

FTTH PON-Leitfaden

Testen von passiven optischen Netzen

5. Ausgabe

EXFO

Dieser PON-Leitfaden gibt Ihnen einen Überblick über die FTTH-Technologie und die Testanforderungen bei der Installation, Aktivierung und Fehlerdiagnose von passiven optischen Netzen (PON).

Von POTS zu PON

Die Erfindung des Telefons im Jahr 1876 und die Gründung der Bell Telephone Company im Jahr 1878 haben die Grundlage für die umfassende Entwicklung der klassischen analogen Telefonie gelegt (Englisch: Plain Old Telephone System, POTS). Bereits zwei Jahre später erlaubte ein „Photophon“ die Übertragung von Tönen über einen Lichtstrahl.

Im Laufe der Jahre haben verschiedene Wegbereiter eine Reihe von faszinierenden Erfindungen gemacht und technische Durchbrüche errungen. Dazu zählen die Lasertechnologie und die optische Singlemode-Faser, die es möglich machen, mit Hilfe von Licht riesige Datenmengen über große Entfernungen zu transportieren. Heute erfolgen mehr als 90 % der Langstreckenübertragungen in den USA über Glasfasern. Allerdings kommen verdrehte Kupferadern (Twisted Pair, TP) immer noch für die kurzen Entfernungen zwischen der Vermittlungsstelle und dem Teilnehmeranschluss zum Einsatz.

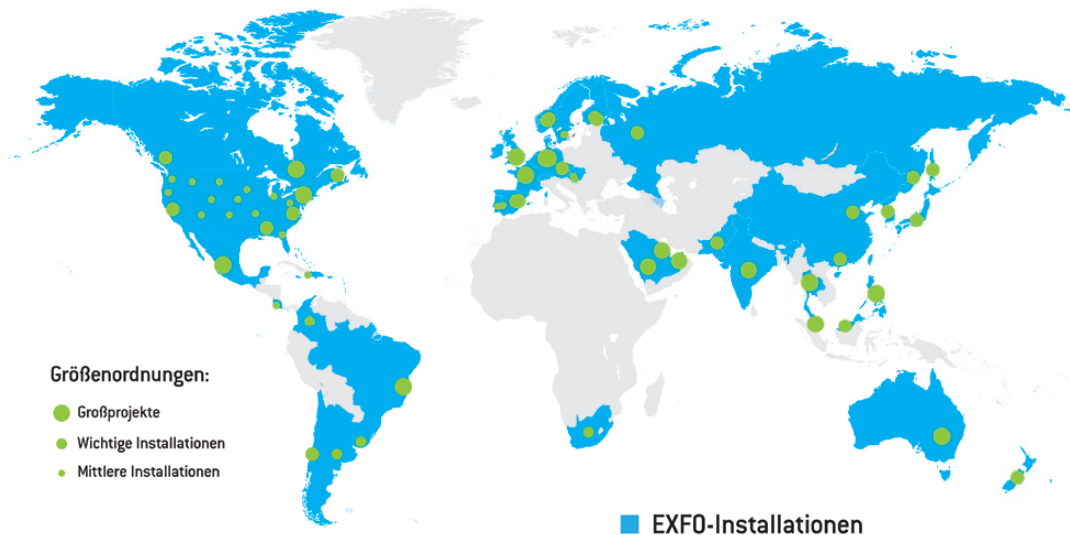
Die Fiber-To-The-Home (FTTH) Technologie ist eine attraktive Lösung zur Bereitstellung einer großen Bandbreite von der Vermittlungsstelle zu den Privatkunden sowie zu kleinen und mittleren Unternehmen. FTTH ist wirtschaftlich, weil diese Technologie ein passives optisches Netz (PON) nutzt. Noch interessanter wird FTTH, wenn man die höhere Zuverlässigkeit des Netzwerks sowie die Einfachheit der Ausführung von Tests, Messungen und Überwachungsanwendungen berücksichtigt. Die PON-Systeme basieren auf den gleichen Prinzipien wie Glasfaser-Standardnetze und erlauben die Nutzung gleicher oder ähnlicher Technik für die Installation und Wartung.

Schnellere und zuverlässigere FTTH-Installationen? Kein Problem mit den Lösungen von EXFO!

Als FTTH erstmals installiert wurde, hat EXFO bereits entsprechende Tests angeboten – durch Einführung des ersten simultanen Upstream/Downstream-Messverfahrens (über eine Durchgangsverbindung). Seitdem haben wir zahlreiche weitere innovative FTTH-Lösungen vorgestellt, die Sie bei der Erfüllung der von Ihrem Netzwerk in jeder Phase seines Lebenszyklus gestellten Anforderungen unterstützen. Mit der weiteren Verbreitung von FTTH haben wir auch unsere Technologieführerschaft und Kompetenz ausgebaut.

EXFO stellt den Netzbetreibern das Wissen, die Werkzeuge und die Testumgebung zur Verfügung, auf die sie angewiesen sind, um die durch die steigende Bandbreitennachfrage in die Höhe schnellenden Betriebskosten zu senken. Mit in der Praxis bewährten Methoden und Verfahren, intelligenten und integrierten Testlösungen sowie cloudbasiertem Datenmanagement ist es nun möglich, FTTH-Netze zuverlässig und wirtschaftlich zu installieren.

Wir installieren FTTH-Netze weltweit!



Inhaltsverzeichnis

1. Einführung in FTTx	4	3. Testverfahren – Installationsphase	31
1.1 FTTH-Architekturen	8	3.1 Wartung der Steckverbinder	35
1.2 Technische Ausstattung passiver optischer Verteilnetze	10	Schrittweise Anleitung zur Inspektion von Steckverbinderendflächen.....	40
Glasfasern	11	Empfehlungen zur Behandlung von Steckverbindern	43
Splitter	12	Zubehör zum Reinigen von Steckverbindern	46
Steckverbinder	14	3.2 Bewertung der Einfügungsdämpfung und der optischen Rückflusdämpfung	50
Spleiße	15	3.3 Werkzeuge und Konzepte	52
Technische Komponenten für Mehrfamilienhäuser	16	3.4 OTDR-basierte Testverfahren	53
2. Wichtige physische Parameter der Netzwerkleistung	19	Traditionelles OTDR.....	54
2.1 Dämpfungsbudget	20	Das iOLM.....	59
2.2 Einflussfaktoren des Dämpfungsbudgets	24	3.5 OLTS-basiertes Verfahren.....	64
Mangelhafte Verbindungen	26	4. Testverfahren – Aktivierungsphase	69
Auswirkungen.....	29	4.1 Leistungspegelmessungen in passiven optischen Netzen	71
Makrokrümmungen	30	4.2 Messungen mit einem PON-optimierten Leistungspegelmesser.....	75

5. Testverfahren – Wartungsphase	77
5.1 Störungsbehebung während des laufenden Betriebs.....	78
6. Testdokumentation.....	85
7. Abkürzungen.....	89
8. Anhänge	93
Anhang A: Vorlauf- und Nachlauffasern	94
Anhang B: Optische Zugangsnetze (OAN) der nächsten Generation	97
Anhang C: EXFO Connect	104
Anhang D: Weiterführende Links	108

1

Einführung in FTTx



1. Einführung in FTTx

Mit ihrer fast unbegrenzten Bandbreite gelten Singlemode-Glasfasern heute in Weitverkehrsnetzen (Long Haul) und Metro-Netzen als das Übertragungsmedium der Wahl. Der Einsatz von Glasfasern anstelle von Kupferkabeln ermöglicht es, die Geräte- und Wartungskosten wesentlich zu senken, und erhöht gleichzeitig die Dienstgüte (QoS). Zudem haben heute mehr Geschäftskunden als je zuvor Zugang zu Punkt-zu-Punkt-Diensten (P2P), die über Glasfaser übertragen werden.

Jedoch werden Glasfaserkabel heute auch schon im Anschlussbereich, in der sogenannten „Letzten Meile“, verwendet, die von der Vermittlungsstelle bis zum Teilnehmer reicht. Da dieses Segment bis vor kurzem noch ein typischer Einsatzbereich von Kupferkabeln war, waren die den Privatkunden und kleinen Firmen zur Verfügung gestellten Hochgeschwindigkeitsdienste auf digitale Teilnehmeranschlussleitungen (xDSL) und hybride Glasfaser-Koaxialkabel-Übertragungen (HFC) beschränkt. Für die wichtigste Alternative, d. h. die drahtlose Übertragung über den Direktrundfunk (DBS), werden eine Antenne und ein Transceiver benötigt. Vor dem Hintergrund der heutigen Entwicklungen mit der explosionsartig ansteigenden Nachfrage nach immer mehr Bandbreite und Hochgeschwindigkeitsdiensten, die über große Strecken übertragen werden müssen, bieten die kupferbasierten und funkgestützten Transportsystemen allerdings die folgenden Nachteile:

- > Begrenzte Bandbreite
- > Unterschiedliche Medien und Geräte erhöhen den Wartungsaufwand

Obwohl die Glasfaser die oben genannten Einschränkungen nicht kennt, behinderten die hohen Kosten, die mit dem Anschluss jedes einzelnen Teilnehmers mit der Vermittlungsstelle verbunden waren, die direkte Bereitstellung von Glasfaserdiensten an Privatkunden und kleine Firmen. Um das Kostenproblem zu lösen, haben die größten Unternehmen der Branche unter der Bezeichnung Full-Service Access Network (FSAN) ein Standardisierungsgremium geschaffen, das die Entwicklung geeigneter Systemspezifikationen für das Zugangsnetz, einschließlich der benötigten Geräte, ermöglichen sollte. Die International Telecommunications Union (ITU-T) hat dann die FSAN-Spezifikationen als Empfehlung übernommen. 1998 wurde die FSAN-Spezifikation für ATM-basierte passive optische Netze (PON) zu einem internationalen Standard und von der ITU als Empfehlung G.983.1 veröffentlicht.

Technologien im FTTx-Netz

Neue Standards, die beispielsweise von der ITU-T, der IEC und dem Institute of Electronic and Electrical Engineers (IEEE) verabschiedet wurden, haben die Entwicklungsgemeinsamkeiten, die Praxistauglichkeit und die Sicherheit von PON-Netzen wesentlich erhöht.

Tabelle 1: Aktuell eingesetzte PON-Technologien

Typ		Breitband-PON (BPON)		Gigabit-fähiges PON (GPON)				Ethernet-PON (EPON)			
				GPON		GPON-ERG					
Standard		Serie ITU-T G.983		Serie G.984		G.984.6		IEEE 802.3ah			
Protokoll		ATM		Ethernet, TDM, TDMA				Ethernet			
Dienste		Sprache, Daten, Video		- Sprache, Daten - Triple-Play - Datei-Austausch, Fernunterricht, Telemedizin, IPTV, Video-on-Demand (VoD)				Triple-Play			
Maximale physische Entfernung (OLT zu ONT)	km	20		20		60 (ODN-Entfernung)		1000BASE-PX10: 10 1000BASE-PX20: 20			
Teilungsverhältnis		32 (max.)		64 (max.)		16, 32 oder 64 (abhängig von Pfaddämpfung)		1x16 1x32 (mit FEC oder DFB/APD)			
		Downstream OLT Tx		Upstream ONU Tx		Downstream	Upstream	Downstream	Upstream		
Nennbitrate	Mbit/s	155,52 622,08	1244,16	155,52	622,08	1244,16 / 2488,32	155,52/ 622,08/ 1244,16	2488,32	1244,16	1000	1000
Betriebswellenlängenbänder	nm	1480–1580	1480–1500	1260–1360 (MLM1, SLM) 1280–1350 (MLM2) 1288–1338 (MLM3)	1260–1360	-1.480-1.500 -1.550-1.560 (Erweiterungsband für Video)	1.260-1.360 Möglichkeit der Nutzung kürzerer C-Band-Wellenlängen im Downstream und von 1.550 nm im Upstream	1.480-1.500 (Basisband) 1.550-1.560 (Erweiterungsband zur Video-Verteilung)	OE0 (ONU EXT): 1.260-1.360 OE0 (OLT EXT): 1.290-1.330 OA: 1.300-1.320 (OBF)	100BASE-PX10: Downstream: 1490 nm + PIN Rx Upstream: 1.300 nm (preiswerte FP-Optik + PIN Rx) 100BASE-PX20: Downstream: 1.490 nm + APD Rx Upstream: 1.300 nm (DFB-Optik + PIN Rx)	
ORL _{max}	dB	>32		>32				15			

Damit bieten sie die Chance, zuvor undenkmbare Größeneffekte und Chancen zur Kostensenkung zu nutzen. Die Tabellen 1 und 2 geben einen Überblick über die Hauptparameter dieser Standards.

Tabelle 2: PON-Technologien der nächsten Generation

Typ		Gigabit-fähiges PON (GPON) 10G-GPON		Ethernet-PON (EPON) 10G-EPON		WDM PON	
Standard	Einheit	G.987		802.3av™		Zurzeit keiner vorhanden	
Protokoll		Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet		Noch nicht festgelegt	
Dienste		- Sprache, Daten - Triple-Play - Datei-Austausch, Fernunterricht, Telemedizin, IPTV, Video-on-Demand (VoD)		- Sprache, Daten - Triple-Play - Datei-Austausch, Fernunterricht, Telemedizin, IPTV, Video-on-Demand (VoD)		- Sprache, Daten - Triple-Play - Datei-Austausch, Fernunterricht, Telemedizin, IPTV, Video-on-Demand (VoD)	
Maximale physische Entfernung (OLT zu ONT)	km	20		PRX10-PR10: 10 PRX20-PR20-PRX30-PR30: 20		Noch nicht festgelegt	
Teilungsverhältnis		bis 1x64		bis 1x32		Noch nicht festgelegt bis 1x32	
Nennbitrate		Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
Asymmetrisch	Gbit/s	10	2,5	10	1,25	Praktisch unbegrenzt z. B. 1 Gbit/s pro Teilnehmer	Praktisch unbegrenzt z. B. 1 Gbit/s pro Teilnehmer
Symmetrisch	Gbit/s	10	10	10	10		
Betriebswellenlängenbänder	nm	1577 -2,+3	1270 ±10	1577 -2,+3	1270 ±10	Noch nicht festgelegt z. B. DWDM im C-Band	
ORL _{MAX}	dB	>32		>20		Noch nicht festgelegt	

1.1 FTTH-Architekturen

Abbildung 1-1 verdeutlicht die allgemeine Architektur eines typischen FTTH-Netzes. In der Vermittlungsstelle (CO, auch als Kopfstelle bezeichnet) werden das öffentliche Fernsprechnet (PSTN) und die Internetdienste über den optischen Leitungsabschluss (Optical Line Terminal, OLT) mit dem optischen Verteilnetz (Optical Distribution Network, ODN) verbunden. Die Downstream- und Upstream-Wellenlängen von 1490 nm bzw. 1310 nm werden zur Übertragung von Daten und Sprache verwendet. Analoge HF-Videodienste werden bei einer Wellenlänge von 1550 nm vom optischen Videosender in das optische Format umgewandelt. Die Wellenlängen von 1550 nm und 1490 nm werden vom WDM-Koppler zusammengefasst und gemeinsam im Downstream übertragen. Die Übertragung von IPTV erfolgt jetzt bei 1490 nm.

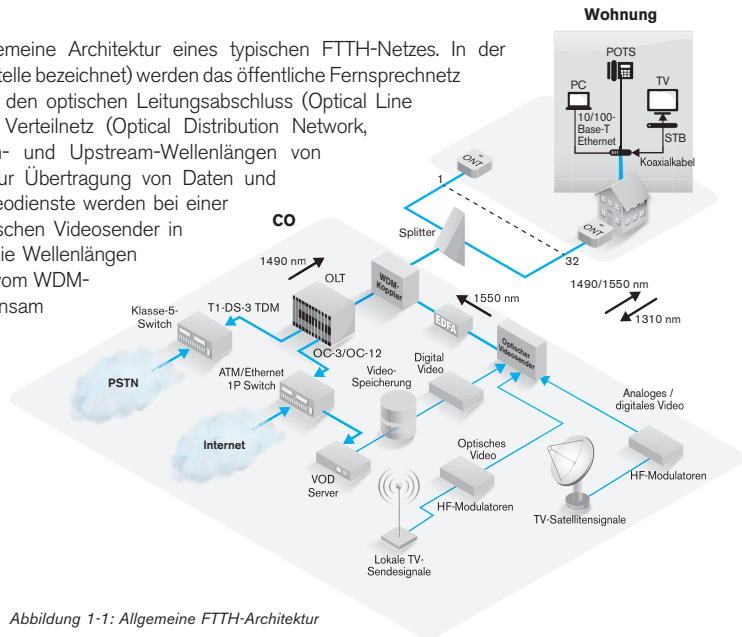


Abbildung 1-1: Allgemeine FTTH-Architektur

Kurz gesagt, die drei Wellenlängen (1310, 1490 und 1550 nm) übertragen gleichzeitig und in verschiedenen Richtungen unterschiedliche Informationen über die gleiche Faser. Das F1-Zubringerkabel transportiert die optischen Signale zwischen Vermittlungsstelle (CO) und Splitter, wodurch mehrere optische Netzabschlüsse (ONT) an die gleiche Zubringerfaser angeschlossen werden können. Für jeden Teilnehmer wird ein ONT benötigt, das die Anschlüsse für die verschiedenen Dienste (Sprache, Daten, Video) bereitstellt. Da ein OLT bis zu 32 Teilnehmer (mehr als 64 beim GPON) mit Diensten versorgen kann, werden in der gleichen Vermittlungsstelle für gewöhnlich viele OLTs benötigt, um ein Wohngebiet zu versorgen. Die Teilnehmer können auf unterschiedliche Weise an das PON angeschlossen werden. Am einfachsten geht es über einen einzelnen Splitter (siehe Abbildung 1-2), doch auch mehrere Splitter können zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 1-3).

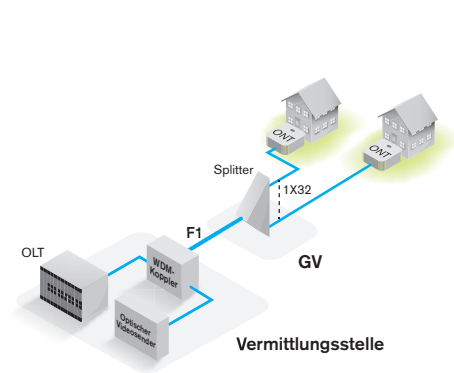


Abbildung 1-2: Einstufige Architektur

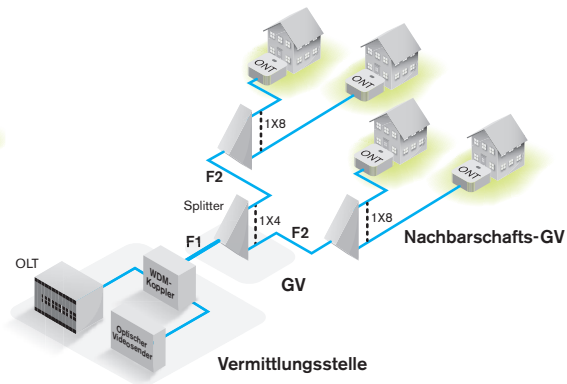


Abbildung 1-3: Zweistufige Architektur

1.2 Technische Ausstattung passiver optischer Verteilnetze

Die technische Ausstattung passiver optischer Verteilnetze (ODN) umfasst Geräte und Komponenten, die sich zwischen dem OLT (aktiv) und dem Kunden (ONT, aktiv) befinden und beinhaltet sowohl optische als auch nichtoptische Netzwerkkomponenten. Die optischen Komponenten bilden das optische Verteilnetz und umfassen mechanische und Schmelz-Spleiße, Steckverbinder, Splitter, WDM-Koppler, Glasfaserkabel, Patchkabel und möglicherweise Anschlusskästen mit Anschlusskabeln. Die nichtoptischen Komponenten sind beispielsweise Verteiler, Schränke, Patchfelder und Spleißboxen (siehe Abbildung 1-4).

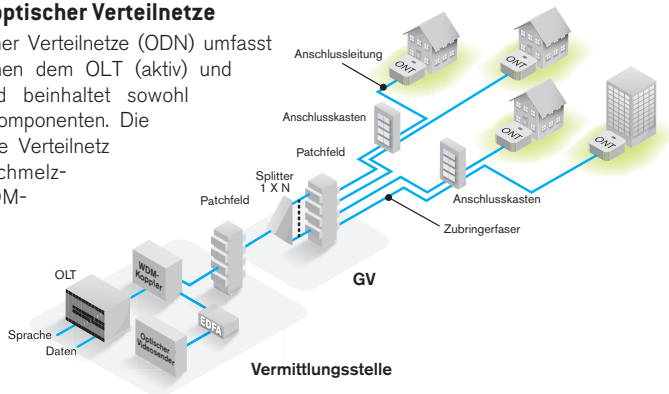


Abbildung 1-4: Passive ODN-Komponenten

Glasfasern

Die Verlegung der Glasfaser gehört zu den kostenintensivsten Elementen bei der PON-Installation. Die Vorgehensweise hängt von verschiedenen Faktoren, unter anderem von den Kosten, von Wegerechten, örtlichen Vorschriften, von der Ästhetik sowie davon ab, ob die Faser in einem neu zu erschließenden Gebiet („auf der grünen Wiese“) oder in einem bereits erschlossenen Raum auf aktive Trassen aufgesetzt wird. Es kommen drei grundlegende Verfahren zur Kabelinstallation zur Anwendung:

- > Direkte Erdverlegung: Bei dieser Methode wird das Kabel unterirdisch im direkten Kontakt mit dem Erdboden verlegt. Hierfür müssen Kabelgräben ausgehoben oder Tunnel gebohrt werden.
- > Verlegung in Kabelkanälen: In diesem Fall wird das Glasfaserkabel in einen unterirdischen Kabelkanal eingezogen. Obwohl die Erstverlegung eines Kabelkanals teurer ist als das direkte Verlegen im Boden, lassen sich Kabel später viel einfacher entfernen oder hinzufügen.
- > Freileitungen: Hierbei wird das Kabel über Masten frei über den Erdboden geführt. Dieser Installationstyp wird für gewöhnlich in bereits überbautem Gelände eingesetzt, ist preiswerter als die unterirdische Verlegung und benötigt keine schweren Baumaschinen. Das Glasfaser-Luftkabel kann an einem separaten Trageseil befestigt werden oder man nutzt selbsttragende Glasfaserkabel.

In dicht bewohnten Gebieten mit komplexen Wegerechten stehen weitere alternative Methoden zur Verfügung. So ist es möglich, Kabel in Fugen zu verlegen, die in den Bürgersteig eingebracht werden, oder die Kabel in Abfluss- und Abwasserrohre oder in Erdgasleitungen einzuziehen.

Splitter

Der bidirektionale Verteiler, der in Punkt-zu-Mehrpunkt (P2MP) PONs zum Einsatz kommt, um die optischen Signale auf mehrere Glasfasern zu verteilen, wird optischer *Splitter* oder einfach Splitter genannt. Er besitzt einen Eingang am F1-Port und mehrere Ausgänge. Splitter gelten als passive Bauelemente, weil sie mit Ausnahme des einfallenden Lichtstrahls keine externe Energiequelle benötigen. Sie sind breitbandig und fügen aufgrund der Tatsache, dass sie die Eingangsleistung (Downstream) aufteilen, eine Dämpfung ein. Diese Dämpfung wird als *Splitterdämpfung* oder auch als *Teilungsverhältnis* bezeichnet und für gewöhnlich in dB angegeben. Sie ist im Wesentlichen von der Anzahl der Ausgänge abhängig (siehe Tabelle 3). Das eingehende optische Signal (Downstream) wird zu gleichen Teilen in eine Kaskade oder Pfade aufgeteilt. Ein 1x2-Splitter hat nur zwei Pfade bzw. Aufteilungen, die eine Dämpfung von 3 dB (50 % Lichtleistung in jedem Pfad) verursachen. Bei einem 1x4-Splitter erhält jeder Pfad der ursprünglichen 1x2-Aufteilung zwei zusätzliche Pfade, so dass weitere 3 dB hinzukommen und sich eine Gesamtdämpfung von 6 dB ergibt. Bei einem 1x8-Splitter kommen zu jedem Pfad der ursprünglichen 1x4-Aufteilung zwei weitere Pfade, d.h. eine zusätzliche 1x2-Aufteilung, hinzu, so dass erneut 3 dB eingefügt werden und sich eine Gesamtdämpfung von 9 dB ergibt. Nach diesem Prinzip fügt ein 1x16-Splitter eine Dämpfung von 12 dB und ein 1x32-Splitter eine Mindestdämpfung von 15 dB ein. Hierbei wird die zusätzliche Dämpfung durch Verbindungsstellen und Fasermängel nicht berücksichtigt, für die man typischerweise noch einmal 1 dB zur ursprünglichen Splitterdämpfung hinzufügen müsste. Das bedeutet, dass ein 1x32-Splitter für gewöhnlich eine Dämpfung von 16 dB aufweisen wird.

Bei PONs werden mehrere Teilnehmer über die gleiche Glasfaser F2 versorgt und teilen sich die verfügbare Bandbreite zu gleichen Teilen. In Upstream-Richtung werden die optischen Signale aus vielen ONTs auf eine einzige Faser (F1) zusammengeführt.

Bei PONs werden mehrere Teilnehmer über die gleiche Glasfaser F2 versorgt und teilen sich die verfügbare Bandbreite zu gleichen Teilen. In Upstream-Richtung werden die optischen Signale aus vielen ONTs auf eine einzige Faser (F1) zusammengeführt.

Tabelle 3: Splitterdämpfung

Anzahl der Ports	Splitterdämpfung [dB] (ohne Dämpfung durch Steckverbinder und zusätzliche Splitterdämpfung)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

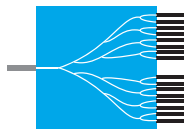
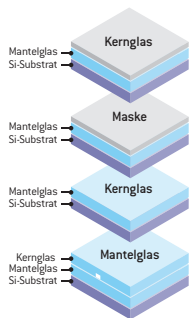
In Abhängigkeit von der Topologie ist es in einem FTTx-Netz möglich, nur einen einzigen Splitter oder aber auch mehrere kaskadierte Splitter zu verwenden. Aktuell erlaubt die ITU-T Empfehlung G.984 Teilungsverhältnisse bis x32, während die Empfehlung G.984.6 bis zu x64 zulässt. Unabhängig von der Topologie darf der Splitter das zulässige optische Dämpfungsbudget jedoch nicht überschreiten.

Je nach der verwendeten Technologie gibt es Splitter in unterschiedlichen Formen und Größen. Am häufigsten sind die planaren Splitter, vor allem für hohe Teilungsverhältnisse, sowie die FBT-Splitter (Fused-Biconic Taper), die zumeist für eine geringe Faseranzahl eingesetzt werden. Beide Typen werden zum Einbau in Boxen und Kassetten hergestellt. Die Technologien sind in Abbildungen 1-5 und 1-6 dargestellt.

Passive optische Komponenten im PON

Splitter-Technologie

Planarer Splitter



PLC = Planar Lightwave Circuit (planare LWL-Struktur)

Optische Anordnung auf einem Substrat, das mit Hilfe von Werkzeugen und Verfahren hergestellt wurde, die auf chemischer Gasphasenabscheidung (CVD) oder Ionenaustausch basieren.

Abbildung 1-5: Planarer Splitter

Passive optische Komponenten im PON

Splitter-Technologie

Fused Biconic Taper (FBT) Faser

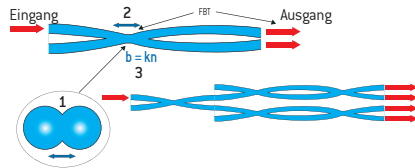


Abbildung 1-6 : FBT-Splitter

Steckverbinder

Bei den Steckverbindern unterscheidet man drei verschiedene Ausführungen:

1. Simplex: Steckverbinder mit einer angeschlossenen Glasfaser
2. Duplex: Steckverbinder mit zwei angeschlossenen Glasfasern
3. Mehrfach: Steckverbinder mit mehr als zwei (max. 72) angeschlossenen Glasfasern

Gegenwärtig werden in FTTH-Installationen vor allem Simplex-Steckverbinder eingesetzt. Abbildung 1-7 gibt einen Überblick über die häufigsten Simplex-Steckverbindertypen:

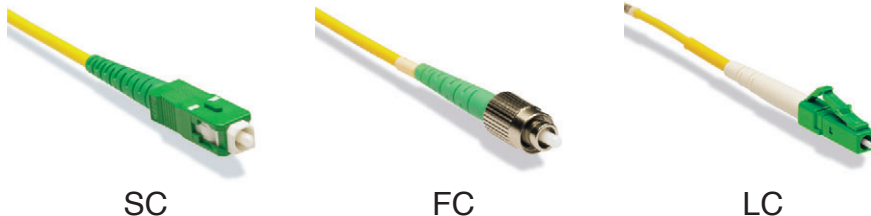


Abbildung 1-7: Simplex-Steckverbindertypen

Eine andere Steckverbinderausführung, die immer stärker Verbreitung findet, ist der Mehrfach-Steckverbinder (MT). Ein MT-Steckverbinder kann vier bis 72 Glasfasern aufnehmen. Der MTP-Steckerbinder ist der in PONs am häufigsten eingesetzte Mehrfachsteckverbinder. Dieser Typ wird häufig auch in robusteren Ausführungen insbesondere für die extremen Einsatzbedingungen typischer FTTH-Installationen verwendet.

Es ist jedoch anzumerken, dass der Schrägschliff-Steckverbinder (APC) gegenwärtig der am häufigsten eingesetzte Steckverbinder für FTTH-Anwendungen ist. Das liegt hauptsächlich daran, dass die 8°-Schräge an der Ferrule die Reflexionen um mehr als 60 dB (typische Dämpfung $\leq 0,5$ dB) verringert. APC-Steckverbinder sind leicht an ihrer grünen Farbgebung zu erkennen (Abbildung 1-8).

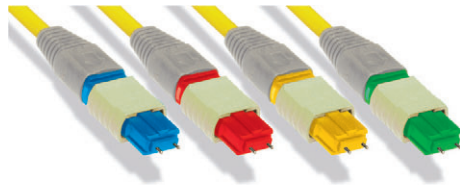


Abbildung 1-8: MTP-Steckverbinder (Quelle: US Conec)

Spleiße

Spleiße können mechanisch oder als Schmelzspleiß (Fusion-Spleiß) ausgeführt sein. Sie sind vor Umgebungseinflüssen durch eine Umhausung geschützt. Mechanische Spleiße sind am preiswertesten, weisen jedoch eine höhere Einfügungsdämpfung und stärkere Rückreflexionen auf als Schmelzspleiße, die eine sehr niedrige Dämpfung von 0,02 dB und fast keine Rückreflexion verursachen. Allerdings erfordern Schmelzspleiße für gewöhnlich recht teure und umfangreiche Spleißgeräte sowie qualifizierte Techniker. Die Anzahl der Spleiße auf einer Übertragungsstrecke ist von der Länge der Kabelsegmente abhängig. Typische Segmentlängen sind ≤ 2 km, 4 km und 6 km. Je kürzer das Segment, desto einfacher die Wartung. Doch dafür benötigt das gesamte konfektionierte Kabel dann mehr Spleiße, was einen größeren Zeitaufwand und damit auch höhere Kosten zur Folge hat. Demgegenüber lassen sich längere Kabelsegmente preiswerter verlegen, wobei die spätere Wartung dann aber wieder komplizierter und kostenintensiver ist.

Wenn unterschiedlicher Fasertypen miteinander durch Spleißen verbunden werden, könnte beim Testen mit einer reflektometerbasierten Methode (OTDR oder iOLM) aufgrund der unterschiedlichen Modenfelddurchmesser eine erhebliche scheinbare Dämpfung oder Verstärkung angezeigt werden. Ein gutes Beispiel wäre das Spleißen einer G652D-Faser mit einer G657-Faser.

Technische Komponenten für Mehrfamilienhäuser

In Abhängigkeit von der Architektur der Mehrfamilienhäuser (MFH) (siehe Abbildungen 1-9 und 1-10) können Komponenten verwendet werden, die ähnlich auch für Außeninstallationen genutzt werden. Oder man entscheidet sich für spezielle Innenraum-Geräte (siehe Abbildung 1-9). Die Innentechnik ist kaum extremen Umgebungsbedingungen ausgesetzt und muss daher nicht so robust sein, wie die Außentechnik. Die folgenden Komponenten werden für gewöhnlich bei Inneninstallationen verwendet:

Glasfaserkabel:

- › Die Zubringerkabel bilden das Segment von der Vermittlungsstelle (CO) bis zum Gebäudeverteiler (GV) oder Hauptverteiler (HV), der sich zumeist im Keller des Gebäudes befindet.
- › Die Steigleitung bildet das Segment vom GV bis zum Etagenverteiler (EV) oder Zwischenverteiler (ZV), der sich auf jedem Stockwerk oder in einem Unterverteiler (UV) befindet. Steigleitungen können aus einer einzelnen Glasfaser pro Splitter-Port oder aus MTP-Kabeln bestehen.

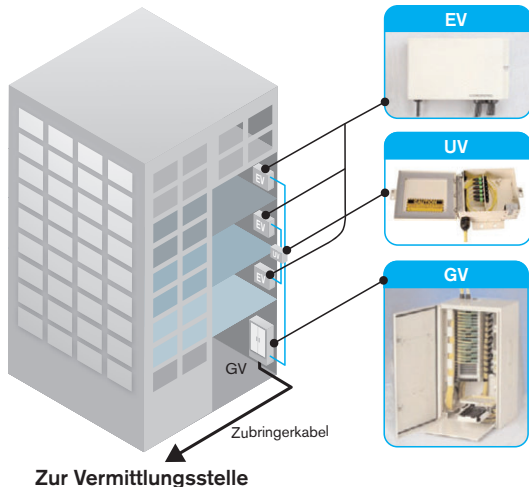


Abbildung 1-9: Vielgeschossige Wohnhäuser

- > Das Anschlusskabel vom Abschnitt zwischen EV und dem ONT befindet sich in der betreffenden Wohnung. Es besteht im Allgemeinen aus einer Glasfaser, die unempfindlich auf Mikro- und Makrokrümmungen reagiert.

Gebäudeverteiler (GV) / Hauptverteiler (HV) beinhalten:

- > Verteilerschränke, Spleißboxen
- > Splitter
- > Patchfelder
- > Fasermanagement-Elemente

Etagenverteiler (EV):

- > Der sich auf jedem Stockwerk befindliche Etagenverteiler (EV) dient als Verbindungspunkt zwischen dem GV und dem Anschlusskabel, das über Steckverbinder oder Spleiße angeschlossen sein kann.

Unterverteiler (UV):

- > Der UV ist der Verbindungspunkt zwischen dem GV und einer kleinen Anzahl von EVs (siehe Abbildung 1-9).

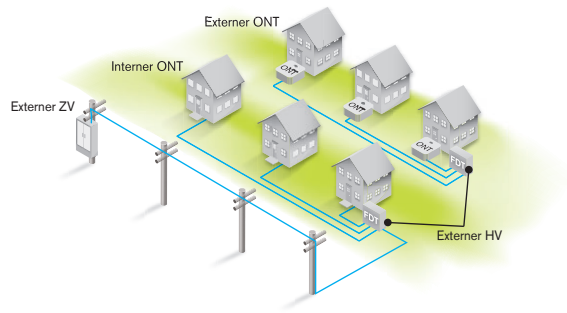


Abbildung 1-10: Einzel stehende Mehrfamilienhäuser

Tabelle 4: Vorgehensweisen zur Installation von MFH-Steigleitungen (Beispiele)

Traditionelle Schmelzspleiße	Vorkonfektionierte Kabelrollen
Vorteile	Vorteile
<ul style="list-style-type: none"> > Bei guter Ausführung der Spleiße ist das Netzwerk sehr stabil > Weniger Steckverbinder, vor allem an den Übergabepunkten von GV-Patchfeld und ONT-Steckverbinder. Daher geringeres Risiko einer Verunreinigung/ Beschädigung oder Schmutzansammlung, wenn die Bauarbeiten noch nicht abgeschlossen sind > Niedrigere Kosten für Komponenten 	<ul style="list-style-type: none"> > Eher für nachträgliche Installationen geeignet > Attraktive Alternative, wenn qualifizierte Spleiß-Techniker sehr teuer oder nur schwer zu beschaffen sind > Schnellere Umsetzung des Projekts (geringerer Zeitaufwand für Spleiße) > Weniger Arbeitskosten (geringere Kosten für Spleiße) > Zusätzliche Testanschlüsse zwischen GV-Patchfeld und Steckverbinder am ONT möglich
Nachteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> > Bei hohen Spleißkosten oder Problemen mit der Beschaffung von qualifizierten Spleiß-Technikern, kann diese Vorgehensweise Probleme aufwerfen. > Keine zusätzlichen Testpunkte zwischen GV-Patchfeld und ONT-Steckverbinder. 	<ul style="list-style-type: none"> > Viele Streckverbinder zusätzlich zum GV-Patchfeld bergen ein erhöhtes Risiko von Verschmutzungen, vor allem wenn die Bauarbeiten noch nicht abgeschlossen sind. > Erhöht die Kosten für Komponenten
Allgemeine Einschätzung	Allgemeine Einschätzung
<ul style="list-style-type: none"> > Standardkonzept: Die Installationsfirmen sind mit Spleißarbeiten vertraut. Steckverbinder in nicht dicht schließenden Schränken können vor allem bei noch laufenden Bauarbeiten verschmutzt/beschädigt werden und umfangreiche Reinigungsarbeiten oder Neukonfektionierungen erfordern. 	<ul style="list-style-type: none"> > Dieses Konzept muss seine Wirtschaftlichkeit erst noch unter Beweis stellen. Daran arbeiten die Anbieter gerade und die Kunden verfolgen diese Entwicklung mit Interesse. Sie zeigen sich offen und meinen, dass eine solche Herangehensweise Einsparungen von >20 – 30 % bringen muss, um diese Komponenten zu rechtfertigen.

2

Wichtige physische Parameter der Netzwerkleistung



2. Wichtige physische Parameter der Netzwerkleistung

Der Zweck eines jeden Glasfasernetzes besteht darin, eine fehlerfreie Datenübertragung bei hohen Geschwindigkeiten zu gewährleisten. Angemessene Tests, die in jeder Installationsphase des Netzwerks ausgeführt werden müssen, garantieren, dass die Produkte die Spezifikationen einhalten, und minimieren kostenintensive und zeitraubende Reparaturarbeiten durch Lokalisierung verschmutzter und beschädigter Steckverbinder, fragwürdiger Spleiße und anderer fehlerhafter Komponenten, bevor diese Mängel die Bereitstellung der Dienste beeinträchtigen können.

Einer der wichtigsten Faktoren zur Sicherung einer ordnungsgemäßen Übertragung ist die Kontrolle der Leistungsverluste im Netzwerk durch Vergleich mit dem Dämpfungsbudget für die Übertragungsstrecke, wie es in den Empfehlung und dem Standard der ITU-T vorgegeben ist. Diese Kontrolle erfolgt durch die Ermittlung des gesamten Ende-zu-Ende Dämpfungsbudgets mit ausreichender Reserve und die gleichzeitige Verringerung der Rückreflexionen auf ein Minimum. Das gilt insbesondere für die leistungsstarken analogen HF-Video-signale (normalerweise bei 1550 nm) von extrem schmalbandigen Lasersendern, da starke Rückreflexionen die Qualität der Videoübertragung verschlechtern. Dieser Abschnitt befasst sich mit den wichtigsten Parametern, die die Leistung des Netzwerks beeinträchtigen können.

2.1 Dämpfungsbudget

Eine der ersten Aufgaben bei der Planung von Glasfasernetzen besteht darin, ein akzeptables Dämpfungsbudget zu ermitteln, um ein Produkt zu schaffen, das die Anforderungen der geplanten Anwendungen erfüllen kann. Zur präzisen Charakterisierung des Dämpfungsbudgets werden im Allgemeinen die folgenden Parameter herangezogen:

- > Sender: Einkoppelleistung, Temperatur und Alterung
- > Faserverbindungen: Splitter, Steckverbinder und Spleiße
- > Kabel: Faserdämpfung und Temperatureffekte
- > Empfänger: Empfindlichkeit des Detektors
- > Sonstige: Sicherheitsreserve und Reparaturen

Wenn einer der oben genannten Parameter seine Spezifikationen nicht erfüllt, dann kann die Gesamtleistung des Netzwerks darunter leiden bzw. im Extremfall kann es sogar zu einem vollständigen Ausfall der Übertragung kommen.

Das Dämpfungsbudget ist von der Art des zu installierenden PONs abhängig. So kann das maximale Dämpfungsbudget bei einem GPON-System der Klasse B (siehe Tabelle 5) für den Upstream-Pfad bei 1,25 Gbit/s bis zu 32 dB (die Differenz zwischen minimaler Empfindlichkeit und maximaler Einkoppelleistung) betragen. Es ist auch zu beachten, dass die Einkoppelleistung des Senders schwanken kann. Bei dem oben genannten System würde das Dämpfungsbudget bei einer Einkoppelleistung von -2 dBm nur noch 26 dB (die Differenz zwischen minimaler Empfindlichkeit und minimaler Einkoppelleistung) betragen.

Tabelle 5: Dämpfungsbudget für BPON/GPON ODN

Typ		BPON								GPON									
Standard		Serie ITU-T G.983								ITU-T G.984.1									
Klasse des optischen Verteilnetzes (ODN)		B	A	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
		Downstream				Upstream				Downstream				Upstream					
Nennbitrate		156	622,08	1244,16	156	622,08	1244,16	2488,32	155,52	622,08	1244,16								
$\langle P_{\text{Einkoppel}} \rangle_{\text{Min}}$	dBm	-4	-7	-2	-4	+1	-4	-6	-1	-4	+1	0	+5	-6	-4	-6	-1	-3	-2
$\langle P_{\text{Einkoppel}} \rangle_{\text{Max}}$	dBm	+2	-1	+4	+1	+6	+2	-1	+4	+1	+6	+4	+9	0	+2	-1	+4	+2	+3
Empfindlichkeit Min	dBm	-30	-28	-28	-25	-25	-30	-27	-27	-25	-25	-21	-21	-27	-30	-27	-27	-24	-28

Eine typische Berechnung des Gesamtdämpfungsbudgets könnte wie folgt aussehen:

- > Die Splitterdämpfung (1:4, 1:8, 1:16, 1:32) ist für gewöhnlich für den Großteil der Dämpfung im System verantwortlich: ca. 16 dB bei einem 1:32-Splitter
- > Die Einfügungsdämpfung liegt zumeist bei etwa 0,7 bis 1,0 dB pro WDM-Koppler, der im Allgemeinen genutzt wird, um das Videosignal (1550 nm) mit den Daten- und Sprachsignalen (1310/1490 nm) zu kombinieren.
- > Die Dämpfungswerte von Steckverbindern und Spleißen betragen auf der gesamten Strecke, vom OLT zum ONT, typischerweise um die 2,0 bis 3,0 dB.
- > Die Faserdämpfung entspricht der Dämpfung multipliziert mit der Entfernung. Die maximale Entfernung wird begrenzt durch das Dämpfungsbudget bei der Wellenlänge mit den schlechtesten Dämpfungswerten (1310 nm bei etwa 0,33 dB/km Dämpfung). Die maximale Länge beträgt für gewöhnlich 4 bis 20 km.

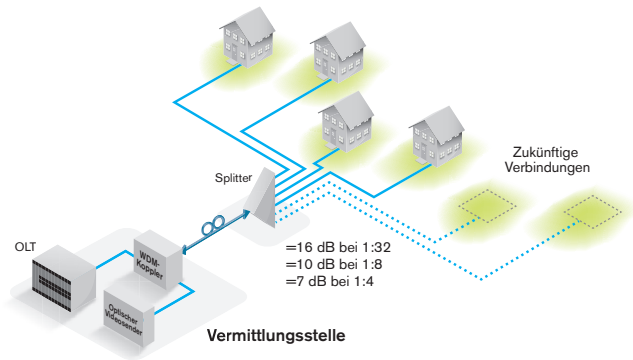


Abbildung 2-1: Berechnung des Gesamtdämpfungsbudgets

Als eine der ersten Maßnahmen sollte vor jeder Installation die Berechnung des Dämpfungsbudgets überprüft werden, und es müsste abgesichert sein, dass die Klasse des ausgewählten Systems die zu installierende Topologie unterstützt. Wenn das System beispielsweise mit den in Tabelle 6 aufgeführten Elementen entworfen wird und die Einkoppelleistung des Senders bei 1310 nm ganze -4 dBm beträgt und die Empfindlichkeit des Detektors bei -28 dBm liegt, dann wird das zulässige Dämpfungsbudget von nur 24 dB die Leistung des Systems bei 1310 nm im Upstream beeinträchtigen.

Tabelle 6: Beispiel für die Berechnung des Dämpfungsbudgets

	Typische Dämpfung [dB]	Anzahl/Länge	Gesamtdämpfung [dB]
Splitter (1:32)	ca. 16 - 17	1	17
WDM-Koppler (1:2)	ca. 0,7 – 1,0	1	1
Schmelz-Spleiß	ca. 0,02 – 0,05	4	0,2
Steckverbinder (APC)	ca. 0,2	2	0,4
Faser (G.652C)			
1310 nm	~ 0,35/km	18,2 km	6,4
1490 nm	~ 0,27/km		4,9
1550 nm	~ 0,20/km		3,6
Gesamtdämpfungsbudget			
1310 nm			25,0
1490 nm			23,5
1550 nm			22,2

Daher darf die bei der Installation des Glasfasernetzes gemessene Gesamtdämpfung nicht das vom Systementwurf als zulässig vorgegebene Gesamtdämpfungsbudget überschreiten. Zudem sollte noch eine ausreichende Reserve vorhanden sein, um Dämpfungsschwankungen, die im Lebenszyklus des Systems auftreten können, zu berücksichtigen.

2.2 Einflussfaktoren des Dämpfungsbudgets

Wie oben bereits erläutert, besteht das optische Verteilnetz (ODN) aus mehreren Elementen, die alle zur Gesamtdämpfung des Systems beitragen. Theoretisch müsste es ausreichen, die Einfügungsdämpfungen (z. B. die Faserdämpfung) eines jeden Elementes zu berücksichtigen, um zu gewährleisten, dass das Dämpfungsbudget nach der Installation nicht überschritten wird. Doch leider zeigt die Praxis, dass das nicht immer möglich ist. Der folgende Abschnitt beschreibt die Phänomene, die letztendlich die Einfügungsdämpfung oder optische Rückflussdämpfung dieser Elemente nach der Installation im Glasfasernetz beeinflussen könnten.

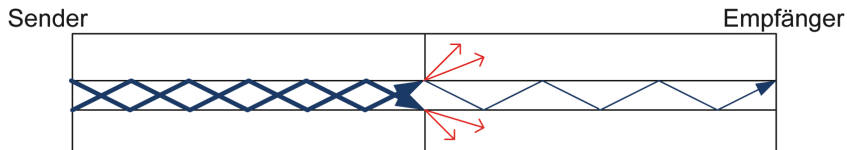
Die Einfügungsdämpfung (Insertion Loss, IL) bezeichnet den Dämpfungsanstieg, der dadurch verursacht wird, dass ein Steckverbinderpaar (oder eine passive Komponente) in eine faseroptische Strecke eingefügt wird. An jedem Einfügungspunkt geht ein bestimmter Betrag der optischen Signalenergie verloren.

Die optische Rückflussdämpfung (Optical Return Loss, ORL) bezeichnet das Verhältnis der einfallenden Lichtleistung zur zurückfließenden Lichtleistung. Bei der Einkopplung von Licht in eine faseroptische Komponente, wie in einen Steckverbinder, einen Multiplexer oder in die Faser selbst, wird ein Teil der Energie übertragen, ein Teil absorbiert und ein Teil reflektiert. Der gesamte rückfließende, d. h. reflektierte Lichtanteil wird als ORL bezeichnet.

Die ORL wird durch zwei grundlegende Effekte hervorgerufen. Als erstes ist die Rayleigh-Streuung zu nennen, und zwar vor allem der Teil des Lichtes, der zur Quelle zurückfließt und als Rückstreuung bezeichnet wird. Der zweite Effekt ist die Fresnel-Reflexion, bei der kleine Lichtanteile reflektiert werden, wenn das Licht Materialien passiert, die unterschiedliche Brechzahlen aufweisen.

Die Rayleigh-Rückstreuung besteht aus Reflexionen, die auf die Streuung von Licht zurückzuführen sind, die wiederum durch Unreinheiten in der Faser verursacht werden und eine intrinsische Eigenschaft der Faser selbst sind. Das Licht wird durch die Dichteschwankungen in der Faser ungleichmäßig abgelenkt. Dieses Phänomen kann durch eine Schwankung in der Dichte und der Zusammensetzung des Materials verursacht werden, wodurch Veränderungen im Brechungsindex der Faser hervorgerufen werden. Daher geht ein Teil der Lichtenergie aus dem Lichtwellenleiter verloren. Wenn dieser Defekt kleiner als ein Zehntel des einfallenden Lichtes des LWL ist, wird er als **Streuung** bezeichnet. Die **Rückstreuung** bezieht sich dagegen auf den Teil des Lichtes, der in Faser verbleibt und sich in Rückwärtsrichtung ausbreitet.

A)



B)

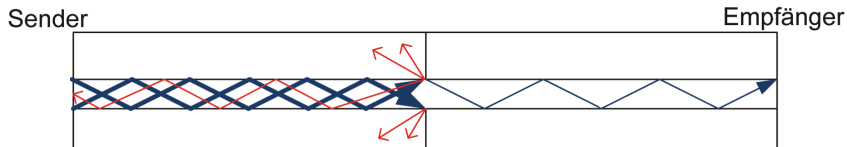


Abbildung 2-2: A) Einfügungsdämpfung (IL) B) Optische Rückflussdämpfung (ORL)

Mangelhafte Verbindungen

Damit ein System ordnungsgemäß funktioniert, müssen die Netzelemente aneinander angeschlossen sein. Gegenwärtig gibt es zwei Hauptmöglichkeiten, zwei optische Elemente miteinander zu verbinden:

- > Steckverbinder
- > Spleiße

Verschmutzte oder beschädigte Steckverbinder

Steckverbinder sind Schlüsselkomponenten, die alle Netzelemente miteinander verbinden. Daher ist es so wichtig, dass sie in funktionstüchtigem Zustand gehalten werden. Nur dann kann gesichert werden, dass alle Geräte mit maximaler Leistung betrieben werden können und ein folgenschwerer Ausfall des Netzwerks vermieden wird.

Die bei den meisten Steckverbindern verwendeten Singlemodefasern besitzen einen sehr kleinen Kern mit einem Durchmesser zumeist nur 9 bis 10 μm . Daher kann schon ein kleines Staubkorn oder kondensierender Dampf einen erheblichen Teil der Übertragungsfläche blockieren und die Dämpfung beträchtlich erhöhen.

Beschädigte oder verschmutzte Steckverbinder führen unter Umständen zu:

- > fehlerhaften Testergebnissen
- > einer mangelhaften Übertragung (hohe Einfügungs- oder Rückflusdämpfung)
- > einer dauerhaften Schädigung der Übertragungsstrecke bei Hochleistungsübertragungen

Steckverbinder können auf vielfältige Weise Schaden nehmen:

- > Durch eine Verschmutzung der Steckverbinderendfläche (Staub, Isopropylalkohol, verschwitzte Hände, Mineralöle, Immersionsmittel, Epoxidharz, ölbasierte schwarze Farbe und Gips).
- > Wenn Schrägschliff-Steckverbinder (APC) mit Steckverbindern mit Stirflächenkopplung (UPC) zusammengesteckt werden.
- > Durch eine physische Beschädigung der Steckverbinderendfläche.

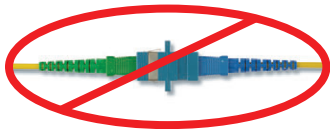


Abbildung 2-3: UPC-Steckverbinder, der an einen APC-Steckverbinder angeschlossen wurde.

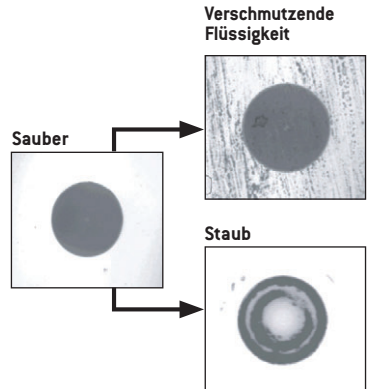


Abbildung 2-4: Verschmutzte Steckverbinderendflächen.

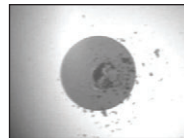


Abbildung 2-5: Gesplittete Faser

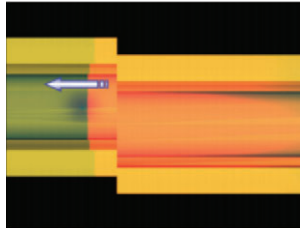
Mangelhafte Spleiße

Eine mangelhafte Ausrichtung der Faserkerne ist die Hauptursache für Kopplungsverluste, wenn zwei Fasern durch einen Spleiß miteinander verbunden werden. Ein weiterer Grund für Kopplungsverluste sind Unterschiede in den optischen Eigenschaften. Wenn die gespleißten Fasern verschiedene Kern- oder Manteldurchmesser besitzen, können sich die Kopplungsverluste erhöhen. Dieser Zustand wird als **Kernfehlانpassung** bezeichnet.

- › Kernversatz: übermäßige Dämpfung
- › Kernfehlانpassung: scheinbare Verstärkung

Weitere Informationen zur Bewertung von Spleißen und entnehmen Sie bitte den Abschnitten zum OTDR und iOLM.

Kernversatz



Kernfehlانpassung

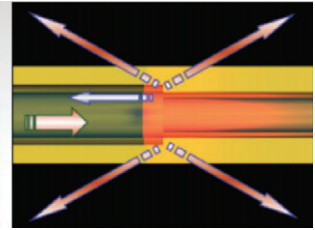


Abbildung 2-6: Mögliche Fehlerursachen beim Spleißen

Auswirkungen

Im Allgemeinen bewirkt eine mangelhafte Verbindung eine Erhöhung der Einfügungsdämpfung des Gerätes/Elements, z. B. eines Splitters, im Verteilnetz, die zum Gesamtdämpfungsbudget beiträgt. Wenn zu viele schlechte Verbindungsstellen auftreten oder wenn eine Verbindung eine übermäßige Dämpfung aufweist, wird das Gesamtdämpfungsbudget möglicherweise überschritten, so dass das Netzwerk seinen Zweck vielleicht nicht mehr erfüllen und die geplanten Dienste nicht mehr übertragen kann.

Ein weiterer Effekt, der durch eine mangelhafte Verbindungsstelle, z. B. bei der Kopplung eines UPC-Steckverbinders mit einem APC-Steckverbinder, hervorgerufen werden kann, ist eine Erhöhung der optischen Gesamtrückflussdämpfung (ORL). Dieser Parameter wurde früher bei Messungen nicht berücksichtigt. Bei den heutigen PON-Netzen, die analoges Video übertragen, werden ORL-Messungen von der Vermittlungsstelle bis zum ONT dringend empfohlen, um eine von Geisterbildern freie Übertragung zu gewährleisten. Im Allgemeinen kann sich eine hohe ORL wie folgt auf das Netzwerk auswirken:

- › Starke Schwankungen in der Laserausgangsleistung
- › Potenziell dauerhafte Beschädigung des OLT
- › Höhere Bitfehlerrate (BER) in digitalen Systemen
- › Verzerrungen in den analogen Videosignalen

Makrokrümmungen

Wie das Wort bereits andeutet, ist eine Makrokrümmung eine Biegung in einer Glasfaser. Der Radius der Krümmung beträgt einige Zentimeter. Makrokrümmungen bewirken, dass das Licht an dieser Stelle entweicht, was zu Strahlungsverlusten führt. Zudem ist allgemein anerkannt, dass sich die induzierte Dämpfung aufgrund der breiteren Modenverteilung und der größeren Leistung im Mantelglas mit der Wellenlänge erhöht.

Makrokrümmungen treten hauptsächlich in Fasermanagement-Vorrichtungen und auf oder in Nähe von Patchfeldern auf und sind auf eine falsche Verlegung des Kabels oder umgebungsbedingte mechanische Belastungen zurückzuführen. In vielen faseroptischen Kommunikationssystemen erhöhen Makrokrümmungen zuweilen die Streckendämpfung auf Werte, die das Dämpfungsbudget des Systems überschreiten. Da der pauschale Austausch aller Sender und Empfänger keine wirtschaftliche Lösung darstellt, liegt es in der Verantwortung der lokalen Wartungsteams, die Makrokrümmungen zu lokalisieren und zu entfernen.

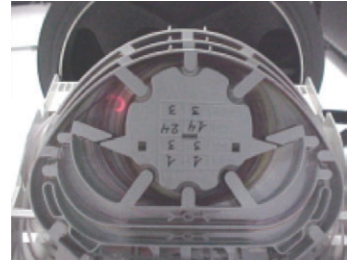


Abbildung 2-7: Mit der VFL-Rotlichtquelle erkannte Makrokrümmung

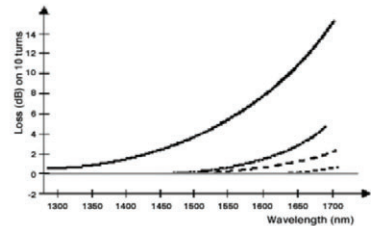


Abbildung 2-8: Zehn Windungen um einen Dorn erzeugen bei verschiedenen Fasertypen diese Dämpfungsverläufe.

3

Testverfahren – Installationsphase



3. Testverfahren – Installationsphase

Wenn die Planung abgeschlossen ist, besteht der Lebenszyklus des Netzwerks für gewöhnlich aus den drei Hauptphasen Installation, Aktivierung und Wartung. Die folgenden Abschnitte behandeln einige wichtige Testelemente, die während des Lebenszyklus eines PON-Netzes für eine FTTH-Anwendung berücksichtigt werden sollten.

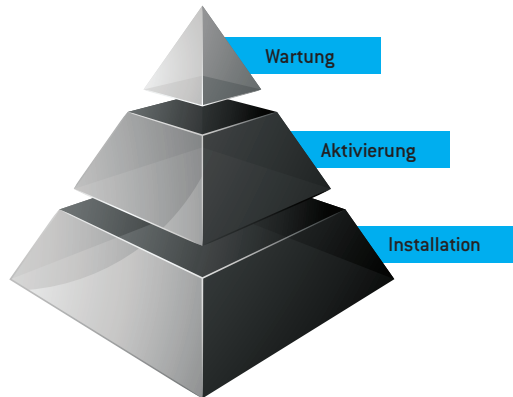


Abbildung 3-1: FTTH-Testpyramide

Der Boden der Pyramide (Abbildung 3-1) verweist auf die kostenintensivste Phase der Bereitstellung von FTTH-Netzen, d. h. auf das Installieren/Verlegen der Glasfaserkabel. In dieser Phase fällt der Großteil der Arbeit an, um die Glasfaseranschlüsse vorzubereiten, die für gewöhnlich bis zum Gebäudeverteiler (GV) verlegt werden. Zuweilen wird ein Installationsunternehmen beauftragt, das die Faser bis zu diesem Punkt auch wartet.

Eine korrekte FTTH-Installation ist die wichtigste Voraussetzung für ein wartungsfreundliches Breitbandnetz und eine hohe Investitionsrendite. Die Durchführung geeigneter Tests während der Verlegung/Installation sorgt später für einen möglichst geringen Kosten- und Zeitaufwand, da mit ihrer Hilfe problematische Spleiße, verschmutzte oder beschädigte Steckverbinder sowie fehlerhafte Komponenten frühzeitig lokalisiert werden können, bevor sie zu einer Unterbrechung der bereitgestellten Dienste führen. In der Installationsphase sollten Tests vor allem durchgeführt werden, um:

- › die Außenverkabelung des optischen Verteilnetzes (ODN) zu qualifizieren und für Referenzzwecke zu dokumentieren.
- › zu gewährleisten, dass das Netzwerk die Anforderungen (Standards) des Übertragungssystems erfüllt.
- › Verzögerungen und teure Reparaturen bei der Aktivierung des Systems zu vermeiden.

Tabelle 7: FTTH-Testanforderungen in der Installationsphase

	Art des Tests	Ziel des Tests	Was ist zu testen?	Testausrüstung	Hinweise
Installation	Test außerhalb des laufenden Betriebs	<ul style="list-style-type: none"> > Qualifizierung der Außenverkabelung des Netzes, einschließlich aller Netzelemente. > Gewährleistung, dass die Installation die Anforderungen des Übertragungssystems erfüllt. > Vermeidung von Verzögerungen und teuren Reparaturen bei der Systemaktivierung. > Gewährleistung der Zukunftssicherheit des Netzwerks in Bezug auf neue Standards. 	<ul style="list-style-type: none"> > Glasfaser > Sauberkeit von Steckverbinder und Ferrule > Optische Dämpfung bzw. Einfügungsdämpfung (IL) aller Netzelemente > Ende-zu-Ende Gesamtdämpfung im Vergleich zum optischen Dämpfungsbudget > Faserzuordnung (Dokumentation) > Optische Rückflussdämpfung (ORL), vor allem für HF/analogen Video 	<ul style="list-style-type: none"> > OLTS > OTDR oder iOLM > Faserendflächenbetrachter > Reinigungssatz 	<ul style="list-style-type: none"> > OLTS-Tests bei verschiedenen Wellenlängen (1310, 1490, 1550 nm) für bidirektionale IL und ORL. > Automatisierung für P2MP-Tests. > Dokumentation der OTDR-Kurven vom ONT zum OLT bei 1310/1550 und 1625 nm (Messberichte). > Daten archivieren. > Gesamte Übertragungsstrecke oder einzelne Segmente testen. > Benötigte Qualifizierung der Techniker beachten.

Wie in Tabelle 7 gezeigt, sind die ordnungsgemäße Pflege der Steckverbinder und der korrekte Umgang mit der Glasfaser wichtige Voraussetzungen, damit das Netzwerk möglichst reibungslos funktioniert. Ein weiterer kritischer Aspekt ist eine durchgehende (Ende-zu-Ende) Faserdokumentation, da sie gewährleistet, dass eventuelle netzwerkbedingte Dienststörungen nach der Inbetriebnahme des Netzes in kürzester Zeit behoben werden können.

3.1 Wartung der Steckverbinder

Wie bereits erwähnt, sind die Steckverbinder äußerst wichtige Elemente, da sie die verschiedenen Komponenten des Netzwerks miteinander verbinden. Eine mangelhafte Prüfung und Reinigung kann sogar zum Ausfall des kompletten Netzwerks führen. Wenn man weiß, wann und wie man diese Arbeiten ausführen muss, kann man auf lange Sicht viel Zeit und Geld sparen.

Was sollte geprüft und gereinigt werden?

Die folgenden Komponenten sollten immer gereinigt und geprüft werden::

- > Patchfelder (z. B. Splitter-Schrank)
- > Testkabel
- > Kabelsteckverbinder



Abbildung 3-3: Prüfung eines Patchfeldes

Wann sollte die Reinigung vorgenommen werden?

Der erste Schritt beim Testen von Glasfasern besteht darin, die Steckverbinder zu überprüfen! Das gilt für alle Testphasen – Installation, Aktivierung und Wartung! **Steckverbinder sollten nur gereinigt werden, wenn sich bei der Inspektion herausstellt, dass sie verschmutzt sind.**

Worauf ist zu achten?

Steckverbinder-Ferrulen sind auf eine beschädigte oder verschmutzte Endfläche zu prüfen.

Die physische Beschädigung der Steckverbinderendfläche ist für gewöhnlich irreversibel, so dass der Steckverbinder in den meisten Fällen ausgetauscht werden muss. Ausgenommen sind geringfügige Beschädigungen, die die Endfläche nicht beeinträchtigen. Als Faustregel sollte man alle Steckverbinder entsorgen bzw. austauschen, die Kratzer in Nähe oder am Faserkern aufweisen (siehe Abbildung 3-3a), da diese Kratzer zu einer hohen Dämpfung führen und die Leistung des Steckverbinders beeinträchtigen. Bei einer physischen Beschädigung, einschließlich eines gesplitterten Mantelglases (siehe Abbildung 3-3b), abgenutzten Steckverbindern und/oder zu viel Epoxidharz-Resten auf dem Mantel ist der Steckverbinder auszuwechseln.

In einer idealen, von Verunreinigungen freien Umgebung müssten die Steckverbinderendflächen eigentlich sauber sein und dürften keine gründliche Reinigung benötigen. Doch in der Praxis sieht das leider anders aus, da es viele Kontaminierungsquellen gibt. So kann ein Staubkorn, das nur 1 μm groß ist, auf dem Kern einer Singlemodefaser bereits bis zu 1 % (0,05 dB Dämpfung) des Lichtes blockieren. Ein weiterer Grund dafür, dass Endflächen vor Verunreinigungen weitestgehend zu schützen sind, liegt in der Wirkung von Hochleistungskomponenten auf die Steckverbinderendfläche. Einige der heute eingesetzten Telekommunikationskomponenten erzeugen Signale mit bis zu +30 dBm (1 W) Leistung, was bei einem verschmutzten oder beschädigten Steckverbinder geradezu katastrophale Auswirkungen haben kann (z. B. Faserbrand).

Auch Staub, Isopropylalkohol, verschwitzte Hände, Mineralöle, Immersionsmittel, Epoxidharz, ölbasierte schwarze Farbe und Gips sind häufige Ursachen für eine Verschmutzung. Einige dieser Substanzen treten in reiner Form und auch in komplexen Kombinationen auf. Es ist zu beachten, dass jede Verunreinigung anders aussieht. Doch unabhängig vom Aussehen müssen der Kern- und der Mantelbereich immer genau geprüft werden, da diese Flächen wesentliche Auswirkungen auf die Qualität des Signals haben. Abbildung 3-4 zeigt die Endflächen von Steckverbindern, die mit einem Faserendflächenbetrachter überprüft wurden.

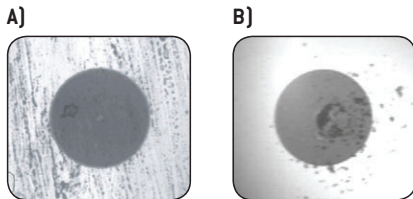


Abbildung 3-3: a) Kratzer im Kernbereich
b) Gesplittertes Mantelglas

Eine gute Möglichkeit, die Verschmutzung bzw. Beschädigung von Endflächen zu vermeiden, besteht darin, einen nicht benutzten Steckverbinder immer mit der Schutzkappe zu verschließen. Das bedeutet natürlich auch, dass man ungenutzte Schutzkappen in einem staubdichten Behältnis sicher aufbewahrt. Auch sollte die Schutzkappe niemals bis zum Anschlag auf die Ferrule aufgeschoben werden, da sich am Boden der Kappe kleine Schmutzpartikel ansammeln können, die zur Verunreinigung führen können. Es ist auch zu beachten, dass bedingt durch den Herstellungsprozess unter Umständen noch Reste des Formtrennmittels oder des Werkstoffes in der Schutzkappe vorhanden sind. Daher ist eine Schutzkappe allein noch keine Garantie für einen sauberen Steckverbinder. Sie soll lediglich eine Beschädigung verhindern. Ein weiterer wichtiger Hinweis betrifft neu gekaufte Testkabel und Steckverbinder. Diese werden vor dem Verschließen der Verpackung häufig nicht gereinigt und könnten daher durchaus verschmutzt sein. Glücklicherweise ist es mit den richtigen Reinigungswerkzeugen und Reinigungsverfahren heute problemlos möglich, verschmutzte Steckverbinder effektiv zu säubern.

HINWEIS: Auch neue, ab Werk gelieferte Jumperkabel und Kabel sollten auf ihre Sauberkeit überprüft werden.

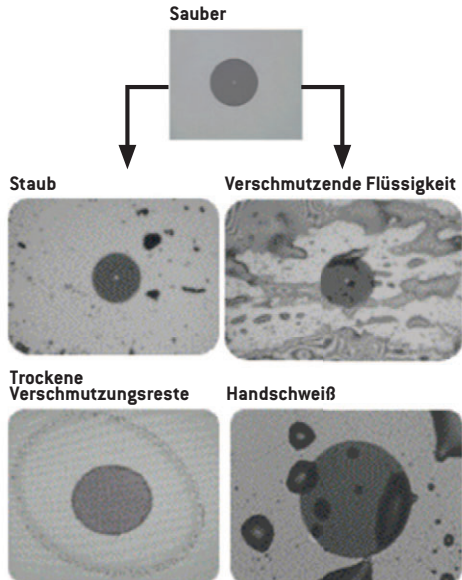


Abbildung 3-4: Saubere und verschmutzte Endflächen

Wie werden Steckverbinder geprüft?

Die Glasfaser besteht aus dem Faserkern und dem Mantel. Diese beiden Bereiche müssen sich in einem einwandfreien Zustand befinden, damit die Verluste, die entstehen, wenn die Ferrulen von zwei Steckverbindern zusammengesteckt werden, möglichst klein bleiben. Eine ordnungsgemäße Wartung von Steckverbindern beinhaltet als erstes die optische Inspektion der Endfläche. Da der Kerndurchmesser einer Singlemodefaser weniger als 10 µm beträgt, wird ein spezielles Prüfwerkzeug benötigt, um den Zustand der Ferrule zu ermitteln.

Zur korrekten Inspektion der Steckverbinderendfläche wird daher empfohlen, einen für Glasfasersteckverbinder entwickelten Endflächenbetrachter zu verwenden. Auf dem Markt werden viele unterschiedliche Prüfwerkzeuge angeboten, die prinzipiell aber in zwei Kategorien fallen: Faserendflächenbetrachter (auch als Videomikroskop bezeichnet) sowie optische Faserprüfmikroskope. Aus Sicherheitsgründen empfehlen wir die Verwendung eines Faserendflächenbetrachters. Die untenstehenden Tabelle fasst die wesentlichen Leistungsmerkmale dieses Prüfwerkzeugs zusammen.



Tabelle 8: Leistungsmerkmale eines Faserendflächenbetrachters

Inspektionswerkzeug	Leistungsmerkmale
Faserendflächenbetrachter	<ul style="list-style-type: none">> Anzeige des Bildes auf einem externen Monitor, einem PC oder einem Messgerät> Schutz des Auges vor direktem Kontakt mit dem Lichtstrahl> Bildspeicherung für die Berichterstellung> Bequeme Anwendung auch in dicht beschalteten Patchfeldern> Ideal zum Prüfen von Patchkabeln, Patchfeldern, Mehrfachsteckverbindern (z. B. MTP)> Verschiedene Vergrößerungsstufen (100-/200-/400-fach)> Adapterspitzen für alle Steckverbindertypen> Automatische Analysefunktionen

Um subjektive Bewertungen zu vermeiden und ein einheitliches Akzeptanzniveau zwischen Zulieferern und Installateuren zu sichern, wird ein stark vergrößernder Endflächenbetrachter, wie der FIP-400 von EXFO, sowie ein automatisches Auswertesoftwareprogramm wie ConnectorMax empfohlen.

Da in FTTH-Netzen für gewöhnlich SC/UPC- oder SC/APC-Steckverbinder zum Einsatz kommen, ist bei Nutzung automatischer Auswerteprogramme der richtige Standard auszuwählen:

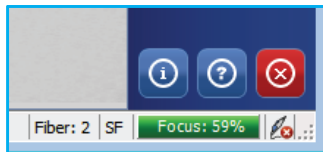
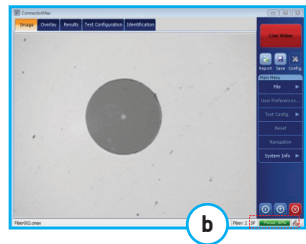
Tabelle 9: Steckverbinderarten und dazugehörige Standards

Steckverbinder	Auswertestandard
SC/UPC, männlich oder weiblich 	IEC-61300-3-35, UPC-Steckverbinder für Singlemode-Einzelfasern, ORL \geq 45 dB
SC/APC, männlich oder weiblich 	IEC-61300-3-35, APC-Steckverbinder für Singlemode-Einzelfasern

Schrittweise Anleitung zur Inspektion von Steckverbinderendflächen

Zur ordnungsgemäßen Inspektion von Steckverbindern gehen Sie wie folgt vor:

- a. Schließen Sie den Faserendflächenbetrachter an den zu prüfenden Steckverbinder an und wählen Sie den entsprechenden IEC-Standard aus (siehe Tabelle 9 auf Seite 39)
- b. Stellen Sie eine 400-fache Vergrößerung ein.



c. Starten Sie die Auswertung durch Drücken der Bildspeichertaste („Capture“).

d. Das Prüfergebnis wird angezeigt.

e. Je nach Ergebnis reinigen oder ersetzen Sie den Steckverbinder.

f. Speichern Sie den Prüfbericht.



d

EXFO ConnectoMax Report

General Information

File name: Connector1 - H88 Barcode - Connector with small deformation
Test date: 2024-10-02 Test time: 10:54

Test Summary Pass

Configuration: 300 H88-0-00 Single-Pole Single-Throw (SPST) Connector with DP4, 4, 10 dB (20dBmV)
Connector Type: SPST Single-Pole Single-Throw Number of Poles: 1
Port Type: DP4 (Single-Pole Single-Throw) Male/Type: DP4
Inspection Type: DP4 (Single-Pole Single-Throw) Pass or Fail: Pass (Passes)

Identification

ID ID: 34310
File ID: H8801
Connector ID: 34310

Graphics

Connector Image: Image Overlay:

Results Summary

ID	Name	Inspection			Status		
		Min	Max	Unit	Min	Max	Unit
1. 2.25mm	Length	0	0	mm	0.00	0.00	mm
4. Position	Position/Length	any	0	mm	0.00	0.00	mm
5. Diameter	Diameter	0	0	mm	0.00	0.00	mm
6. Diameter	Diameter	-	-	mm	-	-	mm
6. Diameter	Diameter	any	0	mm	0.00	0.00	mm

EXFO Approval: _____

Wenn der Anwender keine automatische Auswertesoftware wie ConnectorMax besitzt, kann der Zustand des Steckverbinders mit einem Faserendflächenbetrachter (FIP-400) und einem Standardmonitor (z. B. FIP-400-D) manuell/visuell ermittelt werden. Bei dieser Vorgehensweise muss der Techniker allerdings strenge Bewertungskriterien einhalten und darf Schadstellen im Kern- oder Mantelbereich nicht ignorieren, da ansonsten der einwandfreie Betrieb des Netzwerks nicht gewährleistet ist. Natürlich kann eine zu kritische Bewertung auch dazu führen, dass Steckverbinder unnötig ausgewechselt werden. Die Standards empfehlen, dass mindestens ein Reinigungsversuch unternommen werden soll, bevor ein Steckverbinder aussortiert wird.

In der untenstehenden Abbildung wird der vom Standard IEC-61300-3-35 empfohlene Inspektionsablauf erläutert:

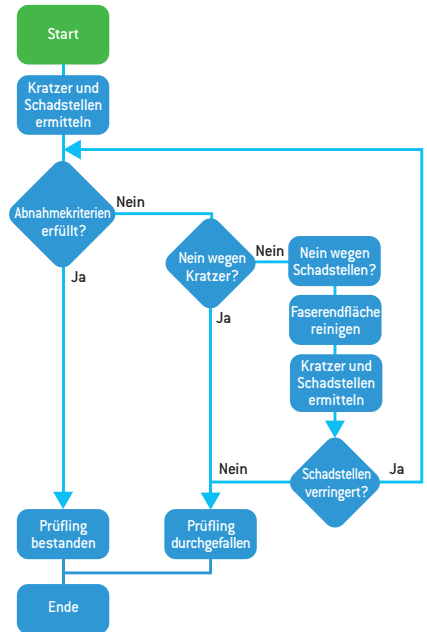


Abbildung 3-5: Übersicht über den Inspektionsablauf

Empfehlungen zur Behandlung von Steckverbindern

- › Beim Testen von Patchfeldern sollte immer nur die Schutzkappe des Anschlusses der zu testenden Faser entfernt und sofort nach dem Testen wieder aufgesetzt werden.
- › Nicht benutzte Schutzkappen sollten in einem kleinen verschlossenen Plastikbeutel aufbewahrt werden.
- › Die Lebensdauer eines Steckverbinders wird für gewöhnlich mit 500 Steckzyklen angegeben.
- › Die mit Messgeräten verwendeten Messkabel sollten nach maximal 500 Steckzyklen ausgetauscht werden (siehe EIA-455-21A).
- › Wenn bei OTDR-Messungen eine Vorlauffaser verwendet wird, darf zwischen OTDR und Vorlauffaser oder zwischen Vorlauffaser und Patchfeld kein Messkabel zum Einsatz kommen. Vorlauffasern sollten nach 500 Steckzyklen ausgetauscht oder zum Neupolieren an den Hersteller eingesandt werden.
- › Nicht gesteckte Steckverbinder sollten niemals mit anderen Oberflächen in Kontakt kommen und Ferrulen sollten niemals berührt werden, es sei denn zum Reinigen.
- › Nach dem Reinigen bzw. vor dem Stecken in einer PON-Anwendung sollte jeder Steckverbinder gereinigt und mit einem Faserendflächenbetrachter geprüft werden.
- › Auch die Steckverbinder von Messgeräten sollten geprüft und (bei Bedarf) bei jeder Verwendung des Messgeräts gereinigt werden.

Tabelle 10: Konfigurationen mit Faserendflächenbetrachter

Produktabbildung	Beschreibung	Bestellnummer	Empfohlene Reinigungsmethode
	<p>Faserendflächenbetrachter FIP-400 als Einzelgerät. Diese Basislösung erlaubt nur die manuelle Inspektion. Keine Auswertung oder Datenspeicherung.</p>	<p>FIP-400-SINGLE-D oder FIP-400-DUAL-D</p>	<p>Trocken</p>
	<p>Faserendflächenbetrachter FIP-400 in Verbindung mit dem OLTS FOT-930 oder dem OTDR AXS-110 von EXFO. Diese Basislösung erlaubt nur die manuelle Inspektion. Keine Auswertung oder Datenspeicherung.</p>	<p>FP4S oder FP4D (Option)</p>	<p>Trocken</p>
	<p>Faserendflächenbetrachter FIP-400 in Verbindung mit den portablen Plattformen von EXFO, wie FTB-1 oder FTB-200. Diese integrierte Komplettlösung gewährleistet die automatische Auswertung, Datenspeicherung und Berichterstellung im Feldeinsatz mit dem gleichen Gerät wie das OTDR-Modul.</p>	<p>FP4S oder FP4D (Option) und FPSA ConnectorMax</p>	<p>Feucht</p>
	<p>Faserendflächenbetrachter FIP-400 in Verbindung mit einem PC oder Laptop. Diese Komplettlösung gewährleistet die automatische Auswertung, Datenspeicherung und Berichterstellung.</p>	<p>FIP-400-USB2-SINGLE oder FIP-400-USB2-DUAL und FPSA-PC ConnectorMax</p>	<p>Trocken</p>

Zum Lieferumfang des Faserendflächenbetrachters gehören verschiedene Adapterspitzen für die in PON-Installationen verwendeten Steckverbindertypen, d. h. Schrägschliff-Steckverbinder (APC) und Steckverbinder mit Stirnflächenkopplung (PC oder UPC).

Tabelle 11: Gängige Prüfspitzen für FTTH-Anwendungen

Produktabbildung	Beschreibung	Produktabbildung	Beschreibung
	SC/UPC-Prüfspitze (weiblich), für Patchfelder		OptiTap™-Adapter für Einbausteckverbinder
	SC/APC-Prüfspitze (weiblich), für Patchfelder		OptiTap™ vom Typ MT/APC für Mehrfaser- Anwendungen
	SC/UPC-Prüfspitze (männlich), für Messkabel, 2,5 mm Ferrule		Männliche Adapterhülse für Prüfspitze FIPT-400-OTIP-MT-APC
	SC/APC-Prüfspitze (männlich), für Messkabel, 2,5 mm APC-Ferrule	<p>Weitere Hinweise zur Inspektion von Steckverbindern finden Sie in der entsprechenden Anleitung von EXFO auf http://www.EXFO.com/Connector-Inspection-Guide</p>	

Zubehör zum Reinigen von Steckverbindern

Steckverbinder, die bei der Endflächenprüfung durchfallen, sind mit geeigneten Werkzeugen und Methoden gründlich zu reinigen, um eine Beschädigung sowie Netzwerkausfälle zu vermeiden.

Die folgenden Reinigungsverfahren kommen zur Anwendung:

Trockenreinigung

Zuerst wird die Trockenreinigung mit einem mechanischen Reinigungsgerät empfohlen. Diese können für Steckverbinder mit einer 2,5 mm Ferrule verwendet werden, sind aber auch zum Reinigen von männlichen (Jumperkabel) und weiblichen (Patchfeld) Enden geeignet.

Wenn nach zwei Versuchen mit der Trockenreinigung noch Schmutz am Steckverbinder haftet, ist mit der Kombinationsreinigung fortzufahren.

Kombinationsreinigung

Bei der Kombinationsreinigung wird trocken und feucht gereinigt sowie ein Lösungsmittel verwendet. Als erstes wird die Steckverbinderendfläche mit einem Lösungsmittel gesäubert und eventuell noch haftender Schmutz mit einem Tuch oder einem Tupfer trocken entfernt.

Wenn der Steckverbinder nach der Kombinationsreinigung immer noch verschmutzt ist, sollte erwogen werden, ihn auszutauschen.



Abbildung 3-6: Mechanisches Reinigungsgerät



Abbildung 3-7: QbE-Reinigungstücher

Reinigungs- und Inspektionskoffer

Die empfohlenen Inspektions- und Reinigungskoffer sind mit allen benötigten Werkzeugen und Hilfsmitteln ausgestattet. Diese Koffer enthalten beispielsweise:

1. Faserendflächenbetrachter
2. Handmonitor mit 3,5" TFT-Bildschirm
3. Prüfspitzen für Einbaukupplungen und Jumperkabel
4. Electro-Wash® MX Reinigungsstift
5. QbE™ Trockenreinigungstücher
6. Mechanischer Reiniger für 1,25 mm Steckverbinder
7. Mechanischer Reiniger für 2,5 mm Steckverbinder
8. CLETOP® Ferrulen-Reinigungskassette, Blue Tape Reel (Typ B), grün
9. Wasserdichter Transport- und Schutzkoffer



Abbildung 3-8: Reinigungskoffer von EXFO:
Premium-Ausführung für ein und zwei
Vergrößerungsstufen

Erweiterte Inspektions-/Zertifizierungskoffer

Basiskoffer:

1. Intelligenter Glasfaser-Inspektions- und Zertifizierungstester FTB-1
2. Faserendflächenbetrachter
3. Prüfspitzen für Einbaukupplungen und Jumperkabel
4. Electro-Wash® MX Reinigungsstift
5. QbE™ Trockenreinigungstücher
6. Reinigungstupfer für 1,25 mm und 2,5 mm Steckverbinder
7. Schutzhülle für FTB-1
8. ConnectorMax-Software (Optional)
9. Leistungspegelmesser (Optional)

Premium-Koffer:

1. Intelligenter Glasfaser-Inspektions- und Zertifizierungstester FTB-1
2. Faserendflächenbetrachter
3. Prüfspitzen für Einbaukupplungen und Jumperkabel
4. Electro-Wash® MX Reinigungsstift
5. QbE™ Trockenreinigungstücher
6. Mechanischer Reiniger für 2,5 mm Steckverbinder
7. Mechanischer Reiniger für 1,25 mm Steckverbinder
8. Schutzhülle für FTB-1
9. ConnectorMax (Optional)
10. Leistungspegelmesser (Optional)



Abbildung 3-9: Erweiterter Glasfaser-Inspektionskoffer (TK-1-FIP-400)

Tabelle 12: Empfohlene Vorgehensweisen zur Wartung von Glasfaser-Steckverbindern

Name des Produkts und Zubehörs			Zweck	Leistungsmerkmal	Vergleich mit	Vorteile	Nachteile
Lösung Nr.	Hauptprodukt/-lösung	Zubehör					
1	FIP-400-D-SINGLE oder FIP-400-D-DUAL	--	Inspektion von Steckverbindern	<ul style="list-style-type: none"> > Basislösung zur manuellen Inspektion > Beinhaltet Faserendflächenbetrachter und Handmonitor 	2	<ul style="list-style-type: none"> > Bequeme Mitnahme in den Feldeinsatz. > Attraktiver Einstiegspreis 	<ul style="list-style-type: none"> > Keine automatische Auswertung > Keine Datenspeicherung > Erfordert qualifizierten Techniker mit Verständnis für die Reinigungsanforderungen
2	FIP-400-USB2-DUAL-FPSA oder FIP-400-USB2-SINGLE-FPSA	Separater PC	Steckverbinder-Inspektion mit automatischer Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> > Komplettlösung zur Inspektion mit automatischer Diagnose (ConnectorMax-Software) 	1	<ul style="list-style-type: none"> > Aussagekräftiges Prüfergebnis > Im gesamten Unternehmen einheitliche Abnahmekriterien (IEC/IPC) > Vermeidet unnötige Servicefahrten > Ermöglicht Dokumentation der Arbeit (Datenspeicherung) 	<ul style="list-style-type: none"> > Benötigt separaten PC (oder Laptop für Feldanwendung) > In manchen Einsatzbedingungen schwer realisierbar
3	FP4S-FPSA oder FP4D-FPSA	Portable Plattform: FTB-1 oder FTB-200 oder FTB-500	Steckverbinder-Inspektion mit automatischer Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> > Komplettlösung zur Inspektion mit automatischer Diagnose (ConnectorMax-Software) in einer an den Feldeinsatz angepassten Plattform 	1	<ul style="list-style-type: none"> > Aussagekräftiges Prüfergebnis > Im gesamten Unternehmen einheitliche Abnahmekriterien (IEC/IPC) > Vermeidet unnötige Servicefahrten > Ermöglicht Dokumentation der Arbeit (Datenspeicherung)- Mit anderen Testaufgaben (z. B. OTDR) zur Schaffung einer Komplettlösung kombinierbar. 	
					2	<ul style="list-style-type: none"> > Plattformen sind einfacher zu transportieren als normale Laptops > Mit anderen Testaufgaben (z. B. OTDR) zur Schaffung einer Komplettlösung kombinierbar 	

3.2 Bewertung der Einfügungsdämpfung und der optischen Rückflussdämpfung

In diesem Schritt müssen sowohl die Einfügungsdämpfung als auch die Faserdämpfung der Elemente des optischen Verteilnetzes (ODN) gemessen werden, um sicherzugehen, dass sie die Spezifikationen des Zulieferers sowie das Dämpfungsbudget (siehe Abschnitt 2.1) einhalten. Als erster Schritt wird empfohlen, jede Faser zu testen/zu charakterisieren, die das OLT (Vermittlungsstelle) mit dem Splitter (vor dem Spleiß oder der Steckverbindung) verbindet. Dieser Abschnitt des ODN wird oft als „F1“ bezeichnet. Auch sollte jede Faser vom Splitter zum ONT (vor dem Spleiß oder der Steckverbindung) getestet werden. Dieser Abschnitt des ODN wird oft als „F2“ bezeichnet.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, das optische Verteilnetz (ODN) während der Installationsphase zu charakterisieren. Auch stehen verschiedene Testverfahren zur Messung der Schlüsselparameter wie IL und ORL zur Verfügung.

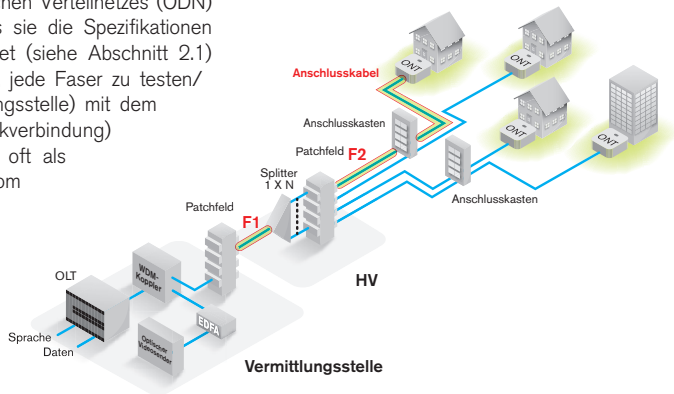


Abbildung 3-10: Glasfaserabschnitte in einem FTTH-Verteilnetz

Im Vergleich zum gesteckten ODN bieten gespleißte optische Netze nur begrenzt Testzugangspunkte. Abbildung 3-11 zeigt einige gespleißte ODN-Konfigurationen. Nach Szenario A könnte die Glasfaser die ganze Strecke bis zum Wohnhaus verlegt werden. Es wäre dann möglich, die Charakterisierung auszuführen, wenn alle Elemente miteinander verspleißt wurden. In anderen Szenarien dagegen wäre eine andere Vorgehensweise angebracht.

Im folgenden Abschnitt wird erläutert, wie die Charakterisierung während der Installationsphase mit der folgenden Messtechnik ausgeführt wird:

- > Optisches Dämpfungsmessgerät (OLTS)
- > Reflektometerbasierte Lösungen
 - > Traditionelles Zeitbereichsreflektometer (OTDR)
 - > intelligent Optical Link Mapper (iOLM)

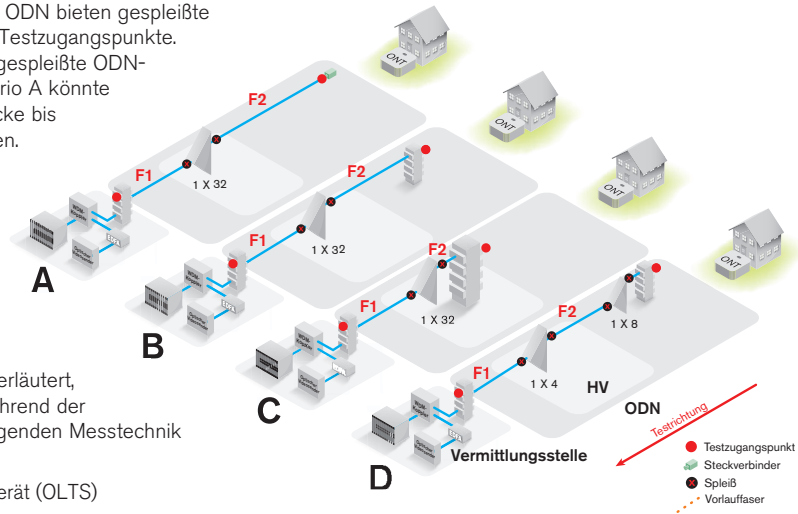


Abbildung 3-11: Beispiele für gespleißte ODNs

3.3 Werkzeuge und Konzepte

Ein **automatischer Dämpfungstester (OLTS)** ermittelt den Gesamtbetrag der Dämpfung in dem zu testenden Faserabschnitt. An einem Ende der Faser speist eine stabile Lichtquelle ein nichtmoduliertes Signal (Gleichlicht, CW) bei einer spezifischen Wellenlänge ein. Am anderen Faserende erkennt und misst ein optisches Messgerät (OLTS) den Leistungspegel des Signals. Um präzise Messergebnisse zu erhalten, muss der Leistungspegelmessgerät auf die gleiche Wellenlänge wie das eintreffende Signal kalibriert sein. Allgemein gesagt, entspricht die Differenz im Leistungspegel des Signals zwischen dem sendenden und dem empfangenden Ende der Dämpfung der getesteten Glasfaser. Im Vergleich zu einem Standard-Leistungspegelmessgerät kombiniert die automatische Ausführung im gleichen Gerät eine integrierte Lichtquelle und einen Leistungspegelmessgerät (gleicher Anschluss) und erlaubt die Messung der ORL.

Ein **OTDR** misst nicht nur die Gesamteinfügungsdämpfung und ORL, sondern erkennt und lokalisiert auch einzelne Ereignisse auf einer optischen Faserstrecke, die typischerweise aus mehreren Faserabschnitten besteht, die über Steckverbinder und Spleiße miteinander verbunden sind. Der OTDR-Test wird nur von einem Faserende und von nur einem Techniker ausgeführt. Das Gerät speist Lichtimpulse in die Glasfaser ein. Durch Diskontinuitäten, wie Steckverbinder, Spleiße, Krümmungen und Fehlerstellen, wird ein Teil des Lichts gestreut. Das OTDR erkennt und analysiert die durch Fresnel-Reflexionen und Rayleigh-Rückstreuung reflektierten Lichtanteile. Das OTDR-Messverfahren ist äußerst genau, kann jedoch auch komplex und zeitaufwändig sein.

Die jüngste Neuerung für diese Testanwendung ist der *intelligent Optical Link Mapper (iOLM)*. Dieser Tester nutzt das gleiche Messverfahren wie ein OTDR, führt die Tests jedoch vollkommen automatisch aus. Dafür wendet das iOLM unterschiedliche Pulsbreiten an, um alle Abschnitte eines FTTH-Netzes mit dem jeweils optimalen Puls zu charakterisieren. Anschließend führt das iOLM alle erfassten Daten zu einer umfassenden Übersicht, dem Link View, zusammen, so dass der Techniker die einzelnen Ergebnisse der unterschiedlichen Pulsbreiten nicht wie bei einem traditionellen OTDR manuell vergleichen muss. Das iOLM gibt die Dämpfung und ORL einer Übertragungsstrecke an und erkennt zudem alle Netzelemente, wie Spleiße, Splitter und Steckverbinder. Es ermittelt ebenfalls die Dämpfung und die Reflexion der identifizierten Elemente. Und wenn ein spezifisches Element der Faserstrecke eine „schlechte“ Beurteilung erhält, bietet das iOLM eine Fehlerdiagnose zur Lösung des Problems an. Die gesamte Testroutine dauert je nach Komplexität des Netzes nicht mehr als 30 bis 60 Sekunden.

Nur mit einem reflektometerbasierten Messverfahren ist es möglich, die Spleißdämpfung umfassend zu charakterisieren. Eine bidirektionale Analyse ist unerlässlich, um die wirkliche Dämpfung eines Spleißes zu bestimmen, da Messungen in nur einer Richtung zu widersprüchlichen Ergebnissen führen können. So könnte eine Richtung eine übermäßige Dämpfung aufzeigen, während in der anderen Richtung eine Verstärkung festgestellt wird.

Das passiert, wenn zwei Fasern mit unterschiedlichen Modenfelddurchmessern, z. B. eine G.652-Faser mit einer G.657-Faser, gespleißt werden. Die Analyse von Feldversuchen hat ergeben, dass Netzbetreiber anscheinend immer häufiger bidirektionale Tests ausführen, wenn der absolute Spleißwert in einer Richtung einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Häufig ist das Testverfahren davon abhängig, auf welche Weise die ODN-Netzelemente miteinander verbunden, d. h. ob sie gespleißt oder mit Steckverbindern versehen sind. Netzwerke mit Spleißen stellen weniger Testzugangspunkte als Ausführungen mit Steckverbindern zur Verfügung.

Auf den folgenden Seiten werden die verschiedenen Testverfahren zur Charakterisierung der IL/ORL in gespleißten und gesteckten optischen Netzen erläutert.

3.4 OTDR-basierte Testverfahren

Testverfahren und -werkzeuge, die auf Reflektometermessungen basieren, wie OTDR und iOLM, erlauben die Charakterisierung von IL/ORL während der Installationsphase, erkennen und lokalisieren aber auch die folgenden Störungen auf der Übertragungsstrecke:

- > Versatz von Faser und Steckverbinder
- > Fehlanpassung der Fasern
- > Spleißdämpfung
- > Reflektierende bzw. stark dämpfende Steckverbinder
- > Stark dämpfende Splitter-Pfade
- > Faserbrüche
- > Faserabschnittsdämpfungen (dB/km)
- > Makrokrümmungen

Die beiden unten beschriebenen Szenarien verdeutlichen den Hauptunterschied zwischen einem traditionellen OTDR und moderneren Technologien wie dem intelligent Optical Link Mapper (iOLM) als wegweisender OTDR-basierter Anwendung.

Traditionelles OTDR

Abbildung 3-12 zeigt die möglichen Testpunkte, an denen ein OTDR angeschlossen werden kann, um eine Charakterisierung des gespleißten optischen Verteilnetzes (ODN) auszuführen.

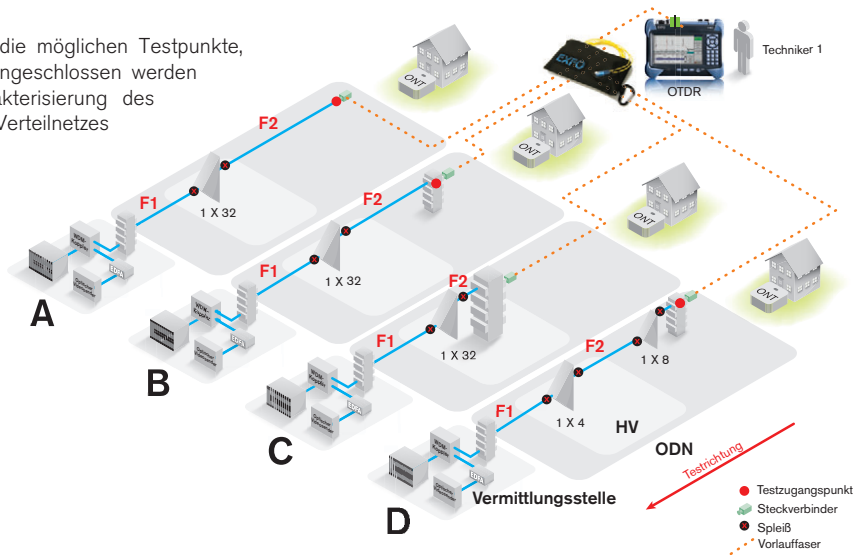


Abbildung 3-12: Charakterisierung eines gespleißten ODN mit einem OTDR

Bitte beachten Sie, dass das folgende Beispiel eine Vorlauffaser beinhaltet. Hinweise zur Arbeit mit Vorlauffasern und Nachlauffasern entnehmen Sie bitte *Anhang A*.

Die für ein OTDR empfohlene Vorgehensweise besteht darin, mit einer kleinen Pulsbreite zu beginnen, um den ersten Teil der Faserstrecke (das Anschlusskabel) bis zum Splitter zu qualifizieren. Eine kleine Pulsbreite gewährleistet eine hohe Auflösung, um prüfen zu können, ob der Eingangssteckverbinder, der Steckverbinder/Spleiß am Anschlusspunkt sowie alle anderen dicht aufeinander folgenden Ereignisse auf der Anschlussfaser die Spezifikationen einhalten und dass kein Spleiß die Grenzwerte überschreitet.

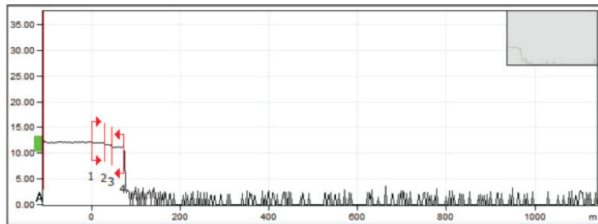
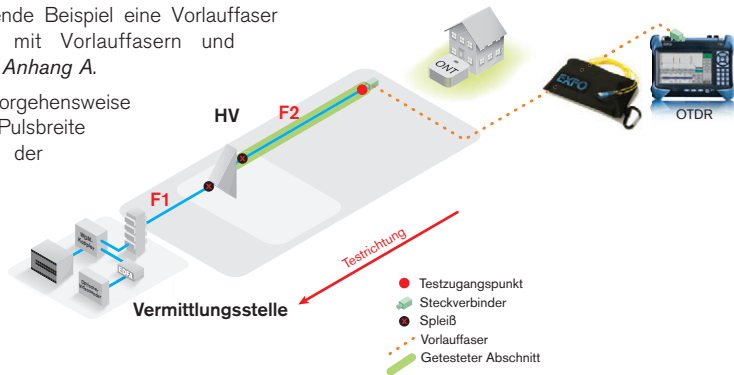


Abbildung 3-13: OTDR-Kurve bei kleiner Pulsbreite

Mit einer Pulsdauer von 5 ns bis 10 ns überprüft ein erfahrener Techniker den ersten Steckverbinder und erkennt alle Elemente auf der Strecke bis zum Splitter. Die kleine Pulsbreite erlaubt eine bessere Auflösung und eine einfache Lokalisierung problematischer Steckverbinder oder Spleiße.

Anschließend wird eine zweite Aufnahmemessung mit einer mittleren Pulsbreite gestartet, die einen besseren Dynamikbereich und trotzdem noch eine gute Auflösung bietet. Der Techniker überprüft die Dämpfung am Splitter auf Einhaltung der Grenzwerte.

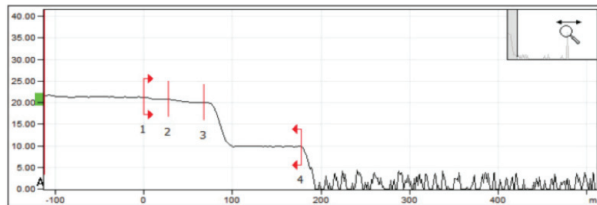
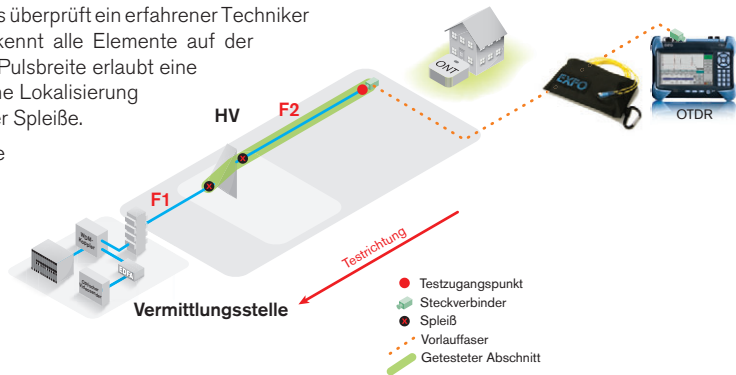


Abbildung 3-14: OTDR-Kurve bei mittlerer Pulsbreite

Mit einer größeren Pulsbreite als bei der ersten Kurve qualifiziert ein erfahrener Techniker den Splitterbereich und möglicherweise auch den Abschnitt zwischen zwei Splittlern. In Abhängigkeit von den Ergebnissen muss der Techniker diesen zweiten Schritt wiederholen, um die optimale Pulsbreite für die Messung der Splitterdämpfung und/oder der Ende-zu-Ende Dämpfung zu finden.

Zum Schluss beendet er den Test mit einer Pulsbreite, deren Dynamikbereich so groß ist, dass eine Ende-zu-Ende Dämpfungsmessung möglich ist. Eine große Pulsbreite stellt den benötigten Dynamikbereich zur Verfügung, bietet aber nur eine geringe Auflösung. Daher kann eine längere Totzone entstehen, in der dicht aufeinander folgende Ereignisse, die sich am vorderen Ende befinden, sowie möglicherweise die erste Splitterstufe nicht erkannt werden.

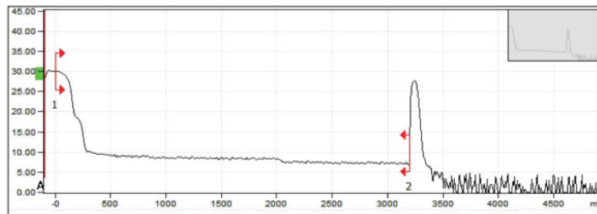
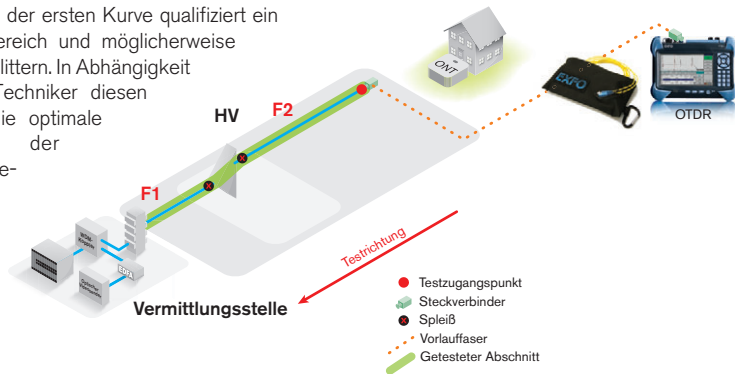


Abbildung 3-15: OTDR-Kurve mit großer Pulsbreite

Auf diese Weise erhält man drei oder vier separate OTDR-Kurven, die noch zusammengefasst und verglichen werden müssen. Hier sind gute OTDR-Kenntnisse vonnöten, um die richtige Pulsbreite für den Test der Faserstrecke auszuwählen sowie um die Messergebnisse korrekt auszuwerten. Zudem ist noch ein erheblicher Zeitaufwand erforderlich, um die Ergebnisse bei den verschiedenen Pulsbreiten zu vergleichen, um herauszufinden, welche für die einzelnen Abschnitte und Ereignisse die jeweils beste Messung ermöglicht. Wenn nun außerdem noch ein Komplettbericht erstellt werden muss, geht erneut Zeit verloren, um die Daten aus den einzelnen Kurven in eine kundenspezifische Berichtsvorlage zu übernehmen. Insgesamt können alle diese Schritte in Abhängigkeit von der Komplexität des Netzwerks und der Qualifikation des Technikers 5 bis 10 Minuten in Anspruch nehmen.

Zur Erkennung von Makrokrümmungen muss diese Schrittfolge sogar ein zweites Mal bei einer zweiten Wellenlänge (z. B. 1310 nm und 1550 nm) ausgeführt werden, um die Dämpfungen der einzelnen Ereignisse bei beiden Wellenlängen zu vergleichen. Daher sind zur umfassenden Charakterisierung eines FTTH-Netzes die aus vielen Kurven gesammelten Daten auszuwerten.

Abbildung 3-16 fasst die einzelnen Schritte zusammen, die benötigt werden, um ein ODN vollständig zu charakterisieren. Es ist zu beachten, dass noch eine Nachbearbeitung erforderlich ist, um einen Bericht zu erstellen, der alle Tests, d. h. drei OTDR-Aufnahmemessungen und die Angaben zu den Steckverbindern enthält.

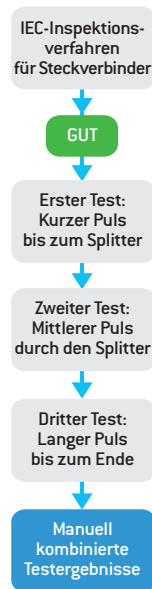


Abbildung 3-16:
Ablauf der
Charakterisierung
mit einem OTDR

Das iOLM

Abbildung 3-17 zeigt die möglichen Testpunkte, an denen ein iOLM angeschlossen werden kann, um eine Charakterisierung auszuführen.

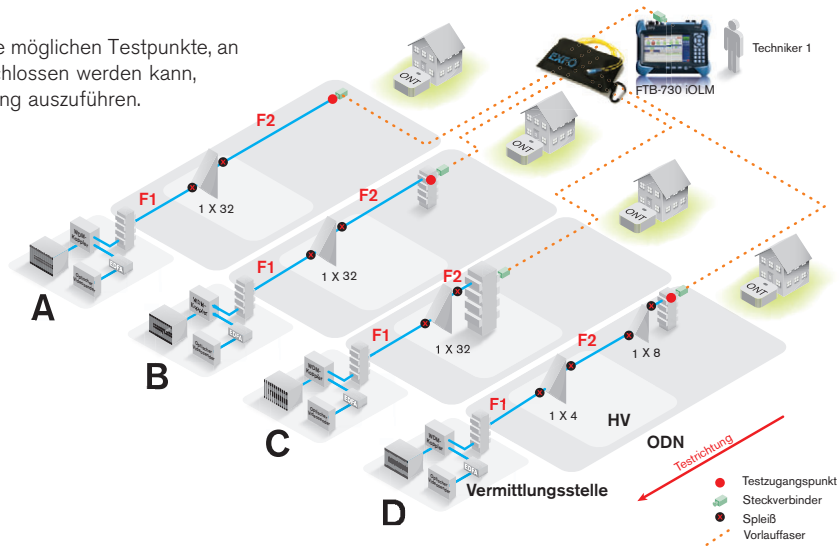


Abbildung 3-17: Charakterisierung eines gespleißten ODN mit einem iOLM

Nach Auswahl der für die betreffende Faser geeigneten Testkonfiguration kann der Techniker den Test starten. Hier ist darauf hinzuweisen, dass die gesamte Faserstrecke mit einer einzigen Aufnahmemessung charakterisiert wird.

Nach Abschluss des Tests zeigt das iOLM die Ergebnisse in der Link-View-Ansicht an. Hier wird jedes Netzelement durch ein aussagekräftiges Symbol dargestellt, so dass der Techniker auf einen Blick alle Elemente auf der Strecke erkennt. Die Anzeige und Behebung eines Fehlers wird vereinfacht, da sogar Techniker mit sehr wenig Erfahrung in der optischen Messtechnik in der Lage sind, die Tests wie ein Experte und in kürzester Zeit auszuführen. Das iOLM kann auch alle Ergebnisse in einem umfassenden Bericht speichern, der problemlos in eine Datenbank übertragbar ist.

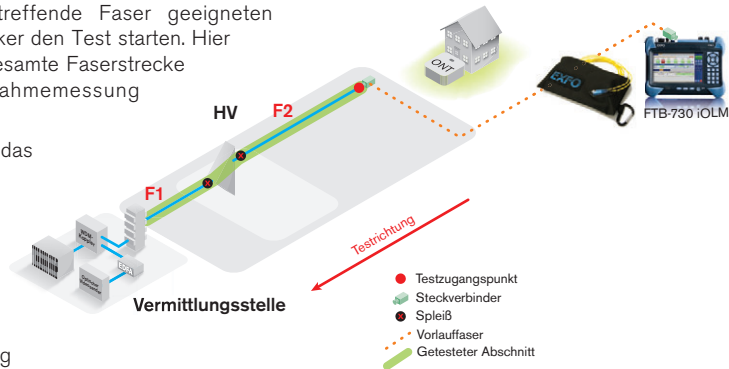


Abbildung 3-18: Tests mit dem iOLM

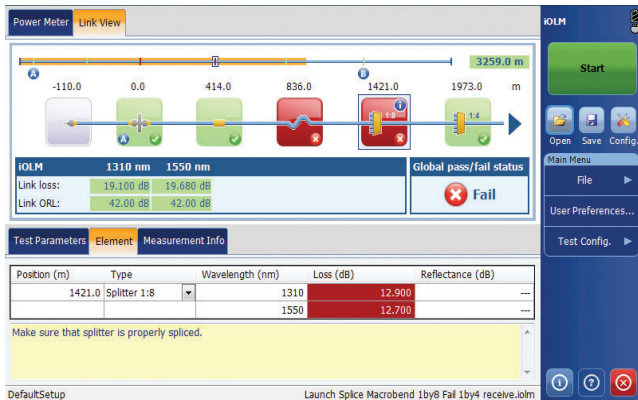


Abbildung 3-19: Link-View-Ansicht im iOLM von EXFO

Zu den wichtigsten vom iOLM zur Verfügung gestellten Informationen gehören die Diagnosedaten, die zusätzliche Angaben zu erkannten Problemen oder mehrdeutigen Messsituationen, wie die Identifikation möglicher Ursachen für einen Schlecht-Status eines Elementes auf der Übertragungsstrecke, bereitstellen.

Wie in Abbildung 3-20 gezeigt, kann das iOLM mangelhafte Spleiße erkennen und den Techniker auffordern, ein erneutes Spleißen in Erwägung zu ziehen.

Derartige Diagnosen erleichtern unter anderem die Reparatur fehlerhafter Steckverbinder, lassen erkennen, warum manche Netzelemente als „Schlecht“ eingestuft werden oder zeigen unerwartete Geräte- oder Testzustände an.

Netzelemente, für die Diagnosemeldungen vorhanden sind, werden in der Link-View-Ansicht mit einem speziellen Symbol gekennzeichnet.

Position (km)	Type	Wavelength (nm)	Loss (dB)	Reflectance (dB)
0.2102	Splice	1310	0.000	---
		1550	1.015	---

• Make sure that the fiber is properly spliced.

DefaultSetup iOLM Results 1310 and 1550.iolm

Abbildung 3-20: Beispiel einer iOLM-Diagnosemeldung

IEC-Inspektions-
verfahren
für Steckverbinder

GUT

Netztopologie
auswählen
und prüfen

Ergebnisse /
Bericht speichern

Abbildung 3-21:
Ablauf der
Charakterisierung
mit einem iOLM

Abbildung 3-21 gibt einen Überblick über die Schritte zur vollständigen ODN-Charakterisierung mit einem iOLM. Hervorzuheben ist, dass der vom iOLM erstellte Messbericht Angaben zu jedem Netzelement auf der Übertragungsstrecke enthält.

Wie auf den vorherigen Seiten nachgewiesen, sind mit dem iOLM auch weniger erfahrene Techniker in der Lage, die Tests wie ein Experte auszuführen, während erfahrene Techniker ihre Arbeit schneller abschließen können.

Tabelle 13: Hauptunterschiede zwischen traditionellen OTDRs und einem iOLM:

Leistungsmerkmal	OTDR	iOLM
Anzahl der benötigten Techniker	1	1
Benötigte Qualifikation zur Ausführung der Messungen	Mittel bis hoch	Gering
Anzahl der Aufnahmemessungen zur Charakterisierung eines PON-Netzes	Durchschnittlich 3, je nach Komplexität der Strecke. Jede Aufnahmemessung dauert schätzungsweise 45 Sekunden pro Wellenlänge.	1 (durchschnittlich 45 Sekunden. Das iOLM führt automatisch mehrere Aufnahmemessungen durch.)
Mittlere Testdauer pro Faser	Normalerweise 6 – 15 Minuten je nach Komplexität der Strecke und der Qualifikation des Technikers.	ca. 45 Sekunden bis eine Minute
Physische Abbildung der Übertragungsstrecke	Ja	Ja
Grafische Darstellung der Übertragungsstrecke	Traditionelle grafische Darstellung	Streckenansicht mit Symbolen
Angabe der Einfügungsdämpfung (IL)	Ja	Ja
Angabe der optischen Rückflussdämpfung (ORL)	Ja	Ja
Angabe der Faserlänge	Ja	Ja
Live-Faser-Testport	Ja	Ja
Inline-Leistungspegelmesser	Ja	Ja
Automatische Diagnose	Erkennen von Makrokrümmungen und Gut/Schlecht-Status	Ja, globale und individuelle Gut/Schlecht-Bewertungen sowie Diagnosedaten zu jedem Fehler
Tests vom Kunden (ONT) zur Vermittlungsstelle (OLT)	Ja	Ja
Tests von der Vermittlungsstelle (OLT) zum Kunden (ONT)	Nein	Nein
Störungsbehebung	Ja	Ja
Live-Tests	Ja	Ja
Einfaches Erkennen vertauschter Fasern	Nein	Nein

3.5 OLTS-basiertes Verfahren

Abbildung 3-22 zeigt die möglichen Testpunkte, an denen zwei automatische OLTS angeschlossen werden können, um eine Charakterisierung des optischen Verteilnetzes (ODN) auszuführen.

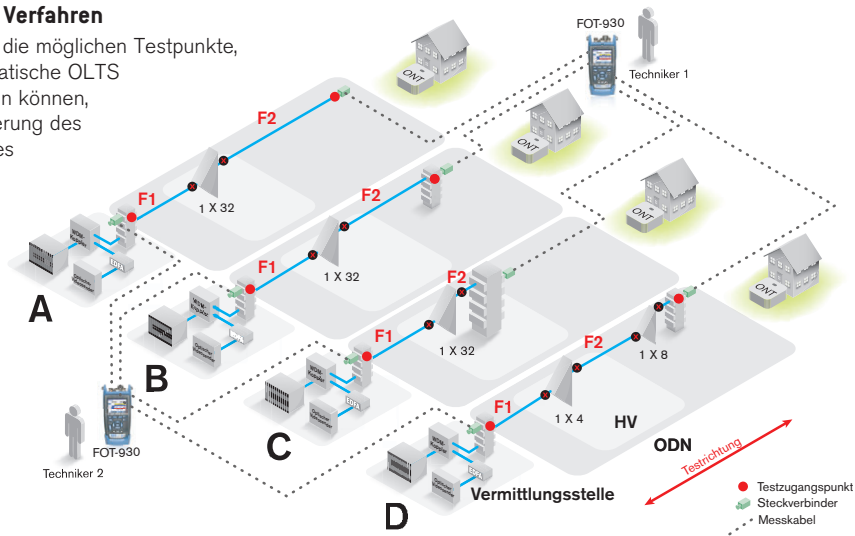

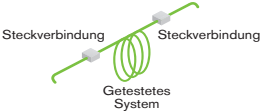


Abbildung 3-22: Standard-Testkonfiguration mit einem automatischen OLTS

Dieses Testverfahren verwendet ein OLTS in der Vermittlungsstelle (CO) und ein abgesetztes Gerät an den Testpunkten des optischen Verteilnetzes.

Vor der Ausführung des Tests müssen für beide Geräte Referenzmessungen ausgeführt werden. Die Referenzmessungen haben das Ziel, die vom Messaufbau (Messkabel) eingefügte Dämpfung von der während des Tests gemessenen Gesamtdämpfung abziehen. Das Endergebnis gibt dann die Dämpfung an, die allein das zu testende System eingefügt hat. Mit einem automatischen OLTS stehen zwei Methoden zur Ausführung der Referenzmessungen zur Verfügung. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die wesentlichen Merkmale beider Methoden.

Tabelle 14: Referenzmessungen mit dem FOT-930

	Nebeneinander stehende Geräte (Bevorzugt)	Loopback-Methode
Beschreibung	Die Referenzmessung wird bei nebeneinanderstehenden Geräten ausgeführt, die über ihre FastEST-Ports miteinander verbunden sind. Diese Methode ist etwas genauer als die Loopback-Methode.	Die Referenzmessung wird an jedem Gerät separat ausgeführt. Der FastEST-Port ist mit dem Pegelmesser-Port verbunden.
Standort der Geräte	Müssen sich am gleichen Ort befinden.	Können sich an unterschiedlichen Orten befinden.
Im FastEST-Ergebnis enthaltene Dämpfung	Dämpfung des getesteten Systems und einer gesteckten Steckverbindung. 	Die Dämpfung des getesteten Systems und beider gesteckter Steckverbindungen. 
Zu berücksichtigende Elemente	Beinhaltet weder eine ORL-Referenz noch eine ORL-Nullmessung. Um diese Referenzen zu erhalten, muss ein ORL-Messer verwendet werden. Um mehrere Referenzmessungen auszuführen, kann ein FTB-3930 mit bis zu zehn FOT-930 gekoppelt werden.	Bei der Messung der ORL (FastEST oder ORL-Messer) wird die Steckverbinderdämpfung berücksichtigt und die ORL-Kalibrierung entsprechend angepasst. Nicht für kurze Strecken empfohlen.

Für gewöhnlich benötigt das OLTS in der Vermittlungsstelle nach der Referenzmessung und nach Anschluss an die Zubringerfaser (hier: F1) des zu testenden PON keinen weiteren Bedieneringriff. Der Techniker geht zu den verschiedenen ODN-Anschlusspunkten, um die automatischen Tests auszuführen. Das OLTS in der Vermittlungsstelle reagiert auf die Testanforderung vom abgesetzten Gerät und löst die automatische IL/ORL-Messung aus.

Moderne automatische OLTS-Lösungen, wie das FTB-3930 von EXFO in Verbindung mit dem FOT-930, ermöglichen mehreren Technikern den Zugriff auf dasselbe Gerät. Da das FTB-3930 bis zu 10 Referenzwerte verwaltet, kann es in der Vermittlungsstelle an die zu testende Faser angeschlossen werden. Der Servicetechniker im Feld kann dann mit dem FOT-930 und dem Gerät in der Vermittlungsstelle die Tests ausführen. Zu erwähnen ist, dass nach der Referenzmessung kein Techniker mehr in der Vermittlungsstelle zur Bedienung des FTB-3930 benötigt wird und dass alle Testergebnisse von diesem Hauptgerät in der Vermittlungsstelle automatisch gespeichert werden.

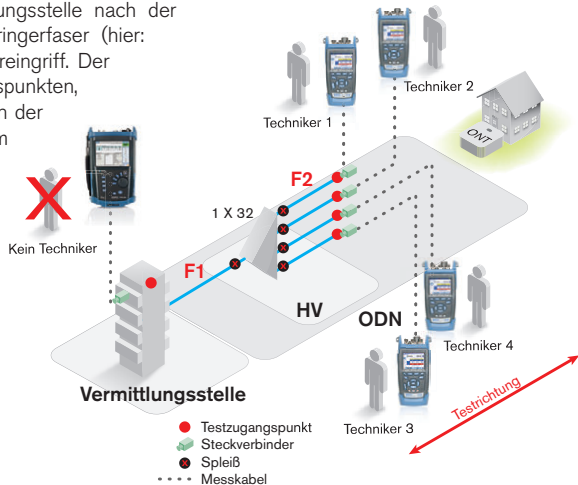


Abbildung 3-23: Optimierte Charakterisierung mit dem FTB-3930 in Verbindung mit einem FOT-930

Tabelle 15 gibt einen kurzen Überblick über die Hauptunterschiede zwischen Messungen mit einem automatischen OLTS, einem OTDR oder einem iOLM.

Tabelle 15: Technologischer Vergleich der Messverfahren

Leistungsmerkmal	OLTS	OTDR	iOLM
Anzahl der benötigten Techniker	1	1	1
Benötigte Qualifikation zur Ausführung der Messungen	Gering	Mittel bis hoch	Gering
Anzahl der Aufnahmemessungen / Test pro Faser	1	Durchschnittlich drei zur Charakterisierung aller Elemente. Jede Aufnahmemessung dauert durchschnittlich 45 Sekunden pro Wellenlänge.	1, durchschnittlich 45 Sekunden, beinhaltet alle Wellenlängen.
Mittlere Testdauer pro Faser*	10 bis 15 Sekunden	2,5 Minuten	45 Sekunden
Physische Abbildung der Übertragungsstrecke	Nein	Ja	Ja
Grafische Darstellung der Übertragungsstrecke	Nein	Traditionelle grafische Darstellung	Streckenansicht mit Symbolen (Link-View)
Angabe der Einfügungsdämpfung (IL)	Ja	Ja	Ja
Angabe der optischen Rückflussdämpfung (ORL)	Ja	Ja	Ja
Angabe der Faserlänge	Ja	Ja	Ja
Automatische Diagnose	Nein	Ja, aber begrenzt (Erkennen von Makrokrümmungen)	Ja
Tests vom Kunden (ONT) zur Vermittlungsstelle (OLT)	Ja	Ja	Ja
Tests von der Vermittlungsstelle (OLT) zum Kunden (ONT)	Ja	Nein	Nein
Störungsbehebung	Nein	Ja	Ja
Live-Tests	Nein	Ja	Ja
Einfaches Erkennen vertauschter Fasern	Ja	Nein	Nein

Im Unterschied zu gespleißten ODNs bieten die über Steckverbinder verbundenen ODNs mehr Testzugangspunkte. Abbildung 3-24 illustriert vier typische ODN-Konfigurationen mit Steckverbindern. Im Szenario B könnten die Fasern direkt bis zum Verteiler geführt und die Charakterisierung von diesem Standort aus ausgeführt werden. Die Konfektionierung der restlichen Faserstrecke könnte erfolgen, wenn der Kunde sich entschieden hat, den Dienst zu abonnieren. Die Testverfahren bei Steckverbinder-Netzen sind im Prinzip die gleichen wie bei den durchgängig gespleißten ODNs. Der einzige wesentliche Unterschied beim Testen besteht darin, dass über Steckverbinder verbundene ODNs mehr Testzugangspunkte zur Verfügung stellen, was bei der Fehlerdiagnose einen eindeutigen Vorteil darstellt.

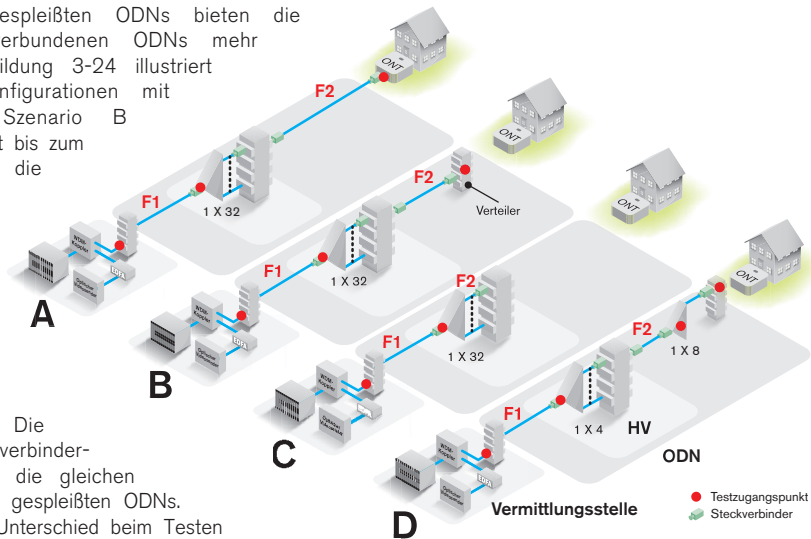


Abbildung 3-24: Beispiele für gesteckte ODNs

4

Testverfahren – Aktivierungsphase



4. Testverfahren – Aktivierungsphase

Bei der Aktivierung der Dienste kommt die Service-Einrichtung in der Wohnung des Kunden ins Spiel. Dieser Prozess beinhaltet die Herstellung der Verbindung zwischen dem Faseranschluss und dem optischen Netzabschluss (ONT) beim Kunden.

Um die Integrität der „letzten Meile“, also des Anschlussbereichs, zu prüfen, können die gleichen IL- und ORL-Messungen, die schon in der Installationsphase ausgeführt wurden, nun am Anschlusskabel vor der Installation des ONT wiederholt werden.

Da FTTH-Netze Punkt-zu-Mehrpunkt-Netze (P2MP) sind, d. h. einen einzelnen Standort mit mehreren anderen Standorten verbinden, ist jede Anschlussfaser mit einem bestimmten Kunden oder ONT identisch. Es müssen unbedingt

alle passiven optischen Signale (Downstream: 1550/1490 nm, Upstream: 1310 nm) für jeden Kunden gemessen werden, um bei der Einrichtung der Dienste Probleme mit dem Leistungsbudget zu vermeiden. Von größter Bedeutung ist ein korrektes Fasermanagement, um Probleme weitestgehend auszuschließen, die durch Spleißdämpfungen, Steckverbinder, Makrokrümmungen oder Installationsfehler des Technikers verursacht werden.

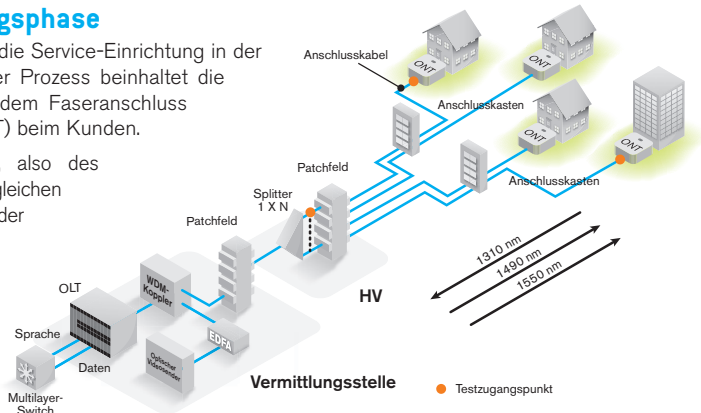


Abbildung 4-1: Testpunkte während der Aktivierung der Dienste

4.1 Leistungspegelmessungen in passiven optischen Netzen

Häufig führen falsche Leistungspegelmessungen zu Widersprüchen zwischen den gemessenen Werten und den Spezifikationen des Herstellers. Das gilt insbesondere bei PON-Anwendungen. Daher ist es unerlässlich, für die Messung und Dokumentation präzise PON-spezifische und bewährte Leistungspegelmesser zu verwenden.

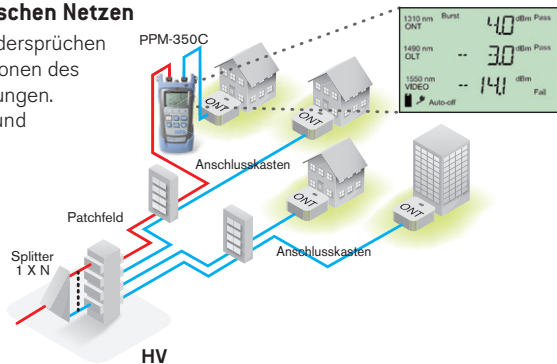


Abbildung 4-2: Leistungspegelmessung im PON

PON-Leistungspegelmesser sollten mindestens in der Lage sein:

- › sowohl im Upstream (bei 1310 nm) als auch im Downstream (bei 1490 nm und bei 1550 nm) zu messen.
- › echte Burst-Signale im Upstream (bei 1310 nm) zu messen (siehe Abbildung 4-3).
- › Ergebnisse zu speichern und konsistente Berichte zur Einbindung in die ODN-Ergebnisdatenbank zu erstellen (OLTS und OTDR).

Die Prüfung der optischen Leistungspegel an verschiedenen Messpunkten entlang der gleichen Faserstrecke vor der Aktivierung des Dienstes erleichtert die Lokalisierung von Störungen und/oder defekten Komponenten. Da Probleme in FTTH-Netzen häufig durch verschmutzte oder beschädigte Steckverbinder verursacht werden, vermindert eine entsprechende Inspektion den Aufwand für die Fehlerdiagnose wesentlich, da die Leistungspegel jedes einzelnen Netzwerkabschnitts kontrolliert werden. Es wird ebenfalls empfohlen, vor jeder Pegelmessung jeden Anschlusspunkt mit einem Faserendflächenbetrachter, wie dem FIP-400 von EXFO, zu überprüfen.

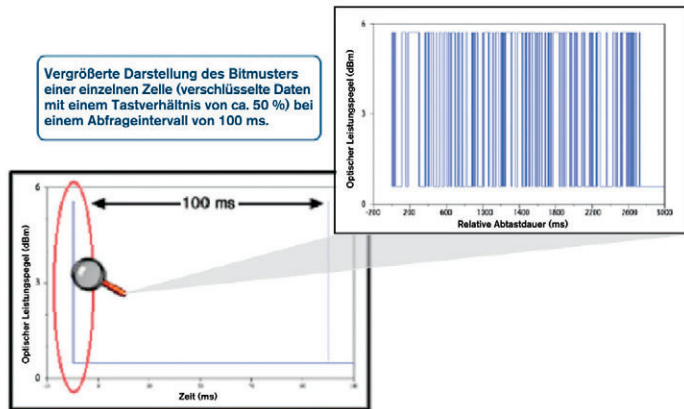


Abbildung 4-3: Vom ONT gesendetes Upstream-Burstsignal

Tests am Faserverteiler (Messpunkt 2)

Die Prüfung des Leistungspegels am Anschlusskasten (F2) erlaubt die Charakterisierung der Verteilfaser und der entsprechenden Faseranschlüsse. Für gewöhnlich beinhaltet der Anschlusskasten eine Spleißkassette, die Makrokrümmungen verursachen kann. Für die Messung werden ein PON-Leistungspegelmesser mit zwei Ports im Durchgangsmodus am Messpunkt 2 angeschlossen und beide Ergebnisse im PON-Leistungspegelmesser (mit der Standortkennung des Faserverteilers) gespeichert.

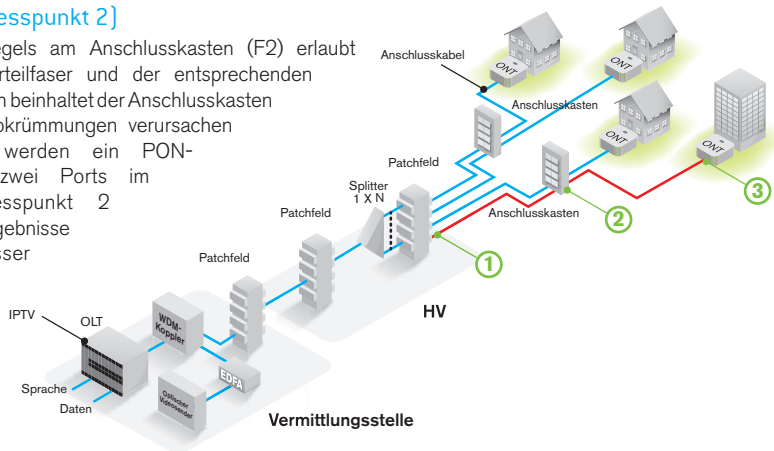


Abbildung 4-4: Aktivierungstest mit einem PON-Leistungspegelmesser

Tests am ONT (Messpunkt 3)

Die den Anschlusskasten mit den Kundeneinrichtungen verbindende Anschlussfaser auf der „letzten Meile“, wird im Allgemeinen erst bei der Aktivierung des Dienstes installiert. Diese Aktivierung umfasst das Fasermanagement, das Spleißen, die Baumaßnahmen, den Abschluss der Installationsarbeiten und zu guter Letzt das Testen und die Verifizierung der Installation. Zur Gewährleistung einer zuverlässigen Bereitstellung der Dienste an den Kunden müssen das Netzwerk und der Kunden-ONT die jeweiligen technischen Spezifikationen erfüllen. Um die Einhaltung dieser Spezifikationen zu garantieren, ist eine Durchgangsprüfung zur lückenlosen Charakterisierung aller Betriebswellenlängen (Upstream und Downstream) im PON-Netz erforderlich. Für die Messung werden ein PON-Leistungspegelmessgerät mit zwei Ports im Durchgangsmodus am Messpunkt 3 angeschlossen und beide Ergebnisse im PON-Leistungspegelmessgerät (mit der Standortkennung des Faserverteilers) gespeichert. Wenn der Durchgangsmodus nicht verwendet wird, werden nur die Downstream-Signale von der Vermittlungsstelle ohne die wichtigen Upstream-Burstsignale zertifiziert.

Testes am Splitter des Hauptverteilers (Messpunkt 1)

Wenn die beiden oben genannten Tests an den Messpunkten 2 und 3 mit „Schlecht“ bewertet werden, muss kontrolliert werden, ob der Splitterpfad gestört ist. Mit dieser einfachen Messung lässt sich nachweisen, dass sich alle Netzkomponenten von der Vermittlungsstelle (einschließlich der F1-Zubringerfaser) bis zum Splitter-Ausgang in einem ordnungsgemäßen Betriebszustand befinden. Am Messpunkt 1 ist eine erneute PON-Leistungspegelmessung erforderlich, um zu prüfen, ob der Splitterausgang nicht gestört ist.

4.2 Messungen mit einem PON-optimierten Leistungspegelmesser

Da die Aktivierung von Diensten häufig von Unterauftragnehmern ausgeführt wird, spielen die Berichterstellung und die Korrektheit der Daten eine wichtige Rolle in PON-Installationen, wo während einer einzigen PON-Aktivierung möglicherweise mehrere Hundert Ergebnisse generiert werden. Aus diesem Grund ist die Einhaltung der richtigen Schritte bei der Aktivierung die Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf und eine hohe Produktivität.

PON-Leistungspegelmesser mit einem integrierten Workflow-Managementsystem, wie der PPM-350C von EXFO, beinhalten einen Job-Editor-Modus sowie Funktionen zur Nachbearbeitung und Berichterstellung.

Im Job-Editor-Modus können Manager und Techniker die anstehenden Arbeiten vorkonfigurieren, indem sie die Daten zu den jeweiligen Kunden eingeben. Wie in Abbildung 4-5 ersichtlich, ist es möglich, einfache Auftragskennungen (z. B. JOB ID 3) festzulegen. Diese können einem bestimmten Arbeitsauftrag zugeordnet sein und zusätzliche Daten im OSS oder GIS enthalten. Nach Einrichtung des Auftrags mit einer einfach zu bedienenden PC-Anwendung werden die Daten über einen USB-Anschluss in den Leistungspegelmesser geladen.

1 - Im Büro

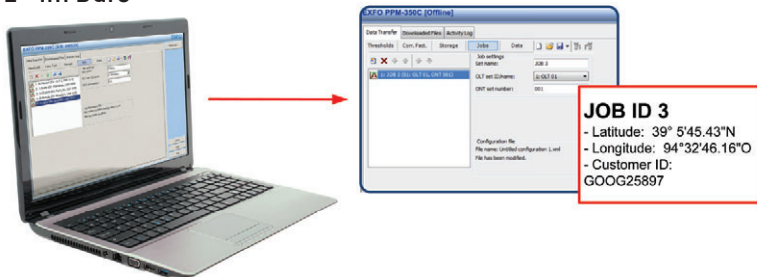
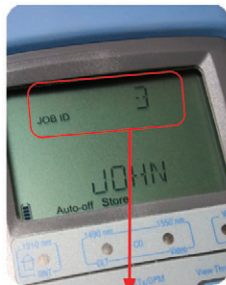


Abbildung 4-5: Eingabe der Auftragsdaten in den PPM-350C im Büro

Vor Ort wählt der Techniker dann einfach die betreffende Auftragskennung aus, startet die Tests und speichert die für diesen Auftrag benötigten Ergebnisse. Zurück im Büro können die Testergebnisse in einen PC importiert und mühelos optimierte Aktivierungsberichte erstellt werden.



JOB ID 3

- Latitude: 39° 5'45.43"N
- Longitude: 94°32'46.16"O
- Customer ID: 25897

2 - Am Messort

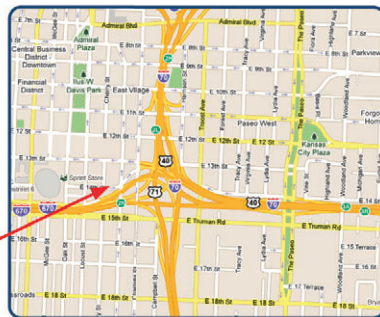


Abbildung 4-6: Arbeit mit den im PPM-350C gespeicherten Auftragsdaten am Messort

5

Testverfahren – Wartungsphase



5. Testverfahren – Wartungsphase

Bei der Aktivierung der Dienste in einem passiven optischen Netzwerk (PON) werden Telefonie, High-Speed-Internet und Videosignale vom optischen Leitungsabschluss (OLT) in der Vermittlungsstelle (CO) an die einzelnen optischen Netzabschlüsse (ONT) der jeweiligen Privatkunden gesendet. Wenn jetzt ein PON ausfällt und sich nicht mehr mit dem OLT synchronisieren kann, wird dieser Pfad des PON außer Betrieb gesetzt und die dort angeschlossenen Kunden können keine Dienste mehr nutzen. Als Folge wird ein Techniker benötigt, der die Störung behebt und den Dienst wieder aktiviert.

5.1 Störungsbehebung während des laufenden Betriebs

Wenn der Techniker an einem im Betrieb befindlichen System arbeiten muss, wird er als erstes versuchen, die Ursache der optischen Störung in einer möglicherweise komplexen Netzwerktopologie, die mehrere Splitter, Fasern und ONTs beinhaltet, zu lokalisieren. Abbildung 5-1 auf der folgenden Seite zeigt ein Netzwerk mit mehreren Splitttern. Die Ziffern verweisen auf die unterschiedlichen Bereiche, in denen eine Störung vorliegen könnte. Wenn im Kabel zwischen dem OLT und dem nachgelagerten Splitter ein Faserbruch auftritt, werden alle ONTs hinter dem Splitter in Mitleidenschaft gezogen. Sollten aber Makrokrümmungen oder verschmutzte Steckverbinder die Ursache für den Ausfall der optischen Signale im Netzwerk sein, sind vielleicht nur wenige nachgelagerte ONTs betroffen. Da die Dämpfung eines Glasfaserkabels sich proportional zur Länge verhält, empfangen weiter entfernte ONTs ein schwächeres optisches Downstream-Signal. Die an der Vermittlungsstelle von den weiter entfernten ONTs eingehenden optischen Upstream-Signale sind ebenfalls schwächer und das OLT erkennt einen solchen Leistungsabfall.

In einem FTTH-Netz können die folgenden Störungen auftreten:

- › Der optische Leistungspegel an einem oder mehreren ONTs liegt unter dem spezifizierten Mindestpegel.
- › Signalausfall (keine Leistung)
- › Höhere Bitfehlerrate (BER) oder mangelhafte Signalqualität (möglicherweise bedingt durch eine unzureichende optische Leistung)
- › Hardwareproblem an einer aktiven Komponente (am ONT oder in der Vermittlungsstelle)

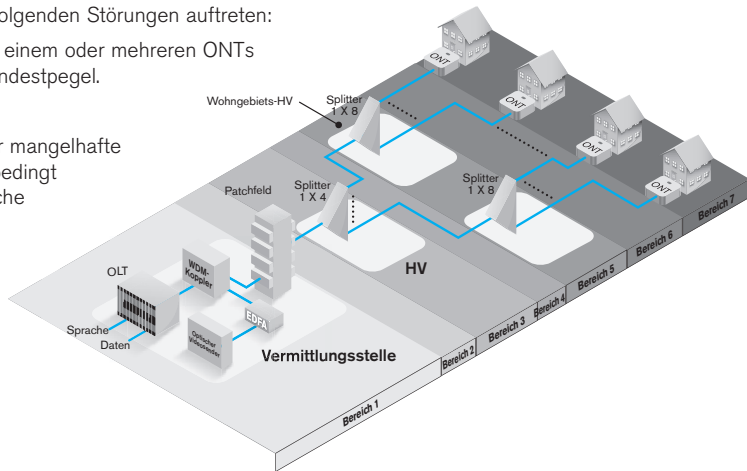


Abbildung 5-1: Störungsbehebung in einem typischen FTTH-Netz

Da es sich im Netzwerk jedoch zum größten Teil um passive Komponenten handelt, sind die Störungen zumeist auf verschmutzte, beschädigte, falsch angepasste Steckverbinder oder Brüche und Makrokrümmungen im Glasfaserkabel zurückzuführen. Diese Problemstellen beeinträchtigen je nach Fehlerort einen, einige oder alle Kunden im Netzwerk.

Der fehlerhafte Bereich kann mit den folgenden Hilfsmitteln eingegrenzt werden:

> **PON-Leistungspegelmesser:**

Das Messgerät wird im Durchgangsmodus angeschlossen, so dass der Verkehr sowohl im Downstream als auch im Upstream ungehindert passieren kann. Gemessen werden die einzelnen Leistungspegel bei jeder Wellenlänge gleichzeitig. Das Messgerät erkennt auch die Burst-Leistung der ATM-Übertragungen. Es kann an jedem Punkt des Netzwerks für die Störungsbehebung eingesetzt werden (siehe Abbildung 5-2).

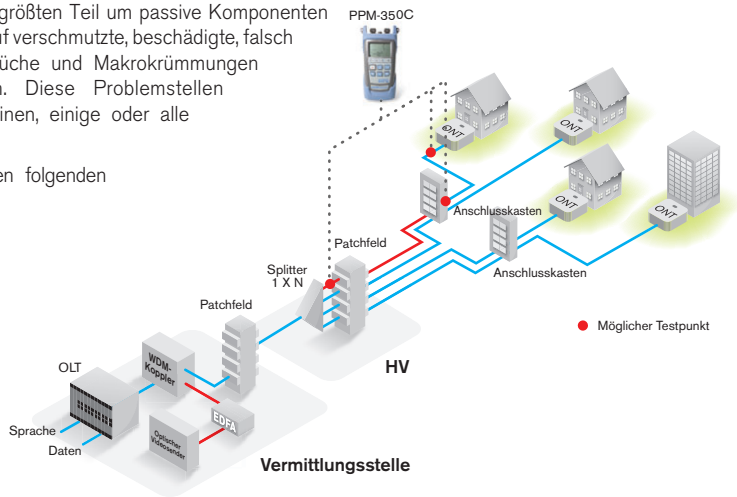


Abbildung 5-2: Einsatz eines PON-Leistungspegelmessers für die Störungsbehebung an verschiedenen Punkten im FTTH-Netz

Auch wenn ein PON-Leistungspegelmesser helfen kann, den Fehlerbereich einzugrenzen, ist er nicht in der Lage, die genaue Fehlerstelle zu lokalisieren. Hierfür muss der Techniker ein, wie wir es nennen, **PON-optimiertes OTDR oder iOLM** mit einem speziellen Port für Tests bei 1625 nm oder 1650 nm und einem Filter verwenden, das alle unerwünschten Signale (1310 nm, 1490 nm und 1550 nm) unterdrückt, die die OTDR/iOLM-Messung verfälschen könnten.

Der Filter lässt nur das OTDR- bzw. iOLM-Signal bei 1625 oder 1650 nm passieren, so dass eine präzise Messung möglich ist. Die an einer aktiven Glasfaser ausgeführte OTDR/iOLM-Diagnose sollte den normalen Betrieb nicht stören und das Leistungsverhalten der Informationskanäle nicht beeinträchtigen. Genau das ist mit Tests bei Wellenlängen von 1625 oder 1650 nm möglich.

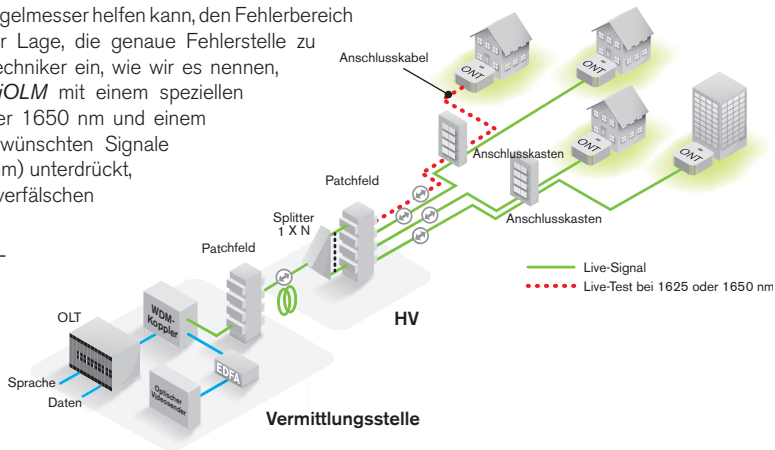


Abbildung 5-3: Live-Tests an einer aktiven Faser mit einem OTDR / iOLM

Ein PON-optimiertes OTDR/iOLM stört die Sendelaser der Vermittlungsstelle nicht, da die Wellenlänge von 1650 nm die Anforderungen der Empfehlung ITU-T L.41 „Wartungswellenlänge für Signal übertragende Glasfasern“ erfüllt. Diese ITU-T-Empfehlung spezifiziert einen Abstand von 100 nm zwischen der Wellenlänge, die das OTDR / iOLM für die Betriebsmessung nutzt, und der nächsten Übertragungswellenlänge, in diesem Fall 1550 nm. Ein zusätzliches Breitbandfilter, das am WDM-Koppler der Vermittlungsstelle als Testport für 1625 oder 1650 nm dient, kann ebenfalls von Vorteil sein. Daher wird die den anderen Kunden, die an den gleichen 1xN-Splitter angeschlossen sind, zur Verfügung gestellte Dienstgüte nicht beeinträchtigt. Ausgestattet mit dieser Technologie kann der Techniker den 1625- oder 1650-nm-Port des OTDR / iOLM an den ONT anschließen und das Signal an die Vermittlungsstelle (CO) senden (Abbildung 46). Wenn sich auch in der Vermittlungsstelle ein Testport für 1625 oder 1650 nm befindet, ist es sogar möglich, von dort am F1-Abschnitt im Downstream zum ONT zu testen, wobei aber unter Umständen an jedem ONT ein 1625- oder 1650-nm-Filter benötigt würde.

Der Einsatz eines Inline-Leistungspegelmessers zusätzlich zu einem PON-optimierten OTDR /iOLM ist ein weiteres Testszenario. Dieser Leistungsmesser-Typ nutzt den gleichen optischen Pfad (siehe Abbildung 5-4) wie das OTDR / iOLM. Es bietet den Vorteil, dass der Testport nicht erst getrennt oder umgeschaltet werden muss, um eine Leistungsmessung oder einen OTDR- / iOLM-Test auszuführen. Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass dieser Leistungspegelmesser zwei Signale/ Wellenlängen auf der gleichen Faser unterscheiden kann. Das ist vor allem bei FTTH-Anwendungen von Vorteil, da hier häufig zwei Downstream-Wellenlängen (1490 und 1550 nm) zum ONT (Teilnehmer) übertragen werden. Wie beim PON-Leistungspegelmesser ist der Techniker hier in der Lage, jedes einzelne Signal zu isolieren und deren Leistungspegel zu messen.

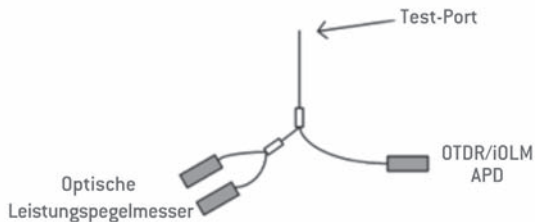


Abbildung 5-4: Inline-Leistungspegelmesser

Dieser Funktionsumfang im gleichen Port wie der gefilterte Port vom OTDR/iOLM stellt eine leistungsstarke Fehlerdiagnose zur Verfügung, die dazu beiträgt, Störungen schnell zu lokalisieren und zu beheben. Der Techniker muss lediglich die zu testende Faser an den Port des Inline-Leistungspegelmessers anschließen und den Leistungspegel der Signale prüfen.

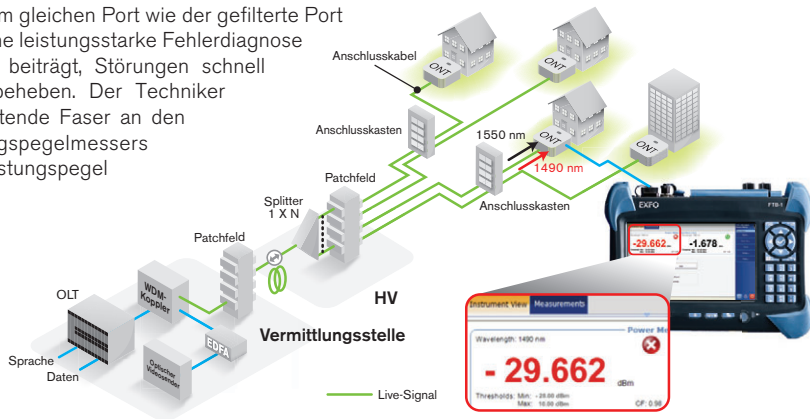


Abbildung 5-5: Testausführung mit einem Inline-Leistungspegelmesser

Im Fall einer Störung an einem Signal (siehe Abbildung 5-5) kann er dann einfach die OTDR / iOLM-Anwendung starten, den Live-Test-Modus auswählen und die Fehlerstelle lokalisieren (Abbildung 5-6).



Abbildung 5-6: Live-Tests mit einem iOLM

6

Testdokumentation



6. Testdokumentation

Obwohl die Testdokumentation eindeutig eine große Hilfe bei der Planung und beim Ausbau der Netzwerkkapazität (Bandbreite, Routing) ist, fangen die meisten erst dann an darüber nachzudenken, wenn ein Problem auftritt. Bei einem Netzwerkausfall sinkt für gewöhnlich die Produktivität und die Kunden können nicht mehr betreut werden, was erhebliche Umsatzeinbußen zur Folge haben kann. Wenn eine Netzwerkdokumentation zur Verfügung steht, kann das mit der Problemlösung beauftragte Team sich schnell einen Überblick über das Netzwerk verschaffen. Das verkürzt die Reparaturzeit und senkt die Kosten. Eine ordnungsgemäße Dokumentation hilft aber nicht nur beim Auftreten von Störungen, sondern unterstützt auch die interne und externe Weitergabe von Wissen.

Ein weiterer Aspekt ist der, dass viele Netzwerke von Fremdfirmen und deren Unterauftragnehmern installiert werden, die für gewöhnlich Messberichte vorlegen, um ihre Arbeit bezahlt zu bekommen. Daher müssen sie die Ergebnisse ihrer an den Außenanlagen ausgeführten Tests speichern.

Auch wenn manche an den Außenanlagen erfassten Messungen keine weitere Nachbereitung erfordern, ist es doch in den meisten Fällen so, dass eine zusätzliche Bearbeitung vonnöten ist, um eine korrekte Auswertung ausführen, die richtigen Fehlerdiagnosen erstellen und letztendlich das Netzwerk entsprechend den Anforderungen des Kunden oder den Vorgaben des Netzerkinhabers dokumentieren (Testprotokoll) zu können.

Die drei logischen Schritte (Tabelle 16) der Nachbereitung von Daten umfassen im Allgemeinen die Bearbeitung, Auswertung und Dokumentation der Messergebnisse.

Tabelle 16: Nachbereitung von Messergebnissen

1- Bearbeitung	2- Auswertung	3- Dokumentation
Kabel- und Faserparameter (z. B. Auftragsdaten) anpassen.	Bidirektionale OTDR-Stapelanalyse ausführen.	Bericht an kundenspezifische Anforderungen anpassen.
OTDR/iOLM-Ereignisse hinzufügen und/oder entfernen.	Doppelte Messungen erkennen.	Verschiedene Arten von Berichten erstellen.
Schwellwerte für das Erkennen von Ereignissen anpassen.	Ergebnisse, die nicht die Anforderungen des Netzwerks erkennen, ermitteln.	Kombinierte Berichte, wie: > Fasercharakterisierung > iOLM mit Ergebnissen der Steckverbinder-Inspektion > OTDR mit Ergebnissen der Steckverbinder-Inspektion
Manuelle Messungen an den OTDR-Dateien ausführen.		
Gut/Schlecht-Schwellwerte einstellen.		

Die Ausführung dieser drei Schritte an Hunderten von Messungen kann eine echte Herausforderung darstellen, wenn die Messgeräte nicht integriert sind, d. h. wenn die einzelnen Messungen mit unterschiedlichen Software-Anwendungen durchgeführt wurden, und keine Stapelverarbeitung möglich ist.

Um den Zeitaufwand für die Nachbereitung von Daten zu verringern, hat EXFO FastReporter 2 entwickelt. Diese Anwendung, die verschiedene Messtypen, Stapelverarbeitungsfunktionen und spezielle Berichtsarten unterstützt (siehe Abbildungen 6-1 und 6-2), kann die Bearbeitungszeit im Vergleich zu anderen Berichtswerkzeugen um die Hälfte verkürzen.

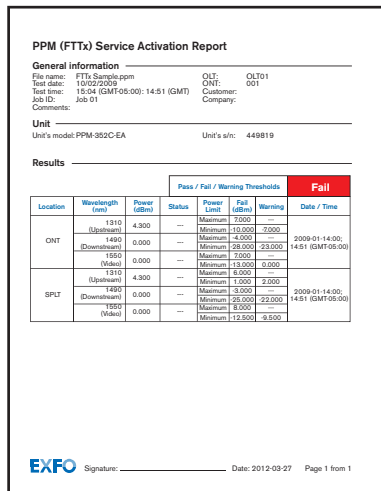


Abbildung 6-1: Bericht zur FTTH-Aktivierung

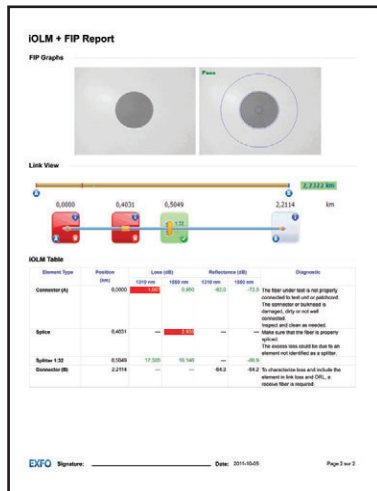


Abbildung 6-2: iOLM- und FIP-Bericht



Abkürzungen

7. Abkürzungen

ADS	Additional Digital Service (zusätzlicher digitaler Dienst)
ADSL	Asymmetrische digitale Anschlussleitung (Kupfer)
APC	Schrägschliffsteckverbinder
APD	Lawinen-Fotodiode (Detektor)
ATM	Asynchroner Übertragungsmodus
BER	Bitfehlerrate
BLEC	Gebäude-Ortsnetzbetreiber
BPON	Passives optisches Breitbandnetz
CD	Chromatische Dispersion
CDMA	Collision Detected Multiple Access (ein Zugangsverfahren)
CLEC	Konkurrierender Ortsnetzbetreiber
CO	Vermittlungsstelle
CVD	Chemische Gasphasenabscheidung
CWDM	Grobes Wellenlängenmultiplex
DBS	Direct Broadcast Service
DFB	Distributed-Feedback (Laser)
DSL	Digitale Anschlussleitung (Kupfer)
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DUT	Device Under Test, Prüfling
DWDM	Schmales Wellenlängenmultiplex

EDFA	Erbium-dotierter Faserverstärker
EFM	Ethernet in the First Mile
EFMA	Ethernet-in-the-First-Mile Alliance
EPON	Ethernet-basiertes passives optisches Netz
FBT	Fused Biconic Taper (Faserkoppler)
FCC	Federal Communications Commission (USA)
FDH	Fiber Distribution Hub (Hauptverteiler, HV)
FDT	Fiber Distribution Terminal (Verteiler)
FEC	Vorwärtsfehlerkorrektur
FC	Fiber Collector (Unterverteiler)
FO	Faseroptisch
FP	Fabry-Perot (Laser)
FSAN	Full-Service Access Network
FTTB	Fiber-to-the-Building
FTTC	Fiber-to-the-Curb
FTTCab	Fiber-to-the-Cabinet
FTTH	Fiber-to-the-Home
FTTN	Fiber-to-the-Node
FTTP	Fiber-to-the-Premises
FTTx	Fiber-to-the-x, wobei x = H (Haus), C (Straßenrand), B (Gebäude), N (Knoten), P (Grundstück) usw.

FUT	Getestete Faser
GEM	GPON Encapsulation Mode
GPON	Gigabit-fähiges passives optisches Netz
HDD	Horizontal Direct Drilling
HDSL	Hochbitratige digitale Anschlussleitung (Kupfer)
HDTV	Hochauflösendes Fernsehen
HFC	Hybride Faser-Koaxial-Übertragung
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ILEC	Etablierter Ortsnetzbetreiber
IP	Internetprotokoll
IPTV	IP-Fernsehen
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	International Telecommunication Union — Bereich für Standardisierung in der Telekommunikation
LFD	Live Fiber Detector
MAN	Metropolitan Area Network
MDU	Mehrfamilienhaus, MFH
MFD	Modenfelddurchmesser
MLM	Multilongitudinaler Mode (Laser)
MM	Multimode

MMF	Multimodefaser
MWM	Mehrwellenlängenmesser
NF	Rauschzahl (Rauschen eines optischen Verstärkers in dB)
OC	Optischer Carrier (Transportrate)
ODN	Optisches Verteilnetz
ODU	Optical Distribution Unit (Verteiler)
OLT	Optischer Leitungsabschluss
OLTS	Optischer Dämpfungstester
ONT	Optischer Netzabschluss
ONU	Optische Netzeinheit (nicht sendender ONT)
OPM	Optischer Leistungspegelmesser
ORL	Optische Rückflussdämpfung
OSA	Optischer Spektrumanalysator
OSC	Optical Service Channel
OSNR	Optischer Signal/Rausch-Abstand
OSP	Außeninstallationen
OTDR	Optisches Zeitbereichsreflektometer
P2MP	Punkt-zu-Mehrpunkt
P2P	Punkt-zu-Punkt
PBX	Nebenstellenanlage

PC	Physical Contact (Steckverbinder mit Stirnflächenkontakt)
PIN	Positive-Insulator-Negative (Detektor)
PLC	Planar Lightwave Circuit
PMD	Polarisationsmodendisersion
PON	Passives optisches Netz
POTS	Klassische analoge Telefonie
PSB	Pulse Suppressor Box (mit Vor-/Nachlaufaser)
PSTN	Öffentliches leitungsvermittelltes Fernsprechnet
QoS	Dienstgüte
RBOC	Regional Bell Operating Company
Rec	ITU-T-Empfehlung
RLEC	Ländlicher Ortsnetzbetreiber
RT	Gegenstelle
Rx	Empfänger
SC	Supervisory Channel, Service Channel
SDH	Synchrone digitale Hierarchie
SM	Singlemode
SMF	Singlemodedefaser
SNR	Signal/Rausch-Abstand
SONET	Synchrone optisches Netz
STM	Synchrone Übertragungsmodus (SDH-Übertragungsrate)

TDM	Zeitmultiplex
TDMA	Mehrfachzugriff im Zeitmultiplex
TIA	Telecommunications Industry Association
Tx	Sender
UPC	Ultra-Polished Connector
VDSL	Sehr hochbitratige digitale Anschlussleitung (Kupfer)
VFL	Rotlichtquelle
VOD	Video-on-Demand
VoIP	Voice-over-Internet-Protokoll
WDM	Wellenlängenmultiplex
xDSL	Generische digitale Anschlussleitung (Kupfer)

8

Anhänge



Anhang A: Vorlauf- und Nachlauffasern

Im Unterschied zu einem traditionellen OTDR benötigt das iOLM nur eine relative kurze Vorlauffaser (> 50 m), um unabhängig von der Streckenlänge und der Dämpfung von den Vorteilen dieser Referenzmessung zu profitieren. Vorlauffasern mit einer Länge von mehr als 200 Metern werden für das Testen von passiven optischen Netzen (PON) nicht empfohlen. Da sich das Dämpfungs- und ORL-Verhalten des Ausgangssteckverbinders eines OTDRs nach mehreren Steckzyklen verschlechtern kann, wird immer empfohlen, eine Vorlauffaser zu verwenden.

Das erste Element der getesteten Strecke wird in der Link-Ansicht mit dem Buchstaben A gekennzeichnet. Eine Vorlauffaser erlaubt, den ersten Steckverbinder der zu testenden Faserstrecke (A) korrekt zu charakterisieren und die Abnutzungseffekte des OTDR-Steckverbinders aus der Link-Bewertung herauszuhalten. Bei Verwendung einer APC-Kopplung ist eine gewisse Verschlechterung des OTDR-Steckverbinders akzeptabel. Die ORL bleibt hier aufgrund des Schrägschliffs niedrig, so dass die Auflösung am nahen Ende gewährleistet bleibt. Durch die Verwendung einer Vorlauffaser hat die Dämpfung des OTDR-Steckverbinders keinen Einfluss auf das Messergebnis. Das iOLM bewertet aber die Dämpfung des OTDR-Steckverbinders bei jeder Messung, um Sie über den Zustand des Steckverbinders zu informieren. Es ist wichtig zu verstehen, dass eine übermäßige Dämpfung an diesem Steckverbinder letztendlich die Messfähigkeit des Gerätes beeinträchtigt. Zudem trägt eine Vorlauffaser zum Schutz des OTDR-Steckverbinders bei, da sie die Anzahl der direkt an diesem Anschluss ausgeführten Steckzyklen verringert. Es ist einfacher eine Vorlauffaser zu reparieren oder auszutauschen als einen OTDR-Anschluss.

Das letzte Element der getesteten Strecke wird in der Link-Ansicht mit dem Buchstaben B gekennzeichnet. Am fernen Ende der Strecke kann eine Nachlauffaser angeschlossen werden, um den letzten Steckverbinder (B) zu charakterisieren und die Genauigkeit der Messung der Gesamteinfügungsdämpfung zu erhöhen, indem die Werte von zwei bekannten Fasern miteinander verglichen werden, um Fehler aufgrund unterschiedlicher Rückstreuoeffizienten in der Faser zu vermeiden. Wenn auf eine Nachlauffaser verzichtet wird, kann die iOLM-Anwendung zwar die Position und die ORL dieses nicht gesteckten Steckverbinders ermitteln, nicht jedoch dessen Dämpfung. Für diesen wird dann keine Gut/Schlecht-Bewertung angezeigt. Die benötigte Länge der Nachlauffaser ist von der Dämpfung der zu testenden Faser abhängig. Eine größere Dämpfung erfordert einen längeren Puls, um die Nachlauffaser zu erreichen. Im Unterschied zur Vorlauffaser weist die Nachlauffaser die gleichen Beschränkungen wie ein traditionelles OTDR auf. Für den Test eines 1 km langen Faserabschnitts mit weniger als 2 dB Dämpfung wird eine Nachlauffaser von nur 100 m Länge benötigt. In Abhängigkeit von der Faserlänge hinter jedem Splitter ist bei einer PON-Strecke von 23 dB bereits eine Nachlauffaser von 500 m bis 2 km Länge erforderlich.

Einsatz des iOLM

Abbildung 8-1 zeigt die möglichen Testpunkte, an denen ein iOLM angeschlossen werden kann, um das Verteilnetz zu charakterisieren.

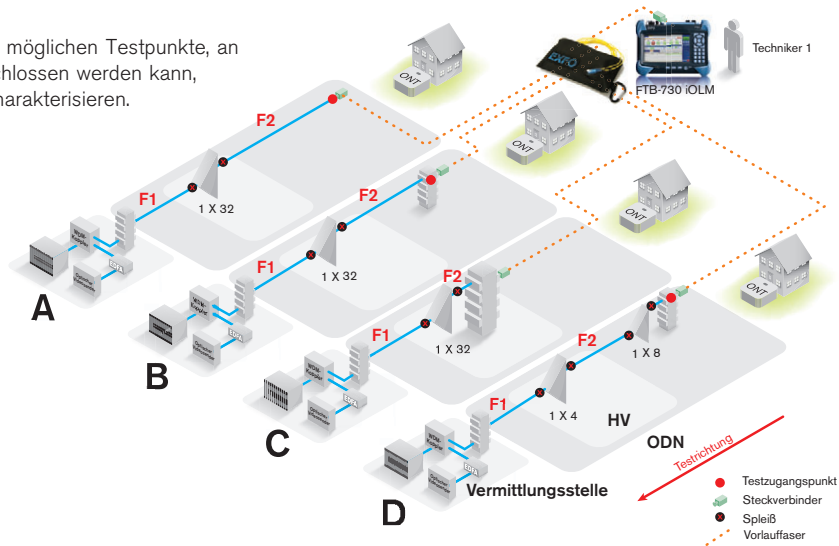


Abbildung 8-1: Charakterisierung eines optischen Verteilnetzes mit einem iOLM

Das iOLM erlaubt, die Längen der Vorlauf- und Nachlauffaser manuell einzugeben. Zudem ist es möglich, die Länge beider Fasern automatisch messen zu lassen. Bei der Kalibrierung führt die Anwendung eine schnelle Messung aus und ermittelt die Länge der Faser. Daher muss bei einer Kalibrierung nur das zu testende Kabel an das Modul angeschlossen werden.

Wenn die Link-Elemente auf der zu kalibrierenden Faser erkannt wurden oder der OTDR-Steckverbinder defekt ist, kann die Kalibrierung nicht ausgeführt werden und eine Warnmeldung gibt den Grund für den Fehler an. Zwischen Messgerät und der zu testenden Faser ist ein kurzes Patchcord (<5 m) zulässig und wird in die kalibrierte Länge mit einberechnet. Nach der erfolgreichen Kalibrierung wird die Länge der Vorlauf- oder Nachlauffaser in der Registerkarte der Testparameter aktualisiert.

Bei der Ausführung einer Messung versucht das iOLM die festgelegte Vorlauf- und Nachlauffaser auf die auf der Strecke erkannten Elemente abzustimmen, um die Positionen der Steckverbinder A und B korrekt anzugeben. Falls aufgrund einer „perfekten“ Verbindung zwischen Faserstrecke und Vorlauf- oder Nachlauffaser bei den vorgegebenen Entfernungen keine Ereignisse erkannt wurden, fügt das iOLM an der festgelegten Position ein Element mit Null Dämpfung und Null ORL ein.

Anhang B: Optische Zugangsnetze (OAN) der nächsten Generation

Die Bandbreitennachfrage steigt weiter rasant an, da die Verbraucher unablässig neue Anwendungen und Dienste übernehmen. Um diese stete Zunahme an Verkehrsvolumen bewältigen zu können, suchen Service-Provider nach Möglichkeiten, die Übertragungsraten in ihren Netzwerken, sei es Weitverkehrs-, Metro-, 40 Gbit/s- oder Zugangsnetze, zu erhöhen.

Eine der Hauptlösungen, die die Telekommunikationsindustrie anwendet, um die steigende Bandbreitennachfrage zu befriedigen, besteht darin, die Glasfaser möglichst dicht zum Teilnehmer zu bringen. Standardisierungsgremien wie die *International Telecommunication Union* (ITU) und das *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), haben Normen definiert, um die Bereitstellung dieser Technologien zu vereinheitlichen, die wir heute als FTTx = Fiber to the „x“ (Faser bis zum „x“) bezeichnen, wobei das „x“ beispielsweise für „Home“ (Wohnung), „Curb“ (Bordstein), „Cabinet“ (Kabelverzweiger), „Node“ (Knoten) usw. steht. Aktuell können FTTx-Technologien dem Teilnehmer bis zu 100 Mbit/s bereitstellen. Doch reicht das für die Anwendungen von Morgen noch aus? Um der Marktnachfrage nach höherer Bandbreite immer einen Schritt voraus zu bleiben, prüfen die Service-Provider jetzt aktiv die Zugangstechnologien der nächsten Generation.

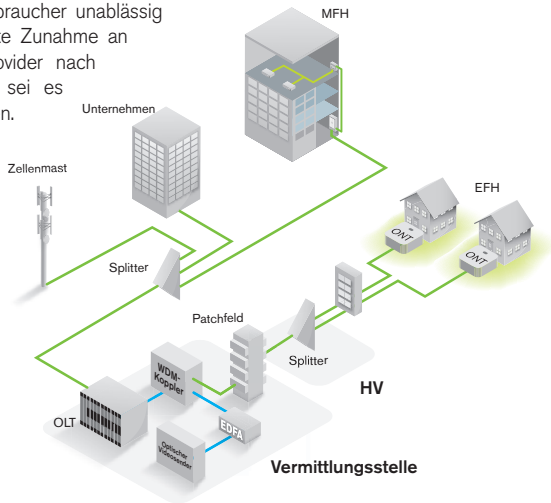


Abbildung 8-2: Potenzielle Kunden für optische Anschlussnetze der nächsten Generation

Die wichtigsten Treiber und Anwendungen für die Bereitstellung von optischen Zugangsnetzen der nächsten Generation (Next-Gen OAN) finden sich überall in der modernen Gesellschaft. Die untenstehende Tabelle führt einige Beispiele aus dem Geschäfts- und Privatkundensektor an.

Tabelle 17: Anwendungen, die die Bereitstellung von Next-Gen OANs fördern

Segment	Anwendung/Treiber
Mobile Backhaul	Nutzer des mobilen Internets (Smartphones, Tablets)
Unternehmen	Cloud-Computing, Videokonferenzen
Mehrfamilienhäuser	Hohe Nutzerdichte am gleichen Standort, d. h. höheres Teilnehmerverhältnis pro PON
Einfamilienhäuser	VoIP, VoD, HDTV, 3DTV, Online-Spiele, P2P, Dateiübertragung

Vielversprechende Technologien

Unter den Technologien, die es den Service-Providern möglicherweise erlauben würden, die Bandbreite pro Teilnehmer zu erhöhen, nehmen zwei einen prominenten Platz ein und könnten die Technologie der Wahl für die Next-Gen OAN werden: NG-PON1 und NG-PON2.

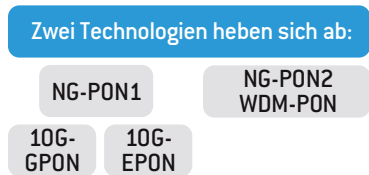


Abbildung 8-3: OAN-Technologien der nächsten Generation

Neben dem Umstand, dass diese Technologien eine größere Bandbreite pro Teilnehmer bieten, besteht einer der Hauptgründe dafür, dass diese beiden Optionen sich von anderen Alternativen abheben, darin, dass sie auf einem bereits vorhandenen passiven optischen Netz (PON) basieren. Daher sind die Service-Provider, die bereits FTTx installiert haben, in der Lage, das gleiche optische Verteilnetz (ODN) weiter zu nutzen und ihre Investition zu schützen.

Die untenstehende Tabelle beschreibt einige charakteristische Merkmale der neuen Technologien und Abbildung 3 zeigt ein Beispiel einer NG-PON1-Überlagerung über ein vorhandenes PON.

Tabelle 18: Technische Beschreibung und Anforderungen von NG-PON1 und NG-PON2

Typ		10G-GPON		10G-EPON		WDM-PON	
Norm	Maßeinheiten	G.987		802.3av™		Aktuell keine Norm vorhanden	
Protokoll		Ethernet, TDM, TDMA		Ethernet		NN	
Dienste		- Sprache/Daten - Triple-Play - Dateiaustausch, Fernlernen, IPTV/VoD		- Sprache/Daten - Triple-Play - Dateiaustausch, Fernlernen, IPTV/VoD		- Sprache/Daten - Triple-Play - Dateiaustausch, Fernlernen, IPTV/VoD	
Maximale Entfernung (OLT bis ONT)	km	20 (max.)		20 (max.)		NN	
Teilungsverhältnis		max. 1x64		max. 1x32		NN	
Nennbitrate		Downstream	Upstream	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
Asymmetrisch	Gbit/s	10	2,5	10	1,25	Praktisch unbegrenzt (z. B. 1 Gbit/s pro Teilnehmer)	Praktisch unbegrenzt (z. B. 1 Gbit/s pro Teilnehmer)
Symmetrisch	Gbit/s	10	10	10	10		
Betriebswellenlänge	nm	1577 -2, +3	1270 ±10	1577 -2, +3	1270 ±10	NN (z. B. DWDM im C-Band)	
ORL _{MAX}	dB	≥32		≥ 20		NN	

Ein interessantes Merkmal von 10G-GPON und 10G-EPON ist, dass die ITU- und die IEEE-Ausschüsse sie als koexistierende Konzepte bezeichnet haben, so dass sie parallel zur aktuellen PON-Technologie zum Einsatz kommen können.

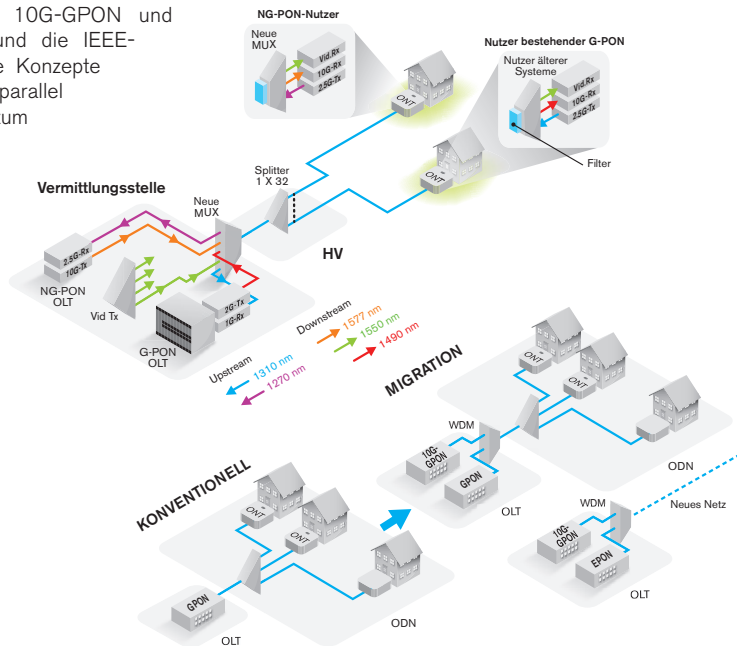


Abbildung 8-4: Technologie-Koexistenz

Neue Herausforderungen beim Testen

Wie bereits in Kapitel 3 erwähnt, kann man die Bereitstellung von FTTx-Netzen in die drei Phasen Installation, Aktivierung und Wartung unterteilen. Jede dieser Phasen stellt ganz eigene Testanforderungen, die mit der richtigen Messtechnik erfüllt werden können. Mit der Entwicklung der Next-Gen OANs kommen neue Herausforderungen zum Tragen, die in jeder einzelnen Phase berücksichtigt werden müssen.

Wie bei anderen Installationen auch sind die konkreten Anforderungen davon abhängig, ob die neue Technologie auf Basis eines bereits vorhandenen optischen Verteilnetzes implementiert („Überlagerung“) oder ob ein völlig neues ODN („auf der grünen Wiese“) installiert wird.

Bei der Bereitstellung auf einem vorhandenen ODN ist der Teilnehmer bereits an das optische Netz angeschlossen. Daher muss vor allem darauf geachtet werden, dass dessen Dienste möglichst nicht beeinträchtigt werden. Wie in Abbildung 3a gezeigt, erfordert diese Art der Bereitstellung die Installation neuer optischer Komponenten, wie WDM-Filter, um die beiden Technologien zu kombinieren. Das Einbringen dieser neuen Komponenten könnte vorübergehend alle Dienste unterbrechen. Weiterhin fügen diese neuen Netzelemente eine zusätzliche Dämpfung in das ODN ein, was das Gesamtdämpfungsbudget belastet. Dieser Umstand könnte vorhandene Teilnehmer beeinträchtigen, wenn das vorhandene Budget diese zusätzliche Dämpfung nicht mehr kompensieren kann. Neben den Filtern müssen auch Next-Gen ONTs installiert werden und es müssten Leistungspegelmessungen ausgeführt werden, um sicherzugehen, dass jedes ONT einen ausreichenden Signalpegel empfängt, um die von den einzelnen Standards vorgegebenen Anforderungen zu erfüllen (siehe obenstehende Tabelle).

Bei Neuinstallationen auf der grünen Wiese spielen mögliche Auswirkungen auf die Kunden keine Rolle und die Tests der ODN-Infrastruktur während der Installationsphase sind mit denen für die aktuellen PON-Netze vergleichbar. Um in der Aktivierungs- und Wartungsphase ordnungsgemäße Messungen durchführen zu können, werden in beiden Szenarien jedoch neue Messgeräte und Tester benötigt, da die aktuell verwendeten Instrumente an die neuen Anforderungen angepasst werden müssen. Ein PON-Leistungspegelmesser, der die neuen Upstream-Signale bei 1270 nm \pm 10 messen soll, muss beispielsweise in der Lage sein:

- > Schnellere Burst-Signale zu erkennen: Um die Upstream-Rate von 2,5 (asymmetrisch) oder 10 Gbit/s (symmetrisch) der Next-Gen PON-Systeme zu unterstützen, muss die Burst-Dauer kürzer sein.
- > Signale zu erkennen und zu unterscheiden: Es wird beispielsweise notwendig sein, Signale bei 1490 nm sowohl von konventionellen Systemen als auch von Next-Gen-Installationen zu erkennen. Wie bereits erwähnt, könnten beide PON-Generationen unter Umständen nebeneinander bestehen. Das bedeutet, dass beim Kunden Signale bei beiden Wellenlängen (1490 nm und 1577 nm) vorliegen könnten. Daher muss der PON-Leistungspegelmesser jede einzelne Wellenlänge herausfiltern können, um den jeweiligen Signalpegel zu ermitteln.

Aus dem oben Gesagten wird deutlich, dass die PON-Netze der nächsten Generation durchaus auch neue Testanforderungen zur Folge haben können. Tabelle 19 gibt einen Überblick über die bei den einzelnen Bereitstellungsarten zu beachtenden Besonderheiten.

Tabelle 19: Testanforderungen bei Next-Gen PON-ODNs

		Testanforderung	
Bereitstellungsphase	ODN	10G-GPON/10G-EPON	Messtechnik
Installation	Neuinstallation (nur xG-PON)	> Ähnliche Fasercharakterisierung wie beim Standard-GPON	> OTDR, iOLM, OLTS, FIP, OPM, OLS
	Überlagerung (Live)	> Fasercharakterisierung während des laufenden Betriebs	> OTDR/iOLM mit gefiltertem Port > Aktueller PPM
Aktivierung	Neuinstallation (nur xG-PON)	> Neue Wellenlängen im Upstream und Downstream > Kürzere Burst-Periode	> An 10G angepasster PPM > Gefiltertes OTDR oder iOLM > FIP
	Überlagerung (Live)	> Neue Wellenlängen im Upstream und Downstream > Kürzere Burst-Periode > Lösung muss konventionelle Technologie und NG-PON unterstützen.	> An 10G angepasster PPM > Aktueller PPM > Gefiltertes OTDR oder iOLM > FIP
Wartung	Neuinstallation (nur xG-PON)	> Neue Wellenlängen im Upstream und Downstream > Kürzere Burst-Periode > Live-Signal	> An 10G angepasster PPM > Gefiltertes OTDR oder iOLM > FIP
		> Neue Wellenlängen im Upstream und Downstream > Kürzere Burst-Periode > Live-Signale > Koexistenz	> An 10G angepasster PPM > Aktueller PPM > Gefiltertes OTDR oder iOLM > FIP

Anhang C: EXFO Connect

EXFO Connect ist ein umfassender cloudbasierter, gemanagter Dienst, der mit dem Ziel eingerichtet wurde, den Bestand der wichtigsten Komponenten zu verwalten, die Sie für die Tests in Netzwerken benötigen. Die von EXFO Connect bereitgestellten Services umfassen eine leistungsstarke Berichtsfunktion, den weltweiten Zugang rund um die Uhr (24/7) über eine webbasierte Benutzeroberfläche, sichere Kommunikationsverbindungen sowie eine lückenlos verwaltete Infrastruktur mit Sicherheits- und Backup-Funktionen.



Abbildung 8-5: Lückenlose Verwaltung Ihres Gerätebestandes mit EXFO Connect

Der Test Data Manager (TDM) ist eine Schlüsselkomponente von EXFO Connect. Diese Anwendung fasst die mit EXFO-Messtechnik generierten Testergebnisse zentral zusammen. Sie gewährleistet das Betrachten aller Testergebnisse sowie das Erstellen kundenspezifischer Berichte auf Grundlage der gespeicherten Daten.

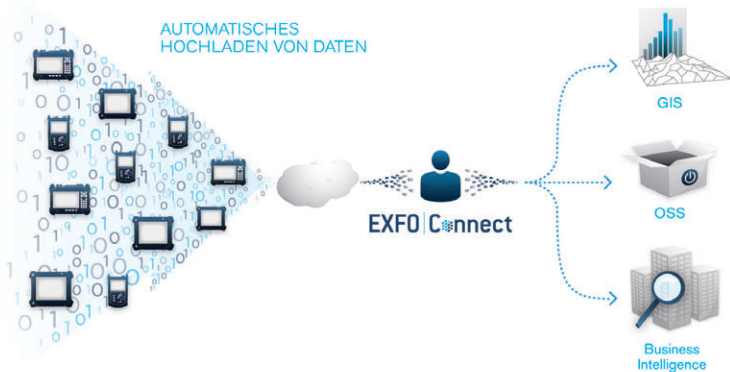


Abbildung 8-6: Funktionsprinzip des TDM-Testdatenmanagers von EXFO Connect

Eine weitere Schlüsselkomponente von EXFO Connect ist der Test Equipment Manager (TEM). Diese Anwendung zentralisiert das Management aller Mess- und Prüfgeräte von EXFO und dient als zentraler Speicher für Software, Lizenzen und Plattformprofile, um sicherzustellen, dass alle Konfigurationen für den gesamten Gerätebestand auf dem neuesten Stand sind. Bei einem Verbindungsaufbau zum EXFO Connect-Server werden alle relevanten Bestandsdaten



Abbildung 8-7: Funktionsprinzip des TEM-Testgerätemanagers von EXFO Connect

aktualisiert, neue Software, Optionen oder Konfigurationen der Testmodule heruntergeladen, ohne dass der Techniker selbst eingreifen muss. Sie müssen die Testplattform lediglich mit der Cloud verbinden und EXFO Connect kümmert sich um den Rest. Bei EXFO Connect wird die Steuerung zentral von Testmanagern übernommen. Mit sogenannten Plattformprofilen können diese dann kundenspezifische Konfigurationen erstellen, die sie in die Lage versetzen, die Parameter der Messgeräte ihrer Teams zu vereinheitlichen und damit sicherzustellen, dass die gesamte Messtechnik von EXFO mit den aktuellen Spezifikationen eingerichtet ist. Darüber hinaus stellt EXFO Connect den Managern einen Gesamtüberblick über den Bestand an Messtechnik zur Verfügung und zeigt für jedes Gerät den aktuellen Status an.

Aussagekräftige Berichte sind die Voraussetzung für die praktische Nutzung der im Feldeinsatz erfassten und korrelierten Messdaten. EXFO Connect erlaubt, die Darstellung der Daten an die speziellen Anforderungen unterschiedlicher Empfänger im Unternehmen anzupassen. Denn nur, wenn alle benötigten Daten zur Verfügung stehen, können fundierte Entscheidungen getroffen werden.



Abbildung 8-8: Funktionsprinzip der Berichts-anwendung von EXFO Connect

ANHANG D: Weiterführende Links



Video zum FTB-730-iOLM Intelligent
Optical Link Mapper
www.EXFO.com/OTDR-vs-iOLM



Video zur ConnectorMax Software
www.EXFO.com/ConnectorMax-video



Datenblatt zum FTB-730-iOLM Intelligent
Optical Link Mapper
www.EXFO.com/iOLM-spec-sheet



Anleitung zur Steckverbinder-Inspektion
www.EXFO.com/Connector-Inspection-Guide



Datenblatt zum multifunktionalen
Dämpfungstester FOT-930 MaxTester
www.EXFO.com/FOT-930-spec-sheet



Website mit FTTH-Lösungen
www.EXFO.com/FTTx

Anmerkungen

Anmerkungen

Anmerkungen

Danksagung

Dieser Leitfaden wäre ohne den Enthusiasmus und die Zusammenarbeit der Mitarbeiter von EXFO, insbesondere der guten Arbeit und technischen Kompetenz des Produktlinien-Management-Teams, nicht möglich gewesen.

Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von EXFO darf dieser Leitfaden weder ganz noch teilweise in gleich welcher Form oder mit gleich welchen Mitteln reproduziert werden.

Gedruckt und gebunden in Kanada

ISBN 978-1-55342-101-6

Pflichtexemplar: National Library of Canada 2012

Pflichtexemplar: National Library of Quebec 2012

Für weitere Informationen zu unseren Produkten und Dienstleistungen sowie zum Herunterladen von technischen Datenblättern und Anwendungsbeschreibungen besuchen Sie bitte unsere Website www.EXFO.com.

EXFO