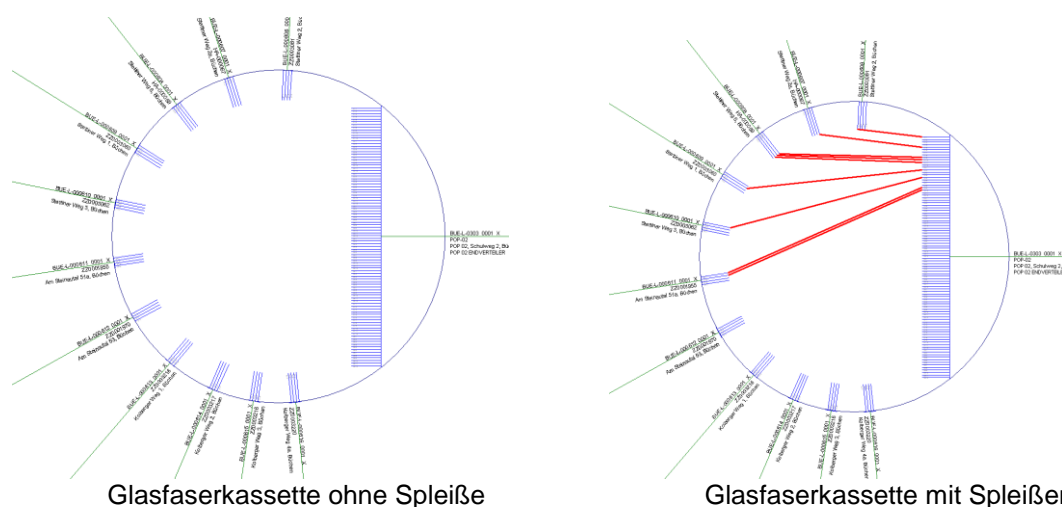


Abbildung 8: Spleißplan einer Glasfaserkassette

In der Phase der detaillierten Netzwerkplanung ist es insbesondere wichtig, dass die Software-tools eine manuelle Änderung jeder individuellen Konfiguration und eine Automatisierung im Falle einer Massendatenoperation unterstützen, die über den gesamten Ausführungsplan hinweg konsistent sein sollte (z.B. Beschriftung).

Die daraus resultierende Dokumentation des zu errichtenden Netzwerks enthält genaue und vollständige Informationen über die Aufrüstung, die Fehlersuche oder die Wiederherstellung eines Netzwerks:

- Dokumentation des zu errichtenden Netzwerks (alle bisher beschriebenen Konfigurationsdetails, aber auch daraus abgeleitete Informationen wie der Port einer Leitungskarte, an den das Haus angeschlossen ist)
- Dokumentation der POPs einschließlich des Gestellplatzes und der Platzierung der aktiven und passiven Komponenten
- Erzeugung der Aufbaupläne für komplexe Objekte wie eines ODFs (mit hunderten Spleißen)
- Adaptierbare Berichte aller Zusammenfassungen, Materiallisten, Kostenaufstellungen und Glasfaser-Einblaslisten
- Erzeugung der Ausschreibungsliste

3.5.3 Dokumentation

Das gebaute Netzwerk entspricht nicht immer exakt dem geplanten Netzwerk. Eine Aktualisierung des Ausführungsplans ist erforderlich, falls während des Baus Änderungen auftreten. Idealerweise sollte der aktualisierte Plan – auch als finaler Plan bezeichnet – als Basis der vollständigen Dokumentation des Netzwerks dienen. Die meisten Anpassungen werden durch die Erdarbeiten und Situationen vor-Ort verursacht. Die Prüfer vor-Ort können die geographischen Routeninformationen bei deren Erzeugung senden. Die Aufzeichnung aller Anpassungen und die Aktualisierung der Software ist wichtig, damit genaue Informationen für zukünftige Arbeiten verfügbar sind.

Die Dokumentation des finalen Netzwerks enthält auch Informationen über jeden Abschnitt und jedes Kabel:

- Name und Anschrift des Installationsunternehmens
- Dokumentation der Verlegesysteme
- Gescannte Genehmigungen entsprechend des Baurechts
- Hersteller und Herstelldatum des verwendeten Kabels
- Gescannte Genehmigungsdokumente

Letztendlich sollte die gescannte Dokumentation Dokumente für jedes angeschlossene Gebäude beinhalten:

- Genehmigung des Eigentümers
- Zugangs ("walk in") Protokolle
- Abnahmeinformationen
- Test und Messdaten

3.5.4 Workflow Management

Nach dem Abschluss aller Planungsphasen ist der grundlegende Arbeitsablauf (Workflow) für den Anschluss eines Teilnehmers an das FTTH Netzwerk wie folgt:

- Erdarbeiten
- Einblasen bzw. Einziehen des Kabels
- Spleißen der Glasfaser
- Test und Messungen
- Aktivierung

Diese Schritte müssen in die Dokumentation des Ausführungsnetzwerks und des fertigen Netzwerks integriert werden.

Idealerweise weist das für die detaillierte Netzwerkplanung genutzte Softwaresystem eine Schnittstelle zu einem Web-basierenden System auf, das alle Schritte des Workflows darstellt. Falls ein System zur Generierung des Workflows verfügbar ist, können die Schritte für unterschiedliche Szenarien und das involvierte Personal konfiguriert werden. Der Zugriff auf ein derartiges Workflow-System sollte über drahtlose Verbindungen im Feld möglich sein, wodurch die Tiefbauunternehmen ihren jeweiligen Arbeitsstatus auf einfache Art und Weise übermitteln können. Dies sollte den Upload von Messberichten in das Dokumentationssystem umfassen. Spleißinformationen können bedarfsgerecht an die Arbeitsstelle vor-Ort gesandt werden (just in time), differenziert nach Spleißkassette oder Glasfaserverteiler.

4 Aktive Ausrüstung

Passive optische Netzwerke (PON) und Ethernet Punkt-zu-Punkt Lösungen wurden bereits weltweit eingesetzt. Die Auswahl der Ausrüstung wird von vielen Variablen bestimmt, einschließlich der demographischen und geographischen Segmentierung, spezifischer Ausbauparameter, Finanzberechnungen etc. Insbesondere hängt die gewählte Lösung in starkem Maß von dem einfachen Ausbau der passiven Infrastruktur ab. Es ist klar, dass in heutigen Märkten beide Lösungen akzeptabel sind.

In einem Mehrfamilienhaus (Multi-Dwelling Unit, MDU) können die Verbindungen zwischen den Endverbrauchern und dem Gebäudeswitch über Kupfer- oder Glasfaserkabel verlaufen. Glasfaser ist jedoch dabei die einzige Alternative, die die Unterstützung zukünftiger Bandbreitenanforderungen garantiert. In einigen Ausbaufällen wird eine zweite Glasfaser für HF Video Overlayssysteme bereitgestellt. In anderen Fällen werden mehrere Glasfasern (zwei bis vier pro Haus) installiert, um sowohl die Wettbewerbsfähigkeit als auch zukünftige Anwendungen zu gewährleisten.

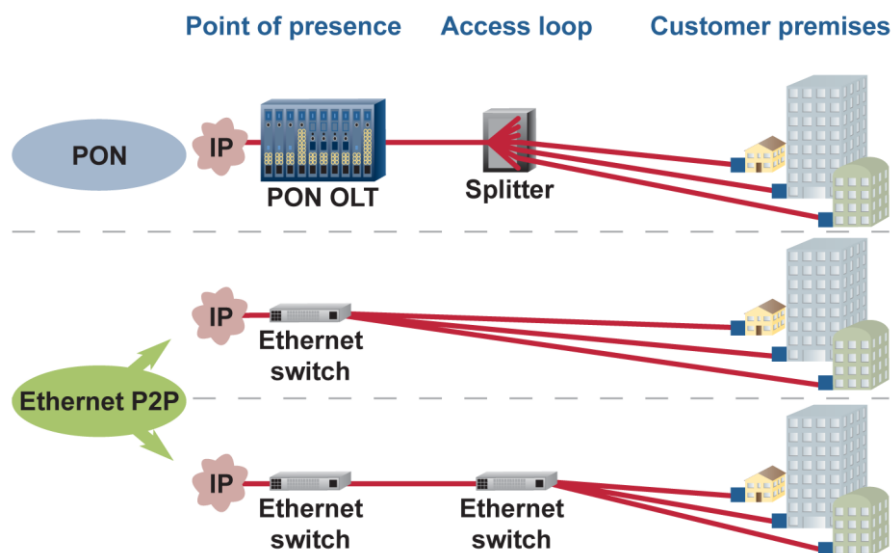


Abbildung 9: Verschiedene FTTH Netzwerkarchitekturen.

Access loop: Zubringerverbindung; Customer premises: Kundenliegenschaft

4.1 Passives optisches Netzwerk

Die PON Ausrüstung besteht aus einer optischen Terminaleinheit (Optical Line Terminal, OLT) in POP oder in der Vermittlungsstelle. Eine Glasfaser verläuft zum passiven optischen Splitter, an den bis zu 64 Endverbraucher angeschlossen sind. Jeder Endverbraucher verfügt über eine optische Anschlusseinheit (Optical Network Unit, ONU) am Endpunkt der Glasfaser.

Die ONU ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich, einschließlich einer MDU Version, die für mehrere Teilnehmer mit Gebäudeanwendungen geeignet ist und eine existierende Gebäudeverkabelung berücksichtigt (CAT5/Ethernet).

Die Vorteile eines PON liegen in einem geringeren Glasfaserbedarf (zwischen POP und Splitttern), dem Fehlen einer aktiven Ausrüstung zwischen OLT und ONU, dynamischen Funktionen zur Zuweisung der Bandbreite und der Möglichkeit hoher Bandbreitenspitzen, was zu Kapital- und Betriebskosteneinsparungen führen könnte.

Es ist wichtig anzumerken, dass der letzte Teil des Netzwerks zwischen Splitter und Endverbraucher für eine Punkt-zu-Punkt und eine PON Lösung identisch ist: jedes anschließbare Haus wird mit einer oder mehreren Glasfaser(n) mit dem Installationspunkt des letzten zu installierenden Splitters verbunden. Dieser wird auch als Glasfaser Konzentrationspunkt (Fibre Concentration Point, FCP) oder Glasfaser Flexibilitätspunkt (Fibre Flexibility Point, FFP) bezeichnet. Einer der differenzierenden Faktoren eines PON ist, dass die Anzahl der Glasfasern zwischen FFPs und POP deutlich reduziert werden kann (das Aufteilungsverhältnis in Kombination mit der Akzeptanzrate der Teilnehmer kann in einer 1:100 Reduzierung des Glasfaserbedarfs münden). Dies ist insbesondere in Brownfield Gebieten der Fall, wo bereits (begrenzte) Ressourcen verfügbar sind – entweder als nicht beleuchtete Glasfaser und/oder als Leerrohrplatz –, was sich in beträchtlichen Kostenreduzierungen und verkürzten Bauzeiten niederschlagen könnte.

4.1.1 PON Lösungen

Bis heute durchlief die PON Technologie mehrere Entwicklungsgenerationen.

Die Full Services Access Network (FSAN) Gruppe entwickelt technische Spezifikationen, die von der International Telecommunications Union (ITU) als Standards ratifiziert werden. Diese Standards umfassen APON, BPON, GPON und XG-PON. GPON stellt eine Downstream Bandbreite in Höhe von 2,5 Gbit/s und eine Upstream Bandbreite in Höhe von 1,25 Gbit/s bereit, die von maximal 64 Benutzern gemeinsam genutzt wird. XG-PON bietet eine Downstream Bandbreite in Höhe von 10 Gbit/s und eine Upstream Bandbreite in Höhe von 2,5 Gbit/s für bis zu 128 Benutzer.

Im Jahr 2004 führte das Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) einen alternativen Standard unter der Bezeichnung EPON ein, der eine Kapazität von 1 Gbit/s in beiden Richtungen bietet. Proprietäre EPON Produkte sind auch mit einer Downstream Bitrate in Höhe von 2 Gbit/s verfügbar. Im September 2009 ratifizierte das IEEE unter der Bezeichnung 10G-EPON einen neuen Standard, der eine symmetrische Datenrate in Höhe von 10 Gbit/s bietet.

Die Trends in der Zugangstechnologie weisen für die kommenden 10 Jahre in Richtung eher symmetrischer Bandbreiten. Multimedia File Sharing, Peer-to-Peer Applikationen und datenintensivere Anwendungen von Telearbeitern treiben die Teilnehmer in Richtung der Upstream Bandbreite. Aufgrund des enormen Bandbreitenbedarfs für HDTV und Unterhaltungsdienste im Allgemeinen fällt die Vorstellung einer vollständigen Symmetrie für residentielle Applikationen jedoch schwer – auch wenn kleine Unternehmen von Symmetrie und Breitbandverbindungen

profitieren könnten. Nichtsdestotrotz ist es die hohe Upstream Bitrate des PON, die FTTH Betreibern entscheidende Wettbewerbsvorteile gegenüber DSL oder Kabelbetreibern bietet.

Die GPON Reichweite beträgt 20 km mit einem optischen Budget von 28 dB bei Verwendung von Klasse B+ Optiken mit einem Aufteilungsverhältnis von 1:32. Die Reichweite kann durch eine Begrenzung des Aufteilungsverhältnisses auf maximal 1:16 auf 30 km erhöht werden. Die Verwendung von C+ Optiken erhöht das optische Link Budget um 4 dB, gleichbedeutend mit einer Erhöhung der optischen Reichweite auf 60 km. 10G-EPON stellt ebenfalls eine Reichweite von 20 km mit einem optischen Budget in Höhe von 29 dB bereit.

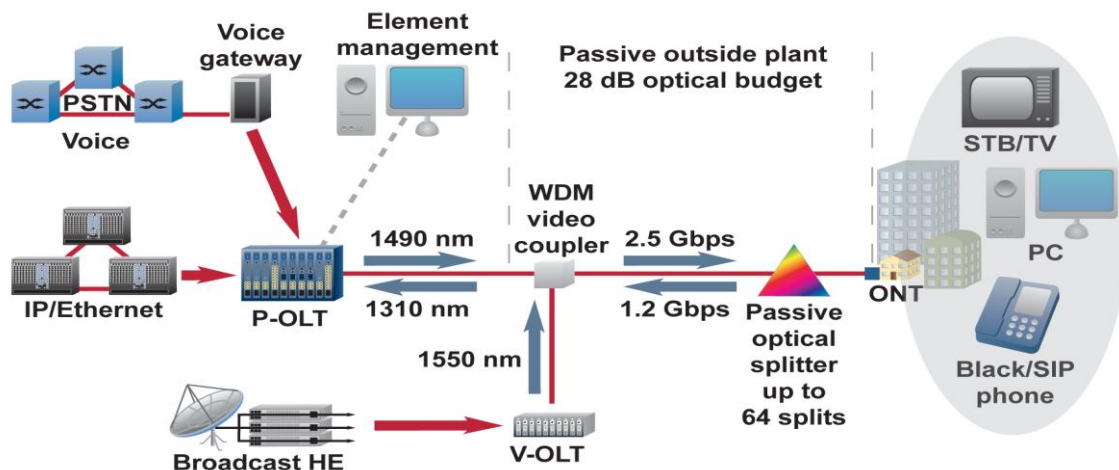


Abbildung 10: Schematische Darstellung eines GPON Netzwerks.

Voice...: Sprachgateway; Passive outside...: Passive Aussenanlagen mit 28 dB optischem Budget; Passive optical...: Passiver optischer Splitter mit bis zu 64-fachem Aufteilungsverhältnis

Optional kann das HF Video Overlay durch die Verwendung einer zusätzlichen Wellenlänge (1550 nm) hinzugefügt werden, was mit einem schrittweisen Ausbau oder kritischen Markteinführungszeiten für digitale TV Applikationen kompatibel ist.

Die Standards wurden so definiert, dass GPON und XG-PON aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Wellenlängen für die beiden Lösungen auf derselben Glasfaser koexistieren können.

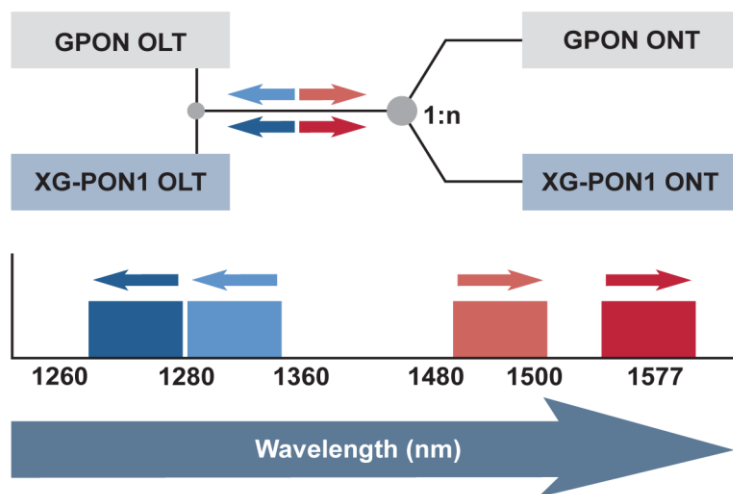


Abbildung 11: FSAN Ansatz für XG-PON

4.1.2 Aktive PON Ausrüstung

Die Standard PON Ausrüstung besteht aus einer optischen Terminaleinheit (OLT) und einer optischen Anschlusseinheit (ONU).

Die OLT wird üblicherweise im POP oder am Konzentrationspunkt installiert.

Die OLT Leitungskarten können bis zu 8.200 Teilnehmer pro Chassis verarbeiten (bei 64 Benutzern pro GPON Verbindung).

Je nach Lokation stehen verschiedene ONU Typen zur Auswahl:

- Inneneinsatz (I-Serie)
- Außeneinsatz (O-Serie)
- Unternehmensanwendungen (B-Serie)
- FTTB Anwendungen

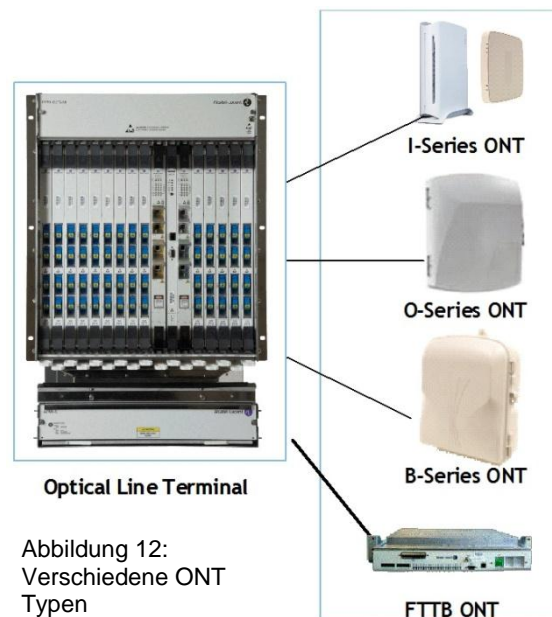


Abbildung 12:
Verschiedene ONT
Typen

Je nach Anwendung kann die ONU analoge Telefonverbindungen (POTS), Ethernet Verbindungen, HF Verbindungen für Video Overlay und, im Fall von FTTB, eine Anzahl von VDSL2 oder Ethernet Verbindungen bereitstellen.

In der IEEE Welt wird die Teilnehmerausrüstung immer als ONU bezeichnet. Im Kontext von GPON und X-GPON wurde jedoch vereinbart, dass die Bezeichnung ONU allgemein verwandt wird; ONT wurde nur zur Beschreibung eines ONU zur Unterstützung eines einzelnen Teilnehmers beibehalten. Aus diesem Grund ist der Begriff ONU allgemeinerer Natur und immer angemessen.

Nicht alle folgen dieser Definition und in anderen (nicht PON) Fällen wird ein beliebiges Gerät zur Terminierung des optischen Netzwerks als ONT bezeichnet. Dieses Dokument statuiert keine Präferenz, es werden beide Terminologien verwandt und sie sollten daher im weitesten Sinn interpretiert werden.

4.1.3 Bandbreitenmanagement

Die GPON, EPON, XG-PON und 10G-EPON Bandbreiten werden auf Basis von TDM (Time Division Multiplexing, Zeitmultiplex) Schemata zugewiesen. In der Downstream Richtung werden alle Daten an alle ONUs übertragen; die eintreffenden Daten werden dann auf Basis der Port ID gefiltert. In der Upstream Richtung kontrolliert die OLT den Upstream Kanal durch die Zuweisung unterschiedlicher Zeitschlitze an jede ONU. Die OLT stellt eine dynamische Bandbreitenzuweisung und Priorisierung zwischen den Services auf Basis eines MAC (Media Access Control) Protokolls bereit.

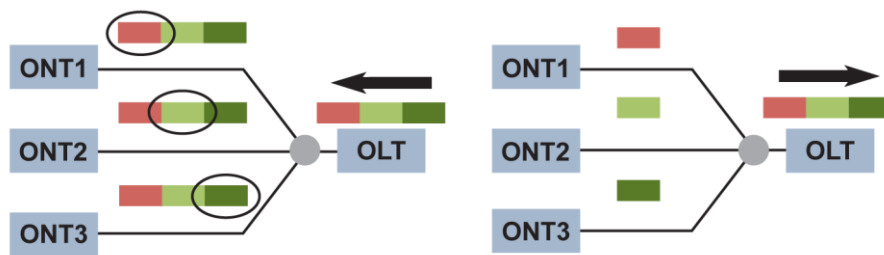


Abbildung 13: Bandbreitenmanagement in PON Systemen

4.2 Optimierung des PON Ausbaus

Beim Ausbau von PON Netzwerken arbeiten die passive und die aktive Infrastruktur zusammen. Es ist offensichtlich, dass die rechtzeitige Investition in die aktive Ausrüstung (überwiegend auf der Netzwerkseite) optimiert werden kann, sobald die Wahl der korrekten passiven Aufteilung vorgenommen wurde.

Mehrere Aspekte müssen bei dem Design des Netzwerks in Betracht gezogen werden:

- Optimale Nutzung der aktiven Ausrüstung – Gewährleistung einer minimalen (durchschnittlichen) Nutzungsrate pro PON Port von mehr als 50%
- Flexible Außenanlagen, die einfach auf gegenwärtige und zukünftige Teilnehmerverteilungen angepasst werden können
- Regulatorische Anforderungen für entbundelte Next-Generation Zugangsnetzwerke (Next Generation Access, NGA)
- Optimierung der Betriebskosten aufgrund von Eingriffen im Feld

Diese Betrachtungen münden in eine Anzahl von Designrichtlinien.

Die Positionierung der Splitter sollte optimiert werden, um die inhärenten Vorteile des PON Glasfaserverbrauchs zu nutzen. Die optimale Knotengröße typischer europäischer Stadtgebiete liegt irgendwo zwischen 500 bis 2.000 anschließbaren Häusern.

Die Knotengröße – also die Anzahl der anschließbaren Häuser, in denen die Splitter installiert werden – sollte unter der Annahme, dass eine einstufige Aufteilung (auch bekannt als zentralisiertes Splitting) genutzt wird, definiert werden. Zwischen den Verteilerkosten und dem Bedarf an zusätzlicher Glasfaser, wenn die Verteiler weiter oben im Netzwerk und näher am POP positioniert werden, existiert ein Mittelweg. Einer der kritischen Faktoren in diesem Optimierungsprozess involviert die Bevölkerungsdichte, die typischen Kosten variieren je nach Knotengröße wie folgt:

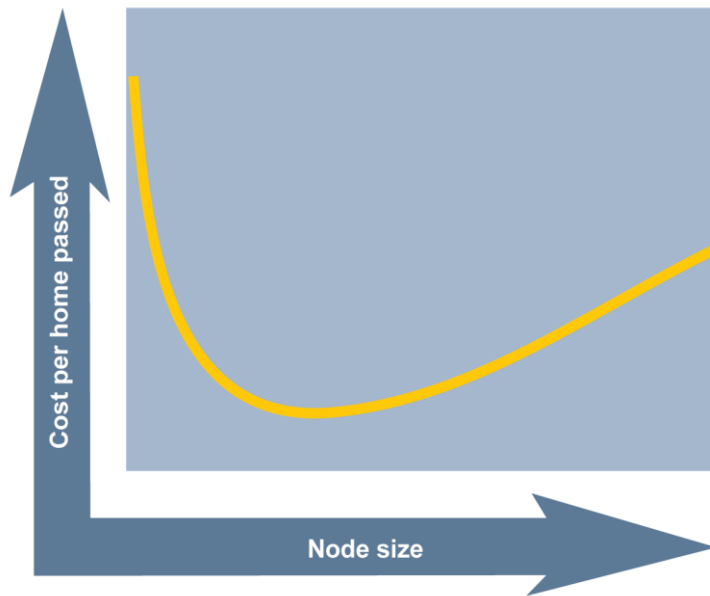


Abbildung 14: Optimierung der Knotengröße in einem PON mit einstufiger Aufteilung

Cost per...: Kosten pro anschließbarem Haus; Node size: Knotengröße

Städte bestehen aus vielen MDUs, von denen einige nur wenige Wohnungen und andere viele hundert Wohnungen umfassen können. Bei der Entwicklung des Netzwerks stellt dies einen wichtigen Faktor dar, wie beispielsweise die Frage, wieviele Splitter im Keller der Gebäude installiert werden müssen. In einigen Netzwerken wird eine zweistufige Aufteilungsstrategie verfolgt, die auch unter dem Begriff verteiltes Splitting bekannt ist. In diesen Fällen wird beispielsweise ein 1:8 Splitter im Gebäude und ein zweiter 1:8 Splitter auf Knotenebene installiert. In Gebieten mit einer Mischung aus MDUs und SFUs kann die optimale Knotengröße steigen (eine Glasfaser eines Gebäudes kann nun bis zu acht anschließbare Wohneinheiten repräsentieren). In manchen Fällen können sogar höhere Aufteilungsverhältnisse installiert werden, die auch unter dem Begriff Multi-Level Splitting bekannt sind.

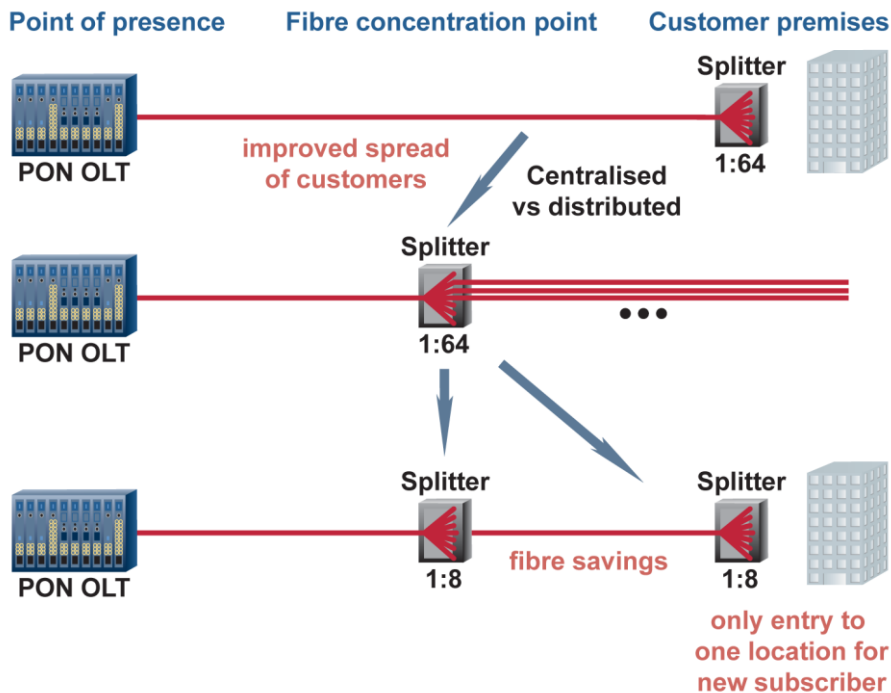


Abbildung 15: Zentralisierte und verteilte Aufteilung in einem PON

Customer premises: Kundenliegenschaften; Improved...: Verbesserte Kundenverteilung; Centralised...: Zentralisiert vs. Verteilt; Fibre savings: Glasfasereinsparungen; only entry...: Nur Zugang zu einer Lokation für neue Teilnehmer

Die dem Endkunden nächstgelegene Splitter-Lokation muss ein Glasfaser Flexibilitätspunkt (Fibre Flexibility Punkt, FFP) sein, um so eine gemeinsame Nutzung der Infrastruktur auf eine Technologie-agnostische Art und Weise durch die Entbündelung der Glasfaser zu ermöglichen; auf diese Weise hat jeder Service Provider den bestmöglichen Zugang zu jeder Teilnehmer-glasfaser.

Sollten mehrere Glasfasern pro Haushalt genutzt werden, könnten einige der Glasfasern dediziert einem Service Provider zugeordnet sein und aus diesem Grund nicht für eine Entbündelung zur Verfügung stehen (die dedizierten Glasfasern könnten gespleißt oder fest miteinander verbunden sein und nicht gesteckt).

Wird der Ausbau einer Punkt-zu-Punkt Außenanlage auf POP Ebene ausgeführt, wird ein PON Service Provider alle seine Splitter in dem POP installieren. Daraus resultiert eine geringere Nutzung von Zubringerglasfasern in der Außenanlage. Ein zusätzlicher Nachteil könnte die Lokation des POPs sein, der möglicherweise dichter an die Endverbraucher heranrückt (weniger anschließbare Häuser), da jedes Haus mit einer oder mehreren Glasfaser(n) an den POP angeschlossen ist. Der PON Service Provider kann sich sogar möglicherweise zur Aggregation einer Anzahl von Punkt-zu-Punkt POPs entscheiden, die aktive Ausrüstung (OLTs) nur in einem dieser POPs installieren und die anderen zu passiven (Splitter) POPs konvertieren.

4.3 Ethernet Punkt-zu-Punkt

Bei Ethernet Architekturen stehen zwei Lösungen zur Verfügung: eine Lösung beinhaltet pro Teilnehmer eine dedizierte Glasfaser zwischen dem im POP befindlichen Ethernet Switch und dem Haus; die andere Lösung beinhaltet eine Glasfaser zu einem Aggregierungspunkt und von dort aus eine weitere dedizierte Glasfaser. Die Implementierung der ersten Option ist einfach und geradeaus während die zweite Option die Glasfasernutzung im Zugang limitiert und eher häufiger denn selten in FTTB Lösungen zum Einsatz kommt.

4.3.1 Ethernet Punkt-zu-Punkt Lösungen

Vom Standpunkt der Erdarbeiten aus betrachtet, können die Topologien der Kabelanlagen eines Punkt-zu-Punkt Ausbaus mit denen eines PON identisch aussehen. Die Anzahl der Glasfasern / Kabel zwischen dem POP und dem FFP wird bei einem PON Ausbau jedoch signifikant geringer sein.

Vom POP aus werden individuelle Teilnehmer Zubringerglasfasern an einem Verteilerpunkt im Feld angeschlossen. Dies ist häufig der Glasfaser Flexibilitätspunkt, der sich entweder in einem Untergrundgehäuse oder in einem Straßenverteiler befindet. Von diesem Verteilungspunkt aus werden die Glasfasern dann mit den Häusern verbunden.

Eine große Anzahl von Zubringerglasfasern stellen aus Sicht der Erdarbeiten kein wesentliches Problem dar. Da die Dichten der Glasfasern im Zubringerbereich und im Endbereich jedoch sehr unterschiedlich sind, ist der Einsatz einer Anzahl unterschiedlicher Verkabelungstechniken in den beiden Teilen des Netzwerks wahrscheinlich.

Vorhandene Rohrsysteme können den Ausbau ebenso vereinfachen wie auch Wegerecht-Systeme wie Kanäle oder Tunnel.

Glasfasern werden im POP auf einem optischen Verteilerfeld (Optical Distribution Frame, ODF) terminiert. Dies ist eine flexible Glasfasermanagementlösung, die die Verbindung eines Teilnehmers zu einem beliebigen Port der im POP aufgestellten Switches ermöglicht.

Aufgrund der großen Anzahl der Glasfasern im POP und den reduzierten Platzverhältnissen muss die Glasfaserdichte sehr hoch sein. Abbildung 16 zeigt ein Beispiel eines hochdichten ODFs, der in einem einzigen Gestell mehr als 2.300 Glasfasern terminieren und verbinden kann. Aus Gründen der Verdeutlichung ist der ODF direkt neben dem Gestell mit der aktiven Ausrüstung platziert worden. Dieses Gestell kann 1.152 Glasfasern auf individuellen Ports terminieren.



Abbildung 16: Hochdichtes Glasfasermanagement

Die Akzeptanzraten in FTTH Projekten benötigen Zeit zu wachsen und verbleiben üblicherweise unter 100%. Das Glasfasermanagement erlaubt einen Anstieg der Anzahl aktiver Ports entlang der Aktivierung der Teilnehmer, wodurch die Anzahl ungenutzter aktiver Netzelemente im POP minimiert wird.

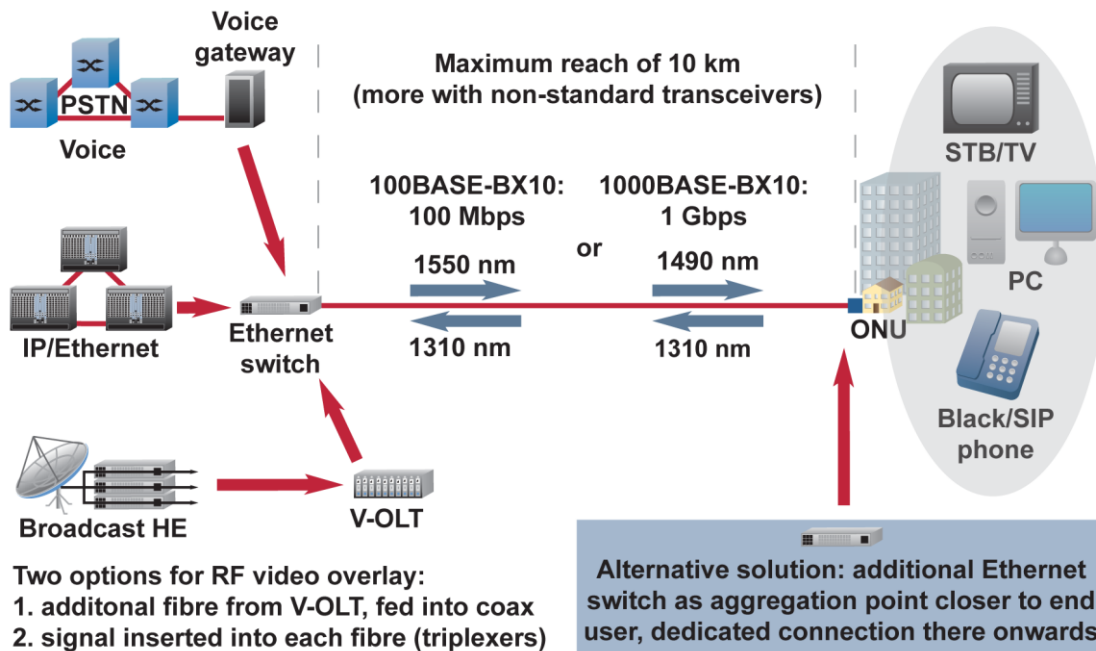


Abbildung 17: Ethernet Netzwerkdiagramm

Two options...: Zwei Optionen für das HF Video Overlay. 1. Zusätzliche Glasfaser vom V-OLT, in Koax eingespeist, 2. Signal in jede Glasfaser eingespeist (Triplexer); Alternative solution : Alternative Lösung: zusätzlicher Ethernet Switch als Aggregierungspunkt näher zum Endanwender, von dort weiter mit dedizierter Verbindung

4.3.2 Übertragungstechnologien

In Erkenntnis der Notwendigkeit von Ethernet in Zugangsnetzwerken wurde die IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM) Arbeitsgruppe im Jahr 2001 gegründet. Die Gruppe generierte neben der Entwicklung der Standards für Ethernet über Kupfer und EPON zwei Standards für Fast Ethernet und Gigabit Ethernet über Multimode Glasfaser.

Der EFM Standard wurde im Jahr 2004 unterzeichnet und veröffentlicht, im Jahr 2005 wurde er auch Bestandteil des grundlegenden IEEE 802.3 Standards.

Die Spezifikationen der Übertragung über singlemode Glasfaser werden als 100Base-BX10 für Fast Ethernet und 1000Base-BX10 für Gigabit Ethernet bezeichnet. Beide Spezifikationen sind für eine nominelle maximale Reichweite von 10 km definiert.

Zur Trennung der beiden Richtungen auf derselben Glasfaser wird Wellenlängenmultiplexing verwendet. Für jede Bitratenklasse sind zwei Transceiver-Spezifikationen definiert; eine für den Upstream (vom Teilnehmer zum POP) und eine für den Downstream (vom POP zum Teilnehmer). Die Tabelle führt die grundlegenden optischen Parameter für diese Spezifikationen auf:

	100Base-BX10-D	100Base-BX10-U	1000Base-BX10-D	1000Base-BX10-U
Übertragungsrichtung	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
Nominelle Übertragungswellenlänge	1550 nm	1310 nm	1490 nm	1310 nm
Minimale Reichweite	0,5 m to 10 km			
Minimale Kanal-Einfügungsdämpfung	5,5 dB	6,0 dB	5,5 dB	6,0 dB

Für unübliche Situationen offeriert der Markt optische Transceiver mit nicht-standardisierten Eigenschaften; einige können beispielsweise deutlich größere Distanzen überbrücken und sind daher für den Einsatz in ländlichen Gebieten geeignet.

Da die nominelle Wellenlänge von 100BASE-BX-D (1550nm) mit der Standardwellenlänge des Video Overlays in PON System identisch ist, existieren Transceiver mit einer Übertragungswellenlänge von 1490 nm. Dies erlaubt die Verwendung handelsüblicher Video Übertragungssysteme zur Einfügung eines zusätzlichen Signals für die Übertragung des HF Video Overlays auf derselben Glasfaser bei 1550 nm.

4.3.3 HF-basierende Videolösungen

Die Funktionen IP-basierender Videolösungen sind denen einfacher Broadcast Funktionen überlegen und wurden daher zu einem unverzichtbaren Bestandteil jedes Triple-Play Angebots. Häufig werden HF Video Broadcast Overlays zur Unterstützung existierender TV Empfänger in den Teilnehmerhaushalten benötigt. PON Architekturen bewirken dies üblicherweise durch die Bereitstellung eines mit Kabel TV Lösungen kompatiblen HF Videosignals über eine zusätzliche Wellenlänge bei 1550 nm. Punkt-zu-Punkt Glasfaserinstallationen bieten zwei unterschiedliche Ansätze, je nach Art der individuellen Glasfaserinstallation.

Der erste Ansatz involviert eine zusätzliche Glasfaser pro Teilnehmer, die in einer Baumstruktur ausgebaut wird und das HF Videosignal überträgt, das anschließend in das gebäudeinterne koaxiale Verteilernetzwerk eingespeist wird. Bei dieser Option überschreitet der Aufteilungsfaktor (z.B. ≥ 128) den typischerweise von PON genutzten Aufteilungsfaktor, um die Anzahl zusätzlicher Zubringerglasfasern zu minimieren.

In dem zweiten Ansatz wird ein 1550 nm Videosignal in jede Punkt-zu-Punkt Glasfaser eingespeist. Das von einer dedizierten Wellenlänge vom Video OLT übertragene HF Videosignal wird zuerst von einem optischen Splitter in multiple identische Datenströme aufgeteilt und anschließend durch Triplexer in die Punkt-zu-Punkt Glasfasern eingespeist. Die Wellenlängen werden am Teilnehmerende separiert und das 1550 nm Signal in ein HF Signal für die Koax Verteilung konvertiert, dabei bleibt das 1490 nm Signal an einem Ethernet Port betriebsbereit.

In beiden Fällen bestehen die CPE/ONU Geräte aus zwei unterschiedlichen Teilen:

- Einen Medienkonverter, der das 1550 nm HF Signal in ein elektrisches Signal konvertiert und an eine elektrische koaxiale Schnittstelle übergibt
- Eine optische Ethernet Schnittstelle zu einem Ethernet Switch oder Router

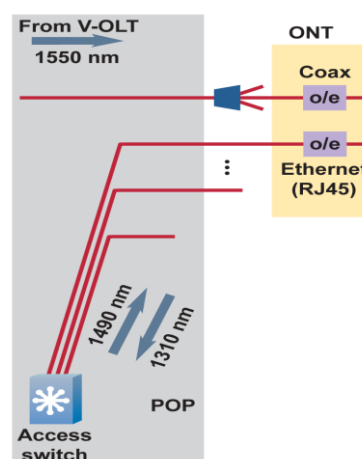


Abbildung 18: HF Video Overlay bei Verwendung einer zweiten Glasfaser, Einsatz in einer Baumstruktur.

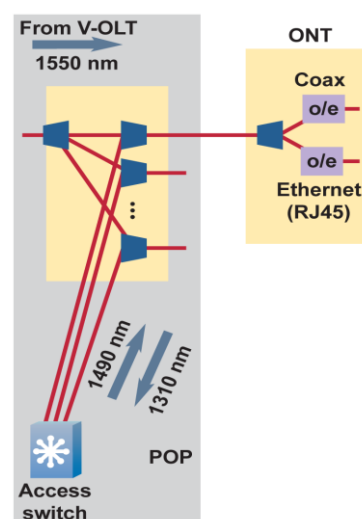


Abbildung 19: Einspeisung des HF Videosignals in Punkt-zu-Punkt Glasfasern

Im Fall einer einzelnen Glasfaser werden die Signale von einem in die CPE eingebauten Triplexer separiert, wogegen im Fall der Doppelglasfaser bereits individuelle optische Schnittstellen für jede Glasfaser vorhanden sind.

4.4 Teilnehmerrüstung

In den frühen Tagen des Breitbandzugangs wurde die Internetkonnektivität für PCs durch einfache, kostengünstige Datenmodems bereitgestellt. Darauf folgten Router und drahtlose Konnektivität (Wi-Fi). Heute stellt die Ausbreitung digitaler Geräte im Haus, einschließlich (aber nicht ausschließlich) Computern, digitalen Kameras, DVD Playern, Spielkonsolen und PDAs, höhere Anforderungen an die Ausstattung des Heimanwenders. Das "digitale Haus" ist da.

In einer Hausumgebung existieren zwei unterschiedliche Optionen: die optische Netzwerkterminierung (ONT) zur Terminierung der Glasfaser; und die Teilnehmerrüstung (Customer Premise Equipment, CPE), die die erforderliche Netzwerk- und Service Unterstützung bereitstellt. Diese Optionen können je nach Demarkationspunkt zwischen Service Provider und Endanwender integriert oder auch getrennt auftreten.

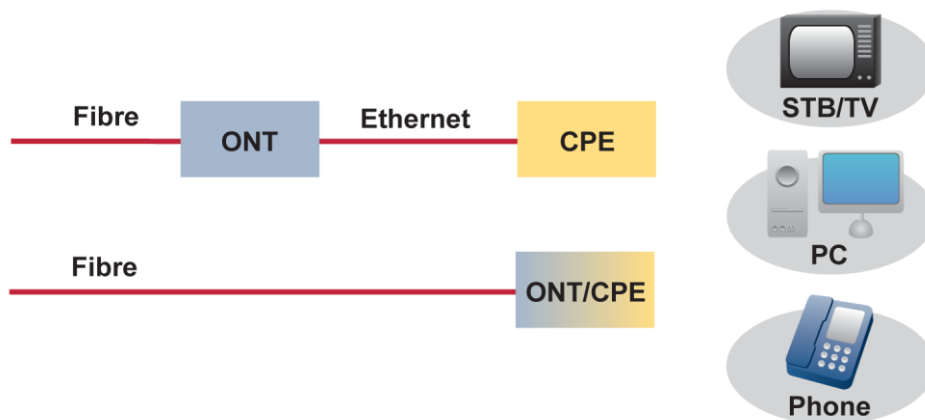


Abbildung 20: Mögliche Konfiguration von ONT und CPE

Mit der Entwicklung fortschrittlicher Technologien und Geräte erwuchs das Konzept eines Residential Gateway (RG). Die CPE vereinigt einen großen Bereich von Netzwerkfunktionen einschließlich Optionen und Services wie die optische Netzwerkterminierung, das Routing, Wireless LAN (Wi-Fi), Network Address Translation (NAT), Sicherheit und Firewall. Sie beinhaltet die für die Unterstützung von VoIP und IPTV Services erforderlichen Funktionen sowie Quality of Service Anforderungen.

Beim Einsatz von CPEs können Service Provider unter zwei Szenarien auswählen:

- CPE als Demarkation zum Teilnehmer. Die CPE wird ein integraler Bestandteil des Produktbereichs des Service Providers, sie terminiert die ankommende Verbindung und stellt die Services für den Teilnehmer bereit. Der Service Provider besitzt und wartet die CPE und kontrolliert dadurch eine Ende-zu-Ende Servicebereitstellung, die die Terminierung (ONT) und die Integrität der Übertragung sowie die Bereitstellung des Service umfasst. Der Teilnehmer verbindet sein Heimnetzwerk und seine Geräte direkt mit den Teilnehmer-seitigen Schnittstellen der CPE.

- Die Netzwerkschnittstelle als Demarkationslinie zwischen Teilnehmer und Service Provider, der die ONT bereitstellt. Deren Ethernet Ports stellen die Demarkationslinie zum Teilnehmer dar, der sein Heimnetzwerk oder Service-spezifische Geräte (Sprachadapter, Video Set-Top Box etc.) an die ONT anschließt.

Eine häufig auftretende Situation mit diesem Szenario ist das Open Access Netzwerk mit unterschiedlichen Service Providern für Konnektivität und Services. Der Konnektivitäts-Provider ist für den Zugang und die Terminierung der Glasfaser verantwortlich, jedoch nicht für die Bereitstellung / Terminierung der Services wie Sprache (Telefonie) oder Video. Die Service-spezifischen CPEs werden von den entsprechenden Service Providern bereitgestellt. Die Geräte können entweder direkt an den Teilnehmer zur Selbstmontage oder über den Einzelhandel geliefert werden.

Zur Hilfestellung bei Bedenken bezüglich der Haus- und Geräteverwaltung generierte das Broadband Forum (früher DSL Forum) den TR-069 Management Schnittstellenstandard, der heute auf den meisten modernen residentielle Gateways verfügbar ist.

Eine standardisierte und offene Heimkonnektivität ermöglicht eine neue Wettbewerbslandschaft, in der Netzwerkbetreiber, Internet Service Provider, IT-Lieferanten und Lieferanten von Consumer-Elektronik um den größten Teilnehmeranteil konkurrieren.

4.5 Zukünftige Technologieentwicklung

4.5.1 Residentielle Bandbreitentrends

Die Bandbreite von Zugang und Backbone wird voraussichtlich weiterhin exponentiell ansteigen, was einen unaufhaltsamen Anstieg der globalen durchschnittlichen und der Spitzenbandbreite bedeutet. Die Anforderungen an die Bitrate im Zugang wird 100 Mbit/s bald übersteigen.

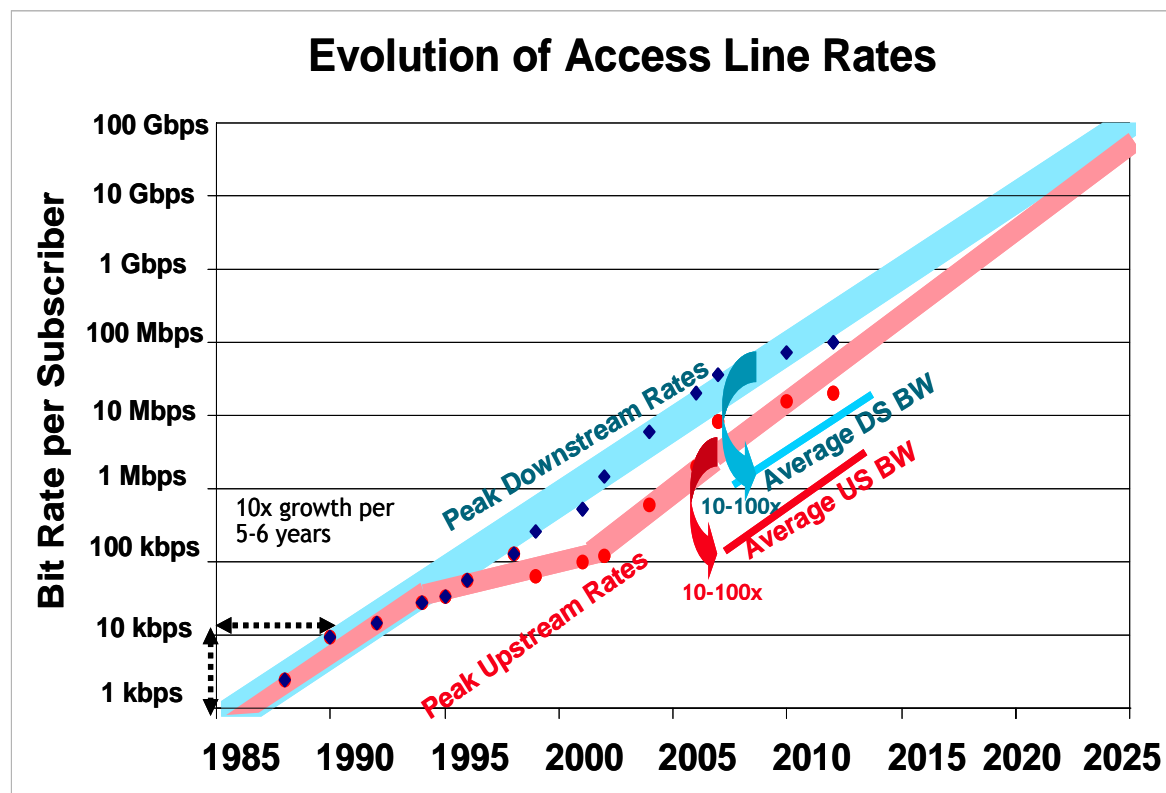


Abbildung 21: Evolution der Datenraten im Zugang

4.5.2 Passive optische Netzwerke

4.5.2.1 Über die ITU Standards

Das optische Budget von 28 dB bei der GPON Technologie unter Verwendung von Klasse B+ Optiken ermöglicht eine Reichweite von 30 km bei einer Begrenzung des Aufteilungsfaktors auf 1:16. Die neuen Klasse C+ Optiken erhöhen das Link Budget um weitere 4 dB und bieten dadurch entweder höhere Aufteilungsverhältnisse oder mehr Reichweite. GPON Extender erhöhen die Reichweite weiter auf 60 km oder 128 Endanwender.

Auch wenn GPON für die kommenden Jahre voraussichtlich hinreichend Bandbreite bieten wird, ist der XG-PON Standard bereits da. Das Ergebnis ist, dass die Grenze noch nicht erreicht wurde und PON Parameter zu höheren Werten getrieben werden.

XG-PON ist eine natürliche Weiterentwicklung in der Evolution der PON Technologien mit einer Vervierfachung der Bandbreite auf 10 Gbit/s und einer Erhöhung der Reichweite von 20 km auf 60 km sowie einem von 64 auf 128 gesteigerten Aufteilungsverhältnis. Es sollte erwähnt werden, dass die maximalen Aufteilungsraten und die maximale Reichweite nicht gleichzeitig zu erzielen sind. Viel wichtiger ist, dass diese evolutionären Technologien keine signifikante Aufrüstungen der existierenden Außenanlagen erfordern.

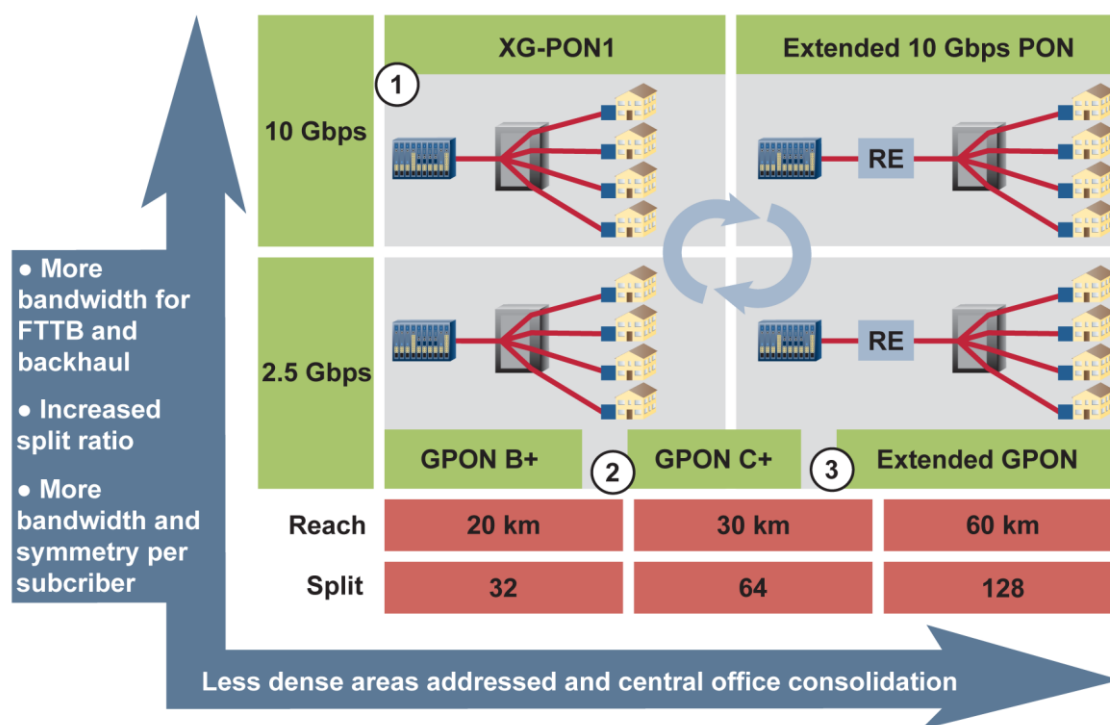


Abbildung 22: Evolution der ITU PON Standards

More bandwidth for...: Mehr Bandbreite für FTTB und Backhaul; Increased...: Erhöhtes Aufteilungsverhältnis; More Bandwidth and...: Mehr Bandbreite und Symmetrie pro Teilnehmer; Extended GPON: Erweitertes GPON; Less dense...: Adressierung weniger dicht bewohnter Gebiete und Konsolidierung der Vermittlungsstellen

...

4.5.2.2 Über die IEEE Standards

Der 10G-EPON (10 Gigabit Ethernet PON) Standard wurde im September 2009 unter der Bezeichnung 802.3av ratifiziert. Dieser neueste Standard bietet symmetrische 10 Gbit/s und ist rückwärtskompatibel zu 802.3ah EPON. 10G-EPON verwendet separate Wellenlängen für den 10 Gbit/s und 1 Gbit/s Downstream und wird weiterhin eine einzelne Wellenlänge für den 10 Gbit/s und 1 Gbit/s Upstream mit TDMA Trennung der Teilnehmerdaten verwenden. Die 802.3av Task Force hat ihre Arbeit beendet, 802.3av ist nun Teil des IEEE 802.3 Standard Sets.

4.5.3 Next Generation PON Technologien

Der Schritt nach XG-PON könnte die Erhöhung der Leitungsgeschwindigkeit der Glasfaser auf 40 oder sogar 100 Gbit/s beinhalten.

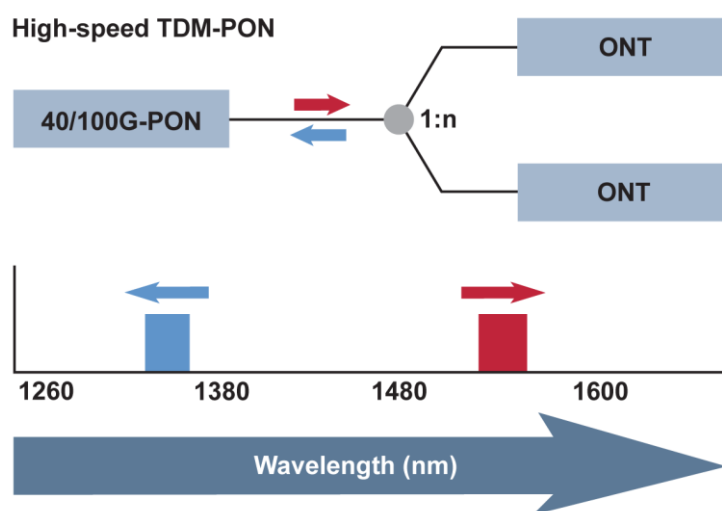


Abbildung 23: Wellenlängenplan für TDM-PON

Eine bereits in frühen Situationen beobachtete Alternative ist die Verwendung von Wellenlängenmultiplex (WDM) Techniken zur Übertragung multipler Wellenlängen über dieselbe Glasfaser. WDM-PONs versprechen das Beste aus zwei Welten – ein physikalisches PON Netzwerk (gemeinsame Nutzung von Zubringerglasfasern) mit logischer Punkt-zu-Punkt Verbindung (eine Wellenlänge pro Benutzer).

Diese Architektur bietet eine dedizierte und transparente Konnektivität auf Basis einer Wellenlänge pro Teilnehmer. Das Ergebnis sind sehr hohe, nicht verstopfte Bitraten für jeden angeschlossenen Teilnehmer mit derselben inhärenten Sicherheit wie eine dedizierte Glasfaser. Diese Architekturen verwenden für die Zuordnung jeder Wellenlänge von der Zubringerglasfaser auf die dedizierte Anschlussglasfaser Wellenlängenfilter anstelle von Splittern im Feld. Daraus ergibt sich ein logischer Aufrüstungspfad von aktuellen TDM-PON Netzwerken zu WDM-PON auf der Ebene der physikalischen Infrastruktur.

Die wesentliche Herausforderung für WDM-PON ist die Bereitstellung getrennter Upstream Wellenlängen bei einem einzigen ONU Typ. Kommunikations-Provider betrachten die Existenz unterschiedlicher ONU pro Wellenlänge als nicht handhabbar und abstimmbare Laser sind bisher nicht erschwinglich. Die für WDM-PON erforderlichen Technologien sind heute verfügbar, es ist jedoch eine Kostenreduzierung erforderlich, falls diese Technologien für den Masseneinsatz tauglich werden sollen.

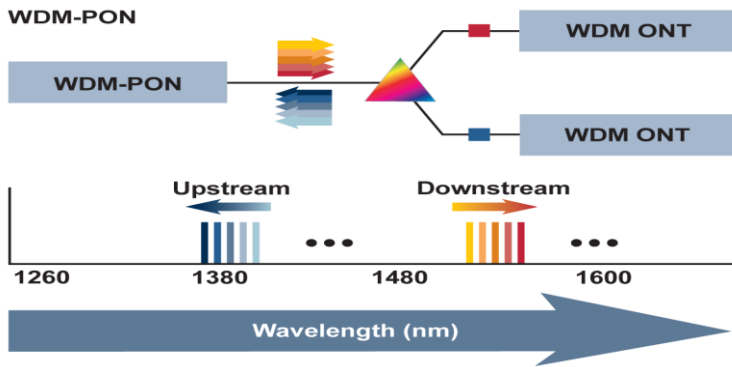


Abbildung 24: Wellenlängenplan für WDM-PON

Eine dritte Möglichkeit besteht in der Stapelung mehrerer TDM-PON Signale auf einer Glasfaser, typischerweise einer Kombination aus vier XG-PON Systemen mit jeweils 10 Gbit/s. Dies wird auch als hybrides TDM-WDM-PON bezeichnet.

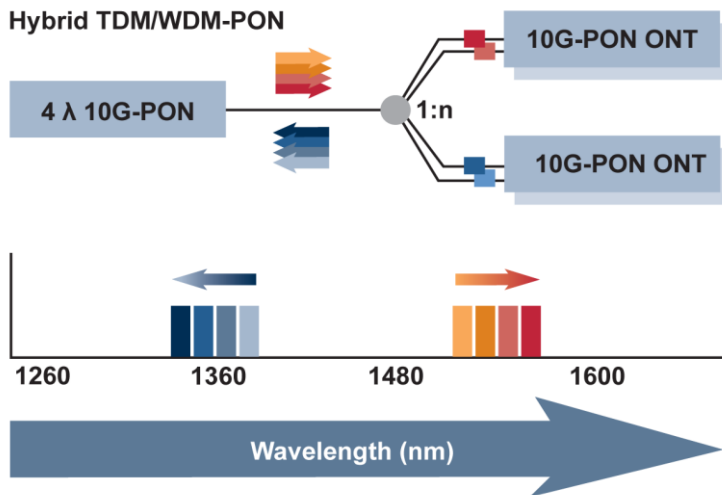


Abbildung 25: Wellenlängenplan für hybrides TDM-WDM-PON

5 Gemeinsame Infrastrukturnutzung

Aufgrund der hohen Kosten des FTTH Ausbaus wurde das Zusammenspiel von Glasfaser und Infrastrukturnetzwerken von den interessierten Parteien heiß diskutiert. Auch die Regulierungsbehörden beobachten die Aktivitäten in diesem Bereich genau mit dem Ziel einer Wettbewerbssituation zur Vermeidung von Monopolen.

Heutzutage gibt es viele "geschichtete" FTTH Geschäftsmodelle im Markt; diese haben den Weg für die Beteiligung unkonventioneller Telekombetreiber in diesem Bereich geebnet. Dazu gehören Energieversorger, Kommunen, Immobilienunternehmen, Regierungen etc.; sie alle wollen den optimalen Weg finden, den Glasfaseranschluss in die Wohneinheiten zu bringen.

Weitere detaillierte Informationen zu diesem Thema entnehmen Sie bitte dem *FTTH Business Guide* über die Webseite des FTTH Council Europe.

5.1 Geschäftsmodelle

Nachstehend aufgeführt sind vier Geschäftsmodelle, die heute im Markt betrieben werden:

1. **Vertikal integriert** – ein Hauptbetreiber, beispielsweise der Eigentümer der Infrastruktur, Netzbetreiber, Service Provider und auch Content Anbieter mit passiven, aktiven und Service Ebenen, stellt Services direkt für den Teilnehmer bereit. Die Daten werden über ihre eigenen Netzwerke versandt, andere Kommunikationsbetreiber können mit der passiven Infrastruktur arbeiten (ausschließlich oder als Wholesale).
2. **Passive gemeinsame Nutzung** – gewährt dem Eigentümer der Infrastruktur den passiven Zugang zu der passiven Infrastruktur und ermöglicht jedem die Bereitstellung von aktiven und Service Ebenen für den Teilnehmer.
3. **Aktive gemeinsame Nutzung** – gewährt den Zugang zu anderen Service Providern, die für die Wartung der Teilnehmerbasis verantwortlich sind.
4. **Vollständig getrennt** – einige Länder betreiben ein vollständig getrenntes Modell mit einem Eigentümer der Infrastruktur, einem Netzbetreiber und einer Anzahl von Service Providern.

5.2 Gemeinsame Infrastrukturnutzung

Jedes dieser Modelle setzt eine gemeinsame Nutzung der Infrastruktur voraus. Es gibt vier Arten der gemeinsamen Nutzung der Infrastruktur, diese reichen von den passiven bis zu den aktiven Komponenten des Netzwerks:

1. **Rohre** – mehrere Retail oder Wholesale Service Provider können das Rohrnetzwerk innerhalb des Hauptgebietes gemeinsam nutzen, indem Sie Glasfaserkabel verlegen oder einblasen. Dabei konkurrieren Sie untereinander mit den verfügbaren Services.
2. **Glasfaser** – mehrere Retail oder Wholesale Service Provider können das FTTH Netzwerk nutzen, indem sie sich mit der Schnittstelle der physikalische Ebene ("unbeleuchtete" Glasfaser) verbinden. Dabei konkurrieren Sie untereinander mit den verfügbaren Services.

Der Glasfaserzugang kann an unterschiedlichen Punkten des Netzwerks gewährt werden: an der Vermittlungsstelle oder dem POP oder an einigen Punkten zwischen dem Gebäude und der Vermittlungsstelle oder im Kellergeschoß einer MDU.

Dieser Punkt ist als Glasfaser Flexibilitätspunkt (FFP) bekannt und stellt denjenigen Punkt der Lokation dar, an dem verschiedene Service Provider Zugang zu den Teilnehmern erhalten.

Ein PON Service Provider kann an diesen FFPs Splitter installieren und den Backhaul Datenverkehr zum POP über eine reduzierte Anzahl von Zubringerglasfasern betreiben.

Ein P2P Service Provider kann an diesen(m) FFP(s) entweder (einen) Ethernet Switch(e) installieren und den Backhaul Datenverkehr zum POP über eine reduzierte Anzahl von Zubringerglasfasern betreiben, oder alternativ einen Crossconnect installieren und seine Teilnehmer mittels einer Anzahl von Glasfasern, die der Anzahl der Betreiber entsprechen, an den POP anbinden.

3. **Wellenlänge** – mehrere Retail oder Wholesale Service Provider nutzen das FTTH Netzwerk, indem sie sich über ein Wellenlängen Multiplex System verbinden. Dabei konkurrieren Sie untereinander mit den verfügbaren Services.
4. **Paket** – mehrere Retail Service Provider nutzen das FTTH Netzwerk, indem sie sich mit einer Packet Layer Schnittstelle verbinden. Dabei konkurrieren Sie untereinander mit den verfügbaren Services.

6 Infrastruktur Netzwerkelemente

Außerhalb des Zugangsknotens in Richtung des Teilnehmers sind die Schlüsselemente der FTTH Infrastruktur:

Infrastruktur Elemente	Typische äußere Form
Zugangsknoten oder POP	Anschlussraum des Gebäudes oder separates Gebäude
Zubringerkabel	Großformatige optische Kabel und unterstützende Infrastruktur, z.B. Rohre oder Maste
Primärer Glasfaser Konzentrationspunkt (Fibre Concentration Point, FCP)	Leicht zugängliche erdverlegte oder Mast-montierte Kabelmuffe oder externes Glasfasergehäuse (passiv, keine aktive Ausrüstung) mit großer Glasfaser Verteilungskapazität
Kabelverteilung	Mittelgroße optische Kabel und unterstützende Infrastruktur, z. B. Rohre oder Maste
Sekundärer Glasfaser Konzentrationspunkt (FCP)	Kleine, leicht zugängliche erdverlegte oder Mast-montierte Kabelmuffe oder externer Gehäuseschrank (passiv, keine aktive Ausrüstung) mit mittlerer/ niedriger Glasfaserkapazität und großer Endkabelkapazität
Endkabel	Kabel mit geringer Anzahl von Glasfaserkabeln oder eingblasene Glasfasern / Rohre oder Röhrchen für die Anbindung der Teilnehmerliegenschaften
Interne Verkabelung	Umfasst die Geräte zum externen Glasfaseranschluss an Gebäude, die interne Glasfaserverkabelung und die Terminierungseinheit der Glasfaser, die Bestandteil der ONU sein kann.

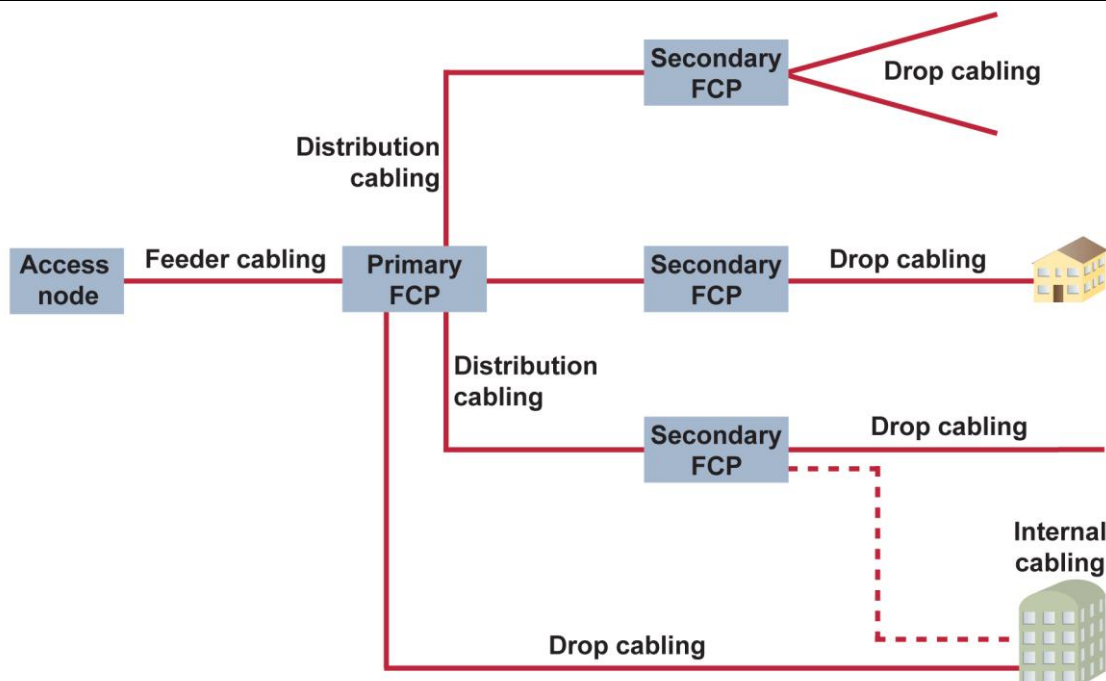


Abbildung 26: Hauptelemente einer FTTH Netzwerk Infrastruktur

Access node: Zugangsknoten; Distribution...: Verteilungsverkabelung; Drop cabling: Endkabel

Die Auswahl einer passiven Infrastruktur für den flexiblen Einsatz in einer Anzahl verschiedener Netzwerkarchitekturen ist ratsam, sollte diese Anforderung in der Zukunft entstehen. Weiterhin ist es notwendig, bei der Anzahl der Glasfasern der Zubringerkabel eine Modularität zu bedenken.

Für unterirdische Netzwerke werden entsprechend große Rohre benötigt, um dem erforderlichen Kabeldesign zu entsprechen; im Sinne des Netzwerkwachstums sowie der Wartung sollte über zusätzliche Rohre nachgedacht werden. Werden kleinere Rohre oder starre Teilrohre genutzt, wird die Zugangskapazität durch die Verwendung mehrerer kleiner Kabel bereitgestellt, beispielsweise 48 bis 72 Glasfasern (\varnothing 6,0 mm) oder bis zu 216 Glasfasern (\varnothing 8,4 mm). Bei Verwendung flexibler Geweberohre sind keine kleineren Kabel erforderlich. Ein flexibles Teilrohr (siehe auch Kapitel 8 Punkt 8.1.1) nimmt nur den Platz der Kabel ein, daher kann ein dickeres und/oder mehr Kabel installiert werden, was den Füllstand bzw. die Kapazität eines Rohres maximiert. So erlaubt ein typisches 40 mm ID HDPE Rohr mit flexiblen Teilrohren beispielsweise die Installation von 3x 16 mm Kabeln/ 5x 12 mm Kabeln/ 10x 8,4 mm Kabeln, 18x 6 mm Kabeln.

Für die Verlegung von Luftpfeiln werden Maststrukturen mit ausreichender Kabelkapazität benötigt. Bestehende Infrastrukturen können zwecks Ausbalancieren der Kosten mit einbezogen werden.

6.3 Betrachtung des primären Glasfaser Konzentrationspunkts

Die Zubringerverkabelung muss schließlich in kleinere Verteilerkabel konvertiert werden. Dies geschieht am ersten Flexibilitätspunkt innerhalb des FTTH Netzwerks und ist allgemein als erster Konzentrationspunkt (FCP) bekannt. In diesem Stadium werden die Glasfasern der Zubringerkabel separiert und für das weitere Routen über ausgehende Verteilerkabel in kleinere Gruppen gespleißt.

Anmerkung: alle Glasfaser-Terminierungspunkte innerhalb des FTTH Netzwerks sollten in Bezug auf die Bereitstellung der Glasfaser-Routingoptionen als Flexibilitätspunkte angesehen werden. Der Begriff FCP wird im Handbook als allgemeiner Begriff für alle diese Punkte genutzt und als "primärer" oder "sekundärer" klassifiziert, je nach seiner Position innerhalb des Netzwerks.

Idealerweise sollte der primäre FCP so nah am Teilnehmer wie möglich positioniert sein, dies reduziert die Länge der nachfolgenden Zubringerkabel und minimiert somit die zusätzlichen Baukosten. Grundsätzlich wird die Lokation des ersten FCP von anderen Faktoren festgelegt, wie beispielsweise der Lokation der Rohre und der Zugangspunkte.

Die FCP Einheit kann die Form einer erdverlegten oder einer Mast-montierten Kabelverbindungsmuffe einnehmen, die zur Aufnahme einer relativ großen Anzahl von Glasfasern und Verbindungsspleißen entwickelt wurde. Alternativ kann ein Straßenverteiler genutzt werden. In beiden Fällen ist für die Konfiguration oder Rekonfiguration von Glasfasern oder zur Durchführung von Wartung und Glasfasertests ein Zugang und ein Zweitzugang in den FCP erforderlich. Wo möglich sollte diese Aktivität ohne Störung der existierenden Glasfaserverbindungen durchgeführt werden. Auch wenn eine solche Garantie nicht gegeben werden kann, sind nun neuere vorkonfektionierte Plug-and-Play Lösungen verfügbar, die die Notwendigkeit eines Zugriffs auf die Gehäuse eliminieren und auf diese Weise Fehler und Installationsprobleme reduzieren.

Erdverlegte und Mast-montierte Kabelverbindungsmuffen sind relativ sicher und nicht sichtbar, der sofortige Zugang kann jedoch aufgrund der hierfür benötigten speziellen Ausrüstung erschwert sein. Bei FCPs in Straßenverteilern sollte die Sicherheit und der Schutz vor Vandalismus bedacht werden.

6.4 Verteilungsverkabelung

Verteilerkabel, die den FCP mit dem Teilnehmer verbinden, überschreiten gewöhnlich Distanzen von 1 km nicht. Die Kabel werden zur Versorgung einer spezifischen Anzahl von Gebäuden oder eines definierten Gebiets eine mittelgroße Anzahl von Glasfasern haben.

Die Kabel können in Rohren verlegt, direkt eingegraben oder über Mikro-Rohre gebündelt sein. Das Letztere ermöglicht es, weitere Kabel auf einer "grow as you go" Basis hinzuzufügen.

In größeren MDUs stellen die Verteilerkabel die Übergabe an das Gebäude dar und konvertieren als Abschluss der Glasfaserverbindung zur internen Verkabelung.

Bei luftverkabelten Netzwerken ist die Situation mit der für Zubringerkabel vergleichbar.

Verteilerkabel sind dünner als Zubringerkabel und weisen zwischen 48 und 216 Glasfasern auf.

Hohlader Kabel können durch Einblasen oder Einziehen in konventionelle Rohre oder Unterrohre installiert werden, direkt eingegraben oder an Masten befestigt werden.

Die Art der Rohrverlegung kann variieren. Bei einer Installation auf der grünen Wiese (Installation neuer Rohre) kann der Rohrdurchmesser zwischen Standard 40 mm Innendurchmesser HDPE und Mikro-Rohren variieren. In existierenden Rohr-Infrastrukturen können alle Arten von Rohren mit starren oder flexiblen Unterrohren eingesetzt werden (PVC, HDPE, Beton).

In Mikro-Rohre installierte Kabel können über eine Distanz von mehr als 1 km eingeblasen werden. Mikro-Rohre, beispielsweise flexible Teilrohre, stellen eine Möglichkeit zur Verschiebung des Kabelausbaus dar.



Abbildung 30: Hochpaarige Glasfaserkabel

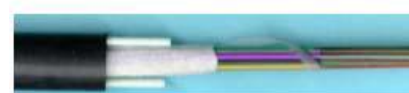


Abbildung 31: Modulares Kabel im Rohrsystem



Abbildung 32: Erdkabel mit Mikrokabeln

6.5 Sekundärer Glasfaser Konzentrationspunkt

In einigen Fällen müssen die Glasfasern möglicherweise innerhalb des Netzwerks separiert werden, bevor diese mit dem Teilnehmer verbunden werden können. Wie im Falle des primären FCP erfordert dieser sekundäre Punkt Flexibilität, um eine schnelle Verbindung und Rekonfiguration der Glasfaseranbindung zu ermöglichen. Dieser Punkt wird als sekundärer FCP bezeichnet.

Am sekundären FCP werden die Verteilerkabel in die individuellen Glasfasern oder Glasfaserpaare (Circuits) der Endkabel gespleißt. Der sekundäre FCP ist an einem optimalen oder strategischen Punkt im Netzwerk positioniert und ermöglicht es, dass das Endkabel so nah wie möglich an der Mehrzahl der Teilnehmer aufgesplittet werden kann. Die Lokation des sekundären FCP wird von Faktoren wie der Position der Kanäle, Röhren und Zugangspunkte sowie, im Falle von PON, der Lokation der Splitter bestimmt.

Der sekundäre FCP ist üblicherweise eine erdverlegte oder Mast-montierte Kabelverbindungsmuffe für eine relativ geringe Anzahl von Glasfasern und Spleißen. Alternativ kann eine kleine Straßensockelstruktur genutzt werden. In beiden Fällen ist für die Konfiguration oder Rekonfiguration von Glasfasern oder zur Durchführung von Wartung und Glasfasertests ein Zugang sowie ein Zweitzugang in den FCP erforderlich.

Bei eingeblassenen Glasfasern kann der sekundäre FCP auch als verrohrte Breakout-Box ausgeführt werden, die ein Einblasen von Mikro-Rohr Kabeln oder Glasfasern direkt in die Teilnehmerliegenschaft erlaubt. Diese verringert die Anzahl der Spleiße.

Während Mast-montierte sekundäre FCP Kabelverbindungsmuffen relativ sicher und nicht sichtbar sind, kann der Zugang dadurch erschwert werden, dass hierfür eine spezielle Ausrüstung erforderlich ist. Erdverlegte sekundäre FCP Kabelverbindungen sind ebenfalls relativ sicher und nicht sichtbar und erfordern ein kleines "Handloch" für den Zugang. Sekundäre FCPs, die auf Straßenverteilern basieren, können eine Sicherung sowie Schutz vor Vandalismus erfordern; der sofortige Zugang zu den Glasfaser Circuits sollte jedoch relativ einfach sein.

6.6 Endverkabelung

Die Endverkabelung stellt die finale externe Verbindung zum Teilnehmer dar und bedient die Strecke vom letzten FCP bis zum Gebäude des Teilnehmers über eine Distanz, die 500 m nicht überschreitet, was sich in Gebieten mit einer hohen Dichte beträchtlich reduziert. Endkabel, die für die Verbindung zum Teilnehmer eingesetzt werden, weisen normalerweise eine Anzahl von Glasfasern aus, können aber zusätzliche Glasfasern für Backup oder aus anderen Gründen haben. Endkabel sind normalerweise die einzige Teilnehmeranbindung ohne Netzwerkvielfalt.

In erdverlegten Netzwerken kann die Endverkabelung in kleinen Röhren erfolgen, in Mikro-Röhren oder durch direktes Eingraben, um eine einzelne Grabungs- und Installationslösung zu erzielen. Überzählige Endkabel werden vom nahegelegenen Mast geführt und an einem ausgewählten Punkt im Gebäude für das weitere Routen zur Termination Unit terminiert. In jedem Fall wird die Kabelmontage für den schnellen Einsatz und die Verbindung sowie zur Minimierung von Störungen vorterminiert oder vorverbunden.

Eingeblassene Kabel und Glasfasern können mithilfe entsprechender Mikro-Rohr Produkte durch die Außenmauern des Gebäudes eindringen und innerhalb des Gebäudes routen. Dies wird einen Teil der internen Netzwerkverkabelung innerhalb des Gebäudes darstellen, wobei der Eintritt in

das Gebäude den Übergabepunkt an die Mikro-Rohre darstellt (externe zu interne Materialklasse).

Es gibt vier Hauptarten von Endkabeln: direkte Installation, direkt eingegraben, Gebäudefront und Luftverlegung.

6.6.1 Direkt installierte Kabel

Direkt installierte Kabel werden in Rohren installiert, normalerweise eingezogen, durchgeführt oder eingeblasen.

Die Struktur kann nicht-metallisch mit einer externen/internen oder einer doppelten Abschirmung sein: einer internen raucharmen, halogenfreien (LSZH) und einer externen PE.

Kabel sind mit 1 bis 36 Glasfasern (normalerweise 12 Glasfasern) verfügbar. Glasfaserelemente können Hohladern, Mikro-Schutzhüllen oder eingeblasene Glasfasern sein.

6.6.2 Direkt vergrabene Kabel

Kabel sind in zwei Konstruktionen verfügbar: nicht-metallische Kabel oder Kabel mit metallischen Schutzrohren (verzinkter Stahl).

Die Vorteile von Kabeln mit metallischen Schutzrohren sind ihr extrem hoher Druckwiderstand und die hohe Zugkraft.

Neue nicht-metallische zugentlastete und Kabel in Schutzrohren wurden entwickelt, um nicht-metallischen, direkt vergrabenen Kabeln eine ähnliche Leistungsfähigkeit wie metallischen Kabeln zu ermöglichen. Im Schnitt sind nicht-metallische Kabel kostengünstiger.



Abbildung 33: Metallisch geschützte direkte Erdkabel



Abbildung 34: Direkt Erd-Endkabel ohne metallischen Schutz

Direkt vergrabene Endkabel sind mit 1 bis 12 (normalerweise 2 bis 4) Glasfasern verfügbar.

6.6.3 Luftkabel

Die Kabel sind wie folgt verfügbar:

- Weiterführung der Zugangs- oder der Verteilernetzwerke, z.B. optisches Erdkabel (OPGW, OPTical Ground Wire) oder selbsttragendes, dielektrisches Glasfaserkabel (ADSS, All-Dielectric Self-Supporting)
- Kurzstrecken Endkabel, z.B. Figure-8, Flach- oder Rundkabel

Luftkabel sind für eine bestimmte Zugbelastung konstruiert, die von der Spannweite und den Umweltbedingungen abhängig ist.

Das Figure-8 Kabel besteht aus einem zentralen Rohr, das an einem Stahldraht befestigt ist. Typische Glasfaseranzahlen sind 2 bis 48, die Kabelzugbelastung ist ~6000 N.

OPGW Kabel werden hauptsächlich für Hochspannungsverbindungen genutzt.

Alle oben genannten Kabel können mit Steckverbindern vorkonfektioniert werden. Dies ist während der Installation vorteilhaft, da die erforderliche Zeit in den Wohnungen reduziert und die Werkzeuganforderungen verringert werden.

Als Glasfaserelemente kommen Hohladern, Mikro-Schutzhüllen oder eingeblasene Glasfasern zum Einsatz.

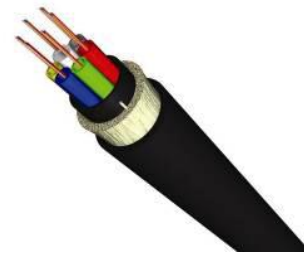


Abbildung 35: Beispiel eines ADSS Kabels



Abbildung 36: Beispiel eines Figure-8 Kabels

6.6.4 Fassadenkabel

Fassadeninstallationen sind für Gebäude wie große MDU's oder Reihenhäuser geeignet. Diese Methode kann auch in Brownfield Umgebungen eingesetzt werden, da Erdkabelverlegungen hier nicht geeignet sind. Die Kabel werden entlang der äußeren Fassade des Gebäudes an Vorrichtungen oder sehr stabilen Verbindungspunkten befestigt und stellen das Endkabel für den Teilnehmer bereit. Das Erscheinungsbild kann jedoch besonders in Schutzgebieten ein Problem für Eigentümer und Behörden darstellen.

Fassadenkabel weisen eine ähnliche Struktur wie direkt zu installierende Kabel auf und erfordern ebenfalls UV Beständigkeit. Da diese Kabel normalerweise in kleinen Gebäuden eingesetzt werden, ist die Anzahl der Glasfasern mit 1 bis 12 Glasfasern (normalerweise nur 1 bis 2 oder 4 Glasfasern) meist gering. Als Glasfaserelemente kommen Hohladern, Mikro-Schutzhüllen oder eingeblasene Glasfasern zum Einsatz.

6.7 Gebäudeverkabelung

Der Innenverkabelung wurde ein eigenes Kapitel gewidmet (siehe Kapitel 7 dieses Handbooks).

7 Gebäudeverkabelung

Heutzutage wird erwartet, dass jeder Raum einer Wohnung multimedial genutzt werden kann, vorbereitet für ideale Arbeitsbedingungen mit direktem Zugang zu allen technischen Möglichkeiten und zu den unbegrenzten Möglichkeiten der Freizeitaktivitäten. Services, die heute im großen Stil unerreichbar sind, einschließlich Heizungstechnik, Beleuchtung und Alarmsystemen, CCTV und der gesamten Heimautomation, werden erwartungsgemäß sehr bald online verfügbar sein. Waschmaschinen und Kühlschränke mit Internetanbindung, interaktive Fernseher – all dies ist bereits Realität.

Die Gebäudeinstallation reicht von einer Türanlage, die normalerweise im Kellergeschoß eines Gebäudes platziert ist, bis zu einer optischen Anschlussdose in den Räumen des Teilnehmers. Dies ist ein typisches Modell für die meisten europäischen MDUs.

Leider wird die Gebäudeverkabelung beim Bau eines Netzwerks kaum berücksichtigt, sie ist aber wahrscheinlich das schwächste Glied in der Bereitstellung des Service. Warum sind drahtgebundene Netzwerke zuhause notwendig, wenn drahtlose Lösungen all diese Anforderungen erfüllen? Einige Argumente dieser andauernden Debatte sind:

- Drahtgebundene Netzwerke sind stabiler und verlässlicher als drahtlose. Es existieren keine Kanalinterferenzen mit anderen Geräten (oder anderen Access Points, die auf demselben Kanal betrieben werden).
- Drahtgebundene Netzwerke sind schneller als ihre drahtlosen Gegenstücke; Multi-Media, Sprache, Video, Netzwerkspiele und andere Echtzeit-Applikationen funktionieren besser als in drahtlosen Netzwerken.
- Drahtgebundene Netzwerke sind trotz der Existenz verschlüsselter drahtloser Netzwerke sicherer. Es ist nach wie vor für bestimmte Hacker möglich, sich mit den richtigen Tools oder dem Bewusstsein über Schwachstellen im Netzwerk Zugang zu dem Netzwerk zu verschaffen; drahtgebundene Netzwerke können nur innerhalb einer Wohnung verbunden werden, was den Zugang eines Hackers erschwert.

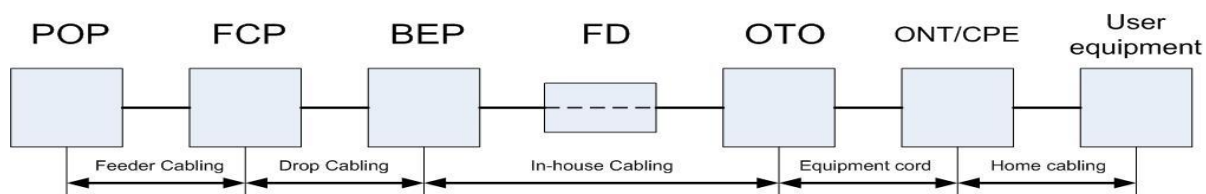
Ziel dieses Abschnitts ist die Vermittlung der besten Praktiken – angefangen bei den verfügbaren technischen Leitfäden über das physikalische Medium der Ebene 1 des Abschnitts Gebäudeinstallation von FTTH Netzwerken. Im Allgemeinen sollen die technischen Leitfäden gewährleisten, dass die Gebäudeverkabelung einer Lokation von zwei oder mehr Glasfasernetzwerken gemeinsam genutzt werden kann. Darüber hinaus unterstreichen diese Leitfäden ebenfalls den Vorteil, dass die Gebäudeverkabelung in jedem Gebäude nur einmal erforderlich ist.

In-House Installationen reichen von einer Eingangsanlage, die normalerweise im Kellergeschoß eines Gebäudes platziert ist, bis zu einer optischen Anschlussdose in den Räumen des Teilnehmers.

Auf der Basis internationaler Standards wird ein Referenzmodell zur Spezifikation der Elemente der physikalischen Infrastruktur und zur Beschreibung der Prozesse genutzt.

Die technischen Richtlinien repräsentieren keine Komplettlösung, auch wenn sie eine Anzahl wichtiger Aspekte der Gebäudeverkabelung beschreiben. Jeder FTTH Entwickler plant und implementiert ein FTTH Netzwerk entsprechend seines eigenen Business Case, seiner Pläne und seiner Einsatzmethoden.

7.1 Referenzmodell einer Gebäudeverkabelung



Infrastrukturelemente des Referenzmodells

BEP – Building Entry Point (Hausübergabepunkt)

CPE – Customer Premise Equipment (SPE – Subscriber Premise Equipment)

FD – Floor Distributor (Etagenverteiler)

ONT – Optical Network Termination (Optische Netzwerkterminierung)

OTO – Optical Telecommunications Outlet (Optische Anschlussdose)

FCP – Fibre Concentration Point (Glasfaser Konzentrationspunkt)

POP – Point of Presence

Feeder...: Zubringerverkabelung; Drop...: Endverkabelung; In-house...: Gebäudeverkabelung; Equipment...: Geräteanschlussleitung; Home ...: Heimverkabelung

Typische Architekturen auf Basis der oben erwähnten Netzwerkelemente beruhen auf diesen beiden Netzwerkstrukturen:

- Direkte Architektur (Punkt-zu-Punkt)
- Steigleitungs-Architektur mit oder ohne Etagenverteiler

Die Verbindung zwischen dem BEP und dem Etagenverteiler und/oder der OTN ist auch unter dem Begriff Sekundärverkabelung bekannt und wird typischerweise in MDUs genutzt. Steigleitungskabel oder Rohre mit Glasfasern werden üblicherweise in vorhandenen Kabelkanälen, z.B. der elektrischen Installation, oder in individuell für das FTTH Netzwerk installierten Kanälen eingebaut. Meist wird dabei eine vertikale Steigleitung vom Keller bis in die höchste Gebäudeetage geführt. Die vertikale Steigleitung repräsentiert den zeitaufwändigsten Anteil der Gebäudeverkabelung, insbesondere in Abschnitten, in denen die lokalen Brandschutzvorschriften in Betracht gezogen werden müssen, da die Steigleitungen häufig durch Fluchttreppenhäuser verlaufen.

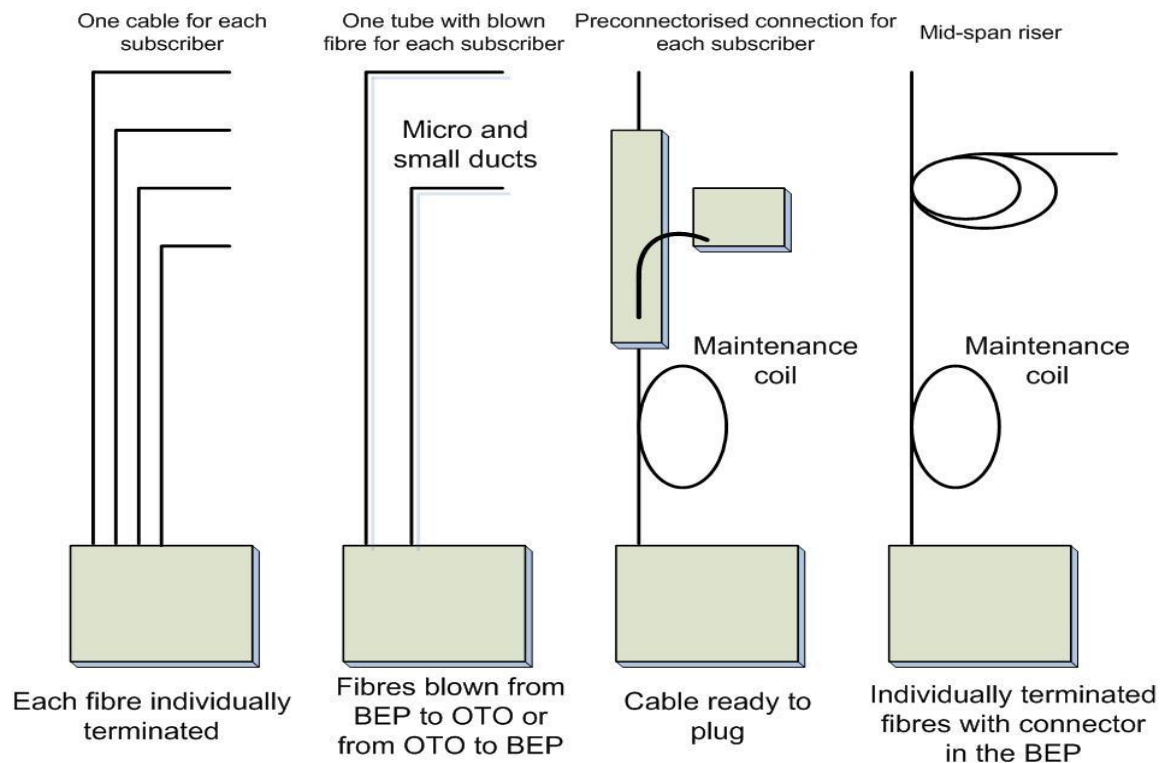


Abbildung 37: Beispiel einer Steigleitungsarchitektur

One cable...: Ein Kabel für jeden Teilnehmer; One tube...: Ein Rohr mit eingeblasener Glasfaser für jeden Teilnehmer; Preconnectorised...: Vorkonfektionierte Glasfaser für jeden Teilnehmer; Mid-span...: Mid Span Steigleitung; Each fibre... Jede Glasfaser individuell terminiert; Micro...: Mikro und kleine Rohre; Fibres blown...: Glasfasern vom BEP zur OTO oder von der OTO zum BEP eingeblasen; Maintenance...: Wartungsschlaufe; Cable ready... steckfertiges Kabel; Individually...: Individuell terminierte Glasfaser mit Steckverbinder im BEP

Je nach Architektur, der Anzahl der Glasfasern pro Teilnehmer und der Anzahl der Wohneinheiten im Gebäude können die Steigleitungskabel verschiedene Strukturen haben: einzelne Glasfaser, Bündel von Einzelglasfasern oder Bündel multipler Glasfasern.

In Anbetracht der schwierigen Einbausituationen dieser Kabel (beispielsweise geringer Biegeradius um Ecken herum) sollte die Verwendung der neuen Biege-unempfindlichen Glasfasern in Betracht gezogen werden.

Dieser Abschnitt widmet sich allen Aspekten der Endverkabelung, dem Hausübergabepunkt, der Gebäudeverkabelung und der optischen Anschlussdose.

7.1.1 Hausübergabepunkt (Building Entry Point, BEP)

Der BEP ermöglicht den Übergang vom Außen- zum Innenkabel. Der Übergang kann durch einen Spleiß oder eine trennbare Steckverbindung erfolgen.

7.1.2 Etagenverteiler (Floor Distributor, FD)

Der Etagenverteiler ist ein optionales Element, das den Übergang vom vertikalen zum horizontalen Innenkabel ermöglicht.

7.1.3 Gebäudeverkabelung

Die Gebäudeverkabelung verbindet den BEP mit der OTO. Die Hauptkomponenten sind ein optisches Innenkabel oder eine ähnliche Installation von Glasfaserelementen auf Basis der Einblastechnik.

7.1.4 Optische Anschlussdose (Optical Telecommunications Outlet, OTO)

Die OTO ist eine feste Verbindungsvorrichtung, an der das optische Innenkabel terminiert wird. Die optische Anschlussdose stellt eine optische Schnittstelle für die Verbindungsleitung des ONT/CPE bereit.

7.1.5 Optische Netzwerkterminierung (Optical Network Termination, ONT)

Die ONT terminiert das optische FTTH Netzwerk in der Teilnehmerliegenschaft und beinhaltet einen elektrisch-optischen Konverter. ONT und CPE können integriert sein.

7.1.6 Teilnehmereinrichtungen (Subscriber Premises Equipment, CPE, SPE)

SPE bzw. CPE sind alle aktiven Geräte, z.B. eine Set-Top Box, die FTTH Services für den Teilnehmer bereitstellen (schnelle Datenübertragung, TV, Telefonie etc.). ONT und CPE können integriert sein.

7.1.7 Heimverkabelung

Die Heimverkabelung unterstützt die Verteilung einer großen Auswahl an Applikationen, TV, Telefon, Internetzugang etc. innerhalb der Liegenschaft. Anwendungsspezifische Hardware ist nicht Bestandteil der Heimverkabelung.

7.1.8 Benutzerausrüstung

Die Benutzerausrüstung wie TV, Telefon, PC etc. ermöglicht dem Teilnehmer den Zugriff auf die FTTH Services.

7.2 Allgemeine Betrachtungen zur Glasfaser-Gebäudeverkabelung und zu Glasfaserkabeln

7.2.1 Eigenschaften der Glasfaser

Am BEP müssen die Glasfasern des Endkabels (Außenkabel) mit den Glasfasern der Gebäudeverkabelung (Innenkabel) verbunden werden. Die Spezifikationen dieser Glasfasern sind in den unterschiedlichen Standard Glasfaserkategorien beschrieben und müssen die in den folgenden Standards beschriebenen Anforderungen erfüllen:

Glasfasertyp	ITU Code	IEC Code
Außenkabel	G.652 D	IEC 60793-2-50 B1.3
Außenkabel	G.657 A	IEC 60793-2-50 B6a
Innenkabel	G.657 A	IEC 60793-2-50 B6a

Tabelle 1: Eigenschaften der Glasfaser

End- und Gebäudeverkabelung können durch Einblas-Techniken in Mikro-Rohren realisiert werden.

7.2.2 Anforderungen an den Biegeradius

Der Biegeradius in den BEP und Außenkabelabschnitten für standard singlemode Glasfaser entsprechend G.652D oder G.657A soll 30 mm oder mehr betragen.

Der Biegeradius in der OTO und den Innenkabelabschnitten soll für Glasfasern entsprechend G.657A 15 mm oder mehr betragen.

Die erwartete Lebensdauer für Glasfasern unter Berücksichtigung der mechanischen Belastungen soll mindestens 20 Jahre betragen.

Kabeltyp	Glasfasertyp	ITU Code IEC Code Biegeradius [mm]
Außenkabel	G.652 D	IEC 60793-2-50 B1.3 R 30
Außenkabel	G.657 A	IEC 60793-2-50 B6_a R 30
Innenkabel	G.657 A	IEC 60793-2-50 B6_a R 15

Tabelle 2: Anforderungen an den Biegeradius

7.2.3 Kabeltyp

Für die Installation am BEP werden üblicherweise Hohllader Glasfasern entsprechend der IEC 60794 Serie oder Mikro-Rohrverkabelung für die Installation mittels Einblastechniken entsprechend der IEC 60794-5 Serie [6] genutzt.

Die Kompatibilität der anderen Kabelkonstruktionen mit den Standardkabeln an den spezifizierten Schnittstellen muss bedacht werden.

7.2.4 Außenkabel

Außenkabel werden in IEC 60794-3-11 [7] beschrieben. Der Betriebstemperaturbereich liegt zwischen -30°C und +70°C.

7.2.5 Innenkabel

Innenkabel werden in IEC 60794-2-20 [8] beschrieben und sollen zwischen dem BEP und jeder OTO vier Glasfasern bereitstellen. Der Betriebstemperaturbereich liegt zwischen -20°C und +60°C.

7.2.6 Farbkodierung der Glasfasern

Sowohl Glasfasern in Schutzrohren als auch gepufferte Glasfasern sind zur Unterscheidung der Glasfasern in einem Kabel farbcodiert. Diese Farbcodierung erlaubt den Installateuren eine einfache Identifikation der Glasfasern an jedem Ende der Glasfaserverbindung, sie indiziert auch die angemessene Position jeder Glasfaser im Kabel. Die Farben entsprechen den in IEC 60304 [5] definierten Standardfarben.

Bei mehr als 12 Glasfasern sollten Gruppen von je 12 Glasfasern durch eine Kombination der oben beschriebenen Abfolge mit einer zusätzlichen Markierung (beispielsweise Ringmarkierung, unterbrochene Linie oder Anzeiger) identifiziert werden können.

7.2.7 Mikro-Rohrverkabelung für die Einblasinstallation

Die Anforderungen an Mikro-Rohr Glasfaserkabel, Mikro-Rohr Glasfaserbündel, Mikro-Rohre und geschützte Mikro-Rohre für die Einblasinstallation von Außen- und/oder Innenkabeln sind nachfolgend aufgeführt. Das Einblas-gestützte Installieren oder Entfernen der Mikro-Rohr Glasfaserkabel aus dem Mikro-Rohr oder dem geschützten Mikro-Rohr soll während der Betriebslebensdauer möglich sein.

Ein für die Installation von Mikro-Rohr Kabeln geeignetes Mikro-Rohr ist ein kleines, flexibles leichtgewichtiges Rohr mit einem Außendurchmesser von typischerweise weniger als 16 mm.

Mikro-Rohr Glasfaserkabel, Glasfaserbündel, Mikro-Rohre und geschützte Mikro-Rohre für die Einblasinstallation sind in IEC 60794-5 Serie [6] definiert.

7.2.8 Kabel mit entflammaren Materialien

Die Brandschutzeigenschaften von Innen- und Außenkabeln sollten den Anforderungen der IEC 60332 [22], IEC 60754 [23] und IEC 61034 Serie [24] entsprechen.

7.3 Allgemeine Anforderungen an den BEP

Bei Anforderungen an die Gebäudeinstallation, die die üblichen Verfahren nicht überschreiten, muss den Empfehlungen der Kabelhersteller (Kabel Zugbelastung, Biegeradius) gefolgt werden.

Die Installation der Glasfaser und der Verbindungselemente am BEP kann durch eine sorgfältige Planung und die Vorbereitung einer Installationsspezifikation signifikant vereinfacht werden.

7.3.1 Schmelzpleiße am BEP

Am BEP werden Schmelzpleiße eingesetzt. Die Anforderungen an die am BEP zu verwendenden Spleiße und den Spleißschutz sind in der nachfolgenden Zusammenfassung aufgeführt. Der Spleißschutz kann entweder in Schrumpftechnik oder in Crimptechnik aufgebracht werden.

Eigenschaft	Anforderung
Maximale Spleißdämpfung	0,15 dB
Return Loss	> 60 dB
Betriebstemperaturbereich	-25°C to +70°C

Tabelle 3: Spezifikation der Schmelzpleiße am BEP

7.3.2 Verbindungsbox am BEP

Die Größe des Glasfaser Managementsystems am BEP wird von der Gebäudegröße und der Gesamtkomplexität der Installation bestimmt.

Das typische Glasfasermanagement am BEP verwendet speziell entwickelte Gehäuse für die richtige Anzahl der ankommenden und abgehenden Kabel, der erforderlichen Anzahl der Spleiße, der Glasfaserreserven und der richtigen Verbindungsverwaltung. Zusätzlich sind die Glasfaseridentifikation, die Platzierung nicht verbundener Glasfasern, Verschlussysteme und die zukünftige Erweiterung der BEP Gehäuse wichtige zu bedenkende Aspekte.

Der Schutz der Einführung ist wichtig und wird durch die Bedingungen des für den BEP verfügbaren Platzes bestimmt. Dies ist meist IP20 für Innen- und IP44 für Außenanwendungen. Die Gesamtlängen in der Verbindungsbox und der Spleißkassette betragen üblicherweise 1,5 m.

Abbildung 38: Beispiel eines IP20 wandmontierten BEP



Abbildung 39: Beispiel eines IP44 BEP



7.3.3 Spleißkassette

Der BEP muss Platz für das Glasfasermanagement und die Spleiße zwischen den OSP und den Innenkabeln, die Spleißkassetten und weitere Befestigungen, Spleißhalter und Führungszubehör bieten. Zugentlastungen, Platzreserve und Vorrichtungen zur Lagerung überlanger Glasfasern werden primär für ein erneutes zukünftiges Spleißen benötigt. Dem Schutz des Biegeradius muss immer größte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Es sind unterschiedliche Spleißkassettentypen verfügbar, die die Handhabung einzelner Glasfasern oder Glasfasergruppen erlauben. Dies hängt von den Entscheidungen ab, die während der Entwicklungsphase getroffen wurden.

Die Kassetten müssen stapelbar sein und eine Befestigung erlauben.



Abbildung 40: Beispiel eines Spleißkassettenstapels

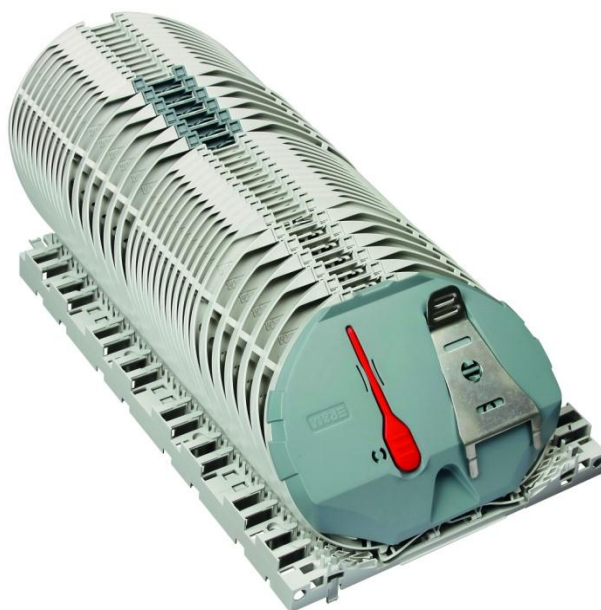


Abbildung 41: Beispiel eines Spleißkassettenstapels mit individuellem Glasfasermanagement

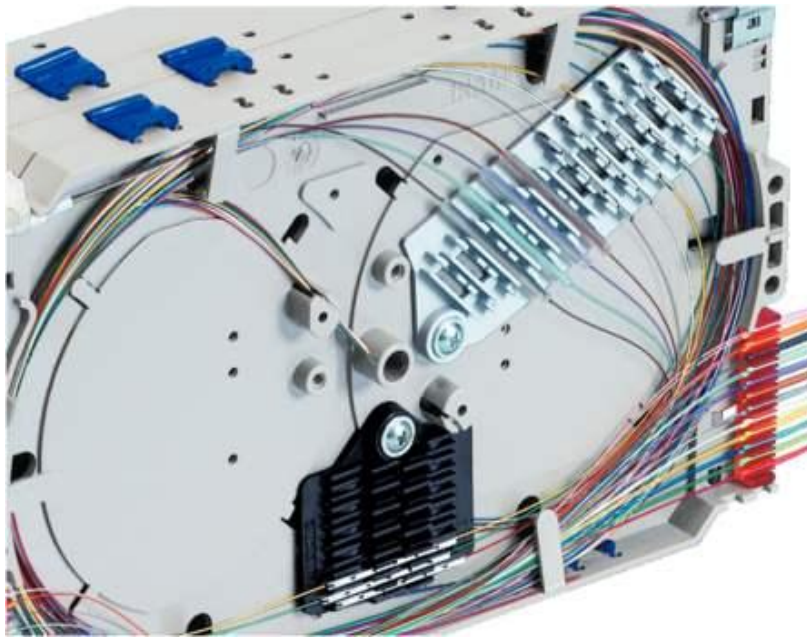


Abbildung 42: Detaillierte Ansicht einer Spleißkassette mit unterschiedlichen Spleißhaltern und individueller Glasfaserzugentlastung

7.3.4 Positionierung des BEP

Die Positionierung des BEP ist immer ein intensiv diskutiertes Detail, das durch die Bedingungen vor Ort, die Gebäudeeigentümer und die physikalischen Gegebenheiten wie vorzugsweise einen geringen Grad an Feuchtigkeit, Staub und Vibration beeinflusst wird. Wie zuvor erwähnt muss der Schutz der Kabelzuführung diesen Bedingungen entsprechen.

Die Montage des BEP in der Nähe der vertikalen Verkabelung ist im Sinne eines optimalen Kabelübergangs ein wichtiger Aspekt.

7.4 Etagenverteiler

Die Verbindung der optischen Anschlussdose in großen Installationen (beispielsweise bei vielen Wohneinheiten auf einer Etage einer MDU) kann über einen Etagenverteiler zwischen den vertikalen und den horizontalen Verbindungen erfolgen, der als Übergangs- und Glasfasermanagementpunkt angesehen wird.

Der Etagenverteiler verwendet dieselben Gehäusetypen und hat eine ähnliche Funktion wie der BEP, seine Größe richtet sich nach der Anzahl der ankommenden und abgehenden Glasfasern. Der Schutz der Kabeleinführung entspricht üblicherweise IP20. Bei einem Einsatz von Etagenverteilern ist die Verwendung einer vorkonfektionierten einzelnen Glasfaser eine Option für die Verbindung des OTO. In diesem Fall verläuft das Kabelende zur OTO, das unkonfektionierte Ende kann in dem Etagenverteiler gespleißt werden.

Die Verbindung zwischen Etagenverteiler und OTO wird auch als horizontales Ende bezeichnet. In der Netzwerktopologie verbindet das horizontale Ende das vertikale Steigleitungskabel des Etagenverteilers entsprechend der benötigten Glasfaseranzahl mit der Teilnehmerschnittstelle.

Das horizontale Endkabel weist typischerweise ein bis vier Glasfasern auf, je nach den lokalen Richtlinien und den für die Zukunft geplanten Anwendungen des Netzeigentümers.

Die Verbindung zwischen der Steigleitung und dem horizontalen Ende im Etagenverteiler kann durch die folgenden Maßnahmen erzielt werden:

- Vortermionierte Endkabelsätze – an einem oder beiden Enden
- Spleißen
- Installation von feldmontierbaren Steckverbindern

Typische Verkabelungsprobleme sind Platznot für Rohre oder Kabel im Fall von Wanddurchführungen.

Da diese Kabel unter schwierigen Bedingungen und in Gebieten mit direktem Zugriff der Endkunden, die im allgemeinen nicht mit der Handhabung von Glasfasern vertraut sind, installiert werden, sollte der Einsatz neu im Markt verfügbarer Glasfasern mit geringer Biegeradiusempfindlichkeit in Betracht gezogen werden.

7.5 Spezifikation an der optischen Anschlussdose (OTO)

Die optischen Anschlussdosen wurden für das Management unterschiedlicher Glasfaseranzahlen entwickelt – typischerweise bis zu 4 – mit einem minimalen Biegeradiuschutz von 15 mm.

Die Gestaltung der Anschlussdose sollte Raum für gewisse Glasfaserüberlängen und Spleiße bieten. Die Frontplatte der Anschlussdose sollte Aussparungen entsprechend der gewählten Adaptertypen bereitstellen und so Simplex oder Duplex Steckverbinder entsprechend des Netzwerkdesigns aufnehmen.

Das Vorhandensein sichtbarer Identifikationsdetails auf der OTO ist ein wichtiger Aspekt. Die Beschriftung ist sowohl für die Netzwerkwartung und die Fehlersuche als auch für das Testen des Netzwerks wichtig.

In den meisten Fällen enthält die OTO PC/ABS Materialien und entspricht der Schutzklasse IP20.

Häufig wird die erste Dose innerhalb der Teilnehmerliegenschaften als optische Anschlussdose (Optical Telecommunication Outlet, OTO) bezeichnet, je nach Art der residentiellen Verkabelung weist sie eine Anzahl von Plätzen für die Terminierung auf:

- Plätze mit festen optischen Glasfaserkupplungen
- Plätze mit austauschbaren Glasfaserkupplungen
- Hybride Plätze mit sowohl Glasfaser- als auch Kupfer-basierten Kupplungen

Unterschiedliche Anschlussdosen haben unterschiedliche Funktionen. Einige weisen Staub- und Laser-geschützte Schnittstellen auf, Biegeradius-geschütztes Management von Glasfaserüberlängen oder kindersichere Verriegelungen der Verbindungskabel. Einige der Anschlussdosen sind für die Oberflächenmontage, andere für die Einbaumontage vorgesehen.

7.5.1 Glasfasertypen und Verbindungseigenschaften in der OTO

Die gebräuchlichste in der OTO genutzte Glasfaser ist die G.657 A, die einen geringen Biegeradius erlaubt. Die Glasfaserverbindungen an der OTO können sein:

- Vorkonfektionierte Kabelsätze
- Gespleißte Pigtails
- Feldmontierte Steckverbinder

7.5.2 Optische Steckverbinder

Der Typ des optischen Steckverbinders wird üblicherweise während der Entwicklungsphase definiert. Details finden sich im Kapitel 9.

Die wesentliche Empfehlung bezüglich der Stirnfläche des Steckverbinders wird für APC mit einer eindeutigen Spezifikation der Dämpfung und des Return Loss ausgesprochen (beispielsweise Klasse B für die Dämpfung und Klasse 1 für den Return Loss – weitere Details finden sich im Kapitel 9).

Typische mechanische und klimatische Anforderungen für Kategorie C (kontrollierte Umgebung) mit einem Temperaturbereich von -10°C bis +60°C sind in IEC 61753-021-2 [15] definiert.



Abbildung 43: Detailansicht einer OTO: Spleißkassette, Biegeradiusführung, Frontplatte mit Ausschnitt für LC Kupplung

Der schnellste und einfachste Weg zur Installation einer OTO ist die Verwendung einer vormontierten Lösung, d.h. eines bereits gespleißten Kabels, wie in Abbildung 44 dargestellt.



Abbildung 44: Beispiel einer vormontierten Glasfaserterminierung

7.5.3 Spleiße

Die Anforderungen an die Spleiße an der OTO sind im Allgemeinen höher, da sowohl Schmelz- als auch mechanische Spleiße verwandt werden können, die in der Designphase typischerweise mit maximal 0,25 dB und einem RL >60 dB geschätzt werden, besonders dann, wenn ein HF Overlay in Betracht gezogen wird.

An der OTO können sowohl Schmelz- als auch mechanische Spleiße verwandt werden, daher wird in der Designphase häufig ein maximaler IL von 0,25dB und ein RL >60dB spezifiziert, insbesondere dann, wenn ein HF Overlay in Betracht gezogen wird.

7.5.4 Positionierung der OTO

Hausverteilungen sind in neu erbauten Gebäuden typischerweise verfügbar und werden dann gegebenenfalls für die OTO Installation genutzt. Das Vorhandensein eines Stromanschlusses für die ONT/CPE ist wichtig, diese erfordert ebenfalls einen hinreichenden Platz und ausreichende Lüftung.

In vielen Fällen wird die OTO in Wohnräumen oder an anderen Stellen installiert, die der Arbeit und/oder der Unterhaltung gewidmet sind.



Abbildung 45: In einen Verteilerschrank integrierte OTO

Die Verbindung zwischen der OTO und der (SPE) CPE bzw. ONT/(SPE) CPE muss für die residentielle Nutzung optimiert sein und sollte die folgenden Eigenschaften aufweisen:

- Plug & Play System
- Integrierter Staub- und Laserschutz
- Staubabdichtung
- Selbstfreigabemechanismus zum Schutz der OTO gegen ein unbeabsichtigtes Ziehen der Verbindungskabel
- Geringste Biegeradien zum Schutz gegen Kabelbeschädigungen
- Einfache Installation oder Entfernung durch die Teilnehmer

Ein OTO kann auch in der elektrischen Hausverteilung installiert sein, dies ist in der folgenden Abbildung dargestellt:



Abbildung 46: In die elektrische Hausverteilung integrierte OTO

7.5.5 Test der Gebäudeverkabelung und der BEP-OTO Verbindung

Die Art der Tests und Messungen wird während der Entwicklungsphase definiert, weitere Details können Sie dem Kapitel "Netzwerkplanung" entnehmen.

Für die Installation der Gebäudeverkabelung (BEP-OTO) ist entsprechend der in der detaillierten Planungsphase definierten Qualität der Installateur verantwortlich. Dies betrifft auch die zuvor in diesem Abschnitt beschriebenen Werte.

Die Messungen können wie folgt durchgeführt werden:

1. Referenz Testmethode: Bidirektionale OTDR Messung zwischen POP und OTO
2. Alternative Testmethode: Unidirektionale OTDR Messung vom OTO aus

Weitere Details sind im Kapitel 11 "FTTH Testrichtlinien" enthalten.

7.5.6 Sicherheitsanforderungen

7.5.7 Allgemeine Anforderungen

Die Installation darf ausschließlich von zertifizierten Technikern ausgeführt werden. Die Anforderungen an die Lasersicherheit entsprechen IEC 60825 Serie [19] und anderen nationalen oder lokalen Standards.

Designer und Installateure sind für die richtige Interpretation und Implementierung der in den referenzierten Dokumenten beschriebenen Sicherheitsanforderungen verantwortlich.

7.5.8 Lasersicherheit

Entsprechend der IEC 60825 Serie ist die Art der Teilnehmerliegenschaften "unbeschränkt".

Solange der FTTH Ausbau die Gefahrenklasse 1 (IEC 60825 Serie [19]) in den Kundenliegenschaften sowie die Laserklasse 1 oder 1M (IEC 60825 Serie [19]) der Laserquellen erfüllt, sind in den Teilnehmerliegenschaften (vom Einspeisepunkt der Glasfaserkabel in das Gebäude bis zum optisch-elektrischen Konverter, einschließlich BEP und OTO) keine besonderen Anforderungen bezüglich der Beschriftung oder der Lasersicherheit zu erfüllen.

Die Glasfaser-Gebäudeverkabelung stellt für die Teilnehmer keine Gefahr mehr dar: die neueste Generation der (SPE) CPE Verbindungskabel bietet einen automatischen Laserschutz, der den Teilnehmer gegen Schäden schützt (siehe auch folgende Abbildung).



Abbildung 47: Beispiel eines Verbindungskabels mit Laser- und Staubschutz sowie einer automatischen Selbsttrennung

8 Ausbaumethoden

Dieser Abschnitt beinhaltet eine Beschreibung der für den Ausbau der Infrastruktur verfügbaren Techniken. In ein- und demselben Netzwerk können je nach den besonderen Umständen des Netzwerkausbaus mehrere Techniken genutzt werden.

8.1 Rohrinfrastruktur

Dies ist die konventionellste Methode einer unterirdischen Kabelinstallation. Sie beinhaltet den Ausbau eines Rohrsystems für die nachfolgende Installation der Kabel durch Einziehen-, Einblasen- oder Beflutungs-Verfahren. Eine Infrastruktur auf Basis eines konventionellen Rohrsystems kann auf verschiedenen Wegen errichtet werden:

1. Hauptrohrsystem mit kleineren, starren oder flexiblen Rohren für individuelle Kabelinstallationen
2. Rohre mit großem Durchmesser, die das progressive Einziehen von Kabeln im Verlauf des Netzwerkwachstums erlauben
3. Rohre mit kleinem Durchmesser für die Installation einzelner Kabel



Abbildung 48: Ausbau der Rohrinfrastruktur

Die Rohrinfrastruktur erlaubt die spätere Entwicklung / Rekonfiguration des Zugangsnetzwerks.

Wie bei allen Erdarbeiten müssen die vorhandenen Rohrsysteme sowie die Störung bzw. Unterbrechung des Verkehrs, der Fußgänger und die lokalen Bedingungen bei der Installation der FTTH Rohrinfrastruktur berücksichtigt werden.

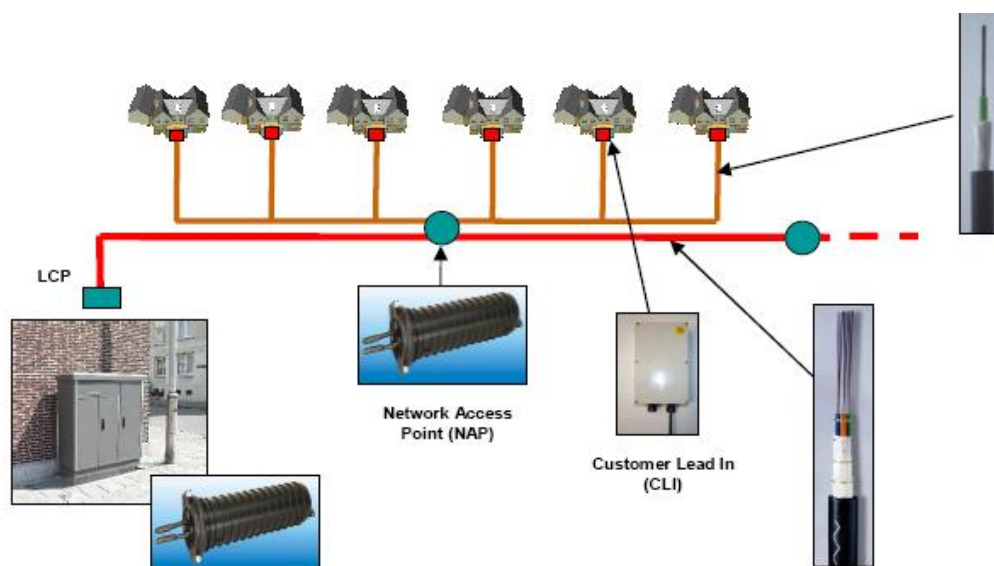


Abbildung 49: Produktkarte für konventionelle Rohrinfrastruktur

Network Access Point: Netzwerkzugangspunkt; Customer Lead In (CLI): Kundeneinspeisung

8.1.1 Rohrnetzwerk

In einem einzelnen Rohr können mehrere Kabel installiert werden, die jedoch entweder gleichzeitig installiert werden müssen oder es sind mehrere Zugseile vorinstalliert. In einem Einzelrohrsystem kann die Anzahl der installierbaren Kabel jedoch begrenzt sein. Die Verwirrung der Kabel und hohe Reibung zwischen den Kabelmänteln kann den Auszug älterer Kabel aus vollen Rohren (um Platz für neue Kabel zu schaffen) erschweren. Ältere Kabel befinden sich meist am Rohrboden.

Starre Unterrohre verringern die Gesamtanzahl der installierbaren Kabel und erfordern die Entfernung älterer Kabel. Dieses Verfahren beinhaltet sowohl das Einblasen als auch das Einziehen der Kabel, da es die Schaffung einer luftdichten Verbindung zum Unterrohr unterstützt. Flexible textile Unterrohre maximieren die Gesamtanzahl der in einem Rohr installierbaren Kabel und ermöglichen gleichzeitig das einfache Entfernen älterer Kabel. Im Allgemeinen verdreifachen flexible Unterrohre die Anzahl der in einem Hauptrohr installierbaren Kabel.

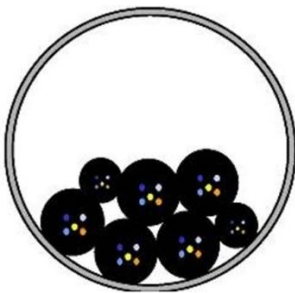


Abbildung 50: 110 mm Hauptrohr

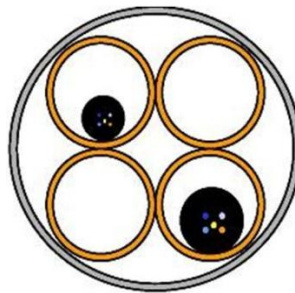


Abbildung 51: 110 mm Hauptrohr mit vier starren Unterrohren

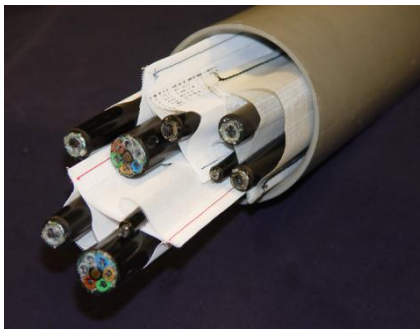


Abbildung 52: 110 mm Hauptrohr mit neun flexiblen Unterrohren

Der Durchmesser von Hauptrohren zur Aufnahme starrer Unterrohre variiert zwischen 60 mm und 110 mm. Die Hauptrohrdurchmesser für einzelne Kabel sind mit einem typischen Innendurchmesser zwischen 20 mm und 40 mm geringer. Kleinere Hauptrohre können auch flexible Innenrohre oder Mikro-Rohre enthalten (siehe unten).

Kabel können durch Einziehen, Einblasen oder Fluten in die Rohre eingebracht werden. Für das Einziehen muss in dem Rohr ein vorinstalliertes Zugseil vorhanden sein oder es muss, falls dies nicht der Fall ist, ein Seil mithilfe einer Stange durchgeschoben werden. Für das Einblas- oder Flutungsverfahren müssen das Rohr und alle Verbindungen zwischen den Rohrabschnitten des gesamten Rohrsystems luftdicht sein.

Die Innenwand des Rohrs oder des starren Unterrohrs ist zur Verringerung der Kabelmantelreibung mit einer reibungsvermindernden Beschichtung versehen. Alternativ haben das Rohr oder das starre Unterrohr ein extrudiertes Profil mit geringer Reibung oder es werden spezielle

Rohrleitmittel eingesetzt. Flexible Unterrohre werden zur Erzielung einer geringen Reibung während der Herstellung vorgeschmiert.

Die durchgehend einblasbare oder einziehbare Kabellänge wird durch eine Anzahl von Faktoren bestimmt. Dies sind unter anderem der Reibungskoeffizient, Biegungen im Rohrverlauf (vertikal als auch horizontal), die Zugfestigkeit und das Gewicht der Kabel sowie die gewählte Installationsausrüstung. Die Füllverhältnisse sollten im Verlauf des Planungsprozesses ebenso wie die Kabelgröße im Verhältnis zum Rohr berechnet werden. Bei vorhandenen Rohren sollte deren Zustand auf Schäden und Eignung für den Platzbedarf und die Kapazität der zukünftigen Verkabelung geprüft werden.

8.1.2 Rohrtypen

Hauptrohre – unterirdische Systeme

Die Zubringerrohre verlaufen vom Zugangsknoten zum FCP. Die Anzahl der benötigten Rohre wird von der Größe und der Anzahl der genutzten Zubringerkabel bestimmt. Extraplatz kann vorbereitet werden, um auf diese Weise mehr als ein Kabel in einem einzelnen Rohr durch Einblasen oder Einziehen zu installieren (dies spart wichtige Rohrkapazität). Bei Verwendung flexibler Innenrohren ist die Anzahl der Extrakabel begrenzt. Kleine Hauptrohre haben einen Außendurchmesser zwischen 25 mm und 50 mm. Große Hauptrohre mit bis zu 110 mm können ebenfalls genutzt werden, diese können dann kleinere starre Unterrohre mit Außendurchmessern zwischen 20 mm und 40 mm oder flexible textile Unterrohre enthalten. Das in der Herstellung der Hauptrohre verwandte Rohrmaterial ist HDPE oder PVC mit starren Unterrohren aus HDPE. Flexible Unterrohre bestehen aus Nylon/Polyester.

8.1.3 Kabeltypen für die Rohrinstallation

In einem Rohrnetzwerk kann eine Vielzahl von Kabeln genutzt werden.

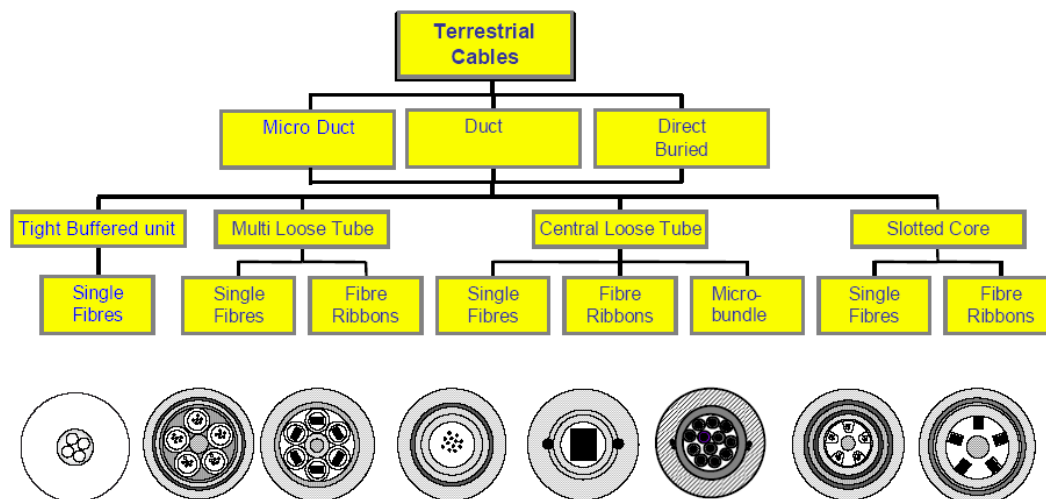


Abbildung 53: Auswahl von Rohrkabeln

Terrestrial...: Erdkabel; Tight Buffered...: Festadereinheit; Multi Loose Tube: Mehrfach-Hohlader; Central...: Zentrale Hohlader; Slotted Core. Geschlitzter Kern; Fibre Ribbon: Glasfaserbändchen

Auch wenn das Design des Kabels variiert so beruht es doch auf einer geringen Anzahl von Elementen. Die Hohlader ist der erste und häufigste Baustein. Dabei handelt es sich um ein Kunststoffrohr mit der erforderlichen Anzahl Glasfasern (typisch 12). Dieses Rohr ist mit einem Füll-Compound ausgekleidet, das sowohl die Glasfasern trennt als auch deren Beweglichkeit im Rohr unterstützt, um auf diese Weise die umweltbedingte und mechanisch verursachte Verlängerung und Verkürzung des Kabels zu kompensieren. Andere Bausteine umfassen multiple Glasfasern in Bändchenform oder eine dünne Easy-Strip Rohrbeschichtung. Glasfasern können auch in engen Nuten eines genuteten zentralen Kabelements verlegt werden.

Rohre mit Einzelglasfasern oder multiplen Bändchen werden um ein zentrales Kabelement herum verlegt, das aus einer Verstärkungsmembrane mit Kunststoffummhüllung besteht. Wasserdichte Materialien wie wasseraufnehmende Kleber oder Fette können zum Schutz gegen sich radial oder longitudinal durch das Kabel ausbreitende Feuchtigkeit eingebaut werden, wobei das Kabel mit Polyäthylen (oder alternativen Materialien) zum Schutz gegen externe Einflüsse überzogen ist. Glasfasern, Bändchen oder Bündel (durch eine farbige Mikro-Beschichtung geschützt oder durch einen farbigen Kabelbinder identifiziert) können sich auch in einem großen zentralen Rohr befinden. Dieses wird dann mit Verstärkungselementen überzogen.

Durch Einziehen mittels einer Winde installierte Kabel müssen gegebenenfalls aufgrund der angewandten Zugkraft eine größere Zugfestigkeit aufweisen als solche Kabel, die durch Einblasen installiert werden. Eingeblassene Kabel müssen leicht sein und zur Unterstützung des Einblasvorgangs ein gewisses Maß an Starre aufweisen. Das Vorhandensein der Rohre ermöglicht eine hohe Druckfestigkeit mit Ausnahme der Stellen, an der die Kabel in einen Straßenschacht münden. Rohrkabel sind normalerweise ummantelt und nichtmetallisch, wodurch sie nicht aus Blitzschutz- oder Umweltgründen geerdet werden müssen. Sie können jedoch auch metallische Elemente enthalten, beispielsweise aus Gründen einer höheren Festigkeit (zentrale Stahlelemente), zur Oberflächendetektion (Kupferelemente) oder für einen zusätzlichen Schutz gegen Feuchtigkeit (longitudinaler Schutz aus Aluminiumband). Rohrumgebungen sind meist unkritisch, aber die Kabel wurden für eine Widerstandsfähigkeit gegen mögliche langfristige Überflutung und gelegentlichen Frost entworfen.

8.1.3.1 Kabelinstallation durch Einziehen

Die folgende Information stellt eine Zusammenfassung der erforderlichen Betrachtung zu Installation und Ausrüstung dar. Bitte beachten Sie auch die IEC Spezifikation 60794-1-1 Anhang C, "Guide to Installation of Optical Fibre Cables".

Beim Einziehen von Kabeln in ein Rohr muss ein vorinstalliertes Zugseil oder ein bereits vor dem Einziehprozess installiertes Kabel vorhanden sein. Das Kabel sollte mit einem Schäkel ausgestattet sein, der eine freie Kabeldrehung während der Installation erlaubt; auch ist eine Sicherung erforderlich, die auf eine Kraft unterhalb der Zugkraft des Kabels eingestellt wird. Lange Kabelabschnitte können eingezogen werden, wenn das Kabel die zusätzliche Zugkraft aufnehmen oder das Kabel an einer geeigneten Stelle in der Mitte "geflutet" werden kann oder ein Sekundäreinzug durch Verwendung von Hilfseinzugsmitteln (Winden oder Kabelschieber) erfolgen kann. Eine Flutung beinhaltet während des Zugvorgangs die Verlegung von acht Glasfaserschleifen auf der Oberfläche, um so ein Verdrehen des Kabels zu vermeiden. Bei der Verlegung von Reservierohren oder Unterrohren können die nachfolgenden Kabel entsprechend der Notwendigkeit installiert werden ("Just in Time").

Bei der Installation der Kabel sollten ihre mechanischen und Umwelteigenschaften entsprechend der Lieferantendatenblätter bedacht und nicht überschritten werden. Die Zugkraft repräsentiert die während des Installationsablaufs maximal auf das Kabel anwendbare Kraft. Sie gewährleistet, dass jegliche auf Glasfasern wirkende Belastung innerhalb der sicheren Arbeitsgrenzen verbleibt. Die Verwendung eines Schäkels und einer mechanischen Sicherung schützen das Kabel bei einer Überschreitung der Zugkraft.



Abbildung 54: Schäkkel für Kabeleinzug Abbildung 55: Kabelführungsrolle

Kabelgleitmittel können zur Reduzierung der Reibung zwischen dem Kabel und dem Unterrohr verwandt werden und so die Zugbelastung verringern. Der minimale Biegeradius repräsentiert die kleinste Trommelgröße zur Lagerung des Kabels innerhalb eines Kabelschachts. Es sollten geeignete Rollen und Führungsgeräte genutzt werden, um während der Installation einen minimalen dynamischen Biegeradius zu gewährleisten. Falls der Außendurchmesser des Kabels 75% des Rohrinneindurchmessers überschreitet kann die Einzugslänge weiter reduziert sein.

8.1.3.2 Kabelinstallation durch Einblasen

Traditionell werden Kabel in Rohre eingezogen. Insbesondere in Anbetracht des Wachstums der Leichtkabel mit nicht-metallischen Konstruktionen wird ein steigender Anteil der Kabel nun durch Einblasen (falls das Rohr für dieses Verfahren geeignet ist) installiert. Dieses System kann schneller als das Einzugsverfahren sein und größere durchgehend zu installierende Kabellängen erlauben, was die Anzahl der Kabelmuffen reduziert. Sollten Reserverohre oder Unterrohre installiert sein können Kabel bedarfsorientiert nachträglich verlegt werden.

Während des Einblasens der Kabel in das Rohr muss dieses entlang seiner gesamten Länge luftdicht angeschlossen sein. Im Falle von Neubauten sollte dies der Fall sein, bei vorhandenen Rohranlagen ist es gegebenenfalls zu überprüfen. Dies ist insbesondere dann zutreffend, wenn die Rohre zu einem etablierten Netzwerk gehören.

Zwischen dem Rohrinneindurchmesser und dem Kabelaußendurchmesser gilt es ein Gleichgewicht zu finden. Wenn der Kabelaußendurchmesser 75% des Rohrinneindurchmessers übersteigt können höhere als von konventionellen Kompressoren erzeugte Luftdrücke erforderlich sein oder die Einblaslänge muss eventuell verringert werden. Nichtsdestotrotz wurden mit Füllfaktoren zwischen 40% und 85% gute Ergebnisse erzielt. Kleinere Kabel können zu Schwierigkeiten bei der Verlegung führen, insbesondere dann, wenn das Kabel zu flexibel ist. In solchen Fällen kann dieses Problem durch ein halboffenes Schiffchen am Kabelende gelöst werden.

Für das Einblasen und Einschieben des Kabels in das Rohr wird ein Kabeleinblaskopf benötigt. Das Einschieben überwindet auf den ersten hundert Metern die Reibung zwischen Kabel und Rohr und zieht das Kabel von der Trommel. Ein geeigneter Luftkompressor wird mit dem Einblaskopf verbunden. Rohre und Verbindungen müssen zur Gewährleistung eines angemessenen Luftstroms durch das Rohr hinreichend luftdicht sein. Der hydraulische Druck am Einblaskopf muss zur Vermeidung von Kabelschäden genau kontrolliert werden.

8.1.3.3 Kabelinstallation durch Flutung

In Anbetracht der Tatsache, dass die meisten unterirdischen Kabel während des Großteils ihrer Lebensdauer Wasser ausgesetzt sind ist die Flutung eine alternative Methode zum Einblasen. Die Flutung kann mithilfe von ursprünglich für das Einblasen entwickelten Geräte durchgeführt werden: die Luft wird einfach durch Wasser ersetzt. Im Vergleich zum Einblasen ist die Installation erheblich größerer Kabellängen in Rohre ohne zwischengelagerte Zugangspunkte möglich.

In vielen Situationen stellt die Flutung eine sehr effiziente Methode der nachträglichen Kabelinstallation dar. Die Leistung des Prozesses verringert sich bei der Verlegung von Kabeln mit einem Außendurchmesser von mehr als 75% des Innenrohrdurchmessers. Nichtsdestotrotz wurden auch bei höheren Füllfaktoren gute Ergebnisse erzielt, so wurde beispielsweise ein 38 mm Kabel über eine Strecke von 1,9 km bei einem Innenrohrdurchmesser von 41 mm eingebracht (93% Füllfaktor).

Die Flutung stellt auch ein sicheres Verfahren zur Entfernung von Kabeln aus einem Rohr dar und ermöglicht so die erneute Verwendung des Kabels. Das Ausblasen ist im Vergleich dazu eine risikoreiche Operation.

8.1.4 Kabelentkernung

Für die erfolgreiche Entkernung von Kabeln wurden neue Verfahren entwickelt. Bei dieser Methode kann der Kern eines Kupferkabels kosteneffizient und schnell durch Glasfasern ersetzt werden.

Anstelle des Aufgrabens über die gesamte Kabellänge werden nur zwei Kabelzugänge im Abstand von 50 m bis 400 m benötigt. Eine spezielle Flüssigkeit wird unter Druck in den Bereich zwischen Kabelmantel und der Umhüllung des Kabelkerns gepumpt, die den Kern vom Mantel trennt.

Anschließend wird der alte Kabelkern mechanisch herausgezogen, gereinigt und umweltfreundlich entsorgt oder recycled. Gleichzeitig wird ein leerer und exakt passender Mantel für das neue Glasfaserkabel in den alten Kabelmantel eingezogen.

Danach werden die sogenannten "Mikro-Röhren" verbunden, die Baulöcher verschlossen, und der leere Kabelmantel schließlich mit Glasfasern gefüllt.

Neben den positiven Umweltaspekten – alte Kabel können homogen recycled werden und die Flüssigkeit ist biologisch abbaubar – kann diese Technik 40% bis 90% preiswerter als die Verlegung neuer Kabel sein, insbesondere da die Bauzeit deutlich kürzer ist und die Planungs- und Baukosten geringer sind.



Abbildung 56: Kabelentkernung

8.1.5 Zugangs- und Verbindungsmuffen

Hinreichend dimensionierte Zugangsschächte sollten in regelmäßigen Abschnitten entlang der Rohrroute positioniert werden und so gelegen sein, dass eine Verbindung zu den Teilnehmerendkabeln bereitgestellt wird. Die Rohrschächte müssen für alle Installationsarbeiten an den Kabeln, die Lagerung von Reserveschlaufen für die Verbindungen und die Wartung, Seilhängern und –träger sowie die Lagerung der Kabelspleißkassetten groß genug sein.

Die Schächte können vor Ort gebaut oder vorgefertigt angeliefert werden und so die Bauzeit und die Störungen vor Ort minimieren. Vor Ort gebaute vorgefertigte Einheiten sind ebenfalls verfügbar. Ein abseitiger oder abseits der Trasse liegender Schacht kann in Betracht kommen, wenn vorhandene Zugangsschächte zu klein oder überfüllt sind.

8.1.6 Kabelmuffen

Kabelmuffen können als Durchgangsmuffe für die Verbindung sequentieller Kabel- oder Glasfaserstrecken oder als Verzweigungsmuffe für die Verteilung kleinerer Endkabel dienen. Die Muffen befinden sich üblicherweise in Mannlöchern oder Untergrundschächten. Gelegentlich befindet sich eine Kabelmuffe auch abseits der Trasse oder in oberirdischen Schränken.

Der Muffenabstand unterliegt keinen besonderen Regelungen, in mittelmäßig besiedelten Gebieten können sie im Abstand von ca. 500 m eingebaut werden, in dicht besiedelten Gebieten können dies 250 m sein. Gewisse Netzwerke erfordern den Einbau von Feldverbinder-Muffen, bei denen Glasfasern ohne Spleiß durch die Kabelmuffe verlaufen können; nur die benötigten Glasfasern werden für Spleißzwecke unterbrochen.

Die Muffe muss gegen dauerhafte Überflutung geschützt sein. Für den Fall einer späteren Erweiterung oder Änderung der Teilnehmerverbindungen muss der Zugang gewährleistet sein.

8.2 Eingeblasene Mikro-Rohre und Mikro-Kabel

Bei dieser Option wird Druckluft für das schnelle Einblasen eines Glasfaserbündels oder von Kabeln mit geringem Durchmesser durch ein Rohrnetzwerk bis zum Teilnehmer bzw. dessen Liegenschaft genutzt. Der Ausbau der Glasfaser kann bis zur Bestätigung der Teilnehmeranforderungen verschoben werden, hierdurch werden spekulative Vorab-Bauprogramme vermieden. Weiterhin wird die Spleißanzahl durch das Einblasen großer Glasfaserstrecken in das Rohrnetzwerk (das selbst durch Schnellverbinder einfach erstellt werden kann) minimiert. Eingeblasene Mikro-Rohre können in Verbindungen mit Rohren genutzt werden, direkt vergrabene, Luftkabel-Infrastrukturen und Rohre können sich in Gehäusen befinden, die für alle drei Methoden entworfen wurden.

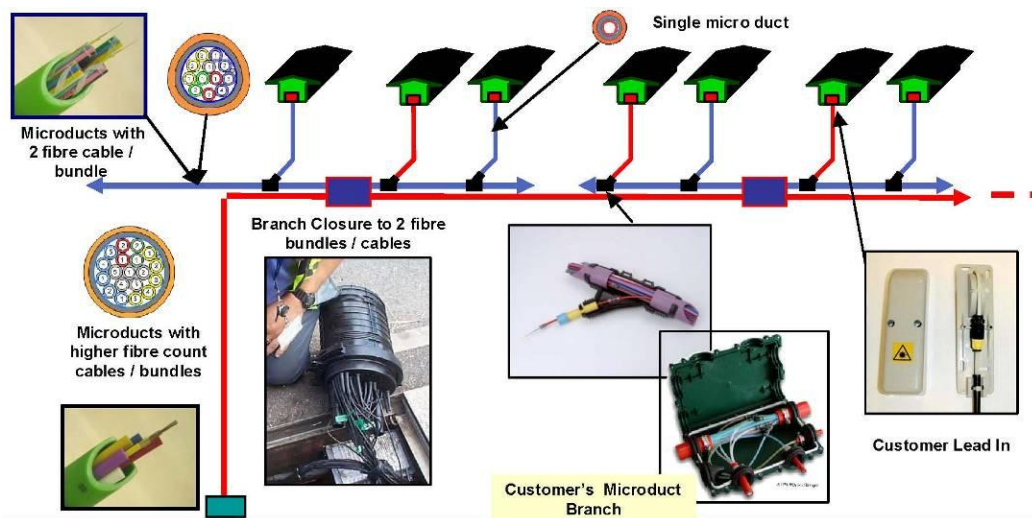


Abbildung 57: Produktkarte für eingblasene Mikro-Rohre und Mikro-Kabel

8.2.1 Mikro-Rohr Lösungen

Mikro-Rohre sind kleine, flexible und leichte Rohre mit einem Durchmesser von üblicherweise weniger als 16 mm. Sie stellen kleinere Versionen konventioneller Rohre dar (beispielsweise 10 mm Außendurchmesser, 8 mm Innendurchmesser) und sind vorinstalliert oder in größere Unterrohre eingblasen. Mikro-Rohre können der weiteren Segmentierung eines Unterrohres dienen (beispielsweise für die Verwendung von fünf 10 mm Mikro-Rohren), sie können direkt in die Unterrohre eingblasen werden. Diese könnten auch kleine Rohre sein (beispielsweise mit 5 mm Außendurchmesser, 3,5 mm Innendurchmesser), die als Einzel- oder Mehrfachrohr-Kombination hergestellt werden und unter dem Begriff "geschütztes Mikro-Rohr" bekannt sind. Geschützte Mikro-Rohr Kombinationen (mit üblicherweise 1 bis 24 Mikro-Rohren) können auf ähnliche Art und Weise wie die zuvor beschriebenen Luftkabel, Erdkabel oder Rohrkabel gebaut und in ähnlicher Weise installiert werden.



Abbildung 58: Unterteiltes Unterrohr



Abbildung 59: Nachträglich installierte Mikro-Rohre

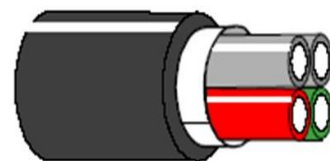


Abbildung 60: Geschütztes Mikro-Rohr

Dickwandige Mikro-Rohre müssen nicht in ein anderes Rohr eingblasen oder verlegt werden. Bündel dickwandiger Mikro-Rohre bieten die benutzerfreundlichste Steckverbinderlösung. Aus technischer Sicht stellt dies die optimale Lösung für oberflächennahe Anforderungen mit signifikant veränderlichen Temperaturen dar. Diese Produkte können über lange Distanzen in Bündeln von 2, 4, 6, 7, 12, oder 24 oder einzeln über kürzere Distanzen direkt vergraben werden. Weiterhin sind Mikro-Rohre die einfachste Lösung für eine Verzweigung: einfach das dünne äußere Coating entfernen und einen Steckverbinder montieren.



Abbildung 61: Dickwandiges Mikro-Rohrbündel



Abbildung 62: Verzweigung eines dickwandigen Mikro-Rohrs

Eng gebündelte Mikro-Rohre bieten eine große Anzahl von in einem Standardrohr vorinstallierten Mikro-Rohren. Sie bestehen aus einem Standard HDPE Rohr, das ein Bündel von Mikro-Rohren vorverkleidet. Sowohl das Hauptrohr als auch die Mikro-Rohre sind in verschiedenen Größen je nach Typ des Glasfaserkabels verfügbar. Eng gebündelte Mikro-Rohre werden zur Vermeidung von Knicken ummantelt, wodurch sie weniger anfällig gegen Temperaturänderungen sind.

Lose gebündelte Mikro-Rohre sind für ihren hohen Druckwiderstand sowie die rekordverdächtig hohen Einblasdistanzen bekannt. Lose gebündelte Mikro-Rohre werden auf zwei verschiedene Art und Weisen verlegt:

- Vorinstalliert in verschiedenen großen HDPE Rohren, geeignet für die Verlegung in Gräben und Verzweigungen, wo erforderlich
- Einblasen nach der Verlegung der HDPE Rohre, eine optimale Lösung für eine flexible nachträgliche Erweiterung.

8.2.2 Mikro-Rohr Verbinder und Muffen

Mikro-Rohrabschnitte können durch besondere Verbinder miteinander verbunden werden. Diese Verbinder sind in wasser- und gasgeschützten Ausfertigungen verfügbar.

Das Design der dickwandigen Mikro-Rohrverbinder ermöglicht dem Installateur ein Zusammenstecken der Enden der beiden Mikro-Rohre ohne weitere Muffe, Y-Verzweiger oder eine Rohrbox. Zum Schutz der Integrität und aus Sicherheitsgründen müssen an den Zugangspunkten des Netzwerks gasdichte Verbinder oder Terminierungen montiert sein.

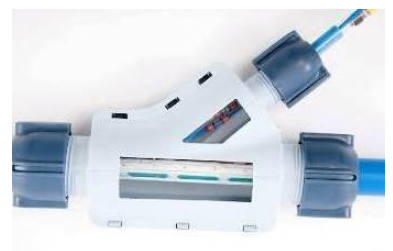


Abbildung 63: Verzweigungskomponenten

Eng gebündelte Mikro-Rohre erfordern an den Verzweigungen eine wasserdichte Muffe. Wasserdichte Y-Verzweiger und Wickelsteckverbinder stellen den Zugang bereit und erlauben die Verzweigung von Mikro-Rohren an jeder Stelle des Netzwerks. Rohr-Managementboxen erlauben die Verzweigung von Mikro-Rohren in mehrere Richtungen. Gerade Verbinder, Reducer und Verzweigungskomponenten für die Verbindung und Verzweigung des Rohrnetzwerks sind weitverbreitet. Zum Schutz der Integrität und aus Sicherheitsgründen müssen an den Zugangspunkten des Netzwerks gasdichte Verbinder oder Terminierungen montiert sein.



Abbildung 64: Steckbare Verbindungen (von links nach rechts): Gas-Block Rohrverbinder, gerade Rohrverbinder, Endrohrverbinder

8.2.3 Mikro-Rohr Kabel und Glasfaserbündel

Mikro-Rohre beinhalten Mikro-Rohr Kabel (beispielsweise 96 Glasfasern mit 6,4 mm Durchmesser für die Verwendung in einem 10 mm/8 mm Mikro-Rohr) oder sehr kleine eingeblasene Glasfaserkabelbündeln mit 1 mm bis 3 mm Durchmesser für bis zu 12 Glasfasern (beispielsweise vier Glasfasern in einem 1 mm Kabel zur Verwendung in 5 mm/3,5 mm Rohren). Die in diesen Rohren genutzten Kabel haben ein sehr geringes Gewicht und benötigen ein Schutzrohr. Mit anderen Worten: Rohr und Kabel agieren als ein System. Die Kabel werden eingeblassen und können mit speziellen Substanzen zur Unterstützung des Einblasens beschichtet sein.



Abbildung 65: Mikro-Rohr Kabel

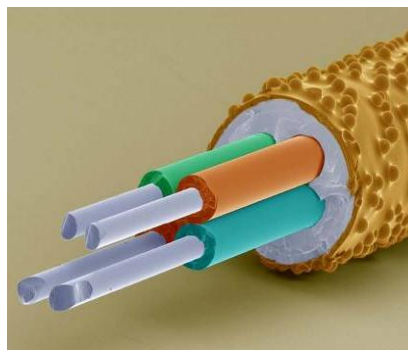


Abbildung 66: Mikro-Rohr Kabel mit vier Glasfasern

Die Größe der Mikro-Rohre muss entsprechend der benötigten Kabel- und Glasfaseranzahl gewählt werden. Typische Kombinationen aus Kabel- und Rohrgröße sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, andere Größen und Kombinationen sind ebenfalls möglich:

Mikro-Rohr Außendurchmesser	Mikro-Rohr Innendurchmesser	Typische Glasfaseranzahl	Typischer Kabeldurchmesser
16 mm	12 mm	24 bis 216	9,2 mm
12 mm	10 mm	96 bis 216	6,5 bis 8,4 mm
10 mm	8 mm	72 bis 96	6 bis 6,5 mm
7 mm	5,5 mm	48 bis 72	2,5 mm
5 mm	3,5 mm	6 bis 24	1,8 bis 2 mm
4 mm	3 mm	22 bis 12	1 bis 1,6 mm

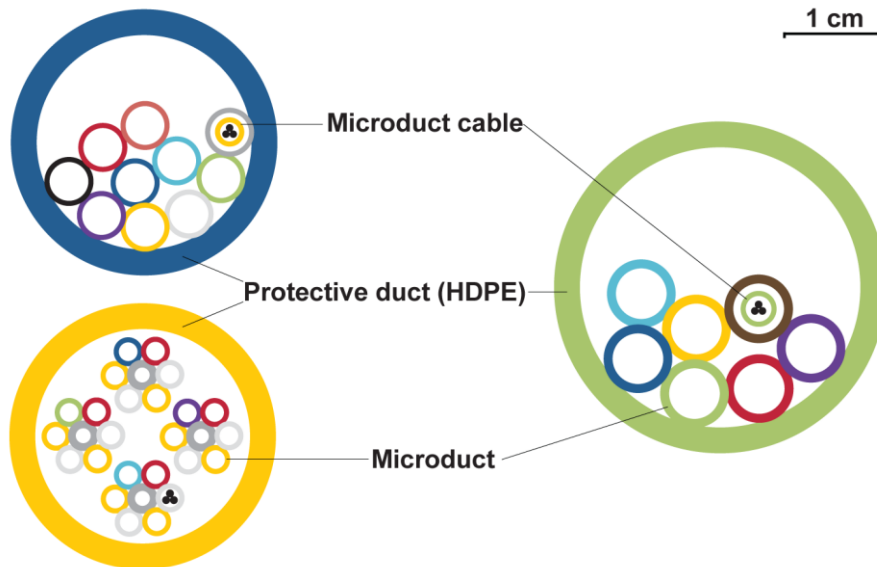


Abbildung 67: Geschützte Mikro-Rohre in loser Verrohrung

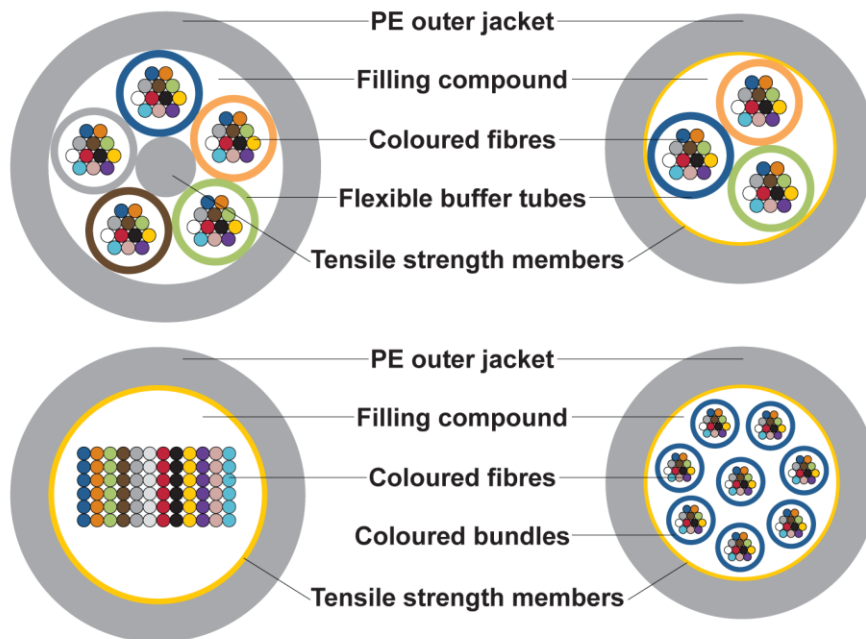


Abbildung 68: Mikro-Rohr Glasfaserkabel (nicht maßstabgetreu)

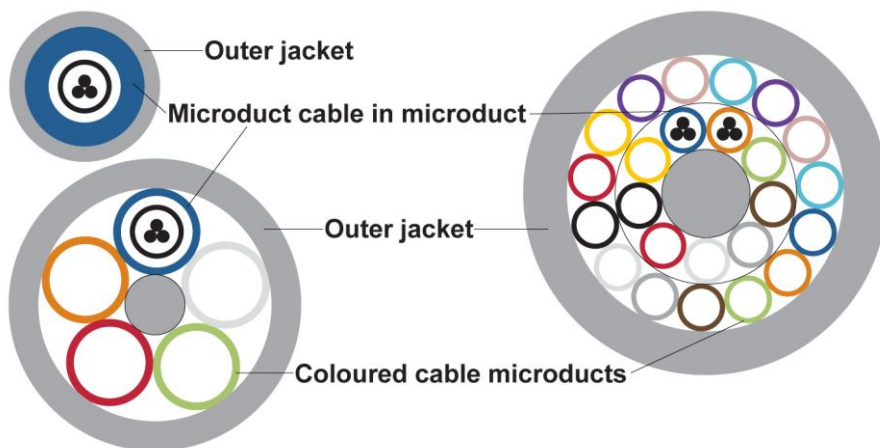


Abbildung 69: Geschütztes Kabel Mikro-Rohr mit engem integrierten Außenrohr (nicht maßstabsgetreu)

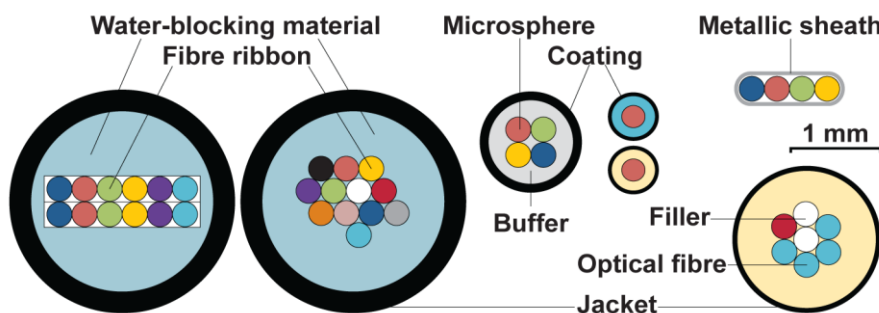


Abbildung 70: Beispiele von Glasfaserbündeln

PE...: PE Außenmantel; Filling...: Füllmaterial; Coloured...: Farbcodierte Glasfasern; Flexible...: Flexible Füllrohre; Tensile...: Zugentlastung; Outer...: Außenmantel; Water...: Wasserabweisendes Material, Metallic...: Metallischer Mantel

Die durch Einblasen erzielbare Distanz wird von dem gewählten Mikro-Rohr, dem Kabel und der Verlegeausrüstung sowie der Routenkomplexität abhängen, insbesondere von Biegungen und vertikalen Abweichungen.

Je weiter die Glasfaser dem Endkabel zum Haus nahekommst desto kleinere Rohre können eventuell verwendet werden (beispielsweise 4 mm/3 mm oder 3 mm/2,1 mm), da die verbleibende Einblasdistanz recht kurz sein wird.

8.2.4 Installation von Mikro-Kabeln/eingebblasenen Glasfaserbündeln

Das Installationsverfahren ist dem für vollformatige Kabel genutzten sehr ähnlich, es verwendet jedoch eine kleinere Einblasvorrichtung und kleinere, leichtere sowie flexiblere Kabelabwickelgeräte – Spulen anstelle von Trommeln und Käfigen und Wannen. Unter gewissen Umständen können Mikro-Kabel unter Verwendung einer kleineren Flutungs-Ausrüstung geflutet werden.

8.2.5 Schächte für Zugänge- und Muffen

Dieselben Grundsätze wie für normale Kabel treffen auch auf Mikro-Rohr Kabel zu. Weiterhin ist die Verzweigung von Mikro-Rohren in Lokationen mit Mannlöchern möglich, hierzu wird eine geeignete eingeschliffene Verzweigungsmuffe anstelle eines normalen Schachts verwandt.

8.2.6 Muffen für Mikro-Kabel

Muffen für die Verbindung von Mikro-Kabeln besitzen dieselben grundlegenden Eigenschaften wie Muffen für Rohrverbindungen. Jedoch existieren verschiedene Ausführungen je nachdem, ob die Muffe für die Verbindung oder für die Verzweigung von Glasfasern genutzt wird oder ob die Rohre selbst verbunden oder verzweigt werden müssen. Diese Muffen erlauben eine beträchtliche Flexibilität bei der Streckenführung der Rohre und minimieren gleichzeitig die Anzahl der Installationsschritte. Im Anschluss an die Verbindung der Rohre (unter Verwendung der einfachen Übergänge anstelle großformatiger Muffen) können die Kabel oder Glasfasern entlang der gesamten Strecke eingepulst werden.

Externe Rohre können direkt mit geeigneten Innenrohren verbunden werden, wodurch ein Verbindungspleiß am Hausübergabepunkt überflüssig wird. Möglicherweise sind weitere Sicherheitsfunktionen erforderlich, insbesondere in Bezug auf die Druckentlastung. Falls eine vollverbundene luftdichte Muffe erforderlich sein sollte, könnte eine ernsthafte Situation entstehen, wenn die Glasfaser durch eine Muffe hindurchgeblasen wird und eine undichte Stelle innerhalb der in der Muffe befindlichen Rohre auftritt. Dies könnte eine Explosion der Muffe verursachen, daher muss ein zuverlässiges Sicherheitsventil oder ein anderer Mechanismus zur Druckentlastung eingebaut sein.

8.3 Direkt vergrabene Kabel

Direkt vergrabene Kabel bieten eine sichere, geschützte und verborgene Umgebung für Kabel; bevor die Kabel jedoch in einem schmalen Graben verlegt werden können, muss eine detaillierte Prüfung erfolgen, damit keine anderen benachbarten vergrabenen Kabel beschädigt werden.

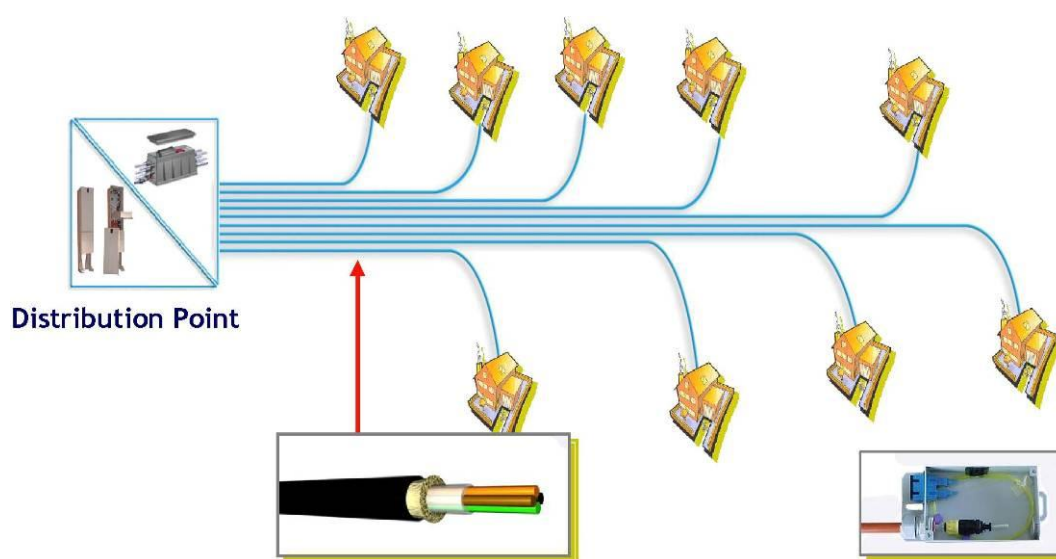


Abbildung 71: Produktkarte für direkt vergrabene Kabel

8.3.1 Installationsoptionen

Für die Erstellung von Gräben kann eine Anzahl von Grabetechniken eingesetzt werden, so beispielsweise das Raketenpflugverfahren, offene Gräben, Schlitz- und Richtungsbohrverfahren. Im Ausbaubereich kann eine Kombination dieser Optionen zum Einsatz kommen.

8.3.2 Direkt vergrabene Kabel – Typen

Direkt vergrabene Kabel sind Kabeln für Rohrverlegung ähnlich, da auch hier gefüllte Hohladern verwandt werden. Die Kabel sind zum Schutz möglicherweise zusätzlich armiert, obwohl dies auch von der Verlegetechnik abhängig ist. Vorbereitete Gräben und ein Einbetten des vergrabenen Kabels in Sand kann für leichte Kabel ausreichend sein, wogegen ein Raketenpflugverfahren oder eine Verfüllung mit steinhaltiger Erde ein robusteres Design erfordern kann. Der Druckschutz ist ein wesentlicher Parameter und könnte aus einer Stahl-Welleinlage oder einer dicken Ummantelung aus geeignetem harten Polyäthylen bestehen.



Abbildung 72: Kabel mit Stahl-Welleinlage



Abbildung 73: Direkt vergrabenes nicht-metallisches Kabel

8.3.3 Blitzschutz

Nicht-metallische Konstruktionen können in Gebieten mit hohem Blitzaufkommen von Vorteil sein. Jedoch weisen diese Kabel eine geringere Druckfestigkeit als Kabel mit Stahl-Einlage auf. Die Stahleinlage kann einem direkten Blitzeinschlag standhalten, insbesondere wenn das Kabel keine weiteren metallischen Komponenten beinhaltet. Es bietet weiterhin eine exzellente Druckfestigkeit.

8.3.4 Nagetierschutz

Stahl-Welleinlagen haben sich als eine der besten Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch Nagetiere oder andere Wühltiere herausgestellt. Falls das Kabel nicht-metallischer Natur sein soll könnte die vollständige Glaseinspinnung zur Abschreckung der Tiere in gewissem Maß eine Option darstellen.

8.3.5 Termitenschutz

Nylon-Ummantelungen bieten, auch wenn sie sehr kostenaufwändig sind, einen ausgezeichneten Schutz gegen Termiten. Nylon widersteht Bisschäden und ist gegen die Termitenexkremete chemisch resistent.

8.3.6 Zugangs- und Muffenschächte

Je nach der aktuellen Anwendung werden vergrabene Muffen typischerweise anstelle der in der Rohrinstallation genutzten Zugangs- und Muffenschächte eingesetzt.

8.3.7 Muffen für direkt vergrabene Kabel

Die grundlegenden Muffen für direkt vergrabene Kabel sind den Muffen für in Rohren verlegte Kabel ähnlich, erfordern jedoch möglicherweise einen zusätzlichen mechanischen Schutz. Die Muffe muss unter Umständen auch die Verteilungen kleinerer Endkabel erlauben.

8.4 Luftkabel

Luftkabel werden von Masten oder anderen Turm-Infrastrukturen unterstützt und stellen eine der kosteneffektivsten Verfahren für den Einsatz von Endkabeln bei der finalen Verbindung der Teilnehmer dar. Die Hauptvorteile sind die Verwendung einer vorhandenen Mast-Infrastruktur für die Verbindung zu den Teilnehmern sowie die Vermeidung der Straßen-Erdarbeiten für das Vergraben von Kabeln oder neuer Rohre. Luftkabel lassen sich vergleichsweise schnell und einfach verlegen und verwenden die den lokalen Installateuren bereits bekannte Hardware bzw. Verfahren.

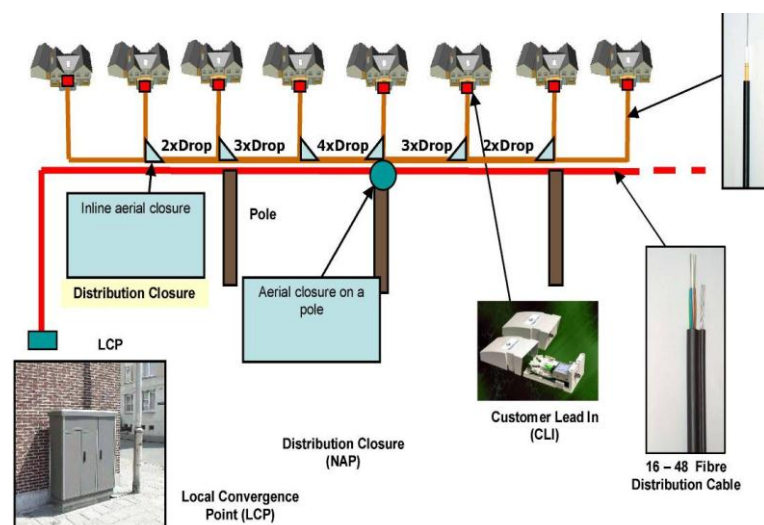


Abbildung 74: Produktkarte für Luftkabel

Inline...: Durchgangsmuffe; Pole: Mast; Local...: Lokaler Konvergenzpunkt (Local Convergence Point, LCP); Distribution...: Verteilergehäuse

8.4.1 Lastkapazität der Mast-Infrastruktur

Die für die Befestigung der optischen Kabel genutzten Masten sind unter Umständen bereits mit anderen Kabeln belegt. In der Tat kann die vorherige Existenz der Mastroute ein Hauptgrund für die Wahl dieses Infrastrukturtyps sein. Das Hinzufügen der Kabel erhöht die von den Masten zu tragende Last, daher ist die Prüfung des Mastzustands und der Gesamttragfähigkeit eine wichtige Aufgabe. In einigen Ländern, wie dem Vereinigten Königreich, müssen die in Luftverkabelungen genutzten Kabel zur Vermeidung von Mastschäden zwangsweise brechen, wenn sie mit hohen Fahrzeugen in Kontakt kommen.

8.4.2 Luftkabeltypen

Luftkabeltypen sind unter anderem runde selbsttragende (ADSS oder ähnlich), Figure-8, gewickelte oder verzurte Kabel.

ADSS ist in Fällen hilfreich, in denen eine elektrische Isolation wichtig ist, beispielsweise auf Masten mit gemischter Bestückung von Stromversorgungs- und Datenkabeln, die einen hohen mechanischen Schutz erfordern. Dieser Kabeltyp wird auch von Unternehmen favorisiert, die im Umgang mit Kupferkabeln erfahren sind, da ähnliche Hardware und Verlegetechniken genutzt werden können.



Abbildung 75: Aufgewickeltes Luftkabel

Das Figure-8 Kabel erlaubt eine einfache Trennung des optischen Teils und vermeidet den Kontakt mit der Zugentlastung. In der ADSS Kabelkonstruktion ist die Zugentlastung Teil des Kabels.

ADSS Kabel haben den Vorteil der Unabhängigkeit von den Kraftleitungen, da sie gemeinsam mit phasengewickelten Kabeln ein besonderes Material gegen Kriechströme verwenden, wenn sie in Umgebungen mit starken elektrischen Feldern eingesetzt werden.

Verzurte oder gewickelte Kabel werden durch die Befestigung eines konventionellen Kabels an einem separaten Drahtabhänger mittels eines besonderen Werkzeugs gebaut; dies kann die Auswahl des Kabels vereinfachen. Gewickelte Kabel verwenden besondere Wickelmaschinen für den Einsatz des Kabels um Erd- oder Phasenleiter herum.

Falls Glasfaser direkt auf einer Hochspannungsleitung eingesetzt werden soll, kann dies den Einsatz eines OPGW (Optical Ground Wire) in der Erdleitung erfordern. OPGW schützt die Glasfasern durch eine einfache oder doppelte Lage von Stahlarmierungsdrähten. Der Grad des Armierungsdrahts und der Kabeldurchmesser werden normalerweise anhand der Kompatibilität mit der vorhandenen Hochspanningsinfrastruktur ausgewählt. OPGW bietet eine hervorragende Zuverlässigkeit, ist aber normalerweise nur dann eine Option, wenn Erdungskabel installiert oder aufgearbeitet werden müssen.

Luftkabel können ähnliche Kabelemente und Konstruktionen wie die zuvor beschriebenen Rohrkabel oder direkt vergrabenen Kabel beinhalten. Runde Konstruktionen, ob selbsttragend, gewickelt oder verzurrt, können zusätzliche periphere Zugentlastungsanteile sowie einen Mantel aus Polyäthylen oder spezielle Materialien gegen Kriechströme aufweisen (wenn diese in Gebieten mit starken elektrischen Feldern eingesetzt werden). Figure-8 Konstruktionen kombinieren ein Rundkabel mit einem High Modulus Drahtabhänger.

Falls das Zubringerkabel durch eine Lufttrasse gespeist wird, ist die Glasfaseranzahl mit derjenigen der unterirdischen Konstruktion vergleichbar.

Es ist zu erwähnen, dass sich alle der obigen Betrachtungen auf eingblasene Glasfasersysteme auf Masten oder anderen hochlagigen Infrastrukturen beziehen.

Die besonderen Aspekte von Luftkabeln, die Umweltextremen wie Eis oder Windlasten ausgesetzt sind, müssen bedacht werden. Das Material des Kabelmantels sollte auch in angemessener Weise gegen Sonneneinstrahlung stabilisiert sein. Die Installationsmedien müssen sorgfältig ausgewählt werden (beispielsweise Masten, Hochspannungsleitungen, kurze oder lange Abhängstrecken, Lastfähigkeit).

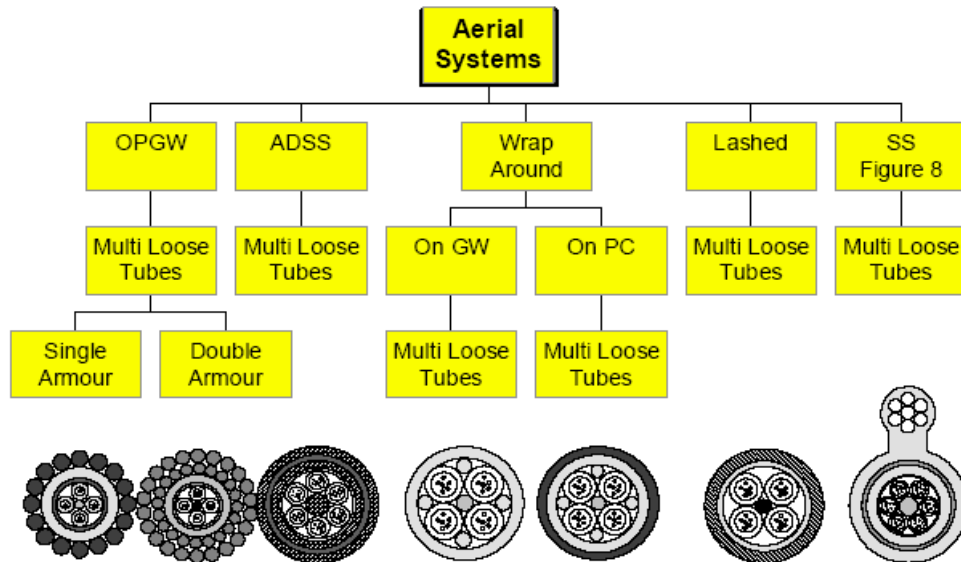


Abbildung 76: Auswahl von Luftkabeln

Aerial...: Luftkabelsysteme; Wrap around: Wickelsysteme; Lashed: Zurrssysteme; Multi Loose...: Multi-Hohlader; Single Armour...: Einzelarmierung; Double Armour: Doppelarmierung

Kabel sind auch mit einer "Unitube" Struktur verfügbar.

8.4.3 Unterstützungs-Hardware für Kabelmasten

Unterstützende Hardware kann Spannklemmen zur Verankerung des Kabels an einem Mast oder zur Kontrolle einer Richtungsänderung der Masten umfassen. Zwischenliegende Aufhängungen werden zur Unterstützung des Kabels zwischen den Spannungspunkten verwandt. Das Kabel kann mit Bolzen oder mit vorgeformten helischen Fertigteilen verankert werden, die eine radiale und gleichmäßige Haltekraft ausüben. Beide Lösungstypen sollten in Hinsicht auf den passenden Durchmesser und die Kabelkonstruktion sorgfältig ausgewählt werden. Sollte das Kabel am Mast herunter geführt werden, ist eventuell ein Schutz erforderlich, beispielsweise durch eine Abdeckung mit einer engen Metallplatte.

Sehr lange Strecken oder eine Modifikation des Führungsprofils durch Schnee- oder Eisbelastungen oder Querwinde mit mittlerer oder hoher Geschwindigkeit können einen aerodynamischen Auftrieb bewirken, der zu einer niederfrequenten Oszillation mit mehreren Metern Amplitude führen kann. Dieser ist als "galoppieren" bekannt. Zur Reduzierung der drohenden Metallermüdung der Spannklemmen und Aufhängungen werden an die Verbindung angebrachte Schwingungsdämpfer, entweder nahe der unterstützenden Struktur oder in den Bündelabstandshaltern integriert, eingesetzt.

8.4.4 Kabelbefestigung

Luftkabel werden installiert, indem sie über zuvor angebrachte Rollen und Aufhängungen gezogen und nachfolgend darauf mit Spannklemmen und Aufhängungen oder mit vorgeformten helikalen Endösen und Aufhängungen an den Masten gesichert werden. Die Installation erfolgt üblicherweise bei guten Wetterbedingungen, wobei der Beginn der Installation häufig als „Everyday Stress“ (EDS) bezeichnet wird. Wechselnde Wetterbedingungen, Temperaturextreme, Eis und Wind können Auswirkungen auf die Kabelbelastung haben. Das Kabel muss diesen Sonderbelastungen standhalten können.



Abbildung 77: Luftkabelinstallation.

Es muss darauf geachtet werden, dass eine nach der Installation auftretende zusätzliche Durchhängung, beispielsweise aufgrund von Eisbelastung, nicht die Bodenfreiheit des Kabels kompromittiert (die Vorschriften lokaler Behörden bezüglich der Durchfahrthöhen müssen beachtet werden). Auch dürfen keine Interferenzen mit anderen Mast-montierten Kabeln aufgrund anderer thermischer Ausdehnungskoeffizienten auftreten.

8.4.5 Luftkabelmuffen

Muffen können auf dem Mast oder Turm montiert sein oder sich in einem Gehäuse auf dem Boden befinden. Zusätzlich zu den für Rohrmuffen üblichen Verfahren sollte der Schutz gegen UV Einstrahlung und mögliche illegale Schießübungen bedacht werden, dies gilt insbesondere für auf Masten montierte Muffen. Die Muffe kann auch eine Funktion zur Verteilung kleinerer Endkabel erfordern.

8.4.6 Weitere Ausbauspekte

Luftkabelprodukte können eher durch Vandalismus gefährdet sein als vergrabene oder in Rohren geführte Produkte. Kabel können beispielsweise für illegale Schießübungen missbraucht werden, dies ist aufgrund der großen Distanz zwischen Waffe und Ziel eine Einwirkung mit geringer Energie. Bei diesbezüglichen Bedenken stellte sich eine Figure-8 Konstruktion mit einer Armierung aus einer Stahl-Welleinlage als sehr effektiv heraus. Bei nicht-metallischen Konstruktionen können sich auch dicke Beschichtungen aus Aramid-Garn, bevorzugt in Bandform, als effektiv herausstellen. OPGW Kabel bieten in Anbetracht ihrer Stahlarmierung wahrscheinlich den besten Schutz.

8.5 Vortermiierter Netzerkaubau

Sowohl Kabel als auch Hardware können bereits ab Werk mit optischen Steckverbindern termi- niert sein. Dies ermöglicht einen Werkstest und verbesserte Zuverlässigkeit bei gleichzeitiger Reduzierung der vor Ort erforderlichen Zeit und Fähigkeiten.

Vortermiierter Produkte werden typischerweise vom primären Glasfaser Konzentrationspunkt in Verteilern bis zum finalen Endkabel beim Teilnehmer genutzt und ermöglichen auf diese Weise einen schnellen Netzerkaubau der anschließbaren Wohneinheiten. Wenn ein Teilnehmer einen Service benötigt, erfordert der Endanschluss nur einen einfachen Plug-and-Play Kabelsatz.

Es stehen mehrere Vortermiierungs-Lösungen zur Terminierung entweder in oder außerhalb des Produktgehäuses zur Verfügung, einige Beispiele sind nachfolgend dargestellt.



8.6 Straßenverteiler

Ein vergrabenes FTTH Netzwerk umfasst auch die Kommunikationsausrüstung, die sich entweder ober- oder auch unterirdisch befinden kann. Straßenverteiler können sowohl ober- als auch unterirdisch montiert werden, der übliche Platz ist oberirdisch.

Moderne Straßenverteiler weisen unterschiedliche Größen auf, haben geringere Profile und benötigen weniger Platz. Sie fallen weniger auf als die größeren für ein Kupfer- oder VDSL Netzwerk erforderlichen Verteiler. Auch wenn die Sichtbarkeit ein wichtiger Faktor ist, so ist dies doch nicht der einzige Aspekt. Andere Aspekte sind:

- Die **Kosten** – Die Arbeitskosten beim FTTH Ausbau stellen die Materialkosten der Netzwerkkomponenten oft in den Schatten. Verteiler können eine kostengünstige Methode der Bereitstellung eines Netzwerk Zugangspunkts darstellen, wenn sie den Bauspezifikationen und der Methodik entsprechen. Ein Lösung für skalierbare oder modulare Verteiler kann bei der Dämpfung der Projektkosten helfen, da Verteiler bei Bedarf einfach erweitert werden können.
- Der **Netzwerkzugang** – Je nach geographischer Situation wird die Spleißmuffe bei einer oberirdischen Installation besser montierbar sein und in vernünftigem Maß sauber bleiben. Feuchte Umgebungen können traditionelle Hand- und Mannlöcher in Miniatur-Schlambäder verwandeln und die Montagezeiten verlängern. Aufgrund der Eissituation können kalte Winter den Zugang zu unterirdischen Installationen erschweren oder verhindern.

Der normale Zugang zu einem Verteiler kann erforderlich sein, jedoch bleiben örtliche Probleme bestehen. Die Lösung besteht in unterirdischen Installationen, die für den Zugang ein Herausfahren des Verteilers aus dem Boden erlauben. Nach Abschluss der Arbeiten wird der Verteiler wieder an seine originale Position im Untergrund zurückgefahren. Das einzige sichtbare Anzeichen des Verteilers ist eine Mannloch-Abdeckung.

Die größten Bedenken bezüglich der oberirdischen Installation ist die vergleichsweise hohe Empfindlichkeit der Verteiler gegen unkontrollierte Schäden wie beispielsweise Fahrzeugunfälle und Vandalismus. Abstände vom Bürgersteig und die Positionierung auf Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen müssen bedacht werden. Die Positionierung kann auch durch lokale Behördenvorschriften – wie beispielsweise in historischen Stadtkernen oder auf sicheren öffentlichen Plätzen – eingeschränkt werden.

Ein typischer Straßenverteiler hat drei Funktionen:

1. Das **Rohrmanagement** befindet sich im Hauptschacht und dient der Verbindung, der Aufteilung und der Lagerung von Rohren und Kabeln. Derselbe Platz kann auch als Zugangspunkt für Rohre oder Kabel und das Einblasen von Glasfaserbündeln (auch für das Mitten-Einblasen) dienen.
2. Das **Basismanagement** ist der Bereich, in dem Rohre, modulare Kabel und Glasfaserkabel befestigt und verwaltet werden können, meist auf einer Montageschiene.
3. Das **Glasfasermanagement** ist der Bereich, wo die Glasfasern der unterschiedlichen Kabel gespleißt werden können. Diese Konstruktion ermöglicht die einfache und fehlerfreie Verbindung verschiedener Glasfasertypen.



Abbildung 79:
Rohrmanagement.



Abbildung 80:
Basismanagement



Abbildung 81:
Glasfasermanagement

Der Schutz aktiver Komponenten, die empfindlich auf extreme Temperaturen und/oder Feuchtigkeit reagieren, erfordert eine kontrollierte Umgebung, die durch einen Klima-kontrollierten Verteiler für den Außeneinsatz gegeben ist.



Abbildung 82: Beispiele von Straßenverteilern in verschiedenen Größen

Straßenverteiler können vorkonfiguriert und terminiert werden, sie werden im Werk montiert und vor der Auslieferung getestet. Die Verteiler verfügen über einen Kabelanschluss, der zum Zweck einer einfachen Plug-and-Play Konnektivität bis zur nächsten Muffe mit einem Patch Panel verläuft. Dies ermöglicht eine schnelle Installation und reduziert erheblich die Wahrscheinlichkeit von Installationsfehlern vor Ort.

Kompakte Sockel und Verteiler, die für den Einsatz als letzter Verteilungspunkt in der Liegenschaft entwickelt wurden, können direkt vor dem Grundstück der Bewohner oder entlang der Straße aufgestellt werden. Diese Verteiler werden auch als einfacher Reparatur- und Zugangspunkt zum Glasfasernetzwerk genutzt.

8.7 Andere Ausbauoptionen mit Wegerecht

Zusätzlich zu traditionellen Kabeltrassen können auch andere Wegerechts-Zugangspunkte (Right Of Way, RoW) genutzt werden, falls diese bereits verfügbar sind. Der Einsatz von Kabeln in Wasser- und Abwassersystemen, Gasleitungssystemen, Kanälen und Wasserwegen sowie anderen Transportsystemen kann Zeit und Geld sparen.

Kabelinstallationen in vorhandenen Rohr-Netzwerken müssen deren ursprüngliche Funktion nicht stören. Einschränkungen während Reparatur- und Wartungsarbeiten müssen auf ein Minimum reduziert und mit den Netzbetreibern koordiniert werden.

8.7.1 Glasfaserkabel in Kanalsystemen

Kanäle können für Zugangsnetzwerke genutzt werden, da sie nicht nur nahezu jeden Bereich einer Stadt sondern auch potenzielle Teilnehmer erreichen. Die Nutzung der Kanalsysteme vermeidet auch die Notwendigkeit von Genehmigungen für Erdarbeiten und reduziert die Installationskosten.

Die Tunnelgrößen öffentlicher Kanäle reichen von 200mm Durchmesser bis zu Tunneln, die mit einem Boot zugänglich sind. Die Mehrzahl der öffentlichen Kanäle hat einen Durchmesser von 200mm bis 350mm, was einen hinreichend großen Querschnitt für die Verlegung von einem oder mehreren Mikro-Rohrkabeln darstellt.

Je nach Querschnitt des Kanals sind verschiedene Installationsverfahren möglich. Ein Verfahren verwendet Stahlverankerungen zur Befestigung von Stahlröhren, die für den Transport der Kabel genutzt werden. Die Stahlverankerungen werden an der inneren Wand der kleineren Kanäle ohne Bohren, Fräsen oder Schneiden befestigt. Dazu dient ein Roboter, der auf einem Modul zur Reparatur der Kanäle beruht.

8.7.2 Glasfaserkabel in Gasleitungen

Gasleitungen können ebenfalls für den Ausbau des Glasfasernetzwerks genutzt werden, da dies keine größeren Störungen oder aufwändige Straßenarbeiten in der Kommune erfordert. Bei konventionellen Aufgrab- und Verfülltechniken ist dies sonst der Normalfall. Das Glasfasernetzwerk wird mithilfe eines speziell entwickelten I/O Ports ausgebaut, der das Kabel unter Umgehung der Gasventile in das Kabel ein- bzw. wieder ausführt.

Das Kabel wird in die Gasleitungen mithilfe eines stabilisierten Schirms eingeblasen. Je nach den lokalen Gegebenheiten dient hierzu entweder der natürliche Gasstrom oder komprimierte Luft.

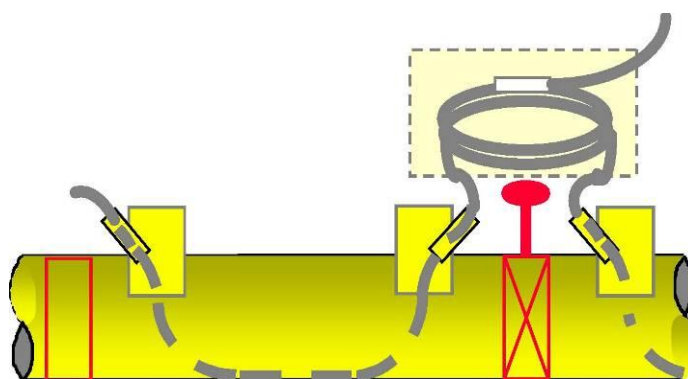


Abbildung 83: Gasleitungsabschnitt einschließlich I/O Ports und der Umgehung eines Ventils als Definition eines singulären Präsenzpunkts des Glasfaserkabels

Das Gasleitungssystem bietet den Glasfaserkabeln aufgrund seiner tiefen Lage unter der Straßenoberfläche und unter anderen Infrastrukturen einen guten Schutz.

8.7.3 Glasfaserkabel in Trinkwasserrohren

Trinkwasserleitungen können für den Ausbau der Glasfaserkabel auf ähnliche Art und Weise wie Gasleitungen genutzt werden.

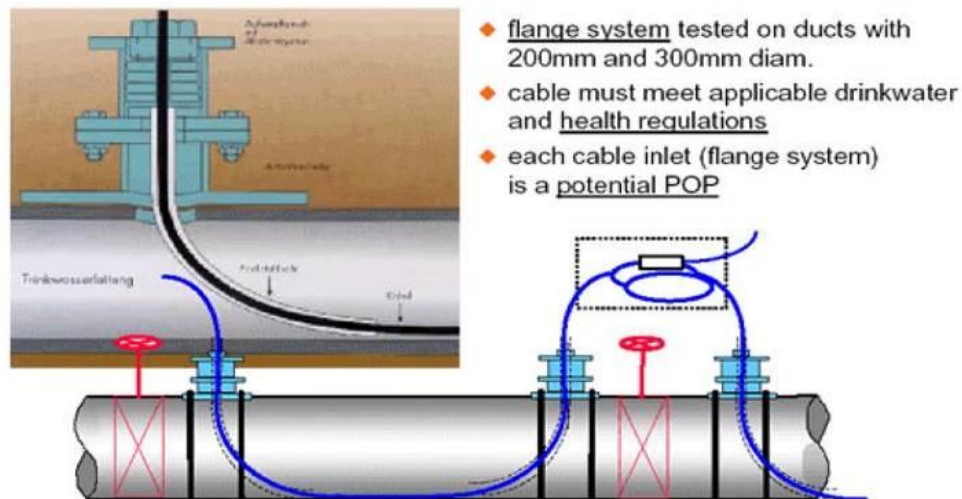


Abbildung 84: Querschnitt eines in einem Trinkwassersystem installierten Glasfaserkabels

Flange...: Flanschsystem, getestet an Rohren mit 200mm und 300mm Durchmesser; cable...: das Kabel muss die Trinkwasser- und Gesundheitsrichtlinien einhalten; each cable...: jeder Kabelzugang (Flanschsystem) ist ein potenzieller POP

8.7.4 Kanäle und Wasserwege

Für die Querung von Wasserwegen und Kanälen können gehärtete Glasfaserkabel risikolos genutzt werden, da die Glasfaser gegenüber Feuchtigkeit unempfindlich ist.

8.7.5 Untergrund- und Transporttunnel

Glasfaserkabel können in Untergrundtunneln installiert werden, dies geschieht häufig entlang der Strom- und anderer Datenkabel. Diese werden sehr häufig an der Tunnelwand unter Zuhilfenahme von Trägern befestigt. Sie können auf ähnliche Art und Weise wie Kabel in Kanälen befestigt werden.

Zwei zu bedenkende Probleme sind der Brand- und Nagetierschutz.

Im Fall eines Feuers in einem Transporttunnel ist die Evakuierung der Menschen ein kritischer Aspekt. Die IEC TR62222 stellt Leitlinien für die Brandlast von Kommunikationskabeln in Gebäuden bereit, die bei ähnlichen Brandszenarien auch auf Transporttunnel angewandt werden können. Dort sind potenzielle Gefahren wie die Rauchemission, die Feuerausbreitung, toxische Gase und Rauchgase aufgeführt, die alle eine Evakuierung behindern können.



Abbildung 85: Kabelinstallation in einem Eisenbahntunnel

Potenzielle Benutzer von Untergrund- und Transporttunneln sollten die Berücksichtigung aller lokalen Brandschutzvorschriften vor der Installation gewährleisten. Dies umfasst die Befestigungen, die Konnektivität und jegliche genutzte Ausrüstung.

Kabel in Tunneln können auch Nagetierattacken ausgesetzt sein und daher möglicherweise einen besonderen Schutz, beispielsweise in Form von Stahl-Welleinlagen, erfordern.

9 Glasfasern und deren Management

9.1 Wahl der Glasfaser für FTTH

Mehrere Glasfasertypen stehen zur Auswahl. FTTH beruht üblicherweise auf singlemode Glasfaser, in besonderen Situationen können jedoch auch multimode Glasfaser verwandt werden. Die Auswahl der Glasfaser erfolgt unter mehreren Gesichtspunkten. Die hier aufgeführten sind nicht erschöpfend, andere Faktoren müssen fallweise eventuell ebenfalls berücksichtigt werden.

- **Netzwerkarchitektur** – Die Wahl der Netzwerkarchitektur beeinflusst die über die Glasfaser zu liefernde Datenrate sowie das optische Leistungsbudget des Netzwerks . Beide Faktoren beeinflussen die Auswahl der Glasfaser.
- **Netzwerkgröße** – Die Netzwerkgröße kann sich auf die Anzahl der durch das Netzwerk bedienten Liegenschaften beziehen. In diesem Kontext bezieht sich diese Angabe jedoch auf die physikalischen Distanzen des Netzwerks. Das verfügbare Leistungsbudget bestimmt die Entfernung der POPs zum Teilnehmer. Die Leistungsbudgets werden durch alle Komponenten im optischen Pfad bestimmt, dies umfasst auch die Glasfaser.
- **Typ der im Netzwerk vorhandenen Glasfaser** – Bei der Erweiterung eines vorhandenen Netzwerks muss die in den neuen Netzwerksegmenten genutzte Glasfaser mit den Glasfasern des vorhandenen Netzwerks kompatibel sein.
- **Erwartete Lebensdauer** – FTTH Netzwerke werden für eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren entworfen. Daher ist es zwingend erforderlich, dass die Investitionen in die FTTH Infrastruktur auch zukünftigen Anforderungen genügen. Eine Änderung der Glasfaserauswahl während der erwarteten Lebensdauer des FTTH Netzwerks ist keine realistische Option.

9.1.1 Glasfasergrundlagen

Die Glasfaser ist effektiv eine "Lichtleitung" zur Übertragung von Lichtimpulsen, die von Lasern oder anderen optischen Quellen erzeugt werden, an einen Empfangssensor (Detektor). Licht kann in Glasfasern über beträchtliche Distanzen übertragen werden und dabei schnelle Anwendungen unterstützen, die für heutige Kupfer-basierende Netzwerke unmöglich wären. In den sechziger Jahren entwickelt, erfuhr die Glasfaser erhebliche Entwicklungsschritte und wurde aufgrund der mittlerweile erfolgten Standardisierung zu einer zuverlässigen und erprobten Grundlage der heutigen modernen Telekommunikations-Übertragungssysteme.

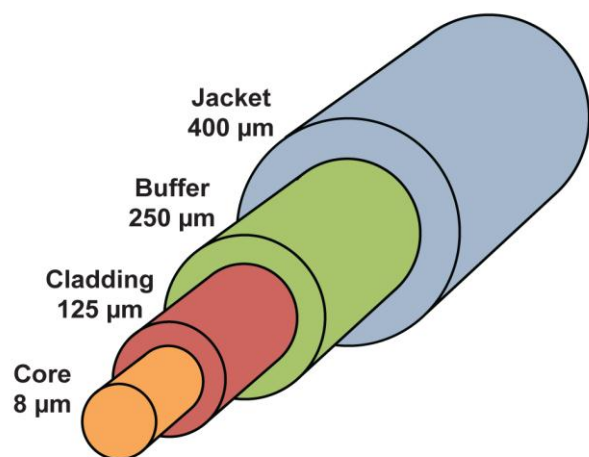


Abbildung 86: Aufbau einer singlemode Glasfaser
Core: Kern; Cladding: Mantel; Buffer: Puffer; Jacket: Mantel

Die Glasfaser besteht aus hochreinem Silizium. Anfänglich aus Glasstäben bestehend, werden Glasfasern zu hauchdünnen Fäden gezogen und mit einer dünnen Beschichtung aus Kunststoff geschützt.

Die Glasfaser besteht aus einem Kern, einem Mantel und der äußeren Beschichtung. Licht wird in die Kernregion eingespeist. Der umgebende Mantel verhindert einen Lichtaustritt und gewährleistet, dass das Licht bei seiner Reise durch den Kern dort verbleibt. Während des Zugprozesses wird eine äußere, üblicherweise aus Polymer bestehende, Beschichtung aufgebracht.

Glasfasern werden anschließend vor der Installation in unterschiedlichen Konfigurationen gefertigt. Details über die Kabel sind in den anderen Kapiteln dieses Handbooks enthalten.

In Anbetracht der vielen unterschiedlichen Glasfasertypen konzentriert sich dieses Handbooks auf Glasfasern für FTTH Anwendungen.

Der Glasfaserkern kann unterschiedliche geometrische Abmessungen aufweisen, die je nach Art der Lichtimpulsübertragung unterschiedliche optische Leistungsmerkmale aufweisen.

Eine Anzahl von Parametern bestimmt, wie effizient die Lichtimpulse über die Glasfaser übertragen werden. Die beiden Hauptparameter sind die Dämpfung und die Dispersion.

Die **Dämpfung** beschreibt die Verringerung der optischen Leistung über die Distanz. Sogar mit den für die Herstellung des Glasfaserkerns und des Mantels verwandten extrem reinen Materialien entsteht durch die Streuung und Absorption in der Glasfaser über die Distanz ein Leistungsverlust. Die Glasfaserdämpfung begrenzt die Distanz, die die Lichtimpulse überwinden und dabei doch noch messbar sein können. Die Dämpfung wird in Dezibel pro Kilometer (dB/km) bei einer gegebenen Wellenlänge oder einem Wellenlängenbereich angegeben.

Die **Dispersion** kann allgemein als das Maß der Störung oder Aufweitung eines Impulses während dessen Übertragung beschrieben werden. Falls der Impuls zu sehr aufgeweitet wird, kann der Detektor am anderen Ende der Glasfaser einen Impuls nicht mehr vom nächsten unterscheiden, hierdurch entsteht ein Informationsverlust. Die chromatische Dispersion entsteht in allen Glasfasern und wird durch die geringfügig unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht unterschiedlicher Farbe (der Komponenten eines Lichtimpulses) während der Übertragung über die Glasfaser verursacht. Die Dispersion steht in einem inversen Verhältnis zur Bandbreite, die die Kapazität der Informationsübertragung beschreibt.

Es gibt viele weitere Parameter, die die Leistungsfähigkeit der Glasfaserübertragung beeinflussen. Weitere Informationen finden sich in den Spezifikationsdokumenten der IEC 60793 Serie.

9.1.2 Singlemode Glasfaser

Eine singlemode Glasfaser hat eine geringe Kerngröße ($< 10 \mu\text{m}$), die nur die Übertragung eines Lichtstrahls (Modus bzw. Strahlmusters) erlaubt. Die Mehrzahl der weltweit eingesetzten Glasfasersysteme beruht auf diesem Glasfasertyp.

Singlemode Glasfasern bieten die geringste optische Dämpfung und die höchste Übertragungsbandbreite aller Glasfasern, sie verursachen höhere Gerätekosten als multimode Glasfasern.

Für FTTH Anwendungen sind die ITUT G.652 Empfehlungen für singlemode Glasfasern zur Erfüllung der Anforderungen der meisten Netzwerke ausreichend.

Singlemode fibre



Multimode fibre



Abbildung 87: Lichtwege in einer Glasfaser

Vor kurzer Zeit wurde ein neuer singlemode Glasfasertyp in den Markt eingeführt, der reduzierte optische Verluste bei geringen Biegeradien aufweist. Diese Glasfaser wurde in ITU-T G.657 standardisiert.

9.1.3 Gradientenindex multimode Glasfasern

Multimode Glasfasern haben einen größeren Kerndurchmesser (50 µm oder 62,5 µm), der die Ausbreitung vieler Moden (unterschiedliche Lichtpfade durch den Kern) unterstützt. Je nach den Einspeisungseigenschaften kann der Eingangsimpuls auf eine oder mehrere Moden aufgeteilt werden. Die unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der einzelnen Moden (modale Dispersion) kann durch eine entsprechende Konstruktion der Glasfaser minimiert werden.

Multimode Glasfasern können mit preiswerteren Lichtquellen und Steckverbindern betrieben werden; die Glasfaser selbst ist jedoch teurer als singlemode Glasfasern. Multimode Glasfaser werden intensiv in Rechenzentren und manchmal in Campus-Netzwerken sowie in Gebäudeapplikationen eingesetzt. Sie weisen eine geringere Bandbreitenkapazität sowie eine eingeschränkte Übertragungreichweite auf.

Die ISO/IEC11801 Spezifikation beschreibt die Datenrate und die Reichweite von multimode Glasfasertypen, die als OM1, OM2, OM3 und OM4 beschrieben werden.

9.1.4 Biegeunempfindliche Glasfasern

Bei der Gebäudeverkabelung erweisen sich viele Gebiete als schwierig für konventionelle Glasfasern, das Ergebnis ist eine schlechte optische Leistung. Alternativ sind sehr vorsichtige und ausgereifte Installationsverfahren oder ein besonderer Glasfaserschutz mit Röhren und Kabelkonstruktionen erforderlich. Heute sind neue, im ITU-T G.657 Standard beschriebene, Glasfasern verfügbar, die eine einfache und mit der von konventionellen Kupferkabeln vergleichbare Installation der Glasfaser erlauben. Die in diesen Kabeln enthaltenen Glasfasern werden als "biegeunempfindlich" bezeichnet und können bis zu einem Biegeradius von 7,5 mm betrieben werden, einige Glasfasern gewährleisten sogar bis zu 5 mm.

Die G657 Empfehlung definiert zwei Glasfaser-Unterkategorien zur Einhaltung dieser Empfehlung:

Die **Kategorie A** enthält die empfohlenen Attribute und Werte für die Unterstützung einer optimierten Installation des Zugangsnetzwerks in Bezug auf Makro-Biegeverluste. Die empfohlenen Werte für die weiteren Attribute sind ebenfalls in der G.652.D enthalten. Diese Kategorie hat zwei Unterkategorien mit unterschiedlichen Makro-Biegeanforderungen: G.657.A1 Glasfaser (früher G.657(12/2006).A) und G.657.A2 Glasfaser.

Die **Kategorie B** enthält die empfohlenen Attribute und Werte für die Unterstützung einer optimierten Installation des Zugangsnetzwerks in Bezug auf sehr kleine Biegeradien in Glasfasermanagementsystemen und insbesondere in Innen- und Außeninstallationen mit eingeschränkten Distanzen. Der empfohlene Wertebereich von Modenfeld-Durchmesser und chromatischen Dispersionskoeffizienten kann außerhalb der in ITU-T G.652 empfohlenen Bereiche liegen. Diese Kategorie hat zwei Unterkategorien mit unterschiedlichen Makro-Biegeanforderungen: G.657.B2 Glasfaser (früher G.657(12/2006).B) und G.657.B3 Glasfaser.

9.2 Optische Terminierung

Alle in beliebigen Glasfasernetzwerken genutzten OPS Kabel sind an beiden Enden terminiert. Dieser Abschnitt beleuchtet die Probleme bei der Terminierung einer großen Anzahl von Glasfasern und deren Management in POPs, Zugangsknoten und Straßenverteilern, wo die Herausforderung des Managements großer Glasfaseranzahlen entsteht.

9.2.1 Optische Verteilergestelle (Optical Distribution Frames)

Ein optisches Verteilergestell (Optical Distribution Frame, ODF) ist der Punkt, an dem alle Glasfasern der OSP Kabel für den Anschluss an die aktive Übertragungsausrüstung verfügbar sind. ODFs befinden sich üblicherweise in den POPs, wo sie mehrere hundert bis mehrere tausend Glasfasern zusammenbringen. Ein einzelner ODF Schrank kann bis zu 1.400 Glasfasern verbinden; große POPs verwenden mehrere ODF Schränke. Typische OSP Kabel werden vor den ODFs terminiert, der weitere Anschluss erfolgt über Transfer-Kabel. In manchen Fällen wird der ODF auch für die OSP Terminierung genutzt.

POPs und Zugangsknoten sollten als sichere Gebiete klassifiziert werden. Aus diesem Grund müssen Vorkehrungen gegen Feuer, Einbruchsalarm, ein verwalteter Zugang und ein mechanischer Schutz gegen Vandalismus berücksichtigt werden.



Abbildung 88: Aktiver POP



Abbildung 89: Rohre in POP-Nähe



Abbildung 90: Kleiner POP

OSP Kabel werden an einem ODF mittels verschiedener Techniken terminiert. Für den Zugriff auf jede Glasfaser des OSP Kabels werden mit Steckverbindern ausgestattete Glasfaserpigtails an jede Glasfaser einzeln angespleißt. Weitere Details sind in Abschnitt 9.3 enthalten.

In den meisten Fällen bietet der ODF einen flexiblen Übergang zwischen der aktiven Ausrüstung und den OSP Glasfasern. Die Glasfasern werden identifiziert und zur Vereinfachung der Wartung der Glasfaserverbindung und zur Vorbeugung gegen zufällige Interferenzen in physikalisch getrennten Gehäusen oder Chassis gelagert.

Klima-kontrollierte Straßenverteiler können eine flexible Lösung für kompakte ODF Systeme



Abbildung 91: Kombiniertes POP/ODF mit Klimakontrolle

darstellen. Diese Schränke können mit denselben Sicherheitsvorkehrungen und unterbrechungsfreien Stromversorgungen wie die großen Zugangsknoten ausgestattet sein.

Die internen Glasfaserkabel verlaufen zwischen den ODFs und der aktiven Ausrüstung. Zwischen der aktiven Ausrüstung und den ODF Schränken wird eine Glasfaserführung errichtet, die einen geschützten Pfad für die zwischen den beiden Orten verlaufenden internen Kabel bereitstellt.

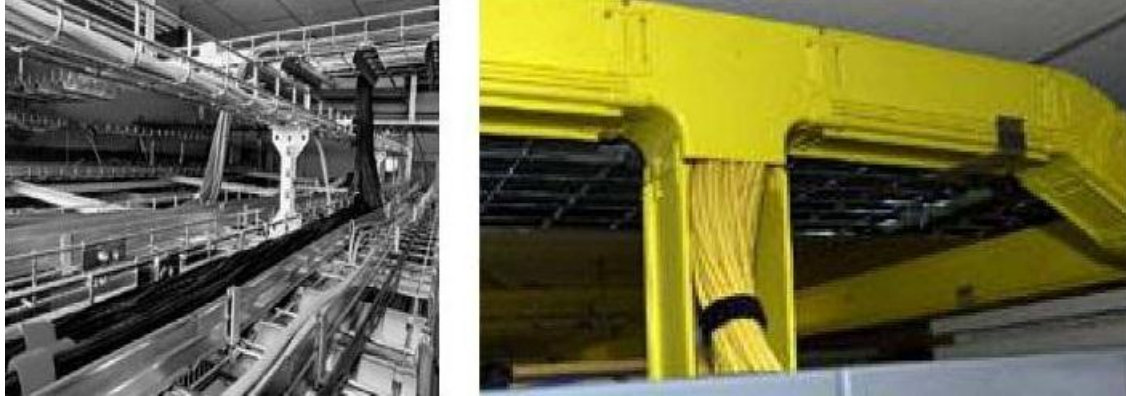


Abbildung 92: Beispiele von Kabeltragsystemen

Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) (Uninterruptible Power Supply, UPS) gewährleistet bei einem Ausfall einer externen Stromversorgung eine Notstromversorgung. Der Zugangsknoten kann unter Umständen auch eine zweite diversifizierte externe Stromversorgung erfordern, die Bestandteil der lokalen und gesetzlich vorgeschriebenen Anforderungen (Bereitstellung von Notfalldiensten) sein kann. UPS Module sind je nach den zu sichernden Leistungsanforderungen in verschiedenen Größen verfügbar.

Für den Betrieb der aktiven Ausrüstung innerhalb der betrieblichen Umgebungsbedingungen sind geeignete Klimaanlage erforderlich. Die Größe und Kapazität dieser Einheit wird durch die Größe des zu versorgenden Geräteraums bestimmt.



Abbildung 93: Unterbrechungsfreie Stromversorgung



Abbildung 94: Klimaanlage

9.2.2 Straßenverteiler

Straßenverteiler sind Gehäuse aus Metall oder Kunststoff, die als Verteilungs-/ Zugangspunkte zwischen den Verteilungsglasfasern und der Endglasfaser zum Teilnehmer dienen. Diese sind üblicherweise so positioniert, dass ein vergleichsweise schneller und einfacher Zugang zu den Glasfaserverbindungen gewährleistet ist und größere Kapazitäten als von Glasfasermuffen gehandhabt werden können. Zugangs- und Verteilungspunkte handhaben häufig zwischen 24 und 96 Teilnehmer, kompakte Standfußverteiler Alternativen bedienen typischerweise 1 bis 24 Teilnehmer.

Verteiler können auch als oberirdische Zugangspunkte für Kabelmuffen genutzt werden. Wo diese innerhalb des Straßenverteilers montiert sind, ist ein einfaches Verfahren zu deren Entfernung erforderlich, damit bei Bedarf eine Reinigung erfolgen kann und ein hinreichender Zugang gegeben ist.

Straßenverteiler werden häufig zur Lagerung von PON Splittern genutzt, die ebenfalls eine flexible Konnektivität zu den Teilnehmergefasern erfordern. Ebenso werden Straßenverteiler häufig in Punkt-zu-Punkt Netzwerkarchitekturen eingesetzt.

Geschwindigkeit ist ein wichtiger Faktor beim Ausbau neuer Netzwerke. Verteiler werden mittlerweile vorbestückt und terminiert geliefert. Diese Verteiler werden im Werk montiert und vor der Auslieferung getestet. Die Verteiler verfügen über einen Kabelanschluss, der zum Zweck einer einfachen Plug-and-Play Konnektivität bis zur nächsten Muffe mit einem Patchpanel verläuft. Dies ermöglicht eine schnellere Installation und reduziert erheblich die Wahrscheinlichkeit von Installationsfehlern vor Ort

Vorbestückte und terminierte Verteiler können mit Plug-and-Play PON Splittern kombiniert werden, die bedarfsorientiert ohne weitere Spleiße vor Ort installiert werden können.



Abbildung 95: Typischer Straßenverteiler.



Abbildung 96: Vorbestückter und terminierter Verteiler

9.3 Optische Steckverbinder, Patchcords und Pigtails

Nach der Terminierung der OSP Kabel müssen die einzelnen Glasfasern für die Verteilung und/oder den Anschluss an die aktive Ausrüstung verfügbar sein. Der Übergang von Kabelbündeln zu individuell handhabbaren Verbindungen wird durch das Verspleißen jeder einzelnen Glasfaser des OSP mit einem an einem Ende terminierten flexiblen Kabel (Pigtail) erzielt. Eine weitere Verteilung und/oder Verbindung zwischen diesen Glasfasern zu/von der aktiven Ausrüstung erfordert ein Patchkabel, das an beiden Enden mit einem Steckverbinder terminiert ist. Diese Kabel sind üblicherweise in zwei unterschiedlichen Konstruktionen verfügbar:

- Pigtails sind 900 µm dick und weisen einen semi-tight Buffer mit einer strip-Möglichkeit $\geq 1,5$ m und einer typischen Länge von 2,5 m auf
- Patchcords sind 1,6 bis 3,0 mm lange Verbindungskabel mit LSZH Mantel und einem Aramid Gewebe als Verstärkungsmantel

Im Gegensatz zu ihren elektromechanischen Gegenstücken wird bei optischen Steckverbindungen nicht zwischen Stecker und Buchse unterschieden. Optische Steckverbinder besitzen eine Ferrule für die Halterung und exakte Positionierung des Glasfaserendes, sie werden über eine Kupplung mit einer Hülse miteinander verbunden. Eine vollständige Steckverbindung besteht aus der Kombination Steckverbinder / Kupplung / Steckverbinder. Die beiden Ferrulen müssen mit ihren Glasfaserenden so präzise wie möglich innerhalb der Verbindung positioniert werden, damit der Verlust an Lichtleistung oder deren Reflexion (Return Loss) vermieden wird. Bestimmende Faktoren sind dabei die geometrische Orientierung und die Ausführungsqualität der Glasfaser im Steckverbinder.

Die extrem geringen Kerndurchmesser der Glasfasern fordern höchste mechanische und optische Präzision. Mit Toleranzen von weniger als 0,5 µm bis 0,1 µm (viel weniger als ein Staubkorn) arbeiten die Hersteller an den Grenzen der Präzisionstechnik und bewegen sich im Bereich der Mikrosystemtechnologie. Kompromisse sind keine Option.

Kerndurchmesser von 8,3 µm für singlemode oder 50/62,5 µm für multimode Glasfasern und Ferrulen mit 2,5 mm oder 1,25 mm Durchmesser machen eine visuelle Prüfung der Steckverbinder unmöglich. Natürlich kann die korrekte Position und Steckung eines Steckverbinders bestimmt werden, jedoch müssen sich die Benutzer für alle anderen Eigenschaften – die “wesentlichen Werte” – wie beispielsweise die Einfügungsdämpfung und den Return Loss oder die mechanische Stabilität, auf die Daten des Herstellers verlassen können.

9.3.1 Übliche Steckverbindertypen

ST Steckverbinder (auch unter der Bezeichnung BFOC, IEC 61754-2, bekannt)

Steckverbinder mit Bajonettverschluss waren die ersten PC Steckverbinder (1996). Sie sind in Anbetracht ihrer Konstruktion und ihrer extremen Robustheit in (primär industriellen) LAN Netzwerken immer noch vertreten. ST ist die Bezeichnung für "Straight" Typ (gerade Ausführung).



ST Steckverbinder



ST Adapter / Kupplung

DIN/LSA ([Deutsch: Glasfaserkabelsteckverbinder], Version A, IEC 61754-3, DIN 47256)

Ein kompakter Steckverbinder mit Gewinde, der vorwiegend in deutschsprachigen Ländern eingesetzt wird.

SC Steckverbinder (IEC 61751-4)

Dieser Steckverbindertyp weist ein quadratisches Design und ein Stecken/Ziehen System (Push/Pull) auf und wird für neue Installationen empfohlen (SC steht für Square Connector oder Subscriber Connector). Die kompakte Konstruktion erlaubt eine hohe Packungsdichte und kann mit Duplex sowie Multiplex Verbindungen kombiniert werden. Obwohl dies einer der ältesten Steckverbinder ist, gewinnt der SC aufgrund seiner exzellenten Eigenschaften weiterhin an Popularität. Heutzutage ist der SC immer noch der populärste WAN Steckverbinder weltweit, hauptsächlich aufgrund der ausgezeichneten optischen Eigenschaften. SC wird auch häufig in der Duplex-Ausführung eingesetzt, insbesondere in lokalen Netzwerken.



SC Steckverbinder



SC Adapter / Kupplung

MU Steckverbinder (IEC 61754-6)

Der wohl erste Steckverbinder in kleiner Bauform beruht auf einer 1,25 mm Ferrule, er ist in Erscheinungsbild und Funktionalität dem SC ähnlich, hat jedoch die halbe Baugröße.

MPO (IEC 61754-7)

Der MPO (Multi Patch Push-On) Steckverbinder basiert auf einer Kunststoff-Ferrule, die in einem Steckverbinder bis zu 24 Glasfasern aufnehmen kann. Steckverbinder für bis zu 72 Glasfasern befinden sich in der Entwicklung. Der Steckverbinder ist durch seine kompakte Konstruktion und seine einfache Handhabung unverkennbar, jedoch gibt es bezüglich seiner optischen Leistung und seiner Zuverlässigkeit Probleme.



MPO Steckverbinder

FC (Fibre Connector, IEC 61753-13)

Die erste Generation Steckverbinder, die robust und erprobt ist. Dies ist der erste echte WAN Steckverbinder, er wird weiterhin in Millionen von Anwendungen genutzt. In engen Einbausituationen verursacht seine Schraubkonstruktion jedoch Probleme, der Steckverbinder ist daher in modernen Gestellen mit hohen Packungsdichten nicht populär.



FC Steckverbinder



FC Adapter/ Kupplung

E-2000™ (LSH, IEC 61753-15)

Der LSH Steckverbinder weist eine integrierte Schutzklappe gegen Staub und Kratzer sowie gegen Laserstrahlen auf. Der Steckverbinder verfügt über einen einrastbaren Verriegelungsmechanismus, der sowohl farb- als auch mechanisch kodiert ist. Er ist der erste Steckverbinder mit einer Klasse A* Leistungsbewertung.



E-2000 Steckverbinder



E-2000 Adapter/ Kupplung

MT-RJ (IEC 61751-18)

Der MT-RJ Steckverbinder wird häufig in LANs eingesetzt und ist dem von Kupfernetzwerken bekannten RJ45 Steckverbinder ähnlich. Er wird als Duplex Steckverbinder genutzt.

LC Steckverbinder (IEC 61754-20)

Von dem Unternehmen Lucent entwickelt (LC steht für Lucent Connector), ist dieser Steckverbinder Bestandteil einer neuen Generation kompakter Steckverbinder. Die Konstruktion beruht auf einer Ferrule mit einem Durchmesser von 1,25 mm. Die Duplex-Kupplung weist dieselbe Größe wie eine SC-Kupplung auf (SC Footprint) und ermöglicht somit sehr hohe Packungsdichten. Dies macht den Steckverbinder für den Einsatz in Rechenzentren interessant.



LC Duplex Steckverbinder



LC Duplex Adapter/ Kupplung

F-3000 (IEC 61754-20 kompatibel)

LC kompatibler Steckverbinder mit Staub- und Laserschutzklappe.

F-SMA: (Sub-Miniature Assembly, IEC 61754-22)

Ein Schraub-Steckverbinder ohne physikalischen Kontakt zwischen den Ferrulen. Dies war der erste standardisierte optische Steckverbinder, er wird heute jedoch nur noch für PFC/HCS oder POF genutzt.

LX.5 (IEC 61754-23)

In Größe und Konstruktion ähnlich dem LC und dem F-3000, jedoch ist seine Kompatibilität mit diesen aufgrund von Variationen im Duplex-Ferrulenabstand begrenzt.

SC-RJ (IEC 61754-24)

Wie die Bezeichnung bereits andeutet beruht dieses Produkt auf dem RJ45 Format. Zwei SCs bilden eine Einheit mit der Größe eines RJ45. Dies ist dem SFF (Small Form Factor) äquivalent. Es wird eine 2,5 mm Ferrulentechnologie genutzt, da diese robuster und zuverlässiger als die 1,25 mm Ferrule ist. Der SC-RJ beeindruckt nicht nur durch seine kompakte Konstruktion, sondern auch durch seine optischen und mechanischen Leistungen. Als All-Round Steckverbinder angesehen bedeutet seine Vielseitigkeit, dass er in vielen Bereichen eingesetzt werden kann: von Klasse A* bis M, von singlemode bis POF, von WAN bis LAN oder vom Labor- bis zum Außeneinsatz.



SC-RJ Steckverbinder



SC-RJ Kupplung

9.3.2 Return Loss (Rückflussdämpfung)

Der Return Loss, RL, (Rückflussdämpfung), ist das Maß an Licht, das an der Übergangsstelle der Verbindung zur Quelle reflektiert wird, ausgedrückt in Dezibel. Je höher der RL Wert in Dezibel ist desto geringer sind die Reflexionen. Typische RL Werte liegen zwischen 35 und 50 dB für PC, 60 bis 90 dB für APC und 20 bis 40 dB für multimode Glasfasern.

In den frühen Tagen der optischen Steckverbinder wurden die Stirnflächen auf einen Wert von 90° bezüglich der Glasfaserachse poliert. Aktuelle Standards erfordern eine PC (Physical Contact) oder eine APC (Angled Physical Contact) Politur. Der Begriff HRL (High Return Loss) wird häufig genutzt, hat jedoch dieselbe Bedeutung wie APC.

PC (Physikalischer Kontakt)



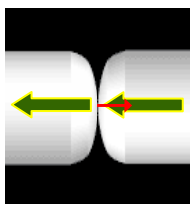
APC (Winkliger Physikalischer Kontakt)



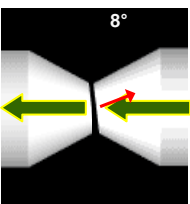
Bei der PC Politur wird die Ferrule zu einer konvexen Form poliert und gewährleistet so, dass sich die Enden der Glasfaser am höchsten Punkt befinden. Dies verringert das Auftreten von Reflexionen an dem Übergang.

Eine weitere Verbesserung des Return Loss wird durch die Verwendung von APC Politurtechnologien erzielt. Dabei werden die konvexen Endflächen der Ferrulen in einem Winkel von 8° relativ zur Achse der Glasfaser poliert. SC Steckverbinder werden auch mit einem Winkel von 9° vertrieben. Sie haben zu 8° Versionen identische IL und RL. Daher hat sich diese Variante weltweit nicht durchgesetzt.

Return Loss aufgrund von Reflexion



Als Ergebnis des Übergangs zwischen zwei Glasfasern oder Exzentrizitäten, Kratzern und Verschmutzungen werden Teile des Lichts am Kopplungspunkt reflektiert (roter Pfeil). Ein gutpolierter und gereinigter PC Steckverbinder weist einen RL in Höhe von ca. 14,7 dB gegenüber Luft auf und 45 bis 50 dB in gestecktem Zustand.



Bei einem APC Steckverbinder werden die Moden ebenfalls reflektiert. Aufgrund des Winkels in Höhe von 8° oder 9° treten diese jedoch in einem größerem Winkel als der Akzeptanzwinkel für eine Totalreflexion auf. Der Vorteil ist, dass diese Moden nicht zurück in die Glasfaser gelangen.

Ein guter APC Steckverbinder weist einen RL von mindestens 55 dB gegenüber Luft und 60 bis 90 dB in gestecktem Zustand auf.

Zum Vergleich: Die Glasfaser selbst hat einen RL von 79,4 dB bei 1310 nm, 81,7 dB bei 1550 nm und 82,2 dB bei 1625 nm (alle Werte gelten für eine Pulsdauer von 1 ns)

9.3.3 Einfügungsdämpfung

Bei Verlusten, die bei der Verbindung zweier Glasfasern entstehen, wird allgemein zwischen "intrinsischen" Verlusten aufgrund der Glasfaser und "extrinsischen" Verlusten aufgrund der Verbindung unterschieden. Verluste aufgrund der Glasfaser entstehen z.B. bei der Verbindung zweier unterschiedlicher Kerndurchmesser mit unterschiedlichen Brechungsindizes oder Exzentrizitäten der Kerne. Verbindungsverluste treten aus verschiedenen Gründen einschließlich Reflexionen, Rauheit der Stirnflächen, Richtungsfehlern oder radialen Ausrichtungsfehlern auf. Die folgenden Angaben und Informationen beziehen sich auf Verbindungsverluste; der Einfluss von Glasfasertoleranzen und die Qualität des optischen Kabels sind nicht berücksichtigt.

Die technische Übertragungsklasse eines optischen Steckverbinders wird primär durch zwei Eigenschaften bestimmt: der Einfügungsdämpfung IL (Insertion Loss) und dem Return Loss RL (Rückflussdämpfung). Je geringer die IL und je größer der RL ist, desto besser ist die Signalqualität in einer Steckverbindung.

Die Einfügungsdämpfung ist das Maß des Verlusts, der an einem Verbindungspunkt entsteht. Sie wird als das Verhältnis der Lichtleistung in den Glasfaserkernen vor (P_{IN}) und nach (P_{OUT}) der Verbindung berechnet und in Dezibel ausgedrückt.

Je kleiner der Wert ist desto geringer sind die Signalverluste. Typische IL Werte liegen im Bereich von 0,1 bis 0,5 dB.

Im Markt werden auch die Spezifikationen -dB und +dB benutzt; ein Patchkabel könnte mit -0,1 dB oder 0,1 dB spezifiziert sein, in beiden Fällen ist der physikalische Verlust gleich groß

9.3.4 Extrinsische Verluste

Bei einem präziseren Aufeinandertreffen der Glasfaserkerne geht weniger Lichtleistung verloren. Aus diesem Grund werden hochpräzise Glasfasern in präzise Keramikferrulen eingeklebt. Die Verbindungs-abhängigen extrinsischen Verluste resultieren aus Reflexionen, der Rauheit der Stirnflächen, Winkelfehlern (Richtungsfehlern) oder radialen Ausrichtungsfehlern (Konzentrizität). Reflexionen und die Rauheit spielen eine untergeordnete Rolle bei diesem Verlust, Primäre Ursachen sind Ausrichtungs- und Richtungsfehler.



Das Ferrulenloch muss größer als die Glasfaser sein, um diese einführen zu können. Als Ergebnis hat die Glasfaser immer einen gewissen Bewegungsspielraum im Kern, der eine zusätzliche Konzentrizität und einen Richtungsfehler verursacht.

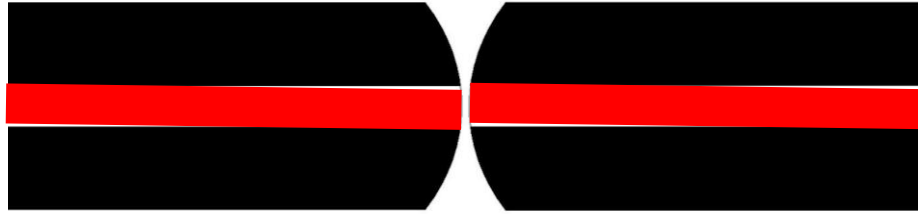
Winkelfehler:

Der sogenannte Winkelfehler sollte weniger als $0,3^\circ$ betragen. Größere Winkelfehler verursachen eine Belastung der Glasfaser, die zu einem Glasfaserbruch führen kann.

Konzentrizität:

Entsprechend IEC 61755-3-1+2 kann die maximale Konzentrizität je nach Grad $1,0 \mu\text{m}$ bis $1,6 \mu\text{m}$ betragen (gemessen von der Glasfaserachse zum äußeren Durchmesser der Ferrule).

Wenn zwei Ferrulen oder Steckverbinder ohne weitere Maßnahmen zusammengesteckt werden, besteht das Risiko, dass die Konzentrität und der Winkelfehler gemeinsam den Verlust erhöhen.



Zur Minimierung der Einfügungsdämpfung der zwei verbundenen Glasfasern muss der radiale Ausrichtungsfehler so gering wie möglich sein. Dies wird durch die Definition eines Quadranten der Ferrule erzielt, wo sich der Kern befinden muss. Einstellbare Steckverbinder erlauben die Drehung der Ferrule in Stufen von 60° oder 90°. Bei der Verbindung zweier eingestellter Steckverbinder wird die Abweichung der Positionierung des Kerns in der Ferrule reduziert, was zu einer signifikant verbesserten Leistung im Vergleich zu einem nicht eingestellten Steckverbinder führt.

Ein Winkelfehler von mehr als 0,3° sollte aus Gründen der Stressvermeidung für die Glasfaser vermieden werden. Die Stressbelastung verringert die Lebensdauer und die optischen Eigenschaften der Glasfaser – insbesondere die Bitfehlerrate (Bit Error Rate, BER), das Modenrauschen und die Toleranz gegenüber hohen optischen Leistungen.

Bei der Herstellung zuverlässiger und leistungsfähiger optischer Steckverbinder sind Präzisionsarbeit, erstklassige Materialien und absolute Qualität gefragt. Belastungen der kleinen Komponenten eines optischen Steckverbinders stellen hohe Anforderungen. Die Produkte sollten für eine Betriebszeit von 200.000 bis 250.000 Stunden oder 25 Jahre entworfen werden. Bei Verbindungen müssen die Steckverbinder auch den hohen Scherkräften und problemlos 500 bis 1.000 Steckzyklen standhalten.

9.4 Glasfaserspleiße

Beim Spleißen von Glasfasern sind zwei Technologien üblich: Schmelz- und mechanisches Spleißen.

9.4.1 Schmelzspleißen

Schmelzspleiße erfordern die Erzeugung eines elektrischen Lichtbogens zwischen zwei Elektroden. Die beiden gespaltenen Glasfasern werden unter einem Lichtbogen zusammengebracht, so dass beide Enden zusammenschmelzen.

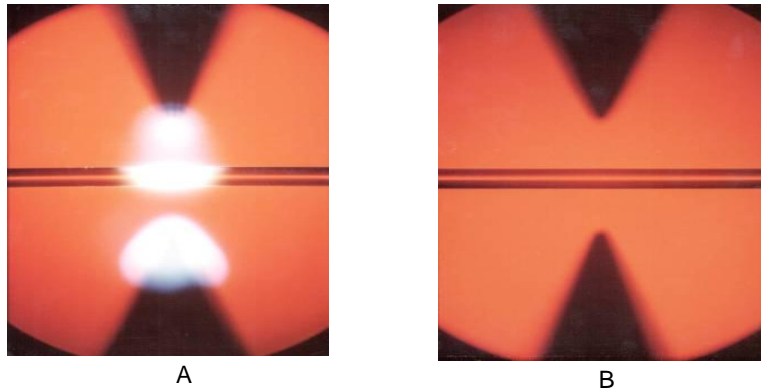


Abbildung 96: A: Schmelzvorgang; B: Fertiger Spleiß

Die optischen Verluste einer Spleißverbindung können von Spleißgerät zu Spleißgerät je nach Justagemechanismus variieren. Spleißgeräte mit Kernjustage stimmen den lichtführenden Teil der Glasfaser (9 µm Kern) aufeinander ab. Diese Maschinen erzeugen Spleiße mit einem typischen Verlust im Bereich von <math><0,05\text{ dB}</math>.



Abbildung 97: Schmelzspleißgeräte

Einige Spleißgeräte (beispielsweise kleinere Handgeräte) justieren den äußeren Mantel (Cladding, 125 µm) einer Glasfaser anstelle der lichtleitenden Kerne aufeinander. Dies ist die preiswertere Technologie, sie kann jedoch das Auftreten von Fehlern begünstigen, da die Abmessungstoleranzen des Mantels größer sind. Typische Einfügungsdämpfungen für diese Spleißgeräte sind besser als 0,1 dB.

9.4.2 Mechanisches Spleißen

Das mechanische Spleißen beruht auf der mechanischen Justage der beiden gespaltenen Glasfaserenden im Sinne einer ungehinderten Lichtübertragung. Dies trifft auch auf die Terminierung von Glasfasern in Steckverbindern zu. Häufig wird ein Gel zur Anpassung des Brechungsindex genutzt, um die Lichtkopplung zwischen den Glasfasern zu erleichtern. Die Hersteller verwenden unterschiedliche Verfahren zur Terminierung der Glasfasern in einem mechanischen Spleiß.

Mechanische Spleiße können in einem Winkel oder gerade gespalten sein, letztere weisen jedoch einen höheren Return Loss auf. Die Einfügungsdämpfung eines mechanischen Spleißes beträgt typischerweise weniger als 0,5 dB.

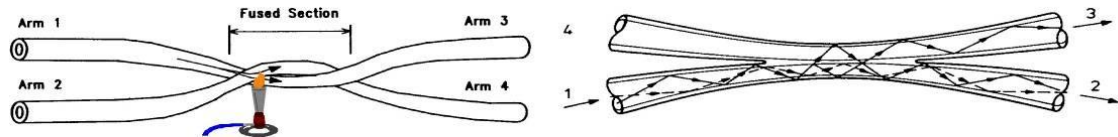


Abbildung 98: Mechanische Spleißgeräte

9.5 Optische Splitter

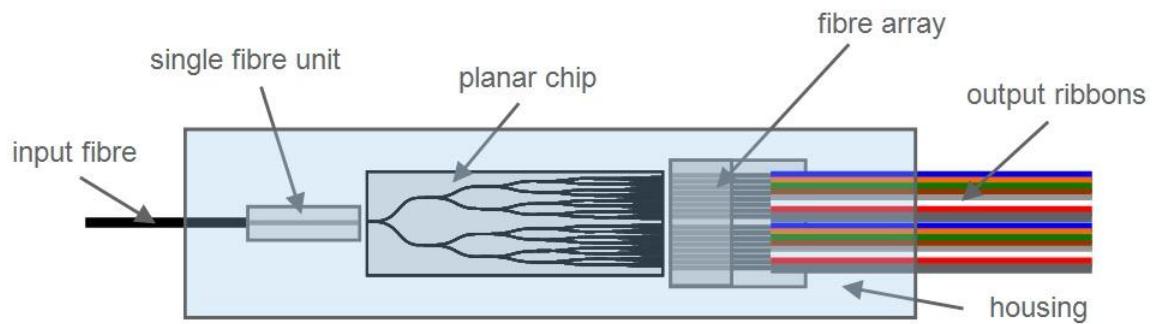
In der Welt der passiven Splitter sind zwei Technologien üblich: Bikonische Schmelzkoppler und planare Waveguide Splitter.

9.5.1 Bikonische Schmelzkoppler



- FBT Splitter werden durch das Verschmelzen zweier zusammengewickelter Glasfasern erzeugt
- Üblicher Produktionsprozess
- Erprobte Technologie für OSP Umgebungen
- Monolithische Komponenten mit einem Aufteilungsverhältnis bis zu 1:4 sind verfügbar
- Aufteilungsverhältnisse von mehr als 1x4 werden durch Kaskadierung von 1x2, 1x3 oder 1x4 Splittern erzeugt
- Aufteilungsverhältnisse von 1x2 bis zu 1x32 und mehr (auch duale Eingänge möglich).
- Höhere Aufteilungsverhältnisse weisen typischerweise eine höhere IL und eine geringere Uniformität als in planarer Technologie ausgeführte Splitter auf

9.5.2 Planare Splitter



- Der optische Pfad befindet sich auf dem Silizium-Chip
- Verfügbare Aufteilungsverhältnisse von 1x4 bis 1x32 und mehr, duale Eingänge sind möglich
- Standardmäßig sind nur symmetrische Aufteilungsverhältnisse möglich
- Im Vergleich zu FBT bei höheren Aufteilungsverhältnissen kompakt (keine Kaskadierung)
- In allen Bändern bessere Einfügungsdämpfung und Uniformität im Vergleich zu FBT
- Besser für längere Wellenlängen, breiteres Spektrum

9.6 Qualitätsklassen optischer Steckverbinder

Der im März 2007 ratifizierte IEC 61753 Standard beschreibt die anwendungsorientierten Einstufungen von Verbindungselementen in Glasfasernetzwerken (siehe folgende Tabelle). Eine klare Identifikation der Einstufung und notwendige IEC Testverfahren helfen Planern und denjenigen, die für die Auswahl von Steckverbindern, Patchkabeln und Pigtails eines Netzwerks verantwortlich sind. Betreiber von Rechenzentren und Telekommunikationsunternehmen können das Glasfasersortiment entsprechend der Nutzung bestimmen und somit schnellere und besser informierte Einkaufsentscheidungen treffen. Dies vermeidet auch die Beschaffung überspezifizierter Produkte, die nie die erwartete Dämpfung realisieren, die sie für sich reklamieren.

Die aktuelle Anforderungsliste basiert teilweise auf IEC 61753 und definiert Dämpfungswerte. Weiterhin spielen die IEC 61755-3-1 und IEC 61755-3-2 Standards eine Rolle, da sie die geometrischen Parameter von optischen Steckverbindern definieren. Die Interaktion dieser drei Standards bildet die Grundlage für die Kompatibilität der optischen Steckverbinder von unterschiedlichen Herstellern sowie für die Bestimmung Hersteller-neutraler Dämpfungswerte.

Dämpfungsklasse	Dämpfung zufällig gesteckt IEC 61300-3-34	
Klasse A*	≤ 0,07 dB Durchschnitt	≤ 0,15 dB max. für >97% der Muster
Klasse B	≤ 0,12 dB Durchschnitt	≤ 0,25 dB max. für >97% der Muster
Klasse C	≤ 0,25 dB Durchschnitt	≤ 0,50 dB max. für >97% der Muster
Klasse D	≤ 0,50 dB Durchschnitt	≤ 1,00 dB max. für >97% der Muster
Return Loss Stufe	Return Loss zufällig gesteckt IEC 61300-3-6	
Klasse 1	≥ 60 dB (gesteckt) und ≥ 55 dB (nicht gesteckt)	
Klasse 2	≥ 45 dB	
Klasse 3	≥ 35 dB	
Klasse 4	≥ 26 dB	

Tabelle: Überblick über die Leistungskriterien der neuen Leistungsklassen für die Datenübertragung über optische Steckverbindungen entsprechend IEC 61753. Die Definition der Klasse A* wurde noch nicht abgeschlossen. Die Kriterien für multimode Glasfasern werden noch diskutiert.

Theoretisch können die Dämpfungsklassen (A* to D) willkürlich mit den Return Loss Klassen gemischt werden. Die Kombination der Klassen A*/4 würde jedoch keinen Sinn ergeben, aus diesem Grund wurden die folgenden Kombinationen definiert:

	Klasse A*	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Klasse 1	✓	✓	✓	✗
Klasse 2	✓	✓	✓	(✓)
Klasse 3	✗	✗	✗	✓
Klasse 4	✗	✗	✗	(✓)

Jeder-zu-Jeder Werte

Die in IEC 61753 spezifizierten Dämpfungswerte werden auch als Jeder-zu-Jeder Werte (oder zufällige Steckung) bezeichnet. Jeder-zu-Jeder bedeutet, dass nicht die Dämpfung eines Steckverbinders bezüglich eines Referenz-Steckverbinders gemessen wird. Stattdessen wird jeder Steckverbinder eines Loses gegen jeden Steckverbinder sowie die Kombination Steckverbinder / Muffe (Steckverbinder in einer Testumgebung) gemessen.

Der Grund dieses Verfahrens ist: die entsprechend der IEC Spezifikationen für zufällige Steckverbinderpaarungen gemessenen Dämpfungswerte entsprechen den realen Bedingungen sehr viel eher als die von den Herstellern angegebenen Dämpfungswerte, die in vielen Fällen durch eine Messung im Labor und unter besten Bedingungen (Best-Case) erzielt werden.

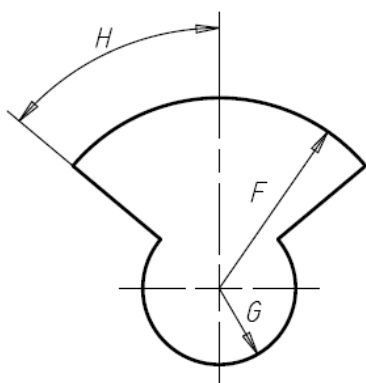
Bei Best-Case Messungen wird der Steckverbinder gegen ein Referenzkabel gemessen. Dabei wird das Referenzkabel so ausgewählt, dass die Herstellermessungen den geringstmöglichen Wert ergeben (geringer als er später in der Praxis erzielt werden kann).

Durchschnittswerte

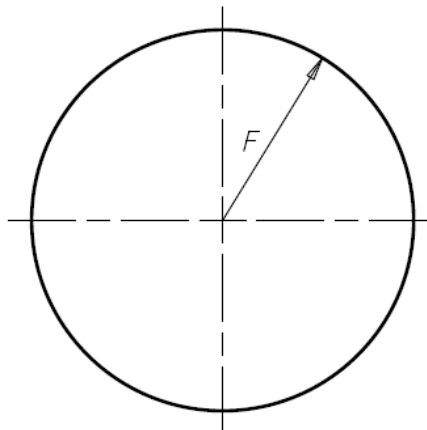
Eine aus der Einstufung in Klassen resultierende neue Entwicklung ist die Anforderung nach Durchschnittswerten. Dies ist eine optimale Basis für die Berechnung der Verbindungsdämpfung und ist insbesondere in großen Netzwerken relevant. Zuvor musste die Dämpfung auf Basis der maximalen Werte berechnet werden, die, wie bereits erwähnt, für Jeder-zu-Jeder Verbindungen nur eine geringe Zuverlässigkeit haben. Nun kann der angegebene Durchschnittswert für die Berechnung herangezogen werden. Auf diesem Wege verwendet jeder Planer die korrekte Klasse zur Erfüllung der existierenden Anforderungen. Dies garantiert ein optimales Verhältnis von Kosten und Nutzen. Beispiel:

Spezifikation	Jeder-zu-Jeder Werte	Budget für 10 Steckungen
0,1 dB Steckverbinder	ca. 0,2 dB (möglicherweise höher, da unterschiedliche Hersteller kombiniert oder nicht-justierte Steckverbinder genutzt wurden)	ca. 2 dB, unklarer Toleranzbereich
Klasse C	Durchschnittlich $\leq 0,25$ dB, Max $\leq 0,50$ dB	$\leq 2,5$ dB
Klasse B	Durchschnittlich $\leq 0,12$ dB, Max $\leq 0,25$ dB	$\leq 1,2$ dB
Klasse A*	Durchschnittlich $\leq 0,07$ dB, Max $\leq 0,12$ dB	$\leq 0,70$ dB

Die Ursachen für die Dämpfung sind den IEC Standardisierungsgremien bekannt. Aus diesem Grund definierten sie die nachfolgend dargestellten Parameter H, F und G:



Klassen B und C



Klasse D

IEC 61755-3-1 (PC Steckverbinder, 2,5 mm Ferrule)							
	Klasse B		Klasse C		Klasse D		
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Anmerkungen
H:	0	50	0	50	0 (⇒k.A.)	0 (⇒k.A.)	Grad
F:	0	0,0012	0	0,0015	0	0,0016	Radius, mm
G:	0	0,0003	0	0,0003	0 (⇒k.A.)	0 (⇒k.A.)	Radius, mm
IEC 61755-3-2 (APC Steckverbinder, 2,5 mm Ferrule)							
	Klasse B		Klasse C		Klasse D		
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Anmerkungen
H:	0	50	0	50	k.A.	k.A.	Grad
F:	0	0,0010	0	0,0014	0	0,0015	Radius, mm
G:	0	0,0003	0	0,0003	k.A.	k.A.	Radius, mm

Geometrische Parameter für optische Steckverbinder nach IEC 61755-3-1 und 61755-3-2

Herstellerspezifikationen und reale Nutzungsbedingungen

Die folgenden Angaben entstammen realen Nutzungsbedingungen und demonstrieren, warum die Verwendung von Klassen so wichtig ist: Ein Netzwerkbetreiber verwendet Patchkabel mit einer vom Hersteller spezifizierten Einfügungsdämpfung von 0,1 dB. Während der Messungen im Betrieb zeigen die Patchkabel "auf einmal" Werte zwischen 0,2 dB und 0,3 dB. Wodurch werden diese ernsthaften Diskrepanzen, die im echten Leben häufig auftauchen, verursacht?

Der Hersteller bestimmt die in der Produktspezifikation angegebenen Werte in einer Best-Case Umgebung. In diesem Szenario werden Referenz- oder Masterkabel mit geringen Dämpfungen verwendet, um auf diese Weise die geringstmöglichen Einfügungsdämpfungswerte zu erzielen. Werden die Patchkabel jedoch Jeder-zu-Jeder verbunden, kann dieser Wert nicht länger reproduziert werden und liegt daher signifikant über den Best-Case Messergebnissen.

Dieses unrealistische, jedoch leider immer noch übliche, Messverfahren hat Konsequenzen: In Unkenntnis der exakten Messbedingungen für die Herstellerspezifikation beschaffen Netzwerkplaner häufig überspezifizierte Produkte nur um zu entdecken, dass die berechnete Einfügungsdämpfung nicht erzielt werden kann. Verzögerungen bei der Inbetriebnahme und kostenaufwändige Ersatzbeschaffungen sind unvermeidbar.

In diesem Kontext ist folgendes wichtig zu erwähnen: die Installation von Glasfaseroptik und die Handhabung von Steckverbindern erfordert besondere Expertise und intensive Schulung. Daher ist es empfehlenswert, die angemessene Zertifizierung der Unternehmen und des Personals in Betracht zu ziehen.

10 Betrieb und Wartung

Dieser Abschnitt vermittelt einen kurzen Überblick über Betriebs- und Wartungsaspekte der Infrastruktur eines FTTH Netzwerks. Während jedes FTTH Netzwerkdesign anders ist und in unterschiedlichen Umgebungen mit unterschiedlichen Konditionen betrieben wird, bleiben bewährte Betriebs- und Wartungspraktiken eine generelle Anforderung.

Eine wahrscheinliche Anforderung des Bauvertrags ist es, während des Netzwerkbaus sicherzustellen, dass so wenig wie möglich oder keine Störungen innerhalb des FTTH Gebiets auftreten, die die Umgebung und die Öffentlichkeit beeinträchtigen. Dies ist nur durch sorgfältige Planung und Ausführung zu erreichen und der Einsatz effizienter Baumaßnahmen wird letztlich zum Nutzen des FTTH Business Case. Eine ineffiziente Planung wird das Gegenteil zur Folge haben und potentiell zu einer schlechten Netzwerk- und Bauleistung führen.

Während die Glasfaser bereits seit einigen Jahrzehnten genutzt wird und ein bewährtes und verlässliches Medium darstellt, ist sie immer noch anfällig gegenüber unvorhergesehenen Ausfällen, die eine Mobilisierung und eine schnelle und effiziente Reparatur erfordern. In diesen Zeiten ist ein schneller Zugang zu den Netzwerkaufzeichnungen von essentieller Bedeutung. Alle Dokumente und Aufzeichnungen in Zusammenhang mit dem Netzwerkaufbau sollten zusammengetragen und zentralisiert sein, um alle nachfolgenden Netzwerkanalysen zu unterstützen.

Zur Sicherstellung erforderlicher Personalreserven müssen Wartungsabläufe im Voraus geplant und vertragliche Vereinbarungen getroffen werden.

10.1 Einsatz von Planungsrichtlinien

10.1.1 Lokationskontrolle und Einsatzplanung der Installation

Die Arbeit mit unterirdischen Rohrsystemen, Bürgersteiginstallationen oder Masten erfordert eine sorgfältige Planung und verursacht häufig Verkehrsunterbrechungen; deshalb ist eine Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden notwendig und angemessene Kontrollen müssen durchgeführt werden. Die folgenden Abschnitte führen kurz die Hauptüberlegungen aus, die beim Bau einer Rohrinstallation in Betracht gezogen werden müssen.

10.1.2 Allgemeine Management Überlegungen

Vertrautheit und Erfahrung im Umgang mit Erdarbeiten, Luftkabeln und Kabelsystemen ist ebenso erforderlich wie der Einsatz der besten Praktiken und das Durchführen von Studien zum Arbeitsablauf.

Eine sorgfältige Planung der Installation und eine Zusammenarbeit mit den örtlichen Behörden führen zu einem effizienten und sicheren Betrieb. Das volle Verständnis der lokalen Stromversorgungsdienste muss über die lokalen Behörden sowie durch die Verwendung von Detektionsausrüstung vor Ort gegeben sein.

10.1.3 Generelle Sicherheitsüberlegungen

Ordnungsgemäße Sicherheitszonen mit entsprechenden Markierungen und Ampelsignalen sollten vorgesehen werden.

Eine mögliche Verkehrsunterbrechung sollte mit den lokalen Behörden koordiniert werden. Alle Mannlöcher und Kabelschächte sollten identifiziert und vor einem Zugang auf Entflammbarkeit und toxische Gase geprüft werden.

Aufgrund der engen Platzverhältnisse sollten vor dem Betreten umfangreiche Luft- und Sauerstofftests und – soweit erforderlich – eine Zwangsbelüftung durchgeführt werden. Während der unterirdisch durchgeführten Arbeiten müssen alle Personen eine fortlaufende Überwachung mittels ständig eingeschalteter Gaswarngeräte haben – mit den Stufen entzündlich, toxisch, Kohlendioxid und Sauerstoffgehalt.

In Fällen, in denen entzündliches Gas detektiert wird, sollte die örtliche Feuerwehr sofort kontaktiert werden.

Alle existierenden elektrischen Kabel sollten auf Schäden und freiliegende Kabeladern überprüft werden.

10.1.4 Allgemeine Bau- und Ausrüstungsüberlegungen

Vor dem Ausbau sollte eine vollständige Übersicht des gesamten unterirdischen Rohrsystems oder der Mastanlagen erstellt werden.

Unakzeptabel hohe Wasserstände in Kabelschächten und Abwasser-/Wasserkämen müssen abgepumpt werden. Rohre sollten auf Schäden und potentielle Verschmutzungen geprüft werden. Das Stochern in den Rohrabschnitten mithilfe eines Prüfdorns oder einer Bürste vor der Installation wird empfohlen.

Mannlöcher sollten auf ihre Eignung zur Aufwicklung von Reservekabeln, auf die Bereitstellung von Kabelträgern und den Platz zur Montage von Spleißgehäusen geprüft werden.

Es sollte ein Plan zur optimalen Positionierung der Kabelabwicklung, der Mittelpunkt-Flutung und der Ausrüstung zur Kabelaufnahme / Winde erstellt werden. Das Gleiche gilt für die Kabel, die in das Rohr eingeblasen werden und möglicherweise einen Blaskopf und eine Kompressor-ausrüstung benötigen.

Bewilligungen über Höhenänderungen sollten in Betracht gezogen werden.

Das Fluten der Kabel in Mittelabschnitten mittels einer "Figure of 8" Technik kann die Distanz und somit die Kabellängen bei der eingezogenen Installation deutlich erhöhen. Es muss sichergestellt sein, dass diese Lokationen für die Kabelflutung geeignet sind.

Der Hersteller der Rohre oder inneren Rohre sollte zwecks Richtlinien der Kabelinstallation kontaktiert werden.

Gewellte oder gerippte Rohre und Rohre mit einer Gleitbeschichtung dienen der reduzierten Reibung der Kabel/ Rohre während des Ausbaus. Glatte, nicht ausgekleidete Rohre erfordern möglicherweise ein entsprechendes Gleitmittel.

Kabelziehstrümpfe werden für das Anbringen der Zugseile am Ende des Kabels benötigt. Diese sind oft netz- oder gewebebasiert oder mechanisch am Kabel angebracht und minimieren den Durchmesser und damit den genutzten Platz im Rohr. Eine abgesicherte Drehvorrichtung sollte ebenfalls zwischen dem Kabelziehstrumpf und dem Zugseil angebracht werden.

Die Drehvorrichtungen dienen als entlastendes Element gegen etwaige durch den Einzug verursachte Drehmomente und schützen damit das Kabel. Eine mechanische Absicherung schützt das Kabel mithilfe eines notfalls abbrechenden Scherstifts gegen übermäßige Zugkräfte. Diese Scherstifte sind für unterschiedliche Zugbelastungen verfügbar.

Eine Zugwinde mit angemessener Kapazität sollte eingesetzt und mit einem Dynamometer zur Überwachung der Zugbelastungen während des Ziehens ausgestattet werden.

Laufrollen, Antriebsrollen und Vierkantblöcke sollten eingesetzt werden, um das unter Spannung stehende Kabel von der Kabelabwicklung zum und vom Rohreinlass und zur weiteren Ausrüstung zu führen, um die Einhaltung des minimalen Biegeradius' sicherzustellen.

Funk-Kommunikationssysteme, Mobiltelefone oder Ähnliches sollten während des Betriebs an allen Lokationen verfügbar sein.

Die Berücksichtigung von Mitten- oder Zusatzwinden wird in den Fällen empfohlen, in denen die Kabelzuglast an ihre Grenzen stößt und eine längere Einzugsstrecke ermöglicht werden könnte.

Der Einsatz von Kabelabwicklern, Spulen- oder Trommelwagen wird ebenfalls empfohlen.

Für eine Luftmontage sollte eine entsprechende Ausrüstung wie LKW mit Hebebühne vorgesehen werden. Spezielle Sicherheitsbestimmungen bezüglich der Arbeitshöhe müssen eingehalten werden. Für die Befestigung der Kabel und Verbindungen sind spezielle Vorrichtungen verfügbar.

10.1.5 Allgemeine Überlegungen bezüglich der Verkabelungsmethoden

Die Rohrinstallation und -wartung ist relativ unkompliziert. Gelegentlich können Kabel unbeabsichtigt ausgegraben werden; daher sollten jederzeit Wartungslängen verfügbar sein.

Rohre und eingegrabene Kabel können ähnliche Konstruktionen aufweisen, dabei bieten die letzteren mehr Schutz vor der Umgebung, in die sie installiert werden.

Beachten Sie bei der Berechnung der Kabellängen die Zugaben für die Verbindungen: normalerweise sind 3 m bis 5 m pro Verbindung ausreichend.

Die Länge der Ersatzkabel bzw. Kabelschlaufen in Kabelschächten sollte normalerweise 20m betragen. Dies erlaubt das spätere Hinzufügen von Zugangspunkten in der Mitte.

Die minimalen Biegeradien (MBR) sowie die maximalen Werte der Zugbelastung der Kabel dürfen nicht überschritten werden.

Der MBR wird gewöhnlich als Vielfaches des Kabeldurchmessers (z.B. 20xD) angegeben und ist als Maximalwert für statische und dynamische Situation definiert.

Der statische MBR ist der minimale erlaubte Biegeradius des in Betrieb befindlichen Kabels, d.h. aufgewickelt innerhalb eines Mannlochs oder eines Kabelschachts. Der dynamische MBR Wert gibt den minimal erlaubten Biegeradius des Kabels unter den Einzugsbedingungen während des Ausbaus an.

Die Zugbelastungswerte (oder Zugkraft, N; oder Kraft, Kgf) werden im Allgemeinen für kurzzeitige oder dauerhafte Bedingungen festgelegt. Kurzzeitige Belastungswerte repräsentieren die maximale Zugkraft, die während des Installationsprozesses auf das Kabel einwirken darf. Dauerhafte Werte geben die maximale Zugkraft an, die auf das Kabel während seiner Lebensdauer in Betrieb einwirken darf.

In den Fällen, in denen die Kabel durch Einblasen installiert werden, müssen sowohl Kabel als auch Rohre für das Einblasen geeignet sein; aus diesem Grund müssen die Kabel- und Rohrlieferanten bezüglich der Installationsrichtlinien kontaktiert werden.

Direkt eingegrabene Kabel

Installationstechniken zum Eingraben von Kabeln können Grabenbau, Fräsverfahren, horizontales Bohren and Pressbohrtechniken beinhalten. Die IEC Spezifikation 60794-1-1 Annex C.3.6 *Installation of buried cables* sollte herangezogen werden.

Bestätigen Sie den minimalen Biegeradius des Kabels und die maximale Zugbelastung bei der Installation und unter Langzeitbedingungen.

Überwachen Sie die Zugbelastung des Kabels während des Eingrabens und stellen Sie sicher, dass die maximal zulässigen Kabelwerte nicht überschritten werden.

Ein vollständiges geologisches Profil des entsprechenden Erdraumes gewährleistet einen erfolgreichen Ausbau.

Übergabepunkte mit anderen Diensten oder Dienstprogrammen müssen festgelegt werden.

Alle eingegrabenen Kabel müssen identifiziert und für jedwede zukünftige Lokation markiert werden.

Beim Wiederverfüllen muss der ordnungsgemäße Schutz der Kabel gegen Beschädigungen beispielsweise durch große Steine gewährleistet werden, z.B. durch Sand. Alle Wiederverfüllungen müssen zur Vermeidung zukünftiger Bewegungen des Baugrunds und von Erdabsackungen verfestigt werden.

Alle Oberflächen müssen entsprechend den lokalen Standards wiederhergestellt werden.

Luftkabel

Es sollte auch auf die IEC Spezifikation 60794-1-1 Annex C.3.5 *Installation of aerial optical cables* verwiesen werden.

Kabel für Luftmontage unterscheiden sich in ihrem Aufbau von denen für unterirdische Anwendungen und wurden für den Betrieb unter Wind und Schnee-/Eislasten entwickelt. In Abhängigkeit von dem jeweiligen geographischen Gebiet können die Anforderungen differieren, so unterliegt ein Hurrikangebiet beispielsweise stärkeren Winden.

Die Kabel benötigen einen definierten Kabeldurchhang zwischen den Masten, um die durch das Eigengewicht bedingte Kabellast zu vermindern.

An den Masten müssen entsprechende Kabelreserven für den Kabelzugang oder die Montage von Muffen berücksichtigt werden.

Die gemeinsame Nutzung von Masten zwischen Betreibern oder Service Providern (CATV, Elektrizität, POTS etc.) ist allgemeine Praxis und erfordert eine besondere Organisation.

10.2 Richtlinien für Betrieb und Wartung

Berücksichtigt werden sollten:

- Messungen
- Aufzeichnungen über Glasfaserkabel und Rohre
- Beschriftung relevanter Infrastrukturelemente
- Die gesamte Dokumentation
- Die Identifikation der Infrastruktur-Elemente, die der Wartung unterliegen
- Die Liste der leichten Wartungsarbeiten
- Der Plan gegen katastrophale Netzwerkausfälle, die durch externe Faktoren wie Schäden beim Eingraben von Kabeln oder Rohren verursacht werden
- Für den Schadensfall vorgehaltene Ersatzteile der Infrastruktur
- Lokation und Verfügbarkeit der Netzwerkdokumentation für die Bereitstellung der o.g. Wartungsvereinbarungen

11 FTTH Testrichtlinien

11.1 Steckverbinderpflege – erst reinigen, dann anschließen

11.1.1 Warum ist die Reinigung der Steckverbinder wichtig?

Eine der ersten Aufgaben bei der Entwicklung eines Glasfasernetzwerks ist die Evaluierung des akzeptablen Dämpfungsbudgets, um bei der Installation den entsprechenden Entwicklungsanforderungen zu genügen. Für eine angemessene Beschreibung des Dämpfungsbudgets müssen die folgenden entscheidenden Parameter generell betrachtet werden:

- Transmitter – Sendeleistung, Temperatur und Alterung
- Glasfaserverbindung – Qualität der Steckverbinder und Spleiße
- Kabel – Glasfaserdämpfung und Temperatureffekte
- Empfänger – Detektorempfindlichkeit
- Weiteres – Sicherheitsreserven und Reparaturen

Sollte eine der obigen Variablen nicht den Spezifikationen entsprechen, kann die Netzwerkleistung beeinflusst werden; im schlimmsten Fall kann die Degradation zum Netzwerkausfall führen. Bedauerlicherweise können während des Netzwerkausbaus oder der Wartung nicht alle Variablen einfach überprüft werden. Eine häufig übersehene Komponente ist der Steckverbinder, der manchmal überstrapaziert ist (Prüfkabel). Dieser kann mithilfe des richtigen Verfahrens kontrolliert werden.

STECKVERBINDERVERSCHMUTZUNG IST DER
ERSTE ANSATZ ZUR FEHLERSUCHE
IN OPTISCHEN NETZWERKEN

Ein einziger Partikel im Kern einer Glasfaser kann eine signifikante Rückreflexion (auch bekannt als Return Loss (Rückflusdämpfung)), Einfügungsdämpfung und einen Schaden an der Ausrüstung verursachen. Die visuelle Inspektion ist die einzige Möglichkeit festzustellen, ob die Fasersteckverbinder wirklich sauber sind.

Durch die einfache Durchführung einer proaktiven visuellen Inspektion und Reinigung kann eine schlechte optische Leistung und potentieller Schaden an der Ausrüstung vermieden werden.

Da viele Verschmutzungen für das bloße Auge nicht sichtbar sind, ist vor der Herstellung einer Verbindung die Prüfung jedes Steckverbinders unter dem Mikroskop wichtig. Diese Glasfaserprüfgeräte vergrößern und zeigen den kritischen Teil der Ferrule, über die die Verbindung erfolgen wird.

11.1.2 Was sind mögliche Verschmutzungen?

Steckverbinderbau und Produktionstechniken konnten die meisten Probleme der Faser- ausrichtung und des physikalischen Kontakts beseitigen. Der Erhalt einer sauberen Steckver- binder-Schnittstelle stellt jedoch nach wie vor eine Herausforderung dar.

Schmutz gibt es überall; ein typischer Schmutzpartikel hat einen Durchmesser von 2 µm bis 15 µm und kann die Signalleistung beträchtlich beeinflussen sowie permanenten Schaden an der Glasfaserstirnfläche verursachen. Die häufigsten Fehler im Feld können auf verschmutzte Steck- verbinder zurückgeführt werden; die meisten werden bis zu ihrem Ausfall, der bereits permanen- ten Schaden angerichtet haben kann, nicht überprüft.

Gelangen Schmutzpartikel auf die Glasfaserstirnfläche wird das Licht blockiert und eine nicht akzeptable Einfügungsdämpfung und Rückflussdämpfung (Return Loss) erzeugt. Diese Partikel können weiterhin die Glasschnittstelle dauerhaft schädigen, dringen in das Glas ein und hinter- lassen Rauigkeiten, die bei der nächsten Verbindung einen weiteren Return Loss verursachen können. Auch große Schmutzpartikel auf der Außenhülle und/ oder der Ferrule können eine physikalische Barriere darstellen, die den physikalischen Kontakt verhindert und eine Luftlücke zwischen den Glasfasern kreiert. Um dies noch weiter zu verkomplizieren, haben lose Partikel die Tendenz zur Migration in diese Luftlücken.

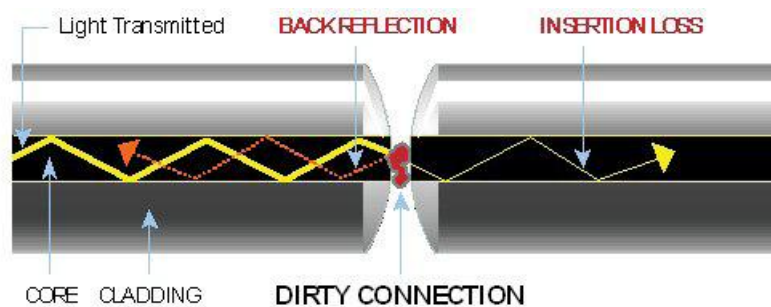


Abbildung 99: Erhöhte Einfügungsdämpfung und Return Loss aufgrund einer verschmutzten Glasfaserverbindung

Light...: Übertragenes Licht; Backreflection: Rückreflexion; Insertion Loss: Einfügungsdämpfung; Core: Kern; Cladding: Mantel; Dirty Connection: Verschmutzte Verbindung

Ein 1 µm Schmutzpartikel auf einer singlemode Glasfaser kann bis zu 1% (0,05 dB Verlust) des Lichts blockieren, ein Schmutzpartikel mit einer Größe von 9 µm kann beträchtlichen Schaden anrichten. Ein weiterer Grund, die Stirnflächen der Glasfasern schmutzfrei zu halten, ist der Effekt, den hochintensives Licht auf die Steckverbinderstirnfläche hat: einige Telekommunikationskomponenten können optische Signale mit einer Stärke von bis zu +30 dBm (1 W) erzeugen, was in Kombination mit verschmutzten oder beschädigten Steckverbinderstirnflächen katastrophale Ergebnisse haben kann (z. B. Faserverschmelzung).

Kontrollzonen bestehen aus einer Reihe von konzentrischen Kreisen, die interessierende Bereiche an der Stirnflächen eines Steckverbinders identifizieren (siehe Abbildung 100). Die inneren Bereiche sind gegenüber Verschmutzungen empfindlicher als die äußeren Bereiche.

ZONE OVERLAYS

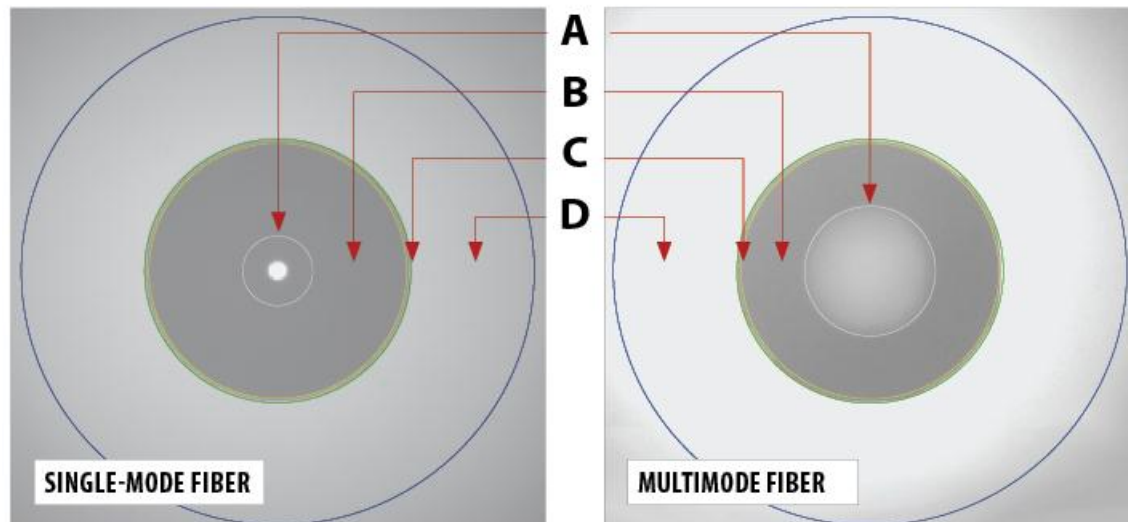


Abbildung 100: Inspektionszonen der Steckverbinderstirnfläche

Zone Overlay: Zonenüberlagerung; Core Zone: Kernzone; Cladding Zone: Mantelzone; Adhesive...: Kleber / Epoxy-Zone; Contact...: Kontakt/Ferrulen-Zone

Schmutz, Isopropylalkohol, Öl von Händen, Mineralöl, Gel zur Indexanpassung, Epoxydharz, ölbasierte schwarze Tinte und Gips sind mögliche Verschmutzungen, die eine Steckverbinderstirnfläche angreifen können. Diese Verschmutzungen können allein oder in Kombinationen auftreten. Beachten Sie, dass jede Verschmutzung unterschiedlich aussieht. Unabhängig von ihrem Äußeren sind die kritischsten zu prüfenden Bereiche die des Faserkerns und der Umman- telungen. Dort auftretende Verschmutzungen können die Qualität des Signals signifikant beein- flussen. Abbildung 101 stellt die Glasfaserstirnfläche der verschiedenen Steckverbinder dar, die mit einem Video-Prüfgerät kontrolliert wurden.



Abbildung 101: Erscheinungsbild verschiedener Verschmutzungen auf der Steckverbinderstirnfläche

Dust: Staub; Liquid...: Flüssige Verschmutzung; Dry...: Trockene Rückstände; Oil...: Öl von Händen

11.1.3 Welche Komponenten müssen geprüft und gereinigt werden?

Die folgenden Netzwerkkomponenten sollten geprüft und gereinigt werden:

- Alle Frontflächen, die mit Kupplungen ausgestattet sind, bei denen Steckverbinder ein- oder beidseitig gesteckt werden
- Prüfkabel
- Alle Steckverbinder von Patchkabeln oder Pigtails

11.1.4 Wann sollte ein Steckverbinder geprüft und gereinigt werden?

Steckverbinder sollten zur Vermeidung einer kosten- und zeitaufwändigen späteren Suche während einer Routinewartung geprüft werden. Diese Stufen beinhalten:

- Nach der Installation
- Vor dem Test
- Vor der Herstellung der Steckverbindung

11.1.5 Wie werden Steckverbinder geprüft?

Für die korrekte Prüfung einer Steckverbinderstirnfläche wird die Verwendung eines für diesen Zweck konstruierten Mikroskops empfohlen. Die vielen im Markt verfügbaren Prüfwerkzeuge können in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden: Glasfaser Prüfgeräte (auch als Video-Glasfaserprüfgeräte bezeichnet) und optische Mikroskope. Die folgende Tabelle führt die Haupteigenschaften dieser Prüfwerkzeuge auf:

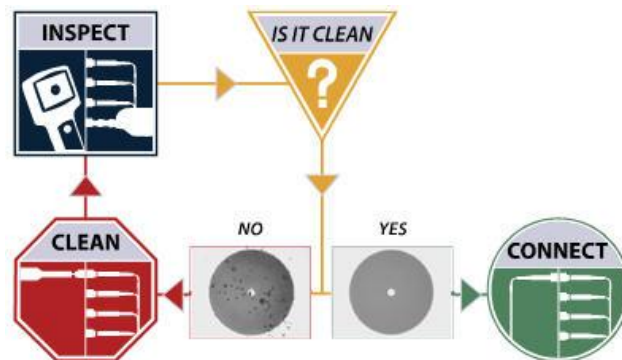
Prüfwerkzeug	Haupteigenschaften
Glasfaser Prüfgeräte / Video-Glasfaserprüfgeräte	<p>Das Bild wird auf einem externen Bildschirm, PC oder Messgerät dargestellt.</p> <p>Es besteht ein Augenschutz, da kein direkter Kontakt mit dem Live Signal besteht. Möglichkeit zur Aufzeichnung des Bilds für Dokumentationszwecke.</p> <p>Einfache Verwendung bei engen Patchpanels.</p> <p>Ideal für die Prüfung einzelner Steckverbinder auf Patchkabeln oder Pigtails und Multi-Glasfaser Steckverbindern (z.B. MPO/MTP).</p> <p>Es sind verschiedene Vergrößerungen verfügbar (100X/200X/400X).</p> <p>Es sind Adapter für alle Steckverbindertypen verfügbar.</p>
Optisches Mikroskop	<p>Sicherheitsfilter* schützen die Augen vor dem direkten Kontakt mit einer in Betrieb befindlichen Glasfaser.</p> <p>Es werden zwei Mikroskoptypen benötigt: eines für die Prüfung von Patchkabeln und ein anderes für die Prüfung von Steckverbindern in eingebauten Patchpanels.</p>

* Verwenden Sie niemals ein direkt vergrößerndes Gerät (optisches Mikroskop) zur Prüfung einer in Betrieb befindlichen Glasfaser.

Eine Glasfaserprüfgerät wird mit verschiedenen Adaptern zur Anpassung an den Steckverbinder-typ geliefert: für winklig geschliffene Steckverbinder (APC) oder für gerade polierte Steckverbinder (PC).

11.1.6 Prüfanweisungen

Die visuelle Prüfung der Glasfaserverbindung ist der einzige Weg zur Bestimmung der Sauberkeit der Steckverbindung vor dem eigentlichen Steckvorgang. Ein Video-Mikroskop vergrößert das Bild der Steckverbinderstirnfläche je nach dem verwendeten Produkt zur Betrachtung über einen Laptop oder eine tragbare Anzeigeeinheit.



Prüfung

Wählen Sie die passende Prüfspitze für den (die) zu prüfende(n) Steckverbinder/ Kupplung aus.

Prüfen Sie beide Stirnflächen des Steckverbinders (Patchkabel/ Einbauverbinder/ steckbare Schnittstelle) unter Verwendung des Mikroskops.

IST ALLES SAUBER?

SAUBER

Nein. Während der Prüfung werden Defekte auf der Stirnfläche gefunden; reinigen Sie den Steckverbinder mithilfe des entsprechenden optischen Reinigungswerkzeugs.

VERBINDEN

Ja. Sofern die nicht-entfernbar, nichtlinearen Eigenschaften und Kratzer innerhalb der Akzeptanzkriterien des Betreibers oder der Standards liegen, können die Glasfaserschnittstellen miteinander verbunden werden.

11.1.7 Für die Prüfung benötigte Werkzeuge

Zur Prüfung der Glasfaserstirnflächen existieren zwei Verfahren. Falls das Kabel zugänglich sein sollte, führen Sie die Steckverbinderferrule zur Durchführung der Prüfung in das Mikroskop ein; dies ist allgemein auch als Patchkabel-Prüfung bekannt. Sollte sich der Steckverbinder in einer Kupplung oder Patchpanel befinden, führen Sie das Prüfmikroskop in das Ende der Kupplung ein und betrachten den innenliegenden Steckverbinder; dies ist auch als Einbau- oder Kupplungs-Steckverbinderprüfung bekannt.

Prüfung von Patchkabeln

- Wählen Sie die passende Prüfspitze entsprechend des zu prüfenden Steckverbindertyps aus und befestigen Sie diese am Mikroskop.
- Führen Sie den Steckverbinder in die Prüfspitze ein und justieren Sie den Fokus für die Prüfung.
(Letzte Zeile in der Zeichnung: singlemode Glasfaser)



Prüfung von Einbau/Kupplungen

- Wählen Sie die passende Prüfspitze für den zu prüfenden Steckverbindertyp aus und befestigen Sie diese am Mikroskop.
- Führen Sie die Prüfspitze in die Einbaukupplung ein und justieren Sie den Fokus für die Prüfung.
(Letzte Zeile in der Zeichnung: singlemode Glasfaser)



11.1.8 Reinigungstücher und -werkzeuge

Trockene Reinigung

Einfache trockene Reinigungstücher einschließlich einer Anzahl fusselfreier Tücher und anderer spezieller Tücher sind verfügbar. Diese Kategorie umfasst auch speziell angefertigte Reinigungskassetten und Bänder zur Reinigung von Einbau-Steckverbindern, z.B. Cletop Kassetten.

**WARNUNG! FREILIEGENDE TÜCHER KÖNNEN
IM FELD SCHNELL VERSCHMUTZEN.**

Reinigungsmaterialien müssen vor Kontamination geschützt werden. Öffnen Sie diese nur unmittelbar vor der Benutzung.

Tücher sollten nur manuell oder auf einer weichen Oberfläche oder einem widerstandsfähigen Pad befestigt verwendet werden. Die Verwendung einer harten Oberfläche kann eine Beschädigung der Glasfaser verursachen. Berühren Sie die Oberfläche bei einer manuellen Verwendung nicht mit den Fingern, da diese fettig sein können.



Abbildung 102: Beispiele für trockene Reinigungstücher und Werkzeuge zur Reinigung optischer Steckverbinder



Abbildung 103: Beispiele für Reinigungsflüssigkeiten und feuchte Tücher

Feuchte Reinigung

Reinigungsflüssigkeiten oder Lösungsmittel werden im Allgemeinen zusammen mit Tüchern in einer kombinierten chemischen und mechanischen Aktion zur Reinigung der Glasfaserstirnflächen genutzt. Es sind auch vorgetränkte Tücher in versiegelten Tüten, z.B. IPA Mediswabs, verfügbar. Vorsicht: einige Reinigungsflüssigkeiten, insbesondere IPA, können schwer entfernbare Rückstände hinterlassen.

- Reinigungsflüssigkeiten sind nur dann effektiv, wenn sie zusammen mit einem Tuch (mechanischer Einsatz) angewandt werden.
- Das Lösungsmittel muss schnelltrocknend sein.
- Sättigen Sie das Tuch nicht, da dies eine übermäßig feuchte Oberfläche verursacht. Befeuchten Sie das Tuch nur leicht.
- Die Ferrule muss sofort mit einem sauberen trockenen Tuch gereinigt werden.
- Hinterlassen Sie kein Lösungsmittel an der Seite der Ferrule, da sich dies während der Verbindung auf die optische Justierungshülse überträgt.
- Tücher dürfen nur manuell oder auf einer weichen Oberfläche oder einem widerstandsfähigen Pad verwendet werden.
- Bei Verwendung einer harten Oberfläche kann die Glasfaser beschädigt werden.

Reinigungswerkzeuge für Einbau/Kupplungen

Nicht alle Steckverbinder können problemlos aus einem Einbauverbinder oder einer Kupplung entfernt werden und sind daher für eine Reinigung schwerer zugänglich. Diese Kategorie umfasst Ferrulenschnittstellen (oder Glasfaserenden) und Linsen für den physikalischen Kontakt innerhalb eines optischen Transceivers; Linsenelemente in solchen Geräten ohne physikalischen Kontakt sind nicht Bestandteil.

Stifte und Einbau-Adapter wurden für die Verwendung in Justierungshülsen und anderen Kavitäten entwickelt, um die Stirnfläche oder Linse zu erreichen und bei der Entfernung von Partikeln zu helfen. Diese Werkzeuge erlauben die Reinigung der Stirnfläche oder Linse in-Situ, innerhalb der Kupplung oder ohne die Entfernung des Einbausteckverbinders. Bei der Reinigung von Transceivern oder Receptacles muss der Inhalt des Ports vor der Reinigung sorgfältig identifiziert werden. Sorgfalt ist auch bei der Reinigung der flachen Linse von Transceivern gegeben.



Abbildung 104: Beispiele von Reinigungswerkzeugen für Einbauverbinder und Kupplungen.

Empfehlungen für die Handhabung von Glasfaserkabeln:

- Während des Tests in einem Patchpanel sollte nur der zu testende Port ohne Schutzkappe sein – die Schutzkappe sollte sofort nach dem Test wieder aufgesetzt werden.
- Nicht genutzte Kappen sollten in einer kleinen Kunststofftüte aufbewahrt werden.
- Die Lebensdauer eines Steckverbinders beträgt üblicherweise 500 Steckzyklen.
- Testkabel, die in Verbindung mit Messgeräten genutzt werden, sollten nach maximal 500 Steckzyklen ausgetauscht werden (siehe hierzu auch EIA-455-21A).
- Benutzen Sie bei Verwendung eines Vorlaufkabels für OTDR Messungen kein Testkabel zwischen dem OTDR und dem Vorlaufkabel oder zwischen dem Vorlaufkabel und dem Patchpanel. Vorlaufkabel sollten nach 500 Steckzyklen ersetzt oder zur Aufarbeitung an den Hersteller retourniert werden.
- Vermeiden Sie die Berührung eines nicht gesteckten Steckverbinders mit jedweder Oberfläche. Die Steckverbinderferrulen sollten niemals – außer zum Zweck einer Reinigung – berührt werden.
- Reinigen und überprüfen Sie jeden Steckverbinder vor jedem Steckvorgang mit einem Fiberscope oder bevorzugt einem Videoscope.
- Steckverbinder von Messgeräten sollten bei jeder Benutzung des Instruments gereinigt und geprüft werden (vorzugsweise mit einem Videoscop).

11.2 FTTH Netzwerktest während des Ausbaus

Während des Netzwerkbaus werden mehrere Tests der Außenanlagen vorgenommen. Bei der Verlegung von Glasfasern müssen Spleiße angefertigt und mithilfe eines OTDR getestet werden. Für eine genaue Messung sollten bidirektionale OTDR Messungen durchgeführt werden.

Bei der Abnahmemessung ist es wichtig, jedes einzelne Segment der Konstruktion zu testen. Es existieren mehrere Verfahren, von denen einige hier vorgestellt werden. Jedes Verfahren hat seine spezifischen Vor- und Nachteile. Die Wahl des bestgeeigneten Verfahrens wird durch die gegebenen Beschränkungen bestimmt: Arbeitskosten, Budgetverlust, Testzeit in Kombination mit dem Zeitpunkt der Serviceaktivierung, maximal akzeptable Messunsicherheit etc.

Die Fachkompetenzen der Techniker sind ein weiterer Faktor, der bei der Bestimmung des Testumfangs in Betracht gezogen werden muss. Die Beschäftigung unerfahrener Glasfasertechniker während der Bauphase ist sehr teuer, falls vor und nach Hinzufügen des Service Fehler korrigiert werden müssen.

11.2.1 Verfahren 1: Verwendung von optischen Dämpfungsmessgeräten (Optical Loss Test Set, OLTS)

Dieses erste Verfahren beinhaltet die Verwendung eines optischen Dämpfungsmessgeräts (Optical Loss Test Set, OLTS), das aus zwei Testsets besteht, die Daten zur Messung der Einfügungsdämpfung (Insertion Loss, IL) und optischem Return Loss (ORL) untereinander teilen. Zu Beginn sollten beide Geräte vor der IL Messung abgeglichen werden.



Abbildung 105: Die Testsets sollten vor Beginn der Messung abgeglichen werden

Im Anschluss daran wird die ORL Empfindlichkeit durch die Kalibrierung des minimalen ORL, den die Geräte messen können, eingestellt. Die Grenze wird durch den schwächsten Teil des Testaufbaus bestimmt, dies ist höchstwahrscheinlich der Steckverbinder zwischen den Geräten und dem Referenztestkabel. Befolgen Sie für beide Geräte die Anweisungen des Herstellers zur Einstellung der ORL Empfindlichkeit sowie zum Abgleich der Quelle und des Leistungsmessgeräts.

Nun können die Messungen des Ende-zu-Ende Netzwerks oder eines beliebigen individuell installierten Segments, wie beispielsweise der Glasfasern zwischen FCP und Endterminal, vorgenommen werden. Der Zweck dieses Tests ist die Identifikation einer Glasfaservertauschung und die Messung von IL und ORL zur Gewährleistung, dass das Verlustbudget eingehalten wurde.

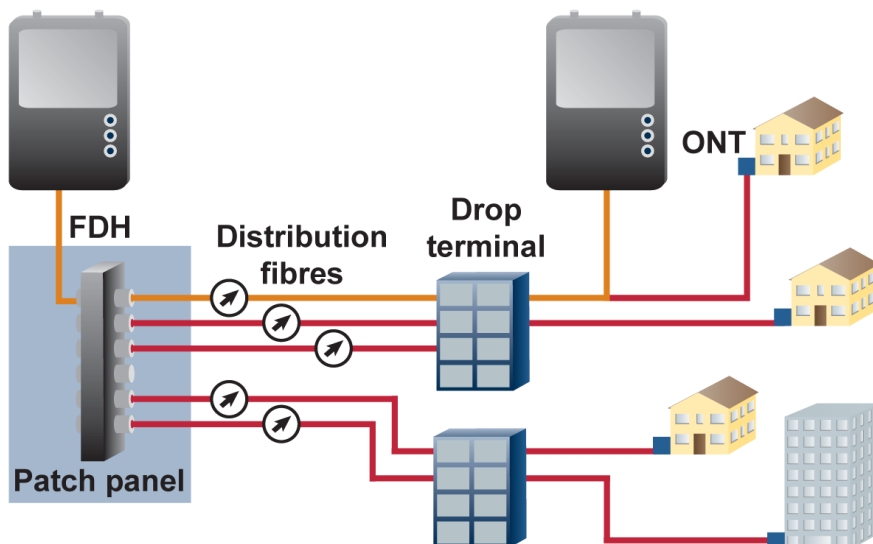


Abbildung 106: Messung des IL und ORL der Verteilungsglasfaser unter Verwendung von zwei OLTs

Ergebnistabelle für IL und ORL (Pr = Liegenschaften (Premises), CO = Vermittlungsstelle (Central Office)):

Glasfaser	λ (nm)	Verlust (Pr → CO)	Verlust (CO → Pr)	Durchschnitt	ORL (Pr → CO)	ORL (CO → Pr)
001	1310					
	1490					
	1550					
002	1310					
	1490					
	1550					

Die folgende Tabelle illustriert die erwarteten ORL Werte für das Netzwerk:

Länge (Meter)	1310 nm (dB)	1490 nm (dB)	1550 nm (dB)
50	53	56	57
300	46	50	50
500	44	47	48
1000	41	45	46

Diese Werte ziehen nur zwei Verbindungen in Betracht. FTTH Netzwerke enthalten häufig multiple Verbindungspunkte. Diese Werte können in Anbetracht der Empfindlichkeit gegen Staub- und Kratzer schnell durch schlechte Verbindungen beeinflusst werden. So kann ein singlemode Steckverbinder einen ORL von 40 dB generieren, der den für das gesamte Netzwerk erwarteten Wert übersteigt. In Punkt-zu-Multipunkt Netzwerken wird der ORL Beitrag jeder Glasfaser aufgrund des bidirektionalen Splitterverlusts um 30 dB bis 32 dB abgeschwächt.

Vorteile des Verfahrens 1: OLTS	Nachteile des Verfahrens 1: OLTS
Genauere IL und ORL Messung	Es werden zwei Techniker benötigt (in einem Punkt-zu-Multipunkt Netzwerk kann jedoch ein einzelnes OLTS in der Nähe des OLT für alle Teilnehmer desselben Netzwerks genutzt werden)
Bidirektionale IL und ORL Werte	Kommunikation zwischen den Technikern erforderlich (beim Wechsel der Glasfaser)
Möglichkeit zum Test jeder Verteilungsglasfaser	Ein Punkt-zu-Mehrpunkt Netzwerk erfordert einen Techniker, der sich von Endterminal zu Endterminal bewegt
Identifikation von Makrobends während des Tests bei 1550nm und 1310nm oder einer anderen Wellenlängenkombination einschließlich 1625 nm	Im Fall eines Glasfaserbruchs oder eines Makrobends ist ein OTDR zur Lokalisierung des Fehlers erforderlich
Identifikation vertauschter Glasfasern in Punkt-zu-Punkt Netzwerken	Keine Möglichkeit zur Identifikation vertauschter Glasfasern in Punkt-zu-Mehrpunkt Netzwerken
Schneller Test	

11.2.2 Verfahren 2: Verwendung eines OTDRs

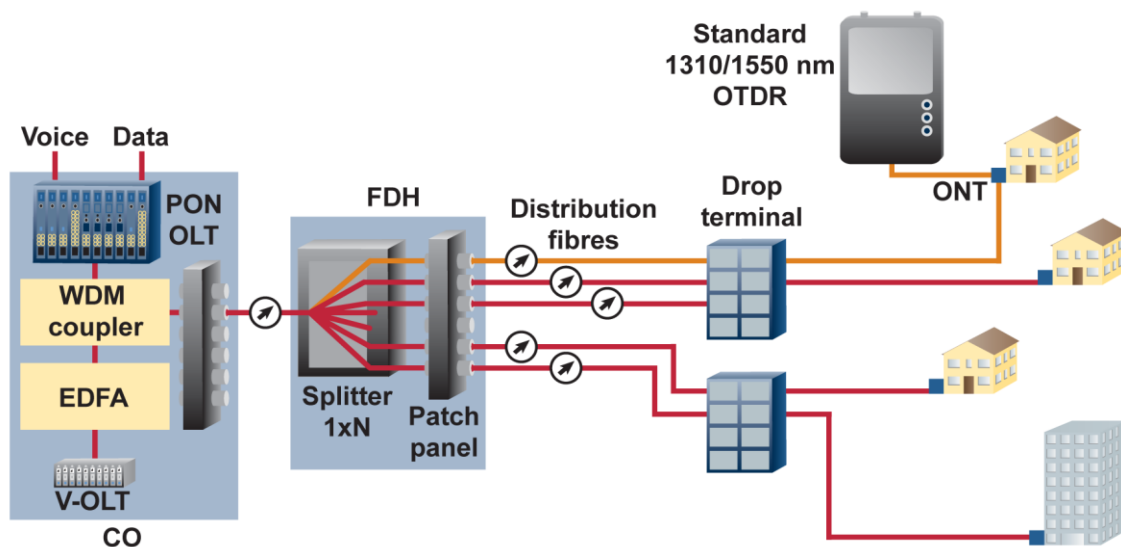


Abbildung 107: OTDR Messung

Dieses Verfahren verwendet ein Optical Time-Domain Reflectometer (OTDR). Im Gegensatz zu einem OLTS kann ein OTDR die Position jeder einzelnen Komponente im Netzwerk identifizieren und lokalisieren. Das OTDR enthüllt Spleißverluste, Steckverbinderverluste und Reflektivität sowie den Ende-zu-Ende Verlust und ORL.

Alle Glasfasern zwischen der OLT und dem ersten Splitter (Übertragungsseite) können für die Charakterisierung jedes Spleißverlusts und die Lokalisierung von Makrobends getestet werden. Der Test kann für beide Richtungen ausgeführt werden. Für die Berechnung des realen Verlusts jedes Spleißes (zwischen jeder Richtung gemittelt) müssen die Ergebnisse nachbearbeitet werden.

Der Techniker kann den Splitterverlust und den kumulierten Verbindungsverlust messen und identifizieren, ob vor oder nach dem Splitter ein unerwartetes physikalisches Ereignis aufgetreten ist. Während des Ausbaus durchgeführte Tests können die Zahl der nach der Aktivierung der Teilnehmer auftretenden Probleme aufgrund der zertifizierten Ende-zu-Ende Verbindungsintegrität erheblich verringern.

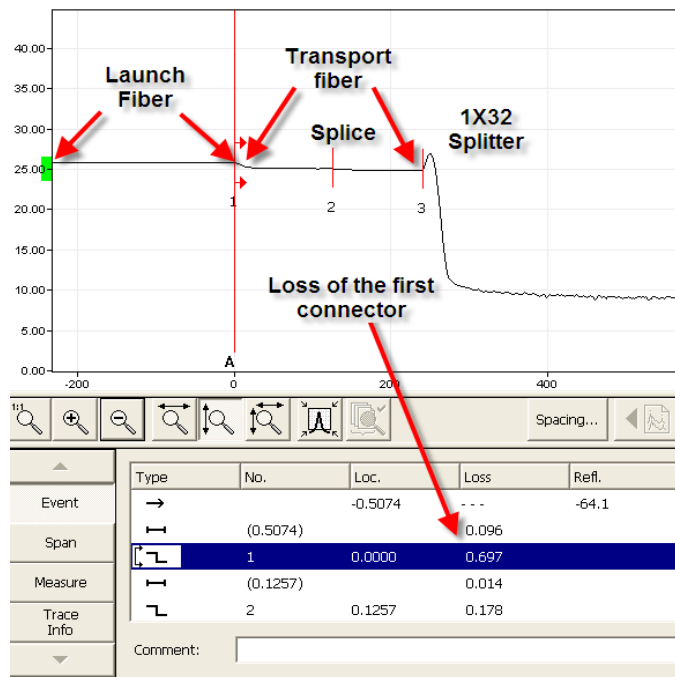


Abbildung 108: Die Verwendung einer Vorlaufglasfaser ermöglicht die Charakterisierung des ersten Steckverbinders eines beliebigen Segments des Netzwerks. Eine Pulsbreite von 300 m bis 500 m ist für diesen Test ausreichend.

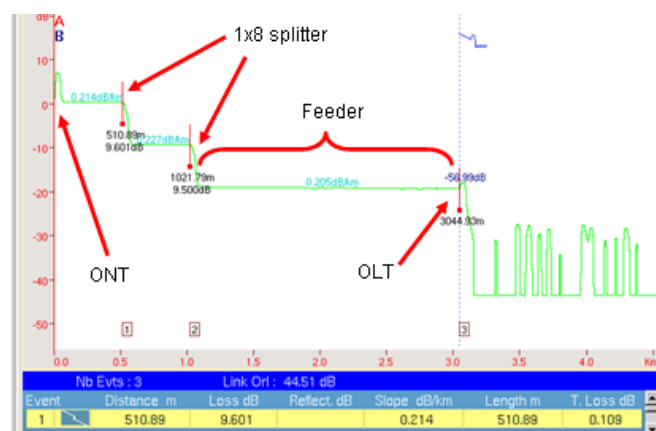


Abbildung 109: PON-optimierter OTDR Test vom ONT zur OLT.

Vorteile des Verfahrens 2: OTDR	Nachteile des Verfahrens 2: OTDR
Misst IL und ORL Werte	Beim Test nach dem Splitter auf der ONT Seite wird der ORL nicht aus der richtigen Richtung gemessen (entgegengesetzt des Videosignals)
Möglichkeit zum Test jeder Verteilungsglasfaser	Der Techniker muss sich von Endterminal zu Endterminal bewegen
Identifikation von Makrobends während des Tests bei 1550 nm und 1310 nm oder einer anderen Wellenlängenkombination unter Verwendung von 1625 nm	Die Interpretation der Ergebnisse erfordert einen erfahrenen Techniker
Im Fall eines Glasfaserbruchs oder eines Makrobends kann der Fehler lokalisiert werden	
Nur ein Techniker erforderlich	
Schneller Test	

Serviceaktivierung

Die Serviceaktivierungsphase mag zu Anfang sehr einfach erscheinen, jedoch sollte diese Aufgabe nicht unterschätzt werden, da die Teilnehmererfahrung in diesem Moment beginnt. Das Schema der Serviceaktivierung kann je nach Topologie des Glasfasernetzwerks unterschiedlich sein. Der Trend geht zu einer vorgefertigten Plug-and-Play Komponente mit multiplen Verbindungspunkten anstelle eines durchgehend gespleißten Ansatzes, dies trifft insbesondere auf den Ausbau von MDUs zu.

Bezüglich der Handhabung der Test und Messdaten in PON bringt die Serviceaktivierung zwei neue Dimensionen mit sich:

- Die Ergebnisse sollten auf den Teilnehmer oder die ONUs anstelle der Glasfasern bezogen sein.
- Es ist möglicherweise mehr als eine Testlokation erforderlich, typischerweise sind es zwei oder drei.

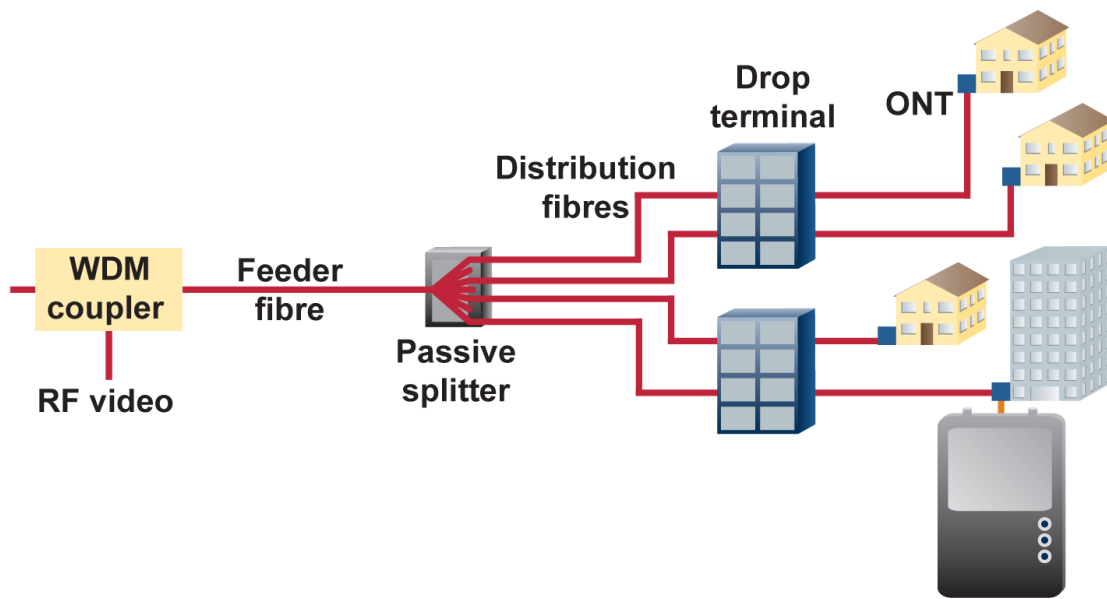


Abbildung 110: Aktivierungstest mit einem PON Leistungsmessgerät

RF video: HF Video; Feeder fibre: Zubringerglasfaser; Distribution fibre: Verteilungsglasfaser; Drop terminal: Endterminal

Da die Serviceaktivierungsphase häufig von Unterauftragnehmern durchgeführt wird, sind das Berichtswesen und der Schutz der Datenauthenzität wichtige Aspekte. Dies trifft besonders auf PON Umgebungen mit hunderten von Ergebnissen zu, die im Verlauf einer einzigen PON Aktivierung generiert werden. Das Befolgen der richtigen Schritte der Tagesaktivitäten gewährleistet einen reibungslosen Arbeitsablauf und eine hohe Produktivität.

Multiple Testlokationen

Die Verifikation optischer Leistungswerte an verschiedenen Lokationen entlang derselben Glasfaser unterstützt die Testingenieure vor der Aktivierung des Teilnehmerservice bei der Identifikation von Problemen und/oder defekten Komponenten. Da Probleme in FTTH Netzwerken häufig von schmutzigen oder beschädigten Steckverbindern verursacht werden verringert die Prüfung der Komponenten den Bedarf an Störungsbehebungen erheblich, da die Leistungsniveaus für jedes Netzwerksegment verifiziert werden. Eine Prüfung jedes Verbindungspunkts unter Verwendung eines Glasfaserprüfgeräts vor der Durchführung der optischen Leistungsmessung wird sehr empfohlen.

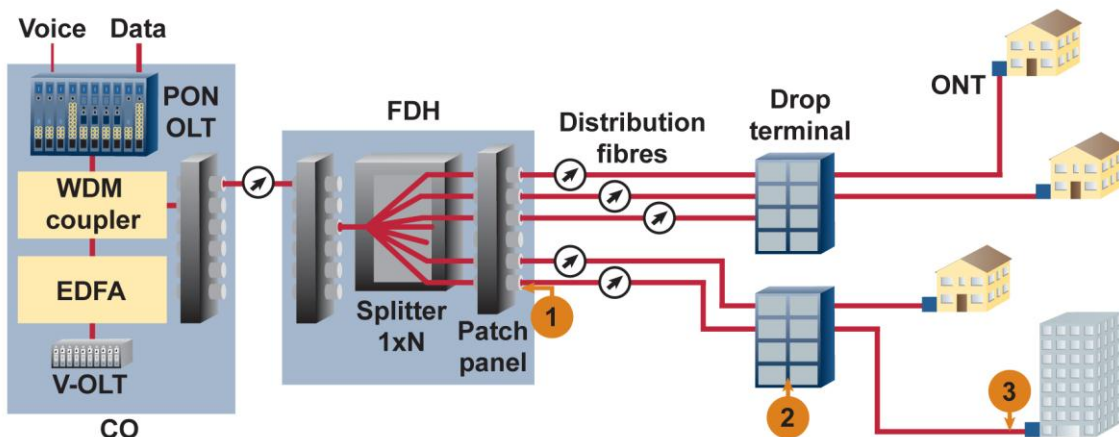


Abbildung 111: PON Messpunkte

Messpunkte

1. Die Durchführung einer Leistungs-Zertifizierung am Splitter – oder präziser an dessen Ausgang – ermöglicht Benutzern die Überprüfung, ob der Splitterausgang korrekt arbeitet. Diese einfache Maßnahme erlaubt die Bestätigung darüber, ob alle Netzwerkkomponenten von der Vermittlungsstelle (einschließlich der Zubringerglasfaser) bis zum Splitter in gutem Zustand sind. Typischerweise enthält der FDH SC/APC oder LC/APC Steckverbinder, es können jedoch auch Schmelzspleiße enthalten sein.
2. Mit der Durchführung einer Leistungs-Zertifizierung am Endterminal können die Techniker die Verteilungsglasfaser und die Ports des Endterminals charakterisieren. Üblicherweise enthält das Endterminal eine Spleißkassette, die Makrobend-Probleme verursachen kann.
3. Die Glasfaserverbindung zwischen den Endterminals und den Teilnehmerliegenschaften wird im Allgemeinen während der Serviceaktivierung installiert. Zur Gewährleistung eines zuverlässigen Service zum Teilnehmer müssen das Netzwerk und die Teilnehmer ONU ihre jeweiligen Spezifikationen erfüllen. Die beste Methode dies zu garantieren ist die Herstellung einer Durchgangsverbindung zur vollständigen Charakterisierung aller Betriebswellenlängen (Upstream und Downstream) im PON. Dies kann nur während der Serviceaktivierungsphase unter Verwendung eines Dual-Port PON Leistungsmessgeräts mit einer Durchgangsverbindung erreicht werden; ein normales Leistungsmessgerät kann ausschließlich die Downstream Signale der Vermittlungsstelle zertifizieren.

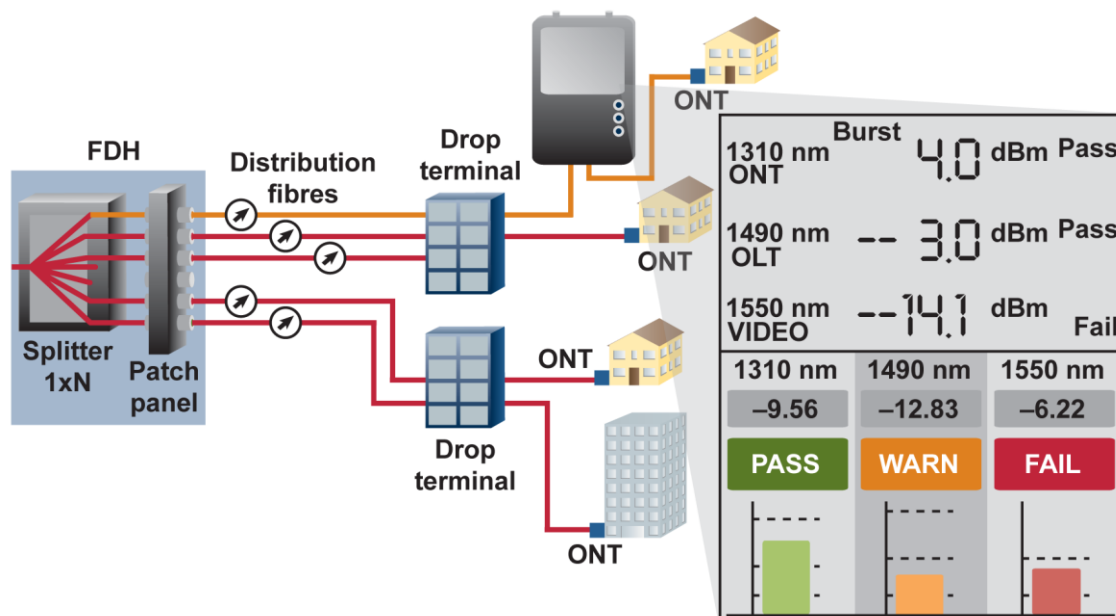


Abbildung 112: Durchgangstest für alle Wellenlängen

11.3 Serviceaktivierungsbericht

Im Büro müssen die Techniker Berichte generieren, um die Testergebnisse der Serviceaktivierungsphase zu dokumentieren. Diese Ergebnisse können zu einem späteren Zeitpunkt auf Probleme wie eine Leistungsdegradation hinweisen. Mit Unterauftragnehmern arbeitende Betreiber können diese Informationen auch für die Dokumentation der aktivierten Teilnehmer verwenden.

Ein Serviceaktivierungsbericht enthält typischerweise:

- Kundenname und/oder Telefonnummer
- Optische Leistung jeder Wellenlänge und jeder Lokation
- Zeitstempel für jede Messung
- Gut/Warnung/Fehler Status entsprechend der Standards wie BPON, GPON oder EPON
- Für die Beurteilung von Gut/Warnung/Fehler genutzte Schwellwerte

OLT ID: 02 Center <---> ONT ID: 22 [JOB ID: Roger]				PASS	
Location	Wavelength (nm)	Power (dBm)	Status	Date/Time (MM/DD/YY HH:MM:SS)	
DROP	1310	0.9	PASS	10/01/09 13:45:28	
	1490	-7.1	PASS		
	1550	3.1	PASS		
ONT	1310	1.2	PASS	10/01/09 13:54:32	
	1490	-7.4	PASS		
	1550	3.4	PASS		
Comment:	ONT installed on the driveway side of the home close to side entry.				

Service activation report						
Job ID: 418122457 EIFO J-PWA-02C 348332						
measurements						
OLT ID: 02 Center <---> ONT ID: 22						
[JOB ID: Roger]						
PASS						
Wavelength (nm)	Power (dBm)	Status	Date/Time (MM/DD/YY HH:MM:SS)			
1310	0.9	PASS	10/01/09 13:45:28			
1490	-7.1	PASS				
1550	3.1	PASS				
1310	1.2	PASS	10/01/09 13:54:32			
1490	-7.4	PASS				
1550	3.4	PASS				
ONT installed on the driveway side of the home close to side entry.						
APPLIED THRESHOLDS						
Location	Wavelength (nm)	Pass (dBm)	Warning (dBm)	Fail (dBm)		
DROP	1310	0.0	-4.0	-8.0		
	1490	-6.0	-10.0	-14.0		
	1550	1.0	-4.0	-8.0		
ONT	1310	0.0	-4.0	-8.0		
	1490	-6.0	-10.0	-14.0		
	1550	1.0	-4.0	-8.0		

Abbildung 113: Serviceaktivierungsbericht

Drop: Ende; ONT installed...: ONT auf der Straßenseite des Hauses in der Nähe des Seiteneingangs montiert;
Wavelength: Wellenlänge

Nach Erhalt des Serviceaktivierungsberichts vom Installateur kann der Betreiber die Services aktivieren und validieren.

12 FTTH Netzwerk Störungsbehebung

Die Störungsbehebung für ein Out-of-Service Netzwerk (d.h. ein Punkt-zu-Punkt Netzwerk oder ein gesamtes PON Netzwerk) kann auf einfache Art und Weise mithilfe eines optischen Leistungsmessgeräts oder eines OTDRs erfolgen.

Ein in Betrieb befindliches PON Netzwerk erfordert die Verwendung eines PON Leistungsmessgeräts für die Überprüfung, wann sich Signale außerhalb der Toleranzen befinden. Für Hinweise auf jegliche Glasfaserbrüche, Makrobends, fehlerhafte Spleiße oder Steckverbinder ist die Verwendung eines OTDR mit einem Live Testport in der Teilnehmerlokation erforderlich.

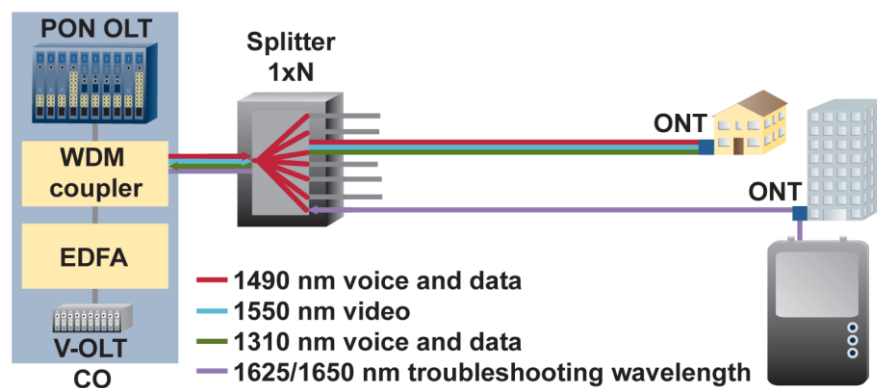


Abbildung 114: PON Netzwerk Störungsbehebung

Voice...: Sprache und Daten; troubleshooting...: Wellenlänge für die Störungsbehebung

Der Testtechniker wird das OTDR mit dem Ausgang des Endkabels verbinden und eine Upstream-Messung durchführen; hierzu verwendet er einen kurzen Lichtimpuls (d.h. 3/5 ns). Aufgrund des hohen Verlusts an der Splitterlokation und des vergleichsweise geringen Dynamikbereichs der Messung (wegen des kurzen Impulses) wird das Ende der Glasfaserverbindung an der Splitterlokation identifiziert.

Gewährleisten Sie, dass die Glasfaserlänge mit der Länge der Glasfaser zwischen dem Ausgang des Endkabels und der Splitterlokation korrespondiert. Falls dies nicht der Fall ist, deutet dies auf ein Problem in dieser Lokation hin (Glasfaserbruch oder Makrobend).

Falls die Längenmessung korrekt ausfällt, sollte jeder Spleißpunkt auf eine Überschreitung der normalen Spleißwerte überprüft werden. Jeder Punkt mit einem überhöhten Verlustwert deutet auf das Vorhandensein von Makrobends, eines Knicks oder eines schlechten Spleißes hin.

Die Glasfaser ist im Haus durch eine ONU terminiert, die eine Schnittstelle für analoges und digitales Video über Koaxialkabel, Video, VoIP oder Daten über Ethernet sowie Telefoniedienste über eine Twisted Pair (Zweidraht) Verdrahtung bereitstellt. Service Provider stellen digitales Heimvideo eventuell über eine Quadrature Amplitude Modulation (QAM) oder über IPTV oder eine Kombination bereit.

In Hausarchitekturen mit sowohl QAM für Broadcast Video als auch IPTV für bedarfsorientiertes Video teilt sich IPTV Video das Koaxialkabel mit dem QAM digitalen Video und wird typischerweise über den Multimedia over Coax Alliance (MoCA) Standard bereitgestellt. Das HPAV3 Protokoll kann auch für die Lieferung von IPTV und Daten genutzt werden, da es auf vorhandenen Zweidraht-Telefonleitungen oder Koaxialkabeln betrieben werden kann.

12.1 Probleme bei der Gebäudeverkabelung

Neben den durch das Glasfasernetzwerk hervorgerufenen Problemen wie Verlust, Latenzzeit und Jitter existiert eine Anzahl von Gebäudeproblemen, auch mit Telefonleitungen, Ethernet Fehlverkabelungen oder fehlerhafter Terminierung, schlechter Integrität der Koaxialkabel und Beeinträchtigungen durch Rauschen. Diese Probleme können in Kombination die Qualitätserfahrung des Teilnehmers verschlechtern.

Probleme mit Telefonleitungen

Telefonleitungen (Twisted Pair) in Liegenschaften übertragen häufig sowohl Sprache als auch Datendienste über HomePNA (HPNA) Standards. Die ONU emuliert das POTS Netzwerk durch die Bereitstellung aller Batteriespannungen, Klingeltöne und Wähltöne, die zuvor von der Vermittlungsstelle bereitgestellt wurden. Konsequenterweise ist die Störungsbehebung von VoIP Telefonverkabelungen der POTS Störungsbehebung sehr ähnlich.

Übliche Fehler in einer Gebäudeverkabelung sind unter anderem:

- Offen
- Kurzschlüsse
- Vertauschte Drähte
- Gebrochene Drähte

Identifikation von Ethernet Verdrahtungsproblemen

Viele Häuser sind nun mit einer Twisted-Pair Verkabelung vorverkabelt, die auch für Ethernet Datendienste geeignet ist. Die Verifikation einer korrekten Terminierung ist dabei sehr wichtig. Zwischen 75% und 85% der von Technikern vor Ort für die Störungssuche aufgewandten Zeit kann auf eine nicht hinreichende Terminierung zurückgeführt werden. Die üblichsten Terminierungsfehler können mit einem Verdrahtungsmessgerät lokalisiert werden.

Der Durchgangstest umfasst:

- Verifikation der Pin-zu-Pin Verbindungen
- Fähigkeit des Drahtes zu einer Signalübertragung
- Abschirmungen
- Spannung auf der Verbindung

Dies ist ein grundlegender Verbindungstest, kein Belastungstest.

Lokalisierung und Lösung von Problemen der Coax Verkabelung

Vorhandene koaxiale Heimnetzwerke stellen eine Anzahl von Herausforderungen dar. Die Qualität und das Routing des Netzwerks sind häufig unbekannt, da das Netzwerk vom Hausbauer, dem Eigentümer oder vielleicht einem früheren Service Provider errichtet wurde. Eine hochwertige koaxiale Verkabelung sollte einen Rauschabstand von wenigstens 30 dB zur Außenwelt gewährleisten (Rauschimmunität).

Diese Netzwerke enthalten jedoch häufig:

- Splitter
- Kniffe
- Brüche
- Schlechte Kabel
- Nicht terminierte Enden

- Schlechte Verbindungen
- Verstärker

Jedes dieser Probleme kann zu Netzwerkproblemen und Quality of Service Problemen führen. Eine gute Pflege oder der Austausch von Teilen des Netzwerks zur Erfüllung der Triple Play Standards der Service Provider kann für die Bereitstellung zuverlässiger Services kritisch sein.

12.2 Überblick über die optischen Testwerkzeuge

Die folgende Liste fasst die für FTTH Netzwerke verwandten optischen Testwerkzeuge zusammen:

Testausrüstung	Funktion	Verwendung
Inspektionsscope	Visuelle Prüfung der Steckverbinder	Prüfung der Steckverbindermontage und Störungsbehebung
VFL (Visueller Fehler-Lokalisator)	Durchgangsprüfung bis zu 5 km, Bruch/Biegung visueller Identifier für Glasfasern in Patchpanel/Verteilergebieten	Aufbau der Glasfaserverbindung und Störungsbehebung an Stellen mit zugänglicher Glasfaser
Optisches Sprechset	Ermöglicht die Kommunikation zwischen Technikern über eine Kabelverbindung	Wenn zwei Techniker für einen Ende-zu-Ende Test erforderlich sind
Lichtquelle / Leistungsmessgerät oder bidirektionales Loss Testset	Misst Einfügedämpfung, Return Loss und Kontinuität der Glasfaserverbindung	Bau der Glasfaserverbindung, Akzeptanztest und Störungsbehebung
Nur Leistungsmessgerät	Misst die optische Ausgangsleistung der Ausrüstung	Einschalten der Ausrüstung und Glasfaserverbindung sowie Störungsbehebung
Leistungsmessgerät mit Aufsteckgerät	Schätzt die optische Leistung der Verbindung	Störungsbehebung bei Ausrüstung und Glasfaser an einer beliebigen Lokation, an der die Glasfaser zugänglich ist; auch dann, wenn die Steckverbinder nicht zugänglich sind
Aufsteck-Glasfaseridentifizierer	Identifiziert und verfolgt den Datenverkehr auf der Glasfaser, kann auch die optische Leistung entlang der Verbindung schätzen	Störungsbehebung bei Ausrüstung und Glasfaser an einer beliebigen Lokation, an der die Glasfaser zugänglich ist; auch dann, wenn die Steckverbinder nicht zugänglich sind
1310/1490/1550 selektives Leistungsmessgerät mit Durchgangsmodus	Misst die Leistungsniveaus der Ausrüstung und der Glasfaserverbindung bei der Verbindung von OLT/ONT	Einschalten der Glasfaserverbindung und der Ausrüstung (ONT/OLT) und Störungsbehebung
ORL Messgerät	Misst den gesamten optischen Return Loss	Bau der Glasfaserverbindung und Störungsbehebung
OTDR	Misst die Eigenschaften der Glasfaserverbindung	Bau der Glasfaserverbindung, Akzeptanz und Störungsbehebung

Anhang A: IEC Standards

Überblick über die internationalen Glasfaser- und Kabel-bezogenen Standards für Zugangsnetzwerke der International Electrotechnical Commission (IEC):

IEC 60793-1-1 Ed. 2	Optical fibres - Part 1-1: Measurement methods and test procedures: General and guidance
IEC 60793-2 Ed 5	Optical fibres – Part 2: Product specifications – General
IEC 60794-1-1 Ed2*	Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General
IEC 60794-1-2 Ed2*	Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures
IEC 60794-2-10 Ed 3.0	Optical Fibres – Part 2-10: Product specifications – sectional specification for category A1 multimode fibres
IEC 60794-2-50 ED 2.0	Optical Fibres – Part 2-50: Product specifications – sectional specification for class B single-mode fibres
IEC 60794-2 Ed3*	Optical fibre cables – Part 2: Indoor cables – Sectional specification
IEC 60794-2-10 Ed1*	Optical fibre cables – Part 2-10: Indoor cables – Family specification for simplex and duplex cables
IEC 60794-2-11 Ed1	Optical fibre cables – Part 2-11: Indoor cables – Detailed specification for simplex and duplex cables for use in premises cabling
IEC 60794-2-20 Ed1	Optical fibre cables – Part 2-20: Indoor cables – Family specification for multi-fibre optical distribution cables
IEC 60794-2-21 Ed1	Optical fibre cables – Part 2-21: Indoor cables – Detailed specification for multi-fibre optical distribution cables for use in premises cabling
IEC 60794-2-30 Ed1	Optical fibre cables – Part 2-30: Indoor cables – Family specification for optical fibre ribbon cables
IEC 60794-2-31 Ed1	Optical fibre cables – Part 2-31: Indoor cables – Detailed specification for optical fibre ribbon cables for use in premises cabling
IEC 60794-2-40 Ed1*	Optical fibre cables – Part 2-40: Indoor cables – Family specification for simplex and duplex cables with buffered A4 fibre
IEC 60794-2-40 Corr.1 Ed1*	Corrigendum 1 – Optical fibre cables – Part 2-40: Indoor cables – Family specification for simplex and duplex cables with buffered A4 fibres
IEC/PAS 60794-2-50 Ed1*	Optical fibre cables – Part 2-50: Indoor optical fibre cables – Family specification for simplex and duplex optical fibre cables for use in terminated cable assemblies or for termination with optical fibre passive components
IEC 60794-3 Ed3	Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables
IEC 60794-3-10 Ed 1*	Optical fibre cables – Part 3-10: Outdoor cables – Family specification for duct and directly buried optical telecommunication cables
IEC 60794-3-12 Ed1	Optical fibre cables – Part 3-12: Outdoor cables – Detailed specification for duct and directly buried optical telecommunication cables for use in premises cabling
IEC 60794-3-20 Ed1*	Optical fibre cables – Part 3-20: Outdoor cables – Family specification for optical self-supporting aerial telecommunication cables
IEC 60794-3-21Ed1	Optical fibre cables – Part 3-21: Outdoor cables – Detailed specification for optical self-supporting aerial telecommunication cables for use in premises cabling

IEC 60794-3-30 Ed1*	Optical fibre cables – Part 3-30: Outdoor cables – Family specification for optical telecommunication cables for lake and river crossings
IEC 60794-4 Ed1	Optical fibre cables – Part 4: Sectional specification – Aerial optical cables along electrical power lines
IEC 60794-5	Optical fibre cables – Part 5: Sectional specification for microduct cabling for installation by blowing
IEC 60794-5-10 (not published yet)	Optical fibre cables – Part 5-10: Family specification for outdoor microduct optical fibre cables, micro ducts and protected micro ducts for installation by blowing
IEC 60794-5-20 (not published yet)	Optical fibre cables – Part 5-20: Family specification for outdoor microduct optical fibre cable duct optical fibre units, micro ducts and protected micro ducts for installation by blowing

Anhang B: Europäische Standards

Überblick über die Glasfaserkonnektivitäts-bezogenen europäischen Standards für Zugangsnetzwerke:

EN 50733-1	Connector sets and interconnect components to be used in optical fibre communication systems – Product specifications – Part 1: General and guidance
EN 50377-2-x	Product specification – Part 2 – FC connectors
EN 50377-4-x	Product specification – Part 4 – SC connectors
EN 50377-7-x	Product specification – Part 7 – LC connectors
EN 50377-8-x	Product specification – Part 8 – LSH connectors
EN 50377-10-x	Product specification – Part 10 – MU connectors
EN 50377-14-x	Product specification – Part 14 – Patchcords
EN 50411-1	Fibre organisers and closures to be used in optical fibre communication systems – Product specifications – Part 1: Fibre organisers
EN 50411-2	Fibre organisers and closures to be used in optical fibre communication systems – Product specifications – Part 2: General and guidance for optical fibre cable joint closures, protected microduct closures, and microduct connectors
EN 50411-2-2	Product specification – Part 2-2: Sealed pan fibre splice closures Type 1, for category S & A
EN 50411-2-3	Product specification – Part 2-3: Sealed inline fibre splice closures Type 1, for category S & A
EN 50411-2-4	Product specification – Part 2-4: Sealed dome fibre splice closures Type 1, for category S & A
EN 50411-2-5	Product specification – Part 2-5: Sealed closures for air blown fibre microduct, type 1, for category S & A
EN 50411-2-8	Product specification – Part 2-8: Microduct connectors, for air blown optical fibres, type 1
EN 50411-3-2 (not published yet)	Product specifications – Part 3-2: Singlemode mechanical fibre splice
EN 50411-3-3 (not published yet)	Product specifications – Part 3-3: Singlemode optical fibre fusion splice protectors

Glossar

ADSS	all-dielectric self-supporting
APC	Angle-polished connector (winklig geschliffener Steckverbinder)
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CATV	cable television
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing (grobes Wellenlängenmultiplex)
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing (enges Wellenlängenmultiplex)
FCP	fibre concentration point (Glasfaser Konzentrationspunkt)
FBT	fused biconic tapered (bikonischer Schmelzkoppler)
FDH	fibre distribution hub (another term for FCP) (Glasfaserverteilungspunkt, anderer Ausdruck für FCP)
FTTC	fibre to the curb (Glasfaser bis zum Bürgersteig)
FTTB	fibre to the building (Glasfaser bis zum Gebäude)
FTTH	fibre to the home (Glasfaser bis in das Gebäude)
FTTN	fibre to the node (Glasfaser bis zum Knoten)
FTTx	generic term for all of the fibre-to-the-x above (allgemeiner Ausdruck für die oben erwähnten)
FWA	fixed wireless access (fester drahtloser Zugang)
G.650	ITU Rec.G.650 Definition and testing methods for single mode fibres (Definition und Testverfahren für singlemode Glasfasern)
G.651.1	ITU Rec. G.651.1 Characteristics of a 50/125 µm multimode graded index optical fibre cable for the access network (G.651 ist hinfällig) (Eigenschaften von 50/125 µm multimode Gradientenindex-Glasfasern für Zugangsnetzwerke)
G.652	ITU Rec. G.652 Characteristics of a single-mode optical fibre and cable (Eigenschaften von singlemode Glasfasern und Kabeln)
G.655	ITU Rec. G.655 Characteristics of a non-zero dispersion-shifted single-mode optical fibre and cable (Eigenschaften von Non-Zero Dispersion Shifted singlemode Glasfasern und Kabeln)
G.657	ITU Rec. G.657 Characteristics of a bending loss insensitive single-mode optical fibre and cable for the access network (Eigenschaften von Biegeradius-unempfindlichen Glasfasern und Kabeln für Zugangsnetzwerke)
Gbps	Gigabits per second
HDPE	high-density polyethylene (Hochdichtes Polyäthylen)
IEEE	Institute for Electrical and Electronics Engineers
IL	insertion loss (Einfügungsdämpfung)
ISO	International Organisation for Standardisation
IEC	International Electrotechnical Commission
ITU-T	International Telecommunication Unit – Telecommunications Standards
LAN	Local Area Network
LI	local interface (lokale Schnittstelle)
LSZH	low smoke, zero halogen (raucharm, keine Halogene)
Mbit/s	Megabits per second
MMF	multimode fibre
MDU	main distribution unit (Hauptverteilungspunkt)

MDU	multi-dwelling unit (Mehrfamilienhaushalt)
ODF	optical distribution frame (Optisches Verteilergestell)
OLT	optical line termination (Glasfaserterminierung)
OLTS	optical loss test set (Messgerät zur Messung des optischen Verlusts)
ONU	optical network unit (optische Netzwerkeinheit)
ONT	optical network termination (optische Netzwerkterminierung)
OPGW	optical power ground wire (optisches Erdkabel)
OTDR	optical time domain reflectometer
PE	polyethylene (Polyäthylen)
PMD	polarisation mode dispersion
PON	passive optical network
POP	point of presence
PTP	point-to-point (Punkt-zu-Punkt)
PVC	polyvinylchloride
RL	return loss (Rückflusdämpfung)
ROW	right of way (Wegerecht)
SMF	singlemode fibre
STP	shielded twisted pair (abgeschirmte Zweidraht-Leitung)
UPC	ultra polished connector (ultra-polierter Steckverbinder)
UPS	uninterruptible power supply (Unterbrechungsfreie Stromversorgung)
UTP	unshielded twisted pair (nicht abgeschirmte Zweidraht-Leitung)
WDM	Wavelength Division Multiplexing (Wellenlängenmultiplex)
WLAN	wireless LAN (Local Area Network)

NOTIZEN:

Fibre-To-The-Home heute...

“Die 10 meistgestellten Fragen”

Heute haben alle Marktteilnehmer im Telekommunikationsbereich, wie z.B. die klassischen Betreiber, die Kommunen, die Versorgungsunternehmen und Organisationen, die ihre eigenen Initiativen verfolgen, das gleiche Ziel. Alle wollen dem Endkunden einen Hochgeschwindigkeitszugang anbieten – im privaten wie auch im geschäftlichen Bereich.

Dieses Dokument bietet ergänzende Informationen über die wichtigsten Aktivitäten, die bei einem "Fibre-to-the-Home" Ausbau erforderlich sind. Ein erfolgreicher FTTH Ausbau sowie eine erfolgreiche Annahme des Netzwerks bedeuten, dass Überlegungen und Analysen ebenso wie Ausbau und Inbetriebnahme schrittweise erfolgen müssen. Das Verfahren beginnt mit dem ersten Business Case (Rentabilität (finanzieller wie auch sozialer Art)) und ist mit der Annahme des Service durch den Endkunden abgeschlossen.

Probleme und Lösungen werden durch 10 wichtige Fragen dargestellt und entsprechend beantwortet. Diese behandeln den FTTH Ausbau und klären einige der offenen Fragen anhand praktischer Beispiele. Betrachten Sie dieses Dokument als Einführung in die Thematik und benutzen Sie es für die erste Plausibilitätsprüfung Ihrer FTTH-Vision.

Nachfolgend sind die fünf wichtigen Schritte des FTTH Ausbaus noch einmal aufgeführt:

1. Bereiten Sie eine detaillierte Dokumentation über alle getroffenen Entscheidungen (Go oder No Go?) vor und bewahren Sie diese gut auf

Entwickeln Sie Ihren Business Case, definieren Sie den geographischen Markt, konkretisieren Sie Ihr Geschäftsmodell, wählen Sie eine Netzwerkarchitektur und prüfen Sie die regulatorischen Pflichten und Vorgaben.

2. Ausbau im Außenbereich (Installation Ihrer Verkabelung)

Prüfen Sie die Dimensionierung Ihrer passiven Infrastruktur, wählen Sie Ihre Komponenten aus, rechnen Sie Kostensynergien durch und bauen Sie Ihre Glasfaser Terminierung aus.

3. Erstellen der Konnektivität (senden Sie Licht durch Ihre Verkabelung)

Implementieren Sie Ihre aktiven Komponenten, passen Sie Ihren Zeitplan den Marktanforderungen an, führen Sie Interoperabilitäts- und Ende-zu-Ende Tests durch und implementieren Sie Ihre Managementlösung.

4. Servicebereitstellung direkt an den Endkunden (Retail?)

Führen Sie Ihre Servicepakete ein, organisieren Sie Ihren Kundendienst und steuern Sie die Wohnumgebung Ihres Endkunden.

5. Service-Modelle unter Einbeziehung von Drittparteien (Wholesale?)

Wachsen Sie über traditionelle Triple Play Services hinaus, verhandeln Sie Quality-of-Service Vereinbarungen und fördern Sie die App-Stores.

Schritt 1: Bereiten Sie eine detaillierte Dokumentation über alle getroffenen Entscheidungen (Go oder No Go?) vor und bewahren Sie diese gut auf

Stellen Sie zur richtigen Beurteilung der Lage sicher, dass alle Parameter definiert worden sind. Warum, wann, wo und wie gehen wir die Sache an? Nur der beste Plan wird das bestmögliche Ergebnis erzielen. Einige Fragen:

Frage: Welche(s) geographische(n) Gebiet(e) kommt/kommen für den FTTH Ausbau in Betracht?

Verschiedene Kriterien (sozialwirtschaftliche Kriterien, die erwartete Abschlussrate...) können der Wahl der geographischen Gebiete für den FTTH Ausbau zugrundegelegt werden. Wenn man über ein bestimmtes Investment-Budget verfügt, kann man zum Beispiel zwischen der Ertragsmaximierung oder der größtmöglichen Abdeckung wählen.

Zu diesem Zweck werden dem ersten Netzwerk-Design und der Kalkulation des damit verknüpften Business Case Geomarketing-Verfahren zugrundegelegt, die auf sozialökonomischen Daten im geographischen Kontext beruhen.

Frage: Kommt eine Partnerschaft für Sie in Frage? Welche Partner kommen für Sie in Betracht?

Partnerschaften werden zur Bewältigung der sehr hohen Investitionskosten im Bereich der Glasfaser-Infrastruktur eingegangen bzw. um sich der Herausforderung einer erfolgreichen Nutzung des FTTH Netzwerks zu stellen.

Die großen Unterschiede im Bereich des Investitionsbudgets, der Lebensdauer und der Risiken zwischen der aktiven und der passiven Glasfaserinfrastruktur erfordern langfristige Partnerschaftvereinbarungen in Bezug auf die betrieblichen und unternehmerischen Aspekte. Um etwas konkreter zu sein: Zur Aufstellung eines für alle beteiligten Partner nachhaltigen Geschäftsmodells muss ein faires Beteiligungsmodell erarbeitet werden.

Ergänzende Fragen:

Frage: Was ist eine angemessene "Amortisationsdauer" in Bezug auf die FTTH Investitionen?

Frage: Ist ein "Open Network" von Vorteil – und wie kann man sich spezialisieren?

Frage: Welche grundlegenden Netzwerkdesign- und –modellierungs Schritte sind erforderlich?

Schritt 2: Ausbau im Außenbereich (Installation Ihrer Verkabelung)

Die passive Infrastruktur bildet die Grundlage des FTTH Ausbaus. Überprüfen Sie, welche Ihre besten Optionen sind, und planen Sie im Voraus einen kosteneffektiven Ausbau. Ergänzende Fragen :

Frage: Sind Kostensynergien mit anderen Infrastruktur-Betreibern im öffentlichen Bereich möglich (auferlegt oder nicht reguliert)?

Im Allgemeinen lassen sich durch eine bessere Koordinierung der Erdarbeiten im öffentlichen Bereich erhebliche Kosteneinsparungen realisieren. Zu diesem Zweck wird ein GIS (= geographisches Informationssystem) -gestütztes Netzwerkdesignsystem zusammen mit Planungs- und Dokumentationswerkzeugen von den Infrastruktur-Architekten mit integriert. Dies erlaubt den Austausch von Daten über die öffentliche Infrastruktur und bietet ein besser synchronisiertes Workflow-Management zwischen den verschiedenen Infrastruktur-Architekten. Die Praxis hat gezeigt, dass die Kosten pro angeschlossenem/anschließbarem Haus durch ein verbessertes OSP Projektmanagement noch weiter reduziert werden können.

Nach dem Ausbau führt eine gut dokumentierte Bestandsaufnahme der Außenanlagen zu einer Reduzierung der Anzahl Glasfaserunterbrechungen, zu weniger Helpdesk-Anrufen und zu einer verbesserten Problembehandlung im Falle eines Ausfalls.

Frage: Welche Kriterien sollen der Wahl der passiven Komponenten, wie z.B. ODF, Kabel, Steckverbinder, Spleißverbindungen etc. ... zugrunde gelegt werden?

Da die Lebensdauer der passiven Infrastruktur die Lebensdauer der aktiven Komponenten mehrfach übersteigt, ist die Auswahl qualitativ guter passiver Komponenten äußerst wichtig. Diese müssen auch zukünftigen Anforderungen gewachsen sein (z.B. NG PON). Es gilt, einen Kompromiss zwischen den Kosten, der Qualität und den arbeitsbezogenen Aspekten (Arbeitsaufwand und benötigte Kenntnisse bzw. Werkzeuge) der betreffenden Komponenten zu finden.

Weitere Fragen:

Frage: Mit welchen Hürden muss man in Bezug auf die hausinterne Glasfaserverkabelung rechnen?

Frage: Welche Auswirkungen haben örtliche Regulierungen?

Frage: Welchen Dimensionierungsregeln unterliegen die passiven Komponenten?

Schritt 3: Erstellen der Konnektivität (senden Sie Licht durch Ihre Verkabelung)

Für den Anschluss von Teilnehmern müssen die notwendigen Bandbreiten innerhalb der FTTH Infrastruktur bereitgestellt werden. Die aktiven Netzwerkkomponenten und verwandten Technologien decken diesen Bereich ab. Ergänzende Fragen:

Frage: Wahl der aktiven Technologien?

Obwohl die Glasfasertechnologie einer rasanten Entwicklung unterliegt, ist es in der Realität so, dass der Markt die richtige Technologie zum richtigen Zeitpunkt zum richtigen Preis haben will. Dies soll im Einklang mit einer realistischen Betrachtung der Entwicklungen im Bereich Services und des zukünftigen Bandbreitenbedarfs stehen. Der Bedarf an Fibre-to-the-most economical point (zum wirtschaftlichsten Punkt) setzt die Koexistenz weiterer sowie hybrider Glasfasertechnologien voraus.

Unabhängig von der Technologieauswahl soll die Kontinuität der Technologie sichergestellt sein, damit die Interoperabilität auch in Zukunft erhalten bleibt, vor-Ort Einsätze nicht erforderlich werden und Modifizierungen der Außenanlagen-Infrastruktur ausgeschlossen sind.

Frage: Wie grün ist FTTH?

Unabhängige Studien haben gezeigt, dass Glasfasertechnologien die durch die Kommunikation verursachten CO₂-Mengen im Vergleich zu herkömmlichen Systemen erheblich reduzieren. Glasfasersysteme können verschiedene Datentypen über nur ein Kabel und ein Netzwerk transportieren. Somit wird die Notwendigkeit parallel verlaufender Infrastrukturen und einer separaten Stromversorgung für Kabel TV, Festnetz-Telefonie und den Festnetz Internetzugang eliminiert. Darüber hinaus können Glasfasersysteme Daten durch viel größere Systeme mit einem weit geringeren Strombedarf transportieren.

Ergänzende Fragen:

Frage: Wie kann die Kontinuität der Technologie sichergestellt werden?

Frage: Wie können vor-Ort Einsätze auf ein Minimum reduziert werden?

Frage: Wie können Interoperabilität, Standardisierung und Ende-zu-Ende Tests eingebettet werden?

Schritt 4: Servicebereitstellung direkt an den Endkunden (Retail?)

Wenn der Einstieg in den Retail-Handel beabsichtigt wird müssen potenzielle Teilnehmer davon überzeugt werden, dieses System auch zu wählen. Ergänzende Fragen:

Frage: Warum FTTH?

Welche Anwendung eignet sich am besten für FTTH in der privaten Umgebung? Video? In welcher Form? Jedes Angebot, das einen schnelleren Zugang verspricht und die Benutzererfahrung verbessert, stellt einen wirklich guten Kandidaten für höhere Verkaufszahlen dar. FTTH ist perfekt auf diese Ziele ausgerichtet.

FTTH bringt beispiellose Zuverlässigkeit und eine garantierte Bandbreite in die privaten Haushalte und garantiert einen höheren Grad an Personalisierung für alle.

FTTH bietet den angeschlossenen Haushalten ein umfangreicheres Service-Angebot – nach dem Prinzip mehrerer Räume mit mehreren Bildschirmen. Dies wird zur Steigerung der Nachfrage nach garantierten Serviceleistungen mit Remote Management Lösungen für Geräte und Services innerhalb der Wohnung führen.

Frage: Wie können Endbenutzer von den klassischen Services zu erweiterten Diensten migriert werden?

Endbenutzer brauchen den visuellen Reichtum, den der FTTH Zugang bietet. Das Hinzufügen einer visuellen Komponente sowohl zu herkömmlichen Kommunikationsdiensten (z.B. der Videotelefonie) als auch zu zukünftigen Kommunikations- und Unterhaltungsdienstleistungen (z.B. der immersiven Kommunikation) wird als entscheidendes Element bei der Schaffung eines gesteigerten Endbenutzer-Erlebnisses betrachtet.

Darüber hinaus betrachten die politischen Entscheidungsträger FTTH als Motor für die sozial-ökonomische Entwicklung und als eine Möglichkeit, den Bürgern Dienstleistungen wie beispielsweise e-Health, e-Education und e-Verwaltung ("Government") anzubieten. Die Bereitstellung von Services, die für den persönlichen Lebensstil relevant sind und für die Gesellschaft einen Mehrwert schaffen, wird die Massenakzeptanz von FTTH auf dem Markt noch weiter beschleunigen.

Ergänzende Fragen:

Frage: Wie kann der gesteigerte Wert, den FTTH bietet, vermarktet werden?

Frage: Welche Servicedefinitionen und Garantieverfahren sollen implementiert werden?

Frage: Wie sieht die Zielgruppe aus?

Schritt 5: Service-Modelle unter Einbeziehung von Drittparteien (Wholesale?)

Die Implementierung des "vertikal integrierten" Modells in seiner Ganzheit und der alleinige Auftritt im Retail-Bereich ist nicht erforderlich. Partnerschaften, Vereinbarungen, Zusammenarbeitsprojekte etc. können für eine erfolgreiche Einführung von FTTH Systemen integriert werden. Ergänzende Fragen:

Frage: Wie können Anwendungs-, Content- und Service Provider akquiriert werden?

Zur Aufstellung eines nachhaltigen FTTH Geschäftsmodells müssen attraktive Drittanbieter akquiriert werden, die Anwendungen, Inhalte und Services zur Verfügung stellen können. Hierfür werden dedizierte Service Bereitstellungs-Plattformen benötigt. Im Grunde genommen bleibt die Komplexität der zugrundeliegenden Infrastruktur durch diese Plattformen, die auf offenen API-Schnittstellen basieren, verborgen. Dies sorgt für eine schnellere und transparentere Servicebereitstellung.

Eine kontrollierte Freigabe von Netzwerkkapazitäten in Verbindung mit einer entsprechenden Qualitätskontrolle ist für vertrauenswürdige Drittparteien, wie Unternehmen, Energieversorger und (halb-) staatliche Organisationen, von besonderem Interesse. Diese Gruppen sind zur Zahlung eines Aufpreises für diesen Service bereit.

Im Anschluss an die garantierte Bandbreite und QoS wird möglicherweise eine Vielzahl von Managed Services, wie z.B. Hosting-Einrichtungen, App-Stores und das Life-Cycle Management etc., durch Service Level Agreements (SLAs) abgedeckt. Dieser Ansatz könnte Marktneulinge anlocken, die weder über die notwendige Größe noch über das entsprechende Fachwissen verfügen, die aber das FTTH Ökosystem durch innovative Anwendungen, Services und Inhalte bereichern können.

Frage: Wie kann das Angebot über Triple Play hinaus erweitert werden?

Zur Weiterentwicklung über traditionelle, kommerzielle Triple Play Angebot hinaus müssen Partnerschaften zwischen Network Service Providern (NSP), den Herstellern von Unterhaltungselektronik (CE = Consumer Electronic) und den Anwendungs- & Content-Providern (ACP = Application & Content Providers) abgeschlossen werden. So werden beispielsweise innovative Geschäftsmodelle für "Over the Top"-Video Services benötigt, damit diese neben den Managed IPTV-Services existieren können.

Ergänzende Fragen:

Frage: Wie wird ein Business Case für Service Provider aufgebaut?

Frage: Wie können Service Provider, die mehrere Dienste anbieten, gesteuert werden (Quality of Service, Bandbreite etc.)?

Frage: Welche Rolle spielt die Werbung bei diesen Geschäftsmodellen?

Weitere Informationen über die Implementierung und den Betrieb von FTTH finden sich im FTTH Handbook. Der FTTH Business Guide stellt Informationen über die Finanzierung von FTTH und die entsprechenden Business Cases bereit.



FTTH Council Europe

Excelsiorlaan 91

B-1930 Zaventem

Tel +43 699 1908 1622

Fax +43 2855 71142

info@ftthcouncil.eu

www.ftthcouncil.eu