

Einsatz von Lichtwellenleitern bis in den Desktop-Bereich

H. Petereins, Berlin

Mit den steigenden Anforderungen an die Übertragungsraten in Daten- und Kommunikationsnetzen werden zunehmend Lichtwellenleiter auch bis in den Desktop-Bereich verlegt. Neben der klassischen Spleißtechnik kommen hier auch vorkonfektionierte Lösungen zum Einsatz. Hiermit wird der LWL-Einsatz auch für Elektrofachkräfte möglich, die über keine speziellen Erfahrungen beim Umgang mit Lichtwellenleitern verfügen.

1 Grundlagen der LWL-Technik

Seit 1966 werden Glasfasern als Leiter für Licht zur Datenübertragung eingesetzt. Seitdem hat sich auch auf diesem Gebiet eine rasante technologische Entwicklung vollzogen. Die ersten Glasfasern hatten Dämpfungswerte von etwa 100 dB/km. Heute ist man bei unter 0,4 dB/km angelangt. So erhöhten sich die übertragbaren Datenmengen entsprechend den Anforderungen aus der Kommunikations- und Datennetzwerktechnik.

Wichtigste Parameter für die Planung und Installation von Glasfaseranlagen sind:

- Die Dämpfung (Verluste des durch den Leiter gehenden Lichtes in dB) wird durch Absorption und Streuverluste sowie Biegung verursacht. Ihre Größe hängt unter anderem von der Wellenlänge des eingekoppelten Lichtes ab. Die geringsten Dämpfungen treten zwischen 1300 nm und 1550 nm Wellenlänge des Lichts auf.
- Dispersion beschreibt die Laufzeitunterschiede des Lichtes beim Durchleiten in der Glasfaser. Die Dispersion hat Auswirkungen auf Materialwahl und Faserlänge für die unterschiedlichen datentechnischen Anforderungen.
- Die Bandbreite ist der zweitwichtigste Parameter und resultiert aus dem Dispersionsverhalten einer Glasfaser. Infolge der Dispersion wird im Verlauf des LWL ein Impuls immer länger und in der Amplitude mit zunehmender Modulationsfrequenz immer kleiner. Die Bandbreite ist diejenige Modulationsfrequenz, bei der die Lichtleistung – verglichen zum Wert bei der Frequenz Null – um 50 Prozent bzw. 3 dB optisch abgefallen ist.

• Makro-/Mikrobiegung

Glasfasern lassen sich bis zu einem Biegeradius von einigen Millimetern krümmen. Auch wenn dies nicht zum Bruch der Faser führt, so verursacht die mechanische Deformation doch erhebliche Dämpfungen. Es gibt Makro- und Mikrobiegungen. Makrobiegungen sind große axiale Abweichungen von einer Linie mit Radien unter 60 mm. Je geringer der Radius desto größer werden die Verluste bei Multimodefasern.

Mikrobiegungen sind kleinste Abweichungen entlang einer gedachten Linie an der verlegten Faserstrecke. Die Verluste entstehen hierbei durch ständige Umwandlung der Moden in andere Moden. Bei Multimodefasern sind die Verluste wenig von der Wellenlänge abhängig, bei der Monomodefaser steigen diese mit zunehmender Wellenlänge.

2 Einsatz von LWL in der Datenverkabelung

In der strukturierten Gebäudeverkabelung wird auf der Ebene der Campus- und der Steigzonenverkabelung (Primär- und Sekundärebene) fast jede Installation mit LWL durchgeführt, da bei Kupferkabeln leicht Erdungs- und Potentialprobleme entstehen können (Bild 1).

LWL können Daten darüber hinaus schneller, weiter und in digitalisierter Form übertragen und erlauben eine höhere Packungsdichte.

Auch auf der Tertiärebene, also der Etagenverkabelung, 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.

3 Verbindungstechnik

Für die Verbindung der einzuziehenden LWL-Kabel auf den verschiedenen Verlegeebenen kommen heute zwei unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Zum einen werden auf der Baustelle hochfaserige Aufbauten durch die Spleißtechnik verbunden und niedrigfaserige mit Steckern montiert.

Es gibt aber auch die Möglichkeit, vorkonfektionierte Kabel, die herstellerseitig bereits ausgemessen und mit Steckern oder einem Stecker-/Kupplungssystem versehen sind, einzusetzen.

Eine Mischvariante stellt die Verlegung von einseitig vorkonfektionierten Glasfasern dar.

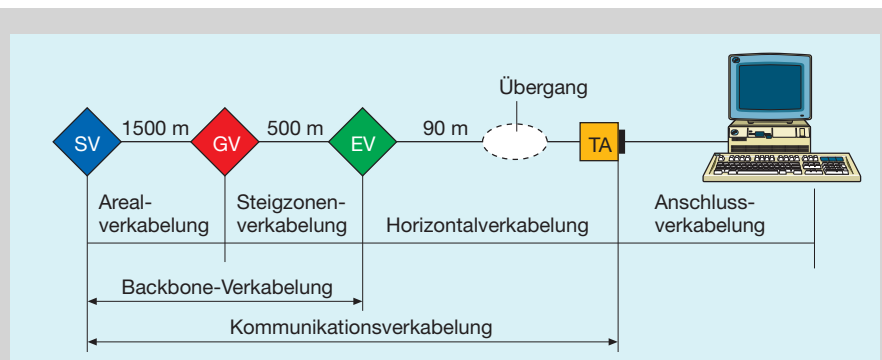
3.1 Installation mit Spleißverbindung

Nach dem Einziehen oder Verlegen von Glasfaserkabeln müssen die beiden Kabelenden verarbeitet werden. Die Verarbeitung der Kabelenden muss sehr sorgfältig ausgeführt werden, denn sie stellt die häufigste Fehlerquelle dar. Ursachen dafür sind:

- Beschädigung von Kabelementen durch ungeeignetes Werkzeug oder unsachgemäßes Verarbeiten
- Knickung der Hohl-/Bündelader durch zu enge Biegeradien
- Quetschung der Hohl-/Bündelader durch überhöhte äußere Krafteinwirkung wie Betreten, Einklemmen oder Belastung durch andere schwere Kabel

Autor

Dipl.-Ing. Harald Petereins ist Geschäftsführer des Ingenieurbüros für Sicherheitstechnik Petereins in Berlin.



1 Struktur einer Gebäudeverkabelung mit maximal zulässigen Verlegelängen

SV: Standortverteiler, GV: Gebäudeverteiler, EV: Etagenverteiler, TA: Informationstechnischer Anschluss

- Überdehnung der Hohl-/Bündelader durch Zugbeanspruchung
- Schlechte Spleiße durch Verschmutzung oder durch Einwirken von Feuchtigkeit
- Beschädigung der Faser oder deren Primärschutz durch Kanten etc.
- Verwechslung der zu verspleißenden Fasern durch unterschiedliche Farbcodes oder unklare Planunterlagen

Die Arbeiten müssen in sauberer Umgebung möglichst staubfrei ausgeführt werden. Bei Gefahr von Wassereintritt z. B. in einem Kabelschacht sind die Kabelenden herauszuführen, so dass in relativ trockener Umgebung gearbeitet werden kann. Die dadurch entstehende Kabelmehrlänge muss nach der Montage in der Baugrube unter Einhaltung des minimal geforderten Biegeradius gelagert werden.

Die Verarbeitung von Bündeladern bei Muffenmontage oder Aufschalten von Kabelenden in Kabelendverteiler erfordert folgende Arbeitsschritte:

- Öffnen des Kabelmantels
- Entfernen der Aderhülle
- Entfernen der Primärbeschichtung
- Trennen der Faserenden
- Herstellen Spleißverbindung.

Nach erfolgtem Verspleißen der Faser sind die Bündeladern geordnet und möglichst

kräftig in die dafür vorgesehenen Reservieräume einzulegen.

3.2 Einsatz von Fertigware

Als Alternative zum Fusionsspleiß gibt es die Möglichkeit, vorkonfektionierte LWL-Kabel zu verwenden (Bild 2).

Der Einsatz vorgefertigter Stecksysteme hat gegenüber dem Spleißen und der Bearbeitung in rauen Baustellenumgebungen einige Vorteile.

Die Kabel werden im Werk des Herstellers in den zuvor aufgemessenen Längen zugeschnitten und die darin befindlichen Adern verklebt. Häufig werden die Adern vorab mit sogenannten Ferrulen versehen. 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 ist jederzeit und ohne Spleißen und Neukonfektionierung der Kabel durchführbar.

Die Lebensdauer der vorkonfektionierten Glasfaserstrecke wird durch die Aushärtungszeit nach dem Verkleben positiv beeinflusst. Das Aushärten von Klebesteckern auf der Baustelle mit einem Ofen oder Fön kann die Qualität der Fasern dagegen nachhaltig beeinträchtigen.



2 Vorkonfektionierte LWL-Kabel sichern eine hohe Qualität der Installation und erfordern keine Spezialkenntnisse bei der Verarbeitung
Quelle: Dätwyler

Während glatt abgeschnittene Faserspitzen sich leicht wieder voneinander lösen, schleifen einige Hersteller die überstehenden Fasern konvex, um gute optische Kontakte langfristig gewährleisten zu können. Eine maschinelle Verarbeitung trägt dabei nicht nur zur Güte der Kabel bei, sondern wirkt sich auch vorteilhaft auf die Dämpfungswerte aus. Die Dämpfung sollte pro Steckerübergang unter 0,5 Dezibel liegen.

und die Rückflussdämpfung grösser als 45 Dezibel sein.

Für die Installation ergeben sich folgende Vorteile:

- kein Einsatz von speziellem Spleiß-Equipment
- Leitungen sind bereits beim Hersteller eingemessen worden
- hohe Zeitersparnis
- keine Spezialkenntnisse nötig.
- bei Adern mit Ferrulen ist der Einziehkopf der Kabel sehr dünn und vor allem kleinere Durchbrüche und engere Kabelkanäle lassen sich gut passieren.

3.3 Teilkonfektionierte LWL-Kabel

Der Einsatz beidseitig vorkonfektionierter LWL-Leitungen setzt voraus, dass die benötigten Kabellängen sehr genau geplant sind.

Die Möglichkeiten, überschüssige Längen im Stauraum von Anschlusseinheiten unterzubringen, sind sehr begrenzt. Überall dort, wo die genauen Längen schlecht zu bestimmen sind, bietet sich daher der Einsatz von einseitig vorkonfektionierten LWL-Leitungen an. Bei dieser Installation wird am Abzweig die Verbindung mit einem vorkonfektionierten Stecker hergestellt. Nachdem die erforderliche Länge verlegt wurde, kommt ein feldkonfektionierte Stecker zum Einsatz (Bild 3).

Dieser mechanische Spleiß ist mit einem einfachen Werkzeug (Bild 4) sehr schnell

ausführbar und erfordert keine besonderen Spezialkenntnisse. Die Dämpfung dieser Verbindungsart liegt bei unter 0,5 dB.

4 Einsatz bis zum Arbeitsplatz

Rund 10 Prozent aller Neuverkabelungen werden heute bereits als Fibre-to-the-desk-Lösung mit Lichtwellenleitern bis zum Arbeitsplatz ausgeführt. Unternehmen entscheiden sich wegen der Investitionssicherheit und der ständig wachsenden Datenraten in der industriellen Kommunikation bei Neuinstallationen zunehmend für Lichtwellenleiter. Denn mit Frequenzbereichen von bis zu 1,5 Gigahertz bieten sie erhebliche Reserven für zukünftige Anforderungen.

Mit dem Einsatz einer Kabelkanalverteilerbox (Bild 5) kann im Gegensatz zu früheren Verkabelungslösungen ein Abzweig im Raum vorgenommen werden. Die Box wird im Büroraum installiert und direkt mit einem bis zu 12-fasrigem Sekundärkabel angesteuert. Die zwei- oder vierfasrigen Tertiärkabel sind über die Verteilerbox wiederum direkt an das Stockwerkskabel angeschlossen. Eine flächendeckende sternförmige Verkabelung vom Unterverteiler zu den Arbeitsplätzen wird dadurch eingespart. Nicht voll belegte Steckplätze können die Anwender später problemlos nachrüsten.

Vorteilhaft ist weiterhin, dass die Tertiärkabel im Servicefall schnell und ohne andere Verbindungen zu stören austauschbar sind. Damit wurde eine wirtschaftliche Alternative zu den bestehenden Fibre-to-the-desk-Lösungen entwickelt.

Die Kabelkanalverteilerbox hat einen Befestigungssteg auf der Rückseite, misst etwa 25 x 8 x 4 Zentimeter und passt in alle gängigen Kabelkanäle. Die herausnehmbare Mittelfrontplatte kann mit bis zu 12 Durchführungskupplungen bestückt werden.

Beim Einsatz von LWL bis zum einzelnen Gerät (PC, Drucker, Telefon) muss eine Schnittstellenkarte vorhanden sein. Diese kosten heute noch einige hundert Mark. Als Alternative kommen daher auch Schnittstellenkarten mit mehreren Abgängen zum Einsatz.

Die Prognosen in der LWL-Technik gehen jedoch dahin, dass in der nahen Zukunft diese Schnittstellenkarten für unter fünfzig Mark angeboten werden können.

Die Zunahme der Datenmengen, die in kürzester Zeit auch im LAN bewegt werden müssen, werden diese Entwicklung begünstigen.

5 Einmessen und Protokollieren

Für die Dokumentation der Systemqualität und für eine eventuelle Fehlersuche ist jede Installation einer Glasfaserverkabelung abschließend zu testen.

Wesentliche Messgröße ist dabei die Dämpfung. Alle Systemkomponenten, Kabel, Stecker, Spleiße usw. tragen zur Gesamtdämpfung einer Strecke bei. Um diese Dämpfung zu überprüfen, müssen nach der Installation geeignete Messverfahren zur Verfügung stehen. Heute kommen vor allem das Einfüge- und Rückstreuverfahren zum Einsatz. Eine zu große optische Dämpfung kommt durch Überschreiten der maximal zulässigen Zug- oder Querkraftkräfte beim Einzug, durch zu enge Biegeradien des Kabels oder durch einen Unterbruch der Faser zustande.



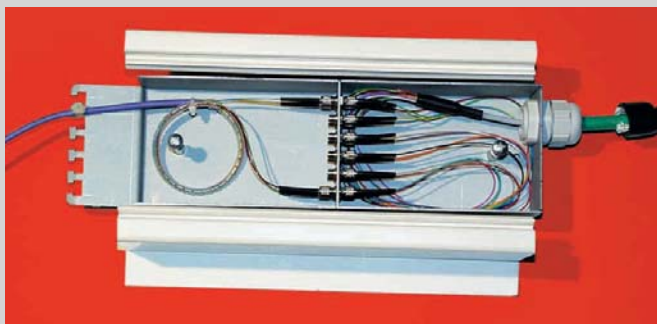
3 Beim Einsatz von einseitig vorkonfektionierten LWL-Kabeln wird nach der Verlegung ein Abschluss mit Steckern durch mechanischen Spleiß hergestellt

Foto: Krone



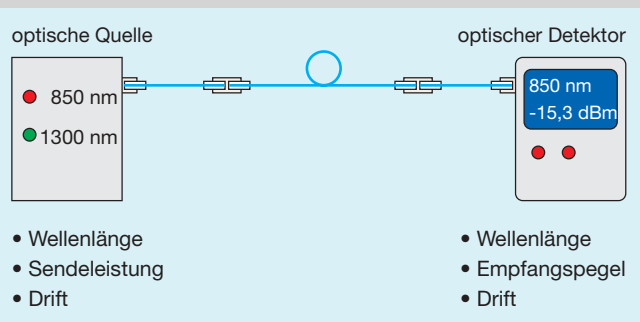
4 Auch mit Hilfe von einfachem Werkzeug lassen sich heute hochwertige Glasfaserstrecken herstellen

Foto: Krone



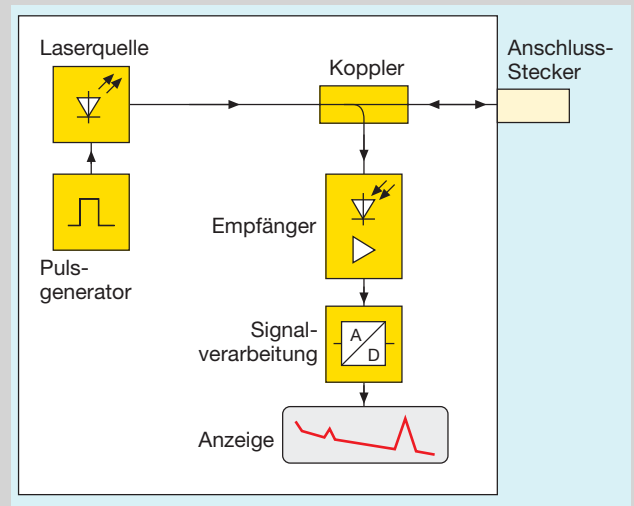
5 Die Kabelkanalverteilerbox ersetzt die flächendeckende sternförmige Verkabelung vom Unterverteiler zu den Arbeitsplätzen

Foto: Dätwyler

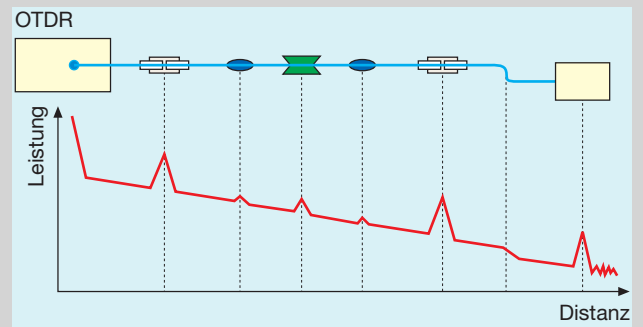


6 Bei der Messung nach dem Einfügeverfahren kommt ein Leistungsmessgerät zum Einsatz

7 Messaufbau für das Rückstreuverfahren (OTPR: Optical Time Division Reflectometer)



8 Die OTDR-Messkurve zeigt neben der Dämpfung auch genaue Standorte von Verbindungen und Geräten auf



Beurteilung von LWL-Faserstrecken

Die Qualität einer Multimode-Glasfaser wird durch die Dämpfung bei 850 nm und 1300 nm definiert. Bei der Monomodefaser sind es vor allem die Dämpfungen bei 1310 nm und 1550 nm.

Je nach verwendetem Fasertyp können diese Werte erhebliche Unterschiede aufweisen. Für das Durchmessen einer vorhandenen LWL-Strecke benötigt man folgende Angaben: Fasertyp, spektrale Dämpfung, numerische Apertur, Steckertyp und Länge der verlegten Strecke.

In der Regel wird bei jeder LWL-Strecke die Durchgangsdämpfung mit optischen Pegelmessern festgestellt und protokolliert. Bei LWL-Strecken über 100 m sollte zusätzlich eine Rückstreuungsmessung durchgeführt werden. Diese Messung gibt über die Qualität der Verlegung sowie die der Glasfaser über die gesamte Länge Auskunft.

5.2 Einfügeverfahren

Mit dem Einfügeverfahren kann die Gesamtdämpfung einer Faserstrecke gemessen werden. Die Messung erfolgt an beiden Enden der Faser, was eine räumliche Trennung der Messinstrumente zur Folge hat. In den Normen sind zahlreiche Messmethoden zur Ermittlung der Einfügedämpfung beschrieben. Nach der Installation und für die Wartung hat es sich in der Praxis bewährt, an einem Ende der Faser mit einer stabilisierten Lichtquelle eine definierte optische Leistung einzuspeisen und die am

anderen Ende ankommende Leistung zu messen. (Bild 6)

Die Differenz der beiden Leistungen entspricht der optischen Dämpfung der LWL-Strecke. Diese Methode ist sehr genau. Es können jedoch keine Faserfehler lokalisiert werden.

5.3 Rückstreuverfahren

Mit dem Rückstreuverfahren (OTDR: Optical Time Division Reflectometer) können Fehlerstellen auf einer Glasfaserstrecke sehr genau bestimmt werden (Bild 7). Das Reflektometer ist mittlerweile das unentbehrliche Werkzeug für alle, die auf dem Gebiet der Glasfasertechnologie arbeiten. Dabei wird nur ein Ende der zu prüfenden Übertragungsstrecke angeschlossen. Das Ergebnis ist dann eine vollständige Karte der Strecke.

Bei der Installation eines Systems können mit dem Reflektometer sämtliche Verbindungs-Spleißstellen und Steckerverbindungen überprüft und die Entfernung zu ihnen bestimmt werden. Damit lässt sich eine Gesamt-Karte der Übertragungsstrecke erstellen, auf der die Lage der Steckerverbinder und Spleisse, sowie die damit verbundene Dämpfung angegeben sind. Diese Gesamt-Karte kann für künftige Wartungszwecke abgespeichert werden (Bild 8).

Literatur

- [1] Handbuch der universellen Gebäudeverkabelung, Dätwyler AG, Kabel + Systeme, 1998
- [2] Rieken, D.: Elektropraktiker, Berlin 54 (2000) 3, S. 268 – 270