

Vorwort

Wir alle nutzen Kommunikationssysteme, Festnetzsysteme für große Entfernungen im nationalen, internationalen und interkontinentalen Bereich. Dabei geht es heute zunehmend nicht nur um verbale und Textkommunikation, sondern auch um die Übertragung von hochqualitativen Bildern und Filmen. Insbesondere für Filme müssen sehr große Datenmengen in kürzester Zeit übertragen werden. Bereits vor einigen Jahren berichtete YouTube, dass das Unternehmen innerhalb von drei Monaten mehr Daten übertragen hatte, als auf unserer über vier Milliarden alten Erde zuvor je übertragen wurden. Daher benötigen wir hochbitratige Weitverkehrsübertragungssysteme, die bei diesen hohen Datenraten ausschließlich über Glasfasern transportiert werden können. Darüber hinaus müssen wir für den urbanen Bereich, im Einfamilienhaus oder im Apartment einer Hochhauswohnung den schnellen Datenstrom herunterteilen wie von einer Wasser- oder Stromleitung in der Straße. Diese Aufgabe erledigen wir in Zukunft anstelle von elektrischen Twisted-Pair-Leitungen im Bereich einiger Megabit pro Sekunde unter Einsatz von optischen oder Mikrowellensystemen mit wesentlich höheren Übertragungsraten, die in den Bereich Gigabit pro Sekunde hineinreichen. Man spricht von der letzten Meile, die z. B. durch faseroptische Leitungen überwunden wird: „Fiber to the Home“ (FTTH), MAN- und LAN-Anwendungen, also Leitungen vor und im (Hoch-)Haus, Inhouse-Systeme. Dabei kommen sowohl Glasfasern als auch polymer-optische Fasern zum Einsatz. Anstelle von kabelgebundenen Systemen werden aber auch optische Freiraumübertragungssysteme (Optical Wireless Communication, OWC) und vor allem WLAN, also Mikrowellentechniken eingesetzt – oder auch Kombinationen dieser verschiedenen Techniken. Dabei tritt die oftmals früher vorhandene Gegnerschaft der Entwickler in den Hintergrund. Der Kunde fragte schon immer, aber heute in stärkerem Maße, nach einer Komplettlösung seines Problems, und es ist ihm völlig gleichgültig, ob diese Lösung optisch oder nichtoptisch ist.

Ein weiterer in den letzten Jahren aufgekommener Bereich ist der Industrieinsatz in der Automatisierungstechnik. Eine industriegerechte Lichtwellenleitertechnologie eröffnet neue Perspektiven für die Datenkommunikation in der Automatisierung. Dabei bedarf es gerade angesichts der stetig wachsenden Anforderungen an die industrielle Datenkommunikation eines Übertragungsmediums, das ein hohes Maß an Flexibilität und damit zugleich Zukunftssicherheit bietet, insbesondere hinsichtlich Bandbreite, Übertragungsentfernung und Störfestigkeit. Dafür sind Lichtwellenleiter besonders gut geeignet. Entsprechende optische Netzwerkkomponenten, mit denen industriegerechte Infrastrukturen realisiert werden können, stehen mittlerweile zur Verfügung. Dazu zählen sowohl aktive Komponenten wie Ethernet-Switche und Feldbuskonverter als auch Steckverbinder und Spleißboxen.

Ein anderer neuer Anwendungsbereich der Datenübertragung sind Automotive-Applikationen. Die Integration von immer mehr Multimedia- und Telematikanwendungen in Fahrzeugen, bisher vor allem in der Premiumklasse, führt zu einer raschen Zunahme der Komplexität dieser Applikationen. Einst hatte man ein Autoradio mit einfachen Lautsprechern. Heute gibt es ein ausgeklügeltes Soundsystem, CD- und DVD-Spieler, USB-Sticks, Verstärker, Navigations- und Videofunktionen, Spracheingabe und Bluetooth ergänzen diese Pakete. In einem umfangreichen Infotainmentsystem gibt es eine Vielzahl dieser Verknüpfungen. Sollen diese Funktionen gewährleistet werden, ist eine für den Automotivbereich relativ große Übertragungsbandbreite vom System gefordert. Aus diesem Bedürfnis heraus wurde ein spezielles Infotainment-Kommunikationssystem entwickelt, „Media Oriented Systems Transport“ oder kurz MOST. Die physikalische Verbindung besteht aus einem optischen Sender (LED), einem optischen Empfänger (Silizium-Fotodiode) und einer Kunststofffaser (polymer-optische Faser, POF).

Auch für das Flugzeug erfolgen aktuelle Entwicklungen faseroptischer Systeme aufgrund neuer Herausforderungen. Um Masse einzusparen, werden die neueren Flugzeuggenerationen mit einem zunehmenden Anteil an Kohlestofffaser-Verbundstoffen hergestellt. Außenhüllen aus diesen Materialien sorgen für eine Massereduzierung von bis zu 30 %, verglichen mit Metallhüllen. Jedes verlorene Kilogramm bewirkt über die gesamte Lebensdauer eines Flugzeugs eine Einsparung von mehreren 1000 l Kerosin. Jedoch verlieren die Flugzeuge nicht nur Masse, sondern auch Vorteile einer geschlossenen metallenen Außenhülle, z. B. die Eigenschaften eines Faradaykäfigs. Ein Blitzeinschlag, der an der Außenhülle entlangwandert, bedroht somit Geräte und Kabel, die sich direkt unterhalb dieser befinden. Deshalb werden auch hierbei optische Lösungen entwickelt. Wegen der größeren Entfernungen im Vergleich zum Auto ist eine vielversprechende Möglichkeit, die POF durch eine PCS-Faser (Polymer-Clad Silica) mit einer wesentlich geringeren Dämpfung zu ersetzen. Die PCS-Faser ist ein Hybrid aus einer Plastik- und einer Glasfaser. Ein Glaskern wird von einem Polymermantel überzogen und vereint Vorteile beider Komponenten. Als Nächstes wird die LED als Lichtquelle durch einen VCSEL abgelöst – einen Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser.

Abschließend werden außerdem Anwendungen für optische Sensoren vorgestellt, die konventionelle elektrische oder mechanische bzw. heute auch optische Großgeräte durch handflächengroße faseroptische Sensoren ablösen. Interessant sind dabei insbesondere neuere Entwicklungen, die im letzten Jahrzehnt dazugekommen sind. Dazu gehören fasergekoppelte photoakustische Ozonsensoren, basierend auf fasergeführten Mikro-Ringresonatoren. Die photoakustische Spektroskopie ist eine bewährte Methode zur Bestimmung von Gaskonzentrationen. Die technologische Neuentwicklung des direkten Applizierens von Bragg-Gitter-Strukturen in gewöhnliche Telekomfasern mittels ultrakurzer Laserpulse ermöglicht eine großtechnische und wirtschaftliche Integration faseroptischer Sensornetzwerke.

Für konstruktive Kritik und zahlreiche Diskussionen bedanke ich mich bei meinem Kollegen Prof. Dr. R. Martin und bei Prof. Dr. W. Bludau (FH Lübeck) sowie bei meinen ehemaligen SEL-Alcatel-Kollegen Dr. W. Kieseweter, Dipl.-Phys. H. Schmuck, Dipl.-Phys. R. Roßberg, Dipl.-Ing. H. Krimmel und Dr. G. Veith. Mein Dank gilt außerdem den Herren Dr. W. Auch, Dr. O. Hildebrand (SEL-Alcatel), Dipl.-Ing. E. Braun (Siemens), Dipl.-Ing. J. Rodlberger (ANT Bosch Telecom), Dr. W. Ludolf (Hirschmann) und Dr. H. Grübel (Euchner) für die Bereitstellung von Fotografien und Messkurven. Besonderer Dank gebührt meinem Mitarbeiter Herrn Dipl.-Phys. H. Bletzer für seine tatkräftige Mithilfe und zahlreiche Diskussionen sowie Herrn Dipl.-Ing. M. Kreienberg vom VDE VERLAG für die Übernahme des Lektorats.

Für die dritte Auflage konnte ich zusätzlich Kapitelautoren aus Universität und Industrie dazugewinnen, die in der aktuellen Forschung und Entwicklung tätig sind und bei denen ich mich ausdrücklich bedanken möchte für die Aktualisierung und Ergänzung der jeweiligen Themen: Dr. Ronald Freund, Fraunhofer HHI/Berlin; Dr. Joachim Walewski, Siemens AG, München; Prokurist Thorsten Ebach, eks Engel GmbH & Co. KG; Dipl.-Ing. Daniel Seibl, Hochschule Esslingen, M.Sc. Jan Lubkoll, ASML Holding N. V., DR Veldhoven/Niederlande und Prof. Dr. Wolfgang Schade, Fraunhofer HHI/TU Clausthal. Alle F&E-Projekte erfolgten in enger Zusammenarbeit mit der Industrie in Firmen wie Alcatel-Lucent, heute Bell Labs Germany, HP, Agilent, Mercedes-Benz Technology, Siemens und Diehl Aerospace sowie mit nationalen und internationalen Hochschulen weltweit. Dabei haben viele Studierende im Rahmen von Bachelor, Master- und Doktorarbeiten mitgewirkt, bei denen ich mich, einschließlich der Firmenmitarbeiter aus der Industrie, besonders bedanken möchte.

Bei meiner Frau *Dorothee* sowie bei meinen Kindern *Sven*, *Jana* und *Jasmin* bedanke ich mich für das entgegengebrachte Verständnis und das Erdulden vieler Entbehrungen durch einen häufig abwesenden Ehemann und Vater.

Esslingen, im Winter 2013

Otto Strobel