

Messen mit dem OTDR – ein Klassiker und doch immer wieder neu

Peter Winterling



Kurzvita

Peter Winterling ist Senior Technology and Application Specialist für Optical Transport und Fiber Optik bei JDSU Deutschland und zuständig für die Region EMEA.

Kontakt

JDSU Deutschland GmbH
Mühleweg 5
72800 Eningen
E-Mail: peter.winterling@jdsu.com



OTDRs sind für Abnahmemessungen von Glasfaserkabeln und die Fehlersuche ein unersetzliches Werkzeug. Sie bieten als Einzige die Möglichkeit, Einzelereignisse auf einer Glasfaserstrecke zu qualifizieren und zu quantifizieren. In der Vergangenheit kamen sie meist nur in Weitverkehrsnetzen zum Einsatz. Heute werden Glasfasern im Zugangsbereich bis ins Haus verlegt und damit sind deutlich andere technische Parameter beim OTDR gefordert notwendig. Auch die Arbeitsabläufe bei der Installation sind heute straffer organisiert. Das beeinflusst die Bedienphilosophie der Meßtechnik.

Die technischen Daten und Geräteeigenschaften von OTDRs (Optical Time Domain Reflectometer) haben sich in den vergangenen Jahren immer wieder verbessert. Die Anforderungen wurden immer höher und neue Techniken forderten auch neue Eigenschaften. Die Tabelle zeigt, wie sich die Spezifikationen vom Helios (Wavetek Wandel & Goltermann, 1995), einst TK-Referenzgerät, zum heutigen OTDR MTS-2000 (JDSU, Abbildung nächste Seite) gewandelt haben.

OTDR Parameter		
	1995	2013
Dynamik	30 dB	40-45-50 dB
Messpunkte	4.000	256.000
EDZ	15 m - 25 m	< 0,8m
Messobjekte	Glasfaser, max. 100km	Weitverkehr bis 120km; Seekabel 200 km, Metro-Netze < 50km, Campus-Netze <10km, FTTH; LAN, FTTA
Wellenlängen	1310/1550	1310/1483/1490/1550/1625/1650 +CWDM Wellenlängen
Datentransfer	3.5" Diskette, RS232	USB
Speicher	70 Ergebnisse	HD
Ergebnis-Dokumentation	Thero-Drucker	PDF
Größe	18x35x42	12x13x8
Gewicht	11 kg (ohne Modul)	0,5 kg

Wurden vor 15 Jahren Glasfaserkabel fast ausschließlich im Weitverkehr verlegt und gemessen, sind diese heute in allen TK-Segmenten zu finden. Werden Metro-Netze schon seit längerem nur noch mit Glasfasern gebaut, findet der Wandel heute im Zugangs-(Access-)bereich statt. Dadurch werden auch eine Vielzahl neuer Messaufgaben notwendig. Um in einem Metronetz mit CWDM-Technologie festzustellen, ob alle vorhandenen Glasfasern „Low-Waterpeak“-Eigenschaften laut Standard ITU-T G.652d aufweisen und somit alle definierten Wellenlängen des CWDM Rasters genutzt werden können, ist eine OTDR-Überprüfung bei Wellenlänge 1383 nm unerlässlich.



Abb. 1: Das OTDR MTS-2000 von JDSU mit Software SmartLinkMapper

CWDM-Systeme sind sehr kostengünstig. So werden an Zugangs- oder Abzweigpunkten im Metro-Netz oftmals passive optische Add-/Drop-Multiplexer gespleißt, um eine oder mehrere Faseranschlüsse zum Kunden zu realisieren. Um im Störfall in einem so realisierten Metronetz Informationen von der Strecke zu erhalten, kann nur mit einem OTDR, das mit einer der spezifizierten 18 CWDM Wellenlängen (z. B. 1531 nm) ausgestattet ist, über einen Add- oder Drop-Zugang gemessen werden. Dies geschieht dann ohne Störung der anderen beschalteten Wellenlängen.

Fiber to the Home (FTTH)

Um eine hohe Bandbreite zum Endteilnehmer zu bringen, ist die Glasfaser konkurrenzlos. Selbst hochgerüstete DSL-Technik über Kupfer stößt an ihre Grenzen, wenn über 20 Mbit/s für den Endkunden bereitgestellt werden sollen. Für einen Zugang zum Internet wäre eine Bandbreite von 6 Mbit/s komfortabel, für die Übertragung von Internet-TV (IPTV) sind 50 Mbit/s und mehr notwendig und wünschenswert. Das Ersetzen der Kupferleitung durch Glasfaserkabel ist leider kostenintensiv, und die aufwändigen Verlegearbeiten sind vermutlich ein wesentlicher Grund für den recht zögerlichen FTTH-Ausbau in Europa. Für einen Generationswechsel der zum Teil mehrere Jahrzehnte alten Kupferleitungen im Zugangsbereich ist die Glasfaser allerdings alternativlos. An kostengünstigere überirdische Verletechniken mit Holzmasten, wie dies oft in Asien oder auch in den USA praktiziert wird und die häufig sehr abenteuerlich anmuten, denkt in Europa schon aus Gründen der Zuverlässigkeit des TK Netzes kein Netzbetreiber.

Regional sehr unterschiedlich werden in Deutschland bereits von verschiedenen Netzbetreibern Glasfasern ins Haus verlegt. Immer stehen Installationsroutinen und AbnahmeprozEDUREN unter extremem Kostendruck. Nicht selten werden Verlegearbeiten an sehr preisgünstig operierende Tiefbauunternehmen vergeben, die wenig bis keine Erfahrung mit Glasfasern haben und es an der entsprechenden Sorgfalt im Umgang mit ihnen mangeln lassen. Die Vorgaben für Abnahmemessungen werden so stark reduziert, damit ungelernete Kräfte diese in kürzester Zeit durchführen können. Dadurch wird leider immer weniger dem hohen technischen Anspruch an das Netz Rechnung getragen. Bei der flächendeckenden Verkabelung mit Glasfaser kann der Ausbau mit der Point-to-Point (P2P) oder Point-to-Multipoint-Technik (P2MP) erfolgen, vergleiche auch Abbildung 2. Bei Ersterer bekommt jeder Endteilnehmer eine eigene Glasfaser von der Vermittlungsstelle. Dies ist bezüglich der Übertragungsrates für den Endteilnehmer die komfortabelste Lösung, bedingt aber eine komplexe Kabelabzweigetechnik und führt zu einer hohen Faserbündelung in der Vermittlungsstelle (CO – Central Office), die dort entsprechend beschaltet werden müssen. Gleichzeitig möchten Netzbetreiber aus wirtschaftlichen Gründen die Anzahl der Vermittlungsstellen im städtischen Raum verringern. Die Zuführungen zu den Wohngebieten werden dadurch immer länger, die Anzahl der zu terminierenden Fasern in der Vermittlungsstelle allerdings auch. Eine deutliche Vereinfachung der Infrastruktur stellt daher die zweite Variante mit einem oder mehreren kaskadierten passiven optischen Splittern (passives

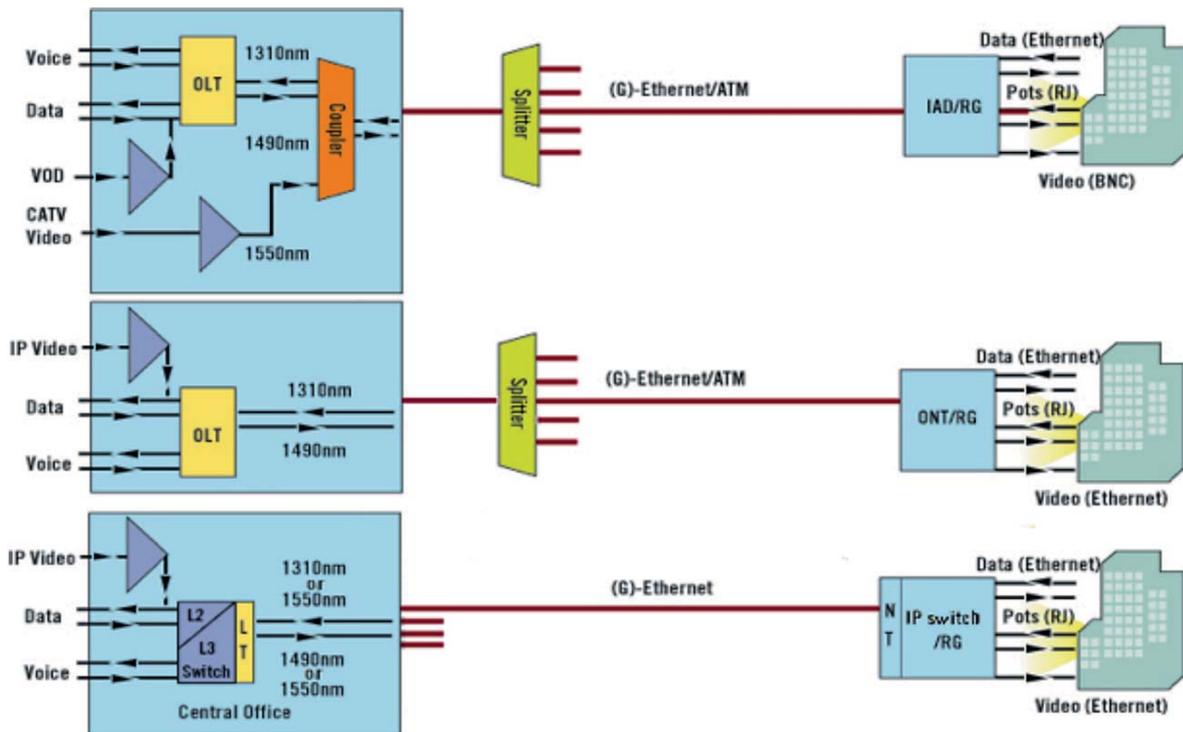


Abb. 2: Verschiedene FTTx-Konzepte für die Breitbandversorgung

optisches Netz – PON) im Wohngebiet dar; die Zuführung von der Vermittlungsstation erfolgt über nur eine Faser. Verschiedene Konzepte sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Downstream Datenrate beträgt bei GPON 2,5 Gbit/s, die sich alle über den Splitter angeschlossenen Teilnehmer mittels eines TDMA-Verfahrens teilen müssen.

Der Splitting-Faktor ist allerdings begrenzt: Zum einen teilt sich die optische Leistung für jeden Teilnehmer im gleichen Verhältnis und die minimale Eingangsleistung der optischen Empfänger im Hausübergabepunkt (OLT) ist schnell erreicht. Zum zweiten müssen sich auch alle Teilnehmer die maximale Bitrate teilen. Bei gleichzeitiger Nutzung und einem Splittungsverhältnis 1:128 stehen bei GPON jedem Teilnehmer weniger als 20 Mbit/s zur Verfügung. Deshalb ist bereits ein Next Generation PON (NGPON) mit einer Downstream-Datenrate von 10 Gbit/s standardisiert, im nächsten Schritt sind 40 Gbit/s in Überlegung. Der Vorteil der PON-Technik ist zweifelsfrei der geringere technische Aufwand in der Vermittlungsstelle. Unabhängig davon, welche Architektur zum Einsatz kommt, die Anzahl der Fasern ist eine andere Dimension verglichen mit den Weitverkehrsverbindungen. Völlig zu Recht muss deshalb über neue Konzepte für eine effiziente Abnahmemessung nachgedacht werden.

Abnahmemessung mit OTDR

In Zusammenarbeit mit Netzbetreibern erarbeitete JDSU Lösungsansätze, wie die Zuverlässigkeit der Netze durch geeignete Installationsroutinen und Abnahmemessungen erzielt werden kann. Randbedingungen sind der hohe Leistungsdruck bei der Installation, unkompliziert und schnell durchzuführende Messungen zu definieren, die dennoch die notwendigen Informationen liefern. Die Anschluß Technik bei Zugangsnetzen erfolgt oftmals in ungeschützter Umgebung, also auf Baustellen, an Straßenverteilerkästen und in Erdgruben. Staub ist allgegenwärtig, und es bedarf einer besonders hohen Sorgfalt während der Installation, damit die optischen Parameter nicht zunichte gemacht oder die Stecker beschädigt werden.



Abb. 3: Installationsroutine Inspect Before You Connect IBYC

In FTTH-Netzen werden Steckverbinder in Schrägschlifftechnik (APC) eingesetzt, die besonders gegen Verschmutzung empfindlich sind. Um eine hohe Installationsqualität zu erhalten, ist die Installationsroutine „Inspect Before You Connect“ (IBYC) hilfreich. Hierbei wird die Steckerstirnfläche mit einem Videomikroskop begutachtet, mit der Softwareanalyse nach dem Standard IEC 61300-3-35 beurteilt und erst dann gesteckt, wenn der Stecker die Prüfung bestanden hat. Idealerweise startet diese Auswertung mittels Knopfdruck am Mikroskop, und das Ergebnis wird gleichzeitig für eine spätere Dokumentation zusammen mit den OTDR-Ergebnissen der Glasfaser gespeichert.

Aufgrund der Kürze der Glasfaserverbindungen in Zugangsnetzen wird oft eine unidirektionale Dämpfungsmessung als ausreichend empfunden. Diese ist einfach, schnell und mit geringem messtechnischem Aufwand zu realisieren

und ist immer häufiger in Abnahmevorschriften zu finden. Würde die Einfügedämpfung das einzige Kriterium sein, wäre dies sogar akzeptabel. Allerdings kann hiermit keine Aussage über die Rückreflexionsdämpfung von Steckverbindern getroffen werden. Bei Nichteinhaltung des maximalen Dämpfungswertes kann ebenso keine weitere Aussage über die Ursache getroffen werden. In diesem Fall müssen für die Störungsbeseitigung – meist durch ein besser ausgerüstetes Mess-Team – weitere zeitraubende Maßnahmen ergriffen werden. Der optimale Arbeitsablauf der Installation wird jedes Mal unterbrochen und bei einer Häufung dieser Vorkommnisse erhöht sich die Installationszeit eines Projektes erheblich.

Selbst in robusten LAN-Verkabelungen ist eine OTDR-Messung selbstverständlich und in den meisten Abnahmevorschriften gefordert. Wie viel mehr sollte dies in FTTH-Netzen mit hohen technischen Spezifikationen inkl. APC-Stecker (Angle Physical Contact, optischer Schrägschliffstecker, 8°) sein? Die Messapplikation FiberComplete von JDSU ermöglicht den Spagat und liefert aussagekräftige Ergebnisse, die von messtechnisch nicht spezialisierten Installateuren schnell und fehlerfrei durchgeführt und dokumentiert werden können. Der Einsatz modernster Technik ermöglicht für OTDR-Module nun erstmals auch Dämpfungsmessungen mit der Genauigkeit und Reproduzierbarkeit, die sonst nur optische Pegelsender und -empfänger gewährleisten. Damit sind eine bidirektionale Dämpfungsmessung und eine bidirektionale OTDR-Messung möglich, ohne den Messort zu wechseln – eine wichtige Voraussetzung für schnelle und fehlerfreie Messungen im Feld. Zusätzlich erlaubt der SmartLinkMapper, der die OTDR-Ereignisse in einer Icon-Ansicht darstellt, eine schnelle und einfache Interpretation der OTDR Kurve. Mit der im Hauptmenü zugänglichen Funktion Fast Report können diese Ergebnisse nun per Tastendruck automatisch dokumentiert werden. Damit können komplexe Abnahmemessungen und deren Beurteilung selbst von messtechnisch unerfahrenen Technikern schnell und sicher durchgeführt werden. In PONs mit passiven optischen Splittern unterscheiden sich die Messaufgaben etwas zu denen von P2P-Verbindungen. Hier müssen OTDRs mit hoher Dynamik zum Einsatz kommen, die über die hohe Splitterdämpfung hinweg messen können bei gleichzeitiger hoher Auflösung, da es sich meist um kurze Faserlängen handelt.

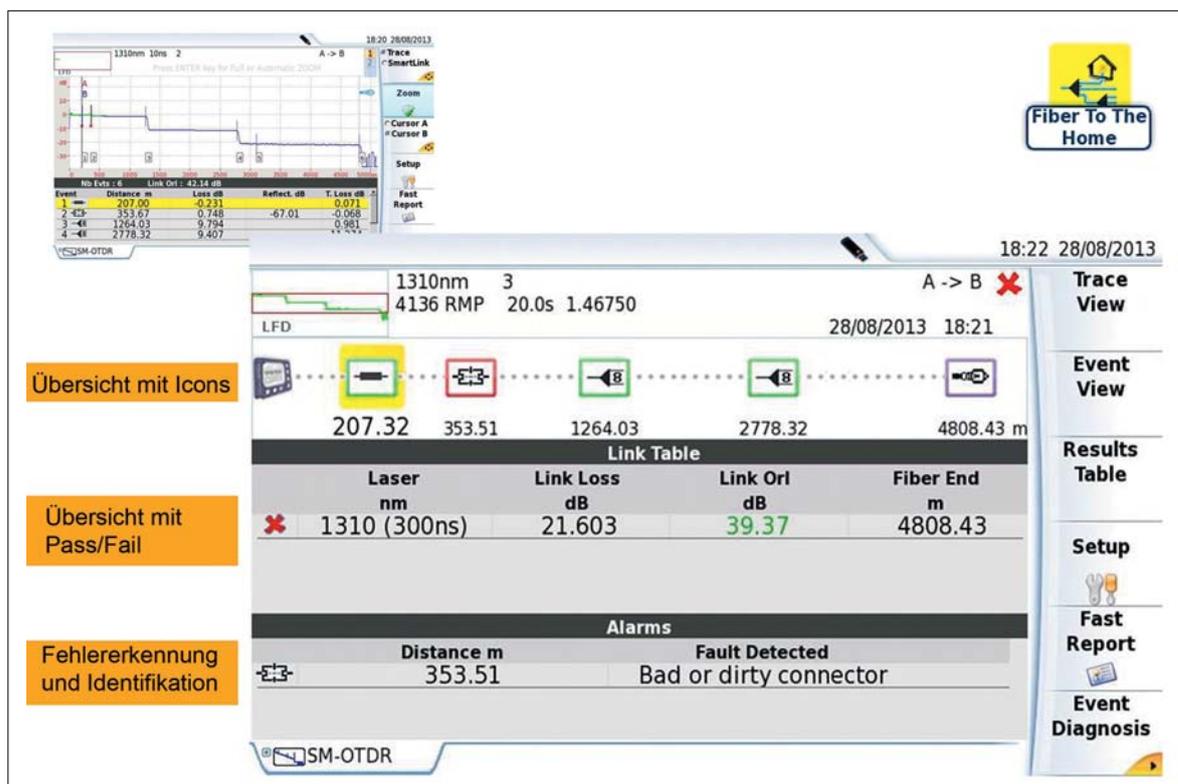


Abb. 4: FTTH Applikation und Icon-Darstellung

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der OTDR Messung einer P2MP-Architektur, gemessen von der Vermittlungsstelle über zwei kaskadierte optische 1:8-Splitter. Im kleinen Bild ist die traditionelle OTDR-Kurve dargestellt. Diese ist selbstverständlich für eine Auswertung durch den Experten per Tastendruck zugänglich; angezeigt werden mit der FTTH-Applikation die Ereignisse als Icons inklusive einer entsprechenden Bewertung der Messergebnisse bezüglich vorher definierter Grenzwerte.

Im gezeigten Beispiel werden der Steckverbinder bei 353 m mit einer Dämpfung außerhalb des Akzeptanzwertes rot markiert und gleichzeitig dem Techniker ein Hinweis auf eine mögliche Ursache („Schlechter oder verschmutzter Stecker“) gegeben. Das Messergebnis wird als Ganzes aufgrund der zu hohen Dämpfung dieser Steckverbindung für die Abnahme nicht akzeptiert. P2MP-Netze stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik: Zum einen werden meist nur kurze Faserlängen gemessen, hier im Beispiel 4.808 m. Zum zweiten wird aufgrund der passiven Splitter eine hohe Messdynamik benötigt. Die gesamte Dämpfung (Link Loss) beträgt im gezeigten Beispiel 21,6 dB. Deshalb wird in PONs mit der OTDR-Multipulstechnik gemessen. Mit kleiner Pulsbreite

werden nah beieinander liegende Ereignisse in der Zubringerfaser erfasst. Für die Ermittlung der Splitterdämpfung wird mit hoher Pulsbreite, d.h. hoher Messdynamik gemessen. Zum Vergleich: Dieser Dämpfungswert der gesamten Verbindung entspräche einer Faserlänge von mehr als 100 km, gemessen bei einer Wellenlänge von 1550 nm. Werden in einem PON bidirektionale Dämpfungsmessungen gefordert, erleichtert dies FiberComplete durch eine automatisierte Ablaufsteuerung beider Messgeräte. Die Ergebnisse werden automatisch gespeichert.

Glasfaser für den Mobilfunk

Die Architektur von Mobilfunknetzen mit LTE-Technik (LTE – Long Term Evolution) sieht immer kleinere Zelldurchmesser vor, um vielen Teilnehmern eine höhere Bandbreite zu ermöglichen. Dadurch erhöht sich die Anzahl der Funkzellen und damit auch die der Funkantennen. Anstelle einer Makrozelle bei 3G werden viele deutlich kleinere Mikrozellen realisiert, die mit der aus dem Teilnehmer-Anschlussbereich bekannten PON Technik an eine zentrale Vermittlungsstation angebunden werden.

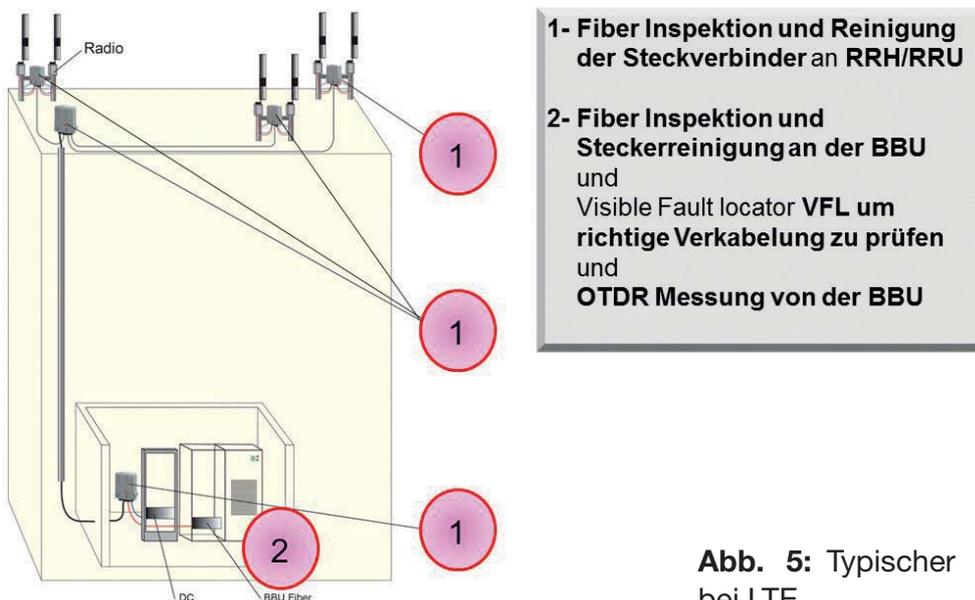


Abb. 5: Typischer Stationsaufbau bei LTE

So kommt die FTTH-Architektur nun auch im Mobilfunknetz zum Einsatz. Die Technik bei LTE sieht eine Integration der Antennenverstärker direkt in die Antenne vor. Dies vermeidet lange und verlustreiche Koaxialkabelverbindungen.

gen von der Basisstation zur Antenne. Nun muss eine Stromzuführung an die Verstärker und eine Datenzuführung von der Basisstation, jetzt ausgeführt mit Glasfasern an die Antenne erfolgen. Für die HF-Techniker ist der Umgang mit der Glasfaser neu: Wie bei der FTTH-Technik müssen aussagekräftige Abnahmemessungen schnell und einfach durchgeführt werden.

Aufgrund der zum Teil sehr kurzen Fasern würde eine Dämpfungsmessung genügen, aber wie beim FTTH-Ausbau ist es wünschenswert, bereits die häufigsten Fehler der Glasfaserinstallation sofort zu beseitigen. Somit kommt auch hier die gleiche Messlösung wie beim FTTH-Ausbau zum Einsatz – automatische Dämpfungs- und OTDR-Messung mit leicht verständlicher Icon-Darstellung. Abbildung 6 zeigt eine Messung des Faserpaares von der Basisstation zur Antenne (Uplink) und die rückwärtige Faser (Downlink). Die FTTA-Applikation (Fiber to the Antenna) zeigt das Ergebnis mit den für diese Technik üblichen Bezeichnungen. Im Beispiel wird bei einer Entfernung von 11 m ein Bending erkannt. Dabei handelt es sich um einen Kabelknick kurz vor der Einführung des Kabels in die Anschalteinheit auf der Mastspitze. Dieser Installationsfehler ist sicher nicht reparabel, das Kabel sollte getauscht werden.

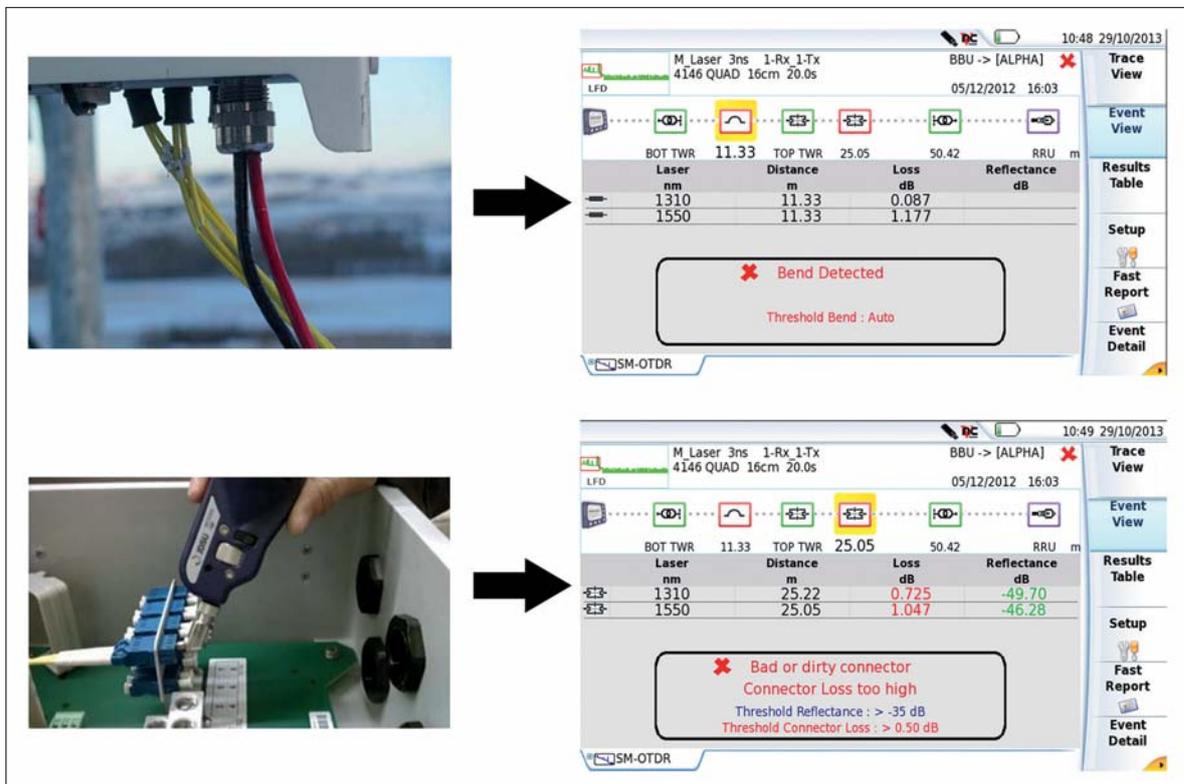


Abb. 6: Messtechnisches Ergebnis mit dem OTDR und der FTTA Applikation

Die Tx-Faser wurde mit einem Patchkabel auf die Rx-Faser zurückgeschleift. Hier zeigen sich im Bild unten eine Steckverbindung mit zu hoher Dämpfung und der Hinweis auf einen verschmutzten oder beschädigten Stecker. Auch hier kann bereits während der Installation der Fehler ohne weiteren Spezialisten beseitigt werden.

Fazit

Der Ausbau der Glasfasertechnik im Teilnehmer-Zugangsbereich schreitet voran. Unterschiedliche organisatorische Abläufe unter hohem Zeitdruck erfordern für die Installations-Teams ein schnelles, aber dennoch präzises Arbeiten. Einfache, nur überprüfende Messungen sind leider nicht ausreichend, um eine fehlerfreie Funktion der Netze mit ihren sehr engen Spezifikationen zu gewährleisten. Die Messung mit dem OTDR, die viele Installationsfehler aufzeigen würde, gilt als zu zeitraubend und kompliziert. JDSU hat mit dem OTDR MTS-2000 und den Applikationen FiberComplete, FTTH und FTTA diese in der Bedienung stark vereinfacht und die Ergebnisinterpretation der komplexen Messung sicherer gestaltet. Eine Identifikation von Installationsfehlern bis hin zur erfolgreichen Abnahme kann selbst von Installateuren durchgeführt werden, die kein tiefes, messtechnisches Expertenwissen besitzen.

Literatur

- [1] NextGen PON, white Paper Huawei
- [2] Elmar Trojer, Stefan Dahlfort, David Hurt and Hans Mickelson: "Current and Next Generation PON: A technical overview of present and future PON technology", Ericsson Literature
- [3] P.Winterling, W.Mönch: "Optical Measurements in High-Speed Networks", Optické Komunikace 2011, Praha
- [4] Tom Ronan: "Deploying Reliable Fiber-to-the-Antenna Networks", Application Note JDSU, Jan. 2013
- [5] Peter Winterling: "WDM-PON and CWDM Networks – Function and Measurement Tasks", JDSU Application Note, July 2009
- [6] Benjamin Cuenot, Charlene Roux, Alban Moncuit, Oliver Receveur: "Measure OTDR, Return and insertion loss on a single port to characterize optical links", White paper JDSU 2011

Glossar

APC	Angle Physical Contact	Optischer Schrägschliff-Stecker, 8 Grad
BOT TWR	Bottom Tower	
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplex	Weites Wellenlängenmultiplex, häufig mit 20 nm Kanalabstand
DSLAM		
FTTA	Fiber to the Antenna	
FTTC	Fiber to the Curb	Glasfaser bis zum Straßenverteiler, weiter mit DSLAM
FTTH	Fiber to the Home	
ITU	International Telecommunication Union	Standardisierung für Telekommunikationsnetze
NGPON	Next Generation PON	
OADM	Optical Add-/Drop-Multiplexer	
OLT	Optical Line Termination	Netzabschluß Teilnehmer
ONT	Optical Network Termination	Netzabschluß Vermittlungsstelle
OTDR	Optical Time domain Reflectometer	
PON	Passives optisches Netzwerk	Optischer Splitter, Splitting-Verhältnis bis 1:128
RRU	Remote Radio Unit	
TDMA	Time Domain Multiple Access	
TOP TWR	Top Tower	



“Get Fiber Smart – mit JDSU”

Das “Get Fiber Smart“-Programm von JDSU bietet neben den präzisen Messgeräten die Fachkenntnisse, Methoden und Erfahrungen zum effizienten und kompetenten Aufbau von Glasfasernetzen.

Das vollautomatische FiberComplete oder die intuitive Bedienung und Auswertung mit Smart Link Mapper sind nur einige Beispiele, wie moderne Messtechnik Installation und Service von Glasfasern erleichtert und Bedienfehler im Feld ausschließt.

Kostenloses Trainingsmaterial sowie die Anforderung einer Produktvorführung unter www.jdsu.com/go/getfibersmart

