Glasfasertechnik – Werkzeuge und Messgeräte

Als Hausanschluss bietet die Glasfaser eine hohe Bandbreite der Datenübertragung bis in die Wohnung. Der begrenzte Raum in Gebäuden und die Möglichkeiten einer schnellen Installation begünstigen die Entwicklung kleinerer Netzwerksysteme. Neben den wachsenden Anforderungen an Material und Arbeitstechniken sind für die Sicherung von Qualität und Funktion zudem Messungen nach der Installation, aber auch im Fall von Störungen sehr wichtig.

Hausanschluss – Fibre to the Home

Die Anbieter der Telekommunikationsdiensten bringen die optische Faser immer näher zum Endnutzer. Netzwerkbetreiber setzen in verstärktem Maß auf die nahezu unbegrenzte Kapazität der Glasfaser zur Informationsübertragung. Somit wird der Einsatz der Fasern weiterhin stark zunehmen. Die Glasfaser als Hausanschluss **FTTH (Fibre to the Home)** bringt hohe Bandbreite bis in die Wohnung. Der begrenzte Raum in Gebäuden und die Möglichkeit einer schnellen Installation fördern die Entwicklung kleinerer Systeme für den Einsatz auch unter anspruchsvolleren Bedingungen. Die Faserhersteller und die Anbieter von Zubehör optimieren das Material und auch die Arbeitstechniken immer weiter.
Schließlich werden der Strecke genau definierte Werte zugeordnet. Im Sinne der Qualitätssicherung und der Funktionsbereitschaft sind Messungen nach der Installation, aber auch im Störungsfalle sehr wichtig.

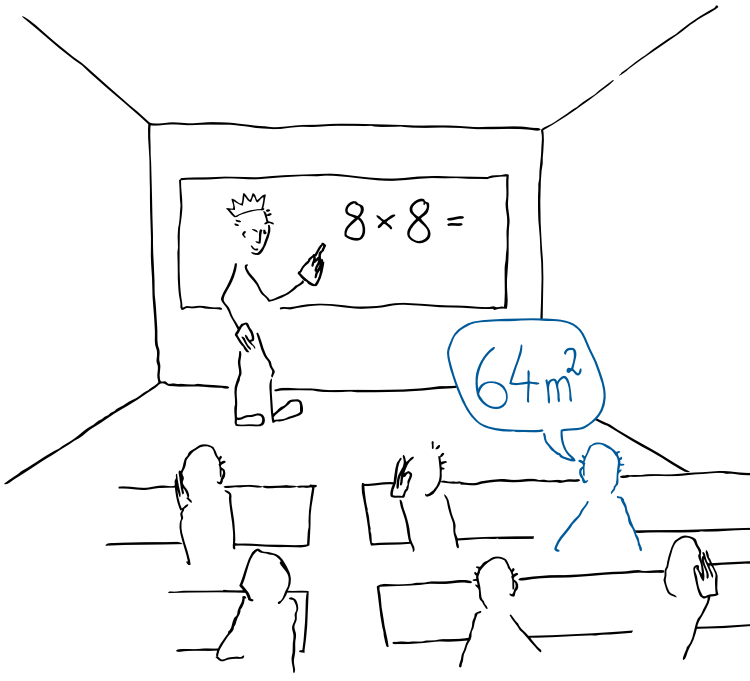
Werkzeuge und Messgeräte

War früher die Glasfaser (Lichtwellenleiter – LWL) nur einzelnen Spezialisten vorbehalten, können heute mit einem erschwinglichen und einfachen Gerätepark die notwenigen Installations- und Aufschaltarbeiten ausgeführt werden – vgl. dazu auch Beiträge: „LWL-Stecker“, **ep** 3/2009, S.

BEGRIFFE

Dämpfung (engl: attenution) – beschreibt die Verkleinerung der optischen Leistung in einem Bauteil oder einer Faser; wird in dB angegeben; a = 10 · log (Pin/Pout)
Dämpfungsbelag – anderer Begriff für kilometrische Dämpfung einer Faser, gemessen in db pro km
Einfügedämpfung (engl: insert loss) – Abschwächung eines Signals durch Bauteil, wie z. B. Stecker, das in den Signalweg eingefügt wird
Streuung – hauptsächliche Ursache für die Dämpfung im LWL; entsteht durch mikroskopische Dichtefluktuationen im Glas, die einen Teil des Lichtes so weit aus seiner Richtung ablenken, dass diese den LWL verlässt
PON – passives optisches Netzwerk
Dispersion – Signalverbreiterung in einem LWL, verursacht durch Faserkonstruktion und Wellenlänge; bei zu großer Dispersion wird die Datenübertragung verhindert, weil der Empfänger nicht mehr zwischen Einzelimpulsen unterscheiden kann
Singlemodefasern SM (auch Monomodefaser) – sie haben einen kleinen Kerndurchmesser in der Grösse von 9–10 µm und sind die am meisten verwendeten Fasern; können hohe Datenmengen auf langen Strecken übertragen
Multimodefasern MM – sie haben einen deutlich höheren Kern – 50 µm oder größer – und werden für kürzere Übertragungsstrecken wie z. B. im LAN verwendet





Leistung zählt.

Willkommen in der Königsklasse.
Unsere Control PRO Serie hat alles, was Sie brauchen um das Licht jedes Gebäudes mit energieeffizienter Sensortechnik zu automatisieren. Höchste Energieeffizienz, perfekt funktionierende Technologie. Präsenzmelder von STEINEL Professional.

- **Präsenzmelder mit höchster Erfassungspräzision (4800 Schaltzonen)**
- **präzise quadratische Erfassung**
- **exakte Reichweiteneinstellung**
- **schnelle Installation, komfortable (Fern-)Bedienung**
- **selbstlernender IQ-Modus**
- **spezielle Präsenzmelder für verschiedene Räume und Gänge**
- **verschiedene Raumsensoren in einer Designsprache, inkl. Rauchwarnmelder und Luftqualitätssensoren**

Wir passen Licht perfekt den Gegebenheiten an. Automatisch.

STEINEL® PROFESSIONAL
German Quality

Intelligentes Licht für Profis.

belektro
Besuchen Sie uns in Berlin
Halle 1.1, Stand 206

Steinel Vertrieb GmbH
Dieselstraße 80–84
D-33442 Herzebrock-Clarholz
Telefon +49 (0) 52 45 44 8 - 0
Telefax +49 (0) 52 45 44 8 -197
www.steinel.de



❶ Fiber-Checker



❷ Videomikroskop Foto: JDSU



❸ Faserprüfgerät



❹ Dämpfungsmessgerät Foto: Noyes /AFL

203–206 und „Verbindungstechnik“, **ep** 4/2010, S. 290–296. Ob die verlegten Fasern aber ihren Zweck richtig erfüllen, kann mit geeigneten Messungen ermittelt werden. Zu den wichtigsten Kontroll- und Messgeräten gehören daher:

- **einfache Werkzeuge** für die Sichtkontrolle
- **Dämpfungsmessgeräte** zur Ermittlung der Leistungseinbuße auf der verlegten Strecke
- **Reflektometer OTDR** für die Darstellung der ganzen LWL-Strecke mit allen Ereignissen.

Die moderne Mikrocomputertechnik macht es heute möglich, die verschiedenen Funktionen in einem Messgerät zu vereinen. Somit steht dem Verarbeiter der Glasfaser die notwenige Messausrüstung – sowohl als Einzelgerät, aber auch als Multifunktionsgerät zur Verfügung. Die gleichen Messgeräte werden für die Wartung und die Störungssuche gebraucht.

Vorgaben und Messwerte

Grundsätzlich sind für die Güte der verlegten Strecke nicht nur das Fasermaterial, sondern auch die Komponenten und deren Verarbeitung wichtig. Die Faser und die Komponenten werden beim Hersteller geprüft und müssen den Vorgaben entsprechen.

Dennoch sollte jede neu verlegte Glasfaserstrecke in ihrer Qualität beurteilt werden. Mit der Messung vor Ort wird das verlegte Kabel sowie ebenfalls die bearbeitete Faserverbindung überprüft. Nur wenn alle Teile im Zusammenspiel richtig funktionieren, kann die Erwartung erfüllt werden. Mögliche Probleme und Unregelmäßigkeiten werden mit der Kontrollmessung rechtzeitig erkannt.

Die Güte der Strecke zeigt sich an der Dämpfung. Die Dämpfung wird auch als „Einfügedämpfung“ (in db) bezeichnet. Sie beschreibt den Lichtverlust zwischen dem Sender und dem Empfänger. Diese Dämpfung sollte im Idealfall „0“ sein. Sie wird durch die Faserart, die Wellenlänge des Lichtsignals sowie durch die Streckenlänge, Spleiße und Stecker beeinflusst.

Zudem können zu enge Biegeradien und Querdrücke auf die Fasern zu zusätzlichen Dämpfungen führen.

Kundenanforderungen

Welche Anforderungen an die Strecken erfüllt sein müssen, ergibt sich aus den Vorgaben der Kunden. Für eine **strukturierte Gebäudeverkabelung** gilt die Verkabelungsnorm **EN 50173** und das internationale Pendant **ISO/IEC 11801**. Die Messverfahren werden in **EN 50346** genauer beschrieben. Das gilt für Installationen mit Kupferkabeln und für Faserstrecken.

EN 61280 definiert zusätzlich Referenzierungsmethoden für Link und Channel. Messverfahren werden auch nach **TIA/EIA-568** vorgegeben. Im Gegensatz dazu gibt der Netzbetreiber seine Werte für alle Installationen für **FTTx (Fibre to the x)** bekannt. Somit sind alle Werte, die erzielt werden müssen, vor der Installation bekannt. Sind keine Vorgaben vorhanden, kann mit einem Dämpfungsbudget der zu erreichende Wert geschätzt werden. Dazu muss man die Detailwerte kennen. Für die Leitungslänge kann die aufgedruckte Metrierung hilfreich sein. Die anderen Angaben können den Datenblättern entnommen werden.

LWL-Verbindung, bestehend aus:

- 1,5 km SM-Faser 0,36 db/km bei 1310 nm
- 3 Spleißstellen (0,05 db)
- 2 Steckverbindungen (0,25 db),

ergibt eine theoretische Dämpfung von (0,54 db + 0,15 db + 0,5 db) 1,19 db.

Multimodefasern werden in den Wellenlängen von 850 nm und 1300 nm gemessen. Bei **Singlemodefasern** (Monomodefaser) werden Messungen mit 1310 nm, 1490 nm und 1550 nm verlangt. Gebräuchlich sind zusätzlich die Wellenlängen 1385 nm und 1625 nm. Die Messgeräte werden mit den entsprechenden Modulen angeboten. Wegen der komplexen LWL-Struktur ist es oft notwendig, mit mehr als einer Wellenlänge zu messen, um den Fehler eindeutig auszuschließen oder einzugrenzen.

Mess- und Kontrollgeräte

Für die erste Kontrolle sind nicht komplizierte und aufwendige Messungen nötig. Manchmal genügt es, die Fasern oder die Patchkabel zu prüfen. Gerade durch unsachgemäße Aufbewahrung der Faserreserve oder durch das Einklemmen der Fasern an Abdeckungen sind Unterbrüche leicht möglich. Aber auch Verwechslungen lassen sich vermeiden, wenn aufgeschaltete oder gesteckte Verbindungen mit Licht lokalisiert werden. Ein kleines robustes Gerät, der **Fehlerlokalisator** oder **Fiber-Checker (Visual Fault Locator – VFL)** kann Licht auf bereits verlegte Glasfasern bringen (Bild ❶). Ein Laserstrahl im sichtbaren Bereich von 650 nm wird in die Faser eingekoppelt. Ein Faserfehler bricht das Licht und durch einen deutlichen roten Lichtpunkt kann die defekte Stelle lokalisiert werden. Auch ist es so mit Licht möglich, die richtige Faser zu ermitteln; Verwechslungen werden ausgeschlossen. Das Sendesignal kann auf Dauerlicht oder auf einen gepulsten Modus eingestellt werden. Die meisten Geräte haben einen Universalanschluss für ST/SC- und FC-Stecker (2,5 mm). Über Adapter lassen sich auch LC-Stecker (1,25 mm) anschließen.

Verschmutzte und beschädigte Steckverbindungen sind leider die häufigste Ursache für Störungen in optischen Übertragungssystemen. Von bloßem Auge lässt sich dies nicht erkennen. Um den sauberen Steckkontakt sicherzustellen, kann er mit einem **Steckermikroskop** betrachtet werden.

Mit dem **Videomikroskop mit Handmonitor** (Bild ❷) oder dem USB-Videomikroskop für den Anschluss am PC wird das Prüfen noch einfacher. Die Vergrößerung von 200–400-fach lässt selbst kleinste Unregelmäßigkeiten erkennen. Es gilt der Grundsatz: prüfen → reinigen → prüfen → in Betrieb nehmen. Das erfasste Bild kann abgespeichert werden und steht damit auch zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung.

Mit dem **Faserprüfgerät** kann der Signalfluss in der Faser erfasst werden, ohne dass der Betrieb oder die Datenübertragung unterbrochen wird (Bild ❸). Das Licht wird über einen Biegekoppler erfasst. Nichts ist unangenehmer, als wenn irrtümlich der laufende Datenverkehr getrennt wird.

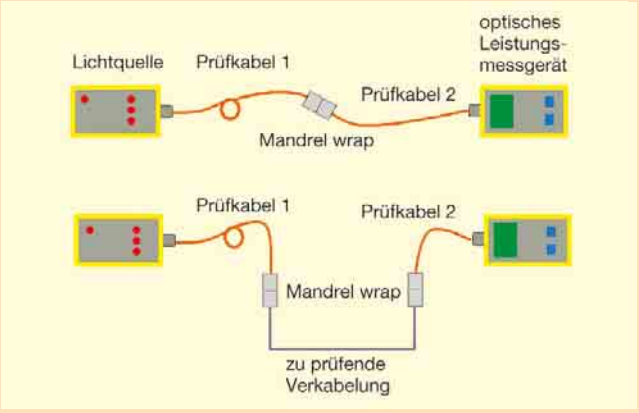
Aber auch aus Gründen der Arbeitssicherheit muss bei Arbeiten an der Anlage sichergestellt werden, dass die übertragenen, für das Auge unsichtbaren Laserimpulse nicht gefährlich werden. Schäden durch Messungen werden vermieden, wenn die Anlage sicher identifiziert und getrennt ist.

Durchlichtmessung

Mit stabilisierten Lichtquellen wird eine genau definierte Menge Licht in die Faser eingekoppelt. Bei Multimodefasern erfolgt dies mit LEDs, bei Singlemodefasern wird ein Laser benötigt. Am anderen Ende der Strecke wird die austretende Lichtleistung mit einem **optischen Leistungsmesser (Powermeter)** gemessen (Bild ❹). Aus der Differenz zwischen den beiden Leistungen lässt sich genau die Gesamtdämpfung der Strecke bestimmen. Diese Gesamtdämpfung umfasst alle einzelnen Teile wie Stecker, Spleiße, Brüche usw. Der Testaufbau entspricht dem später angeschlossenen Datenübertragungssystem mit Sender und Empfänger. Die Gesamtdämpfung ist somit realistisch. Die Messung erfordert beidseitigen Zugang zur Faser.

Die Messverfahren erfolgen **nach EN 61280-4**. Vor der Messung wird ein Abgleich mit den Prüfkabeln durchgeführt und der Empfänger auf „0 db“ gesetzt. Über den Abgleich bestehen nach den Normen unterschiedliche Möglichkeiten, die **praxisübliche Variante** zeigt Bild ❺.

Wichtig sind optimierte Messkabel und Stecker. Die Messung erfolgt je nach Vorgabe in verschiedenen Wellenlängen. Bei Multimodefasern unterscheidet sich die Ausleuchtung des Faserkerns zwischen Anfang und Ende der Strecke. Mit der Entfernung von der Lichtquelle reduziert sich die Ausleuchtung des Faserkerns. Diese Modengleichgewichtsverteilung (EMD – Equilibrium Mode Distribution) erschwert die Reproduzierbarkeit der Messung. Deshalb wurde häufig ein Modenfilter oder eine 100 m lange Vorlauffaser eingekoppelt. Die neuen Messmethoden sehen bei einer Pegelmessung an Multimodefasern einheitlich die Verwendung von **Wickeldornen (Mandrel wraps)** vor. Auf einen kleinen Kunststoffzylinder wird die von der Lichtquelle ausgehende Faser fünfmal gewickelt.



❺ **Dämpfungsmessung**

OTDR-Messung

Von der Herstellung über die Kabelkonfektion und die Installation ist das **Reflektometer** zu einem unentbehrlichen Messgerät geworden. Die Funktion des **OTDR (Optical Time Domain Reflectometer – optisches Zeitbereichsreflektometer)** kann mit einem Radar verglichen werden. Es werden kurze Lichtimpulse in die Glasfaser geschickt. Beim Durchlaufen der Faser wird von jedem Ort ein kleiner Teil des Lichts auf Grund der Rayleigh-Streuung in der Faser zum Messgerät zurückgestreut. Diese Streuung entsteht durch Dichte-



Der richtige Partner macht es Elektrounternehmen leicht, ihr eigenes Produktportfolio durch Sicherheitssysteme zu erweitern. Von Bosch bekommen Sie alles, was Sie benötigen: Eine durchgängige Produktpalette, individuelle Schulungen, Hilfe bei der Planung und der Abnahme durch Sachverständige sowie das ganze Sicherheits-Know-how von Bosch. Mehr Informationen erhalten Sie unter der Telefonnummer 0800 7000 444. **www.bosch-elektriker.de**

BOSCH
Technik fürs Leben

unterschiede im Glas. Von entfernteren Orten kommt die Streuung später und um die Faserdämpfung abgeschwächt zum Messgerät zurück (Bild ❻). Auch die beim Übergang des Lichtes auf ein anderes Medium entstehenden Reflexionen werden zurückgeworfen. Diese Anteile werden im Empfänger ausgewertet. Die Anzeige des Messgerätes stellt den Intensitätsverlauf über einer Zeitachse dar, wobei die Zeitachse in die Entfernung umgerechnet ist. Grundsätzlich ist die Messkurve eine abfallende Gerade, auf der lokale Dämpfungs- und Reflexionsstellen durch zusätzliche „Intensitätstreppen“ erkannt werden können. Jeder einzelne Abschnitt kann zwischen den zwei Curserlinien A + B fixiert oder automatisch angezeigt werden. Somit werden alle wichtigen Werte der Spleißungen, der Stecker, dem Dämpfungsbelag aber auch der Unregelmäßigkeiten wie zu enge Radien usw. sichtbar.

Im Bild ❼ sind die folgenden **Ereignisse auf der Strecke** dargestellt:

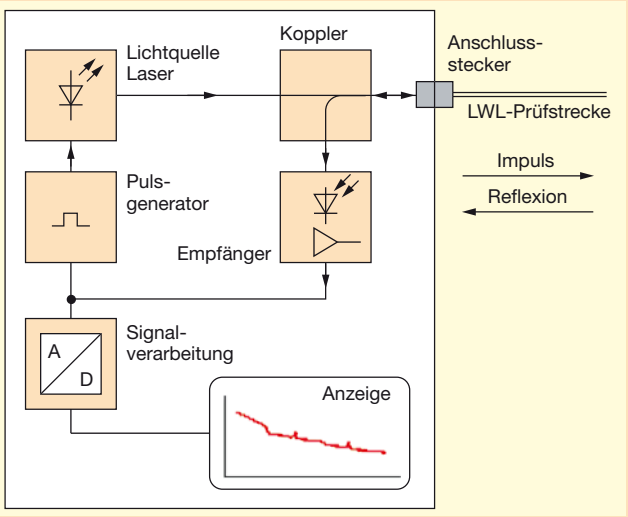
1 Bei den Steckverbindern entstehen auf Grund der **Reflexion** vergleichsweise starke Signale, die auf der OTDR-Kurve als positive Ausschläge dargestellt werden.

2 **Dämpfung** durch das Fasermaterial (Dämpfungsbelag) und die Streckenlänge.

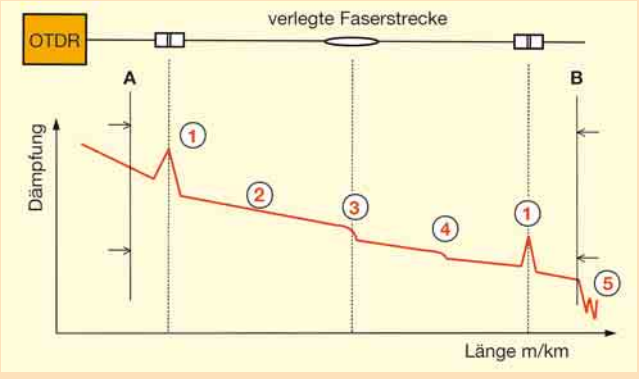
3 Werden bei einer Spleißung zwei identische Fasern miteinander verbunden, ist praktisch **keine Dämpfung** sichtbar. Wenn zwei ungleiche Fasern zusammengefügt werden, kann sich die **Rückstreuung** vergrößern oder verkleinern; ein Ausschlag der Kurve erfolgt nach unten oder nach oben. Eine Messung von der Gegenseite gibt Aufschluss über die Ursache.

4 **Unbekannte Zunahme der Dämpfung.** Als mögliche Ursachen können infrage kommen: Querdruck auf die Faser, zu enger Biegeradius.

5 **Faserende mit Rauschen.** Mittlerweise ist eine breite Auswahl an OTDR-Modellen verfügbar. Sie sind aber auf unterschiedliche Test- und Messanforderungen ausgerichtet und decken vom einfachen Fehlersuchgerät bis zum fortschrittlichen Zertifizierungsgerät alle Bereiche ab. Wer sich nur auf die Gesamtleistung und auf den Preis verlässt, läuft Gefahr, dass er nicht das Richtige für sein Einsatzgebiet bekommt. Zudem sind viele OTDR für Langstrecken konzipiert und eignen sich für die kurzen Strecken im Inhouse-Bereich weniger.



❻ **Prinzip OTDR**



❼ **OTDR-Kurve**



◀ ❽ **OTDR-Kompaktgerät**
Foto: Noyes/AFL



❾ **Testplattform inkl. OTDR**
Foto: JDSU



❿ **OTDR-Impulslängen**

Bei Installationen von FTTH- und LAN-Netzwerken liegen teilweise nur sehr geringe Abstände zwischen den reflektierenden oder nicht reflektierenden Ereignissen vor. Das verlangt vom OTDR hohe Ansprüche in Bezug auf Auflösung und Totzone (Bild ❽ **– Kombigerät, optimiert für FTTH**). Das Gerät enthält bereits eine integrierte Rotlichtquelle und ein Powermeter. Eine **modulare Testplattform** mit allen Applikationen für Kupfer- und Glasinstallationen wird im Bild ❾ dargestellt.

Diese Spezifikationen sollten stets beachtet werden:

- **einfache Bedienung**, ggf. sogar mit Touchscreen
- Der **dynamische Messbereich** bestimmt die Gesamtdämpfung, die mit dem Messgerät analysiert werden kann. Je höher der dynamische Messbereich ist, desto länger ist die Strecke, die analysiert werden kann. **Hilfreiche Faustregel:** der Messbereich soll 5–8 db über der erwarteten Gesamtdämpfung liegen.
- Jedes OTDR hat eine **Totzone**. Die Ereignis-Totzone bezeichnet den kürzesten Faserabschnitt, den das Gerät erkennen kann. Die Dämpfungs-Totzone ist der Abstand zwischen dem Beginn einer Reflexion und dem Punkt, ab dem der Rückstreupegel gemessen werden kann. Die Dämpfungs-Totzone ist immer länger als die Ereignis-Totzone.
- Das Verhältnis zwischen Dynamikbereich und Totzone ist direkt proportional. Ein vom OTDR gesendeter Impuls hat eine bestimmte Länge (Energie). Solange die **Impulslänge** kürzer ist, als der Abstand zwischen zwei Ereignissen, ist eine Anzeige möglich. Bei längeren Impulsen kann keine Auswertung erfolgen (Bild ❿). Kürzere Impulse haben aber weniger Energie und die Dynamik wird dadurch reduziert. Ein

OTDR für kurze Faserstrecken hat daher keinen hohen Dynamikbereich. Da die meisten Messgeräte modular aufgebaut sind, kann das Modul dem Anwendungszweck bezüglich Wellenlänge und Messbereich gewählt werden.

- Im Messgerät werden Messpunkte der Faser erfasst. Die **Messwertauflösung** ist der Mindestabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messpunkten. Dieser Parameter entscheidet über die Genauigkeit der Fehlerlokalisierung. Je nach Impulsdauer und Reichweite liegt die Auflösung zwischen einigen cm und einigen Metern.

Messen und Dokumentieren

Das Messen mit dem OTDR kann grundsätzlich einseitig erfolgen. Zwischen die zu messende Strecke und das Messinstrument wird eine **Vorlauffaser** geschaltet (Bild ⓫). Solche Vorlauffasern



⓫ **Vorlauffasern**
Bild: Noyes/AFL

sind notwendig, damit die erste Steckverbindung am OTDR nicht in die Messung mit einfließt und die Totzone überbrückt wird. Die vorkonfektionierten Fasern sind zwischen 150 und 1000 m lang. Darüber hinaus erlauben die Vorlauffasern eine Adaptierung an die unterschiedlichen LWL-Steckertypen oder die Verwendung eines hochwertigen, stabilen Messsteckers am OTDR. Ebenso wie eine Vorlauffaser gibt es auch eine **Nachlauffaser**, die der Messstrecke nachgeschaltet wird und damit eindeutige Messungen am Faserende ermöglicht. Messkabel und Verbindungsstücke sind hochwertige Teile, die periodisch zu überprüfen sind. Wenn zum Anschluss der Messgeräte die handelsüblichen Patchkabel verwendet werden, leidet die Messgenauigkeit.

Investitionen, Ausblick

Wer Installations-Dienstleistungen im zukunftsträchtigen LWL-Bereich erbringen will, wird zwangsläufig mit der Messtechnik konfrontiert. In der Startphase sind selbstverständlich nicht alle Messgeräte notwendig. Zuerst ist der Aufbau von Wissen und Praxis dringender. Mit diesen Investitionen muss gerechnet werden:

- **Dämpfungsmesskit** (Sender/Empfänger) – ab 800 Euro
- **Videomikroskop** – etwa 1500 Euro
- **VFL** – etwa 300 Euro
- **OTDR kompakt** 1310/1550 nm – etwa 6500 Euro
- **OTDR für Weitverkehr** (alle Wellenlängen) – etwa 15000 Euro
- **Vorspannfaser SM** 1 km konfektioniert – ab 250 Euro.

Messungen an PON-Netzen mit einem angepassten OTDR sind möglich. Die vorhandenen Splitter schalten das Signal auf mehrere Fasern auf. Das erschwert die Auswertung.

Mit der Einführung der Wellenlängenmultiplexverfahren werden mehrere Signale in unterschiedlichen Wellenlängen auf der Faser übertragen. Das erfordert neue Messverfahren – nämlich die Bestimmungen der Dispersionen, der Impulsveränderungen durch Material und Wellenlängen.

Sie werden heute schon bei Weitverkehrsverbindungen angewendet. Mit Messsystemen aus Sender und Empfänger oder als Zusatzmodule zum OTDR lassen sich die gewünschten Parameter analysieren. *R. De Boni*



electronica, München vom 09.–12.11.10, Halle A1, Stand 132 · belektro, Berlin, vom 06.–08.10.2010, Halle 2.1, Stand 115
SPS/IPC/DRIVES, Nürnberg vom 23.–25.11.10, Halle 4a, Stand 521 · GET Nord, Hamburg vom 17.–19.11.10, Halle B4/EG, Stand 301