

# Grundlagen Lichtwellenleitertechnik

D. Eberlein, Dresden

**Der Lichtwellenleiter (LWL) durchdringt aufgrund seiner besonderen Eigenschaften viele Anwendungsbereiche und bietet eine Alternative zu Leitern aus Kupfer. Daher werden Lichtwellenleiter nicht nur für die Weitverkehrsübertragung eingesetzt, sondern vielerorts bis in die Wohnung verlegt, um breitbandige Dienste bereitzustellen.**

## 1 Vorteile der Nachrichtenübertragung über LWL

LWL-Nachrichtenübertragungssysteme haben im Vergleich zu konventionellen, also auf Kupferkabeln basierenden Systemen eine Reihe gravierender Vorteile. Mit elektrischen Multiplexverfahren, die viele Signale zu einem Signal bündeln, werden heute 2,5 Gbit/s-, 10 Gbit/s- oder 40 Gbit/s-Signale erzeugt. Mit optischen Multiplexverfahren (Wellenlängenmultiplex) können diese Signale erneut gebündelt werden, sodass Übertragungskapazitäten von mehreren Tbit/s auf einem einzigen Lichtwellenleiter möglich sind.

Auch die geringen Verluste der Lichtwellenleiter erschließen bisher ungeahnte Möglichkeiten. So lassen sich ohne Verstärkung Signale über Strecken von mehr als 100 km übertragen. In Verbindung mit optischen Verstärkern ist es heute möglich, mehrere 1000 km über einen Lichtwellenleiter ohne den traditionellen Repeater, das heißt ohne Zwischenwandlung in elektrische Signale, zu überbrücken.

Aber auch in Systemen, die an die Bitraten und Streckenlängen nur geringe Anforderungen stellen, bieten Lichtwellenleiter zunehmend eine Alternative zu Kupferleitungen. Insbesondere in Umgebungen mit starken Störstrahlungen, wie sie in Kraftwerken oder Produktionsbetrieben anzutreffen sind, kommt der Lichtwellenleiter wegen seiner Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Einflüssen zum Einsatz. Lichtwellenleiter strahlen zudem keine Signale ab und sind deshalb prinzipiell abhörsicher. Vorteilhaft ist auch, dass Lichtwellenleiter im Vergleich zu Kupferleitern einen wesentlich geringeren Durchmesser besitzen.

Die Nachteile der LWL-Technik ergeben sich aus den höheren technologischen Anforderungen (geringe Abmessungen des Lichtwellenleiters) und einer aufwändigeren Messtechnik [1] [2].

Werden zwei Lichtwellenleiter miteinander verbunden, müssen die LWL-Kerne exakt zu-

einander positioniert werden. Wegen der sehr kleinen Kerndurchmesser ist das eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen sowohl an die lösbare Verbindungstechnik (Steckerkonfektionierung) als auch an die nichtlösbare Verbindungstechnik (Spleißtechnik).

## 2 Prinzip der optischen Informationsübertragung

Ein elektrisches Signal erzeugt in einem Sendemodul eine optische Trägerschwingung und damit ein optisches Signal. Die Modulation kann analog oder digital erfolgen. Als Sender kommen Lumineszenzdioden oder Laserdioden zum Einsatz.

Der Lichtwellenleiter kann je nach Anforderungen an die Dämpfung und die Bandbreite als:

- Multimode-Stufenprofil-LWL,
- Multimode-Gradientenprofil-LWL oder
- Singlemode-LWL ausgeführt sein.

Am Ende der Übertragungsstrecke wird das optische Signal mit einem Empfänger in ein elektrisches Signal gewandelt und gegebenenfalls verstärkt und demoduliert. Die optisch-elektrische Wandlung übernimmt eine PIN- bzw. Lawinen-Photodiode.

Sowohl Sender als auch Empfänger werden mit einer Anschlussfaser (Pigtail) ausgeführt, über die das optische Signal entweder in den

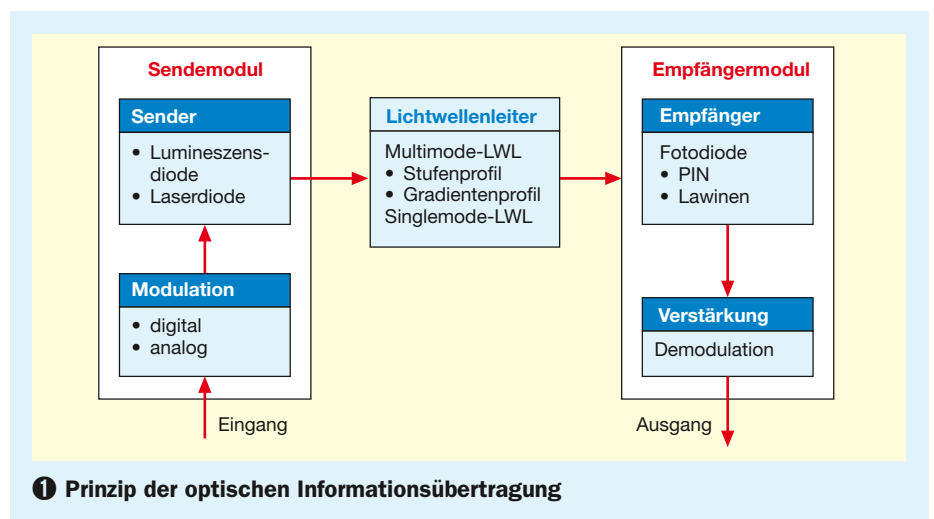
Lichtwellenleiter eingekoppelt oder ausgekoppelt wird. Um die Koppelverluste möglichst gering zu halten, muss die industrielle Ankopplung der Anschlussfasern an die aktiven Bauelemente eine hohe Qualität aufweisen. Das Prinzip der optischen Informationsübertragung wird in Bild 1 dargestellt. Das Übertragungssystem kann

- dämpfungsbegrenzt oder
- dispersionsbegrenzt sein.

Dämpfungsbegrenzung heißt, dass die maximal realisierbare Streckenlänge durch die Dämpfung im System begrenzt wird. Genauer gesagt: Die am Empfänger ankommende Leistung darf einen bestimmten Wert nicht unterschreiten, damit das Signal noch fehlerfrei detektiert werden kann. Dispersionsbegrenzung heißt, dass die maximal realisierbare Streckenlänge durch die Dispersion im System begrenzt wird. Die Dämpfungsbegrenzung wird nicht nur durch eine hohe LWL-Dämpfung oder eine lange zu überbrückende Strecke verursacht, auch die Höhe der eingekoppelten Leistung und die Empfindlichkeit des Empfängers spielt eine wichtige Rolle. Die Empfängerempfindlichkeit nimmt mit wachsender Bandbreite ab.

Unter Dispersion wird eine Impulsverbreiterung während der Ausbreitung entlang des Lichtwellenleiters verstanden (Bild 5). Die Dispersion umfasst alle physikalischen Effekte, die zu einer Impulsverbreiterung führen. Impulsverbreiterung bedeutet, dass die Leistung innerhalb eines Impulses über einen längeren Zeitraum verteilt ist als im ursprünglichen Impuls.

Die Auswahl der geeigneten Komponenten (beispielsweise Typ des Senders, des Lichtwellenleiters und des Empfängers), wird durch die jeweiligen Anforderungen an das Übertragungssystem bestimmt (Streckenlänge, Bandbreite). Dabei ist es sinnlos, einen hohen Aufwand zur Reduktion der Dämpfung zu treiben, wenn das System dispersionsbegrenzt ist oder einen hohen Aufwand zur Reduktion der Dispersion zu treiben, wenn das System dämpfungsbegrenzt ist. Beim Erfüllen dieser



### Autor

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

beiden Forderungen, die Dämpfung und die Dispersion nicht zu überschreiten, sollte optimiert werden.

### 3 Aufbau und Signalausbreitung

Der Lichtwellenleiter besteht aus einem Kern mit dem Durchmesser  $2r_K$  und einem Mantel mit dem Durchmesser  $2r_M$  (Bild 2). Während sich der Kerndurchmesser gängiger Telekommunikationsfasern unterscheidet (8, 50, 62,5  $\mu\text{m}$ ), hat der Mantel stets den gleichen Durchmesser von 125  $\mu\text{m}$ . Dieser Mantel ist mit einer Schutzschicht, der so genannten Primärbeschichtung versehen, die unter anderem den mechanischen Schutz des Lichtwellenleiters bewirkt (Bild 2). Um eine verlustarme Übertragung zu gewährleisten, muss die Dämpfung des Glases sehr gering sein. Darüber hinaus muss das Licht im LWL-Kern gefangen bleiben (geführt werden), auch bei moderaten Krümmungen des Lichtwellenleiters. Die Führung wird durch die Totalreflexion möglich (Bild 3).

Damit das Licht an der Kern-Mantel-Grenze reflektiert wird, müssen folgende Bedingungen erfüllt werden [4] [5]:

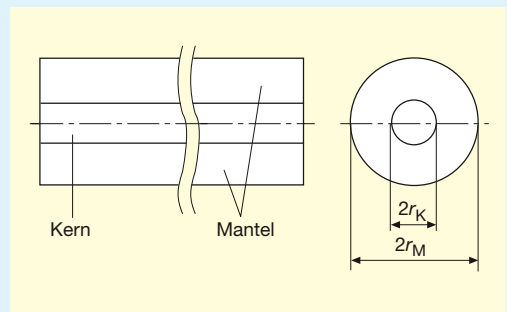
- Der Kern muss eine größere Brechzahl als der Mantel haben ( $n_1 > n_2$ ).
- Der Neigungswinkel gegen die optische Achse darf einen bestimmten Wert nicht überschreiten ( $\theta_{\text{Grenz}}$ ).

Der Sinus des maximalen Neigungswinkels, die numerische Apertur ( $NA = \sin \theta_{\text{Grenz}}$ ), ist für die einzelnen Lichtwellenleiter genormt. Es gilt für:

50  $\mu\text{m}$ -LWL  $NA = 0,2$ ,  
62,5  $\mu\text{m}$ -LWL  $NA = 0,275$  und  
Singlemode-LWL  $NA \approx 0,12$ .

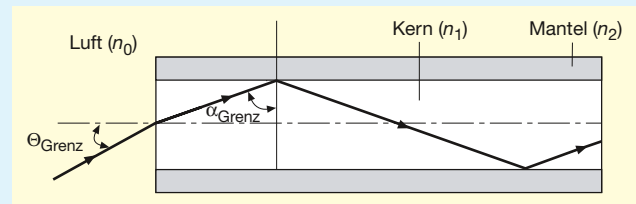
**Tafel 1 Dämpfungskoeffizienten von Telekommunikations-LWL in Abhängigkeit der Wellenlänge**  
MM = Multimode, SM = Singlemode,  $\lambda$  = Wellenlänge,  $\alpha$  = Dämpfungskoeffizient

Typ	$\lambda$ in nm	$\alpha$ in dB/km
MM-LWL	850	2,7
MM-LWL	1300	0,7
SM-LWL	1310	0,33
SM-LWL	1550	0,20
SM-LWL	1625	0,22



**2 Struktur eines Lichtwellenleiters**

**3 Totalreflexion im Stufenprofil-LWL**



### 4 Dämpfung im Lichtwellenleiter

Die in den Lichtwellenleiter eingekoppelte Leistung  $P_0$  fällt entlang des Lichtwellenleiters exponentiell ab ( $P(L)$ ). Die Dämpfung  $a$  wird in Dezibel (dB) definiert:

$$a = 10 \lg \frac{P_0}{P(L)} \text{ in dB} \Leftrightarrow P(L) = P_0 10^{-\frac{a(L)}{10 \text{ dB}}} \quad (1)$$

Keine Dämpfung bedeutet 0 dB, Abfallen der Leistung auf die Hälfte etwa 3 dB und Abfallen auf ein Zehntel 10 dB.

Der Dämpfungskoeffizient  $\alpha$  ist gleich der auf die LWL-Länge  $L$  bezogene Dämpfung:

$$\alpha = \frac{a}{L} \text{ in dB/km} \quad (2)$$

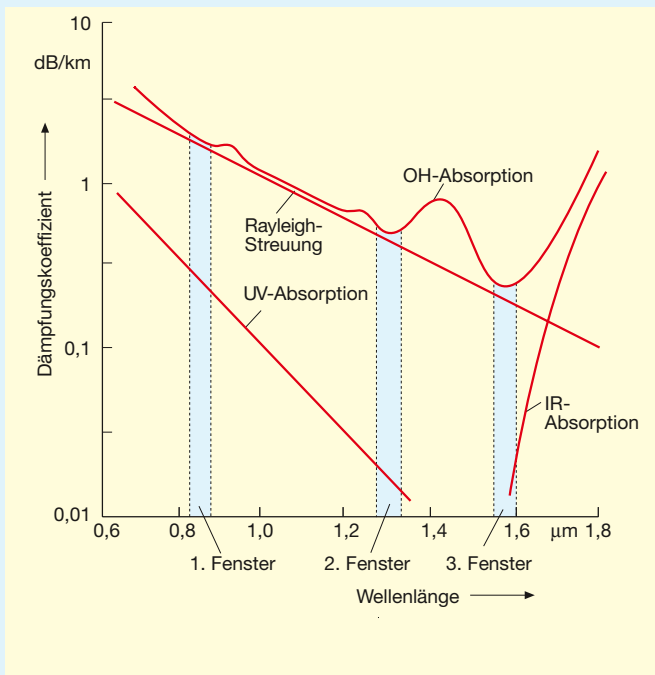
In Tafel 1 wurden typische Dämpfungskoeffizienten zusammengestellt

Bild 4 zeigt den Dämpfungskoeffizient in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Die minimal erreichbare Dämpfung wird durch die Rayleighstreuung begrenzt. Das ist ein unvermeidbarer physikalischer Effekt. Da sich die Rayleighstreuung mit wachsender Wellenlänge verringert, kann man bei höheren Wellenlängen wesentlich geringere Dämpfungskoeffizienten erzielen (vergleiche Tafel 1).

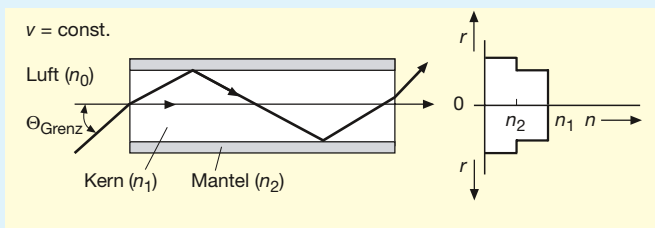
Die Dämpfungskurve durchläuft Maxima, die durch Absorptionen von OH-Ionen (Wasserstoff-Ionen) bei der Herstellung verursacht werden. In den relativen Minima der Kurve liegen die drei klassischen optischen Fenster:

- erstes optisches Fenster bei 850 nm,
- zweites optisches Fenster bei 1300 nm und
- drittes optisches Fenster bei 1550 nm.

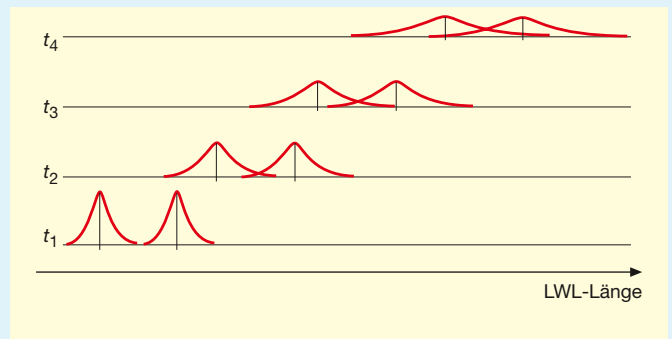
Der Wellenlängenbereich um 1625 nm wird manchmal als viertes optisches Fenster bezeichnet.



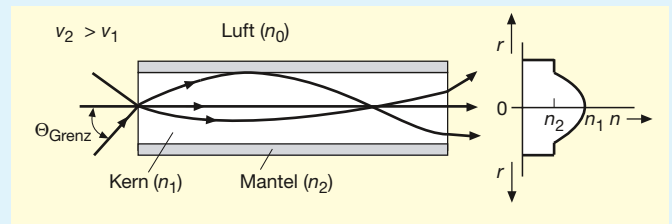
4 Dämpfungskoeffizient in Abhängigkeit von der Wellenlänge



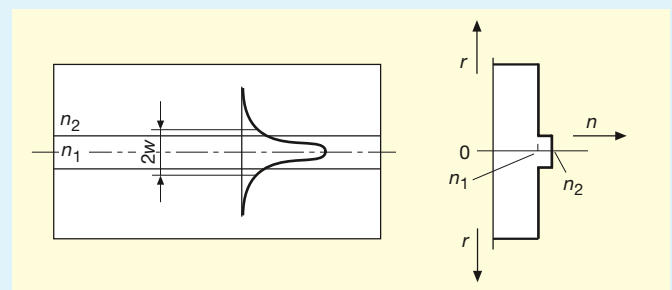
5 Stufenprofil-LWL (links) und Brechzahlprofil (rechts)



6 Impulsverbreiterung und Überlappungen durch Dispersion



7 Gradientenprofil-LWL (links) und Brechzahlprofil (rechts)



8 Wellenausbreitung im Singlemode-LWL (links) und Brechzahlprofil (rechts)

Bei den so genannten Low-Water-Peak-Fasern wird durch Modifizieren des Fertigungsprozesses der Einbau von Wasserstoffionen in das Glas verhindert, so dass ein breiter Wellenlängenbereich nutzbar wird. Das ist beim Groben Wellenlängenmultiplex (CWDM) wichtig, wo sich die Übertragungswellenlängen von 1291 nm bis 1611 nm erstrecken (Bild 4).

## 5 Lichtwellenleiter-Typen und Dispersion

### 5.1 Stufenprofil-Lichtwellenleiter und Modendispersion

Zur Gewährleistung der Totalreflexion hat der LWL-Kern eine höhere Brechzahl als der LWL-Mantel. Die Brechzahl ist über den Kernquerschnitt konstant und fällt stufenförmig an der Kern-Mantel-Grenze ab. Daraus ergibt sich der Name Stufenprofil-LWL. In Bild 5 (rechts) wird der Brechzahlverlauf dargestellt. Bild 5 (links) zeigt den Strahlenverlauf im Stufenprofil-LWL. Auf die LWL-Stirnfläche auftreffendes

Licht wird im Lichtwellenleiter geführt, sofern es in den Kern eingekoppelt wird und innerhalb der numerischen Apertur liegt. Jeder mögliche Ausbreitungsweg des Lichtes (Lichtweg) wird als Mode bezeichnet. Ein 50 μm-LWL beinhaltet einige Hundert Moden. Das gibt dem Lichtwellenleiter den zweiten Teil seines Namens, nämlich Multimode-LWL. Exakt spricht man also vom Multimode-Stufenprofil-Lichtwellenleiter. Anstelle der Bezeichnung Multimode-LWL verwendet man seltener die Begriffe Mehrmoden-LWL und Vielmoden-LWL. Der Axialstrahl verläuft entlang der optischen Achse, legt den kürzesten Weg zurück und hat damit die geringste Laufzeit (Bild 5 (links)). Der Strahl mit maximalem Neigungswinkel gegen die optische Achse, der durch die numerische Apertur begrenzt wird, muss infolge der Zick-Zack-Ausbreitung einen wesentlich längeren Weg zurücklegen und benötigt dafür eine längere Zeit, da die Ausbreitungsgeschwindigkeit beider Strahlen gleich groß ist. Die unterschiedlichen Laufzeiten der einzelnen Lichtanteile bewirken im Multimode-Stu-

fenprofil-Lichtwellenleiter den gravierendsten Dispersionseffekt, die Modendispersion. Die im Lichtwellenleiter geführte Leistung ist über die Moden mehr oder weniger gleichförmig verteilt. Die Leistungsanteile jeder einzelnen Mode treffen zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Empfänger ein. Bild 6 zeigt die Verbreiterung der Impulse entlang des Lichtwellenleiters. Evident ist ebenfalls, dass es zu einer zunehmenden Überlappung benachbarter Impulse kommt. Zum Zeitpunkt  $t_4$  in Bild 6 ist die Überlappung so groß, dass der Empfänger die beiden Einzelimpulse nicht mehr trennen kann. Wählt man einen größeren zeitlichen Abstand zwischen den Impulsen, sind größere Streckenlängen möglich, ehe es zur Überlappung kommt. Ein größerer zeitlicher Abstand zwischen den Impulsen entspricht aber einer geringeren Bitrate bzw. Bandbreite. Somit begrenzt die Dispersion sowohl die realisierbare Streckenlänge als auch die übertragbare Bitrate und Bandbreite. Erhöht man die Streckenlänge, verringert sich die Bandbreite und erhöht man die Bandbreite, verringert sich die Streckenlänge. Bandbreite und Länge ver-

halten sich näherungsweise umgekehrt proportional zueinander. Das Produkt aus Bandbreite und Länge ist annähernd konstant. Das Bandbreite-Längen-Produkt ist ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung des Multimode-LWL.

## 5.2 Gradientenprofil-Lichtwellenleiter und Profildispersion

Bild 7 zeigt die Modenausbreitung im Gradientenprofil-LWL: Auch dieser LWL-Typ ist ein Multimode-LWL. Um den Laufzeitunterschied zwischen den einzelnen Moden zu reduzieren, muss man deren Geschwindigkeiten beeinflussen.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  in einem Medium mit der Brechzahl  $n$  lässt sich nach Gleichung (3) berechnen:

$$v = c/n \quad (3)$$

Dabei ist  $c \approx 300\,000$  km/s die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Für die Brechzahl des Glases gilt:  $n \approx 1,5$ . Daraus ergibt sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Glas  $v \approx 200\,000$  km/s. Aus Gleichung (3) ist ersichtlich, dass man die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts beeinflussen kann, indem man die Brechzahl verändert. Geringere Brechzahl (optisch „dünneres“ Medium) bedeutet höhere Ausbreitungsgeschwindigkeit. Folglich müssen die Moden, die längere Wege zurückzulegen haben, ein Medium mit geringerer Brechzahl durchlaufen. Beim Gradientenprofil-LWL nimmt die Brechzahl mit zunehmendem Abstand von der optischen Achse ab (Bild 7 (rechts)), wodurch das Licht schneller wird. Wenn sich das Licht in Richtung optische Achse bewegt, wird es wieder langsamer.

Hat der Brechzahlverlauf annähernd die Gestalt einer Parabel, kann man den Laufzeitunterschied zwischen allen Moden minimieren: Parabelprofil-LWL. Die verbleibende Dispersion, die hauptsächlich durch Abweichungen vom idealen Brechzahlprofil verursacht wird, bezeichnet man als Profildispersion. Durch Optimierung des Brechzahlprofils konnten Faserhersteller in den letzten Jahren die Profildispersion stark reduzieren. Der so genannte OM3-LWL ermöglicht eine Übertragung von Gigabit-Ethernet und 10 Gbit-Ethernet über einige hundert Meter.

## 5.3 Singlemode-LWL

Während man mit einem optimierten Parabelprofil-LWL 10 Gbit/s über 300 m realisieren kann, sind in der Weitverkehrsübertragung beispielsweise 10 Gbit/s über 100 km zu übertragen. Um diese wesentlich höheren Anforderungen zu erfüllen, benötigt man einen völlig anderen Lichtwellenleiter.

Lichtwellenleiter, die nur eine Mode besitzen, werden als Single-, Monomode- oder Einmoden-LWL bezeichnet. Der Standard-Singlemode-LWL hat ein stufenförmiges Brechzahlprofil. Man kann ihn sich als einen Leiter vorstellen, der aus einem 50  $\mu\text{m}$ -Stufenprofil-LWL mit einige hundert Moden gefertigt wur-

de. Durch Reduktion des Durchmessers und der Brechzahldifferenz zwischen Kern und Mantel wird die Stufe immer kleiner. Die Anzahl der Moden wird immer geringer. Schließlich wird eine Abmessung erreicht, die die „Fortpflanzung“ nur noch einer einzigen Mode ermöglicht.

Um dies zu erreichen, ist ein Kerndurchmesser  $< 10 \mu\text{m}$  erforderlich. Die Feldverteilung der einzelnen Mode über den Kernquerschnitt kann durch eine Gaußfunktion (Glockenkurve) angenähert werden. Für die Feldamplitude  $E$  in Abhängigkeit vom Radius  $r$  gilt:

$$E(r) = E(r=0) \cdot e^{-\left(\frac{r}{w}\right)^2} \quad (4)$$

$w$  = Modenfeldradius

In Bild 8 (rechts) wurde ein Stufenprofil dargestellt. Aber auch mit anderen Profilen lässt sich eine Einmodigkeit erzielen. Die Breite der gaußförmigen Verteilung wird durch den Modenfelddurchmesser  $2w$  charakterisiert. Der Modenfelddurchmesser entspricht einem Intensitätsabfall bezüglich des Maximalwertes auf  $1/e^2$  (13,5%).

Im Gegensatz zum Multimode-LWL wird der Singlemode-LWL nicht mehr durch seinen Kerndurchmesser definiert. In Datenblättern findet man anstelle dessen eine Angabe zum Modenfelddurchmesser, der im Allgemeinen größer ist als der Kerndurchmesser. Dies wird bereits aus Bild 8 (links) ersichtlich.

Außerdem erkennt man, dass die sich durch den Singlemode-LWL ausbreitende Welle in den Mantel hineinragt. Das heißt ein Teil des Lichtes wird durch den Mantel geführt. Somit beeinflusst der Mantel das Ausbreitungsverhalten des Singlemode-LWL. Zu enge Krümmungsradien ( $< 30$  mm) führen zu erhöhten Dämpfungen.

Eine größere Übertragungswellenlänge bewirkt eine Verbreiterung des Modenfeldes. Es wird weniger Licht im Kern geführt und das Modenfeld ragt weiter in den Mantel hinein. Das hat zur Folge, dass die Dämpfung durch Krümmung mit höherer Wellenlänge wächst. Obwohl sich nur eine einzige Mode im Singlemode-LWL ausbreitet, ist er nicht frei von Dispersion. Die wesentlichen Dispersionseffekte sind die Materialdispersion und die Wellenleiterdispersion, die sich zur chromatischen Dispersion addieren. Chromatische Dispersion bedeutet, dass die Impulsverbreiterung durch die Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahlen hervorgerufen wird. Das heißt, sie steht in engem Zusammenhang mit den spektralen Eigenschaften des Senders.

Wesentlich kleiner und deshalb von untergeordneter Bedeutung ist die Polarisationsmodendispersion. Die Grundmode im Singlemode-LWL repräsentiert ein Modenpaar mit zueinander orthogonalen (rechtwinkligen) Polarisationen. (Insofern ist der Singlemode-LWL ein Zweimoden-LWL.) Die Polarisationsmodendispersion erlangt in hochbitratigen Systemen (ab 10 Gbit/s) eine zunehmende Bedeutung.

**6** Lichtwellenleiter und deren Einsatzfelder

Wegen der besonderen Eigenschaften können die verschiedenen Lichtwellenleiter vielseitig eingesetzt werden.

**Kunststoff-LWL.** Zur Vermeidung von Störbeeinflussungen kommt der Kunststoff-LWL (POF: Polymer Optical Fiber; typischer Kerndurchmesser 980 µm) zunehmend in PKW zum Einsatz. Aber auch für die Kurzstreckenübertragung in der Wohnung (typisch bis maximal 50 m) ist er geeignet. Die Dämpfung dieses Lichtwellenleiters ist groß und die Bandbreite gering.

**PCF-LWL.** Der so genannte PCF-LWL (PCF: Polymer Cladded Fiber; typischer Kerndurchmesser 200 µm) hat eine deutlich geringere Dämpfung und ermöglicht eine größere Bandbreite als der Kunststoff-LWL. Der PCF-LWL kommt in rauen Umgebungen mit starken elektromagnetischen Störungen zum Einsatz.

**Gradientenprofil-LWL.** Der Gradientenprofil-LWL (Kerndurchmesser 50 µm oder 62,5 µm) ist für die herkömmliche Inhouse-Verkabelung geeignet. Gradientenprofil-LWL mit optimiertem Brechzahlprofil ermöglichen eine breitbandige Übertragung (Gigabit-Ethernet, 10 Gbit-Ethernet) über mehrere hundert Meter.

**Singlemode-LWL.** Der Singlemode-LWL (Kerndurchmesser 8 µm) ist wegen seiner sehr geringen Dämpfung und hohen Bandbreite besonders für die Weitverkehrsübertragung geeignet (WAN: Wide Area Network). Aber auch in Stadtnetzen (MAN: Metropolitan Area Network) und in lokalen Netzen (LAN: Local Area Network) kommt er zum Einsatz.

Zunehmende Bedeutung erlangt der Singlemode-LWL in passiven optischen Netzen. Durch „Fiber-to-the-Home“ (FTTH) werden Privathaushalte mit Sprache, Daten und Video versorgt (Triple Play). Typische Bandbreiten liegen derzeit bei 50 bis 100 Mbit/s. Während weltweit diese Technik millionenfach zum Einsatz kommt, sind die Aktivitäten in Deutschland noch auf wenige Stadtnetze beschränkt. Die hohe Übertragungskapazität der Singlemode-LWL wird durch die gleichzeitige Übertragung von vielen Wellenlängen über einen einzigen Lichtwellenleiter erschlossen [3].

So unterscheidet man zwischen: WDM (Wavelength Division Multiplex) – herkömmlichen Wellenlängenmultiplex, CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplex) – Groben Wellenlängenmultiplex (Coarse Wavelength Division Multiplex) und DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex) – Dichten Wellenlängenmultiplex.

**Literatur**

[1] Eberlein, D.: Messtechnik Fiber Optic, Dr. M. Siebert GmbH, Berlin 2006, 1. Auflage.  
 [2] Eberlein, D.: LWL-Messtechnik, Elektropraktiker Berlin, 60 (2006) 4, S. 302-305 und 60 (2006) 5, S. 392-395.  
 [3] Eberlein, D.: Dichtes Wellenlängenmultiplex, Dr. M. Siebert GmbH, Berlin 2003, 1. Auflage.  
 [4] Eberlein, D., u.a.: Lichtwellenleiter-Technik, expert-verlag, Renningen 2007, 7. Auflage.  
 [5] Eberlein, D.: Leitfaden Fiber Optic, Dr. M. Siebert GmbH, Berlin 2005, 1. Auflage.

# Kommunikationstechnik für die Energieversorgung

W.-D. Sieberth, Berlin

**Das 11. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik gab einen Überblick über den Stand der Technik, neueste Technologien, neueste Trends und praktische Erfahrungen aus dem Bereich Energie und Kommunikation. Gleichzeitig bildete das Symposium die Abschlußveranstaltung eines vom BMBF geförderten Netzwerkes. Die Bedeutung der Tagung wird durch die Teilnahme von 220 Fachleuten aus dem In- und Ausland unterstrichen.**

**1** Energiesystemtechnik verändert sich

Mit der erwarteten Änderung der Energieerzeugungsarten und der damit drastisch veränderten Komplexität der Energieerzeugungsanlagen verändert sich ebenso die Energie-Systemtechnik [1][2]. Zur Einstellung auf die veränderte Versorgungsstruktur wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein umfangreiches Forschungsprogramm initiiert, dessen Abschlußdarstellung Gegenstand des Symposiums war [3][4].

**2** Thematisches Netzwerk

Das thematische Netzwerk „Energie und Kommunikation“ (NEuK) verband die Forschung von Hochschuleinrichtungen, Wirtschaftsunternehmen und außeruniversitären Forschungseinrichtung mit dem Ziel der „Optimierung des Einsatzes dezentraler Energieversorgungssysteme durch Einbindung moderner Kommunikationstechniken“. Hierzu wurden Innerhalb von zwei Jahren in vier thematischen Arbeitsgruppen (AG):

**AG 1** Dezentrales Power Quality- und Netzmanagement,

**AG 2** Kommunikationsstrukturen und -techniken,

**AG 3** Energiemanagement und Betriebsführungsstrategien sowie

**AG 4** Informationsmanagement Konzeptvorschläge entwickelt. Diese Vorschläge sollen nun im Rahmen von Projektideen und Anträgen für Forschungsvorhaben realisiert werden. Ihre Basis sind Szenarien für zukünftige dezentrale Energieversorgungsstrukturen mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien für eine optimale Einbindung mit Hilfe modernster Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT). Dabei standen die technischen Gesichtspunkte im Vordergrund, aber auch Kostenaspekte und markttechnische Fragen wurden betrachtet. Noch dieses Jahr wird hieraus der BMBF-Programmschwerpunkt „Grundlagenforschung Energie“ mit wesentlichen Teilen zu Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien (insbesondere PV, Biomasse und Bio-H<sub>2</sub>) resultieren [5].

**3** Vorschläge zur Realisation

Für die Zukunft geht die AG 1 davon aus, dass die dezentrale Einspeisung unter folgenden Aspekten stärker geplant und koordiniert zur Stromerzeugung eingesetzt wird:

- Geplante Erzeugung im Rahmen eines Fahrplanes,
- Bereitstellung von Regelenergie,
- Ausgleichsenergielieferungen.

**Autor**  
 Dipl.-Ing. Wulf-Dietrich Sieberth ist freier Fachautor, Berlin.

