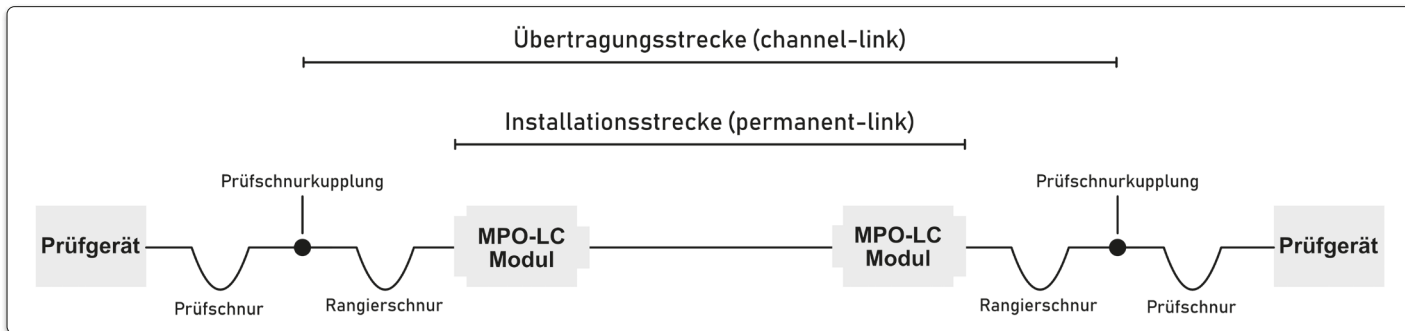


Hohe Link-Effizienz, aber wie?

Einfügedämpfung minimieren, Rückflusdämpfung maximieren



Verkabelungslösungen sollten so ausgelegt sein, dass sie als neutrale Datenautobahn für künftige Anforderungen fungieren, die reibungslose Migration zu Übertragungsraten von derzeit bis zu 800G unterstützen und gleichzeitig maximale Performance bieten. Dies ist angesichts des ungebremst steigenden Datenbedarfs wichtiger denn je. Eine entscheidende Rolle, um die gut funktionierende Verkabelung gewährleisten und die geforderten Datenraten realisieren zu können, spielen dabei Systemkomponenten: Module, Trunk- und Patchkabel müssen die vorgegebenen Dämpfungsbudgets – etwa den von Transceiver-Herstellern festgesetzten Wert von maximal 1,5 dB für den Multimode-Link – zwingend einhalten. Doch die Realität in Rechenzentren sieht anders aus: Hier patchen Netzwerktechniker häufig zwei oder drei Links hintereinander, wodurch sich die Link-Dämpfung verdoppelt oder verdreifacht. Diese Methode zeigt die Bedeutung der Link-Dämpfung für die funktionierende LWL-Verkabelung: Nur mit einer möglichst niedrigen Link-Dämpfung bleiben Leistung und Zuverlässigkeit der Datenübertragung bei 800G und mehr erhalten.

zung für eine funktionierende Verkabelung. Hierbei spielen Einfüge- und Rückflusdämpfung eine entscheidende Rolle. Beide Parameter wirken sich auf die Übertragungsleistung einer Glasfaserverkabelung aus: Die Einfügedämpfung (IL, Insertion Loss) bezieht sich auf die Verluste, die bei der Übertragung von Licht durch ein optisches Kabel oder Gerät entstehen. Gründe dafür können Absorption, Reflexion oder Streuung des Lichts im Kabel oder Bauteil sein. Eine höhere Einfügedämpfung führt zum Verlust von mehr Licht und schwächt die Signal-

stärke. Interferenzen oder Fehler bei der Datenübertragung können die Folgen sein. Deshalb ist die Einfügedämpfung ein ganz entscheidender Leistungsparameter bei Design, Auswahl und Installation von Glasfaseranwendungen. Sie muss innerhalb der zulässigen Toleranzen liegen, um Leistung und Zuverlässigkeit der Datenübertragung sicherzustellen.

Die Rückflusdämpfung (RL, Return Loss) gibt an, wie stark das Licht an der Rückreflexion (Back Reflection) gehindert wird. Abhängig vom Winkel des

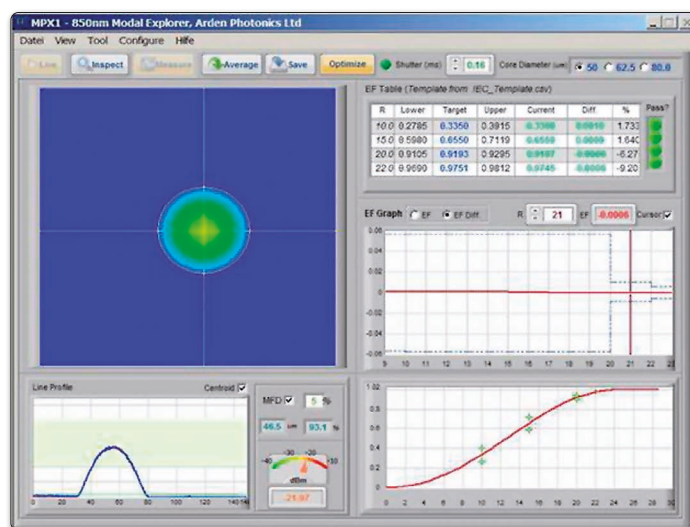


Bild 1: Von Encircled Flux sprechen Experten, wenn die Übertragung des Lichts in einem genau definierten Teilbereich des Faserkerns erfolgt. Hier eine Messung der tde mit dem Modal Explorer MPX-1 von Arden Photonics: Gescannt wird nur das Nahfeld des Kerns. Oben rechts ist der nach IEC 61280-4-1 definierte Teilbereich des Faserkerns erkennbar, links oben sieht man dessen Nahfeld

Autor:
André Engel
Geschäftsführer
tde – trans data elektronik
GmbH
www.tde.de

Einfüge- und Rückflusdämpfung

Die Einhaltung der Dämpfungsbudgets bildet die Voraussetzung

Table E.2 – EF requirements for 50 µm core fibre cabling at 850 nm

Radius µm	EF lower bound	Target	EF upper bound
10	0,278 5	0,335 0	0,391 5
15	0,598 0	0,655 0	0,711 9
20	0,910 5	0,919 3	0,929 5
22	0,969 0	0,975 1	0,981 2

Bild 2: Der IEC-Standard 80-4-1 (Ed. 2.0, 16.04.2009) definiert die Teilbereiche für die Energieverteilung des Lichtes im Kern (Quelle: IEC 61280-4-1, Ed. 2.0, 16.04.2009)

einfallenden Lichts wird innerhalb der Faser, insbesondere an den Steckerendflächen, ein größerer oder kleinerer Teil des eingekoppelten Lichts zurückreflektiert. Die Größe der Back Reflection hängt dabei wesentlich von der Oberflächengüte der Steckverbinder und allgemein der Qualität des physikalischen Kontakts einer Steckverbindung ab. Die Rückflussdämpfung gibt damit an, wie stark die Rückreflektion des Lichts verhindert wird. Während die Einfügedämpfung möglichst gering sein sollte, sollte die Rückflussdämpfung einen möglichst hohen Wert erreichen.

Statt Trial & Error: Passgenaue Komponenten von Anfang an

Doch welche maximalen Dämpfungsbudgets für eine Übertragungsstrecke (Channel-Link) sind realistisch und welche lassen sich garantieren? Diese Fragen spielen gerade auch bei Ausschreibungen zu RZ-Verkabelungen immer wieder eine wichtige Rolle, da viel von den Dämpfungswerten in Datacentern abhängt. Gleichwohl suchen Anbieter immer noch nach der Methode Trial & Error geeignete Module für die passenden Trunkkabel, um die Dämpfungswerte nicht zu überschreiten. Dieses Vorgehen widerspricht aber der Idee einer RZ-Verkabelungslösung nach dem Plug&Play-Prinzip.

Dass es auch anders geht, zeigt der Netzwerkexperte tde - trans data elektronik: Dort passen

alle Komponenten auf Anhieb zusammen, sind Plug&Play-fähig und bleiben innerhalb der vorgegebenen Dämpfungsbudgets beziehungsweise unterschreiten sie deutlich.

Normierte Werte für Einfüge- und Rückflussdämpfung

Das Dämpfungsbudget errechnet sich aus der Addition der Einfügedämpfungswerte aller Glasfaserkomponenten innerhalb eines Channel-Links: Dazu gehören die Dämpfung des Kabels über eine bestimmte Länge, die Dämpfung aller vorkonfektionierten Kabel, Patchkabel, Steckverbinder und Spleiße im Übertragungskanal. Daneben müssen RZ-Planer und Netzwerkspezialisten eine zusätzliche Dämpfungsreserve vorhalten, um Faktoren wie den Biegeradius des Kabels, Fehlaufrichtungen der Faser oder Verschmutzung der Faserendflächen, mangelnde Installationsqualität oder das Alter der Transceiver mit zu berücksichtigen.

Werden Glasfasern in Datacentern installiert, so ist die Messung der Einfügedämpfung für Tier-1- (bidirektionale Dämpfungsmessung) und 2- (OTDR-Messung, optische Zeitbereichsreflektometrie) Abnahmemessungen verpflichtend. Wie hoch die maximale Einfügedämpfung im Channel-Link sein darf, ist von den Transceiver-Herstellern und den zuständigen Normungsgremien definiert. Auch die Rückflussdämpfung wirkt

sich als weiterer Parameter auf die Übertragungsleistung von Glasfaserverkabelungen aus und muss berücksichtigt werden.

Für die Tier-1-Abnahmemessung sieht die ISO/IEC 14763-3 maximal 0,5 dB für Multimode-Installationen und 0,75 dB für Singlemode-Installationen vor, wobei diese Werte für eine Steckverbindung gelten und nicht für den gesamten Link (Channel-Link). 1,5 dB ist das zur Verfügung stehende Dämpfungsbudget bei 40 GBit oder höher einer Multimode-Übertragungsstrecke (Channel-Link). MPO-Steckverbinder haben eine typische Einfügedämpfung von 0,15 dB und eine Rückflussdämpfung von mindestens 25 dB und sind für mehr als 1000 Steckzyklen ausgelegt. Noch weiter gehen Netzwerkexperten wie tde: Ihre MPO-Stecker bieten in der Multimode-Ausführung sogar Einfügedämpfungen

von durchschnittlich 0,1 dB und Rückflussdämpfungen von mehr als 35 dB sowie von weniger als 0,1 dB und mehr als 75 dB in der Singlemode-Ausführung. Die maximale Dämpfung für eine Übertragungsstrecke (Channel-Link) kann die tde mit 0,5 dB garantieren – weniger als die Hälfte des branchenweit üblichen Wertes.

Die Channel-Link-Messung

Diese misst die fest installierte Strecke inklusive aller Rangierschnüre, s. Aufmacherbild. Der erste und letzte Stecker der Strecke wird dabei nicht mitgemessen. Netzwerktechniker müssen alle Rangierschnüre der jeweiligen Strecke verwenden, wobei diese nach der Messung vor Ort bleiben müssen. Werden sie von der Strecke entfernt, ist die Messung ungültig. Die Permanent-Link-Messung misst nur die fest installierte Strecke. Messkabel

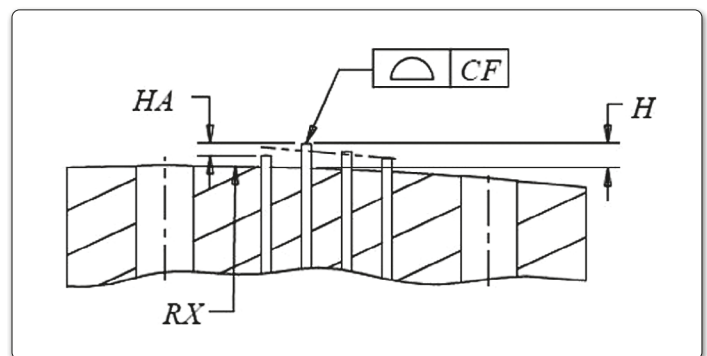


Bild 3: Nicht alle Glasfasern lassen sich auf gleicher Höhe polieren. Daher kann es zu Höhendifferenzen kommen. Netzwerkexperten bleiben innerhalb des in der Norm IEC 61755-3-4 vorgegebenen Grenzwertes von 0,3 µm zwischen der höchsten und niedrigsten Faser

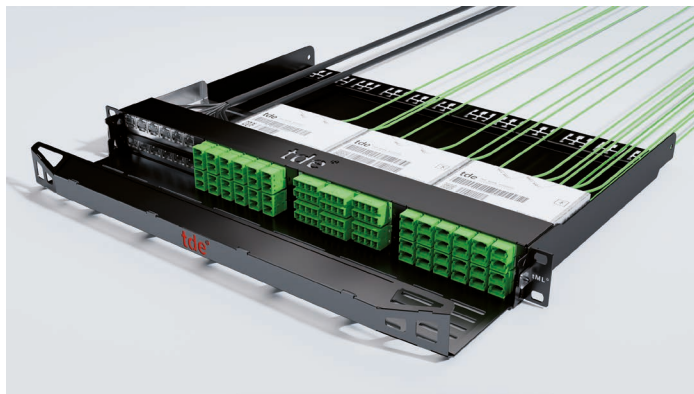


Bild 4: Verkabelungslösungen sollten so ausgelegt sein, dass sie als neutrale Datenautobahn für künftige Anforderungen fungieren, die reibungslose Migration zu Übertragungsraten von derzeit 800G unterstützen und gleichzeitig maximale Performance bieten

sind aus der Messung auszunehmen, wobei die Messstecker am Ende des Messkabels in der Messung enthalten sein müssen.

Insbesondere die Rückflussdämpfung wird – bedingt durch die hohen Übertragungsleistungen und die WDM-Systematik (Wavelength Division Multiplexing) – gerade für Multimode-Übertragungen ein immer wichtigerer Faktor. Gemäß IEC 61280-4-1 Ed. 2.0 ist die Multimode-Messmethode nach der Encircled-Flux-Metrik die erste Wahl für die IL und RL in Multimodestrecken, s. Kasten und Bild 1.

Dämpfung in Multimodefasern präzise, verlässlich und reproduzierbar messen

Mit der Encircled-Flux-Metrik erkennen Netzwerktechniker zuverlässig, ob ihr Netz ausgelastet ist oder ob Lichtleistung tatsächlich verloren geht – und wenn ja, wie viel: Dafür definiert die Einkoppelbedingungen in Multimode-Glasfasern, indem das Verhältnis zwischen der eingekoppelten Sendeleistung und dem Radius des angeregten Teils des Faserkerns bestimmt wird. Ungenauigkeiten bei Dämpfungsmessungen lassen sich so nachweislich auf ca. 10% reduzieren.

Die Festlegung der Encircled-Flux-Metrik steht in Verbindung mit der Entwicklung des

10-Gigabit-Ethernet: Sie definiert Encircled Flux als Einkoppelbedingung für eine VCSEL-Lichtquelle, die ihre Lichtleistung stärker auf die Mitte des Faserkerns konzentriert als Laser oder LEDs. Der IEC-Standard 61280-4-1 definiert seit Juli 2009 die Teilbereiche für die Energieverteilung des Lichtes im Kern, s. Bild 2.

Hochwertige Komponenten „Made in Germany“

Um Werte weit unterhalb der Norm zu erreichen, sind bereits in Produktion und Fertigung höchste Qualität und präzise Prozesse nötig: tde fertigt ihre Fan-out-Kabel selbst, anstatt diese aus Fernost zu beziehen. Diese mögen zwar billig sein, jedoch lassen sich die Fertigungsprozesse nicht überwachen. Zudem optimiert der Netzwerkspezialist die Endflächen seiner Steckverbinder mittels Lasercleaving und Maschinenpolitur. Alle Fertigungsprozesse werden regelmäßig evaluiert und weiter optimiert.

Das Ergebnis ist eine herausragend gleichbleibende Qualität. Entscheidend für die hohe Performance ist auch der Faserüberstand: Beim Koppeln zweier Stecker verbleibt zwischen allen Fasern ein möglichst geringer Luftspalt. Dadurch lassen sich Verluste minimieren. Die MPO/MTP-Stecker der tde besitzen einen definierten Faserüberstand von 1 bis 3,5 μ entsprechend der

Norm IEC 61755-3-4. Bei sorgfältiger Fertigung mit moderner Fertigungstechnik und hochwertigen Komponenten beträgt die maximale Höhendifferenz benachbarter Fasern 0,2 μ m. Der in der Norm IEC 61755-3-4 vorgegebene Grenzwert ist 0,3 μ m. Zudem hat tde alle Systemkomponenten – Fanout-Kabel beziehungsweise Module, Trunk- und Patchkabel – speziell aufeinander abgestimmt, um eine optimale Performance zu gewährleisten, s. Bild 3.

Steckerendflächen: ganz schön sauber

Auch die Sauberkeit der Steckerendflächen hat einen entscheidenden Einfluss auf die Einfügedämpfung. Netzwerktechniker und Planer müssen deshalb penibel auf ihre Einhaltung und Kontrolle achten. Verschmutzte Steckverbinder ergeben keine optimale Dämpfung, und selbst winzige Staubpartikel reichen aus, um Teile oder das gesamte Lichtsignal zu blockieren. Die Folge: Erreicht oder überschreitet der Steckverbinder den Schwellenwert der Empfängerempfindlichkeit, ist die Verbindung gestört oder kann sogar ganz ausfallen.

Daher müssen Steckerendflächen entsprechend der Norm IEC 61300-3-35 ordnungsgemäß gereinigt und geprüft werden. Um Dämpfungsbudgets jenseits des Standards bieten zu können,

setzt tde bereits einen Schritt früher an: Die Grundlage bilden qualitativ hochwertige Rohstoffe und eng tolerierte Komponenten. Weiterhin durchläuft jede Kabelapplikation ein hundertprozentiges Prüfverfahren mit Interferometermessungen, Messungen der Einfüge- und Rückflussdämpfung und visueller Endkontrolle. Damit stellt der Netzwerkexperte sicher, dass ausschließlich einwandfreie Produkte den Weg zum Kunden finden.

Damit die Dämpfungsbudgets auch im Feld eingehalten werden können, müssen Netzwerktechniker und Installateure auf das sachgemäße Verlegen der Kabel achten und nach der Installation eine finale Abnahmemessung vornehmen. Hierbei wird üblicherweise ein Permanent-Link, bestehend aus Modul-Kabel-Modul, gemessen. Dabei darf die Einfügedämpfung 0,5 dB bei Multimode nicht überschreiten. Auf die Einhaltung dieser Vorgabe haben Systemhersteller und Installationsunternehmen gleichermaßen zu achten. Unternehmen sind gut beraten, auf Netzwerkspezialisten zu setzen, die mit einer außergewöhnlich niedrigen Link-Dämpfung für ihre Verkabelungsplattformen arbeiten. So sind die Datenautobahnen auch für zukünftige Anforderungen an Migration und Performance gerüstet (Bild 4 und 5). ◀



Bild 5: Übertroffene Werte: MPO-Stecker von tde bieten in der Multimode-Ausführung Einfügedämpfungen von durchschnittlich 0,1 dB und Rückflussdämpfungen von mehr als 35 dB sowie von weniger als 0,1 dB und mehr als 75 dB in der Singlemode-Ausführung