

Aktuelle Trends für die Lichtwellenleitertechnik zur Datenübertragung

Der Gebrauch von Smartphones, Tablets und anderen mobilen Computersystemen, aber auch die zunehmende Abbildung des Geschäftsverkehrs (z.B. e-commerce, e-government), wie auch die Digitalisierung aller Daten treiben die ständige Aufrüstung der Datennetze voran. Die Datenraten steigen weltweit noch immer jedes Jahr deutlich an, folgen annähernd einem exponentiell steigenden Verlauf [1]. Nur mit dem Einsatz von Glasfasertechnologie in allen Bereichen können diese zukünftigen Aufgaben sicher und zufriedenstellend gelöst werden.

Datenübertragung über Glasfaser

Faseroptische Übertragungssysteme stellen heutzutage die grundlegende Basis für jegliche Datenübertragung: sei es für die Anbindung zwischen Kontinenten (ultra long haul networks), zwischen Ländern und Städten (WAN - wide area networks), innerhalb von Städten (MAN-metropolitan area networks), als auch im Campus-Bereich (LAN - local area network), wie auch zunehmend auf der letzten Meile zum Kunden (FTTx - fiber to the x, x=home, curb, antenna etc.). Mit Fiber-To-The-Home kommt die Glasfaser bis ins Haus des Endanwenders.

Aufgrund der hohen Bandbreiten z.B. bei LTE, werden mittlerweile auch die mobilen Daten bis hin zur Antenne mit Glasfasern übertragen. Zudem wächst der Bereich der Rechenzentren sehr stark; exemplarisch sei hier e-commerce als dynamisch wachsender Markt genannt. Zur Logistik der steigenden Datenströme über das Internet, errichten die Anbieter laufend neue Rechenzentrums-Strukturen.

Hohe Bandbreiten im Zusammenspiel mit geringsten Verzögerungen sind der Treiber für die Fortentwicklung der Technologie und damit die aktuellen Trends in der Technologieentwicklung. Wie auch in der Vergangenheit zu sehen war, steigt der Bandbreitenbedarf weltweit exponentiell; dementsprechend muss die Technologie weiterhin skalierbar sein, um die zukünftigen Anforderungen zu erfüllen. Das Medium Glas mit der Übertragung mittels Licht ist ideal für die notwendige Skalierbarkeit geeignet.

Optische Technologie. Der Wellenlängen-Multiplex

Ein wünschenswertes Merkmal der optischen Übertragungstechnik ist eine Prozessverarbeitung komplett in der optischen Domäne: sei es die Verstärkung des Signals, Multiplexing (Zusammenführung) von verschiedenen Wellenlängen auf eine Faser, ebenso dann das De-Multiplexing, das optische Schalten, optische Routen von Signalen und Wellenlängen, die Filterung und optische Netzüberwachung.

Weitverkehr. DWDM (dense wavelength division multiplexing) ist heute eine gebräuchliche Technologie im Weitverkehr – aktuell werden dabei bis zu 96 Wellenlängen über eine Glasfaser zusammengeführt. Hier ist ein Kanalabstand von 0,8 nm (100 GHz grid) oder 0,4 nm (50 GHz grid) zwischen den Übertragungslasern Standard. Die Wellenlängen beeinflussen sich nicht; mit einem optischen Demultiplexer können die Signale daher ohne größere Probleme wieder getrennt werden. In der ITU G.694.1 sind dazu die technischen Details festgelegt: die Wellenlängenbänder werden in C-, L- und S-Band unterteilt (zwischen 1460 und 1625 nm).

Mit sogenannten OADMs (optical add drop multiplexer) können einzelne Wellenlängen aus dem Signal zum Adressaten abgezweigt oder auch wieder eingefügt werden. Als ROADM (rekonfigurierbar) ist dies auch dynamisch möglich.

In **Stadtnetzen** hingegen hat sich - aufgrund der anders ausgelegten Anforderungen - das sogenannte CWDM (coarse wavelength division multiplexing) durchgesetzt. Hier werden bis zu 16 Wellenlängen parallel über eine Faser übertragen mit einem Wellenabstand von 20 nm von 1270 bis 1610 nm. Dies ist auch kostengünstiger realisierbar, da Quellen, Multiplexer etc. deutlich preiswerter sind. Sollte der Bandbreitenbedarf steigen, können die Lücken zwischen den CWDM-Wellenlängen mit eingeschalteten DWDM-Übertragungsmodulen ergänzt werden und so die Kanalzahl pro Faser gesteigert werden.

Optische Technologie. Die Datenrate pro Kanal

Die Systemhersteller arbeiten seit Jahren auch an der Steigerung der Datenrate pro Wellenlänge (TDM-time division multiplexing- Erhöhung der Datenrate). So ist unter anderem ein aus der Hochfrequenztechnik altbekanntes Modulationsverfahren, das QAM-Verfahren (quadrature amplitude modulation) in die LWL-Technik eingezogen. Hier wird das Signal so moduliert, dass statt einer einfachen (binären) 0- oder 1-Auslesung mehrere Zustände von 2, 4, 8 oder mehr Bit zusammengefasst werden. Dementsprechend wird zwischen 4QAM, 16QAM, 64QAM und höher unterschieden. Die Zahl steht hierbei für die größtmögliche Anzahl der Zustände.

Für hochbitratige Übertragungen im Rechenzentrumsumfeld werden 100 oder 400 GBit/s Signale auch auf mehrere Lanes (physikalische Kanäle) von je 25 GBit/s aufgeteilt. Im Gegensatz zum Weitverkehr, bei dem die Singlemode-Faser zum Einsatz kommt, um Dispersionseffekte zu minimieren, ist im Rechenzentrumsumfeld häufig noch die Multimodefaser zu finden. Hier ist die oben erwähnte Aufteilung des Signals auf mehrere Fasern mit Paralleloptiken (n-mal 10GBit/s) im Einsatz. Auch kommen sehr dicht gepackten Multifaserstecker, die sogenannten MPO- bzw. MTPTM-Stecker zum Einsatz. In den Gremien der IEE 802.3 wird bereits an den Standards für 200GBase-SR4 und 400GBase-SR16 gearbeitet. Hier wird also der hochbitratige Datenstrom parallelisiert über mehrere Fasern. Mit einer neuen Faserklasse, der OM5-Faser, soll nun auch ein einfacher Multiplex bei 4 Wellenlängen über Multimodefasern Einzug halten.

Übertragungsraten für Ethernet oder Fiberchannel werden im Rechenzentrum immer weiter ausgereizt; der Sprung zu 1 TBit/s scheint nur eine Frage der Zeit zu sein. Diskutiert und gefordert wurde dies auch auf der weltführenden Konferenz, der OFC, die dieses Jahr in Los Angeles stattfand.

Im Labor wie auch im Feld wurde diese hochbitratige Übertragung bereits vor längerem realisiert [2]; im Rechenzentrum laufen Entwicklungen in diese Richtung auf Hochtouren.

Ein neuer Rekord in einem Laborversuch, basierend auf Solitonen und einer Frequenzkammquelle, wurde erst kürzlich publiziert, hier konnten 55 TBit/s über 75 Kilometer übertragen werden. [8]

FTTx - die Faser rückt näher

Es gibt viele Ansätze, mit der Glasfaser näher an den Kunden und die Anwendungen heranzukommen. Hohe Bandbreiten mit dem mobilen Telefon sind mittlerweile über LTE und die geplanten Nachfolge-Standards gegeben, aber die Problematik des shared Mediums begrenzt hier die Möglichkeiten in sehr dicht bevölkerten Zellen des Mobilfunknetzes, so z. B. auf Messen oder während Fußballspielen deutlich zu merken.

Landläufig wird die Migration der Glasfaser näher an den Kunden oder Anwender als FTTx bezeichnet, wobei das x als Variable für verschiedene Punkte stehen kann. Hier gibt es unter anderem die Möglichkeiten mit FTTH (home), FTTB (building), FTTD (desktop), FTTC (curb) etc. Derzeit überwiegt in Deutschland noch FTTC: d.h. der den (Privat- wie Gewerbebetriebs-) Häusern nächststehende graue Kasten (Multifunktionsgehäuse) wird mit Glasfasern angesteuert, dort wird zumeist noch auf Kupfer die letzte Meile umgesetzt. Fiber-To-The-Home soll dies nun ändern, speziell in Deutschland geht es aber noch sehr zögerlich voran. Ziel ist es, den Endteilnehmern mittelfristig eine Bandbreite bis zu 1 GBit/s anzubieten.

Aber auch für die LTE-Technologie im Mobilfunk ist mittlerweile notwendig, die Glasfaser bis auf die Masten (nicht mehr nur an deren Fundament) an die Antenne anzubinden. Alternativ kann eine hohe Bandbreite auch über das (analoge) Kabelnetz an den Kunden gebracht werden, damit also über das Koaxialkabel als zweiten möglichen Zugang zum Privatverbraucher. Dort werden die Signale zumeist noch analog auch über die Glasfaser übertragen. Hierdurch entstehen höhere Anforderungen an die analog modulierten Quellen wie auch an das Übertragungsmedium. Mit dem neuen DOCSIS 3.0 Standard sind sogar Übertragungsraten bis 400Mbit/s denkbar [3]. So konkurrieren derzeit FTTx-Anbieter (digitale Übertragung) mit Kabelanbietern (analog Übertragung) um Kunden.

Überwachung der Übertragungsstrecken

Mit zunehmender Bedeutung des digitalen Zeitalters für unser Leben und der damit entstehenden Abhängigkeit vom Funktionieren des Internets kommt den Übertragungsleitungen eine steigende sicherheitsrelevante Bedeutung zu – das gilt speziell für Glasfaserleitungen. Seitens des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik gehören nun auch die Datenleitungen (wie auch die Aktivtechnik dahinter) zu den so definierten „kritischen Infrastrukturen“ [4].

Neben den Betreibern kritischer Infrastrukturen wie Energieerzeuger, Transport und Verkehr, Gesundheit, Wasser, Ernährung, fallen nun auch Informationstechnik und Telekommunikation darunter. Die Verordnung zur Bestimmung kritischer Infrastrukturen (BSI-KritisV) ist am 3. Mai 2016 mit dem §10 BSI Gesetz zur Umsetzung des IT-Sicherheitsgesetzes in Kraft getreten [5]. Kritische Strukturen, dazu zählen alle öffentlich zugänglichen Strukturen zur Versorgung der Bevölkerung mit Daten und Internet, müssen nun durch ihre Betreiber abgesichert und vor allem überwacht werden [6].

Beispielsweise kann über Biegeradien ein Signal abgehört werden (fiber tapping). Mit Glasfaserüberwachungssystemen, die auf dem OTDR-Messprinzip basieren (optical time domain reflectometer), können Glasfaserstrecken permanent überwacht werden. Hier wird mit kurzen Lichtpulsen (ns bis μ s) der auf der Rayleigh-Streuung basierte Effekt der Rückstreuung in der Glasfaser ausgenutzt. Mittels der Laufzeitbestimmung der Pulse kann eine Störung, Dämpfung oder Manipulation an der Glasfaser ortsgenau ermittelt werden, über einen Alarm wird der Betreiber umgehend verständigt [7].

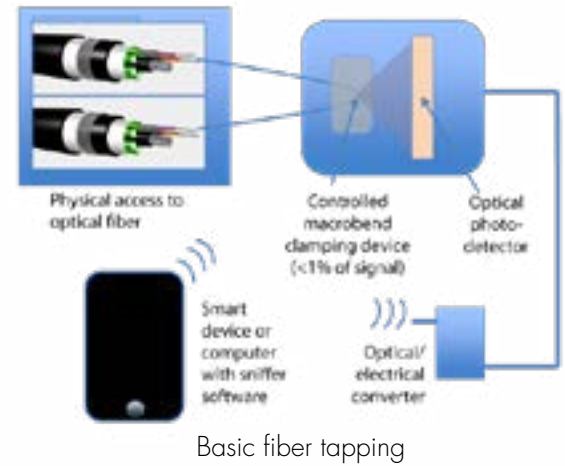


Abbildung 1: Abhören von LWL mittels fiber tapping
(Quelle: VIAVI/Laser Components)

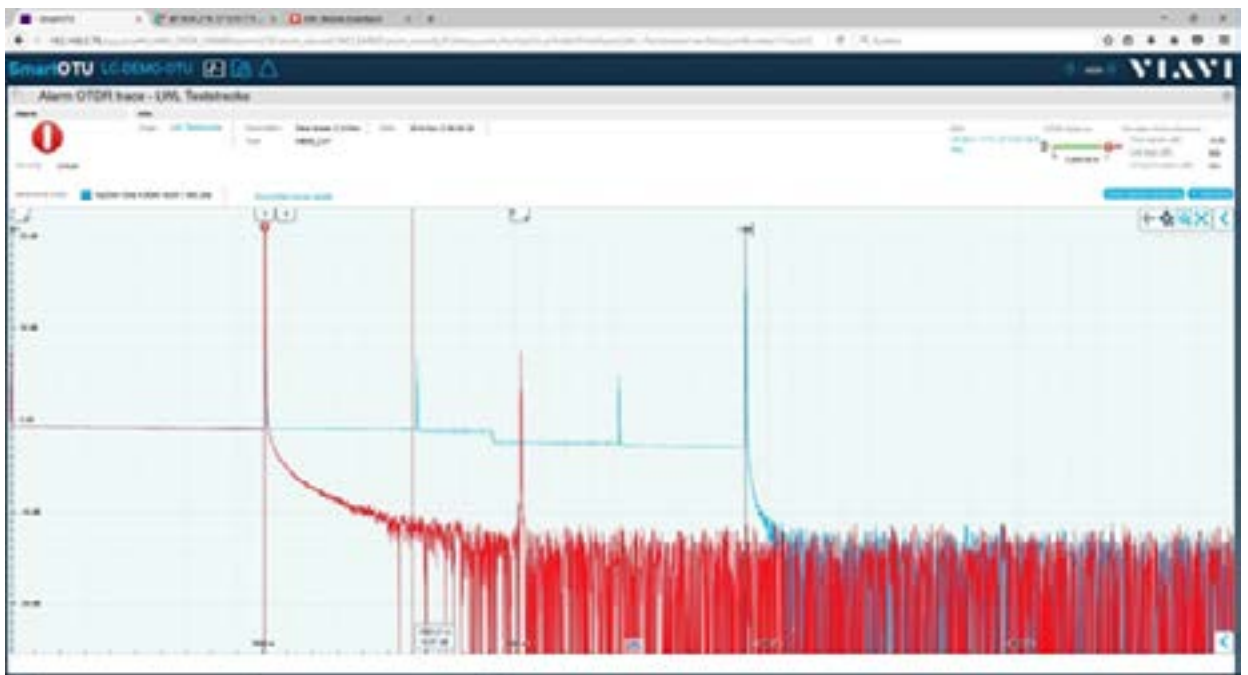


Abbildung 2: OTDR Alarm in der Messkurve nach Ereignis

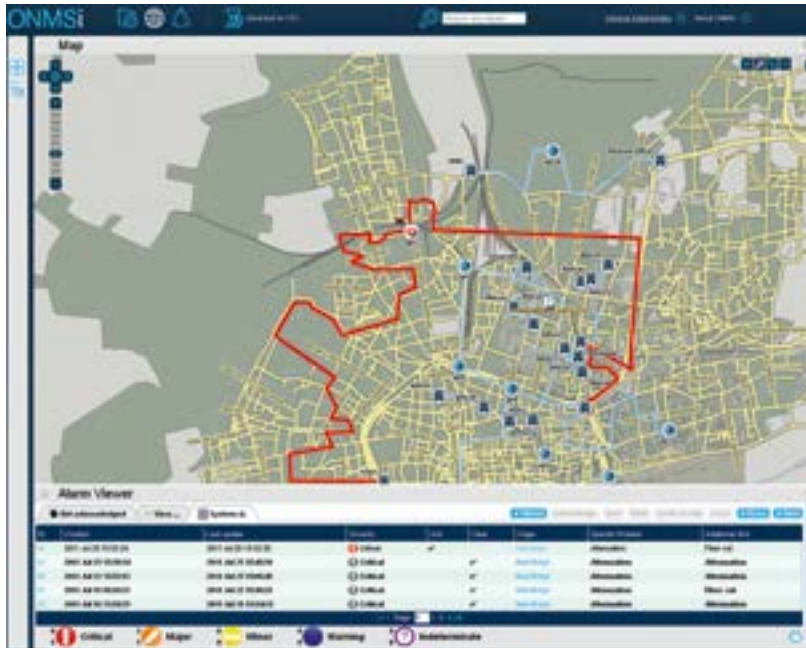


Abbildung 3: Fehlerdetektion im Netzwerk anhand von GPS Daten
Quelle: VIAVI/Laser Components

In das Glasfaserüberwachungssystem können neuerdings auch faseroptische Infrastruktursensoren integriert werden, mit denen sich unerlaubte Öffnungen von Schachtdeckeln oder Zugangstüren entdecken lassen; sogar das Monitoring von Wasserpegeln ist möglich.



Abbildung 4: Faseroptische Sensoren zur Infrastrukturüberwachung



Abbildung 5: Faseroptische Sensoren zur Infrastrukturüberwachung

(Quelle: EolisMed/Laser Components)

Hier wird die Veränderung einer Fresnelreflexion in dem patentierten Sensor zur Detektion und Alarmgenerierung genutzt.

Die Glasfaserüberwachung der passiven Infrastruktur ist mittlerweile gesetzlich verankert und vorgeschrieben. Das Thema ist hochaktuell; viele Betreiber von Netzwerken sind nun gefordert, die Überwachung nachzurüsten, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Zunehmend wird dies auch ein Thema für die Betreiber von großen Rechenzentren.

Messtechnik an Lichtwellenleitern

Neben einer reinen Dämpfungsmessung mit Lichtquelle und Leistungsmessgerät ist im Weitverkehr und auf längeren Übertragungsstrecken das OTDR Standardmesstechnik. Mittels dieser, aus der Rayleighstreuung von optischen Laserpulsen ermittelten, orstaufgelösten Charakterisierung der Strecke, wird die Glasfaser beim Einmessen dokumentiert. Verlegefehler können ermittelt werden (z.B. micro- und macrobending) und zu späteren Zeitpunkten lassen sich Veränderungen in Dämpfung oder Fresnelreflexionen an Steckern ermitteln. Ein aktueller Trend geht dazu über, dass die Geräte, die eine fundierte Ausbildung der Anwender erfordert, mit immer einfacheren Benutzerinterfaces und graphischen Oberflächen versehen werden.

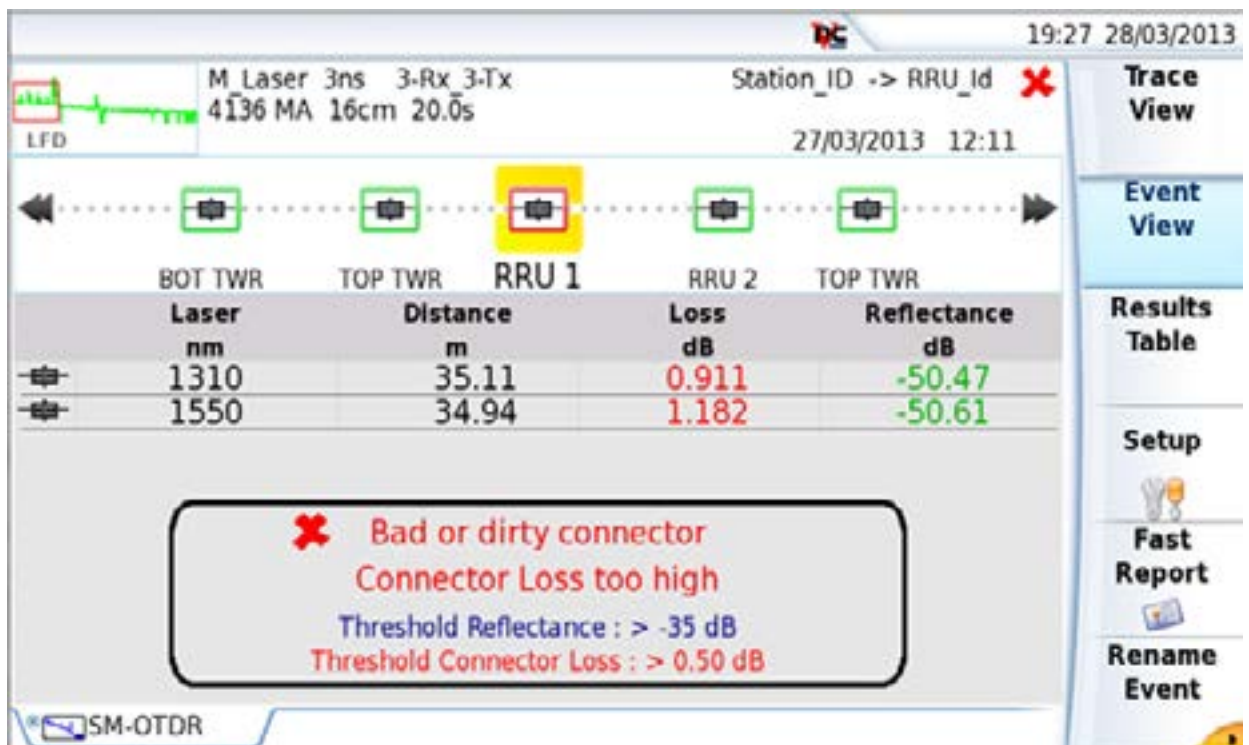


Abbildung 6: automatische Ereigniserkennung mittels SLM Software

(Quelle: VIAVI/Laser Components)

Andere Messverfahren im Weitverkehr werden auch zur Bestimmung der chromatischen Dispersion und der Polarisationsmodendispersion verwendet. Für störungsfreie hochbitratige Übertragungen über lange Strecken müssen Fasern eingesetzt werden, die hohe Anforderungen erfüllen. Ältere Fasern, die vor 15-20 Jahren verlegt wurden, können diese Kriterien zum Teil nicht einhalten und müssen getauscht werden bzw. können nicht für die neuesten Übertragungstechnologien verwendet werden.

Häufig ist der faseroptische Steckverbinder Hauptquelle für Störungen in Übertragungsstrecken – meist hervorgerufen durch Verunreinigungen, Beschädigungen oder Verarbeitungsfehler der Steckerendfläche. Seit einigen Jahren gibt es daher den IEC Standard 61300-3-35 zur visuellen Kontrolle der Steckerendflächen. Mit modernen Handmikroskopen, die mit Autofokus und automatischer Qualifizierung der Steckerendflächen ausgestattet sind, können die Stecker einfach normgemäß qualifiziert werden. Mittlerweile können diese Bilder auch einfach in OTDR-Protokolle, wie auch in Dämpfungsmessgeräten mit den jeweiligen Messungen abgelegt werden. Streckendokumentation wird so extrem vereinfacht. Derzeit steht man auch hier an der Schwelle zum Cloud-Zeitalter, d.h. dass Messwerte im Feld schnell per Smartphone in die Cloud gesendet werden können, von wo aus sie weiterverarbeitet und ausgewertet werden.

FiberChek™ Faseruntersuchung

Untersuchungsdatum: 21.02.2014 14:32:04
 Firmenname: Laser Components GmbH
 Ort: Tiergartenstr. 8, 96117 Memmelsdorf
 Operator:

Faserinformationen

Dateiname: bc01.pdf
 Fasertyp: Simplex
 Auftrags-ID: Inspect before Connect
 Faser-ID: 1
 Anmerkungen: ohne Reinigung

SCHLECHT ⊗

Untersuchungstabellefassung

Profilname: MM (IEC-61300-3-35)

Zone	Beschädigungen	Kriterien
Zone A (0 - 65)	SCHLECHT	GUT
Zone B (65 - 120)	SCHLECHT	GUT
Zone C (120 - 130)	GUT	GUT
Zone D (130 - 250)	GUT	GUT

Geringe Vergrößerung **Starke Vergrößerung**

Analysedetails

Zone A: [BESCHÄDIGEND] Mehr als 4 Schäden.
 Zone B: [BESCHÄDIGEND] Beschädigung = 5 µm, Mehr als 1 Beschädigungen mit einem Durchmesser = 2,0 µm.

© DI. VAVT Solutions Alle Rechte vorbehalten. Seitennummer 1

Fazit

Die Glasfasertechnik zur Datenübertragung unterliegt immer noch einer sehr dynamischen Entwicklung, getrieben durch den weiter ansteigenden Bandbreitenbedarf. Höhere Datenraten lassen die passiven Netze empfindlicher werden, so muss mittels verschiedener Messverfahren präzise der Zustand der Faser und der Installation dokumentiert und ggf. regelmäßig überprüft werden. Da sich Datennetze immer mehr zu kritischen Infrastrukturen entwickeln, ist auch die Überwachung mit optischen Messtechniken ein hoch relevantes Thema.

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021 White Paper
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>
- [2] <http://www.dsl-ratgeber.net/test-in-australien-1-tbits-per-glasfaserkabel.html>
- [3] <https://www.teltarif.de/internet/tv-kabel/docsis.html>
- [4] http://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Rechtsrahmen/IT-SiG_node.html
- [5] https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Industrie_KRITIS/IT-SiG/it_sig_node.html
- [6] https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/IT-Sicherheitsgesetz.pdf;jsessionid=1460A246DFF1CF9FB73D2923CB6E181B.1_cid341?_blob=publicationFile&v=5
- [7] http://www.lasercomponents.com/fileadmin/user_upload/home/Datasheets/viavi/fibertapping-detection-onmsi.pdf
- [8] P. Marin-Palomo et al., Microresonator-based solitons for massively parallel coherent optical communications, Nature 546 (2017), DOI: 10.1038/nature22387

Ähnlich veröffentlicht in der Optik & Photonik 4/2017