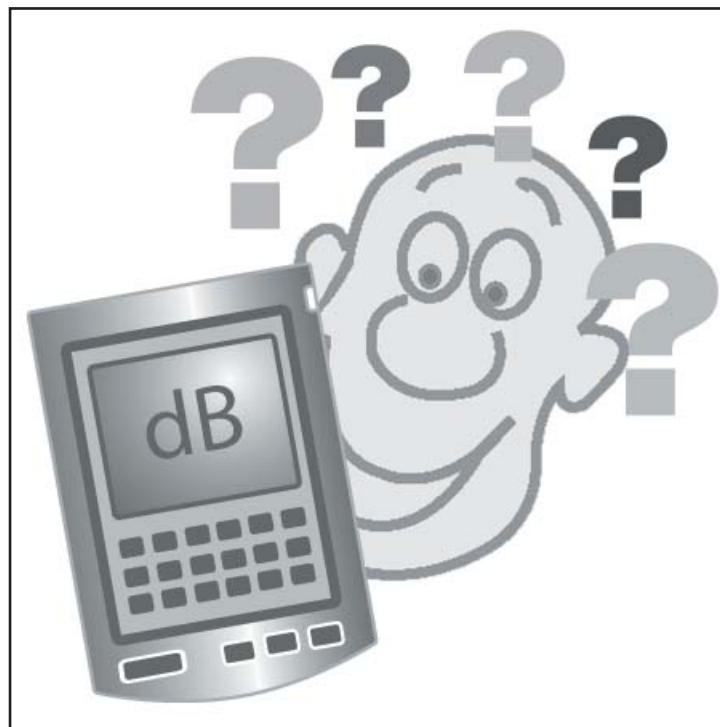


# Glasfaserstrecken richtig messen

von Dipl.-Ing. Hartmut Kell



Zugegeben, die Durchführung einer Glasfasermessung ist nicht unbedingt ein Thema, welches völlig neu und damit unbekannt ist. Doch stellt sich im Rahmen von vielen Projekten und auch Fachseminaren immer wieder heraus, dass diese Verfahren falsch angewendet werden bzw. die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren nicht bewusst sind. Trotz vorhandener Standardisierungen und langjähriger Erfahrung mit den unterschiedlichen Messverfahren

wird im Rahmen von Fehlersuche oder Abnahmemessung weiterhin heftigst diskutiert, was die richtige Methode ist. Der nachfolgende Artikel widmet sich diesem Thema und verhilft damit möglicherweise dem ein oder anderen zum besseren Verständnis.

## Messgröße Dämpfung

Bei allen leitungsgebundenen Medien gibt es zwei Arten von Dämpfung, beide

werden in der Einheit Dezibel (dB) angegeben: Da ist zum einen die Dämpfung, die eine Reflektion einer elektromagnetischen Welle (also auch des Lichts) reduziert (also „bedämpft“). Diese Reflexionsdämpfung ist in der Regel „etwas Gutes“ und sollte einen großen Wert haben...

## Schwerpunktthema

# Glasfaser- strecken richtig messen

Fortsetzung von Seite 1



Dipl.-Ing. Hartmut Kell kann bis heute auf eine mehr als 20-jährige Berufserfahrung in dem Bereich der Datenkommunikation bei lokalen Netzen verweisen. Als Leiter des Competence Center IT-Infrastrukturen der ComConsult Beratung und Planung GmbH hat er umfangreiche Praxiserfahrungen bei der Planung, Projektüberwachung, Qualitätssicherung und Einmessung von Netzwerken gesammelt und vermittelt sein Fachwissen in Form von Publikationen und Seminaren.

Der Wert spielt bei Übertragungen im lokalen Netzwerkbereich derzeit noch eine geringere Rolle, da für jede Übertragungsrichtung eine eigene Faser benutzt wird und damit reflektierte Störsignale zum Sender „zurücklaufen“ und hier wenig Störpotenzial haben. Bei Verwendung von Techniken, die auf einer Faser in beide Richtungen Signale übertragen, ist dies anders, hier muss die Reflektionsdämpfung kontrolliert werden. Die in allen Fällen wichtige zweite Art der Dämpfung ist die „Einfügedämpfung“, sie beschreibt den Leistungsverlust des Lichtes zwischen Sender und Empfänger. Diese Dämpfung sollte im Idealfall „0“ sein, was sie aber bekannterweise nicht ist. Der vorliegende Artikel betrachtet ausschließlich die Einfügedämpfung.

Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Messverfahren zur Ermittlung der Einfügedämpfung, damit gibt es auch zwei Messgerätegruppen, die zur Dämpfungsmessung von Glasfasern verwendet werden können. Die eine Gruppe von Geräten ermittelt auf Basis von sogenannten Pegelmessungen die Dämpfung einer Strecke, die andere Gruppe von Geräten dagegen nutzt ein so genanntes OTDR-Verfahren, welches spezielle Arten von Messgeräten notwendig macht.

## Messprinzip Pegelmessverfahren

Das primäre Ziel des Pegelmessverfahrens ist es, die Gesamtdämpfung einer Strecke zu messen, je nach eingesetztem Messgerät kann zusätzlich die Länge der Strecke in Metern bestimmt werden. Dabei ist das Gerät nicht in der Lage, die Teilwerte der Dämpfung wie z.B. die Spleißdämpfung oder Steckerdämpfung zu ermitteln. Pegelmessgeräte sind relativ preiswert und bestehen aus einer Lichtquelle und einem Lichtstärkenmesser. Insbesondere spe-

ziell für den LAN-Bereich entwickelte Pegelmessgeräte verfügen teilweise zusätzlich über einen Laufzeitenmesser für die Faserlängenmessung. Es gibt sowohl Geräte, die genau nur diesen einen Zweck der Pegelmessung erfüllen und es gibt Zusatzgeräte bzw. Adapter, die in Kombination mit Kupfer-Kabelscannern genutzt werden können. Die ursprüngliche Form der Pegelmessgeräte, lange bevor es Lokale Netzwerke gab, sah Geräte vor, an die man eine einzige Faser anschließen konnte, um diese zu prüfen. Dieses Prinzip der „Einfasermessung“ stellt auch den Grundaufbau aller in Standards beschriebenen Messverfahren dar. Moderne, speziell für die Nutzer von Glasfasern im Bereich Lokaler Netzwerke entwickelte Geräte sehen eine Messung der Dämpfung direkt für ein Fasernpaar vor. Dabei werden in einem Messdurchlauf beide Fasern in beide Richtungen gemessen, das Messergebnis wird aber weiterhin je Faser und je Faserrichtung angegeben. Alle Vorgaben von Dämpfungswerten erfolgen mit Angabe der dazu gehörenden Wellenlänge, demzufolge muss bei einer Dämpfungsmessung auch die richtige Wellenlänge eingestellt werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass eine beliebige Umschaltung zwischen Wellenlängen nur bei modernen Geräten möglich ist. Bei älteren bzw. sehr preisgünstigen Geräten können entweder nur begrenzte Wellenlängen eingestellt werden, oder es sind unterschiedliche

Aufsätze für die Einstellung verschiedener Wellenlängen erforderlich. Zur Messung wird die Lichtquelle an einem Ende des Faserpaares und der Lichtstärkenmesser am anderen Ende des Faserpaares angeschlossen. Der Lichtstärkenmesser misst die empfangene optische Leistung und kann bei entsprechend vorausgegangener Kalibrierung die Einfügedämpfung in Dezibel anzeigen (zur Kalibrierung später mehr). (siehe Abbildung 1)

## Notwendigkeit von Vorlauffaser oder Wickeldorn

Befindet sich das zu prüfende Objekt, z.B. ein Steckverbinder sehr nahe an der Lichtquelle, so wird an dieser Stelle der Faserkern einer Multimodefaser weitestgehend vollflächig ausgeleuchtet (UMD: Uniform Mode Distribution). Mit zunehmender Entfernung von der Lichtquelle reduziert sich diese Kernausschleuchtung auf maximal 70%, man spricht von einer Modengleichgewichtsverteilung (EMD: Equilibrium Mode Distribution). Da diese Kernausschleuchtung einen großen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit der Dämpfungsmessung hat, setzen alle Verfahren voraus, dass diese Modengleichgewichtsverteilung EMD grundsätzlich am Prüfobjekt vorhanden ist. Deshalb wurde häufig eine Vorlauffaser von z.B. 100 Meter bei Multimodefaser vorgeschrieben. Die neuen Vorschriften sehen bei einer Pegelmessung an der

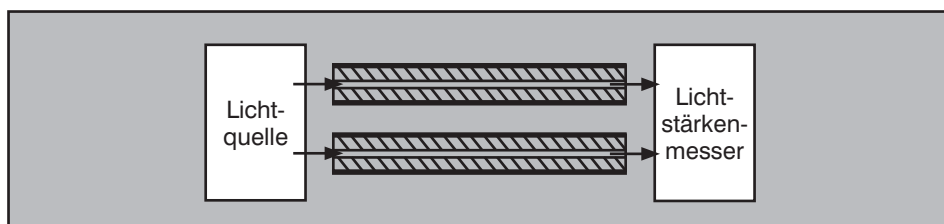


Abbildung 1: Prinzip der Dämpfungsmessung

## Glasfaserstrecken richtig messen

Multimodefaser einheitlich die Verwendung von Wickeldornen vor (engl. Mandel Wrap). Dies sind Zylinder mit einem der Faser oder dem Kabel angepassten Durchmesser, auf denen die von der Lichtquelle ausgehende Faser mit 5 Windungen aufgewickelt werden muss. Dieses bei der Messung notwendige Zubehör muss der EN 61300-3-34 entsprechen und stellt eine EMD sicher. (siehe Abbildung 2)

Die auch bei der EN-Norm berücksichtigte amerikanische Norm sieht folgende Berechnungsformeln vor:

50µm-Faser: [Durchmesser des Wickeldorns] = [25 mm] – [Kabelaußendurchmesser]

62,5µm-Faser: [Durchmesser des Wickeldorns] = [20 mm] – [Kabelaußendurchmesser]

Damit würde z.B. eine einfaserige Messschnur (50µm) mit einem Außendurchmesser von 1,6 mm 5 mal auf einen Wickeldorn mit dem Durchmesser von 23,4 mm aufgewickelt werden. Zu beziehen sind solche Wickeldorne u.a. bei der Firma Noyes Fiber System oder Fluke. (siehe Abbildung 3)

### Bedeutung des Messwertes

Nachdem jetzt also der Messtechniker die Messung (richtig) durchgeführt hat, zeigt ihm das Messgerät einen Dezibelwert an. Im Rahmen einer Abnahme ist dieser dann mit den vorgegeben Grenzwerten zu vergleichen. Ein Techniker, der ein vermutetes Dämpfungsproblem analysiert, muss anhand des Wertes entscheiden, ob die Strecke im Rahmen der Spezifikation liegt oder nicht. Dabei steht er vor zwei Problemen:

1. Was sagt der gemessene Wert aus bzw. habe ich das richtige Messverfahren gewählt?
2. Womit vergleiche ich den gemessenen Wert?

Moderne Messgeräte bieten zwar grundsätzlich die Möglichkeit, dem Messgerät die Passed-Failed-Aussage zu überlassen, dies entbindet den Messtechniker jedoch nicht davon zu entscheiden, ob diese Aussage korrekt ist oder nicht bzw. wie er sie zu bewerten hat.

Beginnen wir mit der ersten Frage. Dazu schauen wir uns zunächst die Vorgaben der verfügbaren Normen an. Die Verkabelungsnorm EN 50173 hat im Verlauf ihrer Weiterentwicklung den „Messteil“ ausgekoppelt und verweist auf die Messnorm EN

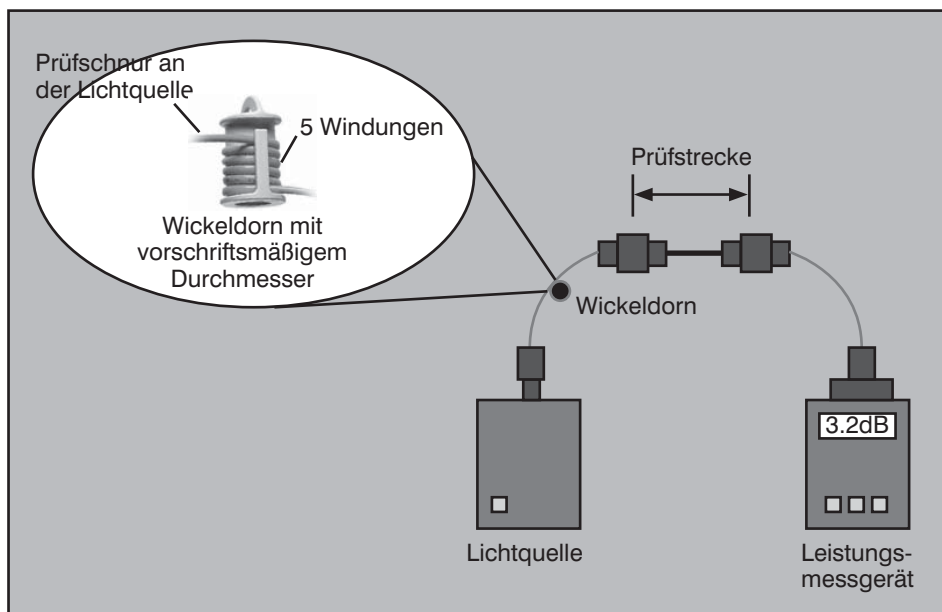


Abbildung 2: Einsatz von Wickeldorn



Abbildung 3: Beispiel für einen Wickeldorn  
Quelle: Fluke

50346. Fast alle derzeit in der ISO/IEC oder EN entstehenden bzw. entstandenen Normen zur Messtechnik bauen letztlich auf amerikanischen Normen auf (z.B. auf der TIA/EIA 526-14A). Deshalb ist eine Kenntnis der amerikanischen und europäischen Normungsansätze zur richtigen Auswahl des Messverfahrens unumgänglich und diese sollen nachfolgend erläutert werden.

Insgesamt existieren derzeit drei amerikanische Normansätze zur Konformitätsprüfung und zwei daraus abgeleitete, in der EN spezifizierte europäische Normansätze. Die Messverfahren sehen im ersten Moment sehr ähnlich aus, bringen aber vollkommen unterschiedliche Ergebnisse hervor. Die Erfahrung zeigt, dass vielen Messtechnikern aus dem Installationsbereich diese entscheidenden Feinheiten nicht bekannt sind. Dazu nachfolgend eine

kurze Gegenüberstellung, wo die Nachteile bzw. Vorteile der drei Modelle liegen.

In der TIA-526-14A:B & TIA-526-7:A1 (= Verfahren 1 der EN 50346) wird bei der Kalibrierung ein Messkabel zwischen Sender und Empfänger gesteckt (Prüfschnur 1). Bei **Verfahren 1** wird die Lichtquelle und das optische Leistungsmessgerät wie im Bild unten gezeigt mit der Prüfschnur 1 verbunden. Die angezeigte optische Leistung  $P^1$  wird als Bezugsleistung aufgezeichnet. Anschließend wird die Prüfschnur vom optischen Leistungsmessgerät getrennt, ohne die optische Verbindung zur Lichtquelle zu lösen, und an die zu prüfende Verkabelung angeschlossen. Eine neue, hinzuzunehmende Prüfschnur 2 verbindet die Prüfschnittstelle am fernen Ende der Verkabelung mit dem optischen Pegelmessgerät. Die europäische Norm empfiehlt dieses Verfahren für die Überprüfung der „Verkabelungsstrecke“ (entspricht der fest installierten Strecke). Gemessen wird der Dämpfungsverlust beider Stecker plus die Faserdämpfung. (siehe Abbildung 4)

In Fachkreisen wird bemängelt, dass das Verfahren 1 lediglich dann verwendet werden kann, wenn die Messgeräteanschlüsse dem Stecker des Prüfobjektes entsprechen; dies ist aber bei Abweichung vom SC-Steckverbinder häufig nicht der Fall, denn der SC-Verbinder ist zwar sehr häufig Standard bei den Messgeräten, aber nicht unbedingt an jedem Rangierfeld zu finden. Bei Empfängern mit austauschbaren Steckeradaptern kann man diesem Problem ausweichen und Verfahren 1 bietet sich an, da es das genaueste Verfahren ist. Ebenfalls wird in der Norm auf den Man-

<sup>1</sup> Hinweis: Die aktuelle EN 50346 hat einen Großteil der beschriebenen Verfahren ausgekoppelt und verweist stattdessen auf die ISO/IEC 14763-3, welche diese Verfahren übernommen hat.

Glasfaserstrecken richtig messen

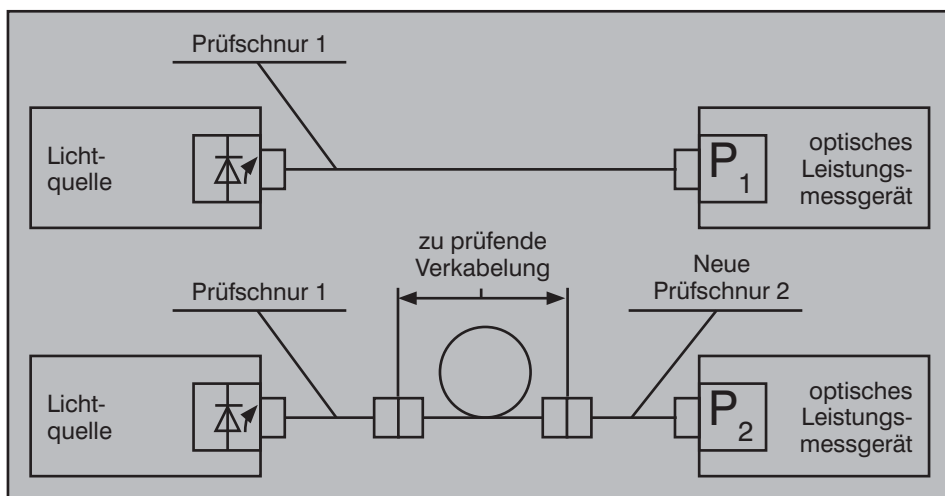


Abbildung 4: Kalibrierung (oben) und Messvorgang bei Verfahren 1

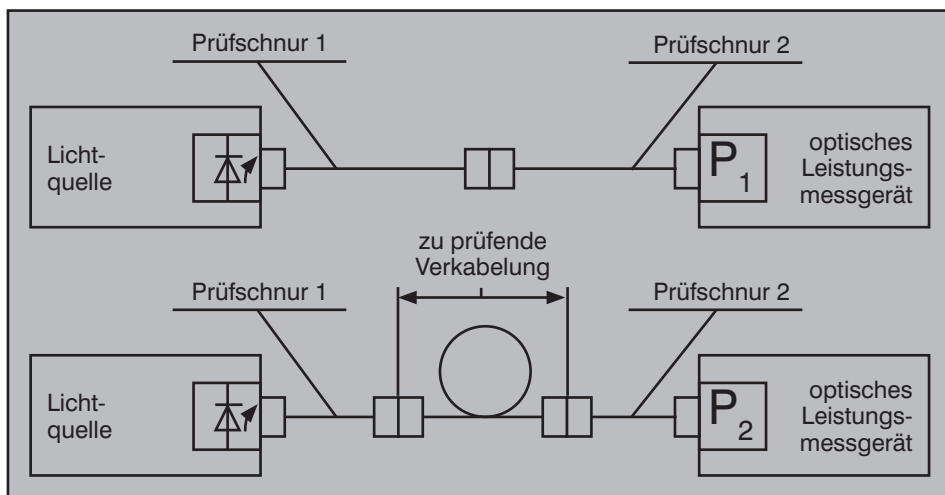


Abbildung 5: Kalibrierung (oben) und Messvorgang bei Verfahren 2

gel hingewiesen, dass die hinzugefügte Komponente (nämlich Prüfschnur 2) bei der Kalibrierung nicht berücksichtigt wird und damit der Einfluss dieser Komponenten

te unklar bleibt.

Beim Messverfahren 2 in der TIA-526-14A:

**A & TIA-526-7:A2** (= kein Verfahren der EN 50346 bzw. ISO/IEC 14763-3) werden bei der Kalibrierung zwei Messkabel plus eine Steckverbindung zwischen Sender und Empfänger gesteckt. Es erfolgt die bereits beschriebene Kalibrierung und anschließend wird die Kupplung zwischen den beiden Prüfschnüren entfernt, die Prüfschnüre bleiben an beiden Geräten angeschlossen bzw. die freien Enden können auf die zu überprüfende Strecke aufgeschaltet werden. Gemessen wird der Dämpfungsverlust eines einzigen Steckers plus die Faserdämpfung (ein Stecker wird „herauskalibriert“). Wichtig: Es werden im Ergebnis nicht beide Stecker berücksichtigt!

Es ist erkennbar, dass bei Verwendung einer Hybrid-Kupplung auch mit unterschiedlichen Steckersystemen an der Prüfstrecke gemessen werden kann. (siehe Abbildung 5)

Bei **Messverfahren 3** werden in der TIA-526-14A:C & TIA-526-7:A3 (= Verfahren 2 der EN 50346 bzw. Verfahren 3 der ISO/IEC 14763-3) bei der Kalibrierung zwei Messkabel plus eine weitere Prüfschnur (auch Jumperkabel genannt) plus zwei Steckverbindungen zwischen Sender und Empfänger gesteckt. Es erfolgt die bereits beschriebene Kalibrierung und anschließend wird das Jumperkabel inklusive der beiden Kupplungen zwischen den beiden Prüfschnüren entfernt, die Prüfschnüre 1 und 2 bleiben an beiden Geräten angeschlossen bzw. die freien Enden können auf die zu überprüfende Strecke aufgeschaltet werden. Gemessen wird nur die Faserdämpfung, denn beide Stecker werden „herauskalibriert“! Mit diesem Verfahren kann ebenfalls an Strecken gemessen werden, die vollkommen unterschiedliche Stecker an ihren Enden haben.

Erstaunlicherweise empfahl die EN50346

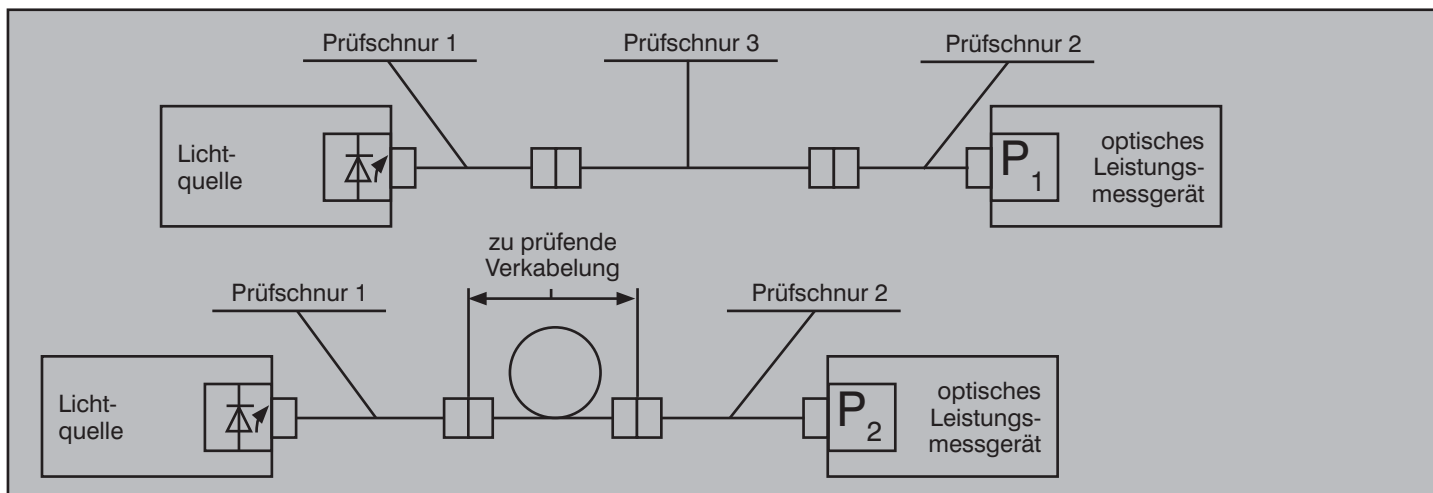


Abbildung 6: Kalibrierung (oben) und Messvorgang bei Verfahren 3

Glasfaserstrecken richtig messen

ausgerechnet diese Methode bei Überprüfung einer Übertragungsstrecke (also Channel Link). Vergleicht man diesen Ansatz z.B. mit den Messansätzen der Kupfertechnik, so ist nicht nachvollziehbar, warum das Verfahren 3 für die Übertragungsstrecke gewählt wurde. Die Applikation bzw. das Übertragungsverfahren wird durch die beiden Steckverbinder in jedem Falle beeinflusst (nicht nur durch die Faserdämpfung) und eine Kalibrierung lässt damit keinen Vergleich der Messergebnisse mit Normwerten zu. (siehe Abbildung 6)

Die Tabelle 1 stellt die Unterschiede noch einmal gegenüber:

Welches Verfahren stellt jetzt die „richtige“ Lösung dar? Diese Frage ist nicht eindeutig zu beantworten, hier sind 3 wichtige Aspekte zu betrachten:

**Der praktische Aspekt:** Alle Messverfahren bzw. Messwerte in den Normen der Zugangsverfahren beziehen sich auf das Verfahren 1. Wie wir gesehen haben, lässt sich dieses aber nur bei identischem Stecker an Messgeräten und an Prüfobjekten durchführen.

**Die Genauigkeit:** Eine vor einigen Jahren durchgeführte Untersuchung der Firma Fotec brachte das Ergebnis, dass bei einem Vergleich aller 3 Verfahren Messunterschiede von ca. 0,5 dB erwartet werden können. Den höchsten Wert wird man bei Verfahren 1 erwarten und den niedrigsten bei Verfahren 3. In Anbetracht der bei hohen Datenraten doch zunehmend kleiner werdenden Dämpfungsbudgets können 0,5 dB von hoher Bedeutung sein.

**Die Reproduzierbarkeit:** Die gleiche Untersuchung brachte das Ergebnis, dass die Standardabweichungen innerhalb der Messreihe eine höhere Genauigkeit bzw. Reproduzierbarkeit bei Verfahren 1 brach-

te, bei den beiden anderen Verfahren wurden Abweichungen von ca. 0,2 dB festgestellt.

**Fazit:** Keines der 3 Verfahren ist wirklich überzeugend. Variante 1 stellt die bevorzugte Variante dar bei SC-Technik an Rangierfeld oder Dose oder bei austauschbarem Messadapter. Variante 2 ist anpassungsfähig an verschiedene Steckertypen und berücksichtigt wenigstens 1 Steckverbindung. Variante 3 stellt die universellste Variante dar, berücksichtigt aber keine Steckerdämpfung. Aus Sicht des Autors stellt Variante 2 den besten Kompromiss dar, die gemessenen Werte sind jedoch bei Vergleich mit Normwerten für komplette Strecken um ca. 0,5 dB für den fehlenden bzw. nicht gemessenen Stecker zu ergänzen.

Nachdem nun die Unterschiede der verschiedenen Kalibrierungsmethoden und Messverfahren beschrieben wurden, kommt die zweite Kernfrage für den Messtechniker, insbesondere bei der Fehlersuche: Was mache ich mit dem gemessenen Wert? Ein Vergleich des Wertes kann prinzipiell nur sinnvoll mit den signaltechnischen Forderungen des jeweils gewählten Zugangsverfahrens sein, doch wie sehen diese aus? Grundsätzlich ergibt sich bei jeder Übertragungstechnik der zugelassene Dämpfungswert aus der Differenz zwischen dem Sendepiegel und dem notwendigen Empfangspegel. Dieser Wert

wird in der IEEE unter dem Begriff Link Power Budget spezifiziert. Würde eine gemessene Dämpfung größer als dieses **Link Power Budget** sein, so ist eine fehlerfreie Übertragung sehr unwahrscheinlich, aber nicht ganz unmöglich. Denn es ist durchaus vorstellbar, dass die jeweils verwendete Hardware mit anderen, besseren Send- und Empfangspegeln arbeitet und damit ein größeres Link Power Budget bereitstellt. Eine diesbezügliche Information wäre im Handbuch nachzusehen. (siehe Abbildung 7)

Die häufigsten Veröffentlichungen von Messwerten dagegen, dies gilt insbesondere auch für die Dämpfungswerte der Verkabelungsnorm EN 50173-1 und die Vergleichswerte der Kabelmessgeräte, beschreiben den so genannten Channel insertion loss. Dieser Grenzwert ist ein berechneter Wert, der sich auf Annahmen von bestimmten Materialqualitäten der Verkabelung und der Steckverbindungen stützt. Die nachfolgende Grafik veranschaulicht das Prinzip: Man nehme eine Glasfaser der maximal erlaubten Länge mit einem typischen Dämpfungsbeleg (angegeben in dB/km), addiere dazu zwei Steckverbindungen mit ebenfalls typischen Einfügedämpfungen (nach Standard 0,75 dB pro Verbindung) und heraus kommt der maximal erlaubte Dämpfungswert. (siehe Abbildung 8)

Man beachte, der Channel Insertion Loss

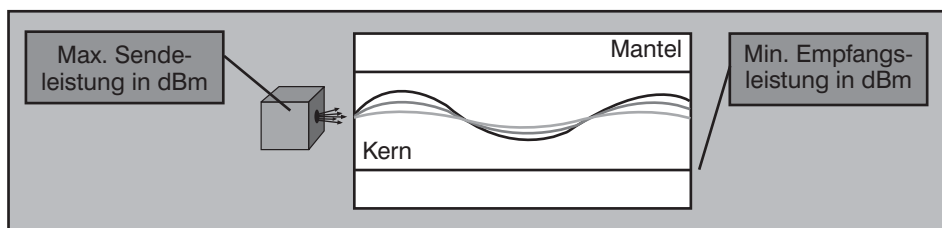


Abbildung 7: Ermittlung des Link-Power-Budgets

Messverfahren	Kalibriert wird	Gemessen wird am Messobjekt*	Mängel
TIA-526-14A:B & TIA-526-7:A1 (Verfahren 1 der EN 50346)	Ein Messkabel zwischen Sender und Empfänger	Der Dämpfungsverlust beider Stecker  <b>Plus</b> Faserdämpfung	Steckeranschluss an Messgeräten und Rangierfeldern muss identisch sein, Einfluss der 2. Prüfschnur nicht berücksichtigt
TIA-526-14A:A & TIA-526-7:A2 (kein Verfahren der EN 50346)	Zwei Messkabel plus eine Steckverbindung zwischen Sender und Empfänger	Der Dämpfungsverlust eines Steckers  <b>Plus</b> Faserdämpfung	Eine Steckverbindung wird „rauskalibriert“
TIA-526-14A:C & TIA-526-7:A3 (Verfahren 2 der EN 50346)	Drei Messkabel plus zwei Steckverbindungen zwischen Sender und Empfänger	Nur die Faserdämpfung	Beide Steckverbindungen werden „rauskalibriert“

Tabelle 1: Übersicht der Messverfahren

Glasfaserstrecken richtig messen

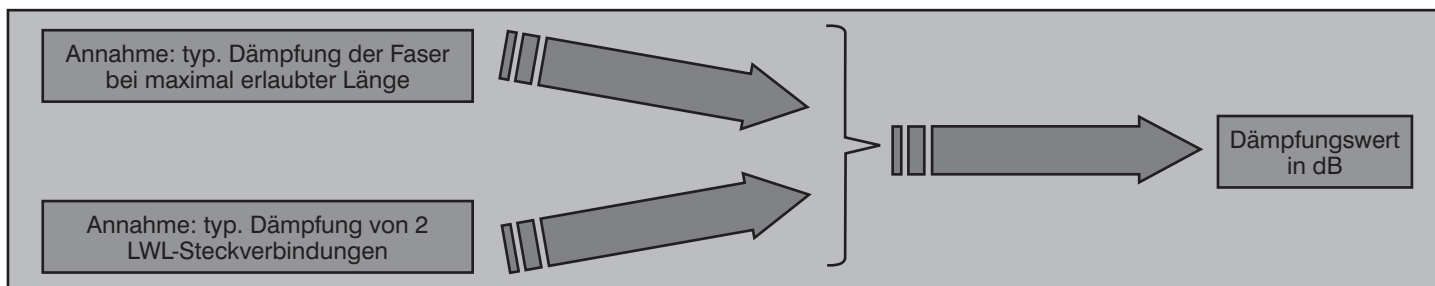


Abbildung 8: Ermittlung des Channel-Insertion-Loss

ist wesentlich strenger als der Wert für das Link Power Budget, zwei Beispiele:

- Der Standard IEEE802.3 1000BaseSX gibt für das Link-Power-Budget eine maximale Einfügedämpfung von 7,5 dB bei 850 nm an, der dazu zumeist publizierte Channel-Insertion-Loss beträgt dagegen „nur“ 3,6 dB (siehe auch EN 50173-1 Tabelle F.4).
- Der Standard IEEE802.3 10GBaseLX4 gibt für das Link-Power-Budget eine maximale Einfügedämpfung von 7,5 dB bei 850 nm an, der Channel-Insertion-Loss beträgt dagegen „nur“ 2,0 dB (ebenfalls siehe auch EN 50173-1 Tabelle F.4).

Es ist nachvollziehbar, dass die Werte für den Channel Insertion Loss am besten geeignet sind für die Überprüfung einer Strecke unmittelbar nach der Installation (also Qualitätsprüfung der Installationsleistung im Rahmen der Abnahme). Anders sieht es dagegen für den Trouble-Shooter aus: Wird ein gemessener Wert diese Anforderung nicht erfüllen, so sollte die Strecke trotzdem fehlerfrei arbeiten, solange das Link Power Budget nicht überschritten wird. Damit ergibt sich für den Trouble-Shooter die Empfehlung, dass er nicht auf Basis der Channel Insertion Loss-Werte von einem Defekt der Strecke ausgehen darf, er sollte seine Messung eher mit dem Link Power Budget vergleichen und dann entsprechende Schlussfolgerungen ziehen.

**Messprinzip Reflektometermessung (OTDR)**

Eine OTDR-Messung (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer) bietet umfangreiche Messmöglichkeiten: sie erlaubt eine Dämpfungsmessung und – im Unterschied zur reinen Pegelmessung – auch die Lokalisierung von Störstellen. Das OTDR-Messgerät umfasst in einem einzigen Gerät den Generator und den Detektor, d.h. eine OTDR-Messung findet grundsätzlich an einem einzigen Ende des Kabels statt. Das OTDR-Gerät sendet einen optischen Impuls in die Faser und dieser wird in der Glasfaser selbst (Ralyeigh-Streu-

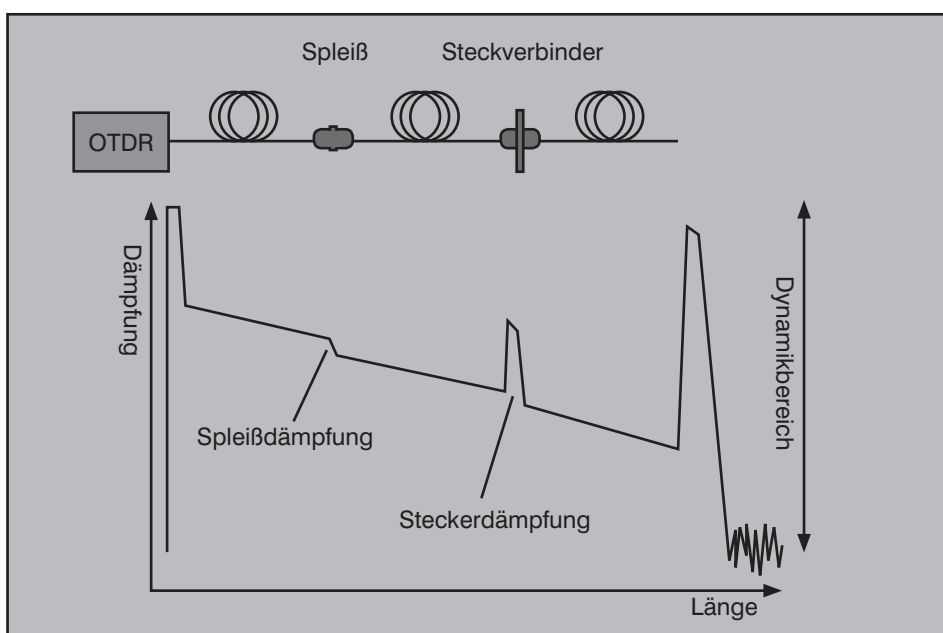


Abbildung 9: Typische (vereinfachte) OTDR-Darstellung

ung) in kleinen Anteilen reflektiert und damit zum Ausgangspunkt „zurückgestrahlt“, darüber hinaus erfolgt eine besonders starke Reflektion an Spleißen, Steckverbindungen, starken Biegeradiusunterschreitungen wie auch an offenen oder gebrochenen Fasern. Mit Hilfe einer Berechnung der Laufzeit bei jedem zurückgesendeten Lichtanteil kann das Gerät die Entfernung der Reflektion ermitteln und diese auf einem Display darstellen: Man bekommt im Prinzip den qualitativen Verlauf der Glasfaserstrecke bildlich dargestellt. OTDR-Messgeräte sind komplizierter und teurer und es ist für den Umgang mit ihnen bzw. der Interpretation der Ergebnisse eine größere Erfahrung erforderlich, diese gewinnt man nicht bei wenigen Einsätzen im Jahr. (siehe Abbildung 9)

Bei Einsatz von OTDR-Messgeräten sind zwei wesentliche Elemente im Messaufbau zu beachten, welche sehr häufig falsch eingesetzt werden, die Vorlauf- und die Nachlauf-faser. Die Anbindung des OTDR-Messgerätes an die zu messende Faser erfolgt über die Vorlauf-faser, am Ende der zu mes-

senden Faser sollte eine Nachlauf-faser angeschlossen werden. (siehe Abbildung 10)

Da sich Detektor und Laserdiode in einem Gerät befinden, „sieht“ der Detektor den von der Laserdiode ausgesendeten Lichtimpuls und wird dadurch kurz „blind“. Es entsteht eine so genannte „Totzone“, in der der Detektor weder Reflexionen noch Dämpfung ermitteln kann. Eine typische Totzone erstreckt sich z.B. über ca. 10 m. Befindet sich innerhalb der Totzone z.B.

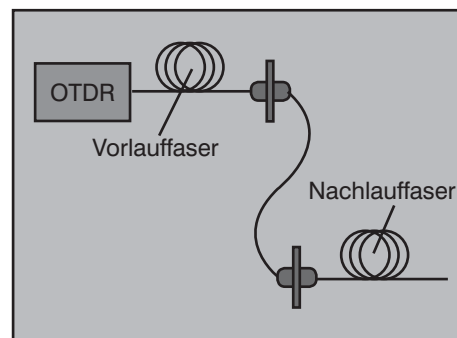


Abbildung 10: Messaufbau einer OTDR-Messung

## Glasfaserstrecken richtig messen

die erste zu überprüfende Verbindungsstelle (z.B. eine Steckverbindung im Rangierfeld), so könnte das OTDR-Gerät die Dämpfung dieser Verbindungsstelle nicht darstellen bzw. anzeigen. Durch Verwendung einer ausreichend langen Vorlauf-faser (z.B. bei Multimode haben sich 100 m etabliert) rückt die zu prüfende Verbindungsstelle weit hinter die Totzone und lässt sich darstellen. Ein weiterer Vorteil der Vorlauf-faser: Die Beeinflussung der Messung durch nicht ausbreitungsfähige Moden wird reduziert bzw. ein Modengleichgewicht (EMD) wird erzielt.

Die Nachlauffaser wird zunächst einmal benötigt, um sicher zu sein, dass das zu messende Kabel vollständig erfasst wurde. Die Steckverbindung zur Nachlauffaser kann auf der OTDR-Grafik eindeutig identifiziert werden. Ohne die Nachlauffaser würde die Dämpfungskurve irgendwann mit einem für den Übergang von Kabel zu Luft typischen Ausschlag enden, es wäre aber nicht ersichtlich, ob es sich hierbei tatsächlich um das Ende des Kabels oder um eine Durchtrennung des Kabels, also einen Defekt kurz vor dem Ende handelt (sofern keine Längenangaben der geprüften Strecken vorliegen). Auch würde wie bei der Vorlauf-faser die Totzone der Steckverbindung am fernen Ende eine Auflösung bzw. Messwertermittlung der Steckverbindung selber erschweren.

Die Vielfältigkeit der verschiedenen Messverfahren bei der OTDR-Messung ist geringer als bei der Pegelmessung, hier hat sich der nachfolgend beschriebene pragmatische Ansatz etabliert. Da moderne OTDR-Messgeräte für jedes Ereignis (= jede Stelle mit einer messbaren Reflexion) direkt den dazugehörigen dB-Wert ermitteln und anzeigen können, sind – im Unterschied zu den Anfängen der OTDR-Messung – heute prinzipiell keine Referenzmessungen mehr notwendig, der Dämpfungswert der gesamten Strecke wie auch der einzelnen Teile der Strecke kann am Display abgelesen werden. Da eine typische Forderung der messtechnischen Überprüfung darin besteht, gerade den Dämpfungswert der gesamten Strecke zu ermitteln, verwendet man häufig, gerade auch bei älteren Messgeräten, ein Verfahren, bei dem zwei Cursor am Display des Messgerätes vom Messtechniker gesetzt werden und das Gerät die Distanz wie auch die Dämpfung zwischen diesen beiden Punkten berechnet (auch Deltamessung genannt). Abbildung 11 stellt einen sehr vereinfachten Verlauf der OTDR-Kurve auf dem Gerätedisplay dar, erkennbar sind Vor/Nachlauffaser, installierte Faser und zwei Steckverbindungen (z.B. in zwei Rangierfeldern). Das ei-

gentliche Prüfobjekt, also die installierte Strecke, befindet sich zwischen den beiden Steckverbindungen, inklusive derselben. Zur Messung dieser Strecke bietet es sich also an, den Cursor 1 unmittelbar vor der linken Steckverbindung zu setzen (siehe Bild) und den zweiten Cursor kurz hinter der zweiten Steckverbindung. Die zweite Totzone lässt aber eine Platzierung des 2. Cursors dort nicht zu. Dieser Sachverhalt führt jetzt zu einem typischen Fehler bei der OTDR-Messung: Man setzt den 2. Cursor unmittelbar vor der 2. Steckverbindung (siehe Bild, Möglichkeit 1). Damit wird aber die Dämpfung der 2. Steckver-

bindung selbst nicht bei der Deltamessung erfasst und der ausgegebene Wert entspricht in keinsten Weise dem realen Wert, dieser ist um die ausgeschlossene Steckerdämpfung höher. Für den Fall, dass das OTDR-Messgerät den Dämpfungswert der 2. Verbindung in der Grafik zusätzlich ausweist, kann dieser Wert addiert werden. Grundsätzlich besser ist aber die Verschiebung des 2. Cursors nach rechts (siehe Möglichkeit 2). In diesem Falle wird die Dämpfung von beiden Steckverbindungen gemessen und angezeigt, abgezogen werden muss dann nur noch der Wert der Faserdämpfung für die

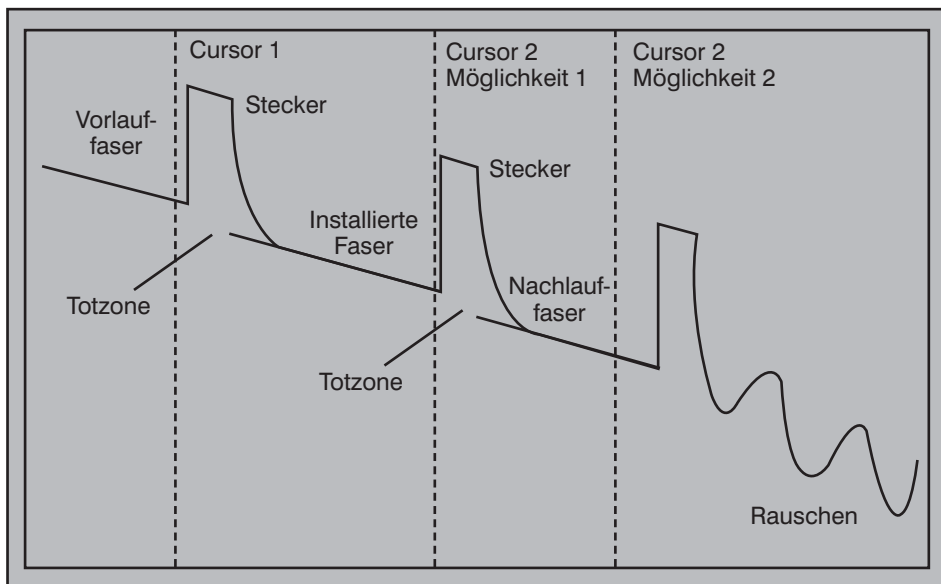


Abbildung 11: Richtige und falsche Cursor-Positionierung

## Jetzt Leser werden



### Der Netzwerk Insider

Der Netzwerk Insider erscheint 12 Mal im Jahr im PDF-Format und informiert Sie per eMail über die Hintergründe aktueller Netzwerk-Technologien. Jeden Monat werden zwei Themen gewählt, über die in ausführlicher Form topaktuelle Insider-Informationen gegeben werden. Der Netzwerk-Insider vertritt die Sichtweise von Technologie-Anwendern und bewertet Produkte und Technologien im Sinne der wirtschaftlichen und erfolgreichen Umsetzbarkeit in der täglichen Praxis. Durch seine strenge wirtschaftliche Unabhängigkeit (keine Hersteller-Anzeigen) kann er es sich leisten, Schwachstellen und Nachteile offen anzusprechen. Der Netzwerk-Insider ist bekannt für seine kritische, herstellerneutrale und fundierte Technologie-Bewertung.

Hier können Sie sich zum Netzwerk Insider kostenlos und ohne jede Verpflichtung registrieren lassen:

<http://www.comconsult-akademie.de/de/Registrierung.php>

## Glasfaserstrecken richtig messen

Nachlaffaser (einfach zu ermitteln über die Länge der Nachlaffaser und der zu-meist bekannten Faserdämpfung).

### Messwertevergleich von OTDR und Pegelmessung

Jedes feldtaugliche Messverfahren muss dem Netzwerkbetreiber und Troubleshooter letztlich ein Vergleichsmaß liefern, anhand dessen er entscheiden kann, ob das von ihm gewählte Zugangsverfahren auf der jeweiligen Strecke realisiert werden kann. Dazu wird der Betreiber die gemessenen Werte mit den durch die Norm (im LAN-Bereich in der Regel eine Norm der IEEE) vorgegebenen Werten vergleichen, diese Vergleichbarkeit stellt das primäre Ziel dar. Sowohl die Messgeräte als auch die Übertragungskomponenten unterscheiden zwischen zwei vollkommen unterschiedlichen Einkopplungstechniken.

Die meisten Pegelmessgeräte arbeiten auf Basis von OFL (Overfilled-Launch), welche eine Gesamtausleuchtung des Kernes mit Hilfe einer Sende-LED zur Folge hat. Diese Technik wird auf der Multimodefaser auch bei den aktiven Komponenten bis einschließlich Fast-Ethernet verwendet. (siehe Abbildung 12)

Alle Übertragungen auf der Singlemodefaser und die Gigabit-Übertragung auf der Multimodefaser arbeiten jedoch mit RML (Restricted-Mode-Launch), welche nur eine Kernmittelpunktausleuchtung mit Hilfe des Lasers vorsieht. (siehe Abbildung 13)

OTDR-Messgeräte sind grundsätzlich Laser-basierend und arbeiten deshalb mit

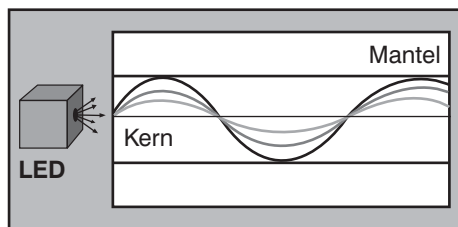


Abbildung 12: Mess- und Übertragungsverfahren OFL

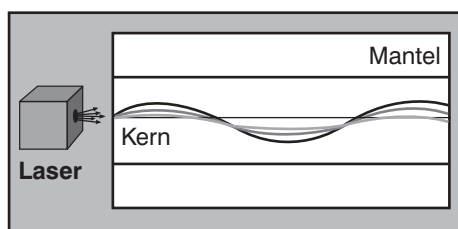


Abbildung 13: Mess- und Übertragungsverfahren RML

RML. Die aktuellen Standards sehen aber aus folgenden Gründen die Dämpfungsmessung mit OFL vor:

- In der IEEE-Gigabit-Norm wird als Basismesstechnik die LED-basierende OFL-Technik verwendet und die einzuhaltenen Werte beziehen sich hierauf. Dies gilt, obwohl die Komponenten selbst Laser-basierende Techniken vorsehen (SX- und LX-GBICs an den Switches und NIC-Karten).
- Auch die TIA/EIA beschloss frühzeitig, OFL in Kombination mit Anpassgliedern als Basistechnik für die Messungen zu spezifizieren.
- Die OFL-Messung gibt die „strengerer“ Werte an, d.h. dass der reale Dämpfungswert bei RML-basierenden Übertragungsverfahren wie Gigabit-Ethernet besser ist.
- Eventuelle „Fehlanspassungen“ von Steckverbindern lassen sich bei LED-basierenden Sendern besser in einer Multimodefaser erfassen als bei Standard-Lasern wie sie z.B. in OTDR-Messgeräten vorhanden sind.
- Das OTDR-Verfahren wird in der Norm lediglich bei der Längenmessung als mögliches Prüfverfahren vorgegeben (moderne Handheld-Scanner-Aufsätze können auch diese Parameter bestimmen).
- Die OTDR-Messung liefert im Vergleich zur einfachen Pegelmessung mit modernen Pegelmessgeräten bzw. Messgeräteaufsätzen keine genaueren Dämpfungsmessungen.

Für Messungen im Rahmen eines Trouble-Shootings sollte die Pegelmessung als Basismessung für die Fehlersuche herangezogen werden, solange eine Ortsauflösung zur Lokalisierung des Fehlers nicht notwendig ist. Die damit ermittelten Dämpfungswerte sind gemäß den oben aufgeführten Standards vergleichbar mit den dort definierten Werten, OTDR-Messwerte sind es nicht! Bei einer Fehlerlokalisierung geht kein Weg an der OTDR-Messung vorbei.

Im Rahmen der Abnahmemessungen gibt es zwei Fraktionen: die einen befürworten eine OTDR-Messung, die anderen dagegen eine Pegelmessung. Die OTDR-Messung hat zweifellos den Charme, dass die installierte Strecke und deren Qualität grafisch dargestellt werden, für jedes Element der Strecke wird ein dB-Wert ermittelt, den man mit dem geforderten Wert

vergleichen kann. Doch ist das tatsächlich wichtig? Spielt nicht eher die Gesamtqualität der Strecke bzw. das Gesamtdämpfungsbudget die größere Rolle? Wen interessiert es, ob z.B. eine um ca. 0,1 dB schlechtere Spleißdämpfung durch eine um ca. 0,2 dB bessere Steckerdämpfung kompensiert wird, wenn die Gesamtdämpfung deutlich unter dem Channel Insertion Loss liegt? Wenn dies so wichtig wäre, müsste dann nicht auch eine TDR-Messung mit Veranschaulichung der Dämpfungseigenschaften jedes Elementes der Strecke bei der Twisted-Pair-Messung verlangt werden?

In beiden Fällen muss klar sein, dass eine Glasfasermessung beidseitig durchzuführen ist, denn die Dämpfungseigenschaften sind richtungsabhängig, Schwankungen von mehr als 1 dB sind nicht ungewöhnlich. Bei modernen Pegelmessgeräten ist dies kein Problem, diese messen automatisch in beiden Richtungen, bei OTDR-Messgeräten dagegen muss das Gerät hin- und hertransportiert werden. Auch der Wechsel der verschiedenen Wellenlängen führt gerade bei älteren OTDR-Messgeräten zu einem Ein/Ausbau der Hardware-Module. Damit ist aus Sicht des Autors eine Pegelmessung vollkommen ausreichend für die Abnahme und die OTDR-Messung liefert keine wirklich relevanten Zusatzmesswerte. Eine Kompromisslösung bildete in mehreren Projekten die 100%-ige Pegelmessung aller Fasern kombiniert mit einer OTDR-Messung pro Bündel. Dies ermöglicht eine Abschätzung, ob z.B. durch stärkere Unterschreitungen von Biegeradien möglicherweise Beschädigungen aufgetreten sind, die sich erst als Langzeiteffekt bemerkbar machen, zuverlässige Erfahrungen zu den Vorteilen dieses Kompromisses gibt es aber nicht (die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung von nur einer Faser in einem Bündel ist wohl gering einzustufen).

### Fazit

Sowohl Pegel- als auch OTDR-Messung bieten Vorteile im Rahmen einer Abnahmemessung oder eines Trouble-Shootings. Bei beiden Verfahren werden sehr häufig systematische Fehler gemacht und die Interpretation der ermittelten Werte erfolgt nicht korrekt. Deshalb ist sowohl für den Messtechniker selber als auch für den Auftraggeber der Messungen ein Grundverständnis der Unterschiede dringend notwendig. Tendenziell sind die Vorteile der Pegelmessung für alle Anwendungen höher zu bewerten und diese ist zu bevorzugen, aber nicht alle Messungen können unter Verzicht auf OTDR-Funktionalität durchgeführt werden.