

# Digitale Infrastrukturen

## Technischer Leitfaden Breitbandausbau





## **Impressum**

### **Digitale Infrastrukturen**

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-  
und Elektronikindustrie e.V.  
Fachverband Kabel und isolierte Drähte  
Minoritenstraße 9-11  
50667 Köln

Telefon: +49 221 96228-0

Fax: +49 221 96228-15

E-Mail: [kabel@zvei.org](mailto:kabel@zvei.org)

[www.zvei.org/kabel](http://www.zvei.org/kabel)

Verantwortlich: Wolfgang Reitz

in Zusammenarbeit mit dem  
ZVEI-Fachverband Satellit und Kabel

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: 069 6302-219

E-Mail: [satellitkabel@zvei.org](mailto:satellitkabel@zvei.org)

[www.zvei.org/satellitkabel](http://www.zvei.org/satellitkabel)

November 2014

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI  
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere  
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung,  
sowie der Übersetzung sind vorbehalten.

# Inhalt

<b>Einführung</b>	4
<b>1. Definition Breitband</b>	5
<b>2. Digitale Infrastrukturen</b>	6
2.1. Telekommunikationsnetz	6
2.2. Kabelfernsehnetz	6
2.3. Mobilfunknetz	7
2.4. Satellitenübertragungsnetz	7
<b>3. Leitungsgebundene Technologien im Überblick</b>	8
3.1. Symmetrische Kupfer-Fernmeldekabel	9
3.2. Koaxialkabel	10
3.3. Lichtwellenleiter-Kabel (Glasfaser-Technologie)	11
<b>4. Erhöhung der Bandbreite in Kommunikationsnetzen</b>	13
4.1. Unterschiedliche Endpunkte der Glasfaser (FTTC, FTTB, FTTH)	13
4.2. VDSL-Vectoring	14
4.3. DOCSIS 3.0 und DOCSIS 3.1	15
4.4. Mobilfunkstandards	16
4.5. Verbreitungsgrad der Technologien	16
<b>5. Materialkosten für den Glasfaserausbau</b>	17
<b>6. Strukturierte Gebäudeverkabelung</b>	17
<b>7. Qualitätsanforderungen an Digitale Infrastrukturen</b>	18
<b>Schlussbemerkung</b>	18
<b>Glossar</b>	19
<b>Literatur- und Normenverweise</b>	21

# Einführung

Mit dem Ziel, bis zum Jahr 2018 Breitbandanschlüsse von mindestens 50 Mbit/s flächendeckend für jeden Haushalt in Deutschland zur Verfügung zu stellen, steht die Bundesregierung gemeinsam mit den Netzbetreibern vor einer Herausforderung: Es müssen enorme Investitionen in die Netze der Zukunft getätigt werden.

In Deutschland sind bereits 28,7 Millionen Haushalte mit Breitband angeschlossen (Stand 2013), im Festnetz haben wir ein Übertragungsvolumen von 8 Milliarden Giga-Byte (GB), das sind 22 GB pro Zugang und Monat – ca. 5 DVDs pro Teilnehmer. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, muss Deutschland über eine Infrastruktur verfügen, die den Anwender in seinen Chancen nicht aufgrund von technologischer Übertragungslimits einschränkt.

In der Digitalen Agenda der Bundesregierung wird die Netzinfrastruktur ausschließlich mit Download-Übertragungsraten beschrieben – Upload-Geschwindigkeiten fehlen gänzlich. Die Möglichkeiten eines schnellen Datenuploads sind für ein zukunftsfähiges Kommunikationsnetz jedoch genauso wichtig wie hohe Downloadraten: Zukünftige Anwendungen wie Industrie 4.0, Telemedizin oder auch die Vernetzung von Verkehrsmitteln mit ihrer Umgebung (intelligente Mobilität) bedürfen einer symmetrischen Übertragungsrate, um beispielsweise Sicherheitsinformationen oder Informationen zum Produktionsstand in Echtzeit zu übermitteln.

Infrastrukturen können nur zukunftsfähig sein, wenn sie richtig geplant und qualitativ hochwertig gebaut werden. Hierbei müssen der Qualitätsgedanke und vor allem die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit der Netze im Vordergrund stehen.

- Die Technologie für die Übertragung von Höchstgeschwindigkeiten im Gigabitbereich ist vorhanden.
- Ein symmetrischer Breitbandausbau ist mit Glasfaser-Technologie möglich.
- Neben den Investitionskosten müssen die Lebenszykluskosten eines Netzes betrachtet werden.
- Instandhaltung und Wartungskosten sind bei Glasfasernetzen aufgrund weniger aktiver Komponenten geringer.
- Eine genaue Fehlerortung ist bei Glasfaserkabeln (Lichtwellenleiter-Kabeln) möglich.
- Nur mit einem zukunftsfähigen Netz ist die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands (auch international) gewährleistet.
- Die Kommunikation von Morgen sollte auf einer nachhaltigen, zukunftsfähigen Infrastruktur basieren.

# 1. Definition Breitband

Der Begriff Breitband wird universell verwendet: Er bezieht sich entweder direkt auf Kommunikationsinfrastrukturen, den Zugang zu diesen oder auf Anwendungen und Dienstleistungen. Am häufigsten wird der Begriff über Datenübertragungsgeschwindigkeiten definiert, wobei die Bandbreite in Mbit/s oder kbit/s beschrieben wird.

Mit Einführung des Kabelfernsehens ab 1980 wurde der Begriff Breitband auf einen speziellen Bereich angewandt. Das Netz als solches wurde als Breitbandnetz bezeichnet; Breitband bezog sich nicht mehr auf die reine Datenübertragungsgeschwindigkeit. Dieses Breitband-Kommunikationsnetz (BK-Netz) wurde zunächst ausschließlich auf Basis von Koaxialkabeln errichtet und sollte die Inhalte des Kabelfernsehens übertragen.

Nach der ständigen Weiterentwicklung von datenhungrigen Anwendungen und der damit einhergehenden Wandlung der damaligen Telefonnetze bzw. Kabelfernsehnetze zu Übertragungsnetzen für Telefonie, Internet und Fernsehen (Ausbau Triple-Play um die Jahrtausendwende) trifft der Begriff Breitbandnetz aufgrund der Weiterentwicklung der Netzkomponenten und der Netze insgesamt heute so nicht mehr zu: Er muss auf alle Kommunikationsinfrastrukturen angewandt werden, da sämtliche auszubauenden Infrastrukturen breitbandige Dienste übertragen müssen.

Die International Telecommunications Union (ITU) definiert einen Dienst als breitbandig, wenn die Datenübertragungsrate 1,5 Mbit/s oder 2,0 Mbit/s überschreitet und dessen Übertragungsrate somit schneller ist, als die von ISDN (Integrated Services Digital Network). In Deutschland gibt es keine allgemeine Eingrenzung oder Mindestanforderung an den Begriff. Unter Breitband wird hier vereinfacht die Kommunikationsinfrastruktur verstanden, die imstande ist, große Mengen von Daten mit einem hohen Bedarf an Bandbreite für deren Übertragung von A nach B zu transportieren. Die im Juli 2014 verabschiedete ‚EU-Richtlinie über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation‘ beschreibt erstmals Breitbandnetze, deren Ausbau nach der Richtlinie gefördert werden dürfen, sofern sie für eine Bandbreite von mindestens 30 Mbit/s geeignet sind.

## 2. Digitale Infrastrukturen

Im Zuge der Digitalisierung ist der breitbandige Internetanschluss unabdingbar. Um eine hohe Datenübertragung zu erhalten, stehen verschiedene Übertragungsnetze zur Verfügung: Das Telekommunikationsnetz, das Kabelfernsehnetz und das Mobilfunknetz sowie die Satellitenübertragung. Die unterschiedlichen Versorgungsgrade sind teils auf historische Gegebenheiten, teils auf technologischen Fortschritt zurückzuführen. Sämtliche Netze haben aber eines gemeinsam: Sie sind die Kommunikationsinfrastruktur, die heute mehr oder weniger breitbandintensive Daten zum Endkunden überträgt.

Sämtliche Kommunikationsinfrastrukturen fallen unter das deutsche Telekommunikationsgesetz (TKG). Auch beim Breitbandausbau finden alle Infrastrukturen Berücksichtigung, Standards zur Aufwertung der Bandbreiten werden auf allen Ebenen entwickelt.

Besonders die leitungsgebundenen Netze konkurrieren heute miteinander aufgrund der Ausweitung der Netzdienste. Vormalig separate Dienste wie Telefonie und Fernsehen können seit der Einführung des Internetprotokolls (IP) über ein Netz angeboten werden. So entstehen gebündelte Angebote, die dem Nutzer IPTV, Voice-over-IP und den Internetzugang in einem Paket zur Verfügung stellen. Der fortschreitende Bandbreitenbedarf fordert heute schon die Infrastruktur-Betreiber heraus – ihre Netze müssen auch in Zukunft höhere Datenübertragungsraten ermöglichen.

### 2.1. Telekommunikationsnetz

Als älteste Infrastruktur zur Informationsübertragung gilt das alte Telefon- bzw. Postnetz der damaligen Deutschen Bundespost. Bis zum Jahr 1912 wurden die Fernleitungen für das Fernsprechwesen fast nur über oberirdische Freileitungen hergestellt. Heute sind die meisten Fernmeldekabel unterirdisch verlegt; oberirdische Verlegungsmethoden können in schwer zugänglichen Gebieten eine geeignete Alternative bieten.

Durch die historische Netztopologie sind die meisten kupferbasierenden Netze geteilte Medien, d. h. Datenübertragungsraten werden von mehreren Nutzern geteilt (geteiltes Medium). Heutige Investitionen werden daher vor allem in die Glasfasertechnologie sowie in Datenübertragungsraten steigernde Technologien wie z. B. Vectoring gemacht. Dabei wird die Glasfaser Schritt für Schritt näher zum Kunden gebracht und die Kupfertechnologie auf der letzten Meile bestmöglich, z. B. durch Bündelung der Kupferadern, genutzt. Die Investitionen in Sachanlagen auf dem Telekommunikationsmarkt betragen 2013 ca. 6,4 Milliarden Euro.

### 2.2. Kabelfernsehnetz

Das Kabelfernsehnetz (auch Breitband-Kommunikationsnetz genannt) bestand in der Anfangsphase ab 1980 nur aus Koaxialkabeln, die auf Kupferleitern basieren. Ursprünglich wurde das Netz nur für die Übertragung von TV- und Hörfunk-Signalen verlegt. Nachdem die meisten BK-Netze rückkanalfähig gemacht wurden, eröffneten sich neben dem klassischen Fernsehen neue Übertragungsmöglichkeiten wie Triple Play (Telefonie, Internet, Fernsehen). Neben den Telekommunikationsnetzen werden auch Kabelfernsehnetze zunehmend mit Glasfaserkabeln aufgewertet. So entstehen hybride Netze, eine Kombination aus Glasfaserkabeln und Koaxialkabeln. Im sogenannten HFC-Netz (englisch: Hybrid-Fibre-Coax) ersetzt das Glasfaserkabel Stück für Stück das Koaxialkabel, sodass die Leistungsfähigkeit des Gesamtnetzes erheblich gesteigert wird. Insgesamt wird somit, wie auch im Telekommunikationsnetz, die Glasfaser immer näher an den Kunden gebracht.

### 2.3. Mobilfunknetz

Mit Zunahme der mobilen Endgeräte wird Mobilfunk zu einem immer wichtigeren Baustein in der Kommunikationsinfrastruktur. Laut Bundesregierung sind 240.000 Haushalte auf den Funkstandard LTE angewiesen, um mit wenigstens 1 Mbit/s ins Internet gehen zu können. Wichtig ist, dass drahtlose Netze auf hochwertigen Breitbandinfrastrukturen, heute meistens auf Glasfasernetzen, basieren. Glasfaserkabel sind die Zulieferinfrastruktur mit der höchstmöglichen Bandbreite für Mobilfunkanwendungen. Allein in 2013 wurden 17.800 LTE-Basisstationen breitbandig angeschlossen. Neben Glasfaserkabeln kommen auch Richtfunkstrecken zur Anbindung von LTE-Basisstationen zum Einsatz.

Mobilfunk und die leitungsgebundenen Infrastrukturen sind folglich untrennbar miteinander verbunden. Der Mobilfunkstandard LTE und darüber hinausgehende Standards ermöglichen Breitbandzugang in schwer zugänglichen Gebieten. Doch kann eine Basisstation nur die Übertragungsgeschwindigkeit aussenden, die bei der Station ankommt. Je besser die leitungsgebundene Infrastruktur zur Basisstation, desto höher ist dementsprechend die Datenübertragungsrate.

Einbußen muss ein Nutzer unter vielen bei Datenübertragungsraten im Allgemeinen: Mobilfunk ist ein geteiltes Medium. Ebenso ist Mobilfunk auf die Reichweite der Funkzelle begrenzt – je weniger Basisstationen oder Verstärker, desto geringer die räumliche Abdeckung. Der derzeitige Mobilfunkstandard LTE (4G) kann Daten mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 150 Mbit/s übertragen, Fortschritte in der Entwicklung weisen auf Mobilfunkstandards mit Übertragungsraten im Gigabit-Bereich hin. Da Mobilfunklösungen einen hohen Verschlüsselungsstandard benötigen, spielt auch der Sicherheitsfaktor eine Rolle bei der geeigneten Nutzung.

### 2.4. Satellitenübertragungsnetz

Interaktiv nutzbare Breitband-Übertragungstechniken über Satelliten sind seit vielen Jahren im kommerziellen Bereich unter der Bezeichnung VSAT (Very Small Aperture Terminal) im Einsatz. Durch Fortschritte im technologischen Bereich sowohl bei den Satelliten, als auch bei den Teilnehmerstationen, hat die ‚SAT-Breitband-Übertragung‘ auch für Datendienste im Privatbereich und bei kleinen und mittelständischen Unternehmen Einzug erhalten. Hierzu gehören auch der Internet-Zugang und die Telefonie. Satelliten sind beispielsweise in ihrer Leistung, Ausleuchtzonen oder Lebensdauer verbessert worden. Bei Teilnehmerstationen konnten bei der Reduzierung der Antennengröße, durch die Entwicklung von rauscharmen Empfangs- und Sendeumsetzern oder bei der Reduzierung der Kosten Fortschritte erzielt werden. Für diese Entwicklungen wurde im Bereich der Normung<sup>1</sup> der Begriff Broadband Satellite Multimedia (BSM) geprägt.

Bei BSM werden die Daten im Downstream von einer Bodenstation des SAT-Betreibers zunächst zu einem geostationären Satelliten in ca. 36.000 km über dem Äquator geschickt, von diesem in eine definierte Ausleuchtzone auf der Erde abgestrahlt und vom Teilnehmer mit einer SAT-Antenne und Low-Noise-Block (LNB) empfangen. Im Upload werden die Daten in umgekehrter Richtung vom Teilnehmer über den Satelliten zur Bodenstation des Betreibers geschickt. Eine zweite Möglichkeit, bei der der Upload über das Telefonnetz abgewickelt wird, wird heute nur noch selten genutzt.

Eine Voraussetzung beim Teilnehmer ist die freie Sicht zum Satelliten (keine Störungen durch Gebäude, Berge, Vegetation usw.). Zeitlich beschränkte Betriebsbeeinträchtigungen können durch extreme Wetterlagen (Starkregen, Eis, Schnee und Nebel) entstehen. Diese Störungen treten, wie die Erfahrungen beim

<sup>1</sup> ETSI TS 102 292 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Broadband Satellite Multimedia (BSM) services and architectures; Functional architecture for IP interworking with BSM networks  
ETSI TR 101 984 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Broadband Satellite Multimedia (BSM); Services and architectures

TV-Satellitenempfang zeigen, nur äußerst selten auf und können durch zusätzliche Maßnahmen, wie beispielsweise größere und/oder beheizbare Antennen, weiter reduziert werden.

Zu den Vorteilen von Broadband Satellite Multimedia zählen:

- Abdeckung sehr großer Versorgungsgebiete zur Flächenversorgung ganzer Länder mit Datenraten vergleichbar zu DSL möglich.
- Abdeckung kleinerer Versorgungsgebiete über Spotbeams mit höheren Datenraten möglich.
- Nutzer entscheidet über seine Kosten durch Kauf einer Antenne (aber deutlich höher als bei DTH-Anlagen (Direct-to-Home)); weitere Investitionen, zum Beispiel durch einen Netzbetreiber, sind nicht notwendig.
- Neue Teilnehmer können sich sofort auf bereits vorhandenen Satelliten aufschalten.

Damit ist diese Technik eine geeignete Technologie zur Versorgung des ländlichen Raums. Es stehen heute sowohl Lösungen für den Einzelnutzer als auch Gemeinschaftslösungen für Mehrfamilienhäuser (z. B. für bis zu 24 Teilnehmer) oder ganze Ortsteile (bis zu 1.000 Teilnehmer) zur Verfügung. Bei den Gemeinschaftslösungen wird der Download und Upload über eine zentrale Antenne abgewickelt. Die Verbindung zu den einzelnen Teilnehmern erfolgt meist über WLAN-Systeme.

Bei BSM tritt eine relativ lange Signallaufzeit zwischen der Bodenstation und dem Teilnehmerterminal auf, die, ohne zusätzliche Aufbereitungszeiten, im Bereich von 250 Millisekunden liegt. Dies kann sich bei allen Echtzeitanwendungen negativ auswirken.

Wie bei Datendiensten in den meisten kupferbasierten Kabelnetzen, teilt sich auch bei BSM die Übertragungskapazität auf die jeweils aktiven Teilnehmer auf, sofern der Betreiber nicht für einzelne Teilnehmer durch spezielle Maßnahmen eine feste Datenrate im Up- und Download garantiert. Insofern sind die Angaben der Betreiber zu Datenraten im Download (z. B. ,bis zu 18 Mbit/s') und Upload (z. B. ,bis zu 6 Mbit/s') genauso vage wie bei anderen Zugangstechnologien, die ebenfalls durch die Eigenschaft als geteiltes Übertragungsmedium nur eine begrenzte Bandbreite anbieten können. Technisch sind maximale Datenübertragungsraten von bis zu 20 Mbit/s im Download und von bis zu 4 Mbit/s im Upload möglich.

Obwohl die neueste Satellitengeneration über außerordentlich hohe Datendurchsätze verfügt, die sich mithilfe von Spotbeam-Antennen auf Teilregionen des Versorgungsbereichs fokussieren lassen, bietet sich diese Technik im Wesentlichen für eine Versorgung solcher Gebiete an, die mit anderen Techniken kostenmäßig und zeitnah nicht versorgt werden können.

# 3. Leitungsgebundene Technologien im Überblick

Zur Übertragung von Daten wird in der Kommunikationsinfrastruktur auf Kupferleiter bzw. Glasfasern gesetzt. Im ersten Fall werden die Daten in Form eines elektrischen Signals übermittelt, bei der Glasfaser-Technologie werden die Daten in Form von Lichtwellenleiter-Signalen (optischen Signalen) übertragen. Die Technologien unterscheiden sich im Kabelaufbau, den Übertragungseigenschaften, sowie der Übertragungreichweite.

In einem zukunftsfähigen Breitbandnetz sollten im Hinblick auf die Nachhaltigkeit hochwertige Kabel zum Einsatz kommen, die nationalen und internationalen Standards genügen. Alle Außenkabel sollten eine entsprechende Wasserdichtigkeit aufweisen. Je nach Einsatzort sollte auf einen effektiven Nagetierschutz nicht verzichtet werden.

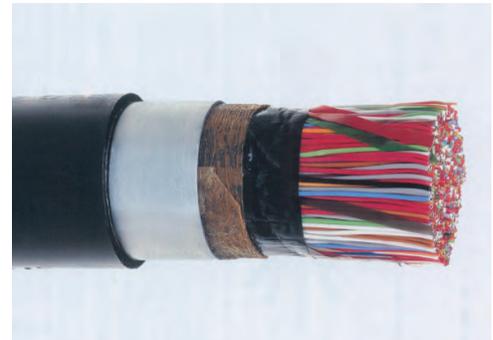
## 3.1. Symmetrische Kupfer-Fernmeldekabel

Ein Fernmeldekabel besteht üblicherweise aus zwei Kupferdoppeladern, welche zu Grundbündeln (in Zehnerbündeln) zusammengefasst werden und wiederum zu Hauptbündeln mit 50 oder 100 Doppeladern verseilt werden. Ein Hauptkabel kann bis zu 2000 Doppeladern enthalten. Fernmeldekabel werden abwärtskompatibel entwickelt, um spätere Entwicklungen berücksichtigen zu können. Sie können so mit bestehenden, älteren Netzwerkkomponenten kombiniert werden.

Kupfer-Fernmeldekabel werden sowohl als Außenkabel für die Anwendungen xDSL und VDSL, Orts- oder Weitverkehrskabel, als auch für Anwendungen im Inhaus-Bereich eingesetzt.

Als Querwasserschutz<sup>2</sup> wird der sogenannte Schichtenmantel eingesetzt, der aus einer beschichteten Aluminiumfolie und dem Kunststoffmantel besteht; so entsteht ein wirkungsvoller Diffusionsschutz und statischer Schirm. Vor allem als Außenkabel muss der Längswasserschutz<sup>3</sup> sichergestellt werden. Durch

Abb. 1: Kupfer-Fernmeldekabel



eine hydrophobe Sonderfüllmasse wird ein Ausbreiten von Feuchtigkeit in Längsrichtung bei einem beschädigten Kabel verhindert.

Entscheidend bei der Auswahl von Fernmeldekabeln ist die Signal-Reichweite. Kabel mit niedrigen Betriebskapazitäten (kapazitive Blindleistung einer Leitung) gewährleisten dabei größere räumliche Reichweiten. Zusätzlich bietet ein hoher Frequenzbereich eine höhere Datenübertragungsgeschwindigkeit.

Ein entscheidendes Kriterium zur Ermittlung der räumlichen Reichweite ist bei Kupfer-Fernmeldekabeln die Nebensprechdämpfung, welche die gegenseitige Beeinflussung von Fernmeldestromkreisen bei Bündeladern beschreibt. Die durch Nebensprechen entstehende Störung wird dabei durch das logarithmierte Verhältnis (in dB) der Nutzleistung zur Störleistung am Ausgang der gestörten Leitung beurteilt. Es gilt also, je geringer das Nebensprechen – also je höher die Nebensprechdämpfung, desto besser ist die Übertragung. Die Nebensprechdämpfung

<sup>2</sup> sog. Querdichtigkeit

<sup>3</sup> sog. Längsdichtigkeit, z. B. IPX8 (8 = geschützt gegen dauerhaftes Untertauchen mind. 1 m Tiefe mit angeg. Zeitdauer), siehe Norm IEC60529

**Abb. 2: Kupfer-Fernmeldekabel in unterschiedlichen Ausführungen**



kann durch geeignete Aderschirmung erhöht werden. Bei der Beurteilung des Nebensprechens kann auf die Norm DIN EN 50289-1-10:2002-07<sup>4</sup> zurückgegriffen werden.

### 3.2. Koaxialkabel

Für den Empfang von TV- und Satellitensignalen beim Empfänger werden koaxiale Hochfrequenz-Kabel (HF-Kabel) eingesetzt. Anstelle der Nebensprechdämpfung bei symmetrischen Kabeln ist bei Koaxialkabeln die Schirmwirkung ein wesentlicher Qualitätsparameter, mit dem die Abstrahl- und Einstrahlcharakteristik beschrieben wird.

Für geringe Störungen ist daher eine möglichst hohe Schirmung von Koaxialkabeln von entscheidender Bedeutung. Nach EN 50117<sup>5</sup> sind Produkte der Klasse A bzw. der höherwertigen Klassen A+ oder A++ zu empfehlen.

Die Schirmwirkung eines Koaxialkabels wird frequenzabhängig durch zwei unterschiedliche Eigenschaften beschrieben:

- Schirmdämpfung ab ca. 30 MHz (in dB), längenunabhängig,
- Kopplungswiderstand bis ca. 30 MHz (in mOhm/m), längenabhängig.

**Abb. 3: Koaxialkabel**



<sup>4</sup> DIN EN 50289-1-10:2002-07 – Kommunikationskabel – Spezifikationen für Prüfverfahren – Teil 1-10: Elektrische Prüfverfahren; Nebensprechen  
<sup>5</sup> Normenreihe EN 50117 – Koaxialkabel

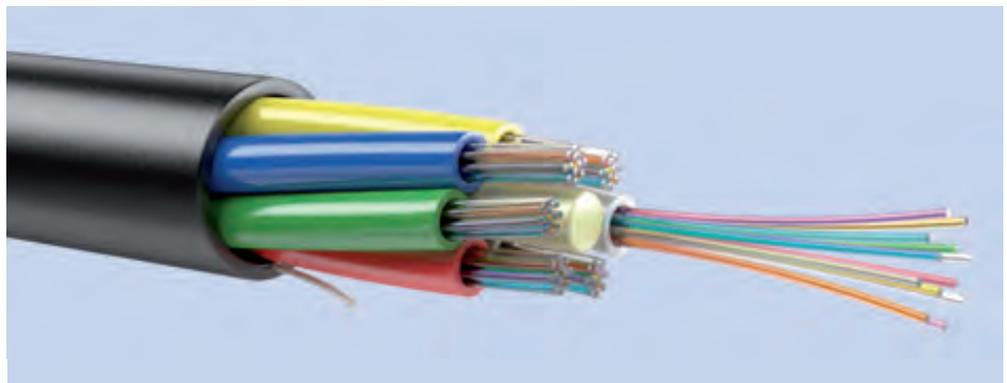
Diese beiden Komponenten basieren auf unterschiedlichen physikalischen Gegebenheiten und erfordern ein konstruktiv entsprechend ausgelegtes Kabeldesign. Kabel mit guten Schirmdämpfungswerten können durchaus einen ungenügenden Kopplungswiderstand aufweisen und umgekehrt. Während die Schirmdämpfung unabhängig von der Länge ist, steigt der Kopplungswiderstand mit zunehmender Kabellänge – dadurch

gute Schirmwirkung) bis B (mittlere Schirmwirkung) ist eine einfache Qualifizierung der Produkte möglich.

### 3.3. Lichtwellenleiter-Kabel (Glasfaser-Technologie)

Anders als bei den zuvor beschriebenen Technologien, die auf der elektrischen Signalübertragung über eine Kupferader basieren, bedient sich die Lichtwellenleiter-Technologie

**Abb. 4: Glasfaserkabel**



reduziert sich die Schirmwirkung bzw. die, unter Einhaltung der Störfeld-Grenzwerte, nutzbare maximale Übertragungslänge bzw. der Signalpegel.

(LWL-Technologie) der Datenübertragung durch Licht im Wellenlängenbereich von 1310 nm bis 1625 nm.

Anforderungen an die Schirmwirkung koaxialer Kabel werden in der Normenreihe DIN EN 50117-2-x<sup>6</sup> wiedergegeben. Durch die Einteilung in Schirmungsklassen von A++ (sehr

Die als Lichtwellenleiter bezeichneten Glasfasern bestehen im Inneren aus einem Kern und einem umgebenden Mantel mit etwas niedrigerem Brechungsindex. Die Lichtführung erfolgt im Kern. Die aus Glas bestehenden Elemente (Kern und Mantel) werden durch zwei Schichten Acrylat geschützt. Diese Beschichtung verleiht der Faser eine erhöhte mechanische Belastbarkeit und bietet einen ersten Schutz gegen Umwelteinflüsse wie z. B. Feuchtigkeit oder mechanische Beschädigung.

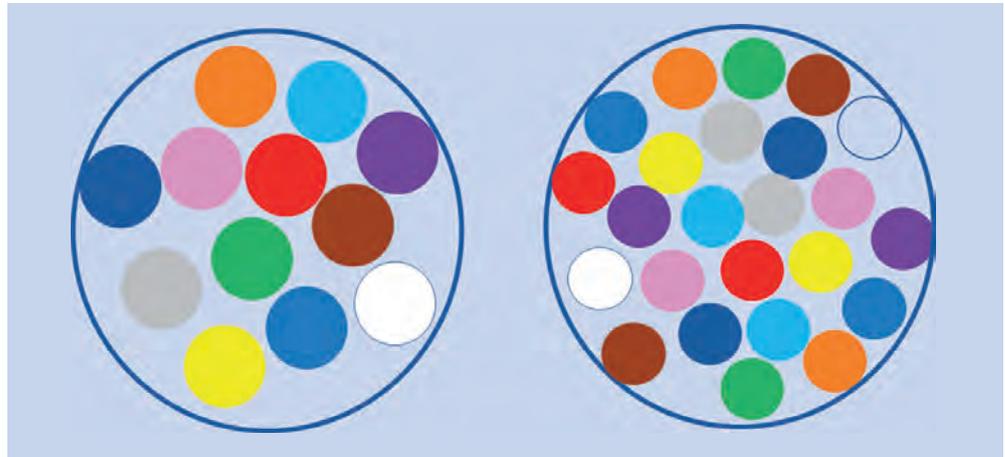
**Abb. 5: Querschnitt eines Lichtwellenleiter-Kabels**



Für die Verwendung von Glasfasern in Breitbandnetzen werden die Fasern in Bündeladern zusammengefasst (2–24 Fasern). Diese können zu mehreren zusammengefasst werden, sodass Kabelkonstruktionen mit bis zu 864 Fasern möglich sind.

<sup>6</sup> DIN EN 50117-2-x – Koaxialkabel – Teil 2-x: Rahmenspezifikation für Kabel für Kabelverteilanlagen

**Abb. 6: Lichtwellenleiter-Kabel mit 24 Fasern und 200 µm Beschichtung im Vergleich zu 12 Fasern mit 250µm Beschichtung**



Ein Vorteil sind geringere Durchmesser und Gewichte. Hochfaserige Kabel mit geringem Kabeldurchmesser ermöglichen eine optimale Nutzung vorhandener Infrastrukturen. Zum Beispiel können 864 Glasfasern in einem weniger als daumendicken Kabel Platz finden. Dies gelingt durch die Reduzierung des Durchmessers der Beschichtung der Fasern. Wenn beispielsweise ein Haushalt mit jeweils zwei Glasfasern angeschlossen wird, können mit einem daumendicken Kabel 432 Haushalte angeschlossen werden.

Lichtwellenleiter-Kabel (LWL-Kabel) können je nach Verlegungsmethode und Verlegeort (Erdkabel, Luftpipeline, Mikrokabel) dimensioniert werden. So benötigen z. B. Kabel, die eingeblasen und nicht eingezogen werden, eine deutlich geringere Zugfestigkeit. Es sind Materialien verfügbar, die den Einsatz von LWL-Kabeln in den unterschiedlichen Infrastrukturen (Gas-, Trinkwasser- oder Abwassersysteme) ermöglichen.

Im Gegensatz zu Kupferkabeln gibt es bei Lichtwellenleiter-Kabeln keine Signalbeeinflussung von benachbarten Fasern und keine Beeinflussung durch elektromagnetische Störfelder. Damit sind LWL-Kabel auch zur Mitverlegung in spannungsführenden Trassen, wie

etwa im Energieübertragungsnetz, geeignet. Durch die Nutzung von optischen Signalen kann von Lichtwellenleiter-Kabeln kein Elektro-Smog ausgehen.

Normale Glasfasern besitzen eine gewisse Biegeempfindlichkeit, die Einschränkungen in der Verlegung mit sich bringt. Neuere Entwicklungen, wie beispielsweise spezielle Innenkabel, weisen eine Kabelkonstruktion auf, die scharfe Knickpunkte 'dämpft'. Diese Technologie, in Verbindung mit neuartigen, biegeunempfindlichen Glasfasern, ermöglicht Biegeradien von bis zu 2,5 mm; so ist das LWL-Kabel hinsichtlich seines Biegeradius mit einem Kupferkabel vergleichbar. Diese Art LWL-Kabel sind somit eher biegeunempfindlich. Die Biegeunempfindlichkeit der Glasfasern ist neben anderen entscheidenden Anforderungen an die Fasern in der DIN EN 60793-2-Serie: Lichtwellenleiter definiert. Grundlegende Prüfverfahren für LWL-Kabel und zur Umweltpfung sind in der Normenreihe DIN EN 60794 zu finden.

## 4. Erhöhung der Bandbreite in Kommunikationsnetzen

Für eine zukunftsfähige Kommunikationsinfrastruktur sind Glasfaserkabel der Motor der Bandbreite. Egal, welche Technologie in Betracht gezogen wird, die Glasfaser wird heutzutage einbezogen: Glasfaserkabel steigern die Bandbreite sowohl bei DSL-Netzen (durch Vectoring und die Nachfolgetechnologie G.Fast), als auch bei HFC-Netzen.

Im Jahr 2014 werden voraussichtlich 20.000 Gehäuse für aktive Technik wie z. B. DSLAMs oder MSANs in DSL-Netzen ausgebaut. Im DSLAM wird das optische wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt. Glasfaserkabel sind ebenso das Rückgrat der breitbandigen Mobilfunknetze (LTE, LTE-Advanced).

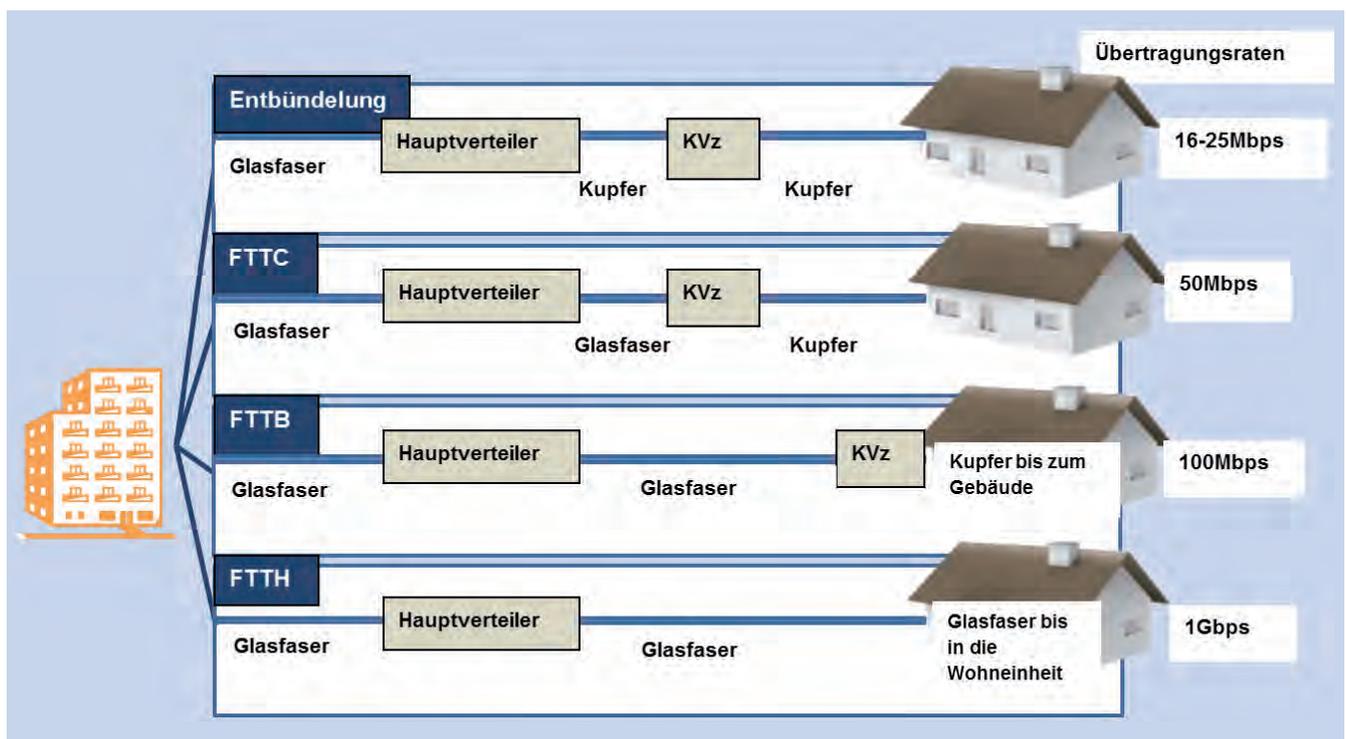
### 4.1. Unterschiedliche Endpunkte der Glasfaser (FTTC, FTTB, FTTH)

FTTH ist die Abkürzung für Fibre-to-the-Home, der Glasfaseranschluss bis in die letzte Gebäudeeinheit bzw. bis in die Wohneinheit des Teilnehmers. Die Glasfaser-Technologie bringt viele technische Vorteile mit sich,

da sie besonders hohe Bandbreiten bietet: Übertragungsraten von 100 Mbit/s bis 1 Gbit/s sind garantiert, 10 Gbit/s und darüber hinaus sind möglich.

Um den Breitbandausbau voranzutreiben, werden mehrere Technologien verfolgt: VDSL, Vectoring, FTTC (Fibre-to-the-Curb/Cabinet), FTTB (Fibre-to-the-Building) und FTTH (Fibre-to-the-Home). Die Technologien unterscheiden sich im Wesentlichen vom eingesetzten Übertragungsmedium und der Strecke der Glasfaser (siehe Abb. 7). Die zuerst genannten basieren auf dem Übertragungsmedium Kupfer und nutzen teilweise Glasfaser. Hierbei gilt, je höher der Glasfaseranteil, desto höher ist die beim Nutzer ankommende Bandbreite. Die FTTH-Technologie ist die einzige Technologie, die durchgängig das Übertragungsmedium Glasfaser bis zum Teilnehmer nutzt und kann somit symmetrische Höchstbandbreiten von 1Gbit/s und mehr bieten.

Abb. 7: Erhöhung der Bandbreite durch den Glasfaseranteil im Netz



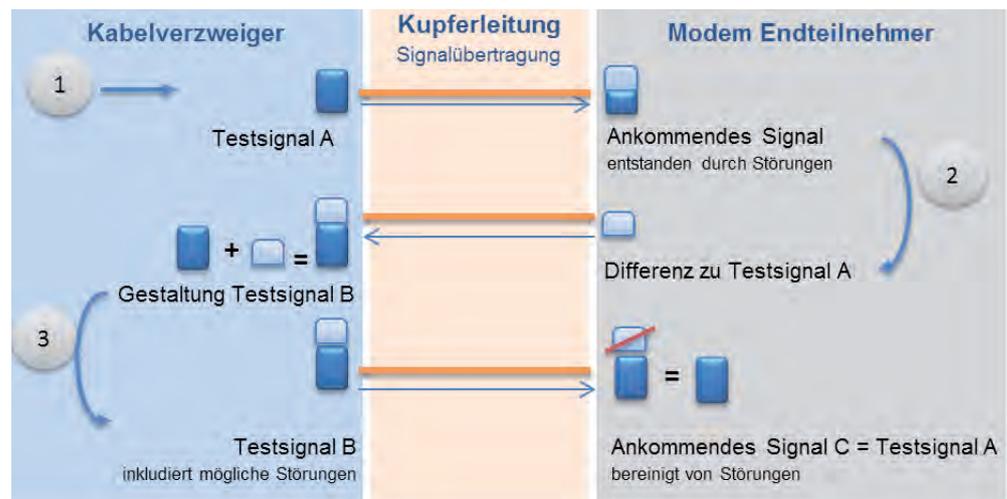
## 4.2. VDSL-Vectoring

Für die VDSL-Technologie (Very High Speed Digital Subscriber Line) wird das Netz bis zum Kabelverzweiger mit Glasfaser-Technologie ausgebaut. Auf der letzten Meile zum Kunden wird die bestehende Kupferleitung genutzt.

Hinter dem Begriff Vectoring verbirgt sich die Weiterentwicklung der VDSL-Technologie. Genau wie bei der VDSL-Technologie werden die Datenströme von der Vermittlungsstelle zum Kabelverzweiger (KVz) über eine Glasfaserleitung transportiert (Fibre-to-the-Curb/FTTC). Im Kabelverzweiger/Multifunktionsgehäuse (MFG) erfolgt die Umwandlung des optischen Signals in ein elektrisches Signal für die Übertragung über das bestehende Kupferkabel.

Ein Testsignal A wird vom KVz durch die Kupferleitung zum Modem des Endkunden übertragen (siehe Abb. 8). Das ankommende Signal beim Endkunden wird analysiert. Die Differenz zum Testsignal A wird ermittelt und an den Vector im KVz zurückgeschickt. Ein Signal B wird beim KVz kreiert, das aus Testsignal A und der Differenz zum Testsignal besteht. Nach Übertragung dieses Signals B erhält der Endkunde ein Signal C. Das Signal C gleicht dem ursprünglich gesendeten Testsignal A, da das Signal B durch den Verlust bei der Übertragung um die Differenz zum Testsignal A reduziert wird. Gesendete Signale werden somit auf die spezifischen Leitungseigenschaften abgestimmt und vorverzerrt.

**Abb. 8: Störungsfreie Signalübertragung durch Vectoring**



VDSL-Systeme sind im Wesentlichen durch die Entfernung zum Teilnehmer (je größer die Entfernung desto höher die Signaldämpfung) und das Übersprechen zwischen den einzelnen Übertragungselementen (Nah-Nebensprechen und Fern-Nebensprechen) begrenzt. Die Vectoring-Technologie setzt gegen das Übersprechen Modulations- und Kompensationsverfahren ein. Eine zur Gruppe (Vector Gruppe) zusammengefasste Anzahl von Kupferpaaren wird durch ein Managementsystem bzgl. der Übersprecheigenschaften vom KVz zum Endteilnehmer durch Testsignale vermessen.

Die Übertragung erfolgt nach wie vor über die einzelne Kupferleitung bzw. ein Kupferpaar. Einige Vectoring-Systeme erlauben zusätzlich eine Bündelung von mehreren Übertragungselementen/ Kupferpaaren, um bei größeren Entfernungen dennoch die hohen Übertragungsraten realisieren zu können.

Die störfreie Signalübertragung funktioniert folglich nur durch das zentrale Management der Gruppe der Übertragungselemente von einem Netzbetreiber. Durch die Technologie wird die bereits vorhandene Kupferinfrastruktur aufgewertet, ein zusätzlicher Infrastrukturaufbau ist nicht nötig.

Vectoring ermöglicht bis zu 100 Mbit/s Download über 500 Meter Entfernung – das ist eine praktisch erreichbare Größe. Durch die Vectoring-Technologie können Bandbreiten bis zu 40 Mbit/s im Upload gegenüber der VDSL-Technologie mit nur 50 Mbit/s Download bzw. 10 Mbit/s Upload erreicht werden. Vectoring ermöglicht also eine Verdopplung der Download- bzw. eine Vervierfachung der Upload-Übertragungsraten.

Der Vorteil beim Vectoring: Die Infrastrukturaufwertungskosten sind zuerst geringer als beim kompletten Glasfaserausbau mit einem Anschluss bis in das Gebäude. Der Erschließer kann vorerst Kosten sparen, da Vectoring nur ca. ein Drittel bis ein Fünftel der Kosten von FTTH verursacht. Es kann nur ein einziges Unternehmen den Kabelverzweiger oder das Multifunktionsgehäuse erschließen, muss aber anderen Wettbewerbern Bitstrom-Zugang gewähren.

Ein Nachteil der Vectoring-Technologie ist die limitierte Bandbreite, die bei etwa 100 Mbit/s Download und 40 Mbit/s Upload liegt. Insbesondere in ländlichen Gebieten kann die Entfernung vom KVz zum Endteilnehmer außerdem länger als 1 km sein, sodass die Vectoring-Technologie nicht mehr die volle Übertragungsraten von 100/40 Mbit/s zur Verfügung stellen kann.

### 4.3. DOCSIS 3.0 und DOCSIS 3.1

Mit dem Übertragungsstandard DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), einer Spezifikation für Schnittstellen von Kabelmodems und dazugehörigen Peripheriegeräten, kann das Hybrid-Fibre-Coax-Netz aufgewertet werden. Durch die ständige Weiterentwicklung des DOCSIS-Standards können immer höhere Datenmengen über HFC-Netze übertragen werden. Die Nachfrage nach hohen Bandbreiten ist bei Nutzern des HFC-Netzes deutlich höher als bei anderen Anschlussstechnologien. Dies wird z. B. durch die Nutzung von IPTV und ähnlichen Diensten getrieben. Ende 2013 konnten laut Bundesnetzagentur 62 Prozent der Konsumenten das Internet über das Kabelfernsehtnetz mit bis zu 30 Mbit/s Download und 14 Prozent mit bis zu 100 Mbit/s Download nutzen. Der Übertragungsstandard DOCSIS 3.0 bietet über HFC-Netze Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 150 Mbit/s. Mit der nächsten Generation des Standards DOCSIS 3.1 (auch DOCSIS Advanced) sind in einigen Jahren Bandbreiten im Gigabit-Bereich möglich.

Durch die parallele Nutzung der letzten Meile (vom letzten Netzknoten bis zum Teilnehmeranschluss) durch mehrere Kunden (geteiltes Medium), stößt auch das HFC-Netz auf technologisch bedingte Kapazitätsengpässe: Je mehr Nutzer auf das HFC-Netz zugreifen, desto geringer ist die zur Verfügung stehende Bandbreite pro Teilnehmer. Auch die Übertragung von Daten im Upload ist bisher auf ca. 6 Mbit/s begrenzt.

#### 4.4. Mobilfunkstandards

Die Datenübertragungsrate über Mobilfunk wächst mit dem breitbandigen Anschluss der Basisstationen mit Glasfaser sowie der Weiterentwicklung der Standards. Die folgende Übersicht beschreibt die Mobilfunkgenerationen und deren ungefähre Geschwindigkeiten. Es bleibt zu beachten, dass viele Nutzer eine Funkzelle gleichzeitig nutzen und sich somit die Bandbreiten teilen.

**Tab. 1: Mobilfunkgenerationen und Datenübertragungsraten**

Mobilfunkgeneration	Technik	(ungefähre Angaben)
2G	GPRS	50 kbit/s
2G	EDGE	220 kbit/s
3G	UMTS	390 kbit/s
3,5G	HSPA	3,5–42 Mbit/s
4G	LTE	100 Mbit/s
4,5G	LTE Advanced	1 Gbit/s

#### 4.5. Verbreitungsgrad der Technologien

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die einzelnen Technologien im Vergleich. Bei der FTTB und bei der FTTH sowie der

DOCSIS-Technologie finden sich symmetrische Datenübertragungsraten.

**Tab. 2: Übertragungsraten von unterschiedlichen Technologien im Vergleich**

	Technik	Übertragungsrate (bis zu) (Down-/Upload)	Verfügbarkeit in Haushalten in Deutschland (ca.)
Telekommunikations-Netz	ADSL	1,5–24/0,5–3,5 Mbit/s	95 %
	FTTC/ VDSL	50/10 Mbit/s	46 %
	Vectoring	100/40 Mbit/s	o. A. (ca. 50 % bis 2016)
	G.Fast	500/ o. A. Mbit/s	o. A.
	FTTB FTTH	100/100 Mbit/s 1/1 Gbit/s und mehr	2,6 %
Kabelfernseh-Netz	Koaxialkabel (Ethernet)	10–100/o. A. Mbit/s	59 %
	DOCSIS 3.0 (über HFC-Netz)	100–150/100 Mbit/s	52 %
	DOCSIS 3.1 (über HFC-Netz)	5–10/–2 Gbit/s	o. A.

## 5. Materialkosten für den Glasfaserausbau

Der Glasfaserausbau ist teuer. Im Vergleich zu den Tiefbaukosten, die bis zu ca. 80% des Infrastrukturausbaus ausmachen, sind die Kabelkosten sehr gering. Kabel machen im Verhältnis nur ca. 1-2% der Ausbaukosten aus, die restlichen Kosten fallen für Planung und anderweitige Komponenten an. Es

ist folglich falsch anzunehmen, Glasfaserkabel wären kostspielig. Die Materialkosten für Glasfaserkabel sind nicht ausschlaggebend für den Gesamtinvestitionsaufwand beim Breitbandausbau.

## 6. Strukturierte Gebäudeverkabelung

Neben einer zukunftsfähigen Kommunikationsinfrastruktur bis zum Gebäude muss die Gebäudeverkabelung bei dem Anstieg der Datenmengen und Datenübertragungsraten ebenso betrachtet werden; hierbei ist neben der Heimverkabelung des Endanwenders auch die strukturierte IP-Verkabelung im Bürogebäude zu berücksichtigen. Das ‚Standard Ethernet‘ mit einer Übertragungsrate von bis zu 10 Mbit/s und auch das ‚Fast Ethernet‘ mit 100 Mbit/s reichen hier schon lange nicht mehr aus.

Die heute überwiegend installierte Basis für Daten- und Multimedieverkabelung im Haus- und Heimbereich sind Cat.5- und Cat.6-Kabel. Diese ermöglichen neben Fast Ethernet auch die Übertragung von Bandbreiten des Gigabit-Ethernets, beispielsweise für die Arbeitsplatzverkabelung. Bei der Installation neuer Multimediaanlagen ist jedoch zu beachten, dass die Weichen für eine zukunftssichere Verkabelung schon heute gestellt werden und bei der Planung der Anlage beachtet werden sollten. Letzteres trifft besonders auf die Büroverkabelung zu.

Die Basis für die Ethernet-Varianten ist in dem Standard IEEE 802.3 festgelegt, welcher Datenraten von 1 Gbit/s und 10 Gbit/s vorsieht. Diese bedingen in der Regel geschirmte Cat.6<sub>A</sub>- beziehungsweise Cat.7-Kabel.

Standardisierte Kabel der Kategorie 7<sub>A</sub> decken diese Applikation nicht nur zuverlässig ab, sondern können zusätzlich für die nächste Generation 40 Gbit/s oder 100 Gbit/s eine zukunftsfähige Plattform bieten. Neben den Übertragungseigenschaften sind bei der Anlagenplanung Sicherheitsaspekte wie Brandschutz und die elektromagnetische Verträglichkeit zu berücksichtigen. Gute Schirmungseigenschaften haben direkten Einfluss auf die Verlegungsmöglichkeiten.

## 7. Qualitätsanforderungen an Digitale Infrastrukturen

Grundsätzlich sind für alle Verlegearten beim Breitbandausbau passende Kabel verfügbar. Die Auswahl geeigneter Kabel muss je nach Anwendungsfall erfolgen. Hierbei sollte auf Qualität geachtet werden. Kabel der Kabelindustrie in Deutschland bringen die nötigen Eigenschaften für unterschiedliche Verlegetechnologien und Umgebungsbedingungen mit, und bieten unter anderem Korrosionsschutz, Nagetierschutz, Blitzschutz, Insektenschutz und sind bezüglich möglicherweise auftretender chemischer Reaktionen in kritischen Infrastrukturen geprüft.

Generell gilt: In den jeweiligen Kabelnormen sind Mindestanforderungen beschrieben, die eine ausreichende Qualität gewährleisten. Bei Nichtberücksichtigung von Mindestanforderungen können im Betrieb beispielsweise Defekte durch mechanische Beanspruchung oder auch mangelnde Übertragungsqualität durch unzureichende Schirmung auftreten. Für zukunftssichere und nachhaltige Investitionen in die Infrastruktur kann die Auswahl von höherwertigen Produkten sinnvoll sein.

## Schlussbemerkung

Der Breitbandausbau kann nur durch den Einsatz von qualitativ hochwertigen Komponenten und einer guten Planung nachhaltig gestaltet werden. Kabel tragen einen großen Teil zur Kommunikationsinfrastruktur von Morgen bei. So können Daten auch in Zukunft mit Höchstgeschwindigkeiten übermittelt werden.

Beim Breitbandausbau in Deutschland

- muss eine zukunftssichere, leitungsgebundene Infrastruktur die Basis bilden und durch drahtlose Infrastruktur ergänzt werden,
- liegt die langfristige Zukunft im nachhaltigen Ausbau mit Glasfaserkabeln,
- müssen Download- und Upload-Geschwindigkeiten beachtet werden,
- muss auf die Qualität der Netzkomponenten geachtet werden.



# Glossar

Abkürzung	Bedeutung	Kurz-Beschreibung
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Anschluss im Telekommunikations-Netz; mit Kupfer-Fernmeldekabeln, asymmetrische Datenübertragung
BK-Netz	Breitbandkommunikations-Netz	Kommunikationsinfrastruktur, ehemals Fernseekabelnetz
BSM	Broadband Satellite Multimedia	Heutiger Entwicklungsstand der Kommunikationsinfrastruktur Satellit für die breitbandige Übertragung
Cat.	Category/Kategorie	Einordnung von Kabeln für die Gebäudeverkabelung in verschiedene leistungsbezogene Kategorien
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.	Die Aufgabe von DIN ist es, zum Nutzen der Allgemeinheit unter Wahrung des öffentlichen Interesses in geordneten und transparenten Verfahren die Normung und Standardisierung anzuregen, zu organisieren, zu steuern und zu moderieren.
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	Übertragungsstandard, mit dem das HFC-Netz aufgewertet werden kann
DSL	Digital Subscriber Line	Anschluss im Telekommunikations-Netz basierend auf Kupfer-Fernmeldekabeln
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Aktive Komponente im Kabelverzweiger bzw. Multifunktionsgehäuse, welche bei der Vectoring-Technologie zum Einsatz kommt
DTH	Direct-to-Home	Das Angebot mit einem Rundfunksatellit, Sendungen unmittelbar zum Endempfänger zu übertragen
DVD	Digital Versatile Disk	Speichermedium für größere Datenmengen im Bereich von 4,7 GB und 17 GB (z. B. für Filme)
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution	Mobilfunkstandard der 2. Generation
EN	Europäische Norm	Norm gültig für Europa
FTTB	Fibre-to-the-Building	Glasfaseranschluss bis in das Gebäude (z. B. bis in den Keller)
FTTC	Fibre-to-the-Curb/Cabinet	Glasfaseranschluss bis zum Kabelverzweiger
FTTH	Fibre-to-the-Home	Glasfaseranschluss bis in die letzte Wohneinheit
G	(Mobilfunk-)Generation	Bezeichnung für die einzelnen Mobilfunkgenerationen (Vereinfachung der technischen Begriffe für Nutzer)
G.Fast	ITU-T-Standard der DSL-Technik	Anschluss im Telekommunikations-Netz basierend auf Glasfaserkabeln bis zum Kabelverzweiger, die Teilnehmeranschlussleitung besteht aus Kupfer-Fernmeldekabeln (Nachfolgetechnologie von Vectoring)
GB	Giga-Byte	Ein Vielfaches einer Maßeinheit für Datenmengen: Byte ist eine Maßeinheit der Digitaltechnik und der Informatik, das meist für eine Folge von 8 Bit steht.
Gbit/s	Gigabit	Maßeinheit für Übertragungseinheiten, 1 Gbit/s = 1000 Megabit/s
GPRS	General Packet Radio Service	Mobilfunkstandard der 2. Generation

Abkürzung	Bedeutung	Kurz-Beschreibung
HFC	Hybrid-Fibre-Coax/Hybrid-Faser-Koax	Kommunikationsinfrastruktur basierend auf Glasfaserkabeln und Koaxialkabeln, mit dem Übertragungsstandard DOCSIS kann das Netz hohe Datenübertragungsraten erreichen.
HF-Kabel	High-Frequency-Kabel/ Hochfrequenzkabel	Ein Hochfrequenzkabel kann hohe und höchste Frequenzen übertragen.
HSPA	High Speed Packet Access	Mobilfunkstandard der 3,5. Generation
IEC	International Electrotechnical Commission	Internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.
Industrie 4.0	Digitalisierung der Industrie	Die Vernetzung von Menschen, Maschinen und Produkten in einer modernen Industrie, und damit die Digitalisierung der Wertschöpfungsketten.
IP	Internetprotokoll	In Computernetzen weit verbreitetes Netzwerkprotokoll, das die Grundlage des Internets darstellt
IPTV	Internetprotokoll-Television	Fernsehen über das Internetprotokoll
IPX8	International Protection Codes	Einteilung von geschützten Systemen bezüglich ihrer Eignung für verschiedene Umgebungsbedingungen in entsprechende Schutzarten
ISDN	Integrated Services Digital Network	Anschluss der Teilnehmer über Kupfer-Fernmeldekabel
ITU	International Telecommunications Union	Organisation der Vereinten Nationen für Informations- und Kommunikationstechnologien
kbit/s	Kilobit	Maßeinheit für Übertragungseinheiten, 1 kbit/s = 1.000 bit/s
KVz	Kabelverzweiger	(Meist graue) Gehäuse am Straßenrand, in denen Hauptkabel für die Teilnehmeranschlussleitung verzweigt werden
LNB	Low Noise Block	Rauscharmer Signalumsetzer; die erste, im Brennpunkt einer Parabolantenne befindliche elektronische Baugruppe einer Satellitenempfangsanlage
LTE	Long Term Evolution	Mobilfunkstandard der 4. Generation (aktuell schnellstmögliche Datenübertragungsrate im Mobilfunk)
LTE Advanced	Long Term Evolution Advanced	Mobilfunkstandard der 4,5. Generation (aktuell in der Entwicklung)
LWL	Lichtwellenleiter	Bezeichnung für Glasfasern
Mbit/s	Megabit	Maßeinheit für Übertragungseinheiten, 1 Mbit/s = 1.000 kbit/s
MFG	Multifunktionsgehäuse	(Meist graue) Gehäuse, in denen Glasfaserkabel mit Kupferkabeln über aktive Komponenten verbunden werden, hier wird das optische Signal des Glasfaserkabels in ein elektrisches Signal für die Datenübertragung auf Kupfer umgewandelt
MSAN	Multi Service Access Node/Gateway	Komponenten im Zugangsnetz von IP-Netzen. Der Leitungsabschluss erfolgt im MSAN, ebenso wie die Umsetzung in IP-Dienste wie VoIP.
Quadruple-Play		Angebot von Internet, Telefon, Fernsehen und Mobilfunk in Einem

Abkürzung	Bedeutung	Kurz-Beschreibung
SAT	Small Aperture Terminal	Satellitenempfänger und -sender mit Antennen für satellitengestützte Kommunikation
TAL	Teilnehmeranschlussleitung	Letzte Meile vom Kabelverzweiger zum Teilnehmer
TKG	Telekommunikationsgesetz	Zweck dieses Gesetzes ist es, durch technologie neutrale Regulierung den Wettbewerb im Bereich der Telekommunikation und leistungsfähige Telekommunikationsinfrastrukturen zu fördern und flächendeckend angemessene und ausreichende Dienstleistungen zu gewährleisten.
TK-Netz	Telekommunikations-Netz	Kommunikationsinfrastruktur der Telekommunikationsanbieter (meist angefangen mit Festnetzanschlüssen)
Triple-Play		Angebot von Internet, Telefon und Fernsehen
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Mobilfunkstandard der 3. Generation
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line	Anschluss im Telekommunikations-Netz basierend auf Glasfaserkabeln bis zum Kabelverzweiger, die Teilnehmeranschlussleitung besteht aus Kupfer-Fernmeldekabeln
VDSL-Vectoring	Very High Speed Digital Subscriber Line – Vectoring	Anschluss im Telekommunikations-Netz; Glasfaseranschluss bis zum Kabelverzweiger, in diesem ist aktive Technik (DSLAMs) zur Verhinderung von Signalstörung auf den fortleitenden Kupferkabeln vorhanden.
Voice-over-IP	Stimmübertragung-über-Internetprotokoll	Telefonie über das Internetprotokoll
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Satellitenempfänger und -sender mit Antennen für satellitengestützte Kommunikation
Wi-Fi	Wireless	Anderes Wort für WLAN (Marketingname)
WLAN	Wireless Local Area Network	Übertragung von Daten über Funk durch Router

# Literatur- und Normenverweise

## Literaturverweise:

FTTH Handbook (German Version), FTTH Council Europe, Ausgabe 5 D&O Committee, Ausgabedatum: 08/02/2012 (Download: <http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH-Handbook-2012-V5.0-German.pdf>)

## Normen:

DIN EN 50117 DIN EN 50117-1:2014-06; VDE 0887-1:2014-06: Koaxialkabel – Teil 1: Fachgrundspezifikation; Deutsche Fassung EN 50117-1:2002 + A1:2006 + A2:2013 Dokumentart: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2014-06

DIN EN 50117-2-1:2014-06; VDE 0887-2-1:2014-06: Koaxialkabel – Teil 2-1: Rahmenspezifikation für Kabel für Kabelverteilanlagen - Hausinstallationskabel im Bereich von 5 MHz – 1 000 MHz; Deutsche Fassung EN 50117-2-1:2005 + A1:2008 + A2:2013 Dokumentart: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2014-06

DIN EN 50289-1-10:2002-07: Kommunikationskabel – Spezifikationen für Prüfverfahren - Teil 1-10: Elektrische Prüfverfahren; Nebensprechen, Dokumentart: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2002-07

DIN EN 50700 VDE 0800-700:2014-05 Informationstechnik: Standortverkabelung als Teil des optischen Zugangnetzes von optischen Breitbandnetzen; Deutsche Fassung EN 50700:2014 Art/Status: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2014-05

DIN EN 60793-2-10:2011-11; VDE 0888-321:2011-11: Lichtwellenleiter – Teil 2-10: Produktspezifikationen - Rahmenspezifikation für Mehrmodenfasern der Kategorie A1 (IEC 60793-2-10:2011); Deutsche Fassung EN 60793-2-10:2011, Dokumentart: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2011-11

DIN EN 60794-1-22:2013-01; VDE 0888-100-22:2013-01: Lichtwellenleiter-Kabel – Teil 1-22: Fachgrundspezifikation - Grundlegende Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kabel – Prüfverfahren zur Umweltprüfung (IEC 60794-1-22:2012); Deutsche Fassung EN 60794-1-22:2012 Dokumentart: Norm, gültig, Ausgabedatum: 2013-01

### **Bildnachweise:**

Titelbild: Sashkin/Fotolia.com

Abbildung 1: Kabelwerk Rhenania

Abbildung 2: Prysmian Group

Abbildung 3: Bedea Berkenhoff & Drebes

Abbildung 4: Leonie Group

Abbildung 5: OFS Fiber Deutschland

Abbildung 6: OFS Fiber Deutschland

Abbildung 7: ZVEI

Abbildung Seite 18: mindscanner/Fotolia.com

Tabelle 1: ZVEI

Tabelle 2: ZVEI



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-  
und Elektronikindustrie e.V.  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main  
Telefon: +49 69 6302-0  
Fax: +49 69 6302-317  
E-Mail: [zvei@zvei.org](mailto:zvei@zvei.org)  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)



[www.zvei.org](http://www.zvei.org)