

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 94 (2003)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Die Zeit ist reif für Fiber to the Home  
**Autor:** Zurfluh, Erich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857565>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Zeit ist reif für Fiber to the Home

## Chancen und Voraussetzungen für Betreiber von Glasfasernetzen

Der Wunsch nach einem Breitbandzugang nimmt sowohl im Unternehmens- als auch im Privatbereich rasch zu; praktisch alle zwölf Monate verdoppelt sich der Bandbreitenbedarf. Dieser Beitrag beleuchtet einerseits die Chancen, welche sich aus dieser Marktsituation den Betreibern von Glasfasernetzen bieten, und andererseits die technischen Möglichkeiten, die ihnen heute mit dem 10-Gigabit-Ethernet-Standard zur Verfügung stehen.

Technologische Entwicklungen und neue Preisstrukturen der Komponenten verändern die Voraussetzungen für den Bau und den Betrieb von Kommunikationsnetzen einschliesslich des Zugangsbereichs (Last Mile). Damit erhalten auch

### Erich Zurfluh

mittelgrosse Kommunikationsunternehmen im Regional- und im Metrobereich die Chance, ihre bestehenden Glasfasernetze auszubauen bzw. zu nutzen. Manche Stadtwerke und Stadtverwaltungen verfügen zwar über ein eigenes, relativ vollständiges Leitungsnetz, doch fehlte ihnen bisher eine für sie geeignete gün-

stige Übertragungstechnologie. Inzwischen sind bei den Transportlösungen der führenden Hersteller die Kosten pro Gbit/s-Mile enorm gefallen (Bild 1). Dies und die erfolgreiche Einführung von Ethernet und IP<sup>1)</sup> im Regionalbereich haben dazu geführt, dass eigenständige örtliche Netze auch in Europa deutlich an Boden gewonnen haben. Wichtige Voraussetzungen für ein optisches Netzwerk sind eine dynamische Verfügbarkeit der Kapazität (flexible Bandbreiten), gute Skalierbarkeit sowie eine Technologie, die eine hohe Dienstqualität gewährleistet.

### Gigabit-Ethernet überzeugt auch im Metro-Bereich

Betrachtet man in den LAN<sup>2)</sup>- und WAN<sup>3)</sup>-Bereichen die Verteilung der Verkehrsarten, so zeigt sich, dass der Sprachverkehr prozentual immer mehr abnimmt. Er wird in Zukunft bei einem typischen Telecom-Provider noch gerade 5% des gesamten Verkehrs ausmachen. Demgegenüber wächst der Datenverkehr äusserst stark und verdoppelt sich alle sechs bis zwölf Monate.

Ethernet war noch vor wenigen Jahren nur für lokale Netzwerke ein Thema. Inzwischen hat sich gezeigt, dass in der Technologie einiges mehr steckt. Tatsächlich konnte die Datenrate in den letzten Jahren vertausendfacht werden. Statt 10 Mbit/s auf Kupferdrähten werden heute 10 Gbit/s auf Glasfasern übertragen. Das Thema 10-Gigabit-Ethernet beschäftigt die Fachwelt nun schon seit

zwei Jahren. Nach einer Reihe von Irritationen ist der Standard<sup>4)</sup> nun fertig und hinreichend stabil. Am Layer-Modell hat sich seit einigen Monaten nichts geändert. Es gibt drei Standard-Gruppen für die Physikalische Schicht (PHY<sup>5)</sup>) nämlich

- 10GBASE-X: mit einer 8B/10B-PCS-Codierung<sup>6)</sup>
- 10BASE-R: mit einer 64b/66b-PCS-Codierung
- 10GBASE-W mit einer 64b/68b-Codierung und dem WAN-Interface Sub-layer.

Innerhalb des Gigabit-Ethernet-Standards wurden neben vier Interface-Typen (PMD<sup>7)</sup>) für unterschiedliche LAN-Einsätze vier Interface-Typen für das WAN-Umfeld definiert (Tabelle):

- 10GBASE-SW<sup>8)</sup>: serielle WAN-PHY (Wide Area Network Physical Layer) mit 850 nm Wellenlänge und direkt modelliertem Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) für eine Übertragung auf Multimodefaser von bis zu 300 m.
- 10GBASE-LW<sup>9)</sup>: serielle WAN-PHY mit einer Wellenlänge von 1310 nm und direkt moduliertem DFB<sup>10)</sup>-Laser für eine Übertragung auf Singlemodefaser bis zu 10 km.
- 10GBASE-LW4: vierkanalige WWDM<sup>11)</sup> WAN-PHY mit einer Wellenlänge von 1310 nm und direkt moduliertem VCSEL für eine Übertragung auf Singlemodefaser bis zu 40 km.
- 10GBASE-EW<sup>12)</sup>: serielle WAN-PHY für 1550 nm Wellenlänge und einer Übertragung auf Singlemodefasern mit extern moduliertem DFB-Laser von bis zu 40 km.

### Unerwartet hohe Leistungen

Bereits seit einigen Monaten ist bekannt, dass die beschriebenen Varianten teilweise eine erheblich grössere Leistung zulassen. Dies schlägt sich entweder in einer besseren Bitfehlerrate bei standardisierter Entfernung oder in der Überwindung grösserer Entfernungen nieder. So ist seit etwa einem halben Jahr bekannt, dass sich mit der LAN-Variante 10GBASE-LX4 Entfernungen von bis zu 700 m auf Multimodefasern realisieren

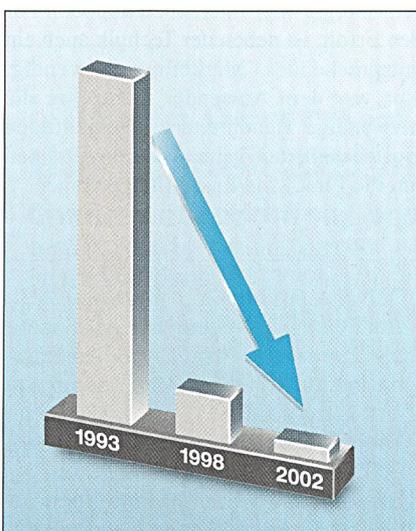


Bild 1 Fallende Kosten für das Erstellen von Netzwerken [MBit/s-Mile]

	10-GBase-X LAN 8B/10B	10-GBase-R LAN Blockkodierung	10-GBase-W WAN Sonet
Kurz:	850 nm	10-GBase-SR	10-GBase-SW
Lang:	1310 nm 10-GBase-LX4	10-GBase-LR	10-GBase-LW 10-GBase-LW4
Extra lang:	1550 nm	10-GBase-ER	10-GBase-EW

Interfaces für Lichtwellenleiter für 10-Gbit/s-Ethernet

lassen. Auch die preiswerte Alternative 10GBASE-SR mit einer einzigen VCSEL bei 850 nm hat es auf einer Multimodefaser mit einem Bandbreitenlängenprodukt von 200 MHz · km<sup>13</sup>) auf 450 m gebracht, und liegt damit schon bei 150% der vom Standard verlangten Leistung.

Bereits sind kostengünstige Transceiver auf dem Markt. Damit ist eines der wesentlichen Ziele des Standards erreicht, diese Technik allen Interessierten zur Verfügung zu stellen. 10-Gigabit-Ethernet ist somit eine überaus günstige Alternative zu allen nicht optischen und passiven optischen Technologien. Besonders attraktiv ist Ethernet für Stadtnetze (MAN<sup>14</sup>) und Internet Access. Zum einen gibt es in diesen Bereichen nach wie vor zu wenig Bandbreite und zum andern finden erwiesenermassen über zwei Drittel des Internet-Verkehrs in der gleichen Metropolitan Area statt.

**Voraussetzungen im Kabelbereich für 10-Gigabit-Ethernet**

Für 10-Gigabit-Ethernet sind bis jetzt nur die Transmitter (PMD<sup>15</sup>) für Glasfaserstrecken definiert, wobei die Streckenlänge von Fasertypen und Übertragungsverfahren abhängt. Für das Medium Kupfer existiert bis heute kein 10-Gigabit-Ethernet-Standard.

In diesem Zusammenhang stellen sich folgende Fragen:

- Welcher Kabel- und Fasertyp bietet die notwendige Investitionssicherheit?
- Lassen sich bereits verlegte Kabel weiterhin verwenden?
- Muss man neue, verschärfte Installationsvorschriften beachten?

**Der richtige Kabel- und Fasertyp**

Robustes Kabeldesign und einfache Handhabung bei der Verarbeitung der Kabel sind zwei wichtige Voraussetzungen für einen sicheren zukünftigen Betrieb. Dabei muss die Faser während des ganzen Lebenszyklus vor mechanischem

Stress möglichst verschont bleiben. Es gilt nicht nur, die Übertragungsleistung einer Faser über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren zu schützen, sondern auch, zukünftige Kunden mit geringen Vorinvestitionen rasch auf ein bestehendes Netz aufschalten zu können. Eine geradezu optimale Lösung bieten hierfür Kabel in Minibündel-Technologie (Bild 2).

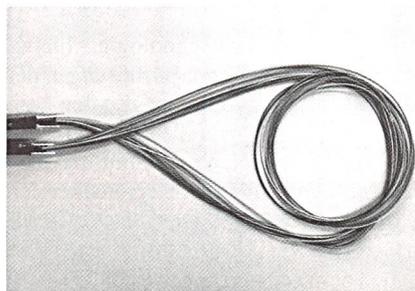


Bild 2 Kabel in Minibündel-Technologie

Mit Multimodefasern neuester Generation (OM3<sup>16</sup>) können heute 10-Gigabit-Ethernet-Strecken bis zu 300 m realisiert werden. Für längere Strecken ist der Einsatz von Singlemodefasern erforderlich; ihr gehört die Zukunft. Im City- und Accessbereich (Last Mile) bieten Standard-Singlemodefasern nach ITU-T G.652<sup>17</sup>) die erforderliche Performance. Kaum jemand zweifelt daran, dass Glasfasern das Übertragungsmedium der Zukunft sind. Das Internet und mit ihm das E-Business werden sich etablieren.

**Die Verwendung verlegter Kabel**

Verlegte Glasfaserkabel mit Multimodefasern weisen meist ein Bandbreitenlängenprodukt von 160–500 MHz · km bei 850 nm auf. Darüber lassen sich allerdings Distanzen von 300 m nur mittels Wide-Wave-Division-Multiplexing realisieren. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Kabel für zukünftige Anwendungen ersetzt oder mit Singlemodefasern nachgerüstet werden müssen.

**Verschärfte Installationsvorschriften**

Es ist ratsam, bestehende Verlege- und Installationsvorschriften zu überprüfen und allenfalls entsprechend anzupassen. Konnten früher noch grosszügige Dämpfungsbudgets toleriert werden, gilt es zukünftig – in Hinsicht auf zunehmende Datenraten und den Einsatz von kostengünstigen Lasern –, die in den Standards festgelegten Eckparameter zwingend einzuhalten. Ein besonderes Augenmerk ist der Kabelführung, insbesondere im Anschlussbereich, zu widmen: Bereits Details wie beispielsweise zu kleine Biegeradien oder Anschlusskabel unter mechanischem Stress wirken sich auf die Übertragungsleistung des Glasfasernetzes aus.

**Wie viel Bandbreite ist notwendig?**

Die heute bekannten Übertragungstechnologien (ADSL<sup>18</sup>), PLC<sup>19</sup>), VDSL<sup>20</sup>) usw.) werden den Kapazitätsanforderungen nur auf mittlere Frist gerecht. Zukünftig ist Fiber to the Home (FTTH) die einzige Technologie, welche die geforderten Datenraten sicher und kostengünstig übertragen kann. Dabei ist die Wechselwirkung zwischen Technologie, Erschliessungsdichte und Leistungsangebot zu berücksichtigen. Bereits werden in einigen Städten und Ländern (z.B. Wien, Schweden, Italien) FTTH-Lösungen realisiert und angeboten.

Die besten Voraussetzungen haben Netzbetreiber, die schon heute über einen Zugang zum Endkunden verfügen, oder Anbieter, die in der Lage sind, einen breitbandigen Datenanschluss mit anderen Angeboten wie beispielsweise Wasser, Energie oder Internet zu koppeln. Für den Erfolg ist neben der Technik auch ein entsprechendes Marketing notwendig. Nur wer dem Anwender rechtzeitig die notwendige Bandbreite zu vernünftigen Kosten anbieten kann, wird das Rennen um die First Mile/Last Mile gewinnen.

Dätwyler Kabel und Systeme AG stellt Lichtwellenleiter von der Faser bis zum Kabel her. Dieser Beitrag basiert auf diversen Beiträgen, die am Dätwyler-OSP-Seminar<sup>21</sup>) zum Thema First-/Last Mile im Oktober 2002 in Luzern gehalten wurden. Die Unterlagen der Tagung können als CD-Rom bei [angela.grepper@dätwyler.ch](mailto:angela.grepper@dätwyler.ch) bestellt werden.

## Angaben zum Autor

**Erich Zurfluh**, El.-Ing HTL/STV, ist seit 1989 bei der Firma Dätwyler Kabel und Systeme AG in CH-6460 Altdorf, tätig, seit 1994 in der Verantwortung des Produktmanagement Fibre Optic Systems International. Kontakt: erich.zurfluh@daetwyler.ch

<sup>1</sup> IP: Internet Protocol

<sup>2</sup> LAN: Local Area Network

<sup>3</sup> WAN: Wide Area Network

<sup>4</sup> IEEE 802-3 2002 edition: CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications

<sup>5</sup> PHY: Physical Layer Device

<sup>6</sup> PCS: Physical Coding Sublayer

<sup>7</sup> PMD: Physical Medium Dependent Sublayer

<sup>8</sup> S: steht für kurze (englisch Short) Wellenlänge

<sup>9</sup> L: steht für lange (englisch Long) Wellenlänge

<sup>10</sup> DFB: Distributed Feedback. Während ein Standard-Laser eine spektrale Breite von etwa 7 nm aufweist, verfügt ein Distributed Feedback (DFB) Laser über eine Breite von weniger als 0,1 nm. Mit einem solchen Sender lassen sich problemlos mehrere hundert Kilometer Faser bei Gbit-Datenraten überbrücken.

<sup>11</sup> WWDM: Wideband Wavelength Division Multiplexer

<sup>12</sup> E: steht für extra lange (englisch Extra Long) Wellenlänge

<sup>13</sup> Bandbreitenlängenprodukt: MHz·km. Das Produkt aus Bandbreite (MHz) und Länge (km) ist der entscheidende Parameter von Übertragungsmedien zur Bestimmung der Frequenz- und Längenrestriktionen. Generell kann dieser Wert für metallische und optische Übertragungsmedien ermittelt werden.

In der Praxis wird das Bandbreitenlängenprodukt aber ausschliesslich für Lichtwellenleiter angegeben, da diese für grössere Entfernungen eingesetzt werden. Das Bandbreitenlängenprodukt ist abhängig vom Fasertyp und der Wellenlänge des eingekoppelten Lichts und wird bestimmt durch die Moden- und Materialdispersion. Es ist der reziproke Wert der Dispersion. Beträgt die Dispersion im Falle einer Gradientenindex-Profilfaser beispielsweise 2,5 ns/km, dann ist das Bandbreitenlängenprodukt 400 MHz·km. Das bedeutet etwas vereinfacht, dass 400 MHz über 1 km, 800 MHz über 500 m oder 1 GHz über 400 m übertragen werden können, bevor das Signal wieder verstärkt werden muss.

<sup>14</sup> MAN: Metropolitan Area Network

<sup>15</sup> PMD: Physical Medium Dependent Sublayer

<sup>16</sup> OM3: Standardisierte Glasfaser-Kategorie mit der Spezifikation: Das Bandbreitenlängenprodukt beträgt 1500 MHz·Kilometer bei 850 nm und 500 MHz·Kilometer bei 1300 nm. Die Dämpfung darf die Werte 3,5 dB/km bei 850 nm und 1,5 dB/km nicht überschreiten. Damit auf der OM3-Faser 10-Gbit/s-Anwendungen gefahren werden können, müssen sehr enge Grenzwerte für die Differential-Mode-Delay (DMD) eingehalten werden. Die IEEE hat sechs unterschiedliche Masken mit verschiedenen Grenzwerten, die vom Radius abhängen, definiert. Kombiniert man diese mit speziellen Vorgaben an die eingesetzten Laserdioden, stellt man die in der OM3-Spezifikation definierte effektive Laserbandbreite von 2000 MHz·Kilometer bei 850 nm sicher.

<sup>17</sup> ITU-T G.652: Empfehlung für die Charakteristik von Einmoden Glasfaserkabel für Dispersion Unshifted Fibres.

<sup>18</sup> ADSL: Asynchronous Digital Subscriber Line

<sup>19</sup> PLC: Power Line Communication

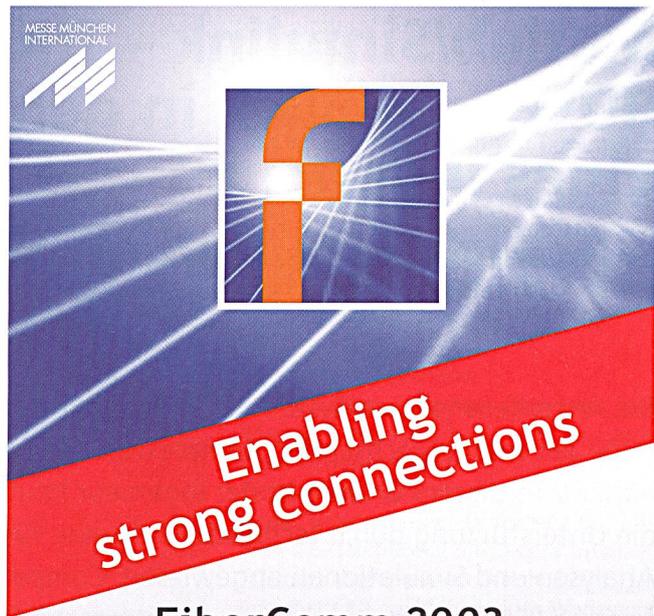
<sup>20</sup> VDSL: Very High Data Rate Digital Subscriber Line

<sup>21</sup> OSP: Outside Plant Seminar: Jährliche Veranstaltung führender Hersteller von passiven Netzwerk-Komponenten für Telekommunikationsunternehmen.

## L'heure de «Fiber to the Home» arrive

### Chances et conditions pour exploitants de réseaux fibroptiques

Tant au niveau des entreprises que dans le domaine privé, un accès à large bande est de plus en plus demandé; le besoin de bande passante double pratiquement tous les douze mois. L'article expose d'une part les chances qu'offre aux exploitants de réseaux fibroptiques la situation actuelle du marché et d'autre part les possibilités techniques actuellement à leur disposition grâce au standard Ethernet 10 gigabits.



## FiberComm 2003

Internationale Fachmesse und Kongress  
für Optische Informations-  
und Kommunikationstechnologie

23.-26. Juni 2003, München

**Hier gibt es Impulse!  
Und kompetente Antworten...**

... auf die Fragen, die wir  
uns alle im Rahmen der faseroptischen  
Kommunikation stellen:

- Wo liegen die neuen Potenziale?
- Wie investiere ich in die Zukunft?
- Lease or buy: Welchen Nutzen bringt Glasfaser für mein Unternehmen?
- Was macht mein Wettbewerb?
- Wohin entwickelt sich die optische Netzwerktechnik?

Die **FiberComm 2003** ist der europäische B2B-Markt für alle Bereiche der modernen Netzwerktechnik. Verstärkt durch die internationale FiberComm Conference. Effizient am Messeplatz München, dem Leitmesse-Standort für globale HighTech-Märkte.

Besucher-Hotline: (+49 89) 9 49-115 88  
info@fibercomm.de

[www.global-electronics.net](http://www.global-electronics.net)

**Online-Besucher-  
Registrierung**

Sparen Sie Zeit! Durch  
Online-Registrierung unter  
[www.fibercomm.de](http://www.fibercomm.de)

Die Registrierung ist für alle  
Besucher verbindlich (auch  
für Besucher mit Gastticket).

2003 **fibercomm**

co-located with LASER. World of Photonics.

Veranstalter:

Messe München GmbH, Messegelände, 81823 München, Deutschland  
Information: Intermess Dörgeloh AG, Obere Zäune 16, 8001 Zürich,  
Tel. (0 43) 244 89 10, Fax (0 43) 244 89 19, intermess@doergeloh.ch