

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 99 (2008)
Heft: 3

Artikel: Die Zukunft gehört laseroptimierten Multimodefasern
Autor: Imholz, Urs
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855825>

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: 30.03.2025

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

Die Zukunft gehört laseroptimierten Multimodefasern

Wichtig ist die richtige Klassifizierung

In den späten 90er-Jahren wurde eine neue Generation von laseroptimierten Mehrmodenfasern entwickelt. Aufgrund ihrer anspruchsvollen Konstruktion garantieren diese Fasern gegenüber konventionellen Mehrmodenfasern höchste Übertragungsleistungen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass sie mit zuverlässigen Verfahren hergestellt und mit genauen Methoden getestet sind.

Moderne Netzwerke (LAN) übertragen Datenraten von 1 Gbit/s und mehr. 10 Gbit/s über Lichtwellenleiter ist bereits normiert. Damit ist klar, dass bei einer neuen Installation im Backbone (Sekundärverkabelung) und im Campus (Primärverkabelung) die Lichtwellenleiter auf Geschwindigkeiten von 10 Gbit/s, zumindest aber 1 Gbit/s ausgelegt sein müssen, will man hier einen Flaschenhals ausschliessen (Bild 1).

Urs Imholz

Konventionelle Glasfaser-Übertragungssysteme, die mit LED-Sendern als Lichtquelle und einer maximalen Datenrate von 622 Mbit/s arbeiten, sind dafür nicht mehr geeignet. Heute haben Laser-Sender, vor allem 850-nm-VCSELs, die LED-Sender in LAN und Rechenzentren verdrängt. Im Zuge der Marktumstellung von LED auf Laser wurde in den späten 90er-Jahren eine neue Generation von laseroptimierten Mehrmodenfasern entwickelt. Diese unterscheiden sich von konventionellen Mehrmodenfasern durch eine aufwendigere Konstruktion.

Wird Licht in eine Mehrmodenfaser eingekoppelt, kann es sich im Faserkern über mehrere Wege (Moden) verbreiten. Eine LED (Light Emitting Diode) strahlt das Licht, verglichen mit dem schmalen Strahl eines Lasers, über einen grossen Winkel ab. Bei der Einkopplung in eine Mehrmodenfaser «überfüllt» der stark divergente Strahl einer LED also den Faserkern und regt viele Moden an (OFL, Overfilled Launch). Unter ähnlichen Bedingungen regt ein Laser in einer Mehrmodenfaser deutlich weniger

Moden an – im Prinzip nur diejenigen, die den mittleren Bereich des Faserkerns durchlaufen (RML, Restricted Mode Launch, siehe Bild 2).

Der Bereich in der Mitte einer Glasfaser (Kern), der einen hohen Brechungsindex aufweist, stellt den optischen Weg dar, auf dem sich das Licht durch Totalreflexion ausbreitet. Bei Mehrmodenfasern wird der Brechungsindex langsam mit wachsendem Abstand von der Faserkernmitte reduziert, um ein Gradientenindexprofil zu erzeugen (Bild 3). Das Gradientenindexprofil sorgt dafür, dass das gesamte Licht unabhängig vom verwendeten Modenübertragungsweg nahezu gleichzeitig am Ende der Faser eintrifft. Abweichungen bei der Ankunftszeit werden als Modendispersion bezeichnet. Das Leistungsvermögen einer Mehrmodenfaser wird anhand von Bandbreite (bzw. höchster Datenrate) und Reichweite be-

wertet und in der Einheit MHz-km angegeben. Das Bandbreiten-Längen-Produkt (BLP) ist umgekehrt proportional zur Modendispersion.

In modernen Übertragungssystemen mit hohen Datenraten müssen Laser eingesetzt werden. Wird ein Laser in eine Mehrmodenfaser eingekoppelt, verteilt sich das Laserlicht wie gesagt über einen schmalen Bereich, normalerweise ist dies der mittlere Bereich des Faserkerns. Die Leistung der Faser als Laserübertragungsmedium hängt dann stark von der Gleichmässigkeit des Gradienten-Brechungsindexprofils des Faserkerns in diesem Bereich ab. Bei Lasersignalen äussern sich Brechungsindexanomalien entlang der Mittelachse in Form von Verzerrungen des übertragenen Signals sowie durch erhöhte Bitfehlerraten. Damit ist dem System eine obere Grenze für die Datenrate gesetzt. Für Übertragungssysteme mit einer Datenrate von 10 Gbit/s ist die Kombination aus einem laserbasierten Transceiver und einer konventionellen Mehrmodenfaser also nicht geeignet.

Klassifizierung der Mehrmodenfasern

Die relative Laufzeitverzögerung zwischen den angeregten Moden und die Energieverteilung zwischen den Moden bestimmen die Bandbreite und Reichweite

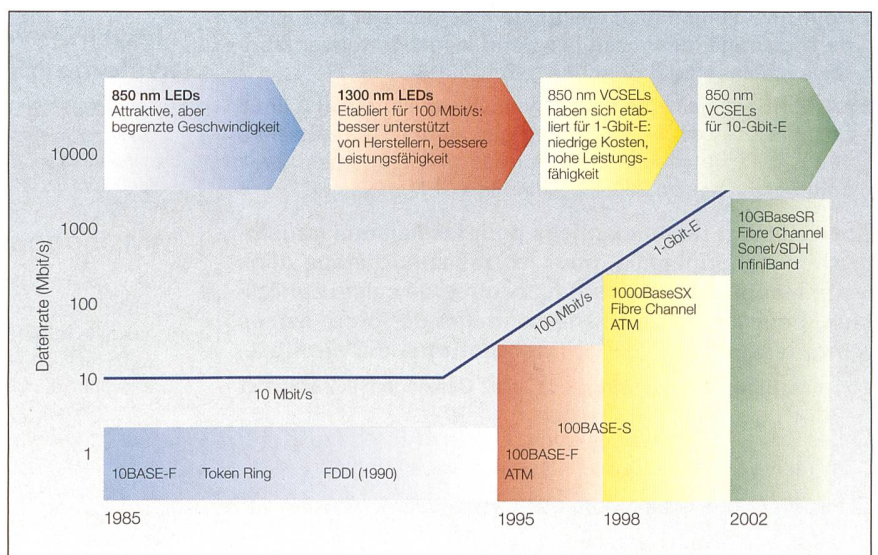


Bild 1 Entwicklung der Übertragungssysteme und Standards bei LWL.

Bandbreite	Beschrieb	Norm
OFL Typ. 100 Mbit/s	Overfilled Launch Bandwith (Bandbreite mit vollständiger Anregung aller Kernmoden)	TIA FO 4.2.1
RML oder DMD 1-Gbit-E	Restricted Mode Launch (Bandbreite mit selektiver Modenanregung im Kernbereich) DMD (Differential Mode Delay) Messung der Laufzeit der einzelnen Moden	TIA/EIA 455-204 (FOTP 204)/IEC 60793-1-41

Bild 2 Der Unterschied zwischen OFL- und RML-Bandbreite.

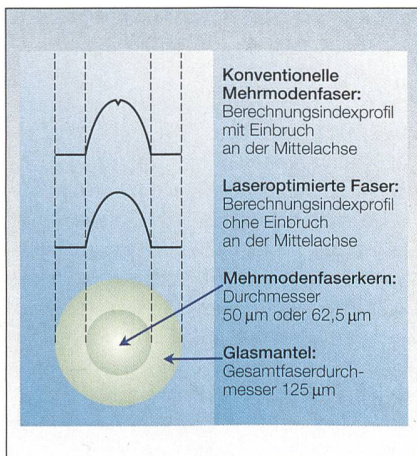


Bild 3 Brechungsindex einer laseroptimierten Faser.

einer Faser. Aus diesem Grund muss die Leistung von konventionellen Mehrmodenfaser, die für LEDs ausgelegt wurden, anhand der OFL-Bandbreitenmessung klassifiziert werden. Dabei werden die Einkoppelbedingungen einer LED nachgeahmt.

Die Einkoppelbedingungen beim Laser sind komplett anders. Daher sind für die neue Generation von Mehrmodenfaser Leistungsklassifizierungsverfahren erforderlich, bei denen die speziellen Einkoppelbedingungen eines Lasers berücksichtigt werden. Es gibt verschiedene Klassifizierungsmethoden: DMD, RML und MinEMBc. Die RML-Bandbreite – die Bandbreite mit selektiver Modenanregung – war die erste nach Standard TIA-455-204 zugelassene Kennzahl für laseroptimierte Fasern. Sie eignet sich für Bandbreitenprognosen bis zu 1 Gbit/s. Für Übertragungssysteme mit höheren Datenraten bis zu 10 Gbit/s wird die MinEMBc-Methode eingesetzt. MinEMBc steht für Minimum Calculated Effective Modal Bandwidth, also für die mini-

male berechnete effektive modale Bandbreite. Diese Methode wird durch die Normen TIA/EIA 455-220 und IEC 60793-1-49 unterstützt und gilt in der Glasfaserbranche als die einzige Referenzmessung für hohe, DMD-basierte und inhärent skalierbare Bandbreiten zur Prognose verschiedener Bitraten und Streckenlängen. Bei anderen Messungen wird dagegen lediglich eine Bestanden-/Nicht-bestanden-Schätzung bei der Übertragung höherer Datenraten bis zu 10 Gbit/s über 300 m abgegeben. Das heisst also, dass die Hersteller für laseroptimierte 10-Gbit-E-Mehrmodenfaser, die nicht nach der MinEMBc-Methode klassifiziert wurden, keine vollständige Leistungsgarantie geben.

Nächste Generation: 100-Gigabit-Ethernet

Die IEEE 802.3 HSSG (High Speed Study Group) hat im Herbst 2007 eine Taskforce gebildet, welche die wirtschaftliche und technische Machbarkeit von Datenraten bis 100 Gbit/s prüft. Unternehmen wie Google und Yahoo sprachen sich in diesem Zusammenhang für 100 Gbit/s als

nächsten Schritt aus. Bereits im April 2007 hat die HSSG definiert, auf Basis der heutigen OM3-Standards 100-Gigabit-Ethernet über 100 m zu übertragen. 200 m werden in Rechenzentren und Backbones angestrebt. Die OM1- und OM2-Standards, die nach den Verkabelungsnormen ISO 11801 und EN50173 die Übertragung von 1 Gbit/s bei Multimodefaser G62,5/125 und G50/125 spezifizieren, werden in dieser Betrachtung gar nicht mehr berücksichtigt. Für die Übertragung höherer Datenraten bis 100 Gbit/s sind Entwicklungen von neuen 850-nm-VCSEL-Lasern nötig und auch vorgesehen.

Empfehlungen

Über die genannten Qualitätsmerkmale hinaus sollten Anwender sich für solche 10-Gigabit-tauglichen Produkte entscheiden, deren Klassifizierung nicht auf Stichprobenmessungen beruht, sondern bei denen die Laserbandbreite jedes Meters auf jeder einzelnen Faserrolle gemessen wurde. So ist garantiert, dass alle eingesetzten Multimodefaser hundertprozentig den Angaben entsprechen.

Darüber hinaus sollten bei allen Rechenzentrums-, Steigzonen-, Campus- und Backbone-Verkabelungen MinEMBc-geprüfte, laseroptimierte Multimodefaser in OM3-Qualität eingesetzt werden. Dies ist eine strategische Investition, die gegenüber Verkabelungen mit herkömmlichen Mehrmodenfaser nur einen Mehrinvest von rund 5% bei Verkabelung und Transceivern ausmacht. Anwender können dadurch sicherstellen, dass ihre Infrastruktur langfristig zuverlässig arbeitet und für zukünftige Standards wie 100-Gigabit-Ethernet gerüstet ist.

Angaben zum Autor

Urs Imholz ist Leiter Markt Schweiz von Dätwyler Cables, einem Bereich der Dätwyler Schweiz AG.
Dätwyler Cables, 6460 Altdorf,
urs.imholz@daetwyler-cables.com

Résumé

L'avenir appartient aux fibres multimodales optimisées laser

L'important, c'est une classification correcte. Vers la fin des années 90, une nouvelle génération de fibres multimodales optimisées laser a été développée. Etant donné leur construction perfectionnée, ces fibres garantissent des performances de transmission beaucoup plus élevées que les fibres multimodales conventionnelles. La condition est cependant qu'elles soient fabriquées au moyen de procédés fiables et testées par des méthodes précises.