LWL bis zum Kunden

D. Eberlein, Dresden

Während in den vergangenen Jahrzehnten der Lichtwellenleiter (LWL) überwiegend im Weitverkehrsbereich, in den Metronetzen und in den lokalen Netzen eingesetzt wurde, erobert er zunehmend das Haus, die Wohnung, das Büro. Der Beitrag befasst sich mit einigen Grundlagen zu FTTx, stellt Projekte in Deutschland vor und bespricht spezielle Komponenten für FTTx.

1 Einleitung

Je nachdem wie weit die Faser geführt wird, wird von FTTC (Fiber-to-the-Curb: Bordstein), FTTB (Fiber-to-the-Building: Gebäude), FTTO (Fiber-to-the-Office: Büro) oder FTTH (Fiber-to-the-Home: Wohnung) gesprochen. Mit dieser so genannten FTTx-Technik können breitbandige Dienste (Daten, Sprache, Video: Triple Play) jedem Privathaushalt mit hoher Zuverlässigkeit zur Verfügung gestellt werden. Weltweit wird diese Technik bereits millionenfach realisiert. In Deutschland (Kasten) erfolgt der Einsatz der Faser bis ins Haus oder in die Wohnung bisher noch zögernd, jedoch wird in den nächsten Jahren der Durchbruch erwartet.

2 Anforderungen an die Bandbreiten

Die Anforderungen an die Bandbreite wachsen auch im privaten Bereich unaufhörlich. Während bis vor einigen Jahren die klassische Telefonie mit einer Datenrate von ca. 64 kbit/s den Großteil des weltweiten Datenverkehrs ausmachte, erfordern moderne Anwendungen sehr hohe Bandbreiten:

- High Definition TV (HDTV) in digitaler Qualität: mindestens 16 Mbit/s.
- Videokonferenz in Lebensgröße und ohne Qualitätseinbußen mit mehreren Teilnehmern: 100 Mbit/s.
- Die zukünftige Übertragung von Hologrammen oder Sendungen (z. B. Fußballspiele) in 3D wird höchste Anforderungen an die Bandbreite stellen.

Nutzen mehrere Bewohner eines Haushaltes gleichzeitig Videodienste, Internet, Telefon, so erscheinen 100 Mbit/s als Bandbreite pro Haushalt durchaus realistisch.
Der dänische Forscher und Spezialist auf dem Gebiet der Web Usability *Jakob Nielsen* hat festgestellt, dass der Bandbreitenbedarf von Privatkunden jährlich um 50 % wächst (Nielsen's Law). Moderne FTTx-Projekte realisieren pro Kunde typisch eine Bandbreite von 100 Mbit/s.
Die überbrückbare Bandbreite hängt bei Übertragung über Kupfer (xDSL) von der Streckenlänge ab. Die Dämpfung des Kupferleiters steigt mit wachsender Bandbreite stark an. Beim Lichtwellenleiter ist die Dämpfung unabhängig von der übertragenen Datenrate. Auch bei Funktechnikoptionen werden die Datenraten mit zunehmender Entfernung begrenzt. Oberhalb 100 Mbit/s ist ein direkter Anschluss an den Lichtwellenleiter erforderlich.

Autor
Dr. *Dieter Eberlein* ist Referent, Sachverständiger und Buchautor auf dem Gebiet Lichtwellenleiter-Technik, Dresden.

3 Netzstrukturen

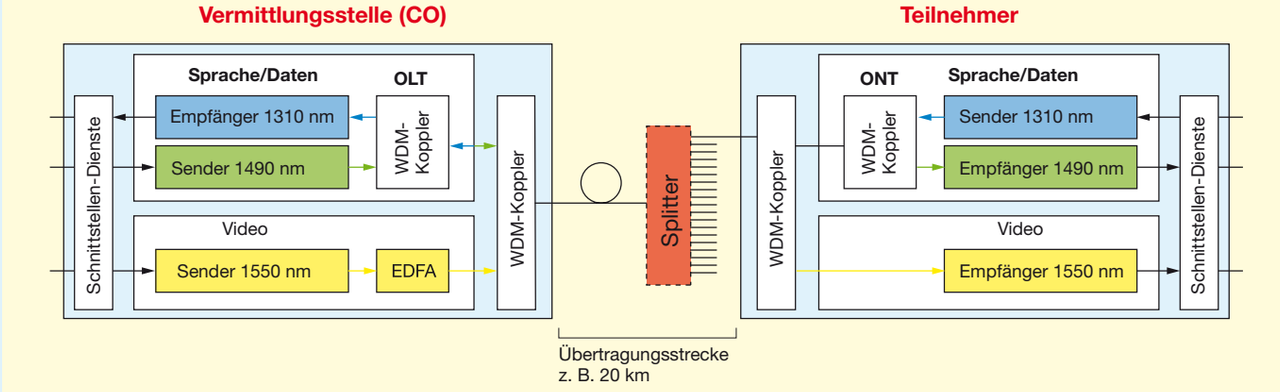
Im Sinne einer zukunftssicheren Installation muss der Lichtwellenleiter möglichst nahe bis zum Kunden verlegt werden. So wird die Länge des noch erforderlichen Kupferleiters minimiert bzw. es kann ganz auf diesen verzichtet werden. Die Probleme wegen der begrenzten Bandbreite und Reichweite des Kupferleiters können so beherrscht werden.
Bei FTTB endet die Faser an der Gebäudeeinführung. Diese Variante ist kosteneffizient und flexibel. Sie bietet sich für vorhandene Gebäude an. Aufwändige Installationsarbeiten im Haus entfallen und Auseinandersetzungen mit dem Vermieter werden vermieden, da die bestehende Kupferinfrastruktur genutzt wird.
Bei FTTH bzw. FTTO endet die Faser in der Wohnung bzw. im Büro. Diese Varianten sind besonders geeignet bei der Erschließung von neuen Wohn- bzw. Gewerbegebieten. Diese Variante ist aufwändiger als FTTB.
Zur Realisierung von FTTx gibt es verschiedene Möglichkeiten: Punkt-zu-Punkt, Punkt-zu-Multipunkt aktiv oder Punkt-zu-Multipunkt passiv.
Generell gilt: Die Vermittlungsstelle (CO: Central Office) ist mit dem öffentlichen Telefonnetz und dem Internet verbunden. Des Weiteren erfolgt in der Vermittlungsstelle die Bereitstellung von analogen oder digitalen Videosignalen über Satellit, Kabel oder terrestrischem Wege.
Das Optical Network Terminal (ONT) wandelt beim Teilnehmer die optischen Signale in elektrische Signale und trennt diese in ein Telefonsignal, ein Datensignal und ein Videosignal auf.

3.1 Punkt-zu-Punkt

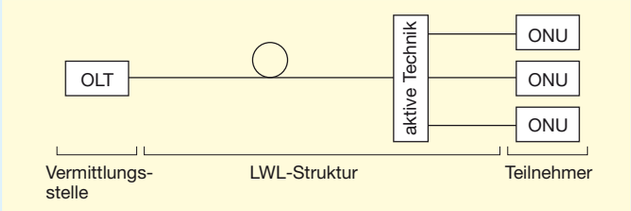
Bei der Punkt-zu-Punkt-Variante (Point-to-Point: P2P) erhält jeder Kunde seinen eigenen

Projekte in Deutschland

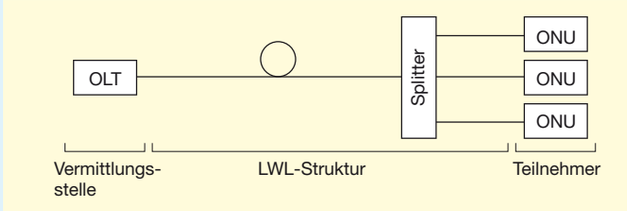
Berlin. Projekt Berlin Access ist ein Verbundprojekt zur Entwicklung von Technologien für den LWL-Teilnehmeranschluss; Versuchsnetz.
Dresden. Projekt der Deutschen Telekom AG. (siehe Kasten Projekt in Dresden)
Hamburg. Das Projekt von Hansenet in Hamburg (FTTB) ermöglicht einen Downstream von 2,5 Gbit/s für 32 Kunden. Zunächst ist geplant P2MP später P2P.
Köln. Projekt NetCologne ist derzeit das größte Projekt in Deutschland: Anschluss von 56000 Mehrfamilienhäusern bis 2011; Faser bis ins Gebäude (FTTB); von dort weiter über die vorhandene Hausverkabelung; Open Access-Netz. Doppelflatrate 100 Mbit/s für Telefon und Internet.
Mannheim. Das Projekt FTTH@Mannheim sieht pro Kunden zwei Fasern (FTTH) vor. Auf einer Faser Video (1550 nm); auf der anderen Faser bidirektionale Ethernet-Verbindung (1310 nm/1550 nm): Telefon, Internet, weitere Dienste.
München. Das Projekt von M-net (FTTB/H, Open Access-Netz) ermöglicht einen Downstream von 100 Mbit/s pro Kunden: Telefon und Internet mit Doppelflatrate; IPTV mit hochauflösenden HDTV-Inhalten oder Video-on-Demand.
Norderstedt. Das Projekt wilhelm.tel der Stadtwerke Norderstedt war das erste FTTB-Projekt in Deutschland: 100 Mbit/s downstream; 5 Mbit/s upstream; LWL-Anschluss bis ins Gebäude (FTTB); dort Umsetzung auf LAN-Anschluss. Umliegende Gemeinden werden zunehmend erschlossen.
Schwerte. Das Projekt der Stadtwerke Schwerte (FTTH) sieht vor, bis 2012 28000 Haushalte zu versorgen: 100 Mbit/s pro Kunde; Open Access-Netz; jeder Kunde erhält zwei LWL: ein LWL für Daten und Sprache (bidirektional), ein LWL für Video.
Sindelfingen/Böblingen. Das Projekt der Stadtwerke Sindelfingen/Böblingen ist mit der Erschließung eines neuen Wohngebietes befasst: FTTH; 7500 Einwohner; Triple Play; 100 Mbit/s pro Kunde; Open Access-Netz.
Weitere Projekte: Breitbandinitiative Hochsauerlandkreis; zunehmend Projekte in ländlichen Regionen.



❶ **Triple Play über eine Faser: Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder Punkt-zu-Multi-Punkt-Verbindung mit Splitter**
Enthält die Übertragungsstrecke am Ende des Lichtwellenleiters einen Splitter (rot gestrichelt), kann die Leitung aufgeteilt werden, sodass aus einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung eine Punkt-zu-Multi-Punkt-Verbindung wird.
OLT Optical Line Terminal; **ONT** Optical Network Terminal; **EDFA** Erbium-doped Fiber Amplifier; **WDM-Koppler** wellenlängenselektiver Koppler



❷ **Signalaufteilung beim aktiven optischen Netz**



❸ **Signalaufteilung beim passiven optischen Netz**

Lichtwellenleiter. Der Vorteil besteht darin, dass dann für jeden einzelnen Kunden eine sehr hohe Bandbreite zur Verfügung steht. Über einen Singlemode-LWL können pro Wellenlänge mindestens 10 Gbit/s übertragen werden [1], [2]. Das ist im Hinblick auf den wachsenden Bandbreitenbedarf (Nielsen's Law) zukunftssicher.

Der Nachteil sind die hohen Investitionen und der große Materialeinsatz. Für jeden Kunden sind ein oder zwei Lichtwellenleiter, (bei analoger Videoübertragung) ein optischer Verstärker sowie drei Sender und drei Empfänger erforderlich. Letztere ergeben sich daraus, dass von der Vermittlungsstelle zum Kunden (downstream: „flussabwärts") sowohl Daten/Sprache als auch Video übertragen werden. Vom Kunden zur Vermittlungsstelle (upstream: „flussaufwärts") werden Daten/Sprache übertragen.

Bei 32 Teilnehmern sind somit 32 Fasern bei bidirektionaler Übertragung (Fasern werden in Hin- und Rückrichtung genutzt) bzw. 64 Fasern bei unidirektionaler Übertragung, (eventuell) 32 optische Verstärker sowie 3 × 32 = 96 Sender und Empfänger erforderlich. Bild ❶ stellt die Triple-Play-Übertragung über eine Faser dar, wobei die Streckenlänge zum Beispiel 20 km betragen kann. Enthält die Übertragungsstrecke am Ende des Lichtwellenleiters einen Splitter, kann die Leitung aufgeteilt werden, sodass aus einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung eine Punkt-zu-Multi-Punkt-Verbindung wird. Die gleichzeitige Übertragung mehrerer Dienste über eine Faser ist nur mit unterschiedlichen Wellenlängen möglich, damit es keine gegenseitigen Beeinflussungen gibt. Downstream wird das Sprache/Daten-Signal mit der Wellenlänge 1490 nm (grün dargestellt) und das analoge Videosignal mit der Wellenlänge 1550 nm (gelb dargestellt) übertragen. Upstream erfolgt die Übertragung des Sprache/Daten-Signals mit der Wellenlänge 1310 nm (blau dargestellt). Die Wellenlängen der verschiedenen Dienste werden mit wellenlängenselektiven Kopplern (WDM) zusammengefügt bzw. getrennt. Das analoge Videosignal erfordert außerdem eine optische Verstärkung (EDFA) am Anfang der Strecke.

3.2 Punkt-zu-Multi-Punkt

Bei der Variante Punkt-zu-Multi-Punkt (Point-to-Multi-Point: P2MP) wird die Übertragung auf einem gemeinsamen Lichtwellenleiter konzentriert. Der Vorteil besteht darin, dass auf diese Weise das Netz ökonomischen ausgebaut werden kann, da weniger Fasern, optische Verstärker sowie Sende- und Empfangsbauelemente erforderlich sind. Der Nachteil besteht darin, dass sich die Kunden die Übertragungskapazität der Faser teilen müssen. Die Aufteilpunkt kann realisiert werden:

- mit aktiver Systemtechnik als aktives optisches Netz (AON) oder
- mit passiven Komponenten (leistungsteilende und wellenlängenselektive Koppler) als passives optisches Netz (PON).

3.2.1 Aktives optisches Netz

Der gemeinsame LWL wird möglichst weit an die Kunden herangeführt. Im Aufteilpunkt erfolgen eine optisch-elektrische Wandlung, eine elektrische Verstärkung und Aufteilung sowie eine elektrisch-optische Wandlung (Bild ❷) (OLT: Optical Line Terminal/Termination; ONU: Optical Network Unit).

Der Vorteil dieser Variante besteht darin, dass ein hoher Aufteilfaktor am Knoten möglich ist. Die Konzentration bzw. die Verteilung erfolgt mit optischen Ethernet-Switches (switch: Schalter). Der Aufteilpunkt kann nach Bedarf aufgerüstet werden. Es muss nur die Schnittstellenkarte ausgetauscht werden.

Die Nachteile des aktiven optischen Netzes ergeben sich daraus, dass aktive Hardware (Transceiver, Multiplexer, Switch, Stromversorgung, Batterie) im Feld benötigt wird. Das ist problematisch, da die Technik im Außenbereich starken Temperaturschwankungen und gegebenenfalls Vandalismus ausgesetzt ist. Außerdem ist das Netzmanagement aufwändiger.

Im Vergleich zur Punkt-zu-Punkt-Verbindung wird beim aktiven optischen Netz zwar Faserinfrastruktur eingespart, aber der Bedarf an aktiven Komponenten ist nach wie vor hoch. Bei 32 Kunden benötigt man eine oder zwei Fasern (bidirektional oder unidirektional) und

Anzeige

megacom
ist ein deutscher Hersteller für
Schwesternrufanlagen
drahtlos und drahtgebunden, mit und ohne Sprache, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.
Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de

3 (vom OLT zum Aufteilpunkt) + 3 × 32 (vom Aufteilpunkt zu den Kunden) = 99 Sender und Empfänger.

3.2.2 Passives optisches Netz

Auch bei dieser Variante wird der Lichtwellenleiter möglichst nah an die Kunden herangebracht. Jetzt erfolgt die Aufteilung der Signale rein passiv mit einem leistungsteilenden Koppler (Splitter) (Bild ❸).

Der Vorteil des passiven optischen Netzes besteht in der Einsparung an Faserinfrastruktur und aktiven Komponenten. Für alle Kunden befinden sich nur zwei Sender und ein Empfänger sowie eventuell ein optischer Verstärker in der Vermittlungsstelle. Bei jedem Kunden befinden sich ein Sender und zwei Empfänger. Bei 32 Kunden ergibt sich ein Bedarf von lediglich 2 + 32 = 34 Sendern und 1 + 2 × 32 = 65 Empfängern.

Standardisierte Übertragungsprotokolle ermöglichen, dass sich die Kunden die Bandbreite der Faser teilen. Die Signale werden zeitlich ineinander geschachtelt. Haben alle 32 Kunden einen Bedarf von 100 Mbit/s, so werden über die Faser 3,2 Gbit/s übertragen. Das ist für eine Singlemode-Faser kein Problem. Außerdem kann man davon ausgehen, dass nie alle Kunden gleichzeitig die volle angebotene Bandbreite nutzen.

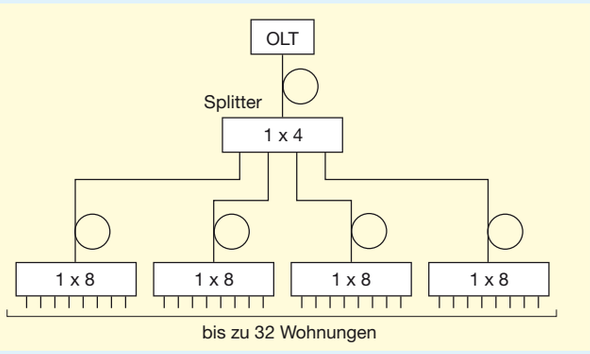
Im Vergleich zum AON ist kein aktiver Verteilpunkt mit Stromversorgung erforderlich. Der Splitter teilt passiv die Leistung auf die einzelnen Kunden auf.

Ein Nachteil ist die eingeschränkte Granularität. Es ist problematisch, einem Teilnehmer permanent eine sehr hohe Datenrate (zum Beispiel mehrere Gbit/s) und allen anderen Teilnehmern nur 100 Mbit/s zuzuweisen.

Eine weitere Problematik ist die Abhörsicherheit: In jeder ONU liegen auch die Daten an, die für die anderen Teilnehmer bestimmt sind. Die ONU entnimmt nur die für den jeweiligen Teilnehmer relevanten Daten.

Schließlich werden die Signale durch den Splitter gedämpft. Eine Aufteilung 1 × 32 bewirkt eine Dämpfung bis zu 18 dB. Damit wird das Dämpfungsbudget stark belastet.

Die Struktur einer Punkt-zu-Multi-Punkt-Verbindung ist ähnlich der einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Bild ❶), nur dass zusätzlich am Ende des gemeinsamen Lichtwellenleiters der Splitter eingebracht wurde. Je nach Infrastruktur kann die Leistungsaufteilung auch kaskadiert erfolgen, zum Beispiel zunächst ein Splitter 1 × 4 und nach weiteren Faserlängen vier Splitter 1 × 8 (Bild ❹).



❹ Dezentrales Splitterkonzept

3.3 Vergleich der Varianten

Die Punkt-zu-Punkt-Übertragung stellt jedem Teilnehmer die volle Bandbreite sowie eine nahezu unbegrenzte Leistung zur Verfügung und ermöglicht ein Open Access-Network, sodass der Kunde den Anbieter des Dienstes auswählen kann.

Beim aktiven optischen Netz müssen sich die Kunden die Bandbreite teilen, wobei aber jedem die volle Leistung zur Verfügung steht, da im Aufteilpunkt das Signal noch mal (elektrisch) verstärkt wird.

Beim passiven optischen Netz müssen sich die Telnehmer sowohl die Bandbreite als auch die Leistung teilen. Die Investitionskosten und die Betriebskosten sind am geringsten. Punkt-zu-Punkt-Verbindung und aktives optisches Netz haben vergleichbare Investitionskosten, die höher sind als beim passiven optischen Netz.

Bei allen drei Varianten ist der Preis bei FTTB etwa halb so groß wie bei FTTH.

Entscheidend für die Wahl einer der drei Varianten sind die vorhandene Infrastruktur und Population sowie die Wettbewerbssituation und der Stand der Regulierung.

4 Normen

Passive optische Netze nutzen verschiedene Techniken und Standards. Am gebräuchlichsten sind derzeit:

- Breitband-PON (BPON): Datenraten bis 1,25 Gbit/s; älteste Version;
- Gigabit-PON (GPON): Datenraten bis 2,5 Gbit/s;
- Ethernet-PON (EPON): paketorientierte Übertragung.

Diese Varianten unterscheiden sich durch die Protokolle, die übertragenen Dienste, die realisierten Bandbreiten in den beiden Übertragungsrichtungen, die Teilerverhältnisse, die Streckenlängen usw.

Darüber hinaus wird bereits die Next-Generation-PON (NG-PON) untersucht:

- 10G-PON: Bitrate downstream 10 Gbit/s
- WDM-PON: Nutzung vieler verschiedener Wellenlängen, um die Kapazität des Netzes weiter zu erhöhen.

5 Komponenten und Technologie

FTTx erfordert eine Reihe spezieller Komponenten und Technologien. Millionenfach werden Haushalte angeschlossen. Das erfolgt zumeist von Handwerkern ohne speziellen Kenntnissen der Glasfasertechnik. Die Komponenten müssen robust und zuverlässig sein.

5.1 Steckverbinder

In passiven optischen Netzen kommen vorzugsweise Small-Form-Factor-Stecker zum Einsatz. Diese haben meist einen Steckerstiftdurchmesser von 1,25 mm (im Vergleich zu 2,5 mm der üblichen LWL-Stecker) und ermöglichen eine hohe Packungsdichte.

Der LC/APC-Stecker wurde Dezember 2007 in der europäischen Verkabelungsnorm EN 50173 Teil 4 (Wohnungen) als Standard für den Hausübergabepunkt spezifiziert. Außerdem sind folgende Steckertypen möglich: MU; LX.5; E-2000; SC und FC.

Es ist auf eine hohe Qualität der Steckerstirnflächen zu achten. Verschmutzte Stecker erhöhen die Dämpfung und die Reflexion, weshalb stets auf Reinheit zu achten ist [3]. Bei analoger Videoübertragung sind reflektierte Leistungen besonders problematisch, da diese den ordnungsgemäßen Betrieb des Lasers stören. Es müssen Stecker mit hoher Reflexionsdämpfung (HRL- bzw. APC-Stecker: „Schrägschliffstecker“) verwendet werden.

5.2 Lichtwellenleiter

Auf der Strecke kommt der Standard-Singlemode-LWL zum Einsatz. Um für zukünftige Anwendungen einen großen Wellenlängenbereich nutzen zu können, wird ein Lichtwellenleiter mit reduziertem Wasserpeak entsprechend ITU-T G.652.C oder D empfohlen.

Beim Kunden (im Haus, in der Wohnung) besteht häufig die Forderung, dass die Verlegung möglichst „unsichtbar“ erfolgt. Auch in den Technikräumen müssen die Fasern und Kabel zur Reduktion des Platzbedarfs mit

Anzeige

megacom
ist ein deutscher Hersteller für
Hausnotruf
ohne zusätzliche Installationskosten, mit der Möglichkeit, Rauchmelder anzuschließen, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.
Nähere Infos unter Telefon 04191 90850
oder www.megacom-gmbh.de

Mehr Elektropraxis geht nicht!

epPLUS

Ein Service der Fachzeitschrift ELEKTRO PRAKTIKER

Das Zusatzpaket im Internet

- monatlich aktuelle Fachinformationen mit der Zeitschrift ***ELEKTROPRAKTIKER***
- 4.000 Fachbeiträge von 1999 bis zur aktuellen Ausgabe im Online-Gesamtarchiv
- Überblick über 6.000 Regelwerke und ihre Zuständigkeit
- Aktualisierungsmeldung bei Normenänderungen
- jährlich 6 Ausgaben der Zeitschrift **ep *Photovoltaik***





Jetzt anmelden und gratis testen!

Ja, ich möchte epPLUS 4 Wochen gratis testen!

☒ Ja, ich möchte epPLUS 4 Wochen gratis testen

☐ als ep-Abonnent mit der der Kd.Nr: KUNDEN-NR.: (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

☐ als „Neueinsteiger“ inklusive einer ep-Gratis-Ausgabe.

Teile ich Ihnen innerhalb der 4 Wochen nichts Gegenteiliges mit, möchte ich das epPLUS-Paket inklusive ELEKTROPRAKTIKER zum Preis von nur 108,- EUR weiternutzen. (Für Abonnenten 2,85 EUR monatlich.)

Antwort
Elektropraktiker-Leserservice
HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin

A904

Firma/Name, Vorname

z. Hd.

Branche Position

Telefon Telefax

E-Mail

Straße/Nr. Postfach

Land/PLZ – Ort

✗ Datum ✗ Unterschrift

Vertrauensgarantie: Diesen Auftrag kann ich innerhalb von 14 Tagen beim Leserservice der HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin, schriftlich widerrufen (rechtzeitiges Absenden genügt).

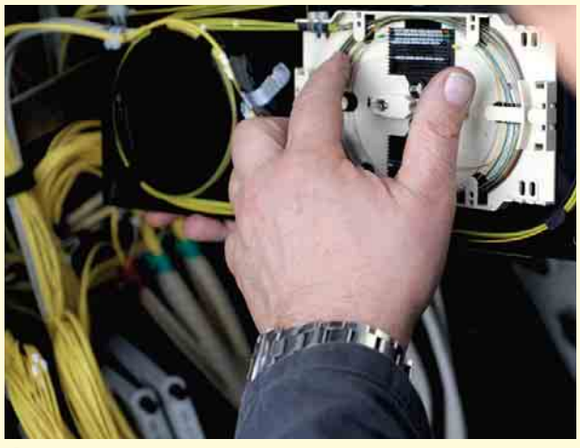
Fax 030 42151-232
oder im Fensterumschlag einsenden

Projekt in Dresden

T-Home realisiert 2009 in den Stadtteilen Dresden-Striesen und Dresden-Blasewitz ein Pilotprojekt Fiber-to-the-Building. 3000 Gebäude mit ca. 27000 Haushalten sind direkt mit Lichtwellenleitern erschlossen. Dabei wird die GPON-Technik genutzt (2,5 Gbit/s downstream, 1,25 Gbit/s upstream).

Die Signale von der Vermittlungsstelle werden in das Wohngebiet übertragen und dort im Glasfaserverteilpunkt auf jeweils maximal 32 Häuser aufgeteilt. Bild ❶ zeigt die geöffnete Spleißkassette sowie links unten zwei Kassetten mit den leistungsteilenden Kopplern.

In Bild ❷ ist das Multifunktionsgehäuse (MFG) der Deutschen Telekom AG dargestellt. Den größten Teil des MFG füllt die aktive HYTAS-Technik (HYTAS: Hybrides Teilnehmer-Anschluss-System) für die bestehende Telefonversorgung und die dazugehörende Stromversorgung. Die Glasfaser-Splitter und die Spleißkassetten für GPON benötigen nur minimalen Platz.



❶ Spleißkassette und Splitter (unten links) im Glasfaserverteilpunkt (OLD)



❷ Multifunktionsgehäuse



❸ Installation von GPON-Technik im Keller eines Hauses

Fotos: Deutsche Telekom AG

Bild ❸ zeigt die Installation der GPON-Technik im Keller eines Hauses. Hier werden die optischen Signale in elektrische Signale umgesetzt und in die vorhandene Kupferinfrastruktur eingespeist.

Pro Kunde stehen Datenraten bis 50 Mbit/s zur Verfügung. Der Kunde kann Telefon, Internet bis hin zu den Entertain-Komplettpaketen von T-Home auf der Basis des internetbasierten Fernsehens nutzen.

Das Projekt erfolgt auf der Grundlage einer LWL-Infrastruktur, die bereits Mitte der 90er Jahre im Rahmen der OPAL-Projekte realisiert wurde. Tiefbauarbeiten und Investitionen in neue Fasern/Kabel können so minimiert werden. Damals ging es darum, sehr schnell Telefonanschlüsse für die unterversorgten Regionen im Osten Deutschlands zu realisieren. Mit dem aktuellen FTTB-Projekt wird es möglich, die riesige Bandbreitenkapazität der Faser tatsächlich zu erschließen. Nach Abschluss des Pilotbetriebes wird die Deutsche Telekom die Ergebnisse auswerten und eine grundsätzliche Entscheidung zum künftigen Einsatz von GPON treffen.

D. Eberlein

engen Radien geführt werden. Für diese speziellen Anwendungen wurden Lichtwellenleiter mit reduzierter Krümmungsempfindlichkeit entwickelt. Während beim primärgeschützten Standard-Singlemode-LWL ein Krümmungsradius von 30 mm nicht unterschritten werden darf, erlaubt der krümmungsunempfindliche Lichtwellenleiter einen minimalen Krümmungsradius von 15 mm (ITU-T G.657.A) bzw. 7,5 mm (ITU-T G.657.B). Zugleich können so die Abmessungen der Spleiß- und Kopplerboxen reduziert und Kosten gespart werden. Zahlreiche Produkte von namhaften Firmen sind mittlerweile auf dem Markt.

Zu beachten ist, dass beim Umgang mit diesen Lichtwellenleitern die mechanischen Eigenschaften des Glases und der Mantelmaterialien gegenüber herkömmlichen LWL unverändert sind, sodass bei der Installation ebenfalls auf größte Sorgfalt zu achten ist.

5.3 Kabel

Durch die geringere Krümmungsempfindlichkeit der Fasern können diese im Kabel in kleineren Mikroröhren untergebracht werden. Das ermöglicht zum einen die Reduktion der Kabeldurchmesser und zum anderen eine Erhöhung der Faseranzahl. Auf diese Weise werden eine Reduktion der Biegeradien der Kabel und eine Verbesserung der Einblaseigenschaften bei der Verlegung erreicht.

5.4 Koppler

Um die Wellenlängen der verschiedenen Dienste zusammenzufügen (multiplexen) oder zu trennen (demultiplexen) werden Koppler mit wellenlängenselektiven Eigenschaften (WDM-Koppler) entsprechend Bild ❶ benötigt. Außerdem sind leistungsteilende Koppler (Splitter) erforderlich, die die ankommende Leistung möglichst gleichmäßig auf alle Kunden aufteilen (Bild ❹). In Rückrichtung werden die Signale kombiniert und gelangen auf eine einzige Faser.

Ein derartiges Bauelement bewirkt eine hohe Dämpfung. Eine Aufteilung 1 × 2 bedeutet maximal 50 % für jeden Kunden, also mindestens 3 dB Dämpfung. Eine Aufteilung 1 × 4 verursacht mindestens 6 dB, 1 × 8 mindestens 9 dB usw. Zuzüglich technologisch bedingter Verluste entsteht an einem 1 × 32-Koppler eine Dämpfung von bis zu 18 dB. Dieser Wert gilt für beide Richtungen!

Je nach Einsatzfall werden verschiedene Kopplerprinzipien unterschieden: Dünnschichtfilter, Faser-Bragg-Gitter, Schmelzkoppler und planare Wellenleiterstrukturen.

Literatur

[1] *Eberlein, D.*: Grundlagen Lichtwellenleitertechnik, Elektropraktiker Berlin 61 (2007) 4, S. 322–326.
[2] *Eberlein, D.*, u. a.: Lichtwellenleiter-Technik, expert-verlag, Renningen 2007, 7. Auflage.
[3] *Eberlein, D.*: LWL-Messtechnik, Teil 1, Elektropraktiker Berlin 60 (2006) 4, S. 302–305.