

Lichtwellenleiter

OTDR-Messtechnik – leicht gemacht

Die optische Zeitbereichs-Reflektometrie (OTDR) ist ein Verfahren zum Messen und Testen von Lichtwellenleitern (Glasfasern). Diese Messtechnik ist – auch in der Zeit vollautomatisierter OTDR-Messgeräte – für viele ein Mysterium. Daher werden oft Messprotokolle abgeliefert, die fast oder gar keine Aussagekraft haben. Aus diesem Grund wird nachfolgend die OTDR-Messtechnik umfassend beleuchtet und beschrieben. Der Fokus liegt dabei auf Basis der OTDR-Funktionen, der Auswahl von Grenzwerten, dem Anschluss von Messleitungen, den eigentlichen Messungen, sowie der Beschreibung des fertigen Messprotokolls. So ist es auch ungeübten Messtechnikern möglich, eine normkonforme und aussagekräftige OTDR-Messung abzuliefern.

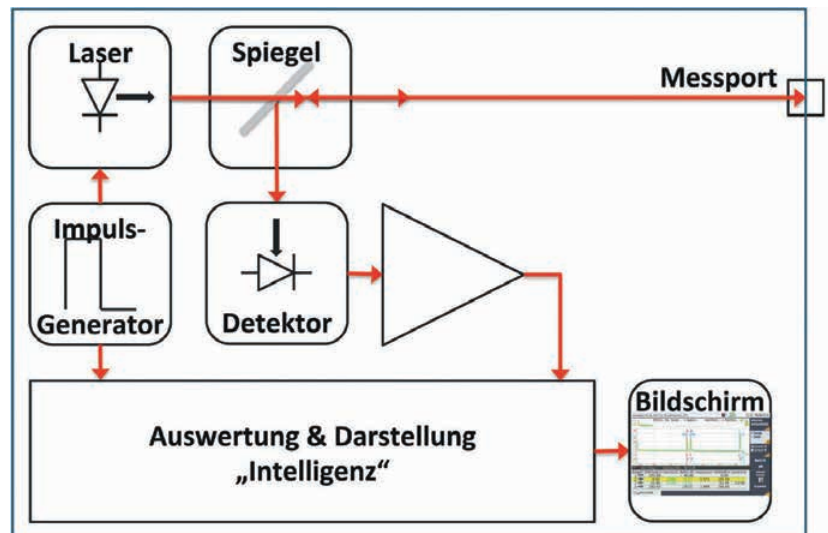


Bild 1 Prinzip-Schaltbild eines OTDR

Warum wird überhaupt gemessen?

Beim Aufbau lokaler Netzwerke kommt es oft vor, dass vorkonfektionierte Glasfaserstrecken verwendet werden und manche Installateure die Messungen des Lieferanten als Messprotokoll abgeben. Das ist allerdings so nicht korrekt, da diese Messungen in den Produktionsstätten dieser Kabelstrecken durchgeführt worden sind, also unter gut kontrollierten Bedingungen. Zudem können die Kabelstrecken beim Einziehen beschädigt worden sein oder durch nicht eingehaltene Biegeradien andere Strecken-Dämpfungen haben als nach der Produktion. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass Stecker verschmutzt sind. Diese Punkte machen es notwendig, die Funktion mittels Messtechnik zu bestätigen.

Ein weiterer Grund für Messungen ist, dass Glasfaserkabel mittels angespleißter Pigtails zu Verkabelungsstrecken werden. Pigtails sind i. d. R. 2 bis 3 m lange Glasfasern mit einseitig werkskonfektioniertem Stecker. Diese Pigtails werden mittels Fusions-Spleißgeräten mit den einzelnen Fasern der Glasfaserkabel verbunden. Die Spleiße werden in Spleiß-Schützern abgelegt

und diese in einer oder mehreren Spleißkassetten untergebracht. Beim Spleißen bestimmen zwar die guten Spleißgeräte bereits die Dämpfung des soeben angefertigten Spleißes, aber zum einen ist diese Messmethode nicht sehr genau und zum anderen können sie während des Ablegens beschädigt werden. Daher müssen die gesamten Strecken zum Nachweis, dass diese in Ordnung sind, hinterher in jedem Fall gemessen werden. Außerdem sind, aufgrund der Dämpfungstotzonen hinter Steckverbindern einer Kabelstrecke, die Spleiße für ein OTDR-Messgerät nicht zu sehen, der Spleiß vor einem Steckverbinder am anderen Ende der Verkabelungsstrecke aber schon. Daher ist es ebenfalls Vorschrift, gespleißte Kabelstrecken in jedem Fall von beiden Seiten zu messen.

Weiterhin ist zu beachten, dass es oftmals im Auftrag lapidar heißt »Errichten Sie ein Glasfaser-Netzwerk nach DIN EN 50173-1 oder ISO/IEC 11801-1« (beliebte Formulierung von Planern). Nimmt man diesen Auftrag in dieser Formulierung an, sind Schwierigkeiten bereits vorprogrammiert. Denn die zu verwendende Messtechnik ist dann vorgeschrieben, was heute leider viel zu oft ignoriert wird. In dieser



Dipl.-Ing. (FH) **Thomas Hüsch**, Technischer Support & Training, Softing IT Networks GmbH, Haar

Formulierung steckt zudem, dass die Normen eingehalten werden müssen und das führt dann zwangsläufig auch zur Messtechnik nach DIN ISO/IEC 14763-3.

Was sagt uns dieser Standard?

Der Standard DIN ISO/IEC 14763-3 ist im Mai 2019 mit dem Titel »Informationstechnik – Errichtung und Betrieb von Standortverkabelungen – Teil 3: Messungen von Lichtwellenleiterverkabelung« in deutscher Sprache veröffentlicht worden. In diesem Standard ist festgelegt, wie die Messungen genau ablaufen müssen. Dort heißt es u. a., dass zunächst eine Dämpfungsmessung und erst dann ggf. auch die OTDR-Messungen durchgeführt werden. Jedoch schreiben viele Planer zwingend eine OT-

DR-Messung vor, deshalb sei diese nachfolgend genauer betrachtet.

OTDR-Messtechnik

Die optische Zeitbereichsreflektometrie ist auch unter der englischen Bezeichnung Optical-Time-Domain-Reflectometry (OTDR) bekannt. Dieses Verfahren dient der Ermittlung und Analyse von Längen und Reflexionen von Licht in Lichtwellenleitern. Was bedeutet diese Definition in der Praxis?

So funktioniert ein OTDR

Ein OTDR sendet, ähnlich wie ein Radar, kurze Lichtimpulse aus und wertet rückgestreutes Licht (= Backscatter) aus. Dazu besitzt ein OTDR einen Impulsgenerator, der gekoppelt an einen Laser, Lichtimpulse mit definierter Dauer erzeugen kann. Diese werden dann

über den Messport des OTDR in eine Glasfaserstrecke eingekoppelt. Das zurückkommende Licht wird mit einem halbdurchlässigen Spiegel auf einen Empfänger gelenkt, der die ankommenden Lichtmengen erfasst. Mit einer Auswertelektronik wird die Zeit zwischen dem Aussenden und dem Empfangen gemessen und in Distanzen umgerechnet. Daraus kann dann ein OTDR eine Kurve (sog. Trace) erstellen und anzeigen (*Bild 1*).

Was sind die wichtigen Eigenschaften eines OTDR?

Für die Anwendung im LAN (Local Area Network):

- Messen an Multimode- und Singlemode-Strecken mit kurzen Impulsbreiten (= gute Auflösung, kurze Totzonen),
- Auswertemöglichkeit mit Grenzwerten (= PASS-/FAIL-Aussage),

Anzeige

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

bdew
Energie. Wasser. Leben.

Messwesen 2020

12. bis 13. Mai 2020 in Berlin

Der Rollout startet! Alles, was Sie jetzt wissen müssen!

- Prüfung Rolloutquoten, Verträge, Auslegungsfragen – die **BNetzA** klärt auf
- Die Sicht des **BMWi**: § 14a EnWG, Digitalisierungsbarometer, Gateway-Standardisierung
- Logistik: Wie funktioniert **SILKE** in der Praxis? Wie gelingt es kostengünstig?
- **Steuern und Schalten**: Wie weit sind Technik und regulatorischer Rahmen?
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen: Wie lohnt sich der **Rollout**?

Informieren und Anmelden: www.ew-online.de/messwesen2020

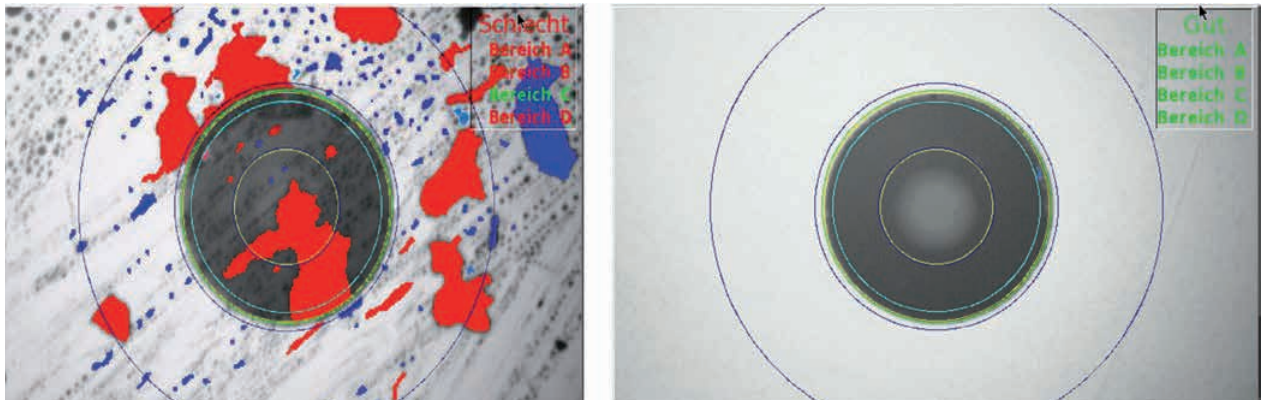


Bild 2. MM-Stecker vor (a) und nach (b) der Reinigung

- Darstellung mit Trace, Ereignis-Tabelle und Bewertung der Ereignisse,
- Anschluss- und Auswerte-Möglichkeit für ein Glasfaser-Video-Mikroskop,
- Protokoll-Erstellung ohne externe Software.

Für die Anwendung in MAN (Metropolitan Area Network) und WAN (Wide Area Network):

- s. LAN-Bereich,
- zusätzlich hohe Dynamik (= hohe Reichweite bis zu mehreren hundert Kilometern).

Vor der OTDR-Messung – was ist zu beachten?

Bevor Messungen durchgeführt werden können, steht an erster Stelle die Sauberkeit der Glasfaser-Steckverbindungen sowie im Standard DIN ISO/IEC 14763-3 genau vorgeschrieben. Was bedeutet das konkret für den Messtechniker?

Der eigentliche Einsatz der Messtechnik darf erst beginnen, wenn sichergestellt ist, dass alle Glasfaser-Stecker sauber sind. Angefangen mit dem Messport des OTDR (Stecker in einer Kupplung), den Steckern an den Vor- und Nachlauf-Fasern und selbstverständlich auch den Steckern an den zu testenden Strecken (meistens in Kupplungen in den Patchfeldern), müssen alle Glasfaser-Stecker-Stirnflächen inspiziert und gegebenenfalls gereinigt werden.

Wie funktioniert eine standardkonforme Stecker-Stirnflächen Inspektion? Die Kontaktfläche von Glasfaser-Steckern beträgt nur 250 µm, daher muss die Inspektion von Stecker-Stirnflächen mit einem Mikroskop durchgeführt werden.

Im besten Fall mit einem Video-Mikroskop, das zusätzlich eine automatisierte Erkennung und Bewertung der Stecker-Stirnflächen nach der Norm IEC 61300-3-35 durchführen kann. Wie es nicht gemacht werden soll, ist auf Bild 2a und 2b zu sehen: ein Multimode-Stecker

vor und nach der Reinigung. Mit diesen verschmutzten Stecker-Stirnflächen dürfen unter gar keinen Umständen Messungen durchgeführt werden, da dies zu erhöhten Dämpfungen, Reflexionen, Geistern im Trace und zur Verschmutzung anderer Stecker-Stirnflächen

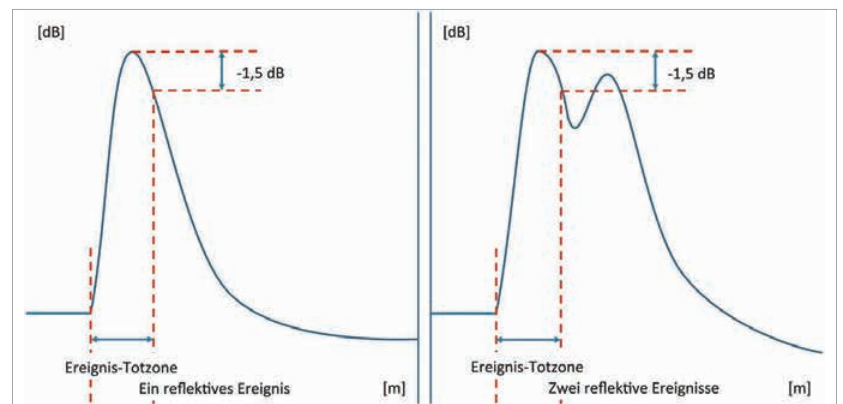


Bild 3. Ereignis-Totzone

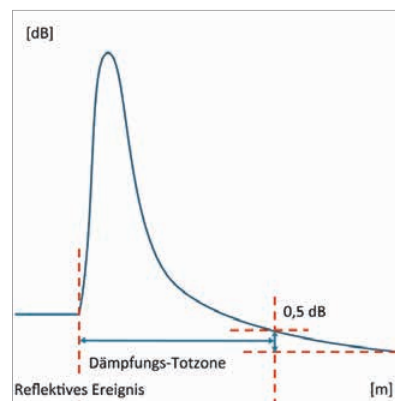


Bild 3c. Dämpfungs-Totzone

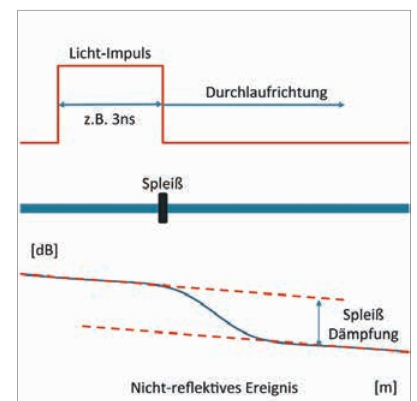


Bild 3d. Nicht-reflexives Ereignis (Spleiß)

führen kann. Die Reinigung muss immer mit geeigneten Reinigungswerkzeugen, z. B. mit One-Click-Cleaner oder fusselfreien Tüchern und Isopropyl-Alkohol geschehen. Erst wenn alle Stecker inspiziert, gereinigt und nochmals kontrolliert und dokumentiert sind, können die OTDR Messungen ausgeführt werden. Dazu wird die Vorlauf-Faser (Vorlaufprüfschnur) an den OTDR-Messport gesteckt und die zu messende Verkabelungsstrecke angeschlossen.

Warum wird mit Vorlauf- und Nachlauf-Fasern gearbeitet? Der Grund hierfür liegt in den Totzonen dieser Messtechnologie und der Notwendigkeit, diese zu überbrücken. Es gibt gleich mehrere, daher hier der Überblick über die Totzonen der OTDR-Messung.

Die Ereignis-Totzone

Wenn ein Impuls in eine Glasfaser gesendet wird, erzeugt dieser an jedem Steckverbinder eine Reflexion. Bei zwei Steckverbindern in kurzem Abstand, z. B. bei einer Installations-Strecke plus 2 m Patchkabel, erzeugen alle Steckverbinder, die aufeinander folgen jeweils eine Reflexion. Unter der Ereignis-Totzone versteht man also, ab welchem Abstand, bei kürzester Impulsdauer, ein weiteres Reflexions-Ereignis identifiziert werden kann. Die genaue Definition der Ereignis-Totzone lautet: Die Strecke, bei der die abfallende Flanke eines nicht gesättigten Reflexions-Ereignisses um 1,5 dB gefallen ist und das OTDR danach ein weiteres Reflexions-Ereignis erkennen kann (Bild 3a, 3b).

Die Dämpfungstotzone

Zusätzlich existiert hinter jedem Reflexions-Ereignis eine Dämpfungstotzone. Diese entsteht durch die hohe Reflexions-Energie, die den Detektor »blendet« (wie wenn bei einer Fotografie in einen Blitz gesehen wird). Da der Detektor eine gewisse Zeit benötigt, um sich von dieser Blendung zu erholen, kann man erst nach dieser Zeit (= Dämpfungstotzone) wieder Rückstreuereignisse, wie die Kabelstrecke oder gute Spleiße, messen. Die genaue Definition lautet: Die Dämpfungstotzone ist die Entfernung zwischen dem Anfang eines Reflexions-Ereignisses und dem Punkt

an dem die Reflexions-Kurve auf 0,5 dB über den Rückstreupegel abgesunken ist (Bild 3c). Daher muss die Messung, um einen ersten Steckverbinder einer Strecke (Eingangstecker) messen zu können, auch mit der Vorlauf-Faser außerhalb der Dämpfungstotzone des OTDR-Messports sein. Diese Dämpfungstotzone liegt bei der kürzesten Impulsbreite (3 ns) von modernen OTDR bei rd. 4 bis 5 m.

Dabei ist vor allem zu beachten, dass, wenn mit längeren Impulsbreiten gemessen wird, was bei langen Kabelstrecken im Weitverkehrsreich üblich und notwendig ist, auch die Totzonen länger werden. Das kommt daher, dass mehr Energie in die Messung eingebracht wird und dadurch auch längere Vor- und Nachlaufkabel benötigt werden.

Im LAN-Bereich genügt allerdings meist die kürzest mögliche Impulsbreite, da es sich im Campus-Bereich um maximale Längen bis 1 500 m handelt. Die Vorlauf-Faser sollte entsprechend der Normierung für Multimode mindestens 75 m (üblich sind 150 m) und für Singlemode mindestens 150 m (üblich sind 300 m) sein. Das gleiche gilt auch für die Messung eines letzten Steckverbinders einer Kabelstrecke. Daher wird auch die Verwendung einer Nachlauf-Faser (Nachlaufprüfschnur) von den Normen vorgeschrieben.

OTDR-Messungen müssen, um normkonform zu sein, immer mit Vor- und Nachlauf-Faser gemessen werden. Ein Prüfaufbau für eine Installationsstrecke (Permanent Link), die aus einer Glasfaser mit an bei-

den Enden konfektionierten Steckern besteht, sieht folglich aus wie Bild 4.

Es gibt aber auch sog. nicht-reflektive Ereignisse, z. B. ein hochwertiger Fusions-Spleiß. Wenn der Licht-Impuls eines OTDR einen derartigen Spleiß durchläuft, ändert sich wegen der Spleiß-Dämpfung auch die rückgestreute Menge an Licht. Weil ein einzelner Licht-Impuls, der in eine Glasfaserstrecke geschickt wird, eine definierte Dauer hat, ist dessen Länge zu berechnen. Dies ergibt sich aus der Formel für die Länge, die auch zur Bestimmung der Abstände vom OTDR zu den Ereignissen auf der Glasfaser-Strecke verwendet wird (1).

$$l = T/2 \cdot 1/n \cdot c$$

mit $t = T/2$ wird daraus

$$l = t \cdot 1/n \cdot c \quad (1)$$

T = Laufzeit des Impulses zum-Ereignis und zurück

t = einfache Länge zu den Ereignissen

n = Faserindex

(Multimode ca. 1,486)

c = Lichtgeschwindigkeit.

Das heißt, wenn die Dauer eines kurzen Licht-Impulses, z. B. 3 ns, in diese Formel eingesetzt wird, resultiert eine physikalische Länge des Licht-Impulses von etwa 0,6 m. Das sind dann auch etwa die Breiten, die ein OTDR für ein nicht-reflektives Ereignis, wie einen Spleiß anzeigt (Bild 3d). Anmerkung: Die Formel mit der Laufzeit $T/2$ gilt zur

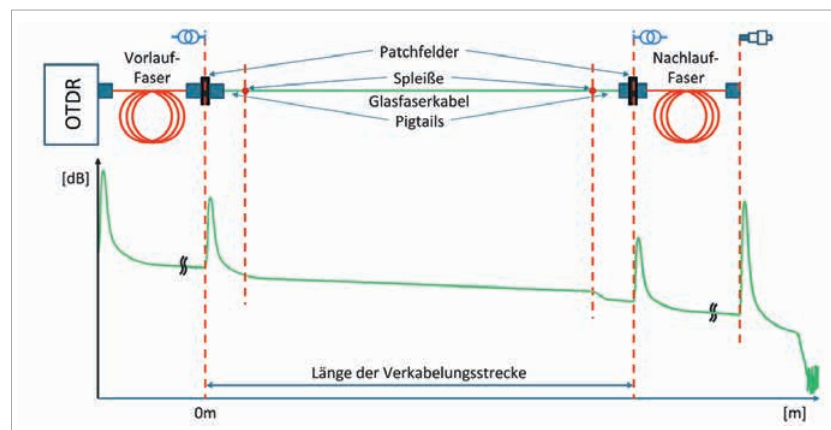


Bild 4. Normkonformer Prüfaufbau OTDR Messung

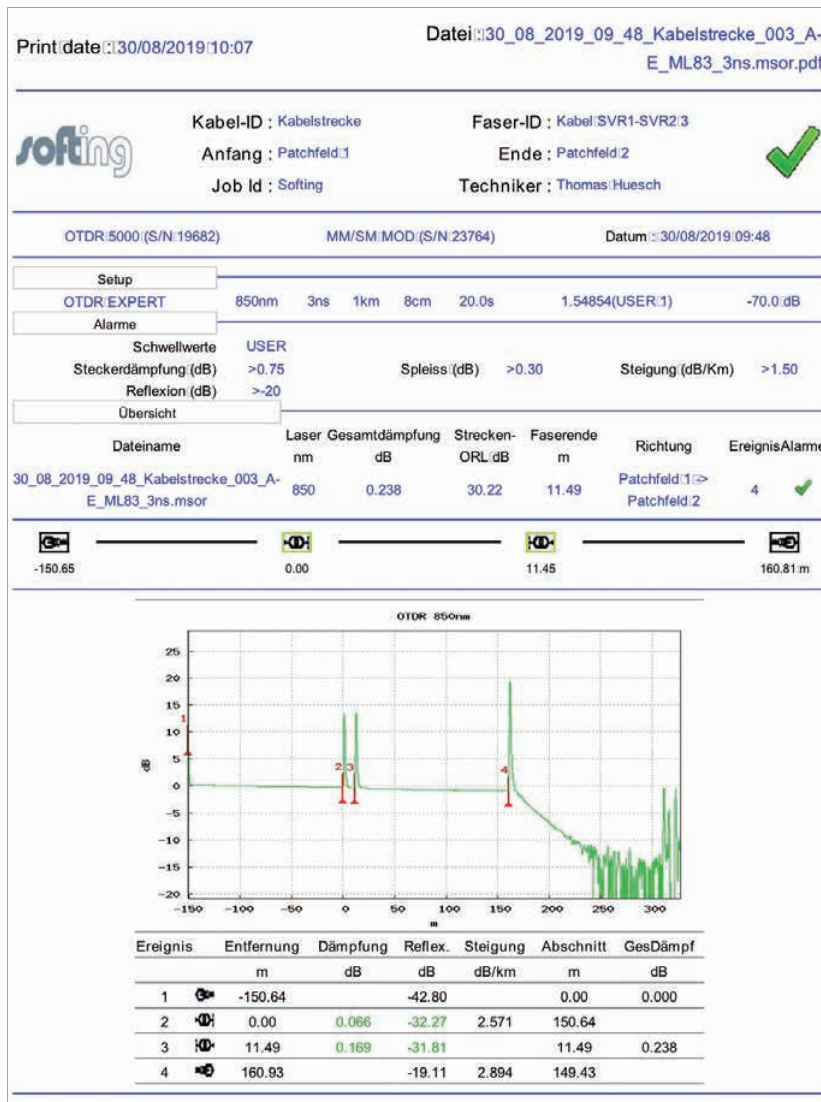


Bild 5. PDF-Datei zur Dokumentation

Bestimmung von Abständen zwischen OTDR und Ereignis, da das Licht zunächst zum Ereignis hin- und dann wieder zurücklaufen muss.

OTDR-Messung

Warum dauert eigentlich die OTDR-Messung so lange? Das hängt auch wieder mit der Physik zusammen: Wird nur ein einzelner kurzer Impuls durch eine Glasfaserstrecke geschickt, erhält man ein stark verrauschtes Empfangssignal, da der Detektor im OTDR das erzeugte Rückstreusignal (Backscatter) und auch das stets vorhandene Grundrauschen misst. Daher werden bei OTDR-Messungen immer viele Wiederholungen der Messung

durchgeführt, um durch Mittelwertbildung das Rauschen zu eliminieren. Moderne OTDRs machen mehrere Sekunden lang tausende Messungen und mitteln die empfangenen Messwerte. Das führt im Anschluss zu klaren Kurven, die benötigt werden, um genaue Messergebnisse der Reflexionen und Dämpfungen von Steckverbindungen und Spleißen zu erhalten.

Die heutigen OTDRs benötigen i. d. R. nur noch wenige Einstellungen, da diese Automaten haben, die die Impulsbreite, die Messzeit (= Anzahl der Messwiederholungen), den Messbereich (= Gesamtlänge der Darstellung), die Durchführung und die Bewertung aller Einzelereignisse selbständig einstellen können. Für den Profi be-

ginnt ab hier die Feinabstimmung der Parameter, für den Einsteiger reicht dies aus, um korrekte Messergebnisse zu erhalten.

Da die Messung und auch die Auswertung der einzelnen Ereignisse wie Steckverbinder, Spleiße und der gesamten Strecke vollautomatisch durchgeführt werden können, besteht für den Messtechniker vor allem die Herausforderung darin, korrekt zu entscheiden, ob das Bild (der Trace), das er auf dem Bildschirm sieht, in Ordnung ist oder nicht. Noch einfacher ist es für den Messtechniker, wenn das ODTR in der Lage ist auch eine Bewertung der einzelnen Ereignisse und der gesamten Glasfaser-Strecke gegen Grenzwerte durchzuführen. In diesem Fall spricht man von einer »Zertifizierenden OTDR Messung«. Das Resultat ist eine PASS-/ FAIL-Aussage über die gesamte Kabelstrecke sowie eine Auflistung der einzelnen Ereignisse. Diese kann mit den meisten OTDRs auch direkt in eine PDF-Datei zur Dokumentation umgewandelt werden (Bild 5). Dazu wird keinerlei externe Software benötigt. Wie diese Grenzwerte eingestellt werden können, ist allerdings von Gerät zu Gerät sehr unterschiedlich und muss daher entweder im Handbuch des jeweiligen Geräts nachgelesen werden, oder man lässt sich auf die entsprechenden Geräte von den Herstellern einweisen. Empfehlenswert ist zudem der Besuch eines Glasfaser-Grundlagen-Seminars beim entsprechenden Hersteller, denn »Wissen ist Macht«, allerdings gilt auch: »Unwissenheit schützt vor Schaden nicht«.

info.itnetworks@softing.com

itnetworks.softing.com