

# Messungen an Fiber-to-the-Home/Building-Netzen

## 1 Einleitung

[FTTH](#)- bzw. [FTTB](#)-Netze haben einige Besonderheiten im Vergleich zu herkömmlichen Netzen:

- Hohe Rückwirkungsempfindlichkeit der Laser sofern analoge Übertragung erfolgt.
- Die Netze können verzweigt sein (1 x N, N zum Beispiel 32).
- In verzweigten Netzen ([PON](#)) muss eine Messung/Überwachung während des laufenden Betriebes möglich sein. Das Netz darf nicht abgeschaltet werden, wenn nur ein Teilnehmer einen Fehler meldet.
- In verzweigten Netzen ist das Rückstreudiagramm nicht mehr eindeutig, sofern von Punkt zu Multipunkt (1 x N) gemessen wird.

## 2 Dämpfungsmessung/Leistungsmessung

Ermöglicht den Vergleich der tatsächlichen Dämpfungen im Netz mit dem spezifizierten Budget. Die Dämpfung der Strecke ist folgendermaßen definiert:

$$a \text{ in dB} = 10 \lg \frac{\text{eingekoppelte Leistung}}{\text{austretende Leistung}} \quad (1)$$

Bei einer Leistungsmessung muss der Empfänger für die jeweilige Wellenlänge geeicht sein, da die Empfängerempfindlichkeit von der Wellenlänge abhängt. Bei der Dämpfungsmessung spielt die Eichung keine Rolle, da das **Verhältnis** aus Referenz und Messung berechnet wird.

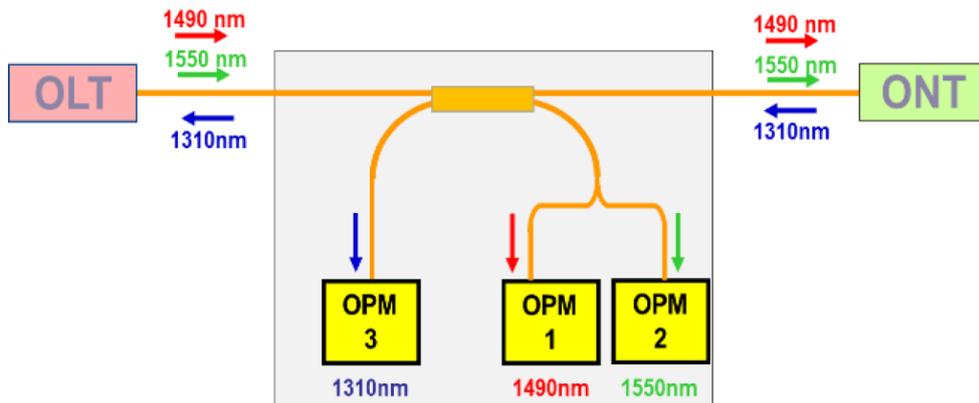
Die Messung erfolgt bei den Wellenlängen 1490 nm, 1550 nm (jeweils downstream) sowie 1310 nm (upstream) und eventuell weiteren Wellenlängen in passiven Netzen der nächsten Generation ([NG-PON](#)).

Leistungen verschiedener Wellenlängen treffen gleichzeitig auf den Empfänger. Sie müssen selektiert werden, da der Leistungsmesser einen spektral breitbandigen Detektor enthält.

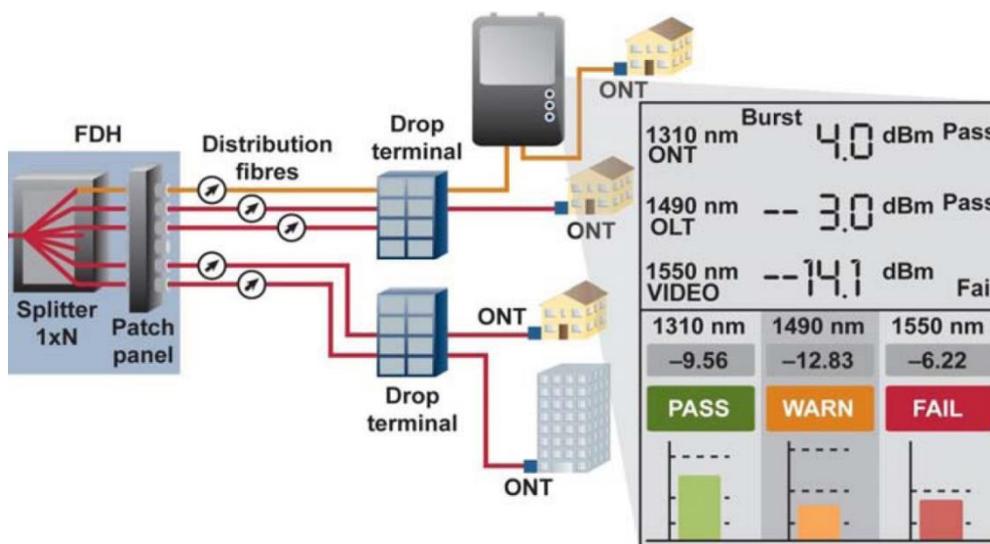
Ein herkömmlicher Leistungsmesser kann nicht zwischen Signalen mehrerer Wellenlängen unterscheiden. Der Detektor ist farbenblind. Eine Messung mit einem herkömmlichen Leistungsmesser ist nur möglich, wenn nur eine Wellenlänge übertragen wird.

Bei mehreren Wellenlängen wird ein wellenlängenselektiver Leistungsmesser mit hoher Isolation benötigt. Dieser trennt die verschiedenen Wellenlängen über Filter und Detektoren, die für die jeweilige Wellenlänge geeicht sind (Bild 1).

Der PON-Leistungsmesser hat zwei optische Schnittstellen und kann direkt in den optischen Weg an verschiedenen Punkten innerhalb des passiven optischen Netzes eingefügt werden (Bild 2).



**Bild 1: Aufbau PON-Leistungsmesser** (Quelle: FTTH Conference 2019, Amsterdam; Vortrag: test Practices and Methode xPON Networks, Seite 39)



**Bild 2: Einsatz Leistungsmesser im PON**  
(Quelle: FTTH Handbook by Council Europe)

Im Messgerät wird mit einem asymmetrischen [Koppler](#) nur ein kleiner Leistungsanteil ( $\approx 10\%$  entspricht 0,5 dB) ausgekoppelt. Der Verlust wird bei der Kalibrierung berücksichtigt. Die maximale Dämpfung im durchgehenden Pfad einschließlich Stecker ist gering (maximal 1,5 dB), so dass die Übertragung nicht gestört wird.

Die Leistungsmessung erfolgt gleichzeitig bei den Wellenlängen 1310 nm (upstream) und 1490 nm/1550 nm (downstream: erfordert wellenlängenselektiven Koppler) (Bild 1).

Im verzweigten optischen Netz darf der Teilnehmer nicht ständig senden. Er muss sich die Bandbreite mit den anderen Teilnehmern, die an den Toren des gleichen leistungsteilenden Kopplers angeschlossen sind, teilen. Beim Upstream-Signal wird deshalb der Spitzenwert in einem schmalen Zeitschlitz gemessen (Burst-Mode). Die übliche Mittelwertbildung würde den Messwert verfälschen.

Der [ONT](#) (Optical Network Termination: optischer Netzabschluss) beim Teilnehmer sendet nur dann, wenn er ein entsprechendes Aktivierungssignal vom [OLT](#) (Optical Line Termination: optischer Leitungsabschluss) erhält. Deshalb muss die Strecke in beiden Richtungen durchgängig sein.

### 3 Messung der optischen Rückflusdämpfung

Die [optische Rückflusdämpfung \(ORL\)](#) charakterisiert die Leistungen, die auf der Strecke zurückfließen:

$$\text{ORL in dB} = 10 \lg \frac{\text{eingekoppelte Leistung}}{\text{zurückfließende Leistung}} \quad (2)$$

Sender reagieren empfindlich auf zurückfließende Leistungen. Diese müssen klein, also muss die optische Rückflusdämpfung groß sein. Im Einzelnen gilt:

- [BPON](#) und [GPON](#) inklusive Videosignal: ORL > 32 dB
- [EPON/GE-PON](#): ORL > 15 dB
- [10G-EPON](#): ORL > 20 dB
- [STM-16](#) (2,5 Gbit/s): ORL ≥ 24 dB
- [STM-256](#) (40 Gbit/s): ORL ≥ 30 dB

Leistungsrückflüsse entstehen durch Reflexionen und Streuungen. Rayleighstreuungen sind physikalisch unvermeidbar. Um eine hohe optische Rückflusdämpfung zu erreichen, müssen die [Reflexionsdämpfungen](#)  $a_R$  der Steckverbinder groß sein:

$$a_R \text{ in dB} = 10 \lg \frac{\text{eingekoppelte Leistung}}{\text{reflektierte Leistung}} \quad (3)$$

Die optische Rückflusdämpfung ist gering, wenn die Reflexion(en) groß sind.

Eine richtungsabhängige optische Rückflusdämpfung deutet auf eine richtungsabhängige Reflexionsdämpfung hin. Diese entsteht, bei unzulässigen Steckermischungen (PC auf APC, APC auf PC und beim Y-Koppler mit reflexionsarm abgeschlossenem Bein).

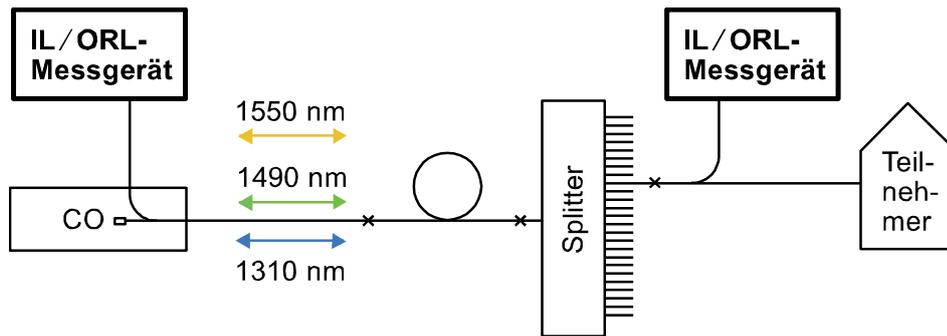
Für [PC-Stecker](#) gilt  $a_R \approx 30 \text{ dB} \dots 60 \text{ dB}$  und für [APC-Stecker](#)  $a_R > 60 \text{ dB}$ .

Zu starke Reflexionen treten bei verschmutzten oder beschädigten Steckerstirnflächen, Fehlanpassungen zwischen unterschiedlichen Steckerstirnflächen oder fehlerhaften Kupplungen auf. Steckerreinigung und -kontrolle sind wichtig!

Im Allgemeinen erfolgt die ORL-Messung nicht separat, sondern in Verbindung mit einer Dämpfungsmessung.

Mit zwei meist identischen optischen Gleichlichtreflektometern ist eine automatische Dämpfungs- und ORL-Messung bei den PON-Wellenlängen (in der Regel 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm) in beiden Richtungen möglich. Die Messgeräte enthalten mehrere Sender und Empfänger sowie wellenlängenselektive Koppler, die hin- und zurücklaufende Signale trennen.

Zunächst werden die beiden Geräte kurzgeschlossen: Referenzierung. Dann erfolgt die Messung abschnittsweise oder über die gesamte Strecke. Das Licht wird jenseits der wellenlängenselektiven Koppler aus- bzw. eingekoppelt (Bild 3). Als Messergebnis erhält man die Einfügedämpfung ( $a$  oder [IL: Insertion Loss](#)) und optische Rückflusdämpfung (ORL) für beide Richtungen bei den Wellenlängen 1310 nm, 1490 nm und 1550 nm.



**Bild 3: Bidirektionale Dämpfungs- und ORL-Messung**

Reflexionen an den freien Ausgängen des Splitters (leistungsteilenden Kopplers) können Beiträge zur ORL bringen, wenn von der Vermittlungsstelle (CO: Central Office) aus gemessen wird. Die freien Enden müssen mit APC-Steckern abgeschlossen werden.

Soll der Splitter nicht gesteckt, sondern teilnehmerseitig in das Netz eingespleißt werden, spleißt man für die IL/ORL-Messung zunächst Terminierungspigtails an. Das sind Pigtails mit einem abgsumpften Ende, das heißt einem Ende mit hoher Reflexionsdämpfung.

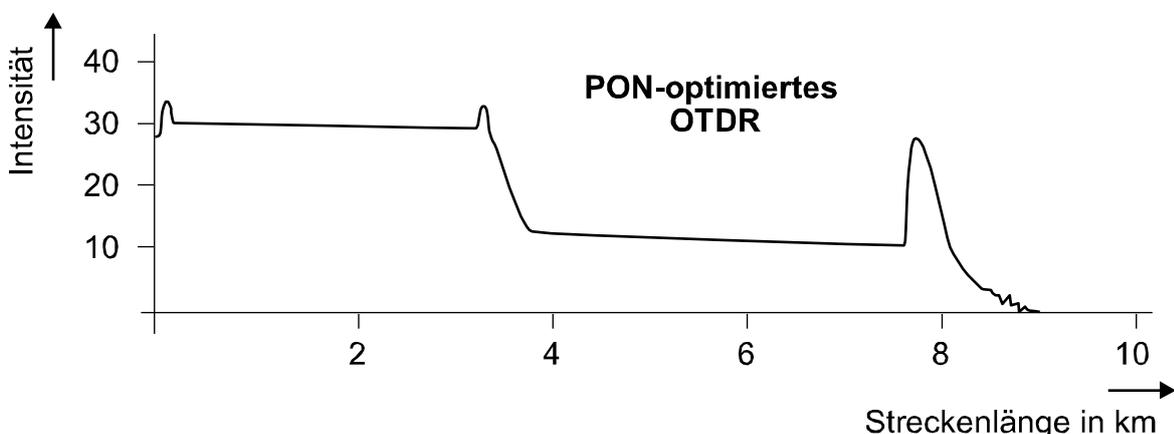
Messgeräte mit ORL-Funktion sind geeignet, auf der Grundlage der gemessenen zurückgeflossenen Leistungen, die Ausgangsleistung zu stabilisieren. Man muss keine Aufwärmzeiten beachten.

## 4 Optische Rückstreuung in verzweigten Netzen

### 4.1 Besonderheiten bei der optischen Rückstreuung

Es wird ein OTDR für die Wellenlängen 1310 nm, (1383 nm), 1490 nm und 1550 nm mit großer Dynamik, kurzen Totzonen und guter Linearität benötigt (In-Band-OTDR).

Für die Überwachung bzw. Fehlersuche im aktiven Netz wird ein Out-Band-OTDR (Wellenlänge 1625 nm bzw. 1650 nm) benötigt. Dieses hat eine separate optische Schnittstelle und enthält ein Filter zur Unterdrückung von störenden Wellenlängen.



**Bild 4: OTDR-Kurve über Koppler, gemessen vom Kunden zur Vermittlungsstelle**

Ein leistungsteilender Koppler (zum Beispiel 1 x 32) bewirkt eine große Stufe im Rückstreudiagramm (Bild 4). Die geht auf Kosten der Dynamik. Um eine hohe Dynamik zu realisieren benötigt man eine große Messzeit und/oder breite Impulse. Breite Impulse verschlechtern das Auflösungsvermögen. Dicht benachbarte Ereignisse hinter dem Koppler können nicht aufgelöst werden.

Ein Ausweg ist eine automatische Messung mit unterschiedlich breiten Impulsen bei mehreren Wellenlängen, grafische Darstellung der Elemente der Strecke und Bewertung (iOLM von EXFO, Smart-LinkMapper von VIAVI oder vergleichbare Software von Anritsu): „intelligentes OTDR“.

Bei der Messung von der Vermittlungsstelle zum Kunden ist das Rückstreudiagramm hinter dem leistungsteilenden Koppler nicht eindeutig.

Deshalb misst man die Strecken zunächst von der Vermittlungsstelle bis vor den Koppler und von hinter dem Koppler bis zum Kunden.

Makrobiegungen, fehlerhafte Stecker und Spleiße können erkannt werden. So muss nicht über den Koppler hinweg gemessen werden. Erst dann Koppler in die Strecke spleißen bzw. stecken. Es hat sich bewährt, wenn der Koppler in Richtung Zugangsnetz gespleißt und in Richtung Gebäudenetz gesteckt wird (APC-Stecker).

Dann kann man bei der ORL-Messung auf Terminierungspigtails verzichten und hat eine definierte Schnittstelle zwischen Zugangsnetz und Gebäudenetz. Meldet ein Teilnehmer einen Fehler, muss man nicht in dessen Wohnung, sondern kann in Richtung Gebäudenetz aber auch in Richtung Zugangsnetz vom Koppler aus messen.

Das Dämpfungsbudget ist sehr knapp, da die leistungsteilenden Koppler einen großen Teil der Dämpfung verursachen. Eine bidirektionale Messung und Auswertung, wie sonst üblich, ist in verzweigten Netzen nicht möglich.

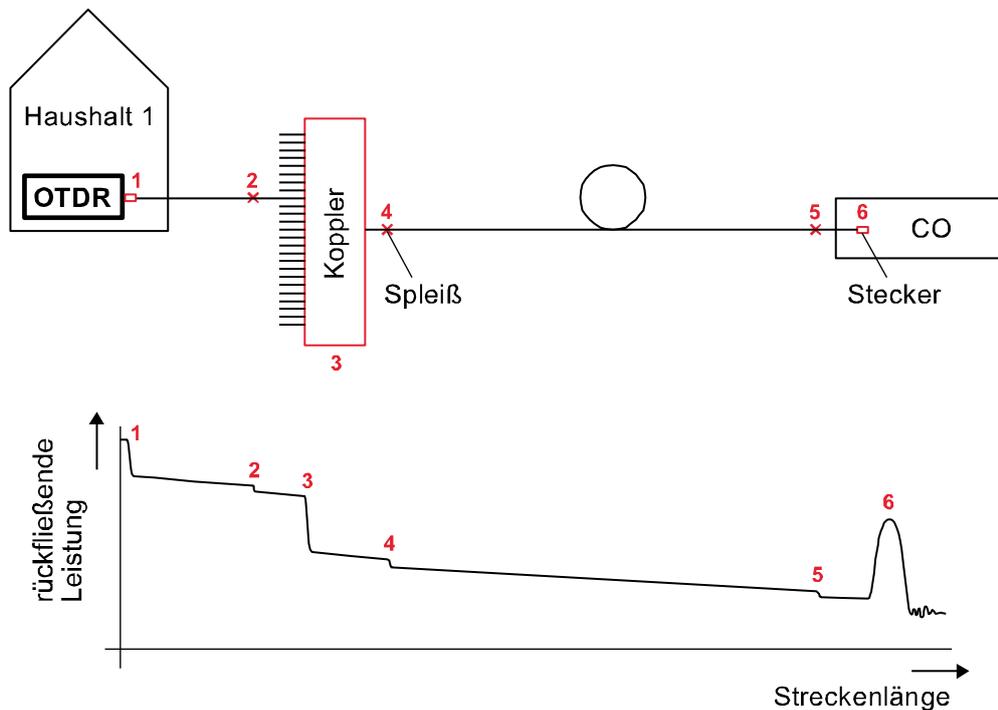
#### **4.2 Messung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle (Netz unbeschaltet)**

Misst man in diese Richtung, ist das Rückstreudiagramm eindeutig. Ist das Netz unbeschaltet, sind keine störenden Signale auf der Strecke. Die Messung erfolgt am Wohnungsübergabepunkt (HDP) oder Hausübergabepunkt (BDP), also nicht über die wellenlängenselektiven Koppler hinweg.

Bei der Messung von [Low-Water-Peak-Fasern](#) (Stand der Technik seit 20 Jahren) ist der Dämpfungskoeffizient bei 1490 nm nur wenig größer als bei 1550 nm ( $\Delta\alpha \approx 0,02$  dB/km): Auf eine Messung bei 1490 nm kann verzichtet werden. Bei älteren Fasern kann der Dämpfungskoeffizient bei 1490 nm deutlich größer als bei 1550 nm sein: erfordert gesonderte Messung.

Der Koppler (Ereignis 3 in Bild 5) bewirkt eine große Dämpfung (16 dB...18 dB bei 1 x 32) und eventuell eine Reflexion. Die Stecker (Ereignisse 1 bzw. 6) bewirken je nach Oberflächengestalt und -kontakt eine unterschiedlich große Reflexion.

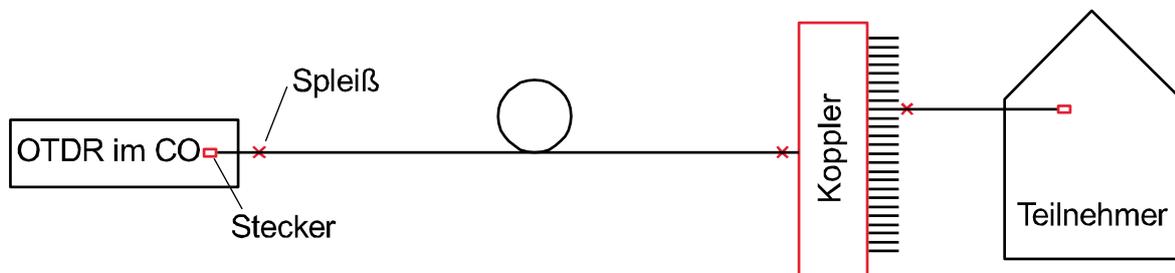
Bei ARC-Steckern sind die Reflexionsspitzen sehr klein oder verschwinden.



**Bild 5: Messung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle; Netz unbeschaltet**

#### 4.3 Messung von der Vermittlungsstelle zu den Teilnehmern (unbeschaltet)

Freie Enden unmittelbar hinter dem leistungsteilenden Koppler müssen, wie bei der ORL-Messung, reflexionsarm abgeschlossen werden. Andernfalls entsteht eine große Totzone, die die nachfolgende Strecke überdeckt.



**Bild 6: Messung von der Vermittlungsstelle zum Teilnehmer; Netz unbeschaltet**

Hinter dem Koppler überlagern sich die Rückstreudiagramme aller Pfade: Dann ist das Rückstreudiagramm schwierig zu interpretieren. In Bild 6 ist nur eine Faser angekoppelt: Das Rückstreudiagramm ist eindeutig.

#### 4.4 Messungen am verzweigten optischen Netz während des Betriebes

Sobald der erste Teilnehmer angeschlossen ist, befindet sich das Netz in Betrieb! Das Rückstrommessgerät darf nicht die aktive Technik und die optischen Sender dürfen nicht das Rückstrommessgerät stören!!! Das verwendete OTDR muss außerhalb der Betriebswellenlängen arbeiten. Dieses so genannte **Out-Band-OTDR** enthält eine separate optische Schnittstelle für 1625 nm bzw. 1650 nm.

Ein optisches Filter im Messgerät blockt die kürzeren Wellenlängen ab. So wird das Rückstreusignal bei 1625 nm bzw. 1650 nm nicht gestört. Sender und Empfänger sind über wellenlängenselektive Koppler an die Übertragungsstrecke angeschlossen. Das OTDR-Signal mit der Wellenlänge 1625 nm bzw. 1650 nm wird abgeblockt.

An das optische Rückstreumessgerät werden zwei gegensätzliche Anforderungen gestellt:

- OTDR-Messung mit drei Wellenlängen (1310 nm, 1550 nm, 1625 nm/1650 nm) auf herkömmlichen Strecken. Ohne umzustecken sollen mit einem Tastendruck die Strecke bei alle drei Wellenlängen hintereinander gemessen und gespeichert werden. In diesem Fall darf der 1625 nm/1650 nm-Port nicht isoliert sein. Es darf nur eine optische Schnittstelle am OTDR für alle drei Wellenlängen geben.
- OTDR-Messung mit 1625 nm/1650 nm bei laufendem Betrieb im Netz: Erfordert isolierten Port.

Beide gegensätzliche Anforderungen kann man miteinander vereinbaren, wenn man ein Messgerät ohne isolierten Port mit einem OTDR-Modul für 1310 nm, 1550 nm und 1625 nm/1650 nm (eine optische Schnittstelle) verwendet. Die Messung herkömmlicher Strecken ist möglich.

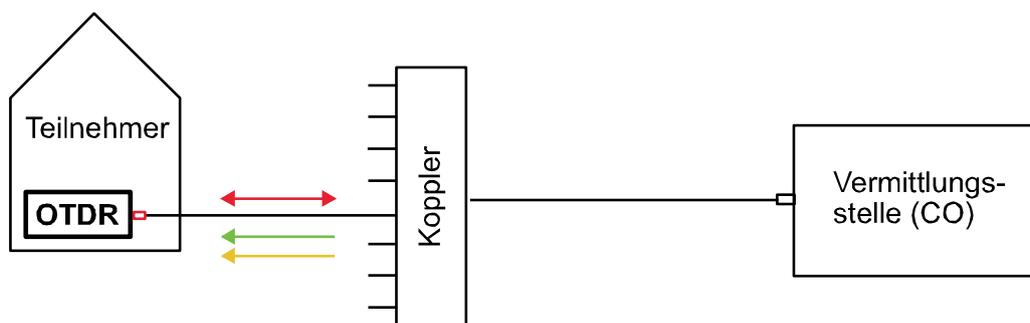
Im Bedarfsfall steckt man extern ein wellenlängenselektives Bauelement auf, welches die kleineren Wellenlängen (1550 nm, 1310 nm) abblockt. Dann ist die Überwachung des aktiven Netzes möglich.

#### 4.5 Messung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle (Netz beschaltet)

Wenn viele Teilnehmer, die hinter dem Koppler angeschlossen sind, einen Fehler melden, liegt der Fehler vor dem leistungsteilenden Koppler. Dann sind alle Teilnehmer betroffen und für eine Fehlersuche kann die aktive Technik abgeschaltet werden.

Meldet sich nur ein Teilnehmer, liegt der Fehler hinter dem Koppler. Das Netz darf für eine Fehlersuche nicht abgeschaltet werden. Die Fehlersuche muss während des laufenden Betriebes möglich sein.

Ist der leistungsteilende Koppler in Richtung Gebäudenetz gesteckt, kann von dort aus zum Teilnehmer gemessen werden. Man muss nicht in die Wohnung. Andernfalls erfolgt die Messung beim Teilnehmer am Wohnungsübergabepunkt bzw. Hausübergabepunkt (Bild 7).



**Bild 7: Messung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle; Netz beschaltet**

Eine Messung mit kurzen Impulsen ist möglich, da die Dämpfung bis zum Koppler gering ist. Es muss nur die Strecke bis zum Koppler charakterisiert werden. **Der eingestellte Messbereich muss aber größer als die gesamte Strecke sein!**

Von der Vermittlungsstelle treffen die Signale 1490 nm (grün) und 1550 nm (gelb) ein. Diese stören das OTDR wegen des isolierten Ports nicht. Das Signal vom OTDR (1625 nm/1650 nm) wurde rot dargestellt. Das Signal blau (1310 nm) fehlt, da beim Teilnehmer aufgetrennt wurde. Im Fehlerfall wird die beim Teilnehmer ankommende Leistung bei 1490 nm und 1550 nm zu gering sein.

## 5 Konzept der Deutschen Telekom

Die Deutsche Telekom realisiert GPON, FTTH: verzweigtes Netz (P2MP), Faser bis in die Wohnung. Dieses Konzept ist zukunftssicher, weil im Falle von Bandbreiten-Engpässen das PON zum [WDM](#)-PON aufgerüstet werden kann, ohne dass die Faserinfrastruktur verändert werden muss.

Der Ausbau erfolgt sowohl eigenwirtschaftlich als auch gefördert durch den Bund. Die Breitbandförderung des Bundes ist an eine Reihe von Bedingungen geknüpft:

- Die Infrastruktur muss pro Teilnehmer mindestens 1 Gbit/s permanent zur Verfügung stellen.
- Es muss mindestens „homes passed“ realisiert werden (Haushalt anschließbar).
- Es muss ein diskriminierungsfreier Zugang für mehrere Anbieter möglich sein.

Das **Materialkonzept des Bundes** beschreibt die Anforderungen an die zu errichtende Infrastruktur:

- Vier anstelle einer Faser je Wohnung, zuzüglich zwei Fasern je Gebäude.
- Die geschaffenen Strukturen müssen sowohl P2P als auch P2MP ermöglichen.
- Die Faserkategorie muss mindestens G.652.D sein. Im Hinblick auf Biegeunempfindlichkeit wird G.657.A1 oder G.657.A2 empfohlen.

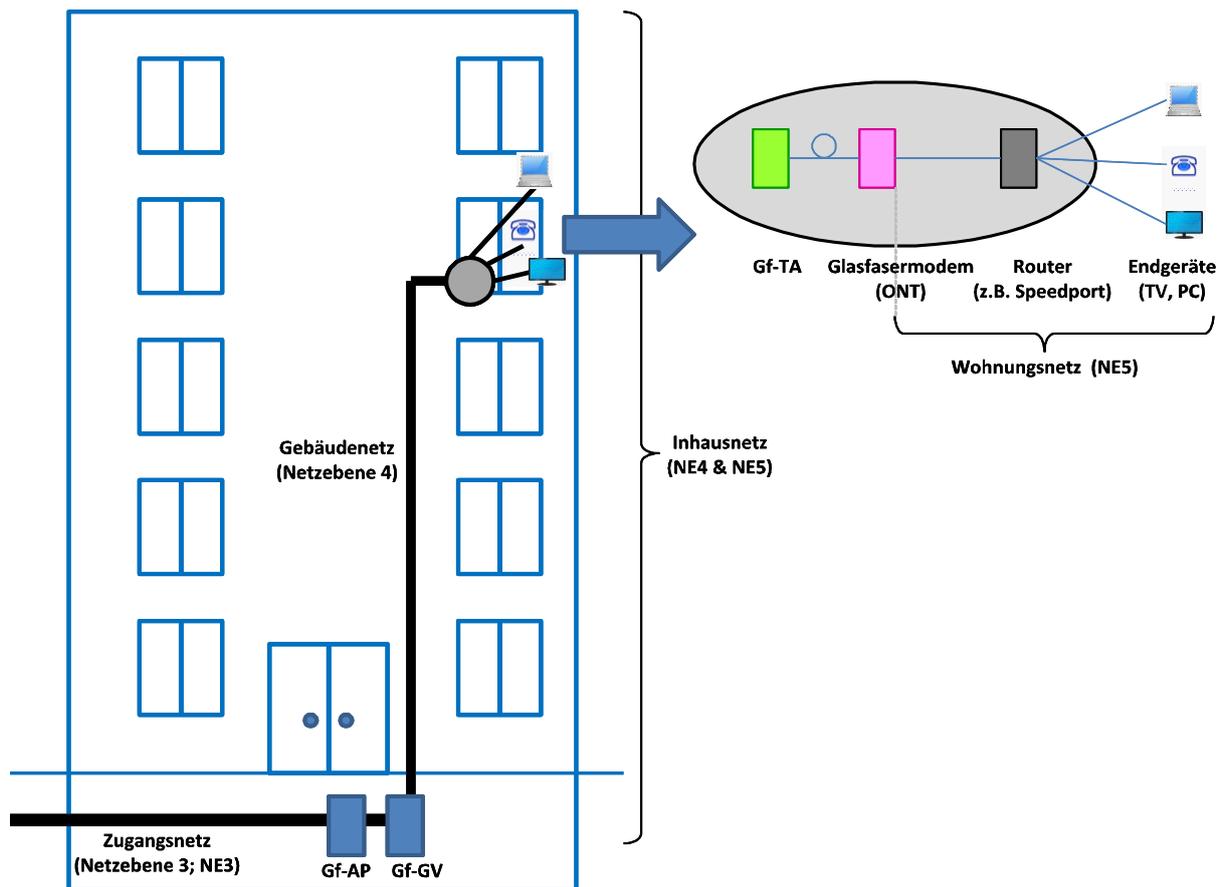
Bild 8 zeigt die Netzebenen entsprechend [1] (Konzept eigenwirtschaftlicher Ausbau).

Das Zugangsnetz (**Netzebene 3**) endet am Glasfaser-Abschlusspunkt ([Gf-AP](#)). Ein Patchkabel oder Koppler verbindet den Gf-AP mit dem Glasfaser-Gebäudeverteiler ([Gf-GV](#)). Die Aufteilung mit Kopplern kann auch auf der Etage erfolgen.

Das Gebäudenetz (**Netzebene 4**) erstreckt sich vom Gf-GV bis zur Glasfaser-Teilnehmerabschlussdose ([Gf-TA](#)). Ein Patchkabel verbindet die Gf-TA mit dem Glasfasermodem ([ONT](#)). Dieses realisiert die optisch-elektrische Wandlung. Ab ONT erfolgt elektrische Übertragung zum Router und zu den Endgeräten (**Netzebene 5**).

Alternativ kann in NE 5 die Übertragung auch über Kunststoff-LWL ([POF](#)) erfolgen.

Im Allgemeinen wird 1 x 32 aufgeteilt: am Glasfaser-Netzverteiler ([Gf-NVt](#)) 1 x 8, am Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP) im Haus 1 x 4. Bei mehr als vier Wohnungen, werden zwei Fasern pro Haus, bei mehr als acht Wohnungen drei Fasern je Haus usw. verlegt. Bis zu 40 Teilnehmer im Haus werden über bis zu zehn Fasern zuzüglich zwei Reservefasern versorgt.



**Bild 8: Netzebenen im Mehrfamiliengebäude** (Quelle: DTAG [1])

Hat das Haus sehr viele Wohneinheiten, befindet sich ein 1 x 32-Koppler im Haus und es erfolgt keine Aufteilung am Gf-NVt. Beim Einfamilienhaus befindet sich ein 1 x 32-Koppler am Gf-NVt und im Haus erfolgt keine Aufteilung (Bild 9).

Die Übertragung erfolgt bei den Wellenlängen 1310 nm (Daten und Sprache upstream) und 1490 nm (Daten, Sprache und IPTV: downstream).

Für Prüfungen und Messungen an FTTH-Netzen hat die Deutsche Telekom zwei Vorschriften verabschiedet: ZTV43 [2] und ZTV60 [3]. Im Einzelnen ist Folgendes vorgeschrieben:

OTDR-Messung am **Glasfaserhauptkabel** ([2], Abschnitt 7.3). Es muss ein Dämpfungskoeffizient  $\leq 0,21$  dB/km bei  $\lambda = 1550$  nm gewährleistet sein.

Kontrollmessungen und -prüfungen in **Netzebene 3**:

- **Automatisierte Kontrollmessung:** PON-FMT (Fast Measurement Telekom); geförderter Ausbau ([2], Abschnitt 7.4.1). Erfordert einen Pegelmessgerät mit integrierter GPON-Datenanalyse zum Auslesen der PON-ID (mit OLT-Port und OLT-Sendepegel) und zur Leistungspegelmessung.
- **Vereinfachte Kontrollmessung:** Pegelmessmethode; geförderter Ausbau ([2], Abschnitt 7.4.2). Ist nur noch zulässig, wenn kein geeignetes PON-FMT zur Verfügung steht. Die Messung erfolgt bei 1490 nm mit einem herkömmlichen Pegelmessgerät. Für den Sendepiegel des SFP wird ein durchschnittlicher Wert von +3,80 dBm angenommen. Daraus wird die Dämpfung berechnet.



## Komplettlösung zur Installation und Fehlerdiagnose von FTTH-Diensten



MIT  
NEUEN  
GPON  
FUNKTIONEN

Für eine herausragende QoE in GPON-Netzen

**Präzise PON-FMT Messungen gemäß ZTV 43 und Kontrolle der Bandbreitenrate bis 1G**

**TK-EX1 GPON S1**

- Handliche Lösung zur GPON-ONT-Emulation und Fehlerdiagnose
- Gigabit Speedtest bei maximaler Übertragungsrate an optischen, elektrischen und WLAN-Schnittstellen
- Komplette Steuerung über Smartgeräte (iOS/Android) für maximale Flexibilität



MIT  
EXFO ADVISOR  
5-STERNE  
BEWERTUNG

Sofort optische Störungen identifizieren und beheben!

**Prüfung und Fehlerdiagnose von Glasfaserstrecken**

**OX1 Pro-M (1650 nm) Optisches Multimeter**

- Einfache Testausführung und Ergebnisauswertung ohne optische Spezialkenntnisse
- Sekundenschnelle Messungen: optischer Leistungspegel, Streckenlänge, Dämpfung, ORL, Fehleridentifikation
- Keine Ausfallzeiten, keine versteckten Betriebskosten, keine unnötigen Servicefahrten



VOLL  
AUTOMATISCHE  
FASERPRÜF  
LÖSUNG

Beseitigen Sie die Hauptursache für Störungen in optischen Netzen!

**Stets saubere Steckverbinder**

**FIP-435B Videomikroskop WiFi & USB**

- Vollautomatisches drahtloses Faserprüfmikroskop für schnelle und zuverlässige Testergebnisse
- Automatische Erkennung, Zentrierung, Fokussierung und Erfassung
- Automatische Pass/Fail-Auswertung mit LED-Anzeige nach Industriestandards, automatische Speicherung und Berichterstellung

**Optisches Reinigungs-Set**



Bilder dienen der Illustration.  
Jedes Produkt besitzt eine eigene Tasche.

## EXFO

## 6 Geeignete Messtechnik von EXFO

### 6.1 Übersicht Messgeräte

Messung am Glasfaserhauptkabel: 3-Wellenlängen-OTDR (1310 nm, 1550 nm, 1625 nm), zum Beispiel MaxTester 730C.

Automatisierte Kontrollmessung in der Netzebene 3 PON-FMT: EX1-GPON (vergleiche Abschnitt 6.2).



Vereinfachte Kontrollmessung in der Netzebene 3: Leistungsmesser, Optical Power Expert. Geeignet für die Messung optischer Leistungen (in dBm) und Dämpfungen (in dB). In der Version PX1 elf kalibrierte Wellenlängen von 830 nm bis 1625 nm und in der Version PX1-PRO 45 kalibrierte Wellenlängen von 800 nm bis 1650 nm. Große Dynamik: In der Standard-Version +10 dBm...-70 dBm und in der High-Power-Version +26 dBm...-50 dBm. Messgerät im Taschenformat: Masse mit Batterie: 225 g; Abmessungen: 133 mm x 78 mm x 30 mm.

**Bild 10: Optical Power Expert (Quelle: EXFO)**

Dämpfungsmessmethode Netzebene 3: Dämpfungsmessset bestehend aus Sender und Empfänger.

Dämpfungsmessung und ORL-Messung Netzebene 4: OX-1 (vergleiche Abschnitt 6.3); PX1 für die Pegelmessung.

Darüber hinaus werden für die Messungen benötigt:

- Adapterkabel, Referenzkabel
- Vorlauf-, Nachlauf-LWL
- Reinigungswerkzeug, Fasermikroskop
- Rotlichtquelle: Visual Fault Locator EVC-3 von EXFO

### 6.2 Automatisierte Kontrollmessung mit EX1 GPON

EX1 GPON von EXFO verfügt über eine elektrische und optische Schnittstelle und ermöglicht Kontrollmessungen gemäß ZTV-43.

Gemessen wird am Glasfaser-Abschlusspunkt bei 1490 nm:

- Erfassung GPON-ID
- Auslesen OLT TX-Pegel
- Auslesen ONT RX-Pegel

Daraus Berechnung der Dämpfung.

Darüber hinaus können Speed-Tests und Bandbreiten-Tests an FTTH-Anschlüssen durchgeführt werden. Das ist verpflichtend für geförderte Ausbaugebiete.



**Bild 11: EX1 GPON** (Quelle: EXFO)

### 6.3 Optical Xplorer OX1

Der Optical Xplorer ist ein universelles Messgerät, welches eine sekundenschnelle Überprüfung von LWL-Strecken ermöglicht und automatisch zusätzliche Tests durchführt, wenn Störungen vermutet werden.



Gegebenenfalls wird eine Fehlerdiagnose ausgegeben.

Das Messgerät kann von jedem Techniker unabhängig von seiner Kompetenz intuitiv und einfach bedient werden.

Faserlänge, Dämpfung und ORL werden in weniger als drei Sekunden angezeigt. Es ist eine Messung von nur einem Faserende ausreichend. Mit dem patentierten Fault Xplorer™ werden häufige Fehlerursachen erkannt und lokalisiert.

Das Gerät enthält einen Pegelmesser und eine Lichtquelle und ermöglicht eine qualitative Beurteilung der LWL-Strecke mit einer 5-Sterne Bewertungsskala.

**Bild 12: Optical Xplorer** (Quelle: EXFO)

Wegen einer lebenslangen Kalibrierung (ausgehend von einer Produktlebensdauer von zehn Jahren) und der patentierten Click-Out™ Steckverbinder-Technologie (beim Optical Xplorer PRO) ist keine Werkseinsendung erforderlich.

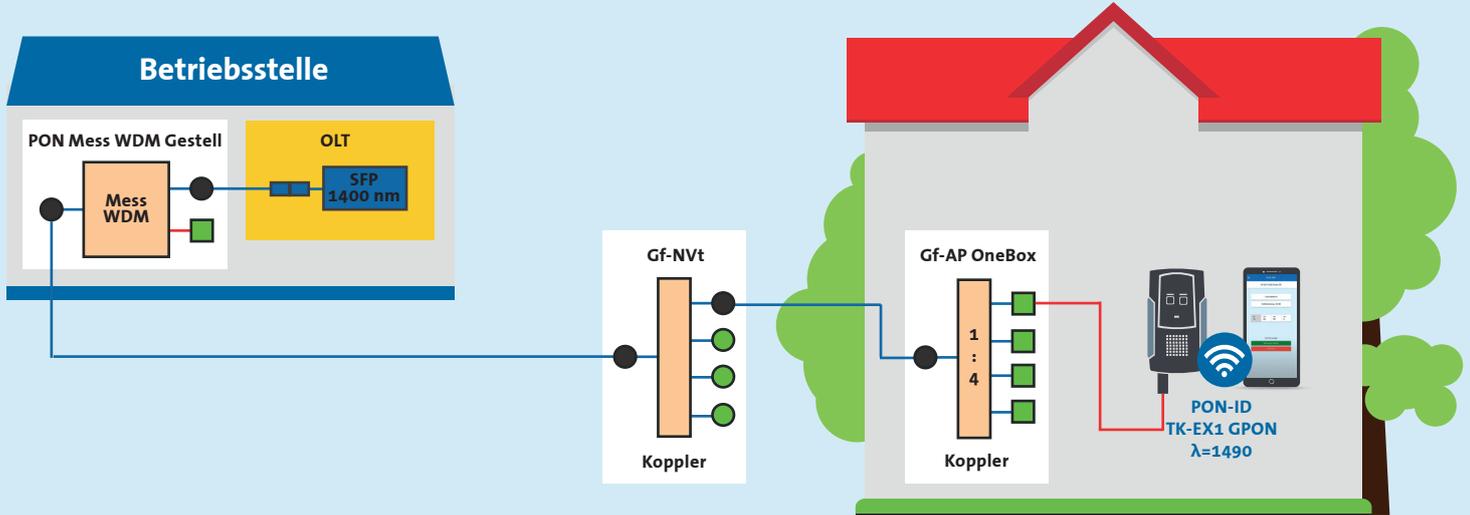
Bei herkömmlichen Messgeräten weisen bis zu 95 % der in das Werk eingesandten Geräte stark beschädigte Steckverbinder auf, die ausgetauscht werden müssen.

Daher begrenzen die Hersteller die Nutzungsdauer auf gewöhnlich 500 bis 1000 Steckzyklen. Das wird hinfällig mit der Click-Out™-Technologie

Der Optical Xplorer ist für die Überprüfung von Singlemode-Strecken geeignet. Fehlerstellen (Spleiße, Stecker, Makrobiegungen, Faserbrüche) können identifiziert und lokalisiert werden.

Automatisierte Kontrollmessung gemäß ZTV43

# PON-Fast Measurement Telekom (PON-FMT)



**Abnahmemessung an Glasfaserkabeln - FTTH** 

(Gemessen nach IEC 12 / ZTV 43)

OMZ: 861 SMA 123456789 Gemessen von: Max Mustermann  
 AdB: 50 Netzabene: 3 P/T/ Firma: Glas & Licht GmbH  
 NW: V 1001 OneBoxTyp: WE Datum: 29.06.2018  
 GPAP: P 4711 HGP-Typ: 13-17 WE

Kabellänge ≤ 9 km Dämpfungswert bei λ=1490 nm 23 dB  
 OLT-Kennung: 76 G2 - 02 - 3

Faser-Nr.	Dämpfung in dB	Faser-Nr.	Dämpfung in dB	Faser-Nr.	Dämpfung in dB
01	20,24	07	21,88	13	20,89
02	21,24	08	21,47	14	21,43
03	23,56	09	20,33	15	16
04	20,55	10	21,01	16	16
05	20,24	11	21,88	17	16
06	21,24	12	21,47		

Alle mit Stecker abgeschlossenen Fasern des GPAP mit dem OTDR geprüft, keine Mängel festgestellt.

OTDR-Kabellänge der Fasern, die am Gf-AP enden.  
425 m

## Produkte für PON-FMT-Messung nach ZTV43

**PON Fast Measurement (SC/APC)**  
 Automatisierte Kontrollmessung  
 OLT bis Gf-AP inkl. GPON-Stick & App  
 Best.-Nr.: TK-EX1 GPON-S1



**Patchkabel (SC/APC auf LC/APC)**  
 Verbindung TK-EX1-GPON zum Gf-AP  
 Best.-Nr.: SC/APC-LC/APC  
 Patchkabel 3 m

**EVG-3 Visual Fault Locator**  
 Rotlichtfaser  
 Best.-Nr.: EVG-3



**ClickCleaner**  
 Reinigungsstift  
 Best.-Nr.: ClickCleaner 1,25  
 Best.-Nr.: ClickCleaner 2,5



#### Parameter Fiber Xplorer:

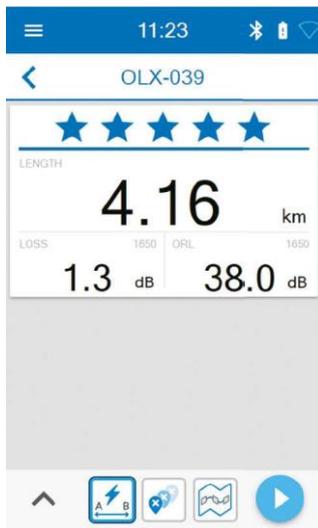
- Wellenlängen: 1310 nm, 1550 nm, 1625 nm
- maximale Streckendämpfung: 15 dB
- maximale Streckenlänge: 40 km
- Testzeit Flash Advisor (Entfernung, IL, ORL): drei Sekunden
- Testzeit Fault Xplorer (Entfernung, IL, ORL, Fehlerprüfung): ab fünf Sekunden
- Testzeit Link Mapper (Entfernung, IL, ORL, Darstellung erkennbarer Elemente): ab zehn Sekunden
- Kalibrierintervall: zehn Jahre

#### Parameter Pegelmesser:

- geeichte Wellenlängen: 1310 nm, 1490 nm, 1550 nm, 1625 nm, 1650 nm
- Leistungspegelbereich: -60 dBm bis +15 dBm
- Signalerkennung: 270 Hz, 330 Hz, 1 kHz, 2 kHz

#### Parameter Lichtquelle:

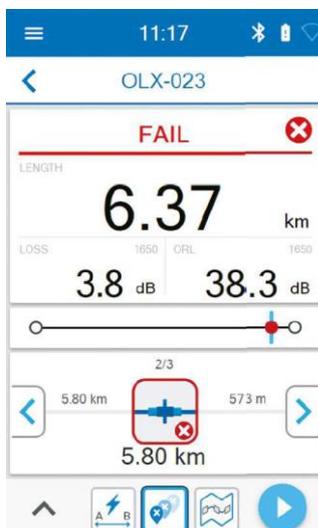
- Wellenlängen: 1310 nm, 1550 nm, 1650 nm
- Ausgangsleistung > -8 dBm
- Modulation: CW, 270 Hz, 330 Hz, 1 kHz, 2 kHz



Die Funktion **Flash Advisor™** zeigt in weniger als drei Sekunden die Streckenlänge, die Einfügedämpfung (IL: Mitte links)) und die optische Rückflusdämpfung (ORL: Mitte rechts)) an und macht eine 5-Sterne-Bewertung des Messergebnisses.

Die Messung erfolgt von einem Faserende und ist ideal für Längenmessung, Statusüberprüfung und große Anzahl von Fasern wegen der geringen Messzeit.

**Bild 13: Optical Xplorer; Funktion Flash Advisor™**  
(Quelle: EXFO)



Innerhalb von fünf Sekunden zeigt der **Fault Explorer** IL, ORL und Länge einwandfreier Strecken an und prüft unerwartete Ereignisse. Falls ein solches erkannt wurde erfolgt mit zusätzlicher Testzeit eine präzise Diagnose: Ort, Dämpfung, Reflexion, Ereignistyp.

In der Mitte wird die gesamte Streckenlänge und die Einfügedämpfung und Reflexionsdämpfung des betreffenden Ereignisses angezeigt. Darunter wird die relative Lage des betreffenden Ereignisses grafisch dargestellt und darunter der Ort des Fehlers angezeigt.

**Bild 14: Optical Xplorer; Funktion Fault Explorer**  
(Quelle: EXFO)



Neben der Streckenprüfung (IL, ORL, Längenmessung) lokalisiert der **Link Mapper alle** Ereignisse einschließlich Fehlerstellen.

In der Mitte wird die gesamte Streckenlänge und die Einfügedämpfung und Reflexionsdämpfung des betreffenden Ereignisses angezeigt. Darunter wird die relative Lage des Ereignisses grafisch angezeigt. Darunter ist der Ort des jeweiligen Ereignisses dargestellt.

**Bild 15: Optical Xplorer; Funktion Link Mapper**  
(Quelle: EXFO)

## 7 Literatur

- [1] G. Neumann, M. Zerson: Zielbild zur Installation von zukunftsfähigen Glasfasernetzen in Gebäuden. Ratgeber für Planung und Bau. Deutsche Telekom Technik GmbH, 11.01.2016.
- [2] Prüfungen und Messungen an Glasfaserkabeln ZTV43; 03.04.2020.
- [3] ZTV-TKNetz 60: Arbeiten an FTTH-Gebäudenetzen (NE4).

**Dr. Dieter Eberlein, Lichtwellenleiter-Technik**  
**D-01219 Dresden, Barlachstraße 11**  
**Tel.: +49-351-3129945, Fax: +49-351-3129947**  
**E-Mail: [LWLTechnik@t-online.de](mailto:LWLTechnik@t-online.de), Internet: [www.LWLTechnik.de](http://www.LWLTechnik.de)**  
**Dresden 27. Mai 2020**