

2595

# NET

6-7/2021

Zeitschrift für Kommunikationsmanagement

Alles im Blick  
IT-Infrastrukturen  
effizient managen

Moderne Messgeräte  
Exakte Ergebnisse  
beseitigen Engpässe

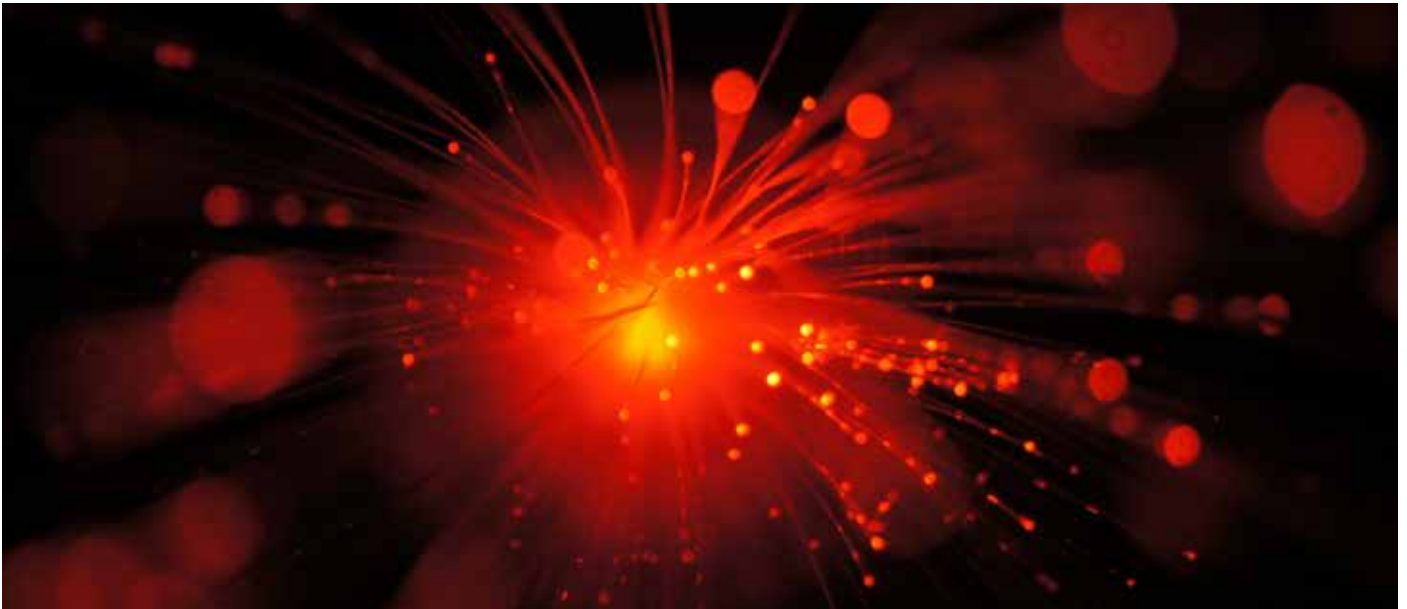


**ARGUS® 300**

**BRINGT LICHT  
INS DUNKEL**

# Fiber-Messtechnik bringt Licht ins Dunkel

## Ein Überblick: Die Begriffe in der Glasfaser-Messtechnik - Teil 1



### Dennis Zopke

Wenig ist in diesen Zeiten so klar, wie dass unsere Daten in Zukunft über Glasfaser zu uns nach Hause kommen. Zwar ist immer noch ein Großteil aller Firmen und Haushalte in Europa über xDSL mit dem Internet verbunden, aber im Hintergrund rückt die Glasfaser (Gf) immer näher an die Nutzer heran. In diesem Artikel wollen wir einen Überblick über die vielen neuen Begriffe in der Fiber-Messtechnik geben und zeigen, welche Lösung man für welches Problem braucht.



Zunächst ist zwischen sogenannten Singlemodfasern (SMF, SM oder Monomodefasern) und Multimodefasern (MMF, MM) zu unterscheiden. Die Singlemodfaser zeichnet sich dadurch aus, dass nur ein Weg des Photons (Mode) zur Führung des Lichts vorhanden ist, ihr Kerndurchmesser ist klein (bis 9  $\mu\text{m}$ ). Das reduziert die Dämpfung/km, erlaubt größere Reichweiten und macht sie biegeunempfindlicher. Daher kommt die SMF für weite Strecken (WAN – Wide Area Network) und ganz besonders auf der letzten Meile (Last Mile) in passiven Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen (P2MP) wie GPONs zum Einsatz.

Die Multimodefaser hat einen weit größeren Kern (ab 50  $\mu\text{m}$ ), ist daher wesentlich einfacher herzustellen und günstiger, sie kann als Stufenindex- (SI; die unterschiedlichen Moden ändern sich stufenweise) oder als Gradientenindexfaser (GI; die unterschiedlichen Moden ändern sich fließend) ausgelegt sein. In den unterschiedlichen

*In Zukunft werden unsere Daten per Glasfaser übertragen und wir dürfen uns auf höhere Geschwindigkeiten freuen. Voraussetzung aber ist, dass das Licht als Träger ungehindert durch die Leitung kommt (Foto: Barbara Jackson, pixabay)*

Moden breitet sich das Licht unterschiedlich schnell aus, was zu Laufzeitunterschieden bei längeren Strecken führt. Daher werden auf kurzer Entfernung (LAN – Local Area Network) Gradientenindexfasern in Form von „aktivem Ethernet“ (Active Ethernet) als Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (P2P) verwendet.

Die nachfolgenden Messmethoden (OPM, OTDR) können grundsätzlich bei beiden Fasertypen zum Einsatz kommen.

### Inspektion, Sauberkeit, Reinigung

Alle Techniken haben eines gemeinsam: Es muss unbedingt sauber gearbeitet werden. Der metallischen Verbindung der Kupferdoppelader bei xDSL war es bislang fast völlig egal, ob und wo man sie mit den Händen berührte, wie schmutzig, staubig oder fettig ihr Umfeld war oder unter welchen

Umständen eine Verbindung zweier Drähte zustande gekommen ist – Hauptsache, die elektrischen Eigenschaften stimmen.

Das ändert sich bei der Glasfasertechnik jetzt schlagartig: Die meisten Probleme, Fehler und Kundenbesuche entstehen durch das Verbinden zweier Glasfasern.

## Spleiß

Die einfachste und sauberste Verbindung ist immer noch der sogenannte Spleiß (engl. Splice). Hier werden zwei Fasern mit Hitze unter Zuhilfenahme eines Spleißgeräts verschmolzen (fusioniert). Wurde sauber gearbeitet, liegt die Dämpfung (engl. Attenuation oder Loss) eines solchen Spleißes mindestens unter 0,1 dB. Ein Spleiß ist auch oft nicht das Problem, sondern viele: Wurde eine Glasfaser zu oft gespleißt, werden die Verluste in ihr zu hoch und Reichweite und Bandbreite nehmen ab.

## Stecker

Das größte Problem bei Glasfaserverbindungen sind aber die Stecker und Buchsen, schließlich lassen sich nicht immer zwei Fasern dauerhaft miteinander verschmelzen. Oft genug kann beim Kunden vor Ort oder im Neben- (NVt) oder Hauptverteiler (HVt) nur gepatcht werden. Bei den Steckern und Buchsen handelt es sich um rein mechanische Verbindungen, bei denen Sauberkeit oberstes Gebot ist.

Hier soll nur auf die gängigsten Typen an Steckern und Buchsen eingegangen werden: Der sog. Subscriber (SC) mit 2,5-mm-Ferrule und der Lucent Connector (LC) mit 1,25-mm-Ferrule sind die häufigsten Glasfaserverbindungen in Europa. Der LC-Stecker ist viel kleiner und erlaubt so höhere Portdichten, z.B. in NVt und HVt. Der SC-Stecker ist aufgrund seiner Größe leichter zu handhaben und findet daher als Einzelstecker oft im Kundenbereich Einsatz.

Bei beiden Verbindungstypen kann die Endfläche der eigentlichen Glasfaser unterschiedlich ausgeführt sein. Am häufigsten



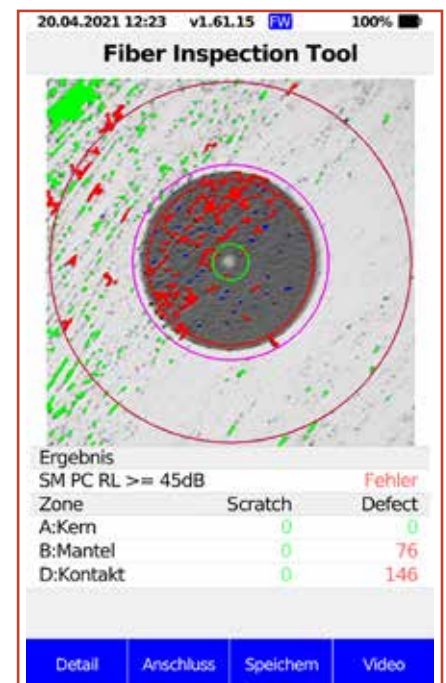
Inspection-Tools sind häufig mit dem Messgerät verbundene USB-Kameramikroskope, die ein hochauflösendes Video-Bild übertragen, das das Messgerät auswerten und per Pass/Fail-Analyse als „gut“ oder „schlecht“ bewerten kann

ten sind hier der Universal (UPC) und der Angled Physical Contact (APC), die nicht kompatibel zueinander sind. Diese lassen sich schnell an der Stecker- bzw. Buchsenfarbe unterscheiden: UPC-Verbindungen sind bei Singlemodfasern blau und bei APC-Verbindungen grün. Der Unterschied zwischen den beiden Typen ist die Rückflussdämpfung (UPC > 50 dB, APC < 60 dB) bzw. der Reflexionsgrad (<-50/<-60 dB). Während bei UPC-Verbindungen die beiden Endflächen im Kernbereich gerade geschliffen sind, ist die Endfläche bei APC-Verbindungen um 8° bzw. 9° angeschrägt. Von der Schnittfläche reflektiertes Licht gelangt so nicht wieder in den Kern und stört, sondern wird ausgekoppelt. Solche Verbindungen weisen i.d.R. eine mittlere Dämpfung von 0,2 bis 0,25 dB auf und können gut mit einem OTDR-Gerät detektiert werden.

Kleinste Verschmutzungen oder Beschädigungen im Endflächen- und insbesondere im Kernbereich erhöhen die Dämpfung stark und sorgen schnell für hohe Verluste, die sich später bei der Bandbreite bemerkbar machen. Dazu genügt schon das Berühren des Steckers mit dem Finger, ein Herumliegenlassen im ungesteckten Zustand oder hohe Luftfeuchtigkeit!

## Reinigung

Daher müssen vor jedem Steckvorgang



Beispiel einer verschmutzten Faserendfläche. Grundsätzlich sollte man jede Kontaktfläche vor dem Verbinden (Connection) inspizieren (Inspection). Der Merksatz: „Connection Follows Inspection“ gehört daher in jedes Lehrbuch

mit einem Inspection-Tool Stecker und Buchse überprüft und im Falle der Verunreinigung gereinigt werden. Aber Achtung: Jede Reinigung ist auch eine mechanische Belastung für die Faserendfläche und sollte nicht auf Verdacht durchgeführt werden, sondern nur bei Bedarf. Bei der Reinigung wird zwischen Trocken- und Nassreinigung unterschieden, die aufeinander aufbauen. Eine Trockenreinigung geht schnell und



kann z.B. Staubpartikel entfernen, aber auch erst draufwischen. Bei der Nassreinigung, die erst bei starker Verschmutzung oder fehlgeschlagener Trockenreinigung zum Einsatz kommt, ist zu beachten, dass der hochreine Alkohol, der zur Reinigung verwendet wird, abtrocknen kann – dazu sollte mindestens 30 min. gewartet werden. Da Alkohol mit der Zeit Feuchtigkeit anzieht, sollte das Ergebnis jedes Reinigungsvorgangs unbedingt überprüft werden!

### Inspektion

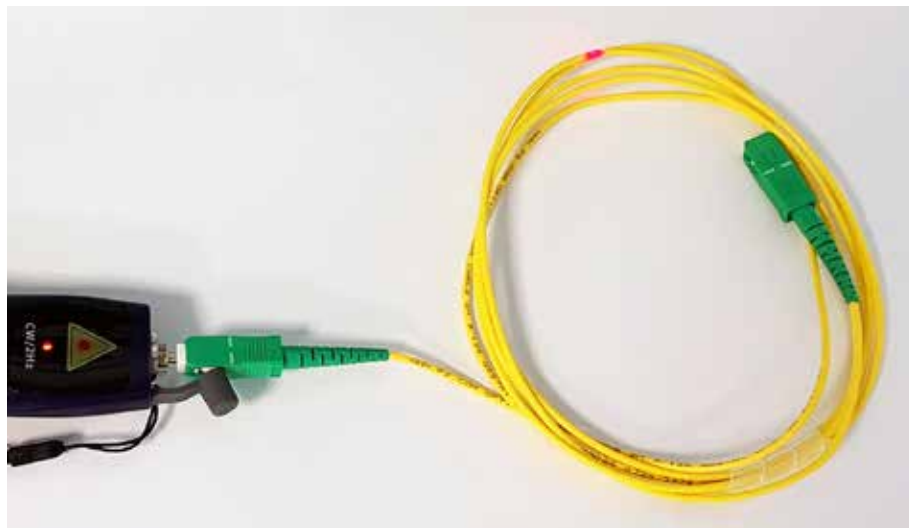
Bei Inspection-Tools handelt es sich häufig um mit dem Messgerät verbundene USB-Kameramikroskope, die ein hochauflösendes Videobild übertragen, das das Messgerät nach IEC 61300-3-35 auswerten und per Pass/Fail-Analyse als „gut“ oder „schlecht“ bewerten kann.

Eine Software analysiert im Hintergrund das Bild und erkennt Defekte wie Kratzer oder Partikel mit einer Größe von  $0,5 \mu\text{m}$  in den einzelnen Zonen: Kern, Mantel, Kleber und Kontakt. Dies ist wichtig, da sich die Zonen mit bloßem Auge schwer erkennen lassen. Auch sollte es die Möglichkeit zum Speichern von Bild und Bewertung geben, um später nachweisen zu können, sauber gearbeitet zu haben. Manche Messgeräte am Markt lassen sich mit einem solchen Tool erweitern. Bei allen nachfolgenden Messmethoden wird immer vorausgesetzt, dass die Verbindung sauber ist.

Wer dauerhaft gute Glasfaserverbindungen will, sollte beim Konnektieren gründlich und sauber arbeiten und die Umgebung des Konnektors sauber halten, um später keine aufwendige Fehlersuche durchführen zu müssen.

### VFL

Sauber arbeiten heißt in der Glasfaser-messtechnik auch sauber verlegen. Vorbei sind die Kupferzeiten, in denen Leitungen in  $90^\circ$ -Winkeln oder in Buchten und



Schleifen verlegt wurden. Bei Glasfaser-Verbindungen ist auf die Biegeradien beim Verlegen zu achten – wird der Radius zu eng gewählt, treten erhebliche Verluste auf und das Kabel kann sogar brechen. Als Faustformel kann man in etwa das 15- bis 20-fache des Kabeldurchmessers als Grenze annehmen, das wäre bei einer Faser mit 2 mm im Durchmesser ein Radius von 3 bis 4 cm.

Ein Visual Fault Locator (VFL) kann ein mit dem menschlichen Auge sichtbares Licht (z.B. rot, 650 nm) in die Faser einkoppeln und so Defekte wie Brüche (Breaks) und Biegungen (Macro Bends) und defekte Stecker mit austretendem rotem Licht sichtbar machen.

In Patchfeldern oder anderen unübersichtlichen Situationen hilft das VFL dabei, die richtige Glasfaser herauszufinden, da das sichtbare Licht aus der Endfläche der Faser austritt und diese rot leuchten lässt. Gute VFLs reichen inzwischen für Faserlängen von mehreren Kilometern (z.B. 5 km) und können das Licht pulsieren lassen, so dass der Blinkrhythmus eindeutig zu identifizieren ist. VFLs sind in der Größe von kleinen Taschenlampen oder sogar Kugelschreibern erhältlich und sehr günstig zu haben – sie gehören genauso wie früher ein Phasenprüfer in jede Technikerhoseentasche.

### Pegel- und Dämpfungsmessung

*Der Visual Fault Locator (VFL) kann ein mit dem menschlichen Auge sichtbares Licht (z.B. rot, 650 nm) in die Faser einkoppeln und einen Bruch sichtbar machen. Dort tritt rotes Licht deutlich sichtbar durch die Isolierung aus*

Der nächste unverzichtbare Schritt ist die optische Pegelmessung mit einem Optical Power Meter (OPM). Dieses misst mit einer Fotodiode den ankommenden Lichtpegel für alle wichtigen Wellenlängen. Kennt man den eingekoppelten Pegel (Sendepiegel, engl. Tx Power) oder weiß man, was man erwartet (Sollpegel), so zeigt einem das OPM rasch, ob genügend Licht am anderen Ende ankommt.

So wird z.B. bei GPONs in Deutschland typischerweise mit 3,5 dBm gesendet. Nimmt man an, dass die erlaubten Verluste auf der Strecke (Solldämpfung), nicht mehr als 21 dB betragen sollen so darf der am anderen Ende gemessene Pegel (Empfangspegel, engl. Rx Power) nicht kleiner sein als -17,5 dBm. Gemessen wird also die Differenz (Einfügedämpfung) – diese wird oft als Qualitätsmaß herangezogen.

Bedenkt man, dass jeder Koppler um 7 bis 17 dB dämpft und jeder Kilometer Glasfaser (inkl. Spleiße) in Abhängigkeit von Wellen- und Faserlänge zwischen 1,0 und 0,3 dB Dämpfung mitbringt und die beiden Steckverbinder insgesamt auch nochmal mit 0,5 dB ins Gewicht fallen, sieht man, dass schnell 21 dB zusammen-

kommen können. Einen Kunden an eine Faser anzuschließen, bei der vorher nicht die Leistungsreserve mit einem OPM überprüft wurde, ist daher fahrlässig.

Bei GPON-Anschlüssen reicht allein aufgrund der Faserlänge eine Messgenauigkeit von  $\pm 0,5$  dB Abweichung bei einer Wellenlänge von 1.490 nm (Upload/Uplink-Wellenlänge). Aber Achtung: Das Messmittel sollte unbedingt kalibriert sein.

Einige wenige ONT-Simulationen vereinen bereits direkte Tests auf allen Protokollebenen mit einer hochgenauen Dämpfungsmessung und lassen sich bei älteren Messgeräten mit SFP-Slot (Small Form-Factor Pluggable) sogar nachrüsten. In Deutschland wird hier häufig nach ZTV43, einer Vorschrift der Deutschen Telekom, gemessen. Die assistentengeführte Messung nennt sich PON-Fast Measurement Telekom (PON-FMT).

Ist der Bedarf etwas universeller und wird auch eine Pegel- und Dämpfungsmessung ohne definierten Sendepiegel für z.B. aktive Punkt-zu-Punkt-Ethernet-Verbindungen benötigt, so sollte – gerade für die hochleistungsfähigen Multimode-Kurzstrecken im LAN-Bereich – eine breitbandige Pegelmessung durchgeführt werden. Auch hier gilt in Zeiten der Koexistenz von Kupfer und Glasfaser, eine SFP-Nachrüstlösung für bestehende Geräte zu wählen, wie zum Beispiel das ARGUS Optical Power Meter, das für viele alte DSL-Tester im Markt nachgekauft werden kann und so den Werkzeugkoffer nicht weiter vergrößert. Für sämtliche Anwendungen gerüstet, misst es Wellenlängen zwischen 850 und 1.675 nm von -60 bis +6 dBm, bei 1.310, 1.490 und 1.550 nm und -20 dB mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 0,25$  dB.

Ähnlich wie bei der Sauberkeit kann es auch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer wichtig werden, einen Nachweis für die Messung zu erbringen. Dafür müssen sich Messprotokolle mit Datum und Anschlussinformationen er-

stellen und Werte bspw. via ftp-Upload oder QR-Code schnell an datenbankgestützte Systeme übermitteln lassen. Dafür geeignete Messgeräte gibt es nur einige wenige am Markt, die meisten machen einfach nur eine Live-Messung.

## OLS und OLTS

Steht kein Sender zur Verfügung oder arbeitet man generell eher im Bereich Rollout mit dunklen Fasern (Dark Fiber), ist eine Lichtquelle (Optical Light Source oder OLS) eine ideale Ergänzung. Lichtquelle und Powermeter (OPM) werden zusammen zum Optical Loss Test Set (OLTS). Dabei ist darauf zu achten, dass es sich um zwei getrennte Geräte handeln sollte, da Quelle und Meter immer an unterschiedlichen Orten benötigt werden. Hochpreisige Messgeräte mit fest eingebaute OLS setzen also immer voraus, dass zwei Geräte für Messungen vorgehalten werden müssen.

Zum echten OLTS wird das Set aber erst, wenn die OLS dem OPM mitteilen kann, mit welchem Pegel sie auf welcher Wellenlänge sendet, das OPM dies erkennt und direkt zur Anzeige bringt. Im Zusammenspiel von OLS und OPM können so z.B. rasch die Downstream-Wellenlänge von GPON 1.310 nm und die Video-Overlay-Wellenlänge (ebenfalls Downstream) von 1.550 nm überprüft werden. Zusätzlich sollte – gerade bei GPON/P2MP-Anschlüssen – eine Wellenlänge zur Verfügung stehen, die einen evtl. bereits aufgeschalteten Betrieb nicht stört. Am besten eignet sich dafür eine Messung mit der Maintenance-Wellenlänge 1.625 nm. Achten Sie auf eine gute Pegelstabilisierung von bspw. weniger als 0,1 dB Abweichung bei 15 min.

Dieser erste Teil fasst die allerwichtigsten Grundlagen beim Messen und Arbeiten an Glasfaserstrecken zusammen. Oberstes Gebot ist dabei eine saubere Umgebung. Mit einem Inspection-Tool, einem Visual Fault Locator und einem Optical



Via SFP-Slot nachgerüstetes Optical Power Meter an einem DSL-Tester. Es misst Wellenlängen zwischen 850 und 1.675 nm von -60 bis 6 dBm, bei 1.310, 1.490 und 1.550 nm und -20 dB mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,25$  dB (Fotos: Intec)

Loss Test Set stellt man die grundlegenden Weichen für eine zuverlässige Glasfaserverbindung.

In der nächsten Ausgabe der NET erscheint der zweite Teil dieses Artikels. Darin werden unter anderem weitergehende Themen wie die Fehlersuche mit Optical Fault Finder (OFF) und Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) sowie die Grundlagen der GPON-Schnittstelle behandelt.

[www.argus.info](http://www.argus.info)