

❶ Vorkonfektioniertes Optomode-LWL-Kabel mit Ferrulen (Foto: Dätwyler)

## LICHTWELLENLEITER

# Die Qual der Wahl

Ein hochwertiges passives Verkabelungssystem ist im Gegensatz zu aktiven Übertragungskomponenten bis zu 15 Jahren im Einsatz und stellt eine sichere Zukunftsinvestition dar. Die gleichbleibend hohe Übertragungsgüte und Lebensdauer von Datennetzen hängt in erster Linie von der Qualität der eingesetzten Lichtwellenleiter (LWL) ab. Anwender sollten deshalb die Güte der eingesetzten Kabel genau prüfen, um das Produkt mit dem richtigen Preis-Leistungs-Verhältnis auszuwählen.

**Dieter Rieken**  
Der Autor ist Redakteur bei der Fa.  
Konzept PR in Augsburg

Rund 10 Prozent aller Neuverkabelungen werden bereits heute als Fibre-to-the-desk-Lösung mit Lichtwellenleitern bis zum Arbeitsplatz ausgeführt. Anwender entscheiden sich wegen der Investitionssicherheit und der ständig wachsenden Datenraten in der industriellen Kommunikation bei Neuinstallationen zunehmend für Lichtwellenleiter. Mit Frequenzbereichen von bis zu 1,5 Gigahertz bieten sie nämlich erhebliche Reserven für zukünftige Anforderungen. Nicht unerwähnt darf in diesem Zusammenhang bleiben, dass nur eine effektiv kommunikationsfähige Gebäudetechnik – eben etwa mit LWL – den leistungsfähigen Gebäudebetrieb erlaubt, um die großen ökonomischen und ökologischen Vorteile eines solchen Systems zu erschließen.

### Einsatzgebiete

In der strukturierten Gebäudeverkabelung [1] wird auf der Ebene der Campus- und der Steigzonenverkabelung (Primär- und Se-

kundärebene bzw. Ebene 1 und 2) fast jede Installation mit LWL ausgeführt, da wegen der ausgedehnten Datenetze bei Kupferkabeln schnell Erdungs- und Potentialprobleme entstehen können. LWL übertragen Daten zudem schneller, weiter und grundsätzlich in digitalisierter Form. Außerdem erlauben sie eine höhere Packungsdichte. Auf der Tertiärebene, also der Etagenverkabelung (Ebene 3), wird deshalb immer häufiger die Fibre-to-the-desk-Lösung gewählt, obwohl der Anschaffungspreis, billigere aktive Bauteile und die problemlose Einbindung von Sprache hier eher für den Einsatz von Kupfer sprechen.

Für den Steigzonenebene 2 kommen sowohl hochfasrige (bis 144 Fasern) als auch niedrigfasrige, auf der Tertiärebene (Etagenverkabelung) ausschließlich niedrigfasrige (4 bis 6 Fasern) Multimode-Kabel zum Einsatz. Monomode-Kabel werden hauptsächlich für die Verbindung der Gebäude untereinander (Campus bzw. Ebene 1) verwendet. Darüber hinaus gelangen auch sogenannte Hybridkabel zur Anwendung. Sie bestehen aus Multimode- und Monomode-Fasern.

LWL können ebenfalls aus Plastic-Werkstoffen erzeugt werden. Solche Plastic Opti-

cal Fibres (POF) bieten sich lediglich für Entfernungen unter 10 m an (z. B. im Automobilbau und HiFi-Technik), da ihre Dämpfung zu groß ist. Im folgenden spielt diese Ausführung deshalb keine Rolle.

Viele Investoren, die sich für ein neues Netzwerk entscheiden, besitzen gegenüber Glasfaserkabeln allerdings noch große Vorbehalte. Neben dem Kostenfaktor liegt ein wichtiger Grund darin, dass die Glasfaserqualitäten wenig transparent sind. Große Unsicherheit herrscht außerdem darüber, ob die einmal installierten Netze die an sie gestellten Anforderungen auch langfristig erfüllen. Ein solcher Vorbehalt ist angesichts der Marktsituation nicht unbegründet.

### Marktsituation mit harten Bandagen

Den Markt kennzeichnet ein harter Verdrängungswettbewerb mit ruinösen Preiskämpfen. Diese Situation ist einer hochwertigen Fertigungstechnologie wenig zuträglich. Hinter vorgehaltener Hand kursiert bereits die Einschätzung, dass letztlich europaweit höchstens zwei große Anbieter sowie einige kleinere Nischenanbieter übrig bleiben werden.

### Monomodefaser

**Max. Dämpfung** bei einer Wellenlänge 1310 nm: 0,36 dB, bei 1550 nm: 0,25 dB

**Chromatische Dispersion** ps/(nm x km) 3,5 ps bei 1310 nm und 18 ps bei 1550 nm (ps - Picosekunde)

**Max. Polarisationsmoden** Dispersion (PMD) 0,5 ps/km

**Prüflast** in kpsi: 100 kpsi (nach Screen Level Test)

**Numerische Apertur:** 0,13

### Multimodefaser

**Durchmesser** 50 oder 125 µm

**Max. Dämpfung** 2,3 dB bei 850 nm und 0,6 dB bei 1300 nm

**Min. Bandbreite** 600 MHz x km bei 850 nm und 1200 MHz bei 1300 nm

**Prüflast** in kpsi: 100 kpsi (nach Screen Level Test)

**Durchmesser** 62,5 oder 125 µm:

**Max. Dämpfung** 2,8 dB bei 850 nm und 0,6 dB bei 1300 nm

**Min. Bandbreite** 300 MHz x km bei 850 nm und 1000 MHz bei 1300 nm

### Mechanische Aufbauten über den Fasern (Kabelaufbauten)

- stabiles Röhrchen von mind. 2,8 mm Durchmesser und 0,5 mm Wandstärke
- mindestens 50% Aramidgarne für Zugentlastung
- mindestens 1 mm starke Nagetierschutzelemente bei dieser Anforderung
- mindestens 1 mm starker Außenmantel in PE (Polyethylen) oder FRNC (halogenfrei und flammwidrig)
- bei Kabeln für Tertiärbereich (niedrigfasrig bis zum Arbeitsplatz) unbedingt stabiles zentrales Stützelement
- halogenfreier, flammwideriger Außenmantel bei Innenkabel
- halogenfreier PE-Mantel bei Außenkabel, besser: flammwideriger Außenmantel
- Trockenaufbauten zur Längswasserdichtigkeit bei Außenkabel (brandsicher)

nicht verdrehsicherer Stecker für Telekom-, LAN-, Instrumenten- und Messgeräte-Anschlüsse

SC verdrehsicherer Simplex- oder Duplex-Stecker für Telekom-, LAN- und Industrieanschlüsse

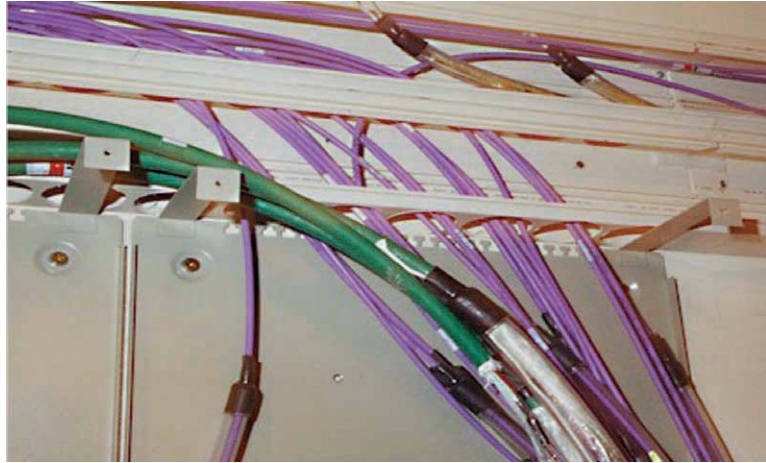
FC/PC verdrehsicherer Stecker für Breitband-TV(CATV)-, Telekom-, Nahverkehr-(LAN)- und Weiterverkehr-(WAN)-Anschlüsse

FDDI Stecker für FDDI-Backbone-, LAN- und Geräte-Anschlüsse

ESCON Stecker für IBM-Fiberlink-, Rechenzentren- und Geräte-Anschlüsse

E 2000 Stecker für LAN-, WAN- und Industrie-Anschlüsse

Tafel ② Stecker für Lichtwellenleiter



② Vorkonfektionierte LWL-Kabel können – wie in der IHK München geschehen – in einem Wandgehäuse werkzeuglos verbunden werden

(Foto: Dätwyler)

Tafel ① Einzuhaltende Werte von Lichtwellenleitern (LWL)

Als Folge dieser Entwicklung schrumpften die Preise für LWL-Kabel im Laufe der letzten zwei bis drei Jahre auf etwa die Hälfte. Beispielsweise sind Monomode-Außenkabel mit 144 Fasern von Meterpreisen zwischen 25 und 30 Mark auf etwa 15 Mark gesunken, bei Bestellungen von über 100 Kilometern liegt der Wert sogar weit darunter. In der Branche ist es ein offenes Geheimnis, dass einige Hersteller von Fasern und Kabeln, um im Preiskampf mithalten zu können, inzwischen kaum noch an ihrer Produktion verdienen. Z. T. fertigen sie sogar unter ihrem Einstandspreis. Für Neuinvestitionen oder Neuentwicklungen bleibt kein Spielraum.

Der Anwender kann zwar wesentlich billiger einkaufen. Doch die Marktsituation weckt die Befürchtung, dass er sich mittel- oder langfristig nach neuen Lieferanten umsehen muss oder dass seine Neuverkabelung auf Grund minderwertiger Fasern oder Kabelaufbauten den geplanten Investitionszyklus nicht überlebt. Um so wichtiger wird es, sich ein genaues Bild über die angebotenen Produkte und ihre Eigenschaften machen zu können. In der Orientierungshilfe Tafel ① sind die Daten von LWL zusammengestellt, die von einem Produkt mindestens ausgewiesen werden müssen.

### Maßgefertigt statt von der Stange

Der Anwender kann sich grundsätzlich zwischen vorkonfektionierten Kabeln, die herstellerseitig bereits ausgemessen und mit Steckern oder einem Stecker-/Kupplungssystem versehen sind, und solchen „von der Stange“ entscheiden. Letztere erhalten erst auf der Baustelle den gebrauchsfähigen

Endzustand. Hochfaserige Aufbauten werden durch Fusionsspleiße verbunden, niedrigfaserige mit den Steckern montiert.

Die Vorverarbeitung der Lichtleiter im Labor (Konfektionierung) hat gegenüber dem Spleißen und der Bearbeitung in rauen Baustellenumgebungen unbestreitbare Vorteile. Die Kabel werden im Werk des Herstellers in den zuvor am Verwendungsort aufgemessenen Längen zugeschnitten und die darin befindlichen Adern sauber und stressfrei verklebt. Bei vielen kürzlich errichteten LWL-Netzwerken, etwa bei der Europäischen Südsterntur und der IHK in München, erhielten die Adern vorab sogenannte Ferrulen (Bild ①). Diese Technik legt den Anwender nicht endgültig auf einen Steckertyp fest. Eine nachträgliche, etwa durch neue Endgeräte bedingte Umstellung von ST- auf SC-, FC/PC- oder FDDI-Stecker (Tafel ②) ist jederzeit und ohne Spleißen und Neukonfektionierung der Kabel durchführbar.

Ein weiteren Faktor, der die Lebensdauer der vorkonfektionierten Glasfaserstrecke positiv beeinflusst, stellt die Aushärtungszeit nach dem Verkleben dar. Beim Arbeiten in der Werkstatt entspricht sie dem Erfordernis. Dagegen kann das Aushärten von Klebesteckern auf der Baustelle mittels eines Ofens oder Föns wegen der u. U. subjektiv gewählten Zeitdauer die Übertragungsqualität der Fasern nachhaltig beeinträchtigen.

Während glatt abgeschnittene Faserspitzen sich leicht wieder voneinander lösen, schleifen einige Hersteller die überstehenden Fasern konvex, um gute optische Kontakte langfristig gewährleisten zu können. Die maschinelle Ausführung dieser Bearbeitung trägt dabei nicht nur zur Güte der Ka-

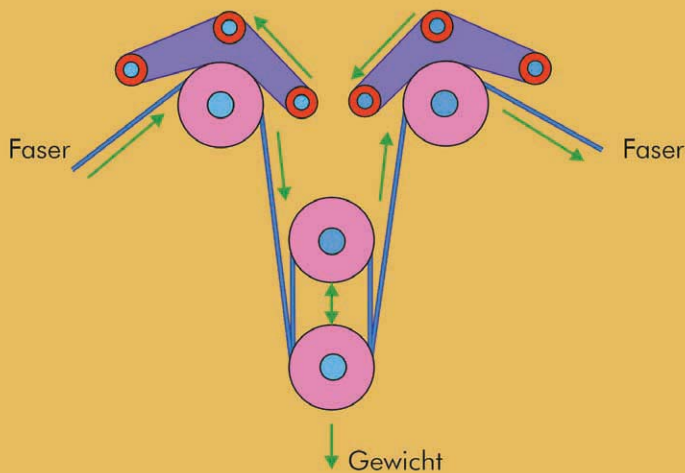
bel bei, sondern wirkt sich gleichfalls vorteilhaft auf die Dämpfungswerte aus. Die Dämpfung sollte pro Steckerübergang unter 0,5 Dezibel liegen, die Rückflussdämpfung Werte größer als 45 Dezibel erreichen.

Der Einsatz der kostspieligeren, vorkonfektionierte Leiter kann sich insofern „rechnen“, weil diese Variante zum Investitionsschutz beiträgt. Dazu kommt die Zeiterparnis bei der Installation selbst, die bereits bei einseitig vorkonfektionierten Strecken greift (Bild ②). Das Spleißen und die Stecker Montage vor Ort erübrigen sich, der Anschluss erfolgt problemlos und schnell. Bei Adern mit Ferrulen (Bild ①) bleibt darüber hinaus der Einziehkopf der Kabel sehr dünn. Vor allem kleinere Durchbrüche und engere Kabelkanäle lassen sich damit gut passieren.

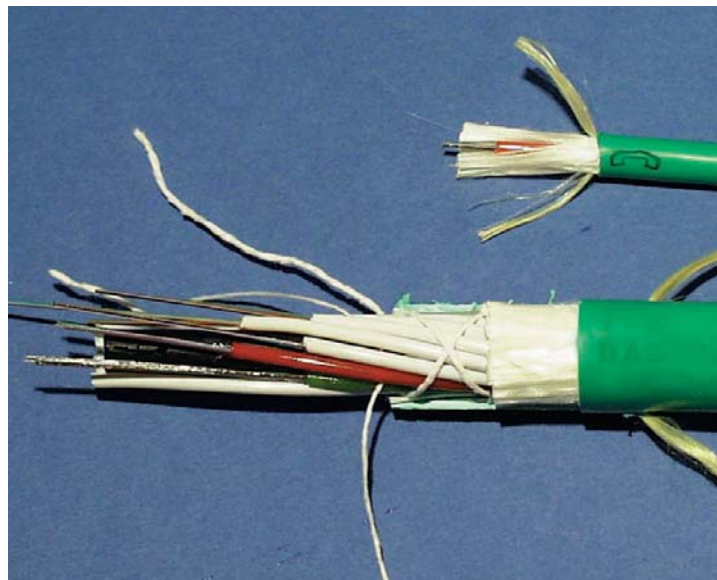
### Fasern müssen Härtetest bestehen

Auftraggeber von Netzwerken verlangen heute für gelieferte LWL-Kabel nicht selten Garantiezeiten von mindestens 15 Jahren, obwohl die Innen- und Aussenkabel in der Praxis zunehmend hohen Belastungen ausgesetzt sind. Insbesondere tritt die harte Beanspruchung beim Einziehen im Steigzonen- und Etagenbereich auf. Gleiches begegnet dem Anwender bei Installationen in Altbauten, die zum Teil sehr enge Biegeadien verlangen. Die Hauptbelastung trifft hier die vorverarbeiteten Fasern.

Ob eine Faser hohen Zugspannungen gewachsen ist und eine lange Lebensdauer verspricht, hängt in erster Linie von ihrer Konstruktion ab. Bereits feinste, sogenannte submikroskopische Oberflächenrisse



③ Schematische Darstellung des Screen- oder Durchlauftests für LWL-Kabel



④ Vier- und 72-fasriges LWL-Kabel (Marke: Optoversal) von Dätwyler. Die zwei Kabel erfüllen die beschriebenen Eigenschaften, sie können auch konfektioniert bezogen werden. Beide Produkte sind als Multimode-, Monomode oder Hybrid-Kabel einsetzbar. (Foto: Dätwyler)

oder andere Oberflächenstörungen beeinflussen die mechanischen, damit die optischen Eigenschaften sowie die Zugfestigkeit der Fasern. Große Feuchtigkeit und hohe Temperaturen vertiefen bereits vorhandene Risse.

Da Faserhersteller die Zugfestigkeit aber nicht als festen Wert angeben können, wird die Wahrscheinlichkeit eines Faserbruchs anhand der Oberflächenspannung gemessen. Der Screentest (Bild ③) ist das von der Industrie und ihren Kunden allgemein akzeptierte Messverfahren. Die Höhe der Testspannung – gemessen in Kilopond pro Quadratzoll kpsi (engl.: Kilopond per Square Inch) – gibt Aufschluss über die Lebensdauer der Faser im späteren Betrieb. Wenn Fasern während des Screentests beispielsweise das Fünffache der späteren Betriebs-Oberflächenspannung ohne Reißen oder Brechen überstehen, tendiert die zukünftige Fehlerwahrscheinlichkeit gegen Null. Die Lebenserwartung der Faser beträgt dann theoretisch (!) vor der weiteren Bearbeitung 25 Jahre.

Planern wie auch Installateuren empfiehlt sich deshalb, anhand der Dokumentation die Qualität der eingesetzten Lichtwellenleiter genau zu prüfen. Auf dem Markt ist nämlich die Verarbeitung von Fasern, die nur mit 50 kpsi geprüft sind, keine Seltenheit. Es finden sich jedoch auch Hersteller, die höhere Standards setzen. „Wir verwenden grundsätzlich nur Fasern, die einem doppelten Screen-Test mit einer Durchlauf-testspannung von über 100 kpsi über die gesamte Länge unterzogen wurden,“ bestätigt etwa Thomas Merkl, Bereichsleiter Kommunikationstechnik bei Dätwyler. „Bei dieser Testspannung können wir – selbst nach

Verarbeitung und Einzug – eine Lebensdauer von mindestens 15 Jahren garantieren.“

### Auf die richtigen Kabelaufbauten ist zu achten

Die Aufbauten, die Röhrchen rund um die Fasern, sollten mindestens einen halben Millimeter dick sein, um sie vor höheren Zug- und Biegekräften zu schützen. Gegen das Eindringen von Längswasser benutzen viele Hersteller immer noch ein billiges Gel auf Petrolatbasis, das zudem noch sehr brandgefährlich ist. Der Qualitätsanforderung der Anwender entsprechen stattdessen Quellfliese und -garne, die nicht nur für eine bessere Zugentlastung sorgen, sondern ebenfalls den IEC-Anforderungen bezüglich Flammwidrigkeit und Brandfortleitung genügen. Aus diesem Grund sind letztere Leiter besonders für die Verwendung in Gebäuden geeignet, wo die Brandlasten eine große Rolle spielen.

Der Nagetierschutz von LWL-Kabeln kann aus völlig nutzlosem Nylon bestehen oder aus Glasrovings, die dicker als 1 Millimeter sein sollten. Berücksichtigt man zusätzlich gesundheitliche Aspekte bei der Verarbeitung, ist ein Mantel vorzuziehen, dessen Nagetierschutz aus verklebten Glasfilamenten besteht. Durch diese Technologie geraten beim Konfektionieren auftretende Glassplitters nicht in Haut und Atemwege, sondern bleiben in gebundener Form zurück. Außerdem verbessern die verklebten Glasfilamente die Querdruckfestigkeit. Der Kabel-Außenmantel sollte ebenfalls mindestens 1 Millimeter dick sein. Sowohl für Innen- als auch für Aussenkabel ist zudem zu überlegen, ob nicht halogenfreie, flammwidrige Ausführungen etwa mit FR/LSOH-beziehungsweise LLDPE- und HDPE-Materialien zu bevorzugen sind.

Viele Hersteller verwenden zentrale Stützelemente nur noch in ihren Aussenkabeln. Doch auch im Innenbereich sind solche Ver-

stärkungen sinnvoll. Sie schützen nämlich die Fasern, indem sie die Querdruckfestigkeit der Kabel erhöhen und das Überbiegen – eine Gefahr, die insbesondere bei Installationen in Altbauten besteht – verhindern.

Bild ④ zeigt ein Kabel, welches den vorstehend beschriebenen Eigenschaften entspricht.

### LWL gehört die Zukunft

Der Trend ist eindeutig: Netzwerken auf Glasfaserbasis gehört die Zukunft. Schon heute stehen Planern, Einkäufern und Errichtern auf dem Markt eine Vielzahl von Glasfaserprodukten zur Verfügung. Doch nicht alle LWL-Kabel halten, was sie versprechen. Leiter und Kabel weisen erhebliche Qualitätsunterschiede auf, die nicht unbedingt klar ersichtlich sind. Im Gegensatz zur Transparenz der Güte von Kupferkabeln steckt die dsbzgl. Diskussion über Glasfaserprodukte noch in den Kinderschuhen. Deshalb muss der Kunde unbedingt auf das Einhalten und das schriftliche Nachweisen der beschriebenen Eigenschaften achten. Die tiefgreifende, vergleichende Analyse der Herstellerdokumente unter Nutzung des Internets ist zwingend. Für den Einsatz dieser Zukunftstechnologie lohnt der Aufwand.

Der Verzicht auf sorgfältige Auswahl kann zu erheblichen Mehrkosten führen. Minderwertige Kabel weisen nämlich oft schon nach kurzer Zeit Dämpfungserhöhungen auf. Da aber gerade die wichtigsten Daten eines Unternehmens über LWL fließen, sollte jeder Anwender auf die genannten Qualitätskriterien achten. Eine zusätzliche Sicherheit kann ein Auftraggeber gegen die Verwendung mangelhaften Materials dadurch einbauen, dass er den Errichter von Neuinstallationen vertraglich zu einer Kontrollmessung nach spätestens zwei Jahren verpflichtet.

### Literatur

- [1] G. Maier: Glasfaser statt Kupfer – warum und wie? Elektropraktiker, Berlin 53(1999)10, S. 958 – 960

### LWL

Weitere Informationen (Handbuch und Datenblätter) zu LWL unter [www.daetwyler.de](http://www.daetwyler.de)