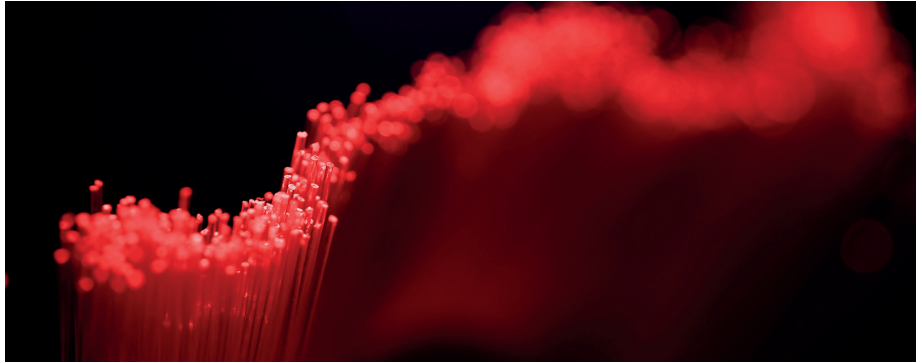


# OTDR-Messungen auf der letzten Meile

## GPON- und XGS-PON-Fehlern auf der Spur

**Dennis Zoppke**

Auch hierzulande erobert die Glasfasertechnik die letzte Meile. Im Rekordtempo werden neue Fasern verlegt und Haushalte und Unternehmen angeschlossen. Zudem wird die Menge der bereits verlegten Fasern immer größer; das und die steigende Komplexität durch verschiedene Techniken und Fehler beim Rollout führen zu immer mehr Störungen.



Darüber hinaus zeigen Glasfaseranschlüsse auch Alterungseffekte, häufig davon abhängig wie und wann sie verlegt wurden. Immerhin liegt der Beginn des flächenmäßigen Ausbaus in Deutschland (2013) nun schon knapp zehn Jahre zurück. So spielen neben der reinen Zeit auch das verwendete Material, die Temperatur und die Verlegebedingungen eine wichtige Rolle. Speziell Fasern unter Spannung und Druck verändern ihre Übertragungseigenschaften. Dies ist etwa der Grund, warum sie helix-förmig verlegt werden sollten. Eine Faser unter Spannung kann ähnlich negative Effekte haben wie Macrobiegungen oder nicht richtig abdichtende Steckverbindungen, die im Laufe der Jahre durch Schmutz und Feuchtigkeit zunehmend zu einem Problem werden.

### Techniker gefordert

Der größte Anteil von Problemen an Glasfaseranschlüssen geht auf das Konto von verunreinigten Steckverbindern. Es empfiehlt sich daher dringend, wie beim PON-Troubleshooting vorzugehen (Bild 1).

Leider aber wird oft beim letzten Schritt gespart. Techniker sind mit Inspektions- und Reinigungstools ausgestattet und seit einiger Zeit auch mit optischen Powermetern, aber wenn diese einen schlechten Pegel

*Den größten Anteil bei Problemen an Glasfaseranschlüssen haben verunreinigte Steckverbinder. Sei es, dass beim Rollout schon unsauber gearbeitet wurde oder die Probleme erst später entstanden sind (Foto: www.ewhooo.com, pixabay)*

attestieren, ist oft guter Rat teuer. Ideal wäre es daher, wenn der Techniker vor Ort sofort ein OTDR-Troubleshooting durchführen könnte. Denn in den seltensten Fällen sind Tiefbauarbeiten nötig, um den Fehler zu finden, sondern eher Fachkenntnisse und das richtige Mess- und Testgerät.

Einer der wenigen Hersteller, die so etwas anbieten, ist die Intec GmbH aus Lüdenscheid, die mit dem Argus 300 vor zwei Jahren ein Multifunktionstester-Konzept auf den Markt gebracht hat.

### Einsatzbereich letzte Meile

Der größte auf der letzten Meile ausgerollte Anteil an Glasfaseranschlüssen sind passive optische Netzwerke, die sogenannten PONs. Aktuell sind in Form von GPON-Anschlüssen (ITU-T G.984.3) bereits Millionen Kunden in Europa erschlossen, parallel dazu wird bereits in vielen Ländern begonnen, über die gleichen Fasern das sogenannte XGS-PON (ITU-T G.9807.1, symmetrisches 10 Gigabit-PON) auszurollen. So entsteht, wie auch in Deutschland, vielerorts ein Mischbetrieb. Bei PONs handelt es sich immer

Dennis Zoppke ist Produktmanager bei der Intec GmbH in Lüdenscheid

um Singlemodfasern mit relativ geringer Streckenlänge, theoretisch bis max. 20 km, in der Praxis oft viel kürzer. Ein OTDR sollte dem mit kleinen Pulsbreiten und Totzonen Rechnung tragen.

Als nächstes stellt sich die Frage nach der Wellenlänge, die das OTDR abdecken können sollte. GPON verwendet 1.310 nm (Up) und 1490 nm (Down), XGS-PON 1.270 nm (Up) und 1.577 nm (Down). Auch viele aktive Glasfaserverbindungen wie das Active Ethernet oder AON (Active Optical Network) arbeiten auf Singlemodfasern bei genau diesen Wellenlängen und ähnlichen Streckenlängen.

Ein für PON-Troubleshooting passendes OTDR sollte mindestens zwei Wellenlängen unterstützen. Zum einen eine der oben genannten praxisüblichen Wellenlängen (z. B. 1310 nm), wenn das Netz bzw. der zu messende Abschnitt Out-of-Service ist und zum anderen eine zweite Wellenlänge die störungsfrei In-Service-Messungen erlaubt. Diese sollte möglichst viel Abstand zu den Live-Wellenlängen haben. Hier bietet sich die Maintenance Wellenlänge 1650 nm an. Damit hat man eine Wellenlänge im zweiten und eine im dritten optischen Fenster. Als optische Fenster bezeichnet man für die Datenübertragung gut geeignete Wellenlängenbereiche.

Ein OTDR für den Access-Bereich lokalisiert schnell und einfach Probleme vom einzelnen Kunden bis zum Splitter. Liegt das Problem hinter dem Splitter, also weiter in Richtung Backbone, ist meist der gesamte PON-Zweig betroffen und damit etliche Kunden gleichzeitig.

## Was macht eigentlich ein OTDR?

Ein OTDR misst die Strecken- und die Ereignisdämpfung und kann daraus zusammen mit der Laufzeit des reflektierten Impulses die Streckenlänge, Spleiße und Steckverbinder bestimmen (s. Bild 2). Verfügt das OTDR außerdem über zwei Wellenlängen, lässt sich durch Messung mit beiden sogar eine Biege-

radius-Verletzung (Macro Bend) erkennen und lokalisieren.

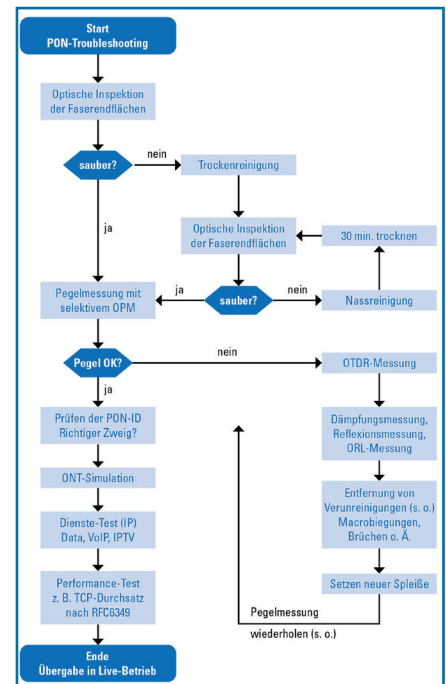
Dazu erzeugt ein OTDR einen Impuls, der mittels Laserdiode als optisches Signal über einen bidirektionalen Koppler in eine Glasfaser eingekoppelt wird. Über den gleichen Koppler analysiert es anschließend die durch Rayleigh-Streuung (Dämpfung) und Fresnel-Reflexion (Lokalisierung) zurückgeworfenen Impulsteile.

Elektromagnetische Wellen, dazu zählt auch Licht, werden an winzigen Molekülen in alle Richtungen gestreut (Rayleigh-Streuung), denn das Material einer Glasfaser ist nicht ideal, sondern von Unregelmäßigkeiten geprägt. Diese Verunreinigungen sorgen für ungewollte Schwankungen des Brechungsindex  $IoR$  (Index of Reflection), der das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum gegenüber der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Fasermaterial beschreibt.

Ein Teil des Lichts wird auch zurück zum OTDR gestreut. Aus der Messung seiner Intensität (Rückstrommessung) ergibt sich die optische Rückflussdämpfung (ORL – Optical Return Loss), die eine Aussage über die Faserlänge, die Dämpfung (Attenuation) pro Kilometer sowie die Einfüge- (IL – Insertion Loss) und Reflexionsdämpfung (Reflektanz) an Ereignissen erlaubt. Dabei gilt: Je höher die Rückstreuung, desto höher ist die Dämpfung der Strecke.

Zur Lokalisierung von Events spielt die Fresnel-Reflexion eine Rolle. Die „Total“-Reflexion elektromagnetischer Wellen an Materialübergängen durch einen Brechzahl-sprung kommt in der Glasfasertechnik allem voran bei Steckverbindern (Glas-Luft-Glas) vor. Auch Faserbrüche, das Ende einer offenen Faser, Verunreinigungen oder Kratzer auf Faserendflächen führen zu diesen Effekten, den Fresnelverlusten. Ebenso kann ein schlecht ausgeführter Spleiß dadurch sichtbar werden.

Die Einkopplung eines genau definierten Impulses, zum Beispiel mit einer Länge von exakt 10 ns, macht es möglich, die Reflexion desselben an einem Ereignis



**Bild 1:** Eine systematische Arbeitsabfolge bei der Analyse von Glasfaserstrecken erleichtert die Bestimmung von Fehlerquellen. Diese hier gezeigte Vorgehensweise wird beim PON-Troubleshooting als Goldstandard angesehen

zu erkennen und so seine Laufzeit (Hin- und Rückweg) zu messen. Mit dieser gemessenen Zeit und dem Wissen über die Brechzahl der vorliegenden Faser lässt sich sehr genau die Entfernung des Events vom OTDR bestimmen.

## Achtung bei Auswahl eines OTDRs

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal ist neben der variablen Pulsbreite und dem Einkoppelpegel der vorhandene Dynamikbereich. Pulsbreite und Sendepiegel bestimmen gemeinsam, wie viel Energie in den Impuls und somit auf die Leitung gegeben werden kann. Der Dynamikbereich beschreibt dabei, wie stark die gesendeten Impulse durch Strecke und Ereignisse gedämpft werden können und trotzdem noch nach Streuung und Reflexion wiedererkannt werden. Man kann ihn auch als die Empfindlichkeit des OTDR beschreiben.

Über eine einstellbare Mittelungszeit lässt sich durch Wiederholung der Messung die Dynamik noch etwas erhöhen. Für ein OTDR, das speziell in PONs eingesetzt wird,

reicht aber eine Dynamik von z. B. 20dB völlig aus. In Kombination mit einem hohen Einkoppelpegel und einer Pulsbreite von z.B. 100 ns sind so Aussagen zu Entfernungen von mehreren Kilometern möglich.

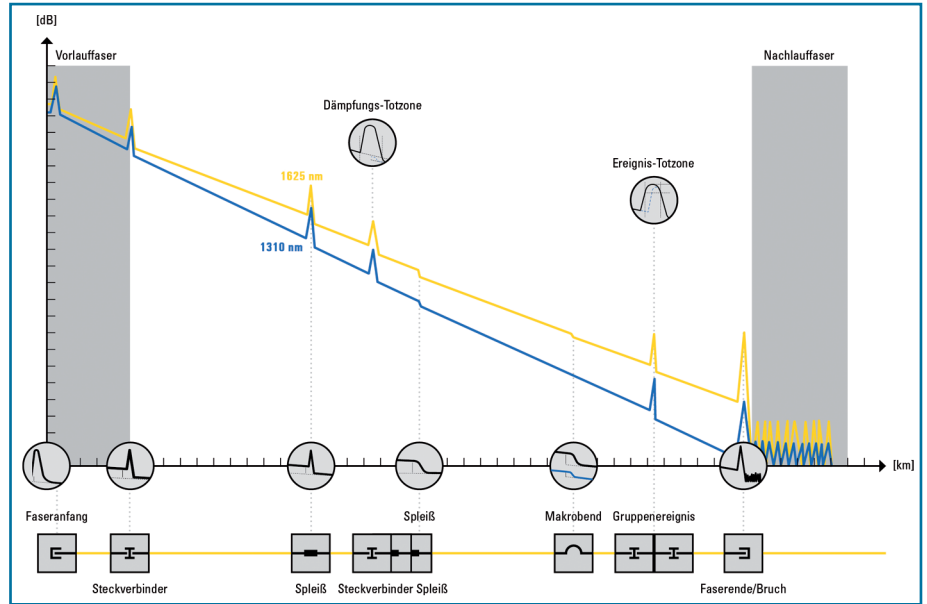
Beim Arbeiten mit dem OTDR ist daher viel mehr auf ideale Einkoppelbedingungen zu achten. Sind diese schlecht, zum Beispiel durch einen mangelhaften Steckverbinder, Kratzer oder Verunreinigungen, verringert das die Intensität des Impulses und somit gleich zu Beginn den Dynamikbereich und die Genauigkeit der Messung.

## Pulsbreite und Totzonen

Das wichtigste Kriterium ist die Ortsauflösung, sprich, wie genau kann mir das OTDR Streckenlängen oder Entfernungen zu Ereignissen liefern. Hier gilt: Je schmaler der Impuls, desto besser die Auflösung. Bei 10 ns erreicht man in der Theorie Genauigkeiten von bis zu 1 m. Natürlich kommen noch Abweichungen durch die Länge der Strecke oder die Messung an sich hinzu, aber diese fallen dann nicht mehr so sehr ins Gewicht.

Daher ist bei der Pulsbreite darauf zu achten, dass diese in gewissem Umfang einstellbar ist. Im ersten Augenblick könnte man dazu neigen, immer die höchste zu wählen. Aber Vorsicht: Je breiter der Impuls, desto eher kann er nah beieinanderliegende Ereignisse überdecken. Als Faustformel gilt, dass zwei Ereignisse unterschieden werden können, wenn sie mindestens eine halbe Pulsbreite auseinanderliegen. Auch sollte man im Gerät die zu erwartende Faserlänge konfigurieren können, da diese die Laufzeit des Impulses auf der Leitung bestimmt und unmittelbar Einfluss auf die Totzone hat.

Bei der Totzone unterscheidet man zwei Arten: Zum einen die Ereignistotzone, die angibt, in welchem Abstand man zwei Ereignisse voneinander unterscheiden kann, zum anderen die Dämpfungstotzone, die den minimalen Abstand zweier Ereignisse bestimmt, so dass die Dämpfung noch genau bestimmt werden kann – beides zusammen definiert die soge-



**Bild 2:** Ein OTDR misst die Strecken- und die Ereignisdämpfung und kann daraus zusammen mit der Laufzeit des reflektierten Impulses die Streckenlänge, Spleiße und Steckverbinder bestimmen (Bilder: Intec)

nannte Gesamt-totzone. Diese wird bei sehr kleinen Impulsbreiten angegeben (z.B. 10 ns) und sollte im Bereich von wenigen Metern liegen. Die Genauigkeit der Dämpfungsmessung, die Linearität, ist ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium. Eine Abweichung von  $\pm 0,05$  dB/dB ist für den Einsatz im Access-Bereich mehr als ausreichend.

Wie bei TDR-Messungen im Kupferbereich ist es auch bei OTDR-Messungen wichtig, die zu messende Faser zu kennen. Wichtige Faserparameter sollte man daher eingeben können, um möglichst exakte Ergebnisse zu erhalten. Dazu zählen allem voran der Brechungsindex (IoR), der Rayleigh-Rückstreuungskoeffizient (BC) und der Dämpfungskoeffizient (ACI).

## Unterstützung für den Techniker

Geräte mit Automodus machen viele Dinge vollautomatisch und sind gerade für Einsteiger zu empfehlen. Hierbei werden automatisch Tests mit unterschiedlichen Wellenlängen und Pulsbreiten ausgeführt und die Ergebnisse ganz bequem in einer Event-Tabelle mit Hilfe von Symbolen, Längen- und Entfernungsangaben aufbereitet. Im Idealfall sogar mit Pass-Fail-Bewertung, wozu man in einem guten OTDR die entsprechenden Grenzwerte für die Ereig-

nisse Spleiß, Makrobend und Steckverbinder konfigurieren können sollte. Manche Geräte bringen sogar eine vorbereitete Bewertung nach ITU-T G.671 oder TIA 568.3-D mit. Das macht es natürlich noch ein wenig einfacher, aber die Werte lassen sich dann nicht an die eigenen Qualitätsanforderungen – die möglicherweise höher sind – benutzerdefiniert anpassen.

Da jeder Einsteiger aber auch irgendwann Erfahrung gesammelt hat, ist es sehr sinnvoll, darauf zu achten, dass es auch einen manuellen Modus mit eigenständiger OTDR-Grafik und einem Echtzeitmodus gibt, mit dem man auch sich schnell ändernde Ereignisse sicher erkennen kann. Beim Automodus ist dies eher dem Zufall überlassen.

Achten Sie bei Ihrer Auswahl von optischen Test- und Messgeräten genau darauf, in welchem Bereich Sie tätig sind, damit sie genau die richtige Lösung zur Hand haben, wenn es Probleme gibt. Durch den Einsatz eines Multifunktions testers lässt sich so erheblich Zeit sparen, da eine erste Beurteilung schon sofort möglich ist: Gerade bei „kleinen“ Problemen (Verunreinigungen, Kontaktprobleme u.Ä.) ist es dann nicht nötig, auf den Experten zu warten.

[www.intec.de](http://www.intec.de)