DEUTSCHE
TV-PLATTFORM

Kompendium Vernetzung

2. Auflage, Oktober 2018

Executive Summary

Unsere Lebensbereiche sind längst digital geworden und die Vielfalt von CE-Endgeräten steigt stetig. Mit CE-Endgeräten sind Geräte der klassischen Unterhaltungselektronik, des PC-Umfeldes und der Telekommunikation gemeint. Gemeint sind also Produkte vom digitalen Fernsehgerät, über Notebook und Tablet bis hin zum Smartphone. Wurden diese Geräte in der Vergangenheit eher singulär betrieben, so ist in den letzten Jahren die Vernetzung untereinander gestiegen. Die Vernetzung dieser Geräte bringt für den Verbraucher neuen Benutzungskomfort und auch neue Applikationen.

In diesem Kompendium wird der aktuelle Stand der Vernetzungstechnologien und Anwendungen dargestellt. Ausgehend von der technischen Beschreibung der Übertragungsstandards werden die vernetzten Geräte mit ihren Schnittstellen und darauf aufgesetzten Applikationen dargestellt. Es folgt eine Darstellung von einigen ausgewählten und typischen Vernetzungsszenarien, sowie technische Empfehlungen für Experten und Laien.

In dieser Neuauflage wurden die Weiterentwicklungen der Übertragungsstandards und Schnittstellen berücksichtigt, sowie deren Funktionsweise detaillierter dargestellt. Ebenfalls sind die Nutzungsszenarien und Empfehlungen erweitert und an den aktuellen Stand der Technik angepasst worden.

Kompendium Vernetzung

Eine Bestandsaufnahme der Deutschen TV-Plattform
Oktober 2018

Bearbeitung:
Ulrich Freyer
Michael Silverberg

Inhalt

Executive Summary 2

1. Netze und Übertragungsverfahren 4

1.1 Leitungsgebundene Verfahren 4
1.1.1 Breitbandkabel 4
1.1.2 DSL 6
1.1.3 Glasfaser 9
1.1.4 LAN 14
1.1.5 PLC 17
1.1.6 Sonstige Verfahren 19

1.2 Funkgestützte Verfahren 20
1.2.1 Satellit 20
1.2.2 Mobilfunk der 2. bis 4. Generation 21
1.2.3 Mobilfunk der 5. Generation (5G) 22
1.2.4 DVB-T/T2 23
1.2.5 WLAN (WiFi) 25
1.2.6 NFC 27
1.2.7 Bluetooth 29
1.2.8 ZigBee 32
1.2.9 Z-Wave 34
1.2.10 Enocean 35
1.2.11 IrDA 36

1.3 Internet 37

1.4 DVB und IP 39

1.5 Cloud-Konzepte 42

2. Geräte, Schnittstellen und Applikationen 43

2.1 Geräte 43
2.1.1 TV-Geräte und Set-Top-Boxen 44
2.1.2 Heimkinosysteme 45
2.1.3 Computer 45
2.1.4 Digitalkameras 45
2.1.5 Smartphones 45
2.1.6 Spielekonsolen 45
2.1.7 Home Gateways 46
2.1.8 Home Server 46
2.1.9 Smart Speakers 46

2.2 Leitungsgebundene Schnittstellen 47
2.2.1 HDMI 47
2.2.2 USB 50
2.2.3 CI+ 53
2.2.4 Cinch 55
2.2.5 DisplayPort 56

2.3 Funkgestützte Schnittstellen 57
2.3.1 Miracast 57
2.3.2 Wireless Display (WiDi) 57
2.3.3 Wireless Home Digital Interface (WHDI) 58
2.3.4 WirelessHD (WiHD) 59
2.3.5 Wireless Gigabit (WiGig) 59

2.4 Schnittstellen / Funktionalität 60
2.4.1 DLNA 60
2.4.2 Apple AirPlay 60
2.4.3 Google Chromcast 61

2.5 Applikationen 63
2.5.1 Endgerätebezogene Applikationen 63
2.5.2 Senderbezogene Applikationen 63
2.5.3 Internet-Browser 65
2.5.4 Second Screen 66
2.5.5 Recording 66
2.5.6 Remote Control Apps 67
2.5.7 Distribution Management Apps 67
2.5.8 Smart Home Apps 68
2.5.9 Plattformunabhängige Rechteverwaltung 70
2.5.10 Plattformunabhängige Navigation 71

3. Nutzungsmöglichkeiten und Empfehlungen 72

3.1 DVB-basierte Vernetzung 72

3.2 IP-basierte Vernetzung via Breitbandkabel 76

3.3 IP-basierte Vernetzung via DSL 77

3.4 IP-basierte Vernetzung via Satellit 78

3.5 Vernetzung über die Cloud 78

3.6 Heimvernetzung mit WLAN 79

3.7 Heimvernetzung mit PLC 81

3.8 Mischformen der Vernetzung 81

3.9 Empfehlungen für Netzstrukturen in Neubauten 82

3.10 Empfehlungen für die Optimierung von Netzstrukturen in Bestandsbauten 86

3.11 Alters- und behindertengerechtes Wohnen (AAL) 89

3.12 Wearables 90

Glossar 91

Impressum

Übersicht Tabellen und Bilder 96
Bildrechte 97
Herausgeber, Redaktion, Autoren, Kontakt, Über die Deutsche TV-Plattform 98

1. Netze und Übertragungsverfahren

1.1 Leitungsgebundene Verfahren

1.1.1 Breitbandkabel

1.1.1.1 Einleitung

Das Koaxialkabel wurde für die Übertragung von Signalen mit hohen Bandbreiten entwickelt und stellt deshalb den Urtyp des Breitbandkabels dar. Es verfügt über einen Wellenwiderstand, der frequenzunabhängig ist und über eine Dämpfung der Signale, die mit der Wurzel der Frequenz zunimmt. Hochwertige Koaxialkabel haben weiterhin ein exzellentes Schirmungsmaß von 100dB und mehr. Sie sind deshalb ausreichend unempfindlich gegenüber Signalen, die in das Kabel einstrahlen und strahlen selbst nur in sehr geringem Maße die übertragenen Signale nach außen ab.

Koaxialkabel wurden zuerst für die Verteilung von terrestrisch empfangenen analogen TV-Signalen eingesetzt. Mit dem Start des Kabelfernsehens in den 1980er Jahren wurden TV-Programme mit einer Gesamtbandbreite von ca. 300 MHz über Koaxialkabel im Haus verteilt. Mit Steigerung der Programmvielfalt wuchs auch das Interesse am Fernsehen und die Nutzer begannen ihr Haus oder ihre Wohnung mit mehreren Anschlussmöglichkeiten für Fernsehgeräte auszustatten. Zur Versorgung der einzelnen Mieter im Mietwohnungen wurden entsprechende Hausverteilanlagen in Baumstruktur aufgebaut. Dabei bedurfte es auch Verstärker, um die Dämpfung der installierten Koaxialkabel, Splitter und Antennendosen zu kompensieren. In den 1990er Jahren ging man beim Neubau von Hausverteilanlagen meist auf eine sternförmige Struktur der Netze über, die eine bessere Entkopplung der einzelnen Antennendosen, aber auch einen Rückkanal ermöglichten.

Ende der 1980er Jahre wurden auch die ersten Satelliten der Astra-Satellitenplattform und bald darauf auch der Eutelsat-Satellitenplattform in geostationäre Orbitpositionen gebracht und zwar für den Satelliten-Direktempfang [direct to home (DTH)] durch den Nutzer. Die Vielfalt der TV-Angebote führte sehr schnell zur Attraktivität dieses Konzeptes. Für die Inhaus-Netze wurden auch hier Koaxialkabel eingesetzt, um die Signale von der Parabolantenne auf dem Dach in den Wohnraum zu den separaten Satellitenempfängern zu übertragen. In Mehrfamilienhäusern kamen Multischalter zum Einsatz, um die einzelnen Haushalte über Koaxialkabel mit den analogen TV-Programmen der unterschiedlichen Polarisationsebenen und Bändern der Satellitensignale zu versorgen. Üblicherweise können Koaxialkabel die Signale der Satelliten-Zwischenfrequenz (Sat-ZF) von 950 MHz bis 2.150 MHz ohne Verstärker innerhalb des Hauses transportieren.

1.1.1.2 Transport von DVB-Diensten (DVB-C -S, -T)

Mit der Verfügbarkeit der MPEG-2 Video- und Audio-Quellencodierung wurden 1993 die DVB-Standards für DVB-S und DVB-C entwickelt und bald startete sowohl über Satellit als auch über Kabel das Digitale Fernsehen (Digital TV). Die Koaxialkabel der Hausverteilnetze mussten dazu sowohl für DVB-S als auch für DVB-C nicht ausgetauscht werden. Mit dem Wachsen der digitalen Angebote wurden die Koaxialkabel immer breitbandiger genutzt. Dazu war es notwendig, aktive und teilweise auch passive Komponenten entsprechend nachzurüsten. Die anfangs verbauten Verstärker unterstützen den Frequenzbereich von 47 MHz bis 300 MHz und wurden in weiteren Generationen mit einer Bandbreite bis 470 MHz, dann bis 630 MHz, 862 MHz und heute bis 1 GHz ausgetauscht.

Erste Verstärker mit einer Bandbreite von 1,2 GHz sind heute auch schon verfügbar. Bei der Hausverteilung von DVB-S Signalen wurde Übertragung der Satelliten-Zwischenfrequenz (Sat-ZF) von 950 MHz bis 2150 MHz erforderlich. Bei gleichzeitigem Empfang mehrerer Satelliten auf verschiedenen Orbitpositionen bot sich die Nutzung mehrerer Koxialkabel zur Signalverteilung oder der Einsatz von Multischaltern an.

Mit der Einführung von DVB-T konnten die Koaxialkabel der Hausverteilnetze der terrestrisch versorgten Haushalte weiterhin verwendet werden. Durch den Umstieg auf das DVB-T2 sind keine Veränderung bei den Koaxialkabeln in den Hausverteilnetzen erforderlich.

1.1.1.3 Transport von IP-Services (DOCSIS)

Für das Breitbandkabel wurde in den USA von CableLabs in 1997 die DOCSIS [data over cable system interface specification]-Technologie (ITU-T Rec J.112) entwickelt. Sie ermöglicht die Übertragung bi-direktionale Dienste (also Interaktivität) unter Verwendung des IP-Protokolls über vorhandene Koaxialkabel-Infrastrukturen. Für die Übertragungsrichtung zum Nutzer wurden die verfügbaren Modulationsverfahren von DVB-C genutzt. In Europa gilt allerdings das modifizierte EuroDOCSIS-System (ETSI TS 102 639, parts 1, 2, 3, 4, 5). entwickelt, welches das in Europa übliche 8-MHz-Kanalraster berücksichtigt.

Auf der Sendeseite verwendet DOCSIS das Cable Modem Termination System (CMTS). Diese Einheiten sind vergleichbar dem DSLAM bei DSL. Auf der Empfangsseite verarbeitet das Kabelmodem die Signale und liefert den Datenstrom. Die Markteinführung von DOCSIS gestaltete sich sehr erfolgreich, so dass wegen der wachsenden Anforderungen der Kabelkunden nach immer höheren Datenraten, die verbesserten und erweiterten DOCSIS-Versionen 1.1, 2.0 und 3.0 folgten. Mittlerweile ist DOCSIS 3.0 in Deutschland flächendeckend im Einsatz und mit modernen Kabelmodems können Datenraten von 1 Gbit/s und mehr angeboten werden. Eine Schlüsselfunktion von DOCSIS ist die Kanalbündelung [channel bonding], wodurch in einem Kabelmodem heute bis zu 32 Kabelkanäle mit einer Kapazität von je 50 Mbit/s zu einer IP-Pipe mit ca. 1.600 Mbit/s gebündelt werden können. Ende 2013 wurde der DOCSIS 3.1 Standard fertig, der OFDM-basiert ist und mit kompatiblen Kabelmodems der ersten Generation IP-Pipes mit max. 4 Gbit/s für den Abwärtsstrom [downstream] ermöglicht. Seit Anfang 2016 sind DOCSIS 3.1.-Kabelmodems und entsprechende CMTS-Systeme kommerziell verfügbar und große Kabelnetzbetreiber in USA haben mit dem Rollout von DOCSIS3.1 begonnen. Dies ist nun auch in Deutschland vorgesehen.

Für die Einführung der bi-direktionalen IP-Kommunikation auf EuroDOCSIS-Basis mussten sowohl die Kabelnetze selbst, als auch die Hausverteilanlagen aufgerüstet werden. In Europa hat man sich beim Rückkanal entschieden, den Frequenzbereich von 5 MHz bis 65 MHz zu verwenden. In den Hausverteilanlagen müssen alle Verstärker durch rückkanalfähige Typen ersetzt werden. Die Aufrüstung von größeren Hausverteilanlagen ist jedoch kritisch bezüglich der Einstrahlung von Störsignalen im Frequenzbereich des Rückkanals. Eine einzige Leckstelle, in die Störsignale von außen einstrahlen, kann den Rückkanalbereich für alle Nutzer in dem betroffenen Anschlussbereich unbrauchbar machen, da es sich beim Kabelnetz um ein „shared medium" handelt. In vielen Fällen wird daher schon in unmittelbare Nähe des Anschlusses des Kunden (Übergabepunkt) ein Kabelmodem installiert und dann der Rückkanal vor der weiteren Verteilung der TV-Signale im Haus herausgefiltert. Bei Hausverteilanlagen mit guter Schirmung kann auch das gesamte Breitbandkabelsignal im Haus verteilt werden, was dann den Anschluss mehrerer Kabelmodems ermöglicht.

Mit der Einführung von DOCSIS 3.1 wird die Downstream-Kapazität substanziell erhöht, so dass davon auszugehen ist, dass auch der Bedarf an Upstream-Kapazität stark anwachsen wird. DOCSIS 3.1 bietet zwar auch im Upstream höchste Spektrumseffizienz mit OFDM, aber viele Kabelnetzbetreiber planen für eine Upstream-Kapazität von 1 Gbit/s den Übergang zwischen den Upstream- und Downstream-Frequenzbändern von heute 65 MHz auf ca. 200 MHz zu verschieben. Um die Downstream-Kapazität durch diese Maßnahme nicht zu bescheiden, wird meist die obere Grenzfrequenz der Downstream-Frequenzbänder von 862 MHz bis auf 1.002 MHz (teilweise schon bis 1.200 MHz) erweitert werden.

1.1.1.4 Verwendung der Broadcasting-Übertagungstechnik der zweiten Generation

Etwa 10 Jahre nach dem Start von Digital -TV auf Basis der ersten Generation der DVB- Übertragungsverfahren, begann die Entwicklung der als DVB-X2 bezeichneten zweiten Generation. Für die Übertragung über Breitbandkabel wurde das Modulationsverfahren vom QAM-Ein-Träger-Verfahren auf das Mehr-Träger-Verfahren OFDM umgestellt. Dies geschah im Wesentlichen aus Gründen der Spektrumseffizienz und der Flexibilität von OFDM, das zudem seine Leistungsfähigkeit bei typischen Störungen im Koaxialkabel, wie durch nicht ideale Splitter oder Kabelübergänge erzeugte Echosignale, ausspielen kann. OFDM kann Echos mit Laufzeiten innerhalb des Schutzintervalls [guard interval] (3,5 µs oder 7 µs), vollständig kompensieren. Über die Kanalschätzung auf Basis der gesendeten Pilotträger können Verzerrungen des Frequenzgangs innerhalb des Übertragungskanals korrigiert werden.

Ein wesentlicher Mangel von DVB-C war es zudem, dass mit der Abschaltung der analogen TV-Programme der verbesserte verfügbare Störabstand nicht durch komplexere Modulationsarten für Digital TV mit höherer Übertragungskapazität genutzt werden konnte. DVB-C2 kann die digitale Downstream-Kapazität eines Kabelnetzes (in den Bändern von 100 MHz bis 862 MHz) von heute ca. 5 Gbit/s auf bis zu 8 Gbit/s erhöhen. Für Ultra HD-Programme verfügt DVB-C2 zusätzlich über die Möglichkeit die Kanalbandbreite auf ein Vielfaches von 8 MHz zu erweitern, was einen statistischen Multiplexgewinn von bis zu 30 % realisierbar macht. In der Kombination von höherer spektraler Effizienz des Modulationsverfahrens und dem möglich statistischen Multiplexgewinn ermöglichen die Verfahren der zweiten Generation durchaus eine Verdoppelung des digitalen TV-Angebots ohne jegliche Qualitätsverluste.

1.1.1.5 Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl für Neubauten alternative Verkabelungstechnologien wie Glasfaser oder Datenkabel (z.B. Cat.7) durchaus von Interesse sind, ist das Koaxialkabel nach wie vor attraktiv: Mit dem von fast allen modernen Übertragungssystemen verwendeten Modulationsverfahren OFDM können die physikalischen Eigenschaften dieses Mediums optimal ausgenutzt werden. Bei den hohen verfügbaren Störabständen sind heute schon höherwertigere Modulationsverfahren (z.B. 4096-QAM) in CATV-Systemen nutzbar. Wenn ein Haus durch Glasfaser versorgt wird (z.B. via

RFoG) und nur noch die Hausverteilung über Koaxialkabel realisiert ist, können sogar Modulationsverfahren wie 16.384-QAM oder sogar 65.536-QAM zum Einsatz kommen. In der Anwendung für die Hausverteilung von Breitbandkabel-Signalen beträgt die nutzbare Bandbreite derzeit meist 862 MHz. Aktive und passive Elemente mit einer Bandbreite von 1 GHz sind heute schon verfügbar. Planungen der Netzbetreiber sehen als nächsten Schritt 1,2 GHz Bandbreite vor. Perspektivisch werden Bandbreiten von bis zu 2,4 GHz anvisiert, was für Koaxialkabel kein grundsätzliches Problem darstellt. Kritisch sind allerdings hier die aktiven Elemente und die Notwendigkeit, dass viele passive Elemente wie Splitter und Antennendosen wegen der deutlichen Bandbreitenerweiterung ausgetauscht werden müssen. Koaxialkabel in einer digitalen Anwendung in Hausverteilanlagen kann durchaus Downstream-Kapazitäten von 20 Gbit/s und mehr ermöglichen. Bei US CableLabs arbeitet man seit Anfang 2016 an einer Spezifikation, die Lösungen für symmetrische 10 Gbit/s-Dienste über das Koaxialkabel (also im Voll-Duplex-Betrieb) in Hausverteilanlagen ermöglichen sollen.

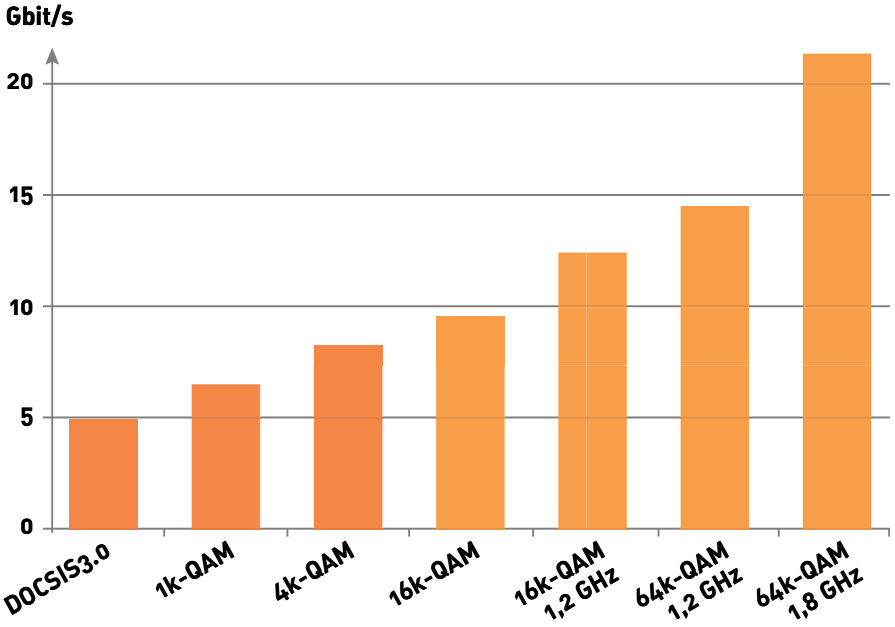


Bild 1.1.1.5-1 Denkbare Entwicklung der Downstream-Übertragungskapazität in HFC-Kabelnetzen

Vorstehendes Bild zeigt ein denkbares zukünftiges Szenario. Wegen der hohen Investition der Betreiber von Breitbandnetzen in die „letzte Meile" [last mile] und in die Hausverteiltechnik ist es kommerziell sehr attraktiv die Übertragungskapazitäten der Koaxialkabel voll auszuschöpfen und einen Austausch dieser Komponenten durch Glasfaser im unmittelbaren Anschlussbereich so lange wie möglich heraus zu zögern.

1.1.2 DSL

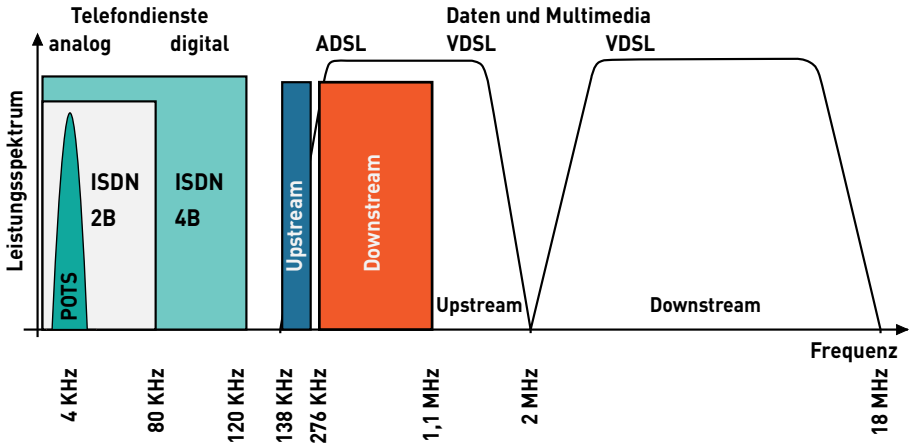


Bild 1.1.2-1 Frequenznutzung bei DSL

Die Abkürzung DSL steht für Digital Subscriber Line, was digitale Teilnehmeranschlussleitung bedeutet. DSL umfasst eine Reihe auf die Bitübertragungsschicht bezogene Übertragungsstandards, mit der hohe Datenraten über Kupferdoppeladern, insbesondere bei bereits vorhandenen Teilnehmeranschlussleitungen (TAL) eines Telefonnetzes, gesendet und empfangen werden können. DSL dient in der Regel dazu, Nutzern einen Breitband-Internetzugang zur Verfügung zu stellen. Die erzielbaren Übertragungsraten reichen unter Laborbedingungen bis zu 1 Gbit/s. In der Praxis stehen aufgrund der längenabhängigen Leitungsdämpfung und wegen der Gefahr gegenseitiger Stö-

rungen zwischen den Kupferdoppeladern eines Leitungsbündels durch Übersprechen nur Zugangsbandbreiten bis 100 Mbit/s geringere Transferraten zur Verfügung.

DSL erfordert zwei Modems, eines beim Nutzer und eines im Netzknoten (der Vermittlungsstelle) des Anbieters. Ziel ist es, an der vorhandenen Teilnehmeranschlussleitung keine Änderungen vornehmen zu müssen. Die DSL-Technik nutzt die Tatsache, dass die herkömmliche analoge Telefonie (PSTN, umgangssprachlich auch als POTS bezeichnet) in den Kupferdoppeladern nur Frequenzen bis 4 kHz und bei ISDN bis maximal 120 kHz belegt. Das DSL-Trägerband beginnt deshalb bei 138 kHz, also oberhalb der Frequenzbereiche für Telefonie (Bild 1.1.2-1).

Das Ein- und Auskoppeln der DSL-Signale erfolgt durch Einsatz von als Splittern bezeichneten Frequenzfiltern. Die Gegenstelle des Modems im Netzknoten ist der Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM). Er dient als Schnittstelle für die Kupferdoppeladern der Teilnehmeranschlussleitungen. Jede TAL eines Nutzers benötigt somit einen Anschluss beim DSLAM. Diese Funktionseinheiten können bis über 1000 Teilnehmer-Ports aufweisen.

Im Zuge der Migration auf All-IP-Netze bzw. der DSL-Umstellung auf einen splitterlosen Voice over IP (VoIP)-Anschluss werden die zuvor für Analog- und ISDN-Telefonie reservierten Frequenzbereiche ebenfalls zur Datenübertragung genutzt („Annex J"). Davon profitiert die Upload-Geschwindigkeit der umgestellten DSL-Anschlüsse.

Der Annex-J-Anschluss kommt ohne Splitter aus, weil es nur noch ein einziges Signal gibt: das DSL-Signal, in dem auch das Telefonsignal transportiert wird. Die analogen bzw. digitalen (ISDN) Telefongeräte werden direkt am Router angeschlossen. Telefonie ist bei einem solchen Anschluss nur noch über VoIP-Technologie möglich (Bild 1.1.2-2).

Die unterschiedlichen DSL-Standards spezifizieren die Kommunikation zwischen dem DSL-Modem und dem DSLAM. Dabei können die Verbindungsparameter wie Frequenz und Übertragungsraten für Down- und Upstream adaptiv ausgehandelt werden. Beim Rate Adaptive Mode (RAM)-Betrieb wird die Datenrate an die Übertragungsqualität der Kabelverbindung angepasst. Modem und DSLAM handeln eine Datenrate aus, die nach unten durch einen definierten minimalen Wert (RAM_{min}) und nach oben durch einen technisch möglichen Maximalwert (RAM_{max}) begrenzt ist. Als weiterer Parameter geht der Störabstand [signal to noise ratio (SNR)] in die Aushandlung ein. Liegt die erreichbare Datenrate durch ein zu geringen Störabstand unterhalb von RAM_{min}, dann erfolgt keine Synchronisation des Anschlusses.

RAM
= Rate Adaptive Mode

Die auf der OSI-Schicht 1 hergestellte Verbindung wird in der Regel durch Ethernet auf IP-Basis gesichert. Eine authentifizierbare Verbindung zum Broadband Remote Access Server (BRAS) des Internet Service Providers (ISP) wird üblicherweise über das PPPoE (PPP over Ethernet)-Protokoll hergestellt.

ADSL und SDSL

Die heute in der Fläche eingesetzten DSL-Varianten sind für asymmetrische Übertragung (ADSL) ausgelegt. Dabei ist die Datenrate des Downstreams, also die Datenübertragung aus dem Internet zum Nutzer ein Vielfaches höher ist als die des Upstreams. Für Downloads steht also eine höhere Datenrate zur Verfügung als für Uploads. Für die häufigsten IP-Anwendungen stellt dieser Umstand kein Problem dar, weil das Transfervolumen in Richtung Nutzer (Abruf von Webseiten, Video on Demand, Mediatheken, ...) überwiegt und in Senderichtung in der Regel weniger Datenrate erfordert. Symmetrische DSL-Anschlüsse (SDSL) weisen identische Datenraten für den Up- und Downstream auf, was für kommerzielle Anwendungen von Bedeutung sein kann.

Mit ADSL lassen sich in der Praxis Downstream-Datenraten bis 6 Mbit/s erreichen. Die Weiterentwicklung ADSL2+ gestattet mit gewissen Einschränkungen hinsichtlich der Kompatibilität zwischen Modems unterschiedlicher Hersteller für den Downstream bis 25 Mbit/s. In der Regel wird ADSL2+ mit einer Datenrate von 16 Mbit/s betrieben.

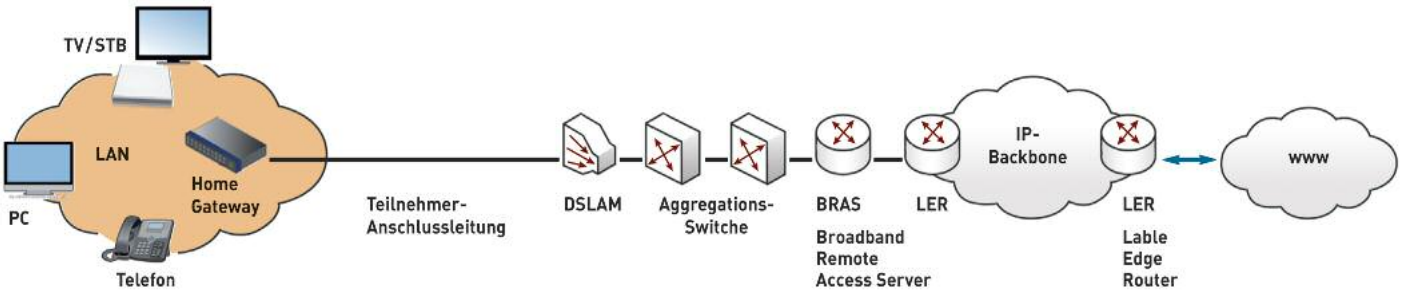


Bild 1.1.2-2 DSL-Infrastruktur

VDSL

Die Ende der 1980er Jahre in den USA entwickelte Technologie VDSL (Very High Bit Rate DSL) spielt heute die bedeutendste Rolle bei DSL-Angeboten für Privatkunden in Deutschland. Die VDSL-Technologie nutzt weitere Frequenzbänder auf der Kupferdoppelader. Dabei unterscheidet man VDSL-Varianten nach der genutzten Signalbandbreite, wobei 8, 12, 17 und 30 MHz üblich sind. VDSL2 ermöglicht in der Fläche Datenraten von bis zu 200 Mbit/s im Up- und Downstream. Gegenwärtig werden Anschlüsse mit 25, 50 und 100 Mbit/s für den Downstream und 5, 10 und 40 Mbit/s für den Upstream bei 17 MHz Signalbandbreite vermarktet.

Der Stand der Technik und die kommenden DSL-Varianten haben gemeinsam, auf immer kürzer werdende Teilnehmeranschlussleitungen angewiesen zu sein, um diese Bandbreitenbereiche zu erschließen. Im Fokus steht daher, die Distanz zwischen dem Endpunkt des fortschreitend ausgebauten Glasfasernetzes bzw. dem DSLAM und dem Modem beim Nutzer in wirtschaftlich sinnvollem Maß zu verkürzen. Ein vollständiges Ersetzen der bestehenden Kupferdoppeladern durch Glasfaser bis zum Anschluss beim Nutzer schied in der Vergangenheit aus Kostengründen, vor allem jedoch wegen der fehlenden Akzeptanz einer Neuverkabelung beim Endkunden als Option häufig aus.

Auf der Strecke zwischen der örtlichen Vermittlungsstelle und dem Multifunktionsgehäuse (MFG) wird daher Kupferkabel sukzessive durch Glasfaserkabel ersetzt. Die Multifunktionsgehäuse werden so über das Ausbaugebiet verteilt, dass die Entfernung zwischen Teilnehmer und Multifunktionsgehäuse möglichst gering ist. Es gilt die einfache Regel: Je näher sich der Teilnehmer am MFG befindet, desto höher ist die erreichbare Datenrate. Im MFG ist Platz für bis zu 800 Internet-Anschlüsse. Hier wird das Signal vom Glasfaserkabel über einen DSLAM oder Multi Service Access Node (MSAN) auf die angeschaltete Kupferleitung angepasst.

Vectoring

Bei VDSL2-Vectoring werden im DSLAM/MSAN und im VDSL2-Vectoring-fähigen Modem durch eine spezielle Kanalkodierung die gegenseitigen Störungen benachbarter Übertragungsleitungen reduziert. Voraussetzung für die Optimierung ist, dass die Beschaltung eines kompletten Kabelbündels durch den gleichen DSLAM/MSAN erfolgt, d.h. dieser erhält die Kontrolle über alle Einzelleitungen in einem Kabelbündel. Bei Vectoring werden die zu sendenden Signale auf den Nachbarleitungen analysiert und das eigentliche Sendesignal so vorverzerrt, dass die Störungen durch die Nachbarleitungen ausgelöscht werden. Das Nebensprechen wird also aktiv kompensiert, um die gegenseitige Beeinflussung zu reduzieren.

Mit VDSL2-Vectoring ist es möglich, Geschwindigkeiten von bis zu 100 Mbit/s im Downstream und bis zu 40 Mbit/s im Upstream für eine deutlich größere Anzahl an Kunden als bisher bereitzustellen.

Die Weiterentwicklung der DSL-Technologie ist durch die Minimierung des Übersprechens zwischen den Kupferdoppeladern eines Kabelbündels gekennzeichnet. Vectoring ermöglicht eine bessere Übertragungsqualität von VDSL auf Kupferdoppeladern. Insbesondere in nicht abgeschirmten Kabelbündeln ist ein Aufkommen vieler VDSL-Teilnehmer aufgrund des die SNR reduzierenden Übersprechens problematisch. Die Vectoring-Technologie berücksichtigt die individuellen Bedingungen jeder Teilnehmeranschlussleitung und der in einem Kabelbündel benachbart geführten Kupferdoppeladern.

Ausblick

Die Verkürzung der Kupferdoppeladern als Teilnehmeranschlussleitungen ist weiterhin entscheidend für den Erfolg, weshalb die Umsetzung von Glas auf Kupfer durch FTTC (fibre to the cabinet) oder FTTB (fibre to the building) die Glasfaser näher zum Nutzer bringt. Dies ist Voraussetzung für weitere Steigerungen der Datenraten, z.B. mittels des VDSL2-Folgestandards G.fast (ITU-T G.9700/G.9701 „Fast Access to Subscriber Terminals“). Um 250 Mbit/s können damit in der Praxis erreicht werden, wobei die Leitungslänge 250 Meter nicht überschreiten darf. G.fast ist zur Erzielung bestmöglicher Werte ebenfalls auf den Einsatz der Vectoring-Technologie angewiesen.

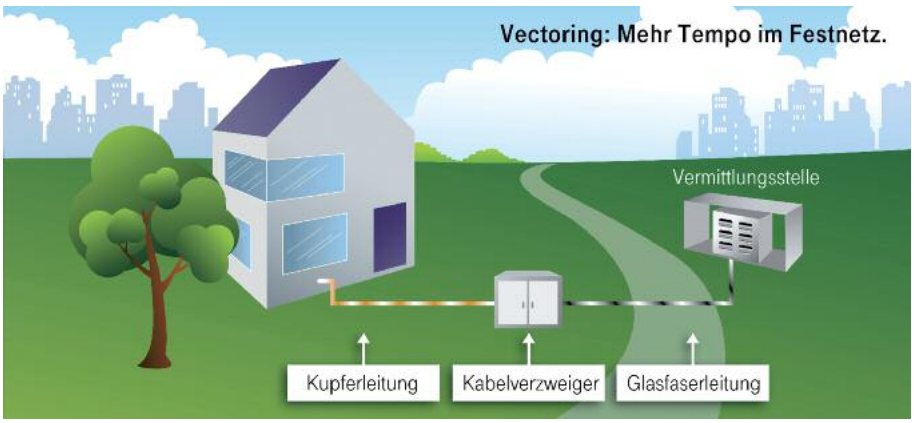


Bild 1.1.2-3 Vectoring
Durch Vectoring werden die elektromagnetischen Störungen ausgeglichen, die es zwischen den Kupferdoppeladern auf dem Weg in die Haushalte gibt. Das ermöglicht schnellere Datenübertragung bis zu 100 Mbit/s. Die Technik dafür wird in den Kabelverzweigern (KVz) installiert.

Tabelle 1.1.2-1 Up- und Downstream-Bandbreiten der DSL-Technologien in der Praxis

	ISDN	ADSL alt (Annex B)	ADSL neu (Annex J)	ADSL2+	VDSL2 25*	VDSL2 50*	VDSL2 100*
Downlink	2 x 64 kbit/s	bis 6 Mbit/s	bis 16 Mbit/s	bis 16 Mbit/s	16,1 – 25 Mbit/s	26,9 – 50 Mbit/s	51 – 100 Mbit/s
Uplink	2 x 64 kbit/s	bis 1 Mbit/s	bis 2,3 Mbit/s	bis 1 Mbit/s	bis 5 Mbit/s	bis 10 Mbit/s	bis 40 Mbit/s

* Produktbandbreite der Telekom Marktprodukte

1.1.3 Glasfaser

Lichtwellenleiter (LWL) sind aus geeigneten Materialien bestehende und teilweise mit Steckverbindern konfektionierte Kabel und Leitungen zur Übertragung von Licht. Wird das Licht durch einen optischen Leiter aus Quarzglas geführt, dann gilt die Bezeichnung Glasfaser [fibre]. Üblicherweise sind in einem LWL-Kabel mehrere Glasfasern gebündelt, die zudem zum Schutz und zur Stabilisierung der einzelnen Fasern mechanische Umhüllungen aufweisen.

Physikalisch gesehen sind Lichtwellenleiter dielektrische Wellenleiter. Sie sind aus konzentrischen Schichten aufgebaut; im Zentrum liegt der lichtführende Kern, der umgeben ist von einem Mantel mit einem etwas niedrigeren Brechungsindex sowie von weiteren Schutzschichten aus Kunststoff. Je nach Anwendungsfall hat der Kern einen Durchmesser von einigen Mikrometern bis zu über einem Millimeter.

Schon 1870 versuchte John Tyndall, Licht gezielt durch einen Wasserstrahl zu leiten. In den Folgejahren beschäftigten sich Wissenschaftler und Techniker weltweit mit den Möglichkeiten, Lichtsignale durch verschiedene Medien zu übertragen. Mitte der 1950er Jahre wurden optische Leiter vor allem zur Beleuchtung innerer Organe in der Medizintechnik eingesetzt, für andere Anwendungen war der Lichtverlust im optischen Leiter noch zu groß. Erst mit der Entwicklung des Lasers durch Theodore Maiman im Jahr 1960 konnte man Licht konzentriert durch ein Medium transportieren. 1966 entdeckten Charles Kuen Kao und George Hockham, dass vor allem Unreinheiten im Glas zu Verlusten bei der Übertragung führen. 1970 produzierte und entwickelte das amerikanische Unternehmen Corning Inc. den ersten Lichtwellenleiter, der in der Lage war, Signale auch über eine längere Strecke ohne größere Verluste zu übertragen. Die gezielte Informationsübertragung über Lichtwellenleiter trat nun aus der experimentellen Phase in die der technischen Realisierung.

Die als Lichtwellenleiter bezeichneten Glasfasern (Bild 1.1.3-1) bestehen im Inneren aus einem Kern 1 (core) und einem umgebenden Mantel 2 (cladding) mit gerigerem Brechungsindex (nKern > nMantel). Die dadurch auftretende Totalreflexion an der Grenzschicht zum Kern bewirkt die Führung des Lichtstrahls. Der Mantel besteht meist aus reinem Quarzglas (SiO2), wobei der höhere Brechungsindex im Kern durch Dotierung mit Germanium oder Phosphor erreicht wird, durch die im amorphen Siliziumdioxid-Gefüge des Quarzglases zusätzlich geringe Anteile an Germaniumdioxid (GeO2) bzw. Phosphorpentoxid (P2O5) entstehen. Es ist aber auch möglich, den Kern aus reinem SiO2 herzustellen und den Mantel mit Bor oder Fluor zu dotieren, was zu einer Verringerung des Brechungsindexes führt. Reine SiO2-Kerne sind besser zur Übertragung von Wellenlängen im blauen und ultravioletten Spektralbereich geeignet.

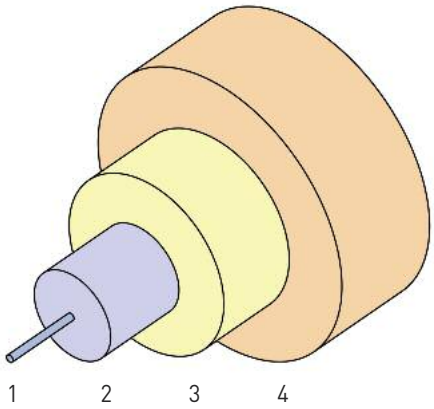


Bild 1.1.3-1
Prinzipieller Aufbau einer Glasfaser

1 – Kern (core)
2 – Mantel (cladding) mit $n_K > n_M$
3 – Schutzbeschichtung (coating)
4 – äußere Hülle (jacket)

Den Mantel umgibt außerdem eine Schutzbeschichtung 3 (coating), sowie eine äußere Schutzhülle 4 (jacket). Die Mantelbeschichtung ist ein Schutz vor mechanischen Beschädigungen und besteht meist aus einer Lackierung aus speziellem Kunststoff (etwa Polyamid, Acryl oder Silikone), welche die Faser auch vor Feuchtigkeit schützt. Ohne die Beschichtung würden die auf der Faseroberfläche vorhandenen Mikrorisse zu einer erheblichen Verringerung der mechanischen Belastbarkeit führen.

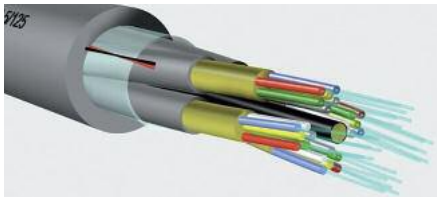


Bild 1.1.3-2 Ausführungsformen von Glasfaserkabeln: Glasfaserkabel (links), Erdkabel (rechts)

Die Glasfaserarten lassen sich in 3 Kategorien unterteilen:
- Stufenprofilfaser (Multimodefaser)
- Gradientenfaser (Multimodefaser)
- Monomodefaser (Singlemodefaser)

Abhängig von den Verläufen der Brechungsindizes sowie dem Faserdurchmesser ergeben sich unterschiedliche Ausbreitungsmoden (Bild 1.1.3-4).

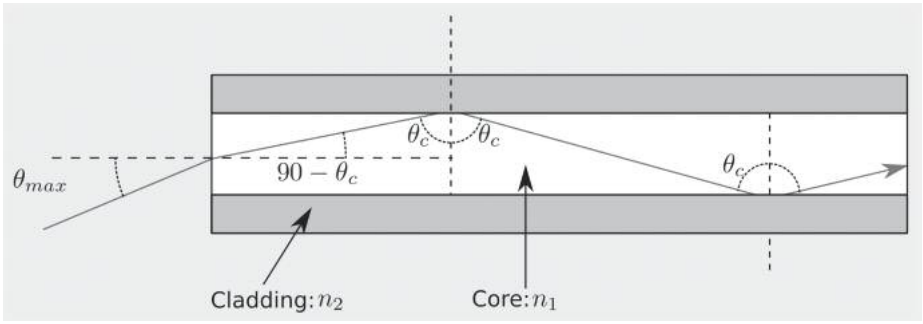


Bild 1.1.3-3: Ausbreitung des Lichtsignals in der Glasfaser
Da der Faserkern (core) einen höheren Brechungsindex als der Mantel (cladding) besitzt, breiten sich die Wellen mittels Totalreflexion aus.
Bild 1.1.3-3 zeigt das Prinzip der Wellenausbreitung in der Glasfaser für einen Mode.

Stufenprofilfaser

Multimodefasern mit Stufenprofil haben einen Gesamtdurchmesser von 200 µm bis 500 µm. An der Grenzfläche von Kern und Mantel der Faser wird das Signal reflektiert. Die Brechzahl fällt zwischen Kern und Mantel abrupt ab. Aufgrund des relativ großen Faserdurchmessers und des abrupten Übergangs des Brechungsindexes ergeben sich eine Vielzahl von Ausbreitungsmoden mit verschiedenen Weglängen und dadurch bedingten Laufzeitunterschieden. Der Ausgangsimpuls wird dadurch relativ breit verschliffen (Tiefpassfilterung), was zu Symbolinterferenzen führt. Dadurch werden die Datenrate und die Faserlänge begrenzt. Die Herstellung einer Stufenprofilfaser ist relativ einfach. Stufenprofilfasern werden z.B. als Verbindungskabel in Verteilerschränken verwendet.

Gradientenfaser

Multimodefasern mit Gradientenprofil haben einen Gesamtdurchmesser von 125 µm. An der Grenzfläche von Kern und Mantel der Faser wird das Signal weich reflektiert. Die Brechzahl des Kerns nimmt meist parabelförmig zum Mantel hin ab. Die Ausbreitungsmoden weisen kleinere Laufzeitunterschiede auf als die bei der Stufenprofilfaser. Dadurch sind die Signalverschleifungen geringer und es können höhere Datenraten und längere Fasern realisiert werden. Gradientenfasern werden für Verbindungen von Gebäuden oder Etagen eingesetzt.

Monomodefaser

Die auch als Singlemodefasern bezeichneten Monomodefasern haben einen Gesamtdurchmesser von 125 µm. Deren Kerndurchmesser ist gegenüber der Wellenlänge des Lichts so klein, dass sich nur ein Modus ausbreiten kann. Dadurch ist die Signalverformung am Empfänger relativ gering, wodurch hohe Datenraten und lange Übertragungswege realisiert werden können. Singlemodefasern werden in Stadt- und Zugangsnetzen sowie in Weitverkehrsnetzen eingesetzt.

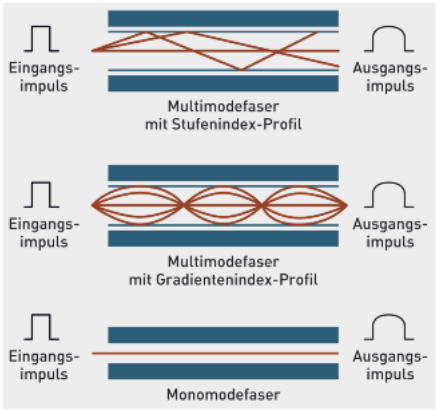


Bild 1.1.3-4 Ausbreitungsmoden und Signalverformungen bei den unterschiedlichen Fasertypen.

Die Tabelle 1.1.3-1 fasst die wichtigsten Kenngrößen der drei Faserarten zusammen.

Wellenlängenmultiplex

Beim Wellenlängenmultiplexverfahren werden aus verschiedenen Wellenlängen bestehende Lichtsignale zur Übertragung über einen Lichtwellenleiter verwendet. Als Quelle für die Lichtsignale dienen vorwiegend Laser (LD) oder lichtemittierende Dioden (LED). Jede dieser schmalbandigen Wellenlängenbereiche bildet somit einen eigenen Übertragungskanal, auf den die Daten modulierbar sind. Die modulierten Daten werden dann durch optische Koppelelemente gebündelt und gleichzeitig sowie unabhängig voneinander übertragen. Am Ziel dieser optischen Multiplexverbindung werden die einzelnen optischen Übertragungskanäle durch passive optische Filter oder wellenlängensensible opto-elektrische Empfängerelemente wie-

der getrennt. Das Verfahren ist mit anderen optischen Multiplexverfahren kombinierbar.

Dieser Wellenlängen-Multiplex hoher Dichte (Dense Wavelength Division Multiplex, DWDM) gilt zurzeit als leistungsstärkste Variante. Hier liegen die zur Übertragung im Glasfaserkabel verwendeten Wellenlängen sehr dicht beieinander. Der Frequenzbereich der Wellenlängen liegt üblicherweise im C- oder L-Band bei einem Frequenzabstand von 0,4 nm (50 GHz) bis 1,6 nm (200 GHz). Diese geringen Frequenzabstände können nur erreicht werden, indem temperatur- und wellenlängenstabilisierte Laser (thermostatierte DFB-Laserdioden) und hochwertige Filter eingesetzt werden. Auf diese Weise sind Datenraten bis 100 Gbit/s pro Kanal bei bis zu 80 Kanälen realisierbar. Durch kombinierte Nutzung des C- und L-Bandes sind bis zu 160 Kanäle möglich. Je nach Hersteller, Netzdesign und Glasfasertyp sind optische Verstärker alle 80 km bis 200 km erforderlich, sowie eine elektrische Daten-Regeneration alle 600 km – 2000 km. Aus diesem Grund ist der hauptsächliche Anwendungsbereich dieser Variante der Einsatz über weite Entfernungen in Wide Area Networks.

Je höher die Datenrate auf einem Kanal, umso größer werden die Beeinflussungen durch Dispersion. Bei Datenraten ab 10 Gbit/s muss mit Beeinflussungen durch chromatische Dispersion gerechnet werden, bei Datenraten ab 40 Gbit/s kommen weitere Effekte, wie etwa die Polarisationsmodendispersion (PMD) hinzu. Diese linearen Verzerrungen treten innerhalb jedes Kanals getrennt auf und können zumindest teilweise kompensiert werden, entweder durch Hardware-Kompensatoren oder schnelle Signalprozessoren.

In Wellenlängen-Multiplexsystemen kann es darüber hinaus auch zu nichtlinearen Verzerrungen kommen, durch welche die optische Leistung in einem Kanal die Übertragung der Nachbarkanäle stört. Bei der Vierwellenlängen-Mischung entsteht aus drei optischen Frequenzen eine vierte, die in einen anderen Übertragungskanal fallen kann. Durch die Kreuz-Phasen-Modulation ändert die Leistung eines optischen Kanals die Brechzahl der Faser und damit die Phase der Nachbarkanäle, wodurch auch eine Depolarisation eintreten kann.

Um vorstehend aufgezeigte Probleme zu vermeiden stellt der Wellenlängen-Multiplex geringer Dichte (Coarse Wavelength Division Multiplex, CWDM) einen Lösungsansatz dar. Zur Übertragung der Signale stehen dabei 18 standardisierte Wellenlängen mit einem Kanalabstand von 20 nm zwischen 1271 nm und 1611 nm zur Verfügung. Je nach Fasertyp und Systemhersteller können nicht immer alle Wellenlängen genutzt werden. Diese „grobe“ Aufteilung der Wellenlängen wurde gewählt, um kostengünstigere Laser und Komponenten verwenden zu können. Es werden Datenraten bis 10 Gbit/s pro Kanal und Reichweiten bis 70 km ohne Signalverstärkung erreicht. Als Einsatzgebiete gelten Metropolitan Area Networks (MAN), als Netzverbindungen im Stadtbereich.

POF

Polymere optische Fasern (POF) sind Lichtwellenleiter aus Kunststoff, die primär für die Datenübertragung eingesetzt werden, in Form von Seitenlichtfasern aber auch in der (indirekten) Beleuchtung zum Einsatz kommen. Insbesondere in der Kurzstrecken-Datenübertragung gelten POF aufgrund ihrer Robustheit gegenüber Biegungen und Erschütterungen sowie ihrer einfachen Konfektionierbarkeit als Alternative zur Glasfaser.

Eine Standard-Polymerfaser ist 1 mm dick und besteht aus einem 0,98 mm dicken Kern aus Polymethylmethacrylat (PMMA) sowie einem dünnen Mantel. Um eine Lichtführung durch den Effekt der Totalreflexion im Kern zu ermöglichen, besteht der meist sehr dünne Mantel aus fluoriertem PMMA, welches einen geringeren Brechungsindex aufweist. Die Kerndurchmesser liegen zwischen 0,06 mm und 1 mm, weshalb einfache Steckverbindungen unproblematisch realisierbar sind. Weiterhin kann so auf das zur Verbindung von Glasfasern häufig eingesetzte Spleißverfahren und dem damit verbundenen hohen Aufwand, in der Regel verzichtet werden. Die maximale Einsatztemperatur von Standard-POF liegt bei etwa 60° C, die numerische Apertur (NA) bei 0,5.

Die Vorteile der POF liegen – analog zur Glasfaser – in ihrem geringen Gewicht, ihrer hohen Flexibilität und ihrer Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Einflüssen (elektromagnetische Verträglichkeit). Aufgrund der im Vergleich zur Glasfaser geringeren Produktionskosten sowie den einfachen und nahezu universell einsetzbaren Verbindungstechniken finden POF insbesondere Anwendung bei kurzen Datenübertragungsstrecken, so beispielsweise innerhalb von Räumen, technischen Geräten, mechanischen Anlagen oder auch Personenkraftwagen.

Die wesentlichen Nachteile der POF sind ihre hohe Dämpfung (etwa 0,1 dB/m bei einer Wellenlänge von 650 nm) sowie der technische Aufwand bei der Herstellung von Gradientenindexfasern und Monomodefasern. Durch die hohe Dämpfung beträgt die maximale Länge der Faser ohne Verstärkung etwa 100 m bis 120 m. Eine hohe Dispersion führt zu einem im Vergleich zur Glasfaser geringen maximalen Bandbreitenlängenprodukt einer Übertragungsstrecke. In der Praxis werden mit Polymerfasern Datenraten von etwa 100 Mbit/s bei 30 m Leitungslänge erreicht.

Die Übertragungsfenster der Stufenindex-POF liegen im Bereich des sichtbaren Lichtes. Als Sender werden meist Leuchtdioden (LED) mit einer Wellenlänge von 650 nm verwendet. Zwar ist auch der blaugrüne Bereich hochtransparent, jedoch sind bislang keine effizienten und preiswerten Emitter verfügbar, weshalb dieser Wellenlängenbereich bisher kaum eine Rolle spielt. Zudem liegt die maximale spektrale Empfindlichkeit der zum Empfang verwendeten Silizium-Photodioden ebenfalls am langwelligen Ende des Lichtspektrums.

Die Koppelung von Leuchtdioden mit Standardpolymerfasern, d.h. POF mit 1 mm Kern- und 2,2 mm Außendurchmesser kann beispielsweise durch eine an die LED angeformte Hülse mitsamt Linse erfolgen, vor die das polierte oder auch lediglich abgeschnittene Faserende fixiert

wird. Darüber hinaus existieren auch Stecksysteme für die wiederholte Benutzung, die beispielsweise bei der digitalen Audiosignalübertragung zum Einsatz kommen. Bei dünneren, weniger dispersen Gradientenindexfasern werden auch Laserdioden als Sender verwendet.

Vorteile der Lichtwellenleiter gegenüber Kupferkabel:

- Lichtwellenleiter können beliebig mit anderen Versorgungsleitungen parallel verlegt werden. Elektromagnetischen Störeinflüsse haben dabei keine Auswirkungen.
- Wegen der optischen Übertragung existieren keine Störstrahlungen oder Masseprobleme.
- Entfernungsbedingte Verluste durch Induktivitäten, Kapazitäten und Widerständen treten nicht auf.
- Die Leitungsdämpfung der Signale ist nahezu frequenzunabhängig.
- Datenraten sind durch Einsatz unterschiedlicher Wellenlängen in einem großen Umfang erweiterbar.

Allerdings sind Lichtwellenleiter teurer als Kupferleitungen. Die Materialkosten und der Aufwand für die Montage sind höher. Dafür haben Lichtwellenleiter eine erheblich geringere Dämpfung und eignen sich somit für große Entfernungen.

Netzstrukturen mit Glasfaserkabeln

Bisher sind Glasfasernetze in den meisten Fällen nicht bis zum Nutzer ausgebaut, sondern bilden quasi das Rückgrat der Kommunikationsnetze. Im Zuge des erhöhten Bandbreitenbedarfs in den letzten Jahren verlegt man jedoch das Ende der optischen Übertragung immer näher zum Nutzer. Über die verbleibenden Strecken mit elektrischen Leitungen können dann entsprechend höhere Datenraten dem Nutzer verfügbar gemacht werden. Beim Netzausbau durch Glasfaserkabel werden abhängig vom Ort des Glasfasernetzabschlusses folgende als FTTX bezeichnete Ausbaustufen unterschieden:

Fibre to the Curb/Cabinet (FTTC)

Als FTTC (Fibre to the Curb/Cabinet) bezeichnet man das Verlegen von Glasfaserkabeln bis zum letzten Kabelverzweiger. Dort erfolgt eine Signalumsetzung und die weitere Übertragung über Kupferkabel.

Fibre to the Distribution Point (FTTDP)

Unter FTTDP (Fibre to the Distribution Point) versteht man die Glasfaserverkabelung bis zu einem Kabelmast oder einem Kabelschacht im Häuser-Quartier. Damit werden die Kupfer-Leitungslängen noch weiter verkürzt als bei FTTC. Der DSLAM befindet sich dabei im Gegensatz zu FTTC in einem stabilen und wasserdichten Gehäuse am Kabelmast oder im Schacht, wo er mit den Kupferkabeln zu den Wohneinheiten verspleißt ist.

Fibre to the Building (FTTB)

Als FTTB (Fibre to the Building) bezeichnet man das Verlegen von Glasfaserkabeln bis ins Gebäude. Dabei werden Lichtwellenleiter beispielsweise bis in den Keller verlegt. Durch moderne Verbindungstechniken können die LWL über schon vorhandene Gas- oder Wasser-Anschlüsse ins Haus geführt und so aufwendige Tiefbauarbeiten vermieden werden. Im Haus können die Signale dann über vorhandene Kupferleitungen und VDSL-Technik in die Wohnungen geführt werden.

Fibre to the Loop (FTTL)

Als FTTL (Fibre to the Loop) bezeichnet man das Verlegen bis zum Nutzer als Netzebene 4.

Fibre to the Home (FTTH)

Als FTTH (Fibre To The Home) bezeichnet man das Verlegen von Lichtwellenleitern direkt bis in die Wohnung des Nutzers. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei FITH (Fibre in the Home), worunter man das Glasfasernetz innerhalb der Wohnung versteht. Häufig kommen dort biegeunempfindlichere Fasern zum Einsatz, die eine Verlegung in bestehenden Rohren oder Kanälen ermöglichen. Kabel mit diesen Fasern sind oft nur 3 mm dick und können in einem Radius von 15 mm (spezifiziert nach ITU G.657A) verlegt werden. In der Wohnung werden diese Kabel in einer optischen Telekommunikationssteckdose (OTO, Optical Telecommunica-

Tabelle 1.1.3-1 Kenngrößen der unterschiedlichen Fasertypen

Kabeltyp	Durchmesser (Kern / Gesamt)	Bandbreite (bei 1 km Leitungslänge)	Anwendung
Multimode mit Stufenprofil	100 µm bis 400 µm / 200 µm bis 500 µm	100 MHz	Entfernungen unter 1 km
Multimode mit Gradientenprofil	50 µm / 125 µm	1 GHz	LAN, Backbone, ATM (655 MHz) in Europa
	62,5 µm / 125 µm	1 GHz	LAN, Backbone, ATM (655 MHz) in den USA
Monomode (Singlemode) mit Stufenprofil	9 µm / 125 µm	100 GHz	Netzbetreiber

tions Outlet) aufgenommen und auf LWL-Kupplungen geführt. Von dort werden sie mit einem Glasfaseranschlusskabel mit der Endeinrichtung (z.B. einem Router) verbunden. Das Lichtsignal wird dort in elektrische Signale umgewandelt und über gängige Verkabelungen (z.B. RJ-Steckverbindung) weiter verteilt. Die Datenübertragung liegt im Downstream bei 1 Gbit/s und mehr.

Fibre to the Desk/Device (FTTD)

Fibre to the Desk/Device (FTTD, Glasfaser bis zum Schreibtisch) ist eine Art der Netzwerkverkabelung. Dabei wird die Verkabelung eines Gebäudes oder Campus mit Lichtwellenleitern bis zu den Netzwerkdosen in den einzelnen Büros ausgeführt.
Tabelle 1.1.3-2 gibt die Datenraten im Downstream für die diversen Ausbauszenarien wieder.

Tabelle 1.1.3-2 Übertragungsraten (Downlink) bei FTTx

Technik	Übertragungsrate (Downstream)
FTTC/VDSL	50 Mbit/s
FTTC/Vectoring	100 Mbit/s
FTTC/G.fast	500 Mbit/s
FTTB	100 Mbit/s
FTTH	1,25 ... 2,5 Gbit/s*

* abhängig von der verwendeten Technologie und vom Gleichzeitigkeitsfaktor der Nutzung

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtwellenleiter
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0301282.htm
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0301282.htm
https://de.wikipedia.org/wiki/Polymere_optische_Faser
https://de.wikipedia.org/wiki/Multiplexverfahren
http://www.linkfang.de/wiki/Glasfasernetz

Fachbegriffe

Brechungsindex
Der Brechungsindex ist der Faktor, um den die Lichtgeschwindigkeit in optischen Medien kleiner ist, als im Vakuum.

Dispersion
Dispersion beschreibt den Effekt, dass der eingespeiste Impuls über den Ausbreitungsweg zeitlich ausgeweitet wird. Durch diese Tiefpassfilterung kann es zu Überlappungen mit den vorangegangenen und nachfolgenden Impulsen kommen, was zu Symbolinterferenzen und damit zu Übertragungsfehlern führt. Die Dispersion lässt sich wie folgt einteilen:

- **Modendispersion**
  Laufzeitunterschiede aufgrund unterschiedlich langer Ausbreitungswege
- **Chromatische Dispersion**
  Abhängigkeit der Laufzeiten von den Wellenlängen, setzt sich zusammen aus:
  - **Materialdispersion**
    Abhängigkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit und damit des Brechungsindizes von der Wellenlänge
  - **Wellenleiterdispersion bzw. Profildispersion**
    Schwankungen des Brechungsprofils durch Fertigungstoleranzen
- **Polarisationsmodendispersion**
  Abhängigkeit der Laufzeiten von der Polarisation

Einfügedämpfung
Durch das Einfügen eines optischen Bauelements bewirkte Dämpfung des Signals.

Mode(n)
Moden sind die verschiedenen Wege, dem die Photonen des Lichts entlang der Faser folgen können. Bei Multimode-Fasern treten viele Moden auf.

Numerische Apertur
Die numerische Apertur beschreibt das Vermögen eines optischen Elements, Licht zu fokussieren. Bei Objektiven bestimmt sie die minimale Größe des in seinem Fokus erzeugbaren Lichtflecks und ist somit eine wichtige, die Auflösung begrenzende Größe.

Spleiß
Der Spleiß ist die dauerhafte Verbindung zwischen zwei Glasfasern.
Um eine Verbindung zwischen zwei Lichtwellenleitern herzustellen, müssen die beiden Enden entweder verschmelzt (Schmelzspleiß) oder verklebt (Klebespleiß) werden.

Totalreflexion
Totalreflexion ist ein Phänomen, das vor allem im Zusammenhang mit elektromagnetischen Wellen (beispielsweise sichtbarem Licht) bekannt ist. Sie findet an der Grenzfläche zweier nicht absorbierender Medien mit verschieden großer Ausbreitungsgeschwindigkeit statt, wenn der Einfallswinkel einen bestimmten Wert überschreitet, nämlich den sogenannten Grenzwinkel der Totalreflexion. Die elektromagnetische Welle dringt dann kaum in das zweite Medium ein, sondern wird nahezu vollständig reflektiert, also in das Ausgangsmedium „zurückgeworfen".
Auch unterhalb des Grenzwinkels ist der Reflexionsgrad an einer Grenzfläche nicht Null, weil dann immer noch ein Teil der Welle reflektiert wird.

1.1.4 LAN

Bei einem lokalen Netzwerk [local area network (LAN)] handelt es sich um eine Gruppe von Computern oder anderen Geräten, die in einem lokal begrenzten Bereich leitungsgeführt miteinander verbunden sind, um miteinander kommunizieren und andere Ressourcen wie z.B. Drucker gemeinsam nutzen zu können. Daten werden in Form von Paketen gesendet. Für die Übertragung dieser Pakete können verschiedene Technologien genutzt werden. Die gängigste LAN-Technologie ist das Ethernet gemäß IEEE 802.3-Standard. Weitere LAN-Netzwerktechnologien sind beispielsweise „Token-Ring" und „FDDI", die heute allerdings kaum noch eine Bedeutung haben.

Ethernet verwendet eine Sterntopologie, in der einzelne Geräte über aktive Netzwerkkomponenten (z.B. Switche) miteinander verbunden sind. Die Anzahl der vernetzten Geräte in einem LAN kann zwischen zwei und mehreren tausend betragen. Die Übertragung in einem LAN erfolgt in der Regel über Twisted-Pair-Kabel (also geschirmten Kupferdoppeladern) oder Glasfaserkabel. Ein Datenkabel besteht typisch aus acht Adern, wobei jeweils zwei Adern miteinander verdrillt sind, so dass vier Adernpaare zur Verfügung stehen. Als Anschlusstechnologie werden RJ-45-Stecker und -Buchsen verwendet. Abhängig vom verwendeten Twisted-Pair-Kabel bzw. Glasfaserkabel betragen die Datenraten derzeit zwischen 10 Mbit/s und 10 Gbit/s.

Es gilt als Faustregel, ein Übertragungsnetz immer so aufzubauen, dass es eine größere Kapazität hat, als gegenwärtig erforderlich. Für ein zukunftssicheres Netz ist es sinnvoll, es so einzurichten, dass nur 30% der Gesamtkapazität genutzt werden. Da inzwischen zunehmend mehr Anwendungen über Netz ausgeführt werden, ist eine immer höhere Übertragungsleistung erforderlich.
Während sich Switche nach einigen Jahren leicht aktualisieren lassen, ist der Austausch von Kabeln dagegen ein aufwändiges Unterfangen.

Standards:

Fast Ethernet

Fast Ethernet (100Base-TX) ist ein Ethernet-Netzwerk, das Daten mit einer Datenrate von 100 Mbit/s übertragen kann. Für dieses Netzwerk können Datenleitungen oder Glasfaserleitungen verwendet werden. Das ältere 10-Mbit/s-Ethernet ist auch weiterhin im Einsatz, bietet aber für manche Videoanwendungen nicht die erforderliche Bandbreite. Die meisten Geräte, die über ein Netz verbunden sind (z.B. Laptops oder Netzwerk-Kameras) weisen eine 100BASE-TX/10BASE-T-Ethernet-Schnittstelle (Kurzform: „10/100-Schnittstelle") auf, die sowohl 10-Mbit/s-Ethernet als auch Fast Ethernet unterstützt. Fast Ethernet wird durch Cat.5-Kabel unterstützt.

Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet (1000Base-T), für das ebenfalls Datenkabel oder Glasfaserkabel zum Einsatz kommt, bietet Datenraten bis 1 Gbit/s. Es wird prognostiziert, dass es Fast Ethernet als Standard bald ablöst. Das für Gigabit Ethernet erforderliche Datenkabel ist der Typ Cat.5e, in dem alle vier verdrillten Drahtpaare verwendet werden, um die hohen Datenraten zu ermöglichen. Für Videoübertragungen werden höherwertigere Kabel empfohlen. Die meisten Schnittstellen sind abwärtskompatibel zum 10-Mbit/s- und 100-Mbit/s-Ethernet und werden üblicherweise als „10/100/1000-Schnittstellen" bezeichnet. Für Übertragungen über längere Distanzen können Glasfaserkabel verwendet werden, zum Beispiel 1000BASE-SX (bis zu 550 m) und 1000BASE-LX (bis zu 550 m mit Multimodefasern oder 5.000 m mit Monomodefasern).

10-Gigabit-Ethernet

Das 10-Gigabit-Ethernet (10GBase-T) ist die neueste Netzwerkgeneration. Sie ermöglicht Datenraten von 10 Gbit/s, bei Einsatz von Glasfaserkabeln oder Datenkabeln. 10GBASE-LX4, 10GBASE-ER und 10GBASE-SR können bei Verwendung von Glasfaserkabeln Distanzen von bis zu 10 km überwinden. Bei Datenkabeln sind äußerst hochwertige Kabel erforderlich, wie Cat 6a oder Cat 7. 10-Gigabit-Ethernet wird vor allem für das Backbone von High-End-Anwendungen verwendet.
Tabelle 1.1.4-2 stellt die bis hierhin beschriebenen Standards in einer Übersicht dar.

100-Gigabit-Ethernet

100-Gigabit-Ethernet (100G-Ethernet, 100GbE) ist eine Höchstgeschwindigkeitstechnologie für die Aggregation im Internet-Backbone, für Server-Anbindungen und für Inter-Switch-Verbindungen in Rechenzentren. Die Higher Speed Study Group (HSSG) treibt unter der Projektbezeichnung 802.3ba diese 100-Gigabit-Technologie voran, wobei neben der Datenrate von 100 Gbit/s auch die in optischen Transportnetzen (OTN) benutzte Datenrate von 40 Gbit/s, als 40-Gigabit-Ethernet (40G-Ethernet, 40GbE), im Standard berücksichtigt wird. Entsprechend der ITU-T-Empfehlung G.709 kann das 100-Gbit/s-Signal in optische Transportnetze (OTN) eingebunden werden und Optical Transport Units (OTU4) transportieren.

Zum Erreichen höherer Geschwindigkeiten und insbesondere der 100 Gbit/s stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, so die parallele Übertragung von jeweils 10 Gbit/s über zehn Kupferleitungen oder jeweils 25 Gbit/s über vier Lichtwellenleiter. Bei Lichtwellenleitern kann es sich auch um vier verschiedene Wellenlängen handeln. Bei der Realisierung wird auf verschiedenste Modulations- und Multiplextechniken gesetzt, wie Raummultiplex (SDM), Wellenlängenmultiplex (WDM) als Coarse Wavelength Division Multiplex (CWDM) oder Dense Wavelength Division Multiplex (DWDM), Zeitmultiplex (TDM) und Kombinationen daraus. Als Übertragungsmedien dienen neben Glasfaserkabeln und Datenkabeln auch Twinaxial-Kabel.

Beim 100-Gigabit-Ethernet werden bestimmte Ethernet-Strukturen beibehalten. So die die Frame-Formate und die Framelänge mit mindestens 64 bit und maximal 1.518 bit. Anders als sonst in Ethernet üblich wird die 64B/66B-Codierung benutzt, bei der weniger redundante Bits übertragen werden. Ein weiterer Aspekt bei Ether-

net ist der Vollduplex-Betrieb und das Zugangsverfahren. Außerdem geht es um verschiedene Algorithmen, wie den des Spanning Tree und den des Virtual LAN (VLAN), wie es in IEEE 802.1Q definiert ist. Als Bitfehlerrate sieht 100-Gigabit-Ethernet einen Wert von besser 10–12 vor. Ein solcher Wert kann nur mit Forward Error Correction (FEC) erreicht werden.

Bei der Übertragung über Glasfaser müssen die Fehler behandelt werden, die durch die chromatische Dispersion (CD) und die Polarisationsmodendispersion (PMD) entstehen. Außerdem muss auch der Wirkungsgrad für die Übertragung der 100-Gbit/s-Signale über die vorhandenen DWDM-Systeme verbessert werden. Die von der Arbeitsgruppe 802.3ba spezifizierten 100GbE-Schnittstellen berücksichtigen die genannten Forderungen, ebenso wie die bei den verschiedenen Anwendungen geforderten Übertragungsmedien und überbrückbaren Entfernungen. Um den gestiegenen Anforderungen in den verschiedenen Einsatzgebieten gerecht zu werden, erarbeitet die Arbeitsgruppe 802.3ba regelmäßig neue Schnittstellenspezifikationen.

100GbE ist hinreichend flexibel konzipiert. So arbeitet IEEE an einer 25-Gbit/s-Technologie um 100-Gigabit-Backplane und eine Koax-Technologie zu standardisieren. Vorstellbar sind auch neue 50- und 100-Gbit/s-Technologien über jeweils eine Lane. Die dazu gehörenden Standards sind IEEE 802.3ba, IEEE 802.3bj und IEEE 802.3bm.

Bild 1.1.4-1 RJ 45-Stecker
Tabelle 1.1.4-1 zeigt die dazu gehörende Pinbelegung.

Hub / Multiportrepeater

Ein Hub ist ein Verteilerknoten in einem Netz, das mehrere Repeater enthält. Werden mehr als zwei Computer in einem Netz verbunden,dann kann dies über einen Hub realisiert werden. Mehrere Netzwerkkabel können auf einen Hub geführt werden, deshalb spricht man auf physikalischer Ebene von einem sternförmigen Aufbau. Im logischen Sinne ist jeder Teilnehmer mit allen anderen verbunden, es handelt sich um eine Bus-Topologie. In einem LAN können mehrere Hubs verwendet werden, um die Zahl der anschließbaren Komponenten zu erhöhen.

Der Hub arbeitet nach folgendem einfachen Prinzip: Er empfängt von einem Port ein Datenpaket und sendet es an alle Ports weiter und wartet auf das nächste Datenpaket. Bekommt der Hub zwei Datenpakete gleichzeitig, so kommt es zu einer Kollision. Der Hub kann nicht zwei Datenpakete gleichzeitig verarbeiten oder sie für kurze Zeit speichern. Beide Datenpakete gehen dabei verloren und werden erneut gesendet. Er arbeitet im Halbduplex-Betrieb. Da in Hubs selbst keine Datenverarbeitung stattfindet und es sich um eine rein physikalische Signalverstärkung handelt, arbeiten sie auf Layer 1-Ebene. Ab Gigabit-Ethernet werden keine Hubs mehr eingesetzt, auch für Fast Ethernet sind sie kaum mehr zu finden.

Switch / Multiportbridge

Ein Switch fasst mehrere Bridges in einem Bauteil zusammen. Es verfügt im Gegensatz zu einem Hub über Logikfunktionen, um Daten zu filtern. Eine Bridge sendet empfangene Pakete nur an eine MAC-Adresse (Layer 2) und schaltet den Datenstrom („switchen“) so, dass die Kommunikation auf den Sender und Empfänger beschränkt bleibt. Es handelt sich also um eine „echte“ Sterntopologie. Die Leitungen der übrigen Teilnehmer werden nicht belastet. Wird jeder Port für nur einen Teilnehmer reserviert, spricht man im Technik-Jargon von einem „vollgeswitchten Netz“ (Mikrosegmentierung). Ein solches Netz arbeitet kollisionsfrei, und alle Kanäle erreichen die maximale Datenrate. In heutigen Netzen werden daher kaum noch Hubs, sondern fast ausschließlich Switches eingesetzt.

Router

Ein Router ermöglicht es, mehrere Netzwerke mit unterschiedlichen Protokollen und Architekturen miteinander zu verbinden. Unter anderem verbindet ein Router WAN mit LAN. Er kann im Gegensatz zu einem Switch Netzwerkaddressen aus dem Layer 3 auswerten, zum Beispiel IP-Adressen. Einen Router findet man häufig an den Außengrenzen eines Netzwerkes, um es mit dem Internet oder einem anderen Netzwerk zu verbinden.

Tabelle 1.1.4-1 RJ 45-Pinbelegung

Pin	100BASE-TX	1000BASE-T / 10GBASE-T
S	S	S
1	TX+	D1+
2	TX-	D1-
3	RX+	D2+
4	./.	D3+
5	./.	D3-
6	RX-	D2-
7	./.	D4+
8	./.	D4-

Tabelle 1.1.4-2 Übersicht der Ethernet-Standards

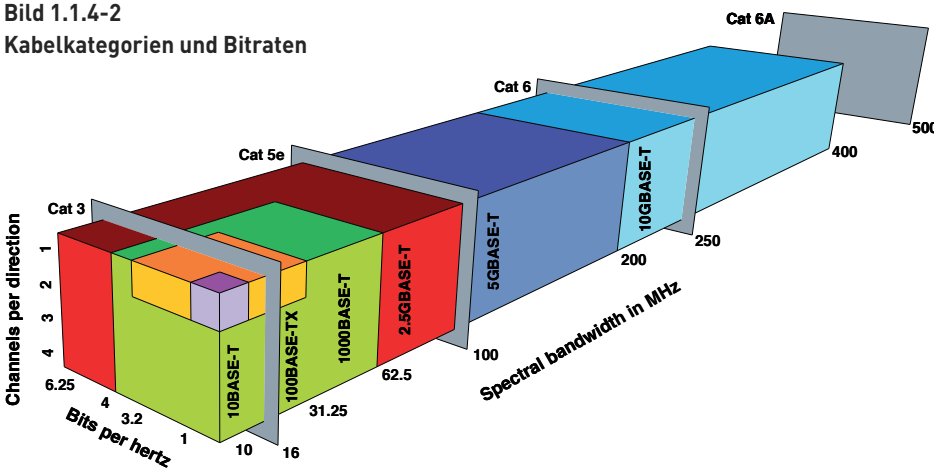
Ethernet-Standard IEEE	Bezeichnung	Jahr	Datenrate	Kabel
802.3	10BASE5	1983	10 MBit/s	Koaxialkabel (DIX/AUI), 500 m
802.3a	10BASE2	1988	10 MBit/s	Koaxialkabel (BNC), 185 m
802.3i	10BASE-T	1990	10 MBit/s	Twisted-Pair-Kabel (RJ-45), 100 m
802.3j	10BASE-FL	1992	10 MBit/s	Glasfaserkabel
802.3u	100BASE-TX	1995	100 MBit/s	Twisted-Pair-Kabel (RJ-45), 100 m
802.3u	100BASE-FX 100BASE-SX	1995	100 MBit/s	Glasfaserkabel
802.3z	1000BASE-SX 1000BASE-LX	1998	1 GBit/s	Glasfaserkabel
802.3ab	1000BASE-T	1999	1 GBit/s	Twisted-Pair-Kabel (RJ-45), 100 m
802.3ae	10GBASE-SR 10GBASE-SW 10GBASE-LR 10GBASE-LW 10GBASE-ER 10GBASE-EW 10GBASE-LX4	2002	10 GBit/s	Glasfaserkabel
802.3an	10GBASE-T	2006	10 GBit/s	Twisted-Pair-Kabel (RJ-45), 100 m

Tabelle 1.1.4-3 Kategorien für Ethernet-Kabel

Kategorie [Cat]	Frequenz [MHz]	Anwendung
5/5e	100	100BASE-TX / 1000BASE-T
6	250	10GBASE-T
6a	500	10GBASE-T
7	600	10GBASE-T
7a	1000	10GBASE-T
8	1600 ... 2000	40GBASE-T

Quellen:
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/1406171.htm
https://de.wikipedia.org/wiki/Local_Area_Network
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0510151.htm
https://de.wikipedia.org/wiki/Twisted-Pair-Kabel
http://www.itwissen.info/definition/lexikon/100-Gigabit-Ethernet-100-Gigabit-Ethernet.html
https://de.wikipedia.org/wiki/Twisted-Pair-Kabel#/media/File:Twisted_pair_based_ethernet.svg

Bild 1.1.4-2
Kabelkategorien und Bitraten



1.1.5 PLC

Powerline Communications (PLC) ist der Oberbegriff für die Übertragung von Daten über das Stromnetz. Dabei werden die stromführenden Kabel parallel zur Energieversorgung auch für Datenübertragung genutzt. Das 230-V-Netz wird schon lange für die Kommunikation genutzt:

- hausinterne Gegensprechanlagen
- Babyphones
- Einfache Fernsteuerungen mit Datenraten von 300 bit/s bis 4,8 kbit/s

Mit dem Aufkommen von Smart Grids und Smart Metering bekam der Standard G3-PLC Bedeutung. Es handelt sich um ein von Maxim entwickeltes Übertragungsprotokoll für Schmalband-Powerline (NB-PLC), das von der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) als Standard für die Kommunikation in Smart Grids herausgegeben wurde. Das Protokoll findet aber auch bei den Standardisierungsgremien IEEE, IEC und ISO Berücksichtigung.

G3-PLC ist ein offenes Protokoll für die schnelle, sichere und effektive Kommunikation in Smart Grids, das auf Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) basiert und die Interoperabilität von unterschiedlichen Herstellerkomponenten sicherstellt. Es arbeitet im Schmalband-Powerline-Modus und ist konform zu dem erweitertem FCC-Frequenzband von 10 kHz bis 490 kHz. G3-PLC unterstützt das IP-Protokoll in der Version IPv6 und schafft damit die Voraussetzungen für den Datenaustausch zwischen Smart Metern und den Steuerzentralen der Energieversorger über das Internet. Für die Sicherheit der Datenübertragung sorgt der Advanced Encryption Standard (AES) mit 128 bit.

Das G3-PLC-Protokoll arbeitet nach dem Demand-Response-Verfahren bei dem das Meter Data Management System (MDMS) eine Anfrage an das Automated Meter Management (AMM) stellt und dieses die Anfrage beantwortet. Dabei ist festzuhalten, dass „Demand“ der Bedarf nach Energie aus dem Stromverteilnetz bedeutet, und „Response“ das kundenseitige Verbrauchsverhalten.

Das G3-PLC-Protokoll kann in allen energieerzeugenden und -verbrauchenden Anlagen eingesetzt werden. In Smart Grids und im Smart Grid Management, im Automated Meter Management (AMM), bei Smart Metern im Inhouse-Bereich beispielsweise für die Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen oder die Batterieladung von Traktionsbatterien in Elektromobilen.

Die bis hierhin genannten Verfahren bzw. Anwendungen zeichnen sich durch eine schmalbandige spektrale Nutzung des Stromversorgungsnetzes im unteren Frequenzbereich aus. Die Übertragung von hohen Datenraten, wie sie für die Vernetzung von CE-Geräten benötigt wird, ist damit nicht möglich.

Daher existieren Verfahren, die das Stromversorgungsnetz bis zu einer Frequenz von ca. 70 MHz nutzen und damit entsprechend hohe Bruttodatenraten bis über 1 Gbit/s erlauben. Solche Breitbandkonzepte lassen sich prinzipiell für die Zuführung in Wohnhäuser, als auch für die Breitbandverteilung innerhalb der Häuser nutzen. Energieversorger haben ihre Aktivitäten für eine Breitbandversorgung auf der sogenannten letzten Meile aus unterschiedlichen Gründen eingestellt, so dass eine Breitbandverteilung nur innerhalb eines Hauses heute noch relevant ist.

Basierend auf dem Standard IEEE 1901 hat die HomePlug-Powerline-Alliance mit HomePlug AV eine Technik entwickelt, bei der verschiedene Generationen untereinander kompatibel sind. Die aktuelle Version lautet HomePlug AV2/IEEE 1901. Diese nutzt den Frequenzbereich 30 – 68 MHz und erlaubt Bruttodatenraten bis zu 1500 Mbit/s. Die Modulation ist FFT-OFDM-basiert. Dieser Standard, mit seinen Versionen, ist in Haushalten am meisten verbreitet. Die überbrückbaren Entfernungen reichen dabei im Idealfall bis zu 300 m. In realistischen Anwendungsszenarien werden dabei aber deutlich geringere Nettodatenraten erreicht.

Parallel zum IEEE-Standard entwickelte die Internationale Fernmeldeunion (ITU) einen eigenen Standard mit dem Namen G.hn. Dieser berücksichtigt die Datenübertragung über konventionelle, bereits vorhandene Strom-, Telefon-, Netzwerk- und Kabelfernsehleitungen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 Gbit/s. Dieses Verfahren wird auch als „Homegrid-Standard“ bezeichnet. Der Standardisierungsprozess ist im Juni 2010 abgeschlossen worden.

PLC eignet sich insbesondere dann, wenn eine Neuverkabelung aufgrund des Aufwands nicht in Frage kommt und alle anderen Vernetzungstechniken, wie WLAN oder Ethernet nicht zuverlässig funktionieren:

- Einfache Vernetzung mehrerer PCs
- Internet-Zugang für einen oder mehrere PCs
- Komplette Inhouse-Vernetzung
- Erhöhung der Reichweite von WLAN durch entsprechende Überbrückung der funktechnischen Hindernisse

Störeinflüsse nach außen

Durch die Datenübertragung im Trägerfrequenzbereich wirken die Leiter wie Antennen, die das hochfrequente Signal abstrahlen. Prinzipiell kann es daher im jeweiligen Frequenzband zu Störungen von Funkdiensten, wie beispielsweise Taxifunk, Amateurfunk oder Kurzwellenrundfunk kommen. Im privaten Bereich bestehen PLC-Netzwerke häufig aus nur wenigen (< 10) Teilnehmern, mit einer gesamten Reichweite von unter 300 Metern. Daher kann die Sendeleistung eines PLC-Modems entsprechend reduziert werden, um die Abstrahlung gering zu halten. Darüber hinaus wird mit Hilfe von Kerbfiltern die Sendeleistung in PLC -Modems in bestimmten Frequenzbereichen reduziert oder vollständig unterdrückt, um die Beeinflussung anderer bekannter Dienste zu vermeiden (adaptive Spektrumsnutzung). Damit PLC-Adapter in der Europäischen Union verkauft und betrieben werden dürfen, müssen sie auch CE-konform sein.

Netzinterne Störeinflüsse

Das Stromnetz ist primär nicht für die Übertragung von Daten konzipiert. Daher treten die folgenden Probleme bei der Verwendung von power-line-Adaptern auf:

- Da die Stromleitungen weder über eine Schirmung verfügen, noch einen konstanten Wellenwiderstand aufweisen, entsteht ein Übertragungsverhalten wie in einem Funkkanal.
  Zu starke Echos können zu einer Verringerung der übertragenen Datenrate oder zu einem Totalausfall führen.

- Eine orts- oder zeitabhängige Variation des Dämpfungsverhaltens, oder zu starke Dämpfungen haben primär einen maßgeblichen Einfluss auf die überbrückbare Distanz und die übertragbare Datenrate. Dämpfungen können zum Beispiel durch die folgenden Komponenten hervorgerufen werden:
  · Kabelverbindungen
  · Schalter in Mehrfachsteckdosen
  · Überspannungsschutzfilter
  · Fehlerstromschutzschalter
  · Stromzähler

- Unterschiedliche Phasenführung in einzelnen Stockwerken oder Bereichen lassen einen PLC-Betrieb in der Regel nicht zu, wenn nicht an geeigneten Stellen Phasenkoppler eingebaut werden.

- Weitere Störungen, die den Betrieb beeinträchtigen oder unmöglich machen:
  · Ein/Ausschaltvorgänge mit induktiven Lasten
  · Schaltnetzteile z.B. in Monitoren, TV-Geräten, Lampen und Leuchtmittel
  · Dimmer in Lampen

- Eine unbekannte Netztopologie erschwert die Netzmodifikation (Einbau von Filtern oder Phasenkopplern)

Sicherheit

Innerhalb der maximalen Sendereichweite eines PLC-Modems werden die auf die Leitungen aufmodulierten Daten frei im Stromnetz verteilt, d. h., sie können an jeder Steckdose mit Hilfe eines entsprechenden Adapters empfangen werden. Wegen des beschriebenen Übersprechens bzw. der Kopplung mehrerer Phasen ist außerhalb der eigenen Wohnung das Sendesignal noch empfangbar, so dass ggf. unbefugte Dritte Zugriff auf das eigene Netzwerk erhalten könnten. Dieses Problem gibt es auch mit drahtlosen Netzwerken.

Um den unberechtigten Datenzugriff zu vermeiden und das unerwünschte Mithören der übertragenen Daten zu verhindern, lassen sich diese mit einem Kennwort verschlüsseln. Nur Adapter mit dem gleichen Kennwort können dann noch miteinander kommunizieren. Ein PLC-Modem muss dazu einmalig entsprechend eingerichtet werden. Während bei älteren Adaptern das DESpro-Verfahren zur Datenverschlüsselung zum Einsatz kam, bedienen sich modernere Modems fortgeschrittener Kryptosysteme, wie beispielsweise AES mit 128 Bit.

Bild 1.1.5-1 PLC-Adapter mit integrierter Steckdose und zwei Gigabit-LAN-Anschlüssen

Höchstgeschwindigkeit nur bei optimalen Voraussetzungen

Den höchstmöglichen Datendurchsatz erreichen die Adapter, wenn sie direkt in die Wandsteckdose eingesteckt sind. Sie sollten keinesfalls mit anderen Verbrauchern in Steckdosenleisten zusammen sein. Billige Ladegeräte und Netzteile von Kleingeräten erzeugen hochfrequente Störungen im Stromnetz, die das Powerline-Signal beeinträchtigen. Deshalb sollte man davon so wenig wie möglich betreiben oder ausgesteckt lassen, wenn man diese Netzteile gerade nicht braucht.

Wenn man sie über Verlängerungen oder Mehrfachsteckdosen betreibt muss man mit geringerem Datendurchsatz rechnen. Wem es an Wandsteckdosen mangelt kann auch auf Adapter zurückgreifen, die den Stromanschluss durchführen.

Die Übertragungsgeschwindigkeit ist unter anderem auch von der Elektroinstallation abhängig. Bei mangelhafter Ausführung kann schon innerhalb eines Zimmers die Übertragungsrate deutlich runter gehen. Ungünstig ist es, wenn auch der Nachbar Powerline-Adapter in Betrieb hat. Dann sinkt der Datendurchsatz bei beiden Powerline-Netzen.

Produkte

PLC-Adapter gibt es in den verschiedensten Ausführungen und Preisklassen. Die erreichbaren Bruttodatenraten gehen gestaffelt, je nach Produkt, bis 1,2 Gbit/s. Optional sind WLAN-Modems und integrierte Steckdosen eingebaut. Die LAN-Anschlüsse gehen bis in den Gigabit-Bereich.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/PowerLAN
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0310061.htm
www.devolo.de
http://www.itwissen.info/definition/lexikon/G3-PLC-Protokoll.html

1.1.6 Sonstige Verfahren

Heimvernetzung über Koaxialkabel mit MoCA, Homeplug AV oder G.hn

Aufgrund des Siegeszuges und der Popularität IP-basierter Endgeräte im Haushalt und der damit einhergehenden Mehrgerätenutzung wurde es erforderlich, diese mit dem zentralen Internet Access Point und den weiteren IP-basierten Endgeräten zu vernetzen.

Diese neuen Applikationen stimulierten die Marktteilnehmer Technologien und Kommunikationsstandards zu entwickeln, die sich die vorhandene Kabelinfrastruktur in Haus und Wohnung zu Nutze macht, um das Ziel einer umfänglichen häuslichen Vernetzung zu erreichen. Da portable Endgeräte, die lediglich über eine WiLAN-Antenne verfügen ebenfalls an Popularität zunahmen, wurden die leitungsgebunden Technologien der Heimvernetzung oft auch mit einer lokalen WLAN-Komponente (Repeater) ausgestattet, um auch eine vollumfängliche funkbasierte Heimvernetzung zu ermöglichen. Der Begriff und der Markt für „Heimvernetzung“ waren damit geboren.

Ein häufiger Anwendungsfall ist eine Konfiguration, bei welcher der Nutzer ein als Gateway fungierendes Endgerät einsetzt, das sowohl Live-Content unmittelbar über IP an andere Geräte streamen, als auch intern gespeicherten Content einem anderen Endgerät über IP zur Verfügung stellen kann.

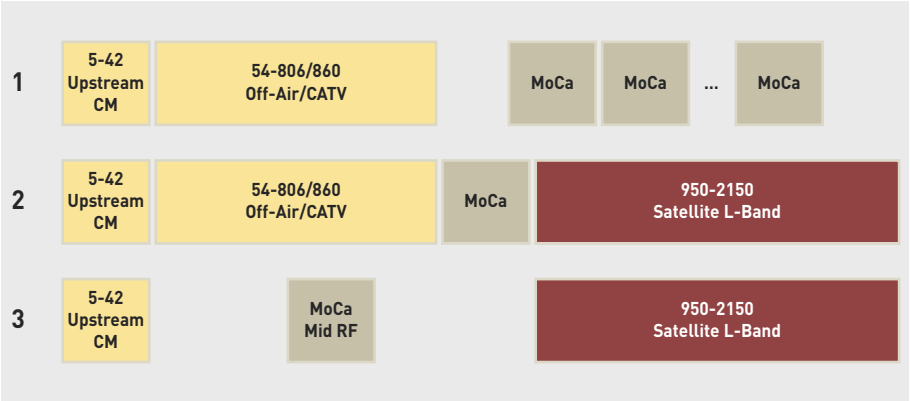


Bild 1.1.6-1 Mögliche Frequenzbelegungen für MoCA (800 – 1650 MHz)

In der Heimvernetzung über Koaxialkabel kann das Multimedia over Coax (MoCA)-System seine Leistungsmerkmale voll ausspielen. MoCA-kompatible Endgeräte bauen über Koaxialkabel selbständig ein IP-Netz untereinander auf, wobei ein Gerät die Masterfunktion übernimmt und die anderen Geräte (max. 16) entsprechend als Slave konfiguriert sind. Würde der Master ausfallen, dann übernimmt automatisch eines der anderen Geräte diese Rolle und baut das Netz wieder auf.

Alle MoCA-Geräte sind über einen logischen Steuerkanal mit einer Kapazität von ca. 1 Mbit/s miteinander verbunden. Zur Übertragung der eigentlichen Dienste zwischen den einzelnen Geräten stehen Nutzlast-Kanäle zur Verfügung.

Auf der physikalischen Ebene verwendet MoCA, wie auch alle anderen modernen Übertragungssysteme das Modulationsverfahren OFDM. Die Übertragungskanäle können flexibel konfiguriert werden, abhängig von der Broadcastnutzung des Koaxialkabels. Dabei stehen die Frequenzbänder von 800 MHz bis 1650 MHz zur Verfügung. MoCA ist somit nicht nur für Kabelnetze interessant, sondern kann auch beim DTH [direct to home]-Empfang über Satellit oder Terrestrik eingesetzt werden. Im September 2016 wurde der MoCA Standard 2.1 veröffentlicht, der mit „Channel Bonding“ bis zu 1 Gbit/s Brutto-Datenrate bietet.

G.hn (ITU Rec G.9960 von 2009), auch als „Home Grid Standard“ bezeichnet, ist eine weitere OFDM-basierter Lösung zur Übertragung von IP-basierten Diensten über Koaxialkabel im In-Haus-Bereich. G.hn ist ein Übertragungssystem, das neben der Anwendung über Koaxialkabel

Tabelle 1.1.6-1 Technologien zur Heimvernetzung

	MoCA 1.1	MoCA 2.0	IEEE 802.11n	Homeplug AV	IEEE P1901	G.hn
Max PHY Rate (Mbps)	270	600	450	200	500	600
Max MAC Rate (Mbps)	175	400	300	100	250	400
95% Coverage (Mbps)*	135	400	10 bis 40	30	40	250
Number of Simultaneous	6 (20 Mbps)	15 (20 Mbps)	1 (20 Mbps)	1 (20 Mbps)	1 (20 Mbps)	12 (20 Mbps)
HD Streams	20 (6 Mbps)	50 (6 Mbps)	5 (6 Mbps)	4 (6 Mbps)	6 (6 Mbps)	40 (6 Mbps)
Transmission Media	Coax	Coax	Wireless	Powerline	Powerline	Coax & Powerline
Latency (ms)	5	5	10 bis 30	10 bis 30	10 bis 30	5
Standard Ratified	2007	2010	2007	2005	2010	2010

auch über Telefonleitungen (Twisted Pair) und über Stromkabel verwendet werden kann. Es verfügt über eine Brutto-Datenrate von maximal 1 Gbit/s. Die schon etwas länger im Markt befindliche Homeplug AV- Lösung ist ebenfalls über Koaxkabel, Telefonleitung und Stromkabel nutzbar. In der neuesten Standardversion (Homeplug AV2) werden Datenraten bis zu 1 Gbit/s realisierbar. Die tatsächlich verfügbaren Netto-Datenraten liegen bei all diesen Heimvernetzungssystemen deutlich unter den Brutto-Datenraten. In einigen Fällen wird die verfügbare Datenrate schon allein durch die verbauten PC-Schnittstellen (z.B. Fast Ethernet) begrenzt. Tabelle 1.1.6-1 zeigt eine Übersicht der gängigen Technologien und deren Eigenschaften, die derzeit im Bereich der Heimvernetzung zum Einsatz kommen.

1.2 Funkgestützte Verfahren

1.2.1 Satellit

Die Satellitenübertragung wird derzeit im Wesentlichen für die Verbreitung von TV-Programmen genutzt. Interaktive Dienste (wie Internet) stellen bisher eher eine Nischenanwendung dar. Für eine Weiterverteilung der TV-Signale im Heimbereich wurde das System SAT > IP entwickelt und standardisiert.

Die von einer Außeneinheit empfangenen DVB-S/S2-Signale werden decodiert und in einen IP-Datenstrom konvertiert (Bild 1.2.1-1). Dabei kann diese DVB-IP-Konvertierung in einem speziellen LNB (IP-LNB) oder in einer nachgeschalteten IP-Einheit (Multischalter, Konverter oder Master-STB) erfolgen.

Die Konvertierung realisiert die Umsetzung des DVB-S/S2-Layers in ein IP-Transport-Layer. Danach erfolgt eine konventionelle Weiterverteilung über ein IP-Netz. Dieses kann auf den folgenden Übertragungstechnologien basieren:

- Ethernet
- Power Line
- Twisted Pair
- WLAN
- Glasfaser
- Koax

SAT>IP arbeitet mit dem Server-Client-Konzept und erlaubt eine netzwerkagnostische Verteilung der Signale. Die angeschlossenen Endgeräte müssen allerdings IP-Signale verarbeiten können.

Das SAT > IP-Protokoll basiert auf den bekannten Protokollen wie IP, UpnP, RTSP und HTTP. Es wurde um die für den Satellitenempfang notwendigen Funktionalitäten erweitert. SAT > IP lässt sich ebenfalls in eine DLNA-Umgebung einbinden. Es ist in eine Media Plane und in eine Control Plane unterteilt.
SAT > IP eignet sich für die Signalverteilung innerhalb eines Hauses, aber auch größeren Wohnanlagen.

Bild 1.2.1-1 SAT > IP-Konzept

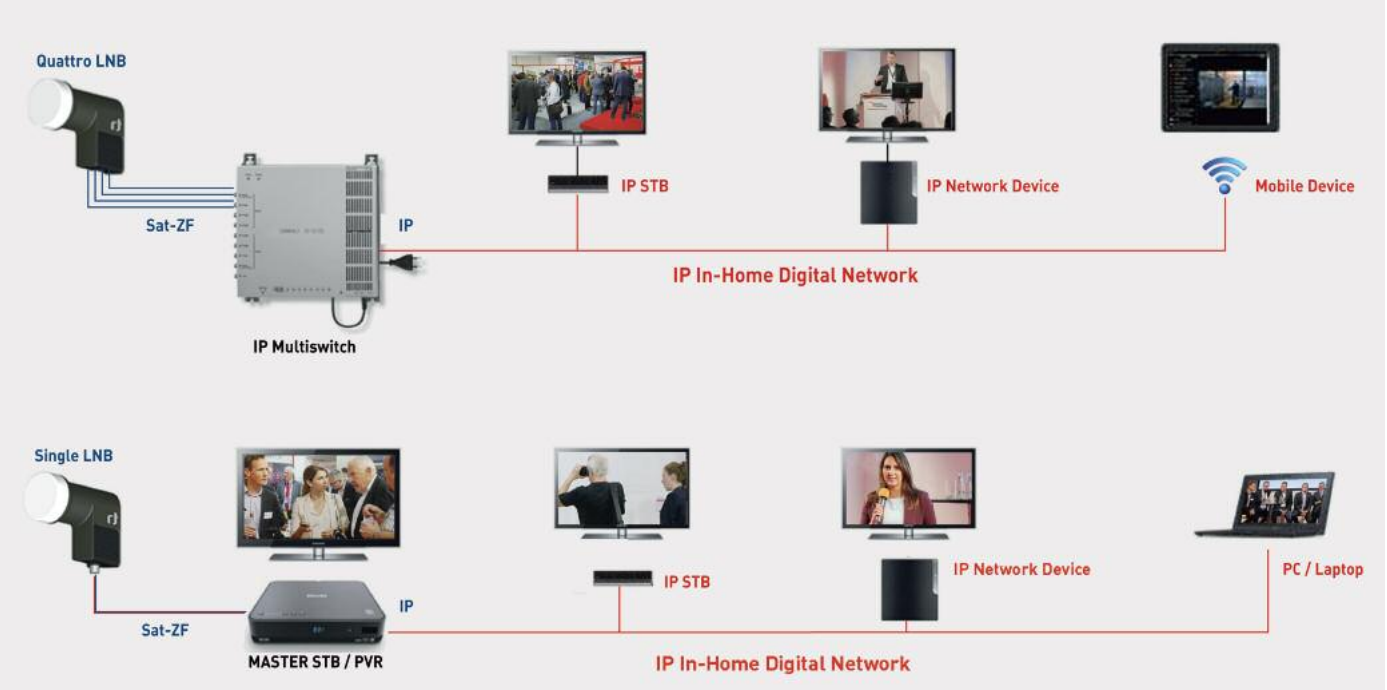


Bild 1.2.1-2 iLNB

Für die Versorgung von dünn besiedelten Gebieten mit schnellem Internetzugang kann die bidirektionale Nutzung eines Satelliten angewandt werden. Beispielhaft soll hier das Konzept „Astra2Connect" der Firma SES Broadband erläutert werden. Der Nutzer verwendet dabei eine 75 cm-Satellitenantenne mit einem interaktiven rauscharmen Signalumsetzer (iLNB). Dieser iLNB ist größer als ein normaler Signalumsetzer (LNB), da er auch die Sendeeinheit (Erde – Weltraum) enthält.

Für die Signalübertragung Erde – Weltraum (Uplink) wird der Frequenzbereich 14, 00125 – 14,02725 GHz genutzt. Für die Richtung Weltraum – Erde (Downlink) wird der Frequenzbereich (11,7 – 12,5 GHz) genutzt. Beide Links liegen im Ku-Band (12 ... 18 GHz). Der iLNB ist über 2 Signalleitungen (Senden/Empfangen) mit einer speziellen Set Top Box verbunden, die für die Signalanbindung an das vorhandene IP-Netz sorgt. Bild 1.2.1-2 zeigt einen solche iLNB. Im Downlink werden Datenraten bis zu 20 Mbit/s erzielt, im Uplink bis zu 2 Mbit/s. Die Vermarktung dieses Konzeptes erfolgt über regionale Vertriebsorganisationen.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Astra2Connect
http://www.astra.de/18729208/astra-connect

1.2.2 Mobilfunk der 2. bis 4. Generation

Das Mobilfunksystem der 2. Generation (GSM) ist derzeit noch im Einsatz und arbeitet in den Frequenzbändern 900 MHz und 1800 MHz. Die erreichbaren Netto-Datenraten pro Teilnehmer sind mit ca. 12,8 kbit/s relativ gering und reichen nur für Sprachübertragung bzw. Datenübermittlung mit geringem Volumen (SMS).

Mobilfunksysteme der 3. Generation (UMTS) arbeiten in den Frequenzbändern zwischen 1,9 GHz und 2,2 GHz. In der Basisversion des Standards wird dabei eine Datenrate von 384 kit/s pro Teilnehmer erreicht. Durch das ergänzende Verfahren HSDPA [high speed downlink packet access] werden im Downlink theoretisch 14,6 Mbit/s erreicht. In der Praxis liegen die typischen Werte zwischen 7 Mbit/s und 10 Mbit/s. Für den bei Interaktivität wichtigen Uplink wurde HSUPA [high speed uplink packet access] entwickelt. Die Bitrate liegt bei maximal 5,8 Mbit/s, in der Praxis sind es in der Regel etwa 1,5 Mbit/s.

Mit LTE [long term evolution] wird die 4. Mobilfunkgeneration bezeichnet, die ab 2011 in Deutschland eingeführt wurde. Der wesentliche Unterschied zu den bisherigen Mobilfunksystemen besteht darin, dass LTE vollständig IP-basiert arbeitet, also die für das Internet verbindlich festgelegte paketorientierte Übertragungs-struktur verwendet. Für LTE sind der 700-MHz-Bereich, der 800-MHz-Bereich, der 1,8-GHz-Bereich und der 2,6-GHz-Bereich vorgesehen. Es können in diesen Bereichen Bandbreiten im Downlink und Uplink von 1,4 MHz bis 20 MHz verarbeitet werden. Dabei kommt FDD [frequency division duplex] und TDD [time division duplex] zum Einsatz.

LTE nutzt für den Downlink orthogonalen Frequenzmultiplex [orthogonal frequency division multiplex (OFDM)]. Die verfügbare Kanalbandbreite wird dabei in Unterträger von 15 kHz Breite und Zeitschlitze von 0,5 ms Dauer aufgeteilt. Damit ergeben sich aus 12 x 7 = 84 Elementen bestehende Ressource-Blöcke, deren Elemente mit QPSK, 16-QAM oder 64-QAM moduliert werden können. Das Verhältnis der bei LTE durch die Unterträger bedingten Kanäle zueinander wird als orthogonal bezeichnet, weil die Amplituden jedes Kanals auf der Mittenfrequenz seines Nachbarkanals exakt Null beträgt. Damit ist sichergestellt, dass sich benachbarte Kanäle nicht gegenseitig beeinflussen können. Beim LTE-Uplink wird nicht OFDM, sondern das weniger rechenintensive Verfahren SC-FDMA [single carrier frequency division multiplex access] verwendet.

LTE ist primär für Breitbandanwendungen konzipiert, wobei pro Funkzelle bis zu 100 Mbit/s zur Verfügung stehen können. Diese Datenrate wird auf die Anzahl der aktiven Nutzer in einer Funkzelle aufgeteilt.

Eine weitere Zunahme der Leistungsfähigkeit des Mobilfunks hinsichtlich der Breitbandigkeit soll durch LTE-A erreicht werden, wobei der Buchstabe A für „advanced" steht. Es handelt sich um ein Konzept, dass zu LTE abwärtskompatibel ist, jedoch folgende Verbesserungen aufweist:

- Datenrate bis 1 Gbit/s pro Funkzelle
- Geringere Latenzzeit
- Höhere spektrale Effizienz
- Größere Zahl gleichzeitig aktiver Nutzer pro Funkzelle

Die bisherigen LTE-Basisstationen können per Software-Update auf LTE-A umgerüstet werden. Die ersten Erprobungen von LTE-A wurden bereits erfolgreich durchgeführt.

1.2.3 Mobilfunk der 5. Generation (5G)

Das Mobilfunksystem der 4. Generation (LTE) liefert derzeit Spitzendatenraten von ca. 100 Mbit/s pro Funkzelle. Mit LTE Advanced soll diese Datenrate auf ca. 1 Gbit/s gesteigert werden. Obwohl hiermit schnelles Internet schon sehr komfortabel angeboten werden kann, sind in Zukunft Anwendungen und Anforderungen zu erwarten, die eine deutliche Leistungssteigerung an ein Funksystem erfordern. Daher wird seit einigen Jahren an einem solchen System der 5. Generation (5G) gearbeitet. Auf dem Weg zu 5G hat es bereits eine Vielzahl von technischen Präsentationen gegeben, die alle auf verfügbaren Systemkonzepten beruhen. Ein Standard zu 5G existiert zurzeit noch nicht, obwohl die Standardisierungsaktivitäten bereits begonnen haben. Im Fokus der Standardisierungsarbeiten stehen dabei folgende Anwendungsbereiche:

- „Massive Internet of Things“: u.a. hohe Anzahl von Endgeräten (z.B. mit Sensoren) bei möglichst geringer Komplexität
- „Critical Communications“: u.a. geringere Latenzzeiten und / oder eine verbesserte Zuverlässigkeit
- „Enhanced Mobile Broadband“: u.a. höhere Datenraten und eine gesteigerte Mobilität

Aus diesen geplanten Anwendungen ergeben sich die geforderten Eigenschaften von 5G:

- Spitzendatenraten/Funkzelle: 10 – 20 Gbit/s
- Datenvolumen/Fläche: (10 Tbit/s)/km²
- Latenz: 1 – 5 ms
- Mobilität: 500 km/h
- Teilnehmerdichte: 1 mio/km²
- Energieverbrauch: 10 % verglichen mit 4G
- Spektrale Effizienz: 3-fach, verglichen mit 4G

Es ist davon auszugehen, dass die oben genannten Leistungsmerkmale nicht gleichzeitig realisierbar sind, sondern in den entsprechenden Nutzungsprofilen umgesetzt werden.

Außerdem soll zusätzlich ein Broadcast Modus auch Rundfunk, also Fernsehen (TV) und Hörfunk (Radio) ermöglichen. Damit würden Nutzer nur noch ein Endgerät für Broadcast und Broadband benötigen.

Aktuell geht die ITU-R davon aus, dass mit 5G je nach Szenario typische Datenraten bis in den Gbit/s-Bereich für den Anwender möglich werden könnten. Wesentliche Fortschritte soll es auch bei den Latenzzeiten geben, für die unter bestimmten Bedingungen ein Wert von 1 ms (End-to-End) erreicht werden könnte (wichtig für zeitkritische Anwendungen). Weitere Aspekte beinhalten z.B. eine verbesserte Energieeffizienz oder eine höhere Anzahl an Endgeräten / km².

5G wird, wie die vorangegangenen Mobilfunkgenerationen, in 3GPP [1)] spezifiziert werden. Nach aktueller Zeitplanung könnten bereits ab 2018 erste 5G Standards fertig gestellt sein. Bis zu einem breiten Einsatz dürften aber noch einige Jahre (über das Jahr 2020 hinaus) vergehen.

Nach ersten Schätzungen wird für den vollständigen roll out von 5G eine Bandbreite von ca. 30 GHz benötigt. Das ist mit Frequenzen unterhalb von 6 GHz nicht mehr abdeckbar. Daher sollen zusätzlich neue Frequenzbereiche zwischen 24 GHz und 86 GHz erschlossen werden.

Auf der WRC 19 sollen die folgenden Kandidatenbänder im Bereich 24 – 86 GHz untersucht werden. Speziell im Bereich 24 – 86 GHz ist davon auszugehen, dass nicht alle 11 Kandidatenbänder zur Anwendung kommen. Der 26 GHz-Bereich wird in Europa als Pionierband gesehen.

Frequenzbereich 24 – 86 GHz
- 24,25 – 27,5 GHz (Pionierband für Europa)
- 31,8 – 33,4 GHz
- 37 – 40,5 GHz
- 40,5 – 42,5 GHz
- 42,5 – 43,5 GHz
- 45,5 – 47 GHz
- 47 – 47,2 GHz
- 47,2 – 50,2 GHz
- 50,4 – 52,6 GHz
- 66 – 76 GHz
- 81 – 86 GHz

Es stehen 11 Kandidatenbänder mit einer Gesamtbandbreite von 33,25 GHz zur Verfügung.

Unterhalb von 6 GHz werden die folgenden Kandidatenbänder untersucht:
5 GHz – Band
- 5350 – 5470 MHz
- 5725 – 5850 MHz

Gesamtbandbreite: 245 MHz
Unterhalb von 4 GHz sollen durch Nutzungsumwidmung ebenfalls Frequenzbereiche für 5G identifiziert werden.

Tabelle 1.2.3-1
Systemparameter und Anwendungen für die einzelnen Frequenzbereiche.

Frequenzbereich	verfügbare Bandbreiten/Betreiber	Bedeckung/Anwendung
über 45 GHz	größer 1 GHz	Hot spots
24 – 45 GHz	ungefähr 1 GHz	kleine, singuläre Zellen in Stadtgebieten
3 – 6 GHz	mindestens 100 MHz	aneinander grenzende Zellen in Stadtgebieten
unter 3 GHz	20 MHz	größere Bedeckungen

[1)]: 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ist eine weltweite Kooperation von Standardisierungsgremien für die Standardisierung im Mobilfunk.

Höhere Frequenzen bedeuten größere, zur Verfügung stehende Bandbreiten, was zu höheren Übertragungsdatenraten führt. Hingegen steigt mit zunehmender Frequenz die Fernfelddämpfung, was eine zunehmende Verdichtung des Sendernetzes zur Folge hat. Damit steigen auch die Investitionen für die Datenzuführung zu solchen Zellen (Glasfaser; Richtfunk). Ferner nimmt mit zunehmender Frequenz die Fähigkeit ab Wände oder Gebäude zu durchdringen. Bei Frequenzen oberhalb von 6 GHz ist daher eine Sichtverbindung erforderlich.

Tabelle 1.2.3-1 zeigt die Systemparameter und Anwendungen für die einzelnen Frequenzbereiche.

Zukünftige Anwendungen von 5G werden sich im Laufe der Jahre herauskristallisieren. Hier jedoch eine Auflistung von möglichen Anwendungen, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt:

- **Automatisiertes und vernetztes Fahren**
  Car-to-Car-Kommunikation, Echtzeitverbindungen zu Leitzentralen und Verkehrsdatenservern

- **Industrie 4.0**
  Vertikale Vernetzung betrieblicher Prozesse; autonome M2M-Kommunikation zur Anlagen-, Resourcen- und Warenflusssteuerung

- **Energienetze; Smart City**
  Steuerung und Überwachung dezentraler Energieerzeugung; bedarfsgerechte Belieferung und Abnahme (lokal und regional)

- **Mediennutzung**
  Verteilung von UHDTV-Inhalten oder Diensten im Bereich Vitual- und Augmented Reality außerhalb stationärer WLAN-Netze

- **E- Health**
  Mobilfunkgestützte Telemedizin – Anwendungen zur Verbesserung der Akut- und Regelversorgung (Vernetzung von Rettungsfahrzeugen oder videobasierte Artzsprechstunden)

Ähnlich wie bei den zukünftigen Anwendungen sind die potentiellen Betreiber zurzeit noch nicht bekannt. Neben den bereits im Markt agierenden Mobilfunkunternehmen könnten folgende Betreiber im Zusammenhang mit 5G in Erscheinung treten:

- Betreiber von Verkehrsleitzentralen
- Industrieunternehmen als „geschlossene Betreiber/Nuzter“
- Stadtwerke/Energieerzeuger
- Krankenhäuser/Rettungsdienste/Arztpraxen
- …

Fazit

- 5G birgt enormes Potenzial für die Netzgeneration 2020+ und eröffnet wahrscheinlich ungeahnte neue Möglichkeiten für Industrie und Verbraucher. Allerdings steht die Entwicklung noch ganz am Anfang.

- Erste Standards zu 5G könnten noch in 2018 verfügbar sein.

- Der Zeithorizont für einen Nutzer-Rollout noch in 2020 scheint zu optimistisch.

- Neue Betreiber und neue Anwendungen sind noch nicht bekannt.

- Die Investitionen in 5G -Netzwerke werden gewaltig sein. Das betrifft nicht nur die Errichtung neuer Sendestandorte, sondern auch die Datenzuführung (Glasfaser).

- Finanzierungskonzepte existieren noch nicht.

Quellen:

BMVI:
5G – Initiative für Deutschland

BNetzA:
Frequenzverteilungsuntersuchung 2016

BNetzA:
Strategische Aspekte zur Verfügbarkeit von Frequenzen für den Breitbandausbau in Deutschland

1.2.4 DVB-T/T2

Digitale terrestrische Rundfunksysteme sind seit vielen Jahren weltweit Stand der Technik. Ende der 1990er Jahre begann die Einführung von DVB-T, damals noch in Verbindung mit der Videocodierung MPEG 2. Länder, die DVB-T erst zu einem späteren Zeitpunkt eingeführt haben, nutzten den Standard MPEG-4 für die Videocodierung. Das DVB-T-Konzept erlaubt bei entsprechender Konfiguration der Systemparameter den portablen In-Haus-Empfang, aber auch den Mobilempfang. Bei Empfang mit einer Dachantenne werden entsprechend höhere Datenraten erreicht.

Mitte 2008 erschien der Nachfolgestandard DVB-T2, der eine Weiterentwicklung von DVB-T darstellt und deutlich leistungsfähiger und flexibler ist. Nachfolgend werden die Elemente der Systemverbesserung und deren Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt. Tabelle 1.2.4-1 verdeutlicht den Systemvergleich zwischen DVB-T und DVB-T2.

- **Verbesserte Kanalcodierung**
  Wie bei DVB-S2 und DVB-C2 wird hier eine Kaskadierung aus BCH-Code und LDPC-Code verwendet. Beide sind sogenannte Blockcodes. Aufgrund des hohen Rechenaufwands bei der empfängerseitigen Decodierung konnte diese Verfahren erst bei der zweiten Generation der DVB-Übertragungsstandards eingeführt werden.
  Die Einführung des LDPC-Codes bringt die wesentliche Effizienzsteigerung und ermöglicht eine spektrale Effizienz bis nahe an die Shannon-Grenze heran.

- **Erweiterung der Modulationskonstellationen**
  Gegenüber DVB-T wurde bei DVB-T2 die Modulation bis 256-QAM ermöglicht. Sie erlaubt auch bei geringen Störabständen eine Erhöhung der Datenrate. Dieser Modus ist im Wesentlichen für den Empfang mit einer Dachantenne vorgesehen.

- **Erweiterung der Zahl der Unterträger**
  Die FFT-Längen 16k und 32k stellen gegenüber dem 8k-Modus eine Verdoppelung bzw. Vervierfachung der Zahl der Unterträger dar. Dadurch ergeben sich doppelt bzw. vierfach lange Symboldauern, die eine effizientere Ausblendung der durch Mehrwegeübertragung bedingten Echos gestatten. Damit können größere Gleichwellennetze aufgebaut oder bei unveränderter Ausdehnung eine Steigerung der Netto-Datenrate erreicht werden.

- **Flexiblere Gestaltung der Schutzintervalle [guard intervall]**
  Die größere Auswahl für die Dauer der Schutzintervalle [guard intervall] ermöglicht eine bessere Anpassung an die Struktur der Gleichwellennetze bezüglich Senderabstand und Größe des Versorgungsgebietes. Der Mode 19/256 erlaubt zum Beispiel in Großbritannien (UK) den Aufbau eines landesweiten Gleichwellennetzes.

- **Flexiblerer Einsatz der Pilotsignale**
  Übertragungskanäle, bei denen eine Dachantenne verwendet wird, erweisen sich stabiler gegenüber Kanälen für den portablen oder mobilen Empfang. Die Kanalschätzung und damit auch die Kanalentzerrung ist weniger aufwendig und kann deshalb mit weniger Pilotsignalen durchgeführt werden. Die eingesparten Pilotsignale stehen für die Übertragung von Nutzbits zur Verfügung.

- **Einführung von Future Extensions Frames (FEF)**
  Future Extensions Frames können zur Übertragung von nicht-linearen IP-basierten Inhalten im Multicast/Unicast-Mode genutzt werden.

- **Einführung der MISO-Technik**
  Bei MISO (Multiple Input Single Output) werden auf der Sendeseite mehrere Antennen verwendet. Durch Ausnutzung spezieller Kanaleigenschaften lässt sich damit die Robustheit des Signals erheblich steigern.

Die Parametervielfalt von DVB-T2 erlaubt die Optimierung für die unterschiedlichen Broadcast-Szenarien:

- **Stationärer Empfang**
  - Maximierung des Versorgungsgebietes
  - Maximierung der Datenrate für kleine Gleichwellennetze
  - Maximierung der Datenrate für große Gleichwellennetze

- **Portabler Empfang**
  - Optimierung auf maximale Datenrate
  - Maximierung des Versorgungsgebietes

- **Mobiler Empfang**
  - Mobiler Empfang bei Übertragungskanälen mit 1,7 MHz Bandbreite
  - Optimierung auf einen Mischbetrieb portabler/mobiler Empfang

DVB-T2 wurde zunächst in Verbindung mit MPEG-4 eingeführt. In Deutschland und einigen anderen Ländern, die erst in einer späteren Phase die Migration zu DVB-T2 vollzogen haben, nutzen HEVC als Quellencodierung.

In Deutschland steht für das terrestrische Fernsehen nur der Frequenzbereich von 470 MHz bis 694 MHz zur Verfügung, weil der Frequenzbereich oberhalb von 694 MHz bis 862 MHz den Mobilfunkanbietern für LTE zugeteilt wurde.

Die Kombination von DVB-T2 mit HEVC lassen sich in dem in Deutschland zur Verfügung stehenden Frequenzspektrum bis zu 40 Programme in HDTV-Qualität übertragen. Smartphones und Tablets sind derzeit (noch) weder für den Empfang von DVB-T, noch von DVB-T2 ausgelegt.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen einen Vergleich zwischen DVB-T und DVB-T2 für den portablen und stationären Empfang bei gleichem Übertragungskanal.

Tabelle 1.2.4-1 Systemvergleich zwischen DVB-T und DVB-T2

Parameter	DVB-T	DVB-T2
Number of carriers in signal	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Modulation formats	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Scattered pilots	8% of total	1%, 2%, 4%, 8% of total
Continual pilots	2,6% of total	0,35% of total
Error correction	Reed Solomon Conventional Coding 1/4, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Guard interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128

Tabelle 1.2.4-2 DVB-T vs. DVB-T2 beim portablen Empfang

Parameter	DVB-T	DVB-T2
Kanalbandbreite [MHz]	8	8
Modulation	16-QAM	256-QAM
FFT-Länge	8k	16k
Guard Intervall	1/4	1/8
Kanalcodierung	2/3 CC & RS	5/6 LDPC & BCH
C/N [dB]	11,4	11,4
Nettodatenrate [Mbit/s.]	13,3	19,9

Tabelle 1.2.4-3 DVB-T vs. DVB-T2 bei stationärem Empfang mit einer Dachantenne

Parameter	DVB-T	DVB-T2
Kanalbandbreite [MHz]	8	8
Modulation	64-QAM	256-QAM
FFT-Länge	2k	32k
Guard Intervall	1/32	1/128
Kanalcodierung	2/3 CC & RS	3/5 LDPC & BCH
C/N [dB]	16,5	17,2
Nettodatenrate [Mbit/s.]	24,1	36,1

1.2.5 WLAN (WiFi)

Die funkgestützte Datenverbindung WLAN [wireless local area network] wurde von dem Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) entwickelt. Der Standard IEEE802.11a war 1999 die erste standardisierte Möglichkeit, sich per Funknetz mit anderen drahtlosen Geräten zu verbinden. Und das ist auch der größte Vorteil von WLAN, nämlich die Flexibilität. Das Verlegen von Kabeln entfällt. Man kann mit mobilen Geräten, wie einem Mobiltelefon oder Tablet an jedem Standort, zum Beispiel überall in Haus und Wohnung, im Internet surfen. Für Besitzer mobiler Geräte ohne Ethernet-Schnittstelle (für die Kabelverbindung) ins eine drahtlose Verbindung unabdingbar. Tabelle 1.2.5-1 stellt die heute verwendeten WLAN-Standards dar.

Im englischen und amerikanischen Sprachgebrauch und in der Fachliteratur wird an Stelle von WLAN häufig die Bezeichnung WiFi [wireless fidelity] (sprich: weifei) verwendet. Dies ist zwar sprachlich eleganter, jedoch aus fachlicher Sicht formal falsch, hat sich aber in der Praxis weitgehend durchgesetzt. WLAN bezeichnet nämlich das Funknetz, während es sich bei WiFi um die Zertifizierung standardkonformer WLAN-Geräte, -Baugruppen und -Komponenten durch ein 1999 in den USA als WiFi-Alliance (www.wi-fi.org) etabliertes Firmenkonsortium handelt, das derzeit etwa 600 Firmen als Mitglieder aufweist. Die Kennzeichnung der Zertifizierung erfolgt durch ein entsprechendes Logo (Bild 1.2.5-1) und stellt auf diese Weise die Interoperabilität von Produkten unterschiedlicher Hersteller sicher. Dadurch hat diese Form der funkgestützten Datenkommunikation im Markt eine starke Verbreitung gefunden.

Infrastruktur

Die Übertragung von Informationen zwischen zwei Geräten kann direkt im so genannten Ad-hoc-Modus oder im Infrastruktur-Modus mit Hilfe einer Basisstation (Access Point) erfolgen.

Ad-hoc-Modus

Bei Ad-hoc-Netzen verbinden sich mobile Geräte wie Mobiltelefone, Tablet's und Notebooks ohne feste Infrastruktur wie eine WLAN Basisstation oder Switch (Wireless Access Point). Notebook 1 und Notebook 2 können nur direkt miteinander reden. Es findet keine Datenweiterleitung durch eine andere Netzkomponente (z.B. Router) statt. Ein Ad-hoc-Netz ist sehr schnell und ohne großen Aufwand betriebsbereit.

Wie im Infrastruktur-Modus wird auch im Ad-hoc-Modus ein Netzwerkname und eine festgelegt Verschlüsselung genutzt, mit denen sich die einzelnen Teilnehmer identifizieren müssen. Jedoch gibt es keine Weiterleitung von Daten an Dritte, sondern immer nur eine direkte Kommunikation unter den Endgeräten, weshalb die Reichweite zwischen den Endgeräten begrenzt ist.

Bild 1.2.5-1 Ad-hoc-Modus

Infrastruktur-Modus

Im Infrastruktur-Modus übernimmt der Router oder Access Point die Koordinierung des Datenverkehrs zwischen den mobilen, portablen und stationären Endgeräten im Netzwerk und stellt damit die Basisstation dar.

Die WLAN-Kommunikation wird nur über den Router abgewickelt. Notebook 1 sendet seine Information zuerst zum WLAN-Router. Der Router sendet sie dann zum Notebook 2. Wenn das Notebook 2 Informationen von Notebook 1 benötigt, dann gehen auch diese Daten über den WLAN-Router. Kommt es jetzt zu einem Ausfall des Routers (Abschaltung oder Stromausfall), dann ist die komplette Kette unterbrochen und es findet keine Netzwerkverkehr mehr statt.

Bild 1.2.5-2 Infrastruktur-Modus

Reichweite und Übertragungsgeschwindigkeit

Die Reichweite und Übertragungsgeschwindigkeit ist von der Beschaffenheit der Umgebung abhängig. Zum Beispiel ist im Freien die Reichweite stets größer als in einem Haus. Je weniger Hindernisse im Verbreitungsweg dämpfend wirken, desto besser. Hindernisse sind zum Beispiel metallbewehrte Decken und Wände. Eine Verringerung der Reichweite und Datenrate bewirkt auch eine große Anzahl von Teilnehmern im gleichen Netzwerk oder mehrere WLANs, welche die gleichen Frequenzen benutzen. Derzeit ist hauptsächlich der 2,4-MHz-Bereich betroffen. So können sich zum Beispiel Nachbarn gegenseitig stören, wenn sie im 2,4-MHz-Bereich arbeiten.

Hilfreich kann die Installation eines oder mehrerer WLAN-Access-Points oder WLAN-Repeatern für das gleiche WLAN sein. Beim Nachbar-WLAN mit der gleichen Frequenz hilft oft nur ein Wechsel auf einen anderen freien WLAN-Kanal. Trotz der von den Standards versprochenen Reichweiten gilt die Erfahrung, dass sich der WLAN-Router nicht zu weit entfernt vom Endgerät befinden sollte.

Tabelle 1.2.5-1 Aktuelle WLAN-Standards

WLAN Standard	Einführung	Datenrate	Frequenz-bereich	maximale Reichweite	Kompatibilität	Verbreitung
IEEE802.11a	1999	Brutto = 54 Mbit/s Netto = 23 Mbit/s	5 GHz	im Haus: 35 m im Freien: 120 m	darf ohne 802.11h-Erweiterung nur im Indoorbereich genutzt werden	wenig verbreitet
IEEE802.11b	1999	Brutto = 11 Mbit/s Netto = 4,3 Mbit/s	2,4 GHz	im Haus: 38 m im Freien: 140 m		relativ weit verbreitet
IEEE 802.11g	2003	Brutto = 54 Mbit/s Netto = 19 Mbit/s	2,4 GHz	im Haus: 38 m im Freien: 140 m		weit verbreitet
IEEE 802.11n	2009	Brutto = 450 Mbit/s Netto = 240 Mbit/s	2,4 GHz und 5 GHz	im Haus: 70 m im Freien: 240 m	802.11b- und 802.11g-Netzen	weit verbreitet
IEEE 802.11ac	2014	Brutto =1,3 Gbit/s Netto = 450 Mbit/s	5 GHz	im Haus: <10 m im Freien: 40 m		weit verbreitet

Sicherheit und Installation

In bestimmten Intervallen sendet der Router folgende Informationen an alle Geräte im Empfangsbereich:

- Netzwerkname [service set identifier (SSID)]
- Mögliche Datenraten
- Version der Verschlüsselung

Der WLAN-Client muss nun den Netzwerknamen und die Verschlüsselung kennen, um am Netzwerkverkehr teilzunehmen. Er muss immer über den Router oder Access Point kommunizieren, um mit einem anderen WLAN-Nutzer Daten austauschen zu können.

Die sicherste Variante der Verschlüsselung für WLAN-Besitzer ist die WPA2-Verschlüsselung, von WEP und WPA-Verschlüsselung ist dringend abzuraten, da diese beiden Varianten zu schwach verschlüsseln. Bei der Installation lässt sich die WPA2-Verschlüsselung mit einigen Einstellungen an Router und Betriebssystems des Endgerätes vornehmen. Allerdings müssen sowohl Router wie auch das WLAN-Gerät diesen Modus unterstützen, was heute fast immer gegeben ist. Oft ist WPA2-Verschlüsselung bereits voreingestellt. Auch ist es wichtig ein sicheres Passwort zu wählen, da der Einsatz der WPA2-Verschlüsselung alleine nicht ausreicht. Jedes WLAN sollte mit einem möglichst komplexen Passwort und Netzwerknamen (SSID) versehen sein.

Zusätzliche Sicherheit bietet, die eindeutigen Identifikationsmerkmale jedes angeschlossenen WLAN-Gerätes (IP- und MAC-Adresse) im Router fest einzutragen. Der Router lässt dann keine Geräte zu, von denen er die IP- oder MAC-Adresse nicht kennt. Fremde WLAN-Geräte können sich dann trotz bekanntem oder gehackten Passwort nicht in das WLAN einwählen.

Die bei der Erstinstallation notwendigen Einstellungen sollte man nur mit Kabelverbindung durchführen. Das hierfür notwendige Kabel gehört zum Lieferumfang des Routers. Über die im Internet-Browser dargestellte Bedienoberfläche des Routers werden alle notwendigen Einstellungen vorgenommen. Diese Bedienoberfläche wird mit einer bestimmten IP-Adresse erreicht, die zum Beispiel im Handbuch oder auf der Rückseite des Routers zu finden ist. Oft liegt dem Router auch eine vom Hersteller bereitgestellte Software bei, mit der sich die notwendigen Einstellungen vornehmen lassen.

Sämtliche Einstellungen am Router sollten am besten über eine Kabelverbindung vorgenommen werden. Dann kann es nicht passieren, dass sich der Nutzer durch eine falsche Einstellung im Funknetz selbst aussperrt. Zudem empfiehlt es sich, sämtliche Einstellungen des Routers zu exportieren, damit sich jederzeit die richtige Konfiguration des Gerätes laden lässt.

Lohnt sich ein Aufrüsten auf das schnelle WLAN?

Der neue Standard IEEE 802.11ac ist verabschiedet. Seit 2013 sind erste WLAN-Router nach diesem Standard verfügbar. Eine breite Unterstützung auf der Seite der WLAN-Endgeräte ist vorhanden. Die Nutzung über Adapter-Sticks, Boxen oder Karten ist auch möglich.

1.2.6 NFC

NFC [near field communication] ist ein internationaler Übertragungsstandard zum kontaktlosen Austausch von Daten per Funk über Entfernungen von maximal 10 cm und einer Datenübertragungsrate von maximal 424 kbit/s. Diese Technik kommt vor allem bei Lösungen für Micropayment (bargeldlose Zahlung kleiner Beträge), bei papierlosen Eintrittskarten oder bei Zugangskontrollen zum Einsatz. NFC zeichnet sich zudem durch eine extrem kurze Reaktionszeit aus. Das macht NFC auch für Initialisierungsprozesse für andere Netzwerkverbindungen oder bequeme Settings attraktiv.

Bei NFC erfolgt die Verbindung zwischen zwei Geräten über eine Kopplung, die durch entsprechende Spulen in den Endgeräten realisiert wird. Das Magnetfeld alterniert mit einer Frequenz von 13,56 MHz. Da es sich hier um ein Nahfeld handelt, beträgt die maximale Distanz ca. 10 cm. NFC besitzt einen aktiv/passiv-Mode und einen aktiv/aktiv-Mode.

Im aktiv/passiv-Mode (Bild 1.2.5-1) ist der Gegenstand eine Smartcard oder das Gerät emuliert eine Smartcard. Ein Datenaustausch kann auch dann erfolgen, wenn das Gerät ausgeschaltet ist. Im pas-

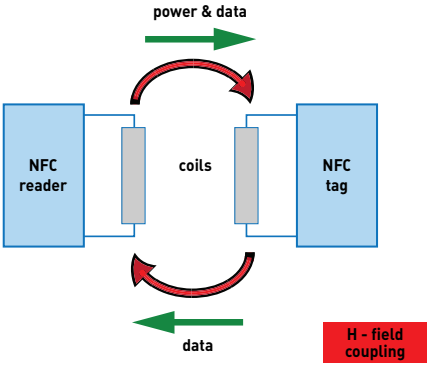


Bild 1.2.6-1 NFC im aktiv/passiv-Mode

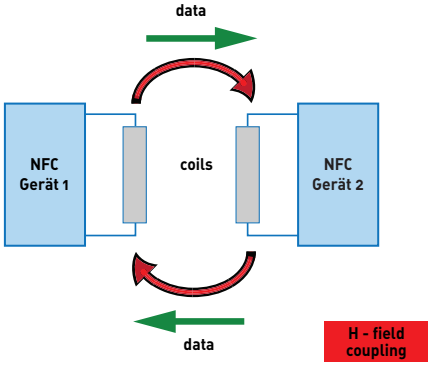


Bild 1.2.6-2 NFC im aktiv/aktiv-Mode

siven Modus zieht NFC die Energie aus dem RF-Feld der aktiven Gegenstelle. Mit dieser Technik ist es möglich, Anwendungen zur Identifikation und Abwicklung von Transaktionen zu realisieren. Zum Beispiel Fahrscheinkauf und das Bezahlen mit dem Smartphone.

Im aktiv/aktiv-Mode (Bild 1.2.5-2) fungiert das Gerät 1 als Lesegerät oder arbeitet im Peer-to-Peer-Modus zum Datenaustausch mit Gerät 2. Hierfür benötigt das Gerät 2 eine eigene Energiequelle.

Aufgrund der geringen Reichweite ist NFC keine Konkurrenz zu Bluetooth oder WLAN zu. Es kann u.a. als Ersatz für Strichcodes eingesetzt werden, bei denen die Kapazitäten für die benötigten Datenmengen nicht mehr ausreichend sind. Vor allem wird NFC aber dort eingesetzt, wo zwei Geräte kryptografisch gesichert miteinander kommunizieren (etwa bei Bezahl-Anwendungen).

Anwendungen

- bargeldloser Zahlungsverkehr
- papierlose Eintrittskarten
- Abrechnung von Beförderungsdienstleistungen
- Herunterladen von Fahrplänen
- Abruf von Touristeninformationen an interessanten Stellen mit Terminals oder Smart Postern
- Zugangskontrolle
- Steuerung des Smartphones durch im Handel verfügbare NFC-Tags
- Online-Banking
- schneller Aufbau von Bluetooth-Verbindungen
- personenbezogene Voreinstellungen von Geräten

Quellen:

https://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/1107181.htm
https://de.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication

NFC-Protokolle

- NDEF (NFC Data Exchange Format) spezifiziert, wie sich Daten plattformübergreifend mit NFC austauschen lassen.

- SNEP (Simple NDEF Exchange Protocol) ermöglicht den direkten Austausch von Daten zwischen zwei NFC-fähigen Geräten. Es hebt die Unterschiede zwischen den beiden NFC-Modi peer-to-peer und read/write auf. Dazu definiert SNEP zwei einfache Nachrichten (GET und PUT) und einen Standard-Server, der lediglich PUT-Requests akzeptiert und nur Nachrichten entgegen nimmt.

- SWP (Single Wire Protocol) ist eine Hardware-Schnittstelle zwischen SIM-Karte und NFC-Chip, um NFC-Anwendungen in der SIM-Karte eines Mobilfunktelefons zu steuern. SWP wurde als Standard vom ETSI verabschiedet.

Systemüberblick

Frequenz	13,65 MHz
Modulation	10% ASK
Leitungscode	Manchester Modified Miller [aktiver Mode; 106 kbit/s]
Datenrate	106 kbit/s; 212 kbit/s; 424 kbit/s
Reichweite	< 0,1 m
Reaktionszeit	< 0,1 ms
Netztyp	Punkt-zu-Punkt
Modi	aktiv/aktiv aktiv/passiv
Standard	ISO 18092; ECMA 340; ETSI TS 102 190
Anwendung	Zahlungsvorgänge Zugänge Initialisierungen problemloser und schneller Setup

1.2.7 Bluetooth

Bluetooth ist ein in den 1990er-Jahren durch die Bluetooth Special Interest Group (SIG) entwickelter Industriestandard gemäß IEEE 802.15.1 für die Datenübertragung zwischen Geräten über kurze Distanz per Funktechnik [wireless personal area network (WPAN)]. Es lassen sich bis zu 8 Geräte ohne Sichtverbindung aktiv miteinander als Piconet verbinden. Weitere 248 Geräte können sich anmelden, müssen aber passiv bleiben. Jedes Gerät im Netz hat eine individuelle 48-bit-Adresse, mit der es eindeutig identifizierbar ist.

Bluetooth benutzt das lizenzfreie ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical) zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz. Damit stehen 79 ein MHz breite Kanäle zu Verfügung. Da das Frequenzband um 2,4 GHz auch von vielen anderen drahtlosen Übertragungsverfahren genutzt wird (z.B. WLAN nach IEEE 802.11), werden bei Bluetooth mittels Frequenzhopping (FHSS) die Kanäle mit 1600 Frequenzsprüngen in der Sekunde gewechselt. Die Stabilität von Bluetooth-Verbindungen erweist sich durch die häufigen Frequenzsprüngen und kleinen Datenpaketen als sehr hoch.

Die Brutto-Datenrate beträgt in der Basis-Version 1 MBit/s. Bei einer asymmetrischen Bluetooth-Verbindung handelt es sich um die Netto-Datenrate 723,2 kbit/s für den Downstream und 57,6 kbit/s für den Upstream. Symmetrische Bluetooth-Verbindungen übertragen 432,6 kbit/s in jede Richtung, gesamt also 865,2 kbit/s. Unter guten Bedingungen sind allerdings bis zu 640 kbit/s für den Downstream möglich. Ab den Bluetooth-Versionen 2.x wurde durch EDR [enhanced data rate] die Brutto-Datenrate auf bis zu 3 MBit/s erhöht. Dadurch sind Netto-Datenraten von bis zu 2 MBit/s möglich. Ab den Bluetooth-Versionen 3 ist zusätzlich ein High Speed Mode gemäß Standard IEEE 802.11g implementiert, der Brutto-Datenraten von bis zu 54 Mbit/s zulässt.

Bluetooth definiert drei Leistungsklassen, die hauptsächlich für die Reichweite verantwortlich sind (Tabelle Systemüberblick). Die Reichweite ist abhängig von der Sendeleistung, der Eingangsempfindlichkeit der Empfänger und den verwendeten Antennen. Bluetooth definiert drei Sicherheitsstufen, nämlich Niedrig, Mittel und Hoch, wobei für die Stufen Mittel und Hoch Passwörter erforderlich sind.

Bluetooth-Profile

Die Profile in Bluetooth haben eine zentrale Bedeutung. Sie definieren den Aufbau und den Inhalt einer bestimmten Kommunikation in Abhängigkeit der Anwendung. Die Bluetooth-Profile erlauben die Zusammenarbeit der Bluetooth-Geräte auf der Anwendungsebene und garantieren die Zusammenarbeit von Bluetooth-Geräten unterschiedlicher Hersteller. Ein typisches Beispiel ist die Kommunikation zwischen Handy und Headset, die unterschiedliche Hersteller haben können.

In einem Profil sind Regeln und Protokolle definiert. Der Benutzer hat dadurch den Vorteil, dass er die Endgeräte nicht manuell aufeinander abstimmen muss. Zusätzlich lässt Bluetooth mehrere Profile gleichzeitig zu. Durch ein Profil bleibt das Endgerät auf die für die spezifische Anwendung notwendigen Funktionen beschränkt und bleibt deshalb klein und stromsparend. Das Endgerät muss nur einen geringen Funktionsumfang besitzen und nicht alle erdenklichen Funktionen beherrschen. Die Profile werden vom Bluetooth-SIG standardisiert.

Die Bluetooth-Versionen 4

Bluetooth mit den Versionen 4.0, 4.1 und 4.2 wird auch als Bluetooth LE [low energy] oder Bluetooth Smart bezeichnet. Es handelt sich um eine besonders stromsparende Bluetooth-Version. Dadurch ergeben sich erstmals Anwendungen für Wireless Personal Area Networks (WPAN) in den Bereichen Gesundheit, Sport, Medizin, Unterhaltungselektronik, Heimautomation und Fahrzeugelektronik.

Die Bluetooth-Versionen 4 spielen heute eine entscheidende Rolle bei Wearables, Spielzeug, Sportsensoren und Smartwatches, die an ein Smartphone gekoppelt werden.

Mit Bluetooth 4.0, 4.1 und 4.2 ist Bluetooth 3.0 allerdings nicht veraltet oder überflüssig, sondern bleibt weiterhin aktuell und wird für bestimmte Anwendungen um einen Niedrig-Energie-Modus ergänzt. Bei Bluetooth 4.x ist zu berücksichtigen, dass diese Versionen nur bedingt abwärtskompatibel sind. Das gilt für normale Bluetooth-Geräte, nicht jedoch für spezielle Sender, die ausschließlich Low-Energy-Bluetooth beherrschen und demzufolge einen passenden Empfänger benötigen. Gemeint ist, dass ein Gerät, das nur Bluetooth 4.x beherrscht bei seiner Gegenstelle ebenfalls Bluetooth 4.x voraussetzt, Bluetooth 3.0 reicht für die Funktionalität nicht aus.

Tabelle 1.2.7-1 Übersicht Bluetooth-Profile

Kürzel	Profile	Erklärungen, Anwendungen
AVRCP	Audio Video Remote Control	Audio/Video-Fernbedienung
A2DP	Advanced Audio Distribution Profile	drahtlose Stereoverbindung für Lautsprecher oder Kopfhörer
BIP	Basic Imaging	Bildübertragung
BPP	Basic Printing Profile	Drucken über die parallele Schnittstelle
CIP	Common ISDN Access Profile	ISDN-CAPI-Schnittstelle
CTP	Cordless Telephony Profile	schnurlos Telefonie
DUNP	Dial-Up Networking Profile	Einwahl über GSM, UMTS, Analog-Modem oder ISDN in eine Netzwerk. Zum Beispiel für Internet-Zugang.
ESDP	Extended Service Discovery Profile	erweiterte Diensteerkennung
FaxP	Fax Profile	Senden und Empfangen von Fax-Nachrichten
FTP	File Transfer Profile	Dateiübertragung
GAP	Generic Access Profile	grundlegendes Verfahren zur Authentifizierung und Verbindungsaufnahme
GAVDP	Generic AV Distribution	Audio- und Videoübertragung
GOEP	Generic Object Exchange Profile	Objektaustausch
HCRP	Hardcopy Cable Replacement Profile	Drucken
HDP	Health Device Profile	Übertragung von Medizindaten
HFP	Hands Free Profile	herstellerunabhängige Kommunikation zwischen Handy und Freisprecheinrichtung
HID	Human Interface Device	Tastatur- und Mausanschluss (Mensch-zu-Maschine-Schnittstelle)
HSP	Headset Profile	Funktionen für Headset und Freisprecheinrichtung (Steuerung der Audiokanäle und Lautstärkeregelung)
IntP	Intercom Profile	Sprechfunk
LAP	LAN Access Profile	LAN-Zugriffe über PPP, IP, Peer-to-Peer, NetBIOS
OPP	Object Push Profile	Termine und Adressen übertragen
PAN	Personal Area Network	Netzwerkverbindung mit Ethernet
SAP	SIM Access Profile	SIM-Karten-Zugriff
SDAP	Service Discovery Application Profile	Diensteabfrage, der gerade sichtbaren Nachbarn
SP	Synchronisation Profile	Synchronisation zwischen Geräten (PC, PDA, Handy, Smartphone) und Applikationen (Kalender, Adressbuch, E-Mail, Dateien)
SPP	Serial Port Profile	serielle Schnittstelle

Die Bluetooth-Version 5

Bluetooth 5 wurde im Dezember 2016 veröffentlicht. Die wesentliche Neuerung ist die Erhöhung der Brutto-Datenrate auf 2 Mbit/s, außerdem wurde die Sendeleistung erhöht. Im Low Energy (LE)-Modus können so Entfernungen bis 40 m überbrückt werden. Das Ziel war es, bei geringem Stromverbrauch die Reichweite über die Wandbegrenzungene eines Hauses hinaus zu erhöhen.

Anwendungen

- **Anwendungen am Computer**
  - SCO-Audio: synchroner Headset-Betrieb (Skype, SIP usw.)
  - AV- oder A2DP-Audio: HiFi-Musikwiedergabe geeignet zum Anschluss eines oder mehrerer Kopfhörer
  - Mobiltelefon-Synchronisation (Kontakte, Musikdateien, mobiler Internet-Zugang, usw.)
  - HID: Eingabegeräte wie Maus und Tastatur
  - Motion Capturing: Übertragung von Bewegungsdaten an den Auswertungscomputer (z.B. Xsens MVN)

- **Freisprechanlagen und Headsets**

- **Spielgeräte**
  Die Spielzeugindustrie verwendet diese Technik, um Puppen und Spielzeugtiere untereinander kommunizieren und interagieren zu lassen.

- **Kommunikation**
  Bluetooth-Hotspots als Funkzelle ermöglichen einen schnurlosen Zugriff auf ein Netzwerk, wie das Internet oder ein Unternehmens-LAN.

- **Industrie**
  Es wurden Bluetooth basierende Industrieprodukte realisiert, die in verschiedensten Bereichen der Industrie eingesetzt werden, um kabellos zwischen verschiedenen Komponenten in Maschinen kommunizieren zu können.

- **Haustechnik**
  Im Bereich Hausautomation und Alarmsysteme gibt es Produkte, welche Bluetooth 2.0 nutzen. Eine weitere Anwendung ist Bluetooth als Schlüssel, wofür jedes bluetooth-fähige Gerät als Schlüssel eingesetzt werden kann.
  Es ist hierfür keine weitere Software auf den Geräten (Mobiltelefone) notwendig.

- **Medizintechnik**
  In der Orthopädietechnik wird Bluetooth zur Einstellung von Arm- und Beinprothesen, wie Standphasendämpfung und Maximallast verwendet. Hörgeräte in den höheren Preisklassen sind ebenfalls mit Bluetooth-Empfängern erhältlich.
  Damit lassen sich die Signale von Mobiltelefonen und Audio-Geräten selektiv über einen Transponder ohne umgebungsbedingte Verzerrungen auf das Hörgerät übertragen.
  Der Transponder kommuniziert über Bluetooth und überträgt die Informationen in den Funkbereich der Hörgeräte. Bei einigen Insulinpumpen dient Bluetooth als Schnittstelle zur Kommunikation mit einem Blutzuckermessgerät, einer Fernbedienung oder einem Personalcomputer (PC).

Quellen:

https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth
http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0803301.htm

Systemüberblick

Frequenz	2,4 GHz-Band		
Modulation	GFSK		
Sendeleistung	100 mW	2,5 mW	1 mW
Mindestreichweite bei Sichtverbindung	100 m	20 m	10 m
Basisdatenrate (brutto) *	1 Mbit/s		
Standard	IEEE 802.15.1		
Anwendung	Vernetzung mobiler Kleingeräte		

*: Ab Version 2.x ist der Mode „Enhanced Data Rate" (EDR) mit Bruttodatenraten von 2 Mbit/s bzw. 3 Mbit/s möglich.
Ab Version 5 beträgt die Basisdatenrate im „Low Energy Mode" (LE) 2 Mbit/s.

1.2.8 ZigBee

ZigBee ist eine Spezifikation für funkgestützte Netze mit geringem Datenaufkommen (Hausautomation, Sensornetzwerke, Lichttechnik, ...) und Reichweiten von 10 m bis 100 m. ZigBee baut auf dem Standard IEEE 802.15.4 auf, wobei Funktionalität insbesondere um die Möglichkeit des Routings und des sicheren Schlüsselaustausches erweitert wird. Im Standard IEEE 802.15.4 sind die PHY-Schicht und die MAC-Schicht definiert, ZigBee erweitert diesen Protokollstapel um die Schichten NWK und APL. Dabei zu beachten ist, dass es sich bei ZigBee um ein Framework handelt und eine Anwendung in die APL-Schicht eingebettet wird. Die Einsatzmöglichkeiten von ZigBee sind vielfältig, z.B. in der Gebäude-Automation, im medizinischen Bereich, für Steuerungsanlagen und für alle Arten des Einsatzes von Sensoren.

Die ZigBee-Spezifikationen stellen dem Entwickler drei verschiedene Gerätearten (ZigBee Devices) zur Verfügung. Mit diesen wird ein ZigBee Wireless Personal Area Network (WPAN) aufgebaut. Folgende Rollen kann ein ZigBee-Gerät wahrnehmen:

• **Endgerät (ZigBee End Device, ZED)**
Geräte, wie zum Beispiel Steuerungs- oder Sensormodule, werden meist mit Batterien betrieben. Diese können als ZigBee-Endgeräte implementiert werden und benötigen nur einen Teil der ZigBee-Spezifikationen. Sie nehmen nicht am Routing im Netzwerk teil und können in einen Schlafmodus gehen. Sie melden sich an einem Router ihrer Wahl an und treten so dem ZigBee-Netzwerk bei. Sie können ausschließlich mit dem Router kommunizieren, über den sie dem Netzwerk beigetreten sind. Werden Daten an ein solches Endgerät geschickt und befindet sich dieses im Schlafmodus, dann speichert der Router diese Pakete, bis das Endgerät sie abruft.

• **Router (ZigBee Router, ZR)**
ZigBee-Router nehmen am Routing der Pakete durch das Netzwerk teil. Sie benötigen einen größeren Funktionsumfang und damit auch etwas mehr Hardware. ZigBee-Router treten einem Netzwerk bei, indem sie sich an einem im Netzwerk befindlichen Router anmelden. Das Routing im Netzwerk erfolgt entweder entlang einer sich so bildenden Baumstruktur (Stackprofil ZigBee) oder durch dynamisches Routing als Maschennetzwerk (Stackprofil ZigBee PRO). Tritt ein Funkmodul über einen Router dem Netzwerk bei, vergibt dieser diesem eine 16-bit-Kurzadresse (short address). Bei Maschennetzwerken erfolgt dies zufällig. Auftretende Adresskonflikte müssen erkannt und dann behoben werden.

• **Koordinator (ZigBee coordinator, ZC)**
Ein ZigBee-Koordinator startet das Netzwerk mit festgelegten Parametern. Nach dem Start übernimmt er dieselben Aufgaben wie ein ZigBee-Router.

Adressierung

Die Identifizierung eines Netzwerks erfolgt über eine erweiterte PAN-ID mit 64 bit Länge. Um unnötigen Protokolloverhead zu vermeiden, wählt der Koordinator allerdings für ein PAN bei dessen Start eine 16-bit-PAN-ID.
Jedes Funkmodul besitzt eine eindeutige 64-bit-IEEE-Adresse. Beim Eintritt in ein Netzwerk bekommt es allerdings ebenfalls eine 16-bit-Kurzadresse zugewiesen.
Bei stochastischer Adressvergabe müssen Adresskonflikte aufgelöst werden. Um Daten an ein anderes Funkmodul im selben Netzwerk zu senden, genügt damit die Angabe der 16-bit-Kurzadresse. Allerdings werden zusätzlich verschiedene Anwendungsobjekte über Endpunkte adressiert. Dieses Verfahren ähnelt dem TCP-Port bei TCP/IP. Jedem Knoten stehen 255 Endpunkte zur Verfügung. Für die Anwendungslogik sind die Endpunkte 1 bis 240 vorgesehen. Endpunkt 255 ist für Broadcast an alle Endpunkte reserviert, die Endpunkte 241 bis 254 für spätere spezielle Aufgaben. An den Endpunkt 0 gerichtete Daten sind für das ZigBee Device Object (ZDO), welches die Steuerung der Netzwerkaufgaben übernimmt.

Über ein Bindingverfahren kann auch eine indirekte Adressierung ohne Kenntnis der Adresse zum Versenden von Daten benutzt werden. Hierzu müssen sich zwei Funkmodule an einem Bindingprozess beteiligen (z.B. durch Tastendruck).

Es ist ebenfalls möglich, Nachrichten an eine Gruppe von Funkmodulen zu senden. Jedes Funkmodul speichert eine Liste mit 16-bit langen Gruppen-IDs. Ein Eintrag in dieser Tabelle bedeutet, dass das Funkmodul Mitglied der entsprechenden Gruppe ist. Die Nachricht an eine Gruppe wird über Broadcast gesendet. Die Reichweite kann allerdings dadurch begrenzt werden, in dem von Nichtgruppenmitgliedern eine Nachricht nur an eine bestimmte Anzahl von Hops weitergeleitet wird.

ZigBee Cluster Library

Um insbesondere Interoperabilität von Produkten verschiedener Hersteller zu gewährleisten, hat die ZigBee Allianz Cluster und Profile definiert. Ein Cluster funktioniert nach dem Client/Server-Prinzip. Der Server eines Cluster besitzt verschiedene Attribute, die im Allgemeinen der Client durch bestimmte Kommandos verändern kann. Eine Lampe ist z.B. ein Server des Clusters OnOff (ClusterID: 0x0006). Der Client kann durch Senden wohldefinierter Kommandos (On, Off, Toggle) den Zustand des Attributes verändern. Der Datenaustausch erfolgt über ZCL-Frames. Sämtliche Cluster sind in der ZigBee Cluster Library zusammengefasst.

ZigBee Profile

In ZigBee Profilen werden für einen bestimmten Anwendungsfall Systemvoraussetzungen und Geräte definiert. Jedes Gerät implementiert hierbei eine Menge von Clustern. Beispielprofile sind Home Automation, Building Automation und Health Care.

• ZigBee Light Link

Dieses Profil dient zur Steuerung von Lichttechnik aller Art. Die Steuerung von Farbanteilen, Helligkeit und einfach An- und Ausschalten von Lampen ist in diesem Profil vorgesehen. Auf einen Koordinator und damit auch ein Trustcenter zur Schlüsselverteilung wird der Einfachheit halber verzichtet. Die Kommunikation erfolgt immer verschlüsselt durch einen Netzwerkschlüssel. Dieser wird an ein dem Netzwerk beitretendes Funkmodul durch den sogenannten Masterkey verschlüsselt mitgeteilt. Dies ist auch die große Schwachstelle von Light Link. Der Masterkey ist für alle Light Link zertifizierten ZigBee-Produkte identisch und wird von der ZigBee Alliance nach bestandener Zertifizierung dem Hersteller mitgeteilt.

• ZigBee Home Automation

Dieses Profil kann auch zur Steuerung von Lichttechnik benutzt werden, dient aber der allgemeinen Steuerung von Geräten in Gebäuden. Die Übertragung erfolgt ebenfalls durch einen Netzwerkschlüssel. Er wird beim Eintritt in das Netzwerk durch einen Masterkey verschlüsselt verteilt. Der Masterkey ist in diesem Fall bekannt, allerdings kann durch die Benutzung eines Trustcenters der Zutritt zum Netzwerk gesperrt oder z.B. durch Betätigen eines Buttons für einige Sekunden gestattet werden. Es kann durch nicht autorisierten Zugang durchaus großer Schaden entstehen. Werden z.B. Temperaturwerte für Klimagerät, Kühlschrank oder Heizung manipuliert, kann dies erhebliche Auswirkungen haben.

Standardvarianten

• ZigBee IP

ZigBee IP ist eine im Jahr 2012 erschienene Spezifikation für ZigBee-Netze mit Anbindung an das Internet. Die ZigBee Alliance orientiert sich bei der Entwicklung an bestehenden Protokollen von Standardisierungsgremien wie IETF, IEEE, W3C, ISO und IEC. Der Stack nutzt in der Netzwerk-Schicht (OSI-Modell Network Layer) unter anderem die von der IETF entwickelten Protokolle 6LoWPAN und RPL. Das 6LoWPAN-Protokoll ermöglicht die direkte Anbindung von Geräten oder Sensoren an das Internet über IPv6 (Internet of Things).

• ZigBee RF4CE

RF4CE ist ein Akronym für „radio frequency for consumer electronics“. ZigBee-RF4C ist eine weitere auf dem Standard IEEE 802.15.4 aufbauende Spezifikation der ZigBee Allianz. Sie ist im Jahr 2010 als eigenständige Spezifikation erschienen und behandelt einfache und kostengünstige funkgestützte Netze zur Steuerung von Geräten (z.B. Home Entertainment, Lichtsteuerung, ...). Routing wird in diesen Netzen nicht unterstützt. Ein fernzusteuerndes Gerät bildet ein eigenes PAN (Personal Area Network). Die Fernsteuerung tritt diesem Netzwerk bei. Um mehrere Geräte zu steuern, partizipiert die Fernsteuerung im Allgemeinen an mehreren PANs. Auch ein fernzusteuerndes Gerät kann Mitglied eines zweiten PANs sein, wenn es selbst fernzusteuernde Aufgaben erfüllt. Wenn der DVD-Player von der Fernbedienung gestartet wird, dann soll er gleichzeitig auch den Kanal des TV-Gerätes wechseln.

Anwendungsgebiete

- Heim- und Gebäudeautomatisierung
- Steuerung von Hausgeräten
- Anlagensteuerung
- Güterüberwachung
- Funkmelder
- Unterhaltungselektronik (z.B. 3D-Shutterbrillen)
- Computer-Peripherie

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/ZigBee
https://de.wikipedia.org/wiki/IEEE 802.15.4

Systemübersicht

Frequenz	868 – 868,5 MHz [Europa] 902 – 928 MHz [USA] 2400 – 2483,5 MHz [weltweit]
Modulation	BPSK [unterhalb 1000 MHz] Offset-QPSK [2,4 GHz]
Spreizverfahren	PSSS
Datenrate (brutto)	250 kbit/s
Sendeleistung	1 mW
Reichweite	100 m [im Freien] 30 m [in Gebäuden]
Standard	IEEE 802.15.4
Anwendung	Hausautomation

1.2.9 Z-Wave

Z-Wave ist ein Standard für funkgestützte Kommunikation, der von der Firma Sigma Designs und der Z-Wave Alliance für die Heimautomation entwickelt wurde. Diese Funkkommunikation ist auf geringen Energieverbrauch und hohe Kommunikationssicherheit optimiert.

Physikalische Ebene

Z-Wave nutzt Funkfrequenzen zwischen 850 MHz und 950 MHz. Gegenüber dem alternativ von Funktechniken (wie WLAN) genutzten 2,4-GHz-Frequenzband bieten diese Frequenzen eine deutlich bessere Durchdringung durch Wände und weniger Verluste durch Reflexionen. Nachteilig ist, dass es keine einzelne weltweit verfügbare Funkfrequenz in diesen Frequenzbändern gibt. Alle europäischen Länder sowie ein großer Teil der asiatischen Länder verwenden die von der Organisation CEPT freigegebene Frequenz des SRD-Bandes von 868,4 MHz bzw. 869 MHz. Alternative Frequenzen in Nordamerika liegen im ISM-Band bei 908 MHz oder in Südamerika bei 921 MHz.

Z-Wave nutzt als Modulation Frequenzumtastung (FSK) mit 20 kHz Frequenzhub. Es werden Datenraten von 76,8 kbit/s, 320 kbit/s und 800 kbit/s auf verschiedenen Frequenzen verwendet, die dynamisch entsprechend der vorhandenen Funksituation umgeschaltet werden. Die Funkleistung von Z-Wave ist auf wenige mW begrenzt, obwohl das SRD-Band mit 25 mW eine deutlich höhere Sendeleistung erlauben würde. Als Resultat wird eine Funkreichweite von ca. 150 m im Freifeld erreicht. In Gebäuden sind eine Funkreichweite von 40 m Mindestanforderung an Z-Wave-Geräte.

Netzwerk-Funktionen

Die Adressierung der Z-Wave-Geräte erfolgt anhand einer gemeinsamen 4 Byte langen Home ID sowie einer nur innerhalb des Netzes gültigen 1 Byte langen Node ID. Damit können mehrere Funknetze parallel in einem Haus betrieben werden. Der Prozess der Zuweisung einer gemeinsamen Home ID und einer individuellen Node ID an ein neues Gerät heißt bei Z-Wave Inclusion und wird vom das Netz organisierenden Primärcontroller gesteuert. Als solcher kann in kleinen Netzen eine mobile Fernbedienung genutzt werden. In größeren Netzen wird meist eine Zentralsteuerung mit IP-Zugang zur Konfiguration und Steuerung des Hauses eingesetzt. Es lassen sich gesamt 232 Geräte in einem Netz adressieren. Über Bridges können unterschiedliche Z-Wave-Netze miteinander verbunden werden.

Z-Wave nutzt Zweiwege-Kommunikation mit Rückbestätigung. Nur erfolgreich bestätigte Datagramme gelten als erfolgreich versendet. Bei Kommunikationsfehlern wird der Sendevorgang bis zu dreimal wiederholt. Z-Wave implementiert als Netzwerktopologie eine Funkvermaschung, bei der jedes netzbetriebene Gerät Datagramme anderer Geräte im eigenen Netz weiterleiten kann. Das damit entstehende vermaschte Netz wird ebenfalls vom Primärcontroller gesteuert und die Routen bei Veränderungen des Netzes aktualisiert. Routen können sich über bis zu vier Hops erstrecken.

Alle netzbetriebenen Geräte sind ständig funkaktiv und können daher als Router dienen. Batteriebetriebene Sensoren und Aktoren sind meist inaktiv und wachen periodisch auf, um Kommandos entgegenzunehmen und auszusenden.

Anwendungsebene

Eine Besonderheit von Z-Wave ist die Vereinheitlichung der Anwenderebene, um die Interoperabilität von Geräten unterschiedlicher Hersteller zu gewährleisten. Z-Wave-Geräte werden in verschiedene Geräteklassen eingeteilt, die wiederum bestimmte Pflichtkommandos und Pflichtfunktionen implementieren müssen. Jeder Hersteller kann eigene zusätzliche Funktionen und Kommandos hinzufügen; muss diese aber entsprechend der Z-Wave-Spezifikation implementieren. Die Zertifizierung der Z-Wave-Geräte prüft, ob die Pflichtfunktionen der gewählten Geräteklasse korrekt und vollständig implementiert sind und auch alle anderen angebotenen Funktionen der Spezifikation entsprechen. Jedes Gerät kann Funktionen in bis zu 128 Kanälen anbieten, um identische Funktionen (wie zum Beispiel mehrere Schaltrelais in einem Gerät) korrekt abbilden zu können.

Einsatzgebiete

Haupt-Einsatzgebiet von Z-Wave ist die Heimautomation in Wohnungen und Wohnhäusern, also die funkgestützte Steuerung von Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Alarmanlagen, Klimaanlagen und vergleichbaren Systemen. Darüber hinaus ist auch eine Steuerung von Audio- und Videogeräten sowie Energiezählern möglich. Wegen der geringen Bandbreite ist Z-Wave nicht für die Übertragung von Audio- oder Videodaten geeignet. Jedoch ermöglicht die sichere Übertragung der Daten den Einsatz in Zutritts- und Sicherheitssystemen.

Systemüberblick

Frequenz	850 – 950 MHz 868,4 – 869 MHz [Europa]
Modulation	FSK; 20 kHz Frequenzabstand
Datenrate	76,8 kbit/s; 320 kbit/s; 800 kbit/s
Sende-leistung	wenige mW
Reichweite	150 m [im Freien] 40 m [in Gebäuden]
Standard	Recommendation ITU-T G.9959
Anwendung	Hausautomation

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Z-Wave

1.2.10 Enocean

Enocean bezeichnet einen vor allem in der Überwachung und Steuerung von Haus- und Gebäudetechnik genutzten herstellerübergreifenden Standard für batterielose Funksensorik und unterscheidet sich von anderen in der Gebäudeautomation genutzten Funksensorik-Systemen (wie z.B. ZigBee und Z-Wave) vor allem durch das Prinzip des „energy harvesting“, bei dem die Sensoren und Schalter überwiegend batterielos arbeiten.

Die Idee der Enocean-Technologie beruht darauf, dass für das Senden von kurzen Funksignalen nur geringe Mengen an Energie benötigt werden. Die Sender nutzen daher die Piezoelektrizität von Schaltern, die Energie von Solarzellen oder Peltier-Elementen verwenden oder auch die Bewegungsenergie mittels elektrodynamischer Energiewandler nutzen. Diese Energie reicht aus, um Sender batterielos und somit wartungsarm zu betreiben. In einigen Anwendungsfällen sind jedoch weder gute Lichtverhältnisse noch mechanische Betätigungen zu erwarten, sodass in solchen Fällen auch Batterien als Energiequelle eingesetzt werden.

Das Funkprotokoll ist darauf ausgerichtet, Informationen energiearm mit hoher Zuverlässigkeit zu übertragen. Dafür werden in Europa die Frequenz 868,3 MHz, in Japan die Frequenz 928 MHz und in Nordamerika die Frequenzen 315 MHz (vorrangig) sowie 902 MHz verwendet. Im März 2012 hat die International Electrotechnical Commission (IEC) mit ISO/IEC 14543-3-10 den Enocean-Funk als internationalen Standard herausgegeben.

Der Standard umfasst die Schichten 1 bis 3 des OSI (Open Systems Interconnection)-Modells, also den Physical Layer, den Data Link Layer und den Networking Layer. Die vollständige Bezeichnung des Standards lautet: ISO/IEC 14543-3-10 Information Technology – Home Electronic Systems (HES) – Part 3-10: Wireless Short-Packet (WSP) Protocol optimized for Energy Harvesting – Architecture and Lower Layer Protocols. Die Funkreichweite beträgt bei freier Sicht bis zu 300 m bzw. bis zu 30 m in Gebäuden. Es wird mit einer Datenrate von 125 kbit/s gearbeitet.

Systemüberblick

Frequenzbereich	868,3 MHz [Europa] 315/902 MHz [Nordamerika] 928 MHz [Japan]
Modulation	Amplitudenumtastung
Datenrate	125 kbit/s
Reichweite	300 m [im Freien] 30 m [in Gebäuden]
Standard	ISO/IEC 14543 - 3 - 10
Anwendung	Gebäude-Management

Da kein Mechanismus zur Vermeidung von Kollisionen existiert, wird versucht, diese durch die Beschränkung auf möglichst kleine und damit kurze Datenpakete gar nicht erst auftreten zu lassen. Als Modulation kommt bei dem Funksignal Amplitudenumtastung [amplitude shift keying (ASK)] zum Einsatz, die sich elektronisch einfach und energiesparend realisieren lässt.

Erweiterte Sicherheitskonzepte wie Verschlüsselung der Funkdaten und Rolling Code verhindern, dass die Datenpakete von Enocean-Sendern unbemerkt abgegriffen werden können. Zudem wird das Senden eines Datenpaketes von den originären Enocean-Komponenten nur unter Verwendung festgelegter IDs mit 32 bit Länge, so dass die Manipulation eines Enocean-gestützten Systems von außen nur bedingt möglich ist. Einen Schutz gegen Signale einer eigenen Implementierung des relativ simplen Funkstandards gibt es jedoch nicht.

In Smart-Home-Anwendungen müssen beispielsweise bei älteren Produkten, die noch ohne Remote-Management-Funktionen auskommen, alle Lampen, die über eine Hausautomatisierungssoftware geschaltet werden sollen, neben dem normalen Schalter auch auf ein entsprechendes Gateway eingelernt werden.

Die Enocean-Komponenten der so genannten Dolphin-Plattform arbeiten bidirektional und bieten sowohl Sende- als auch Empfangsmöglichkeiten. Die Geräte werden in Sensoren (Schalter, Temperaturfühler, Bewegungsmelder, Helligkeitssensoren, digitale und analoge Eingänge, ...) und Aktoren (Relais, digitale und analoge Ausgänge, Dimmer, ...) eingeteilt.

Im Gegensatz zu anderen Technologien der Gebäudeautomatisierung ist eine Bestätigung des Empfangs eines Datenpaketes in der Spezifikation vorgesehen. Mittlerweile sind auch kommerzielle Geräte verfügbar, welche die Feststellung ermöglichen, ob ein Steuerbefehl erfolgreich ausgeführt wurde.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Enocean

1.2.11 IrDA

IrDA ist ein Standard für die ungeführte (also „drahtlose“) optische Punkt-zu-Punkt- Datenübertragung mittels infrarotem Licht (850 nm bis 900 nm). Dabei steht die Übertragung im Nahbereich bei Reichweiten von kleiner 1 m und Sichtverbindung [line of sight (LOS)] im Vordergrund. IrDA wird bei Laptops, Druckern, Kameras und Mobiltelefonen eingesetzt. Ein Einsatz bei der Einführung von Smart-Metern wird erwartet. Vorteile des IrDA-Standards sind der vergleichsweise hohe Datendurchsatz, die hohe Abhörsicherheit auf Grund der geringen maximalen Reichweite, der niedrige Energieverbrauch pro übertragenem Byte oder die hohe Zuverlässigkeit wegen der niedrigen Bitfehlerraten (BER). Nachteile ergeben sich vor allem aus der Notwendigkeit einer Sichtverbindung zwischen Sendeseite und Empfangsseite.

Fernbedienungen im Bereich der Unterhaltungselektronik (z.B. TV-Geräten) arbeiten üblicherweise zwar auch mit Infrarot-Datenübertragung. Deren proprietäre Protokolle wie RC-5 unterscheiden sich jedoch vom IrDA-Protokoll.

Auf der physikalischen Ebene zeichnet sich IrDA durch die folgenden Parameter aus:

- Wellenlänge: 850 – 900 nm
- Modulation: keine (Basisband)
- Datenraten: 2,4 kbit/s bis 1 Gbit/s
- Öffnungswinkel: ±15°
- Reichweite:
  - Standard: 1 m
  - Low-Power: 0,2 m
  - Standard zu Low-Power: 0,3 m

Bei IrDA sind Datenraten bis 1 Gbit/s möglich, was mittels unterschiedlicher Codierer und Framer realisiert wird. Es lassen sich nachfolgende Versionen von IrDA unterscheiden:

SIR (Serial Infrared)
- Datenrate: 9,6 bis 115,2 kbit/s (analog zu UART-Datenraten)
- Leitungscode: RZI, 3/16-Pulse
- Fehlerkorrektur: 16-bit-CRC

Die Datenrate von 2,4 kbit/s ist optional und wird nur selten implementiert. Für den Discovery-Prozess und den Verbindungsaufbau wird 9,6 kbit/s verwendet. Nach dem Aushandeln der entsprechenden Verbindungsparameter wird auf die Zieldatenrate umgeschaltet.

MIR (Medium Infrared)
- Datenrate: 0,576 Mbit/s und 1,152 Mbit/s
- Leitungscode: RZI, 1/4-Pulse, HDLC-Bit-Stuffing
- Fehlerkorrektur:16-bit CRC

FIR (Fast Infrared)
- Datenrate: 4 Mbit/s
- Leitungscode: Four Pulse Position Modulation (4PPM)
- Fehlerkorrektur: 32-bit-CRC (IEEE 802)
- Max. Framegröße: 2 kB

VFIR (Very Fast Infrared)
- Datenrate: 16 Mbit/s
- Leitungscode: NRZI, HHH(1,13)
- Fehlerkorrektur: 32-bit-CRC (IEEE 802)
- Max. Framegröße: 2 kB

UFIR (Ultra Fast Infrared)
- Datenrate: 96 Mbit/s
- Leitungscode: NRZI, 8 bit/10 bit-Code
- Fehlerkorrektur: 32-bit-CRC (IEEE 802)
- Max. Framegröße: 32 kB

GIR (Giga-Infrared)
- Datenrate: 512 Mbit/s und 1 Gbit/s
- Leitungscode:
  2-ASK: 8bit/10 bit-Code, 512 Mbit/s, NRZI
  4-ASK: modifizierter 8 bit/10 bit-Code, 1 Gbit/s, NRZI
- Fehlercode: 32-bit-CRC (IEEE 802)
- Max. Framegröße: 64 kB

In der Middleware des IrDA-Software-Stacks sind die folgenden Protokolle implementiert:

IrLAP
IrLAP (Infrared Link Access Protocol) stellt eine zuverlässige Übertragung von Daten sicher.
- Zugriffskontrolle auf dem Infrarotkanal
- Ermitteln von Kommunikationspartnern
- Bereitstellen einer zuverlässigen Voll-Duplex-Verbindung
- Aushandlung der Rollenverteilung (Primary-Secondary)

IrLMP
IrLMP (Infrared Link Management Protocol) stellt mehrere logische Kanäle auf einer physikalischen Verbindung zur Verfügung.
- Bereitstellung mehrerer logischer Verbindungen
- Verhüllung der Rollenverteilung

Wichtige Applikation-Layer sind IrCOMM, IrOBEX, IrSimple, IrFM oder IrLAN.

Der IrDA-Standard findet Anwendung bei:
- Druckern
- Kameras
- Mobiltelefonen
- Multifunktionsuhren
- Wartung von Bordcomputern/Industrie-PCs
- Telemedizinische Geräten

Systemüberblick

Wellenlänge	850 – 900 nm
Modulation	keine (Basisband)
Datenrate	2,4 kbit/s bis 1 Gbit/s
Öffnungswinkel	± 15 Grad
Reichweite	0,2 m bis 1 m
Anwendungen	Laptops, Drucker, Kameras, SmartPhones, ...

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Infrared_Data_Association

1.3 Internet

Die Bezeichnung Internet ist die Kurzform von „interconnected networks“ und bedeutet die wahlfreie Verbindung zwischen unabhängigen Computernetzen. Es handelt sich beim Internet im Prinzip um das Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Computern und Servern in einem weltumspannenden Netz. Es dient dem Austausch von Informationen und der Kommunikation. Jeder Computer eines Netzes kann dabei grundsätzlich mit jedem Computer eines anderen Netzes kommunizieren, wobei dies über definierte Protokolle erfolgt.

Das wesentliche Merkmal des Internets ist die Verwendung des Transportprotokolls IP (internet protocol) in Verbindung mit einer einheitlich strukturierten Adressierung (IP-Adresse) jedes angeschlossenen Gerätes. Es gibt kein zentrales Netzmanagement, sondern lediglich die gezielte Übertragung von Datenpaketen auf Basis der im Kopfteil (header) angegebenen Adresse.

Der Weg von Datenpaketen ist im Internet nicht vorbestimmbar, sie werden von Router zu Router weitergereicht und gelangen nicht unbedingt auf direktem Weg zum Zielcomputer, sondern stets auf dem Weg, für den Übertragungskapazität zu dem Zeitpunkt verfügbar ist. Abhängig vom Verkehrsaufkommen im Netz kann theoretisch jedes Datenpaket auf einem anderen Weg zum Ziel gelangen. Die Festlegung des Übertragungsweges im Internet wird als Routing bezeichnet. Jeder Netzknoten ist autonom und führt die Kommunikation zu den anderen Knoten gemäß definierter Routing-Prozeduren durch.

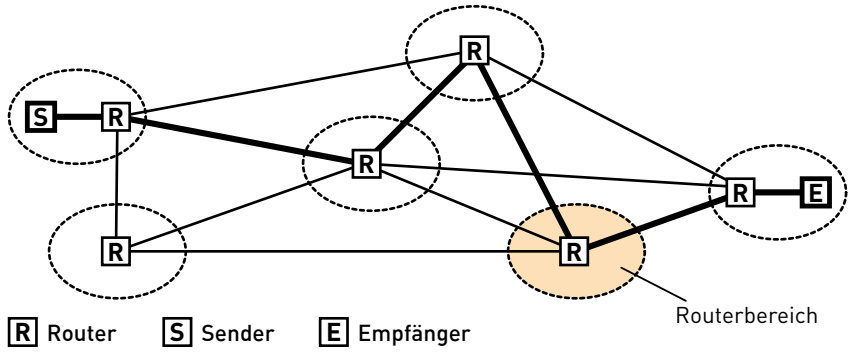
OSI	Protokolle	Internet
Anwendung	SMTP FTP	Anwendung
Darstellung	HTTP	
Sitzung	RTP/RTCP	
Transport	TCP UDP	Transport
Netzwerk	IP	Internet
Sicherung		Netzwerk
Bitübertragung		

Bild 1.3-2 Schichten und Protokolle beim Internet

Der große Erfolg des Internets erklärt sich aus den zahlreichen Diensten und Anwendungen, die jedoch alle eine einheitliche Protokollarchitektur für die Übertragung verwenden. Das entsprechende Schichtenmodell entspricht zwar dem OSI-Referenzmodell nicht in allen Details, es besteht jedoch eine gute Vergleichbarkeit.

Die Basis für jede Übertragung stellt das bereits aufgezeigte Transportprotokoll IP dar. Es ist für die verbindungslose Datenübermittlung vom Sender zum Empfänger zuständig, wobei dies auch über mehrere Netze erfolgen kann. Eine Abhängigkeit vom verwendeten Übertragungsmedium besteht nicht.

Bild 1.3-1 Routing im Internet



Folgende Informationen werden vom Internet-Protokoll erstellt oder ausgelesen:

- Quellen-IP-Adresse: Identifiziert den Sender über seine IP-Adresse
- Ziel-IP-Adresse: Identifiziert den Empfänger, also das Ziel
- Protokoll: Informiert das Ziel, ob Datenpakete an TCP oder UDP weitergegeben werden sollen
- Prüfsumme: Prüfvorgang, ob die Datenpakete unbeschädigt beim Ziel angekommen sind
- „Lebenszeit“ von IP-Datenpaketen [time to live (TTL)]): Angabe der Existenz eines IP-Datenpakets in Sekunden. Um Endlosläufe von Datenpaketen zu verhindern, wird TTL reduziert, wenn es in einem Router aufgehalten wird.

Das IP ist für die folgenden wichtigen Aktivitäten zuständig:
Es bietet der darüber liegenden Schicht (TCP, UDP) einen ungesicherten, verbindungslosen Dienst an.

- Es adressiert Computer.
- Es fragmentiert Informationspakete.
- Es führt das Routing durch, also den zielgerichteten Transport.

Die Bestätigung empfangener Datenpakete erfolgt in einer höheren Schicht des Internet-Kommunikationsmodells.

Die IP-Adresse besteht in der bisher noch überwiegend verwendeten Version 4 (IPv4) aus 32 bit. Inzwischen erfolgt der Übergang auf die Version 6 der IP-Adressierung. Jede IPv6-Adresse umfasst 128 bit und verfügt deshalb im Vergleich zu IPv4 über einen wesentlich größeren Adressvorrat. Sie ist für Multimedia besser geeignet und zu IPv4 abwärtskompatibel.

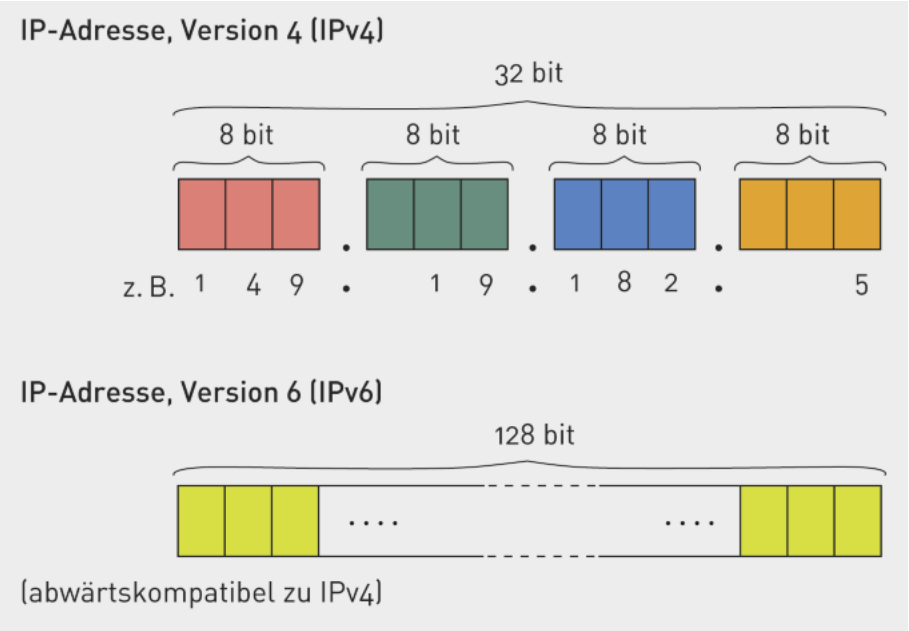


Bild 1.3-3 IP-Adressierung

Nachfolgend sind die gegenüber IP höher liegenden Protokolle bezüglich ihrer Funktion tabellarisch aufgelistet:

- **TCP [transmission control protocol]:**
Ermöglicht verbindungsorientierte Datenübertragung als Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit Datensicherung im Vollduplex-Betrieb, wenn kein Echtzeitbetrieb vor-gesehen ist

- **UDP [user datagram protocol]:**
Ermöglicht ungesicherte, verbindungslose Datenübertragung in Echtzeit

- **RTP [realtime transfer protocol]:**
Dieses Protokoll setzt auf IP und UDP auf. Es sichert Echtzeitübertragungen, da es fehlende, doppelte oder in falscher Reihenfolge empfangene Datenpakete erkennt und entsprechende Korrektur-maßnahmen veranlasst.

- **RTCP [realtime control protocol]:**
Dieses Protokoll steuert den Datentransport in Verbindung mit der Funktionalität des RTP. Es überträgt außerdem Statusinformationen über die vom Sender verwendeten Daten- und Codierformate.

- **HTTP [hypertext transfer protocol]:**
Dieses Protokoll ist objektorientiert, stellt die Kommunikation zwischen Browsern und Servern im Internet sicher und ermöglicht Multimediakommunikation mit Sprüngen zu verschiedenen Datenquellen. Die Daten werden dabei in der „Markierungssprache“ HTML [hypertext markup language] übertragen.

- **FTP [file transfer protocol]:**
Dieses Protokoll ermöglicht den bidirektionalen Datenaustausch unmittelbar zwischen zwei Computern und/oder Servern.

- **SMTP [simple mail transfer protocol]:**
Dieses Protokoll ist TCP/IP-basiert und ermöglicht die Übermittlung von E-Mails. Es besteht aus dem Kopfteil [header] für die Adresse und dem Rumpfteil [body] für die Nutzlast [payload]. Der Zusatz MIME [multipurpose internet mail extension] gestattet mehrere Kopfteile und mehrere Rumpfteile. Das ermöglicht den Versand verschiedenartiger Dokumente (z.B. Text, Grafik, Audio, Video) per E-Mail.

Im Internet gibt es eine Vielzahl von Anwendungen und Diensten. Dazu gehören unter anderem:

- **E-Mail**
Ermöglicht den Austausch beliebiger elektronischer Dokumente.

- **WWW [world wide web]**
Ermöglicht den weltweiten Zugriff auf multimediale Informationen von Websites.

- **VoIP [voice over internet protocol]**
Sprachtelefonie über das Internet

- **Rundfunk (TV und Radio)**
Übertragung von Fernsehprogrammen und Hörfunkprogrammen im Streaming-Modus.

- **Cloud**
Im Internet etablierte Server, auf die Nutzer durch hochladen [upload] beliebige Inhalte speichern und diese jederzeit auch wieder runterladen [download] können. Im Bedarfsfall ist auch eine Bearbeitung der hochgeladenen Daten möglich.

- **VoD [video on demand]**
Ermöglicht den zeitunabhängigen Zugriff auf angebotene Inhalte (z.B. Filme)

- **Mediatheken**
Ermöglicht den zeitunabhängigen Zugriff auf bereits gesendete Programmbeiträge.

- **Podcast**
Ermöglicht das Herunterladen von auf Servern im Internet gespeicherter Audio- oder Videobeiträge zur Zwischenspeicherung vor der Wiedergabe.

- **Foren [chat]**
Ermöglicht Nutzern die unmittelbare Textkommunikation im Halbduplex-Betrieb.

1.4 DVB und IP

Digitaler Rundfunk [digital broadcasting] bedeutet die unidirektionale Übertragung digitaler Radio- und Fernsehprogramme über Satelliten, Kabelnetze oder terrestrische Sender in Echtzeit [realtime]. Damit sollen möglichst viele Teilnehmer gleichzeitig erreicht werden.

Bei IP [internet protocol] handelt es sich dagegen um ein Transportprotokoll, dessen Nutzung im Internet verbindlich vereinbart ist. Im Gegensatz zum digitalen Rundfunk basiert das Internet auf individueller Datenübertragung zwischen zwei Stellen, was als Unicast bezeichnet wird. Dafür kommen als Rahmen [frame] bezeichnete Datenpakete zum Einsatz. Bei ihrem Empfang festgestellte Fehler lassen sich in der Regel durch wiederholte Übertragung der betroffenen Datenpakete kom-pensieren, was allerdings die Übertragungszeit für das jeweilige Dokument verlängert. Ein solches Verfahren ist beim digitalen Rundfunk nicht anwendbar, weil hier die Übertragung bekanntlich in Echtzeit erfolgt. Um die kontinuierliche Übertragung von Bild und Ton via IP gewährleisten zu können, wurden das als Streaming bezeichnete Konzept entwickelt, bei dem es sich im Prinzip um die intelligent gesteuerte Nutzung von Servern mit Pufferspeichern handelt, was die richtige Reihenfolge der Datenpakete ohne merkbare Unterbrechungen bei der Wiedergabe ermöglicht. Dafür ist stets ein entsprechender Prozessoraufwand erforderlich, was abhängig von der Verarbeitungsgeschwindigkeit stets ein zeitlich verzögertes Signal bewirkt.

Neben der Übertragung von Rundfunkprogrammen via IP in Echtzeit, kann diese auch mit Zeitversatz [timeshift] auf Abruf erfolgen. Beim Direktempfang liegt lineares Fernsehen vor, während bei der zeitversetzten Übertragung nicht-lineares Fernsehen gegeben ist. Da beide Varianten denselben Übertragungsmechanismus verwenden, brauchen für die weiteren Betrachtungen keine Unterscheidungen berücksichtigt werden.

Als ein erstes Zwischenergebnis lässt sich feststellen, dass digitaler Rundfunk nicht nur über digitale Rundfunknetze sondern auch über IP-basierte Netze (Kurzform: IP-Netze), wie zum Beispiel dem Internet, übertragen werden kann. Dabei ist es mit entsprechendem technischem Aufwand auch möglich, den gleichzeitigen Zugriff mehrerer Nutzer auf dasselbe oder unterschiedliche Programme zu realisieren. Dies erfolgt durch den Einsatz von Servern, Routern und Switches, die das ankommende Signal auf mehrere Ausgänge verteilen. Dadurch geht Unicast auf Multicast über, wobei durch geschickte Kaskadierung der angeführten Funktionseinheiten auch viele Teilnehmeranschlüsse gleichzeitig erreichbar sind.

Digitaler Rundfunk wurde hauptsächlich durch die Standardisierung DVB [digital video broadcasting] ermöglicht, primär konzipiert für Fernsehen (TV), aber ebenso für Hörfunk (Radio) geeignet. Vergleichbar IP wird auch bei DVB mit Rahmen [frame] gearbeitet, es besteht jedoch keine Kompatibilität zwischen beiden Verfahren, weil DVB für die „Broadcast (BC)-Welt“ entwickelt wurde, während IP zur „Broadband (BB)-Welt der Informationstechnik [information technology (IT)] gehört.

Bei der Übertragung von TV- und Radioprogrammen im Streaming-Modus über das Internet ist zu berücksichtigen, dass systembedingt zwei Übertragungsvarianten zu unterscheiden sind, nämlich einerseits das offene Internet (World Wide Web (WWW)) und andererseits die an dieses und von den Internet-Diensteanbietern [internet service provider (ISP)] betriebenen Zugangsnetze [access network], über die der Zugang der Nutzer auf das Internet erfolgt.

Werden Programme über den ISP eingespeist, dann handelt es sich um IPTV [internet protocol television].Für die Einspeisung von Programmen in das offene Internet hat sich der Begriff OTT [over the top] etabliert, wobei diese Anbieter keine eigene Infrastruktur betreiben. Es sind aber auch die Bezeichnungen Internetfernsehen (Web-TV) bzw. Internetradio (Web-Radio) üblich. Daraus folgt:

Broadcast via IP = IPTV und/oder OTT

Im Gegensatz zu IPTV kann für OTT-Angebote keine Dienstgüte [quality of service (QoS)] zugesichert werden.

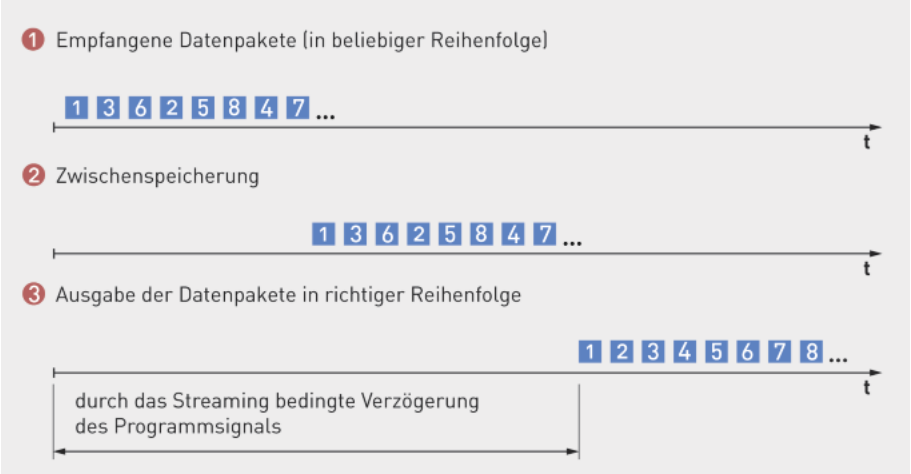
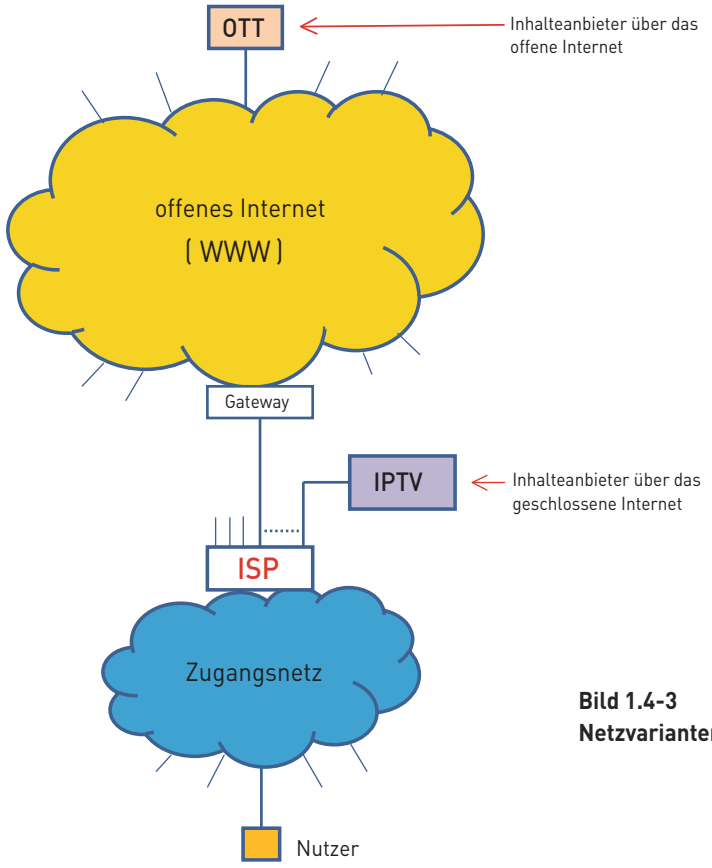


Bild 1.4-1 Streaming (Konzept)

Bild 1.4-2 IPTV und OTT



In der Praxis gewinnt die Konvergenz zwischen Broadcast und Broadband für den Nutzer immer größere Bedeutung. Deshalb stellt sich die Frage, welches Konzept er bevorzugen soll oder wie er beide zusammen optimal nutzen kann. Dabei ist folgende Situation zu berücksichtigen:

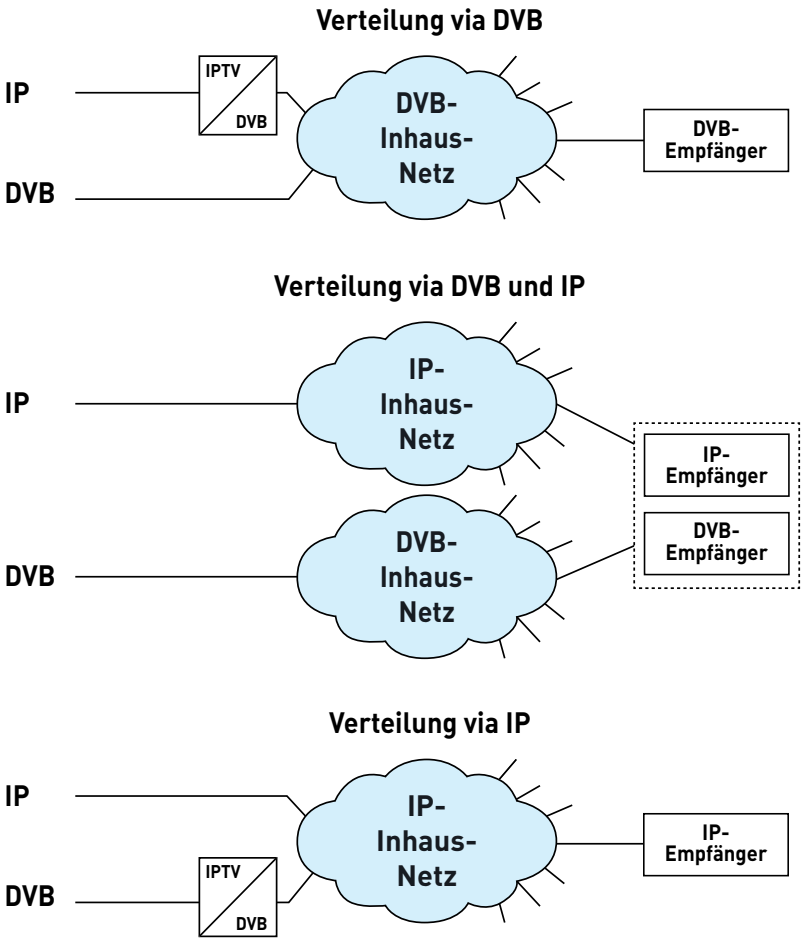
- Einerseits steht digitaler Rundfunk als digtales Satellitenfernsehen DVB-S/S2 [digital video broadcasting via satellite], digitales Kabelfernsehen DVB-C [digital video broadcasting via cable network] oder digitales Antennenfernsehen DVB-T/T2 [digital video broadcasting via terrestrial transmitter] zur Verfügung.

- Andererseits arbeitet jeder einfache Internetanschluss, jedes leitungsgebundene lokale Datennetz [local area net-work (LAN)] und jedes funkgestützte lokale Datennetz [wireless local area network (WLAN)] IP-basiert.

In der Praxis stehen viele Programme über DVB und IP zur Verfügung. Dabei gibt es zwischen Rundfunknetzen und IP-Netzen (z.B. DSL) bei der Signalqualität inzwischen keine merkbaren Unterschiede mehr, wenn die verfügbare Datenrate (= Bitrate) hinreichend groß ist.

Solange nur ein Endgerät beim Nutzer vorhanden ist, verläuft die Entscheidung zwischen DVB und IP meist relativ einfach. Interessant wird es allerdings, wenn mehrere Endgeräte in einem Haushalt versorgt und unterschiedliche Programme empfangen werden sollen. Es ist dann zu entscheiden, wie und auf welchem Weg Rundfunk empfangen und an die Teilnehmeranschlüsse verteilt werden soll. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die im Handel verfügbaren normalen TV-Geräte üblicherweise für Satellit, Kabel und/oder Terrestrik ausgelegt sind, aber nur als Smart-TV-Geräte auch für IP.

Bild 1.4-3
Netzvarianten zwischen DVB und IP



Der Empfang von Rundfunkprogrammen und anderer Anwendungen über das Internet erfordert einen ausreichend breitbandigen Internetanschluss was 16 Mbit/s oder mehr bedeutet. Die Empfangsgeräte müssen in diesem Fall allerdings IP-fähig sein, was zum Beispiel bei Smart-TV-Geräten gegeben ist.

Die Entscheidung zwischen DVB und IP wird primär durch das vorhandene In-Haus-Netz und die verfügbaren Endgeräte bestimmt. Grundsätzlich lassen sich folgende Varianten für die Verteilung von Fernsehprogrammen unterscheiden:

- Verteilung ausschließlich als DVB
- Gleichzeitige Verteilung als DVB und über IP
- Verteilung ausschließlich über IP
  An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass im Bedarfsfall eine Konvertierung von DVB in IP bzw. von IP in DVB erforderlich ist. Das bedeutet jedoch stets einen entsprechenden technischen Aufwand und stellt eine kostenrelevante Maßnahme dar.

Sollen Fernsehprogramme nur als DVB verteilt werden, dann müssen die IP-Streams für jedes Programm in ein DVB-Signal konvertiert und danach in einem Multiplex zusammengefasst werden.

Eine separate Verteilung von DVB und IP ist nur möglich, wenn für beide Signalformen jeweils ein Verteilnetz zur Verfügung steht. Bei ausschließlicher Verteilung der Fernsehprogramme über IP ist ggf. ein für Internetanwendungen bereits vorhandenes lokales Datennetzes in der Wohnung oder im Haus nutzbar. Bei diesem kann es sich um die leitungsgebundene Version (LAN) oder die funkgestützte Version (WLAN) handeln. Viele Router unterstützen beide Netzvarianten. Bei der aufgezeigten Form dieser Programmverbreitung ist es allerdings erforderlich, jedes DVB-Programm in einen IP-Stream umzusetzen.

Der ausschließliche Einsatz von IP-Netzen in der Wohnung oder im Haus für die Verteilung der Fernsehprogramme bietet folgende Vorteile:

- Diese Netze werden bereits für Internet-Anwendungen genutzt.
- Für IPTV-Angebote sind keine gesonderten Maßnahmen erforderlich.

IP-Netze sind wesentlich flexibler als die klassischen Kabelnetze in Koaxialtechnik, weil über WLAN neben der stationären auch die portable Nutzung möglich ist.

Im vorstehend angeführten Fall wäre also lediglich die Konvertierung von DVB auf IP erforderlich, was die Umsetzung jedes DVB-Programms in einen IP-Stream bedeutet. Bei dieser Konstellation ist es allerdings erforderlich, dass die eingesetzten Endgeräte IP-fähig sind. Bei Smart-TV-Geräten liegt das systembedingt bereits vor, im Falle üblicher Fernsehempfänger für DVB müsste eine für IP geeignete Set-Top-Box (STB) vorgeschaltet werden.

An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass Programme mit normaler Bildauflösung [standard definition television (SDTV)] und hoher Bildauflösung [high definition television (HDTV)] zwischen DVB und IPTV keine Unterschiede in der Qualität aufweisen.

Als weiteres Zwischenergebnis lässt sich somit feststellen, dass die In-Haus-Verteilung von Fernsehprogrammen über IP grundsätzliche Vorteile bietet, weil die erforderliche Infrastruktur auch für alle anderen Internetanwendungen genutzt werden kann, wobei über WLAN auch der Einsatz portabler Endgeräte möglich ist. Diese Variante erscheint deshalb bei neuen Installationen von Vorteil. Damit ist nach bisherigen Erkenntnissen Zukunftssicherheit gewährleistet. Die vorstehend aufgezeigte Art der Signalverteilung stellt einen Mehrwert für den Nutzer dar, da es sich um eine einheitliche Basis handelt, über die unterschiedliche Inhalte ohne gegenseitige Beeinflussung übertragen werden können.

Zusammenfassend ist erkennbar, dass sich digitaler Rundfunk und IP nicht gegenseitig ausschließen, sondern bezüglich der Verbreitung sogar ergänzen. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Versorgungskonzepte von digitalem Rundfunk (Broadcast) und IP (Broadband) lassen sich aus Sicht der heutigen Gegebenheiten folgende Aussagen treffen:

- Digitaler Rundfunk ist bezogen auf die Verbreitung von Radio- und Fernsehprogrammen aus wirtschaftlichen Gründen vorrangig für großflächige Versorgung geeignet.
  Theoretisch können dabei beliebig viele Nutzer (Teilnehmer) gleichzeitig auf ein großes Programmangebot zugreifen. Dies gilt neben Satellit und Kabel auch für die Terrestrik, bei der nicht nur stationärer, sondern auch portabler und mobiler Empfang möglich ist.
- IP ist bezogen auf die Verbreitung von Radio- und Fernsehprogrammen aus technisch-betrieblicher Sicht eher für kleinflächige Versorgung (z.B. Wohnung, Haus, ...) geeignet, ermöglicht stationären und portablen Betrieb sowie den gleichzeitigen Zugriff auf mehrere IP-Streams.

Fazit

Radio- und Fernsehprogramme lassen sich nicht nur als DVB über Satellit, Kabel und Terrestrik übertragen, sondern in gleicher Qualität auch via IP über geeignete Leitungsnetze und/oder Funknetze. Da IP für alle Internetanwendungen verbindlich ist, wird die Versorgung mit digitalem Rundfunk auf Basis dieses Transportprotokolls zunehmen und damit mittelfristig die bisherigen Endgeräte für den Rundfunkempfang überflüssig machen. Aus technischer Sicht wäre der komplette Übergang des digitalen Rundfunks von Broadcast zu IP konsequent, aus wirtschaftlichen Gründen ist allerdings davon auszugehen, dass die Koexistenz von DVB und IP für die Rundfunkversorgung noch längere Zeit andauern wird.

Die Migration der Fernsehprogramme von DVB zu IP stellt eine typische technische Evolution dar, deren Geschwindigkeit allerdings schwer vorhersagbar ist. Einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor stellt die Akzeptanz der Nutzer dar. Diese hängt nämlich primär von seinem Gefühl ab, ob der Übergang von DVB auf IP für ihn einem Mehrwert darstellt.

1.5 Cloud-Konzepte

Cloud-Dienste halten seit über 10 Jahren, beginnend mit der Vermarktung und dem Abruf von Audio-Inhalten, Einzug in den Medienbereich. Dabei ist „Public Cloud“ und „Private Cloud“ zu unterscheiden.

Letztere werden von den Nutzern selbst betrieben und im Bereich der CE-Geräte meist lokal in Form der Heimvernetzung über einen zentralen Media-Server realisiert. Dieser Server kann oft zusätzlich über das Internet angesprochen werden und damit auch ortsunabhängig über mobile Geräte den Zugriff auf Inhalte, eine Fernverwaltung, oder eine Freigabe von Inhalten für den Zugriff durch Dritte ermöglichen.

Public Clouds bieten ähnliche Funktionen mit dem wesentlichen Unterschied, dass die Inhalte und die Steuerung nicht mehr beim Nutzer, sondern bei einem Anbieter im Internet gespeichert und verarbeitet werden. Der Abruf dieser Inhalte erfolgt dann entweder zuhause oder unterwegs meist „just in time“ über das Streaming-Verfahren.

Public Clouds zeichnen sich dadurch aus, dass man nahezu beliebig „Leistung nach Bedarf“ abrufen kann und dass dann abhängig vom Geschäftsmodell des Anbieters auch die Abrechnung nach Verbrauch möglich ist. Die Geschäftsmodelle reichen von Einstiegsvarianten mit einer vergleichsweise losen Kundenbindung (z.B. YouTube) bis hin zu ausgeprägten Subscription-Modellen mit differenzierten Bezahlvarianten einschließlich einem Digital Rights Management (DRM), das die Wiedergabe unter Umständen auf bestimmte Geräte oder Zeiträume einschränkt.

Solche komplexen Systeme werden oft von Plattformbetreibern angeboten und bieten neben dem Zugriff auf eigene Mediatheken häufig einen „Remote Video Recorder“, der es dem Nutzer erlaubt, ferngesteuert einzelne Sendungen für seinen persönlichen Gebrauch aufzuzeichnen, ohne dafür ein Gerät in seinem Haushalt vorhalten zu müssen. Zusätzlich werden vermehrt hilfreiche Funktionen zur automatisierten Suche von Inhalten, deren automatischer Indifizierung mit beispielsweise einer Personenerkennung in Fotos oder Empfehlungssysteme integriert, die auch persönliche Vorlieben des jeweiligen Nutzers und berücksichtigen. Damit stehen inzwischen auch dem normalen Nutzer sehr leistungsfähige Funktionen zur Verfügung, die bis vor einiger Zeit selbst im professionellen Bereich kaum denkbar waren.

In einer als „virtuelle Set-Top-Box“ bezeichneten extremen Ausprägung wird damit das Endgerät beim Nutzer auf einen Monitor für AV-Wiedergabe und einen Internet-Browser reduziert: alle Inhalte sind in der Cloud gespeichert oder werden daraus live als Stream zugeführt. Ebenso ist in diesem Fall die Bedienoberfläche ausschließlich über die von dem Browser genutzten URL festgelegt.

Cloud-Lösungen werden auch benutzt, um logische Vernetzungen zwischen Endgeräten eines Nutzers zu realisieren. Dabei sind z.B. das internetfähige TV-Gerät und das Mobiltelefon des Nutzers über gespeicherte Cookies in einem zentralen Server in der Cloud personalisiert und dadurch als zueinander gehörig definiert. Anschließend kann eine Interaktion auf einem Gerät, die aus der Cloud gelieferten Inhalte auf einem weiteren Gerät verändern. Auf diese Weise ist es ohne lokale Verbindung der Geräte im Heimnetz (z.B. über Miracast oder herstellerspezifische Lösungen) möglich, ein TV-Gerät von einem Mobilgerät eines anderen Herstellers zu steuern und die Darstellung von Inhalten und/oder Zusatzinformationen dynamisch durch Interaktion des Nutzers zwischen einem mobilen Second Screen und einem TV-Gerät im Vollformat oder auch als Overlay zu wechseln.

Die Grenzen zwischen Private Clouds und Public Clouds lösen sich zunehmend auf. Endgerätehersteller, Hersteller von Netzwerkkomponenten und Plattformbetreiber bieten neben den in die Geräte integrierten Funktionen oft zusätzlich auch hybride Lösungen mit einen Speicher oder Zusatzfunktionen in einer Public Cloud an.

Cloud-Anwendungen werden in der IT inzwischen wie folgt kategorisiert:

Infrastructure as a Service (IaaS)
⇓
Speicher-Infrastruktur als Dienstleistung

Platform as a Service (PaaS)
⇓
Universeller Server als Dienstleistung

Software as a Service (SaaS)
⇓
Anwendungssoftware als Dienstleistung (z.B. Office 365)

Die Cloud-Anwendungen im CE-Bereich liegen entsprechend dieser Kategorisierung mit steigender Tendenz bei SaaS.

Bei der Nutzung von Clouds stellt sich auch die Frage nach Datensicherheit und Datenschutz. Die Rechenzentren weisen hier einen hohen Standard auf, da sie auch von Banken genutzt werden. Je nach Anbieter gibt es auch die Möglichkeit, Rechenzentren zu nutzen, für die deutsches Recht gilt. Das hat sich allerdings im Bereich international agierender Anbieter noch nicht etabliert.

2. Geräte, Schnittstellen und Applikationen

2.1 Geräte

Die Vernetzung von CE-Endgeräten hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Bestand die Vernetzung in der Vergangenheit aus einfachen Verbindungen von TV-Geräten, HiFi-Anlagen und Set-Top- Boxen über analoge Steckverbindungen, sind inzwischen die digitalen Konzepte HDMI, USB, WLAN und andere das Maß aller Dinge. Auch hat die Anzahl der Endgeräte, die untereinander vernetzt werden können, stark zugenommen.

Bild 2.1-1 zeigt hierzu eine exemplarische Auswahl von Endgeräten.

Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick bezüglich der Systemkomponenten/Schnittstellen und der Funktionen/Systemeigenschaften.

Komponente/Schnittstellen	Eigenschaft/Funktionen
DVB-Tuner	• Quelle für Life-TV-Übertragungen
DVB-Multituner	• Quelle für Life-TV-Übertragungen
USB 2.0/3.0/3.1	• Quelle und Senke für Apps, Fotos, AV-Inhalte, Musik • Speichererweiterung • Zubehöranschluss inkl. Spannungsversorgung
HDMI	• Quelle und Senke für AV-Inhalte • Quelle und Senke für Steuersignale: CEC
HDMI CEC, SIMPLINK	• Austausch von Steuersignalen (bis zu 15 Geräte)
WiFi CERTIFIED	• kabellose Kommunikation & Steuerung • kabellose Zuspielung von AV-Inhalten • Klasse a, b, g und n sind weit verbreitet
WiFi	• kabellose Direktkommunikation ohne Router • WLAN-Quelle
Ethernet	• kabelgebundene Kommunikation und Steuerung • kabelgebundene Zuspielung von AV-Inhalten • 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s • weit verbreitete Anwendung
DLNA	• Quelle und Senke für Bilder, Videos und Musik • Medienaustausch mit anderen Geräten
MHL	• Quelle und Senke für AV-Inhalte • 5-V-Speisung • Quelle und Senke für Steuersignale: CEC
Bluetooth	• Quelle und Senke für Musik • Daten- und Steuerungssignalaustausch
Miracast	• funkgestützte Übertragung von AV-Inhalten • Quelle für WiFi-Direktverbindung • Pendant zu AirPlay und enthält WiDi
WiDi	• funkgestützte Übertragung von AV-Inhalten • Quelle für WiFi-Direktverbindung (Integration in den Miracast Standard) • Pendant zu AirPlay
Airplay	• funkgestützte Übertragung von AV-Inhalten • Quelle für WiFi-Direktverbindung • Pendant zu WiDi und Miracast
NFC	• schnelle & einfache Verbindung • Sicherer Datenaustausch über kurze Distanzen

Bild 2.1-1 Vernetzungsszenario für CE-Endgeräte

2.1.1 TV-Geräte und Set-Top-Boxen

Bei IDTVs, STBs/HDD-STBs, DVD- und Blu-ray Playern/Recordern können üblicherweise folgende Komponenten/Schnittstellen implementiert sein oder auch nicht:

Sticks besitzen in der Regel eine USB-Schnittstelle und dienen der Speichererweiterung, der Dateienüberspielung oder der Nachrüstung von DVB-Empfangsmodulen.

Komponenten / Schnittstellen	IDTVs	STBs / HDD-STBs	DVD/Blu-ray Player/ Recorder
DVB-Tuner	ja	ja	nur bei Rekordern
DVB-Multituner	überwiegend	eher selten	nur bei Rekordern
USB 2.0/3.0	ja	ja	ja
HDMI	ja	ja	ja
HDMI CEC, SIMPLINK	ja	ja	ja
WiFi CERTIFIED	ja	ja	ja
WiFi	ja	ja	ja
Ethernet Netzwerk	ja	ja	ja
DLNA	ja	ja	ja
MHL	ja	nein	nein
Bluetooth	ja	ja	ja
Miracast	ja	nein	nein
Airplay	eher selten	nein	nein
NFC	eher selten	ja	ja

2.1.2 Heimkinosysteme

Komponenten/ Schnittstellen	Heimkino-systeme	Beamer
DVB-Tuner	nein	nein
DVB-Multituner	nein	nein
USB 2.0/3.0	ja	ja
HDMI	ja	ja
HDMI CEC, SIMPLINK	ja	ja
WiFi CERTIFIED	ja	ja
WiFi	ja	nein
Ethernet	ja	ja
DLNA	ja	ja
MHL	nein	nein
Bluetooth	ja	nein
Miracast (inkl. WiDi)	nein	nein
Airplay	ja	nein
NFC	ja	ja

2.1.3 Computer

Komponenten/ Schnittstellen	PCs / Notebooks	Tablets
DVB-Tuner	eher selten [1)]	eher selten [1)]
DVB-Multituner	eher selten [1)]	eher selten [1)]
USB 2.0/3.0	ja	ja
HDMI	ja	eher selten [2)]
HDMI CEC, SIMPLINK	ja	ja
WiFi CERTIFIED	ja	ja
WiFi	ja	ja
Ethernet	ja	nein
DLNA	ja	ja
MHL	nein	ja
Bluetooth	ja	ja
Miracast (inkl. WiDi)	nein	ja
Airplay	nein	ja
NFC	ja	ja

1) meist über Stick oder Modul
2) meist über Adapter

2.1.4 Digitalkameras

Komponenten / Schnittstellen	Fotoapparate / Camcorder
DVB-Tuner	nein
DVB-Multituner	nein
USB 2.0/3.0	USB 2.0
HDMI	ja
HDMI CEC, SIMPLINK	ja
WiFi CERTIFIED	ja
WiFi	ja
Ethernet	nein
DLNA	ja
MHL	ja
Bluetooth	ja
Miracast (inkl. WiDi)	nein
Airplay	nein
NFC	ja

2.1.5 Smartphones

Komponenten / Schnittstellen	Smartphones
DVB-Tuner	nein
DVB-Multituner	nein
USB 2.0/3.0	ja
HDMI	eher selten [1)]
HDMI CEC, SIMPLINK	ja
WiFi CERTIFIED	ja
WiFi	ja
Ethernet	nein
DLNA	ja
MHL	ja
Bluetooth	ja
Miracast (incl. WiDi)	ja
Airplay	ja
NFC	ja

1) meist über Adapter

2.1.6 Spielekonsolen

Komponenten/ Schnittstellen	Spielekonsolen
DVB-Tuner	nein
DVB-Multituner	nein
USB 2.0/3.0	ja
HDMI	ja
HDMI CEC, SIMPLINK	ja
WiFi CERTIFIED	ja
WiFi	nein
Ethernet	ja
DLNA	ja
MHL	nein
Bluetooth	ja
Miracast (inkl. WiDi)	nein
Airplay	nein
NFC	ja

2.1.7 Home Gateways

Home Gateways stellen den Knotenpunkt zwischen der Außenwelt und dem Heimnetz dar. Dieses soll am Beispiel der Fritz!Box erläutert werden. Diese gibt es in unterschiedlichen Varianten und es werden von ihnen, je nach Modellreihe, die folgenden Empfangstechniken unterstützt:

- xDSL
- Kabel (derzeit bis EuroDOCSIS 3.0)
- LTE (800 MHz, 1,8 GHz, 2,6 GHz)
- Glasfaser

Für die Weiterverteilung im Wohnbereich stehen WLAN Access Points mit 2,4 GHz und 5 GHz zur Verfügung. Die neueren Produkte bieten meist eine Kombination aus WLAN-ac, VoIP und DECT für schnurlose Telefone, sowie bei allen Modellen Datei- und Druckerserverfunktion in Verbindung mit einer Anschlussmöglichkeit für USB-Clients (Drucker, externe Festplatten, UMTS-Sticks u. ä.). Andere Geräte wie Scanner können über das Programm für den USB-Fernanschluss direkt an einen Windows-PC durchgereicht werden.

Auch Kabelnetzbetreiber wie Unitymedia bieten spezielle Boxen an, die über das Breitbandkabel angelieferte Daten empfangen, verarbeiten und weiterleiten können. Ausgehend von der Funktionalität einer DVB-Set-Top-Box sind weitergehende Funktionalitäten, wie Hard-Disk-Recording, Multituner, DVB-IP-Streaming, Internetzugang und WLAN implementiert.

Im Bereich WLAN werden eine Vielzahl von Maßnahmen wie Multi User MIMO, Beamforming und Traffic Prioritization implementiert, um dem Kunden ein optimales Medienstreaming zu bieten. Neben den üblichen Stern-Topologien halten zunehmend vermaschte Systeme Einzug in den Markt (WiFi Mesh), die sich durch höhere Reichweite, Robustheit und Bandbreiteeffizienz auszeichnen.

2.1.8 Home Server

Home Server werden über ein lokales Netz (LAN,WLAN oder Powerline) mit einem oder mehreren Computern verbunden.

Unabhängig von der Verbindungsart stellen Home Server unterschiedliche Dienste, wie z.B. Drucker und Datenspeicher (NAS = network attached storage) bereit und sichern das Heimnetz zum Internet hin durch eine Firewall ab oder machen es vom Internet aus erreichbar (z.B. durch Bereitstellung eines Webservers oder eines VPN-Zugangs).

Immer häufiger erfüllen die Home Server auch Aufgaben der Hausautomation, wie beispielsweise Licht- und Rolladensteuerung, aber auch Überwachungsfunktionen. Des Weiteren übernehmen sie die Aufgaben der Abspeicherung und Zuspielung von AV-Inhalten und -Dateien auf IDTVs, Notebooks, Tablets und andere Geräte. Home Server können auch durch Kombination ohnehin benötigter Infrastruktur-Komponenten z.B. Router oder Gateways mit Massenspeichern (z.B. USB Harddisks) generiert werden.

2.1.9 Smart Speaker

Smart Speaker sind wie folgt ausgestattet:

Komponenten / Schnittstellen	Smart Speakers
DVB-Tuner	nein
DVB-Multituner	nein
USB 2.0/3.0	USB 2.0
HDMI	eher selten
HDMI CEC, SIMPLINK	eher selten
WiFi CERTIFIED	ja
WiFi	ja
Ethernet	ja
DLNA	ja
MHL	eher selten
Bluetooth	ja
Miracast (inkl. WiDi)	nein
Airplay	ja
NFC	eher selten

2.2 Leitungsgebundene Schnittstellen

2.2.1 HDMI (High Definition Multimedia Interface)

High Definition Multimedia Interface (HDMI) ist eine ab Mitte 2003 entwickelte Schnittstelle für die Übertragung digitaler Audio- und Video-Daten in der Unterhaltungselektronik. Sie vereinheitlicht existierende Verfahren, erhöht gegenüber diesen die Qualitätsmerkmale und bietet außerdem auch ein zusammenhängendes Kopierschutzkonzept (DRM). Die neueste HDMI-Version ist 2.1, jedoch werden HDMI-Produkte seit dem 1. Januar 2012 nicht mehr mit Versionsnummern gekennzeichnet.

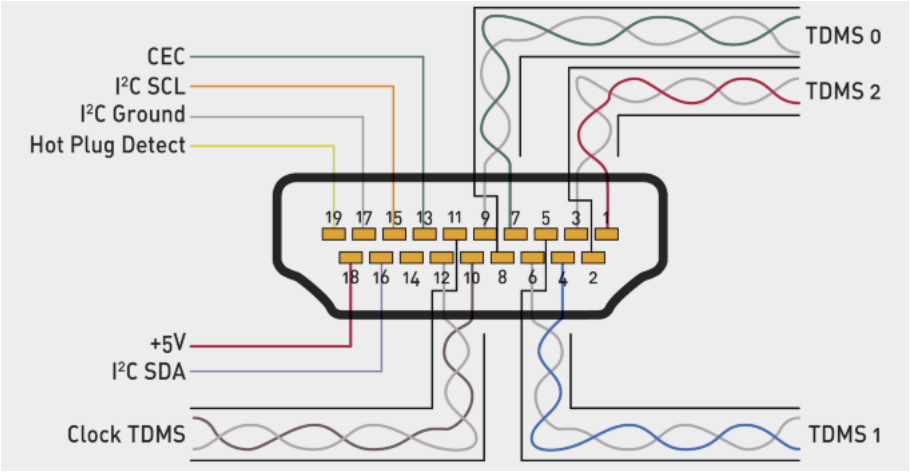


Bild 2.2.1-2 HDMI-Steckverbindung

Die Unternehmen Hitachi, Matsushita Electric Industrial (Panasonic, National, Quasar), Philips, Silicon Image, Sony, Thomson und Toshiba begannen am 16. April 2002 gemeinsam, den neuen AV-Verbindungsstandard HDMI zu entwickeln, der auf DVI basiert und zu dieser Schnittstelle abwärtskompatibel ist. Beide nutzen dieselbe Signalcodierung TMDS (Transition Minimized Differential Signaling) (vgl. Bild 2.2.1-1).

HDMI 1.0 wurde so entworfen, dass es einen kleineren Stecker als für DVI aufweist. Außerdem sollte es die Funktionen von DVI um Audioübertragung, verbesserte Unterstützung für YCbCr und ein Steuerungssystem für Geräte der Unterhaltungselektronik [consumer electronics control (CEC)] erweitern. Der Kopierschutz HDCP 1.1 (High Bandwidth Digital Content Protection), der in der HDMI-Spezifikation vorgesehen ist, wurde von Intel entwickelt. Er soll das Abgreifen des entschlüsselten Video- und Audiomaterials innerhalb der Verbindung zwischen Sender und Empfänger verhindern.

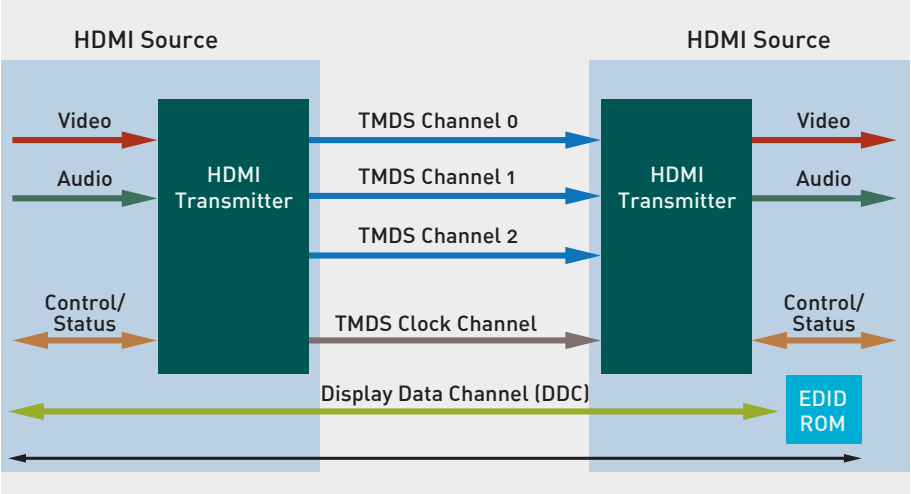


Bild 2.2.1-1 HDMI-Systemarchitektur

Für die Übertragung der Audio- und Videosignale sind drei Kanäle und ein separater Kanal für die Taktrückgewinnung vorgesehen. Die Übertragung erfolgt jeweils über verdrillte Zweidrahtadern mit Schirmung. Aus Gründen der Störsicherheit wurde eine differentielle Übertragung gewählt. Mit Hilfe der TMDS-Codierung wird ein Datenblock mit je 8 bit optional X-OR-codiert, um die Anzahl der Signalwechsel zu minimieren. Die optionale XOR-Verknüpfung wird in einem neunten Bit signalisiert. Auf diese Weise lässt sich die Abstrahlung von Störspektren minimieren. Mit einem zehnten Bit wird optional der Gleichspannungspegel (DC-Balancing) des Datenwortes angepasst, um impedanzbedingte Fehlübertragungen zu minimieren. Auf diese Weise wird ein 8 bit-Datenblock auf 10 bit während der Übertragung erweitert.

Bei HDMI 1.1/1.2 sind zwei Steckertypen (Typ A und Typ B, mit 4,5 mm x 13/21 mm Querschnitt) definiert. Für HDMI 1.3 wurde zusätzlich ein kleinerer Stecker (Typ C bzw. Mini-Stecker, mit 2,5 mm x 10,5 mm Querschnitt) für kompakte Geräte festgelegt. Für HDMI 1.4 wurden ein noch kleinerer Stecker (Typ D bzw. Micro-Stecker) definiert. Außerdem ist in den HDMI-1.4-Spezifikationen der Stecker-Typ E definiert, der aber nur bei HDMI-Standard-Automotive-Kabeln zum Einsatz kommt.

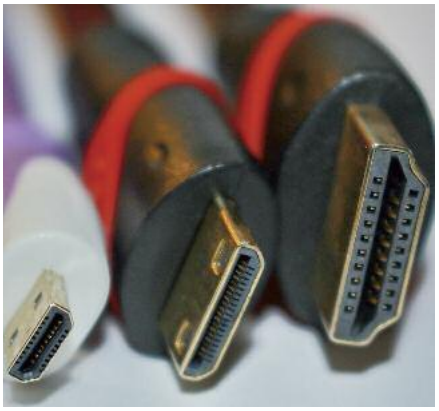


Bild 2.2.1-3 HDMI-Steckervarianten

Die Steckverbindungen Typ A, C und D basieren auf einer Single-Link-Verbindung, bei der drei TMDS-Signalleitungspaare zur Verfügung stehen, Typ B erlaubt durch eine Dual-Link-Verbindung mit sechs TMDS-Signalleitungspaaren die doppelte Datenrate. (Vgl. Bild 2.2.1-3: Steckervarianten bei HDMI)

Ab HDMI-Version 1.3 ist der Systemtakt auf 340 MHz angehoben worden. Das erlaubt die Übertragung einer Brutto-Datenrate von gesamt 10,2 Gbit/s über die drei TMDS-Kanälen. Das entspricht einer Netto-Datenrate von gesamt 8,16 Gbit/s nach der 8bit/10bit-Decodierung. Aus Tabelle 2.2.1-1 sind die wichtigsten Kenngrößen bis zur Version 1.4 ersichtlich.

Um die Datenraten fehlerfrei übertragen zu können, wurden zwei Kabelkategorien mit unterschiedlichen Hochfrequenzeigenschaften definiert. Ein Kategorie-1-Kabel kann bis 74,25 MHz übertragen, ein Kategorie-2-Kabel bis zu 340 MHz. In HDMI 1.3 sind, um eine fehlerfreie Übertragung auch über längere Kabel sicherzustellen, erstmals die Kabeleigenschaften wie Dämpfung, Signallaufzeitdifferenzen und andere genauer festgelegt. Um der unvermeidbaren Kabeldämpfung entgegenzuwirken, ist bei HDMI 1.3 für Bildpunktraten über 165 MHz empfängerseitig ein Kabelequalizer zur Anhebung der höherfrequenten Signalanteile vorgesehen.

Ab Version 1.3 ist HDMI in der Lage, Auflösungen oberhalb von 1920x1080 (HDTV 1080p60, also Full HD) anzusteuern. Ab Version 1.4 wird eine Auflösung von 4k bis 30 fps ermöglicht.

HDMI ist zusätzlich mit folgenden Leistungsmerkmalen ausgestattet:

DDC
Der Display Data Channel (DDC) ist durch einen I2C-Bus realisiert und gibt der Datenquelle Informationen, welche Audio- und Videoformate von der Senke unterstützt werden. Dieser Kanal wird auch für HDPC genutzt. Die Datenrate im Standardmode beträgt 100 kbit/s, im Fast Mode dagegen 400 kbit/s.

CEC
Mit HDMI ist es optional möglich, Fernbedienungsfunktionen zu nutzen. Damit können Basisfunktionen mehrerer über HDMI-Kabel verbundener Komponenten über eine einzige Fernbedienung gesteuert werden. Das verwendete Protokoll heißt Consumer Electronics Control (CEC) und wurde vom analogen europäischen Standard AV-Link abgeleitet. Der Kanal wird über Leitung 13 realisiert.

ARC
Der Audio Return Channel (ARC) wurde in HDMI-Version 1.4 eingeführt. Der Kanal hierfür wurde mit Hilfe des ungenutzten Pins 14 und dem Hot Plug Pin realisiert. Dieser Kanal ersetzt zusätzliche Verbindungen zwischen TV-Geräten und anderen AV-Geräten.

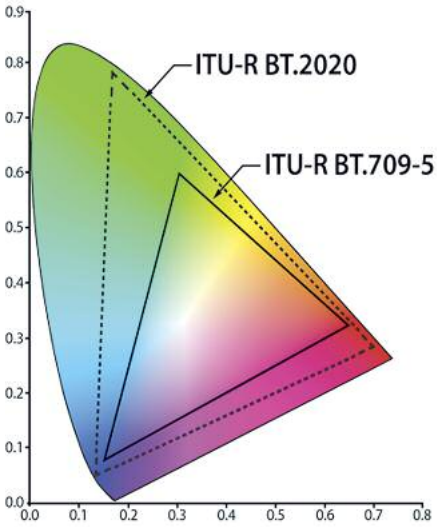
HEC
Der HDMI Ethernet Channel (HEC) wurde ebenfalls in HDMI-Version 1.4 implementiert und ermöglicht die Übertragung von zusätzlichen IP-basierten Daten. Er nutzt wie ARC den Pin 14 und den Hot Plug Pin. Die IP-basierte Datenübertragung erfolgt bidirektional mit einer Geschwindigkeit von 100 Mbit/s. Damit ist es möglich Audio, Video und Daten über ein Kabel zu übertragen.

Tabelle 2.2.1-2 zeigt die Funktionsunterstützungen bis zur Version 1.4.

Beim Übergang auf HDMI-Versionen 2.0 im September 2013 wurde u. a. der Systemtakt auf 600 MHz verdoppelt. Damit ergibt sich eine Gesamtdatenrate von 18/14.4 Gbit/s [brutto/netto]. Dadurch ist die Übertragung von 4k-Inhalten bis zu 60 fps möglich. Ebenfalls wurde die Unterstützung von HDR (high dynamic range) in die Spezifikation aufgenommen. Neben der Darstellung eines verbesserten Kontrastumfangs kann auch der erweiterte Farbraum gemäß Rec. ITU-R BT.2020 wiedergegeben werden, sofern das Wiedergabegerät dafür ausgestattet ist.

Die aktuelle HDMI-Version ist 2.1 (November 2017) und besitzt u. a. die folgenden Eigenschaften:
- 10240 x 4320 pixel (10k)
- HFR bis 120 Hz
- unterstützt dynamisches HDR
- erfordert ein Ultra High Speed Cable (48 Gbit/s)
- unterstützt BT. 2020
- Abtasttiefe: 10 bit und mehr
- eARC (unkomprimiert bis 32 Kanäle)

Bild 2.2.1-4
Erweiterter Farbraum



Quellen:

https://en.wikipedia.org/wiki/HDMI
http://www.hdmi.org/manufacturer/hdmi_2_0/index.aspx

Tabelle 2.2.1-1 Ausgewählte Kenngrößen bei HDMI

HDMI version	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
Date initially released	Dec. 2002	May2004	Aug.2005	Jun. 2006	May2009
Maximum pixel clock rate [MHz]	165	165	165	340	340
Maximum TMDS throughput per channel [Gbit/s] including 8b/10b overhead	1.65	1.65	1.65	3.40	3.40
Maximum total TMDS throughput (Gbit/s) including 8b/10b overhead	4.95	4.95	4.95	10.2	10.2
Maximum throughput (Gbit/s] with 8b/10b overhead removed	3.96	3.96	3.96	8.16	8.16
Maximum audio throughput [Mbit/s]	36.864	36.864	36.864	36.864	36.864
Maximum color depth (bit/px)	24	24	24	48	48
Maximum consumer resolution over single link at 24-bit/px	1920x1200p /60 Hz	1920x1200p /60 Hz	1920x1200p /60 Hz	2560x1600p /60 Hz	4096x2160p /30 Hz

Tabelle 2.2.1-2 Funktionsunterstützung bei den HDMI-Varianten bis zur Version 1.4

HDMI Version	1.0	1.1	1.2 1.2a	1.3 1.3a 1.3b 1.3b1 1.3c	1.4 1.4a 1.4b
sRGB	ja	ja	ja	ja	ja
YCrCb	ja	ja	ja	ja	ja
8 channel LPCM, 192 kHz, 24-Bit audio capability	ja	ja	ja	ja	ja
Blu-ray Disc and HD DVD video and audio at full resolution	ja	ja	ja	ja	ja
Consumer Electronic Control (CEC)	ja	ja	ja	ja	ja
DVD-Audio support	nein	ja	ja	ja	ja
Super Audio CD (DSD) support	nein	nein	ja	ja	ja
Deep color	nein	nein	nein	ja	ja
xvYCC	nein	nein	nein	ja	ja
Auto Audio to video synchronization lip-sync	nein	nein	nein	ja	ja
Dolby TrueHD bitstream capable	nein	nein	nein	ja	ja
DTS-HD Master Audio bitstream capable	nein	nein	nein	ja	ja
Update list of CEC commands	nein	nein	nein	ja	ja
3D over HDMI	nein	nein	nein	ja	ja
Ethernet Channel	nein	nein	nein	nein	ja
Audio return channel (ARC)	nein	nein	nein	nein	ja
4k resolution support up to 30 fps	nein	nein	nein	nein	ja

2.2.2 USB

Der Universal Serial Bus (USB) ist ein serielles Bussystem zur Verbindung von Computern mit anderen digitalen Geräten. Mit USB ausgestattete Geräte oder Speichermedien (USB-Speichersticks) lassen sich im laufenden Betrieb miteinander verbinden (Hot Plugging), wobei angeschlossene Geräte sowie deren Eigenschaften automatisch erkannt werden. Vor der Einführung von USB gab es eine Vielzahl verschiedener Schnittstellentypen mit unterschiedlichen Steckern zum Anschluss von Zubehör und Peripheriegeräten an Heim- und Personal Computer. Fast alle diese Schnittstellenvarianten wurden durch das USB ersetzt, was eine erhebliche Vereinfachungen für Anwender mit sich brachte. Die im Jahr 1996 veröffentlichte Spezifikation USB 1.0 erlaubte eine maximale Datenrate von 12 Mbit/s.

USB eignet sich für viele Geräte, wie Massenspeicher (z.B. Festplatte), DVD-Laufwerke, Drucker, Scanner, Webcams, Maus, Tastatur, aktive Lautsprecher, aber ebenso auch Dongles sowie Grafikkarten und Monitore. Einige Geräte, wie zum Beispiel USB-Speichersticks, sind überhaupt erst mit USB entstanden.

Die Übertragung erfolgt über eine verdrillte Zweidrahtleitung. Aus Gründen der Störsicherheit wurde die differentielle Übertragung TMDS gewählt. Bei ihr wird ein Datenwort mit je 8 bit optional X-OR-codiert, um die Anzahl der Signalwechsel zu minimieren. Dies wird in einem neunten Bit signalisiert. Auf diese Weise lässt sich die Abstrahlung von Störspektren minimieren. Mit einem zehnten Bit wird optional der Gleichspannungspegel (DC-Balancing) des Datenwortes angepasst, um impedanz-bedingte Fehlübertragungen zu verhindern. Durch dieses Konzept wird ein 8 bit-Datenwort auf 10 Bit für die Übertragung erweitert.

Zwei weitere Leitungen dienen zur Stromversorgung der angeschlossenen Geräte. Durch die Verwendung von nur vier Adern in einer Leitung können diese dünner und billiger ausgeführt werden als bei parallelen Schnittstellen.

Tabelle 2.2.2-1 Leitungsbelegung für die Steckertypen A und B

Pin	Name	Farbe		Beschreibung
1	VBUS	Rot	Orange	+ 5 V
2	D-	Weiß	Gold	Daten –
3	D+	Grün		Daten +
4	Masse	Schwarz	Blau	Masse

Tabelle 2.2.2-2 Leitungsbelegung für die Steckertypen B mini/micro

Pin	Name	Farbe	Beschreibung
1	VBUS	Rot	+ 5 V
2	D-	Weiß	Daten –
3	D+	Grün	Daten +
4	ID	./.	Host/Device-Kennung
5	Masse	Schwarz	Masse

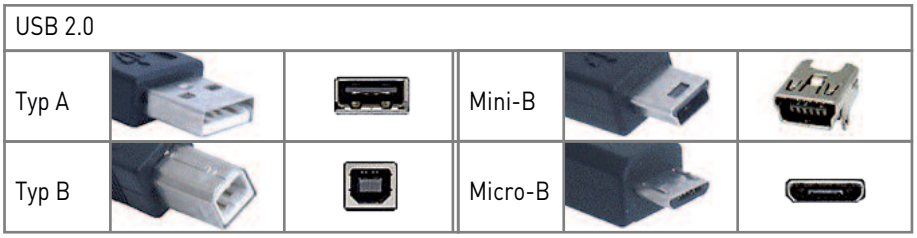


Bild 2.2.2-1: Varianten der Steckertypen für USB 2.0

Tabelle 2.2.2-1 zeigt die Leitungsbelegung für die Standardausführungen der Steckertypen A und B.

Für beide Steckertypen wurden auch die kleineren Varianten mini und micro spezifiziert. Diese sind für kleinere Geräte, wie Smartphone oder Tablets gedacht. Der zusätzlich eingeführte Pin 4 übernimmt die Aufgabe der On-The-Go-Signalisierung (OTG). Damit können entsprechend ausgerüstete Geräte kommunizieren, indem eines der beiden eine eingeschränkte Host-Funktionalität übernimmt. Typische Einsatzgebiete von USB OTG sind zum Beispiel Verbindungen zwischen Digitalkameras und Druckern.

Tabelle 2.2.2-2 zeigt die Leitungsbelegung für die Steckertypen A und B mini/micro.

Neben dem Datenprotokoll spezifiziert der USB-Standard auch die bereitgestellte Spannung. Sie ist stabilisiert, liegt bei 5 V ±5 % und liefert eine Stromstärke von mindestens 100 mA. Auf diesem Standard basieren USB-Netzteile. Erst nach Freigabe durch den Host-Controller darf ein Gerät mehr Strom verbrauchen. Bei USB 2.0 beträgt der maximale Strom bis zu 1 A.
Die USB-Spezifikation sieht einen zentralen Host-Controller (Master) vor, der die Koordination der angeschlossenen Peripherie-Geräte (den sog. Slave-Clients) übernimmt. Intern adressiert der USB-Controller die angeschlossenen Geräte mit einer sieben Bit langen Kennung. Daran können bis zu 127 verschiedene Geräte angeschlossen werden. An einem USB-Port kann allerdings immer nur ein USB-Gerät angeschlossen werden. Sollen an einem Host mehrere Geräte angeschlossen werden, muss deshalb ein Verteiler (Hub) für deren Kopplung sorgen. Durch deren Einsatz entstehen Baumstrukturen, die alle im Host-Controller enden.

Wenn an einem Port neue Geräte detektiert werden, schaltet der Host-Controller diesen ein und sendet dem angeschlossenen Gerät einen Reset, indem er beide Datenleitungen für mindesten 10 ms auf Massepotential legt. Dadurch belegt das Gerät zunächst die Adresse 0 und bekommt dann vom Host eine eindeutige Adresse zugeteilt. Da immer nur ein Port mit noch nicht konfiguriertem Gerät aktiviert wird, kommt es zu keinen Adresskollisionen.

Der Host-Controller fragt meist zuerst nach einem Device-Deskriptor, der unter anderem die Hersteller- und Produkt-ID enthält. Mit weiteren Deskriptoren teilt das Gerät mit, welche alternativen Konfigurationen es besitzt, in die es von seinem Gerätetreiber geschaltet werden kann. Bei einer Webcam könnten diese Alternativen etwa darin bestehen, ob die Kamera eingeschaltet ist oder ob nur das Mikrofon läuft. Für den Controller ist dabei relevant, dass die unterschiedlichen Konfigurationen auch unterschiedlichen Strombedarf mit sich bringen.

Innerhalb einer Konfiguration kann das Gerät verschiedene Schnittstellen definieren, die jeweils über einen oder mehrere Endpunkte verfügen. Unterschiedlicher Bedarf an reservierter Datenrate wird über sogenannte Alternate Settings signalisiert. Ein Beispiel dafür ist eine Kamera (etwa eine Webcam), die Bilder in zwei verschiedenen Auflösungen senden kann. Das Alternate Setting 0 wird aktiviert, wenn ein Gerät keine Daten übertragen möchte und somit pausiert.

Damit nicht für jedes Gerät ein eigener Treiber benötigt wird, definiert der USB-Standard verschiedene Geräteklassen, die sich durch generische Treiber steuern lassen. Auf diese Weise sind USB-Tastaturen, -Mäuse, -Massenspeicher und andere Geräte mit ihren grundlegenden Funktionen sofort verwendbar, ohne dass zuvor die Installation eines spezifischen Treibers notwendig ist. Herstellerspezifische Erweiterungen (die dann einen eigenen Treiber erfordern) sind möglich. Die Information, zu welcher Kommunikations-Geräteklassen [communications device class (CDC)] ein Gerät zählt, kann im Device-Deskriptor (wenn das Gerät nur einer Klasse angehört) oder in einem Interface-Deskriptor (bei Geräten, die zu mehreren Klassen gehören) untergebracht werden.

Im November 2008 stellte das USB Implementers Forum die Version USB 3.0 vor. Diese zeichnet sich u. a. durch eine signifikante Steigerung der Datenrate aus. Dazu wurde der vorhandene Bus um zwei unidirektionale Aderpaare erweitert, den sogenannten SuperSpeed-Bussen zum Senden und Empfangen. Ferner wurde das USB-Protokoll optimiert. Auf diese Weise sind Datenraten bis 5 Gbit/s erreichbar (SuperSpeed-Mode), was allerdings zu höheren Anforderungen an USB 3.0-Kabel im Hinblick auf die HF-Eigenschaften führt.

Die verwendeten Kabel enthalten neben dem bisherigen Signal-Adernpaar (D+ und D-) und der Stromversorgung (GND, VBUS) zwei weitere Signal-Adernpaare (SSTX+ und SSTX-, SSRX+ und SSRX-), sowie eine zusätzliche Masseverbindung (GND). Deshalb sind für USB 3.0 sowohl neue Stecker am Host und an den angeschlossenen Geräten, als auch neue Kabel erforderlich. Die Kabel sind auf Grund der gestiegenen Aderanzahl und der notwendigen besseren HF-Eigenschaften (ähnlich wie eSATA- oder CAT-5e-/6-Kabel) dicker und weniger flexibel. Tabelle 2.2.2-3 zeigt die Leitungsbelegung bei USB 3.0.

Tabelle 2.2.2-3 Leitungsbelegung bei USB 3.0

Pins	Signale	Kurzbeschreibungen	Farben
1	VBus	Spannungsversorgung	Rot
2	D-	USB 2.0 Data-	Weiß
3	D+	USB 2.0 Data+	Grün
4	GND	Masse zu Pin 1	Schwarz
5	SSRX-	SuperSpeed RX-	Blau
6	SSRX+	SuperSpeed RX+	Gelb
7	GND_DRAIN	Masse f. SuperSpeed	Blank
8	SSTX-	SuperSpeed TX-	Violett
9	SSTX+	SuperSpeed TX+	Orange
Shell	Shield	Schirmung	Blank

Tabelle 2.2.2-4 Begleitende Spezifikationen zur Leistungsversorgung

Release name	Release date	Max. power	Note
USB Battery Charging 1.0	2007-03-08	5 V, 1.5 A	
USB Battery Charging 1.1	2009-04-15		
USB Battery Charging 1.2	2010-12-07		
USB Power Delivery revision 1.0 (version 1.0)	2012-07-05	20 V, 5 A	Using FSK protocol over bus power (VBUS)
USB Power Delivery revision 1.0 (version 1.3)	2014-03-11		
USB Type C 1.0	2014-08-11	5 V, 3 A	New connector and cable specification
USB Power Delivery revision 2.0 (version 1.0)	2014-08-11	20 V, 5 A	Using BMC protocol over communication channel (CC) on type-C cables.
USB Type C 1.1	2015-04-03	5 V, 3 A	
USB Power Delivery revision 2.0 (version 1.1)	2015-05-07	20 V, 5 A	
USB Power Delivery revision 2.0 (version 1.2)	2016-03-25	20 V, 5 A	

Tabelle 2.2.2-5 Datenübertragungsraten aller USB-Versionen

Mode	Gross Data Rate	Introduced in
Low Speed	1,5 Mbit/s	USB 1.0
Full Speed	12 Mbit/s	USB 1.0
High Speed (Hi-Speed)	480 Mbit/s	USB 2.0
SuperSpeed	5 Gbit/s	USB 3.0
SuperSpeed+	10 Gbit/s	USB 3.1

Bild 2.2.2-2 USB 3.0-Micro-B-Stecker

Die Kompatibilität besteht in folgendem Sinne:

- USB-3.0-Kabel können auf Grund der Anbauten nicht für USB-2.0-Endgeräte verwendet werden.
- USB 3.0-Typ-B-Stecker sind nicht abwärtskompatibel.
- USB-3.0-Kabel können an USB-2.0-Hosts genutzt werden, erfordern dann aber USB-3.0-Endgeräte.
- USB-2.0-Kabel können an USB-3.0-Hosts benutzt werden.
- USB-3.0-Endgeräte können an USB-2.0-Hosts angeschlossen werden. Es gibt allerdings gegebenenfalls Probleme, wenn diese mehr als 500 mA Strom aufnehmen. USB 3.0 erlaubt nämlich bis zu 900 mA, während es bei USB 2.0 nur bis 500 mA sind.
- USB-2.0-Endgeräte können an USB-3.0-Hosts angeschlossen werden.

USB-3.0-Übertragungen finden aber nur statt, wenn alle drei Komponenten (Host, Kabel, Endgerät) USB-3.0-tauglich sind. Ansonsten wird auf USB 2.0 heruntergeschaltet. Bild 2.2.2-2 zeigt eine Steckerausführung für USB 3.0.

Im Juli 2013 wurde die USB-Version 3.1 veröffentlicht. Die dieser ist die Datenrate nochmals um den Faktor 2 auf 10 Gbit/s gesteigert, was als SuperSpeed+ bezeichnet wird. Die Leitungsbelegung ist gegenüber USB 3.0 unverändert. Die Leitungscodierung wurde modifiziert. Die Spezifikationen von USB 3.1 können wie folgt zusammengefasst werden:

- USB 3.1 Generation 1
  - 5 Gbit/s
  - SuperSpeed
- USB 3.1 Generation 2
  - 10 Gbit/s
  - SuperSpeed+
- Die 8 bit/10 bit-Codierung wird durch eine 128 bit/132 bit-Codierung ersetzt
- Nur 3% Redundanz
- Abwärtskompatibel zu USB 2.0 und USB 3.0

USB 3.0 und USB 3.1 stellen eine maximale Stromstärke von 900 mA (bei 5 V) zur Verfügung.

Begleitend zu USB 3.1 ist der USB 3.1 Typ C-Stecker spezifiziert worden (Bild 2.2.2-3). Dieser weist eine reversible Ausführung aus, das heißt, dass die Steckrichtung unerheblich ist. Hierüber kann eine Leistung von 15 W (5 V; 3 A) übertragen werden.

Ferner sind auch USB-Battery Charging-Spezifikationen zu Ladezwecken und USB-Power Delivery-Spezifikationen zur Leistungsversorgung entstanden. Tabelle 2.2.2-4 zeigt die historische Entwicklung sowie die elektrischen Kennwerte.

Bild 2.2.2-3 USB 3.1-Typ C-Stecker

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus

2.2.3 CI+

Common Interface (CI) ist eine Schnittstelle, die in DVB-Empfangsgeräten die Anbindung eines Entschlüsselungssystems [conditional access system (CAS)] erlaubt. Sie wurde 1997 vom DVB-Konsortium spezifiziert und basiert auf der PCMCIA-Schnittstelle. Die Idee dabei war, die Im-plementierung von CA-Systemen in Empfangsgeräten zu vermeiden, um so teure und langwierige Zertifizierungsprozesse (für die CA-Systeme) zu vermeiden. Ist ein Common Interface in einem Gerät implementiert, dann lassen sich unterschiedliche Entschlüsselungsmodule via CI in das Empfangsgerät einbinden, wodurch die Flexibilität solcher Endgeräte steigt.

Da beim Common Interface die Datenströme unverschlüsselt in das Empfangsgerät gelangen, haben viele Netz-und Plattformbetreiber, sowie Inhalteanbieter auf die Unterstützung der CI-Schnittstelle verzichtet. Nur wenige Pay-TV-Operator (z.B. Canal Digital) haben die CI-Schnittstelle unterstützt, was dazu geführt hat, dass sich die CI-Spezifikation (Version 1) in seiner ursprünglichen Form am Markt nicht erfolgreich durchgesetzt hat.

Aus diesem Grund haben sich 2008 einige große Hersteller (Neotion, Panasonic, Philips, Samsung, Sony und SmarDTV) außerhalb des DVB-Konsortiums zusammengefunden, um die Funktionalität dieser Schnittstelle dahingehend weiterzuentwickeln, dass die Interessen der Inhalteanbieter, sowie Netz- und Plattformbetreiber ausreichend berücksichtigt werden. Dabei entstand CI+ in seiner Version 1.3.1, das seit Mitte 2010 fast ausnahmslos von allen Endgeräteherstellern implementiert wurde.

Bei CI+ wird der entschlüsselte Datenstrom wieder (lokal) verschlüsselt dem Empfangsgerät zugeführt und erst vor der Decodierung entschlüsselt. CI+ erlaubt es Programmanbietern im Fernsehsignal zusätzlich Nutzungsinformationen [usage rules information (URI)] zu übertragen. Diese Anweisungen ermöglichen es den Inhalteanbietern, die Nutzung ihrer durch CI+ geschützten Inhalte auf CI+-

Bild 2.2.3-1 CI+-Modul (Beispiel)

zertifizierten Endgeräten einzuschränken. Sie bestimmen damit, ob und wie die jeweiligen Inhalte nutzbar sind.

So können sie zum Beispiel für jede Sendung

- die Aufzeichnung verhindern oder auf maximal 90 min beschränken (meist als „timeshift only“ bezeichnet),
- die Wiedergabe von Aufzeichnungenn zeitlich begrenzen (allerdings enthält die CI+Spezifikation Version 1.3 auch ein unbegrenztes Zugriffsrecht),
- Fernsehaufnahmen unter Einsatz eines Geräteschlüssels an das jeweilige Aufnahmegerät binden (Aufnahmen CI+-geschützter Inhalte können somit nicht auf anderen Geräten wiedergegeben werden),
- festlegen, ob und in welcher Auflösung (evtl. Abwärtsskalierung auf SDTV) die Videoausgabe über den analogen Ausgang (z.B. SCART) erfolgen soll und ob diese mit einem Kopierschutz (MacroVision) versehen wird, wie etwa bei HDTV-Sendungen.

Die CI+-Technologie beinhaltet noch weitere Änderungen gegenüber dem CI-Standard Version 1.0:

- Mittels aktiviertem „Host Service Shunning“ können Module, die auf dem alten CI 1.0-Standard beruhen, von der Entschlüsselung CI+-geschützter Inhalte ausgeschlossen werden (Ist das Shunning nicht aktiv gesetzt, kann der jeweilige Inhalt sowohl von einem geeigneten CI-Modul oder einem geeigneten CI+-Modul entschlüsselt werden).

- Die Ausgabe von HD-Signalen wird nur an mindestens HDready-zertifizierten Geräten möglich, da nur diese eine durchgehende Verschlüsselung des Datenstroms bis zum Display via HDCP unterstützen.

- Das vom „CI+-Konsortium“ (CI Plus LLP) beauftragte Trustcenter kann CI+-kompatible Geräte beim Anwender aus der Ferne außer Betrieb setzen (Revocation), wenn zum Beispiel festgestellt wird, dass ein Gerät den Kopierschutz kompromittiert.

Diese Einschränkungen betreffen vor allem DVB-Recorder. Empfänger ohne Aufnahmefunktion sind von vielen der genannten Restriktionen nur teilweise betroffen.

Mit der Version 1.4 wurde die ursprünglich von den Geräteherstellern außerhalb des DVB-Konsortiums entwickelten CI+-Schnittstelle erstmals zum offiziellen DVB-Standard. CI+ v1.4 wurde im September 2013 veröffentlicht und beinhaltet einige funktionale Weiterentwicklungen im Vergleich zu den bisherigen Spezifikationen.

Eine der wichtigsten Neuerungen von CI+ v1.4 ist im Vergleich zu den Spezifikationen der Version 1.3.1 ist die Unterstützung von Multistreams. Dadurch unterstützt die Schnittstelle mehr als nur einen Datenstrom. Dieses Leistungsmerkmal ist vor allem für PVR- und EPG-Services wichtig, wo mehr als ein Datenstrom gleichzeitig übertragen und empfangen wird. Profitieren können hier unter anderem Besitzer von Geräten mit Twin-Tunern, die dann in der Lage sind, zwei Programme über eine CI+-Schnittstelle gleichzeitig zu empfangen.

Die zweite wichtige Neuerung umfasst eine verbesserte Übertragung IP-basierter Streams und soll CI+ auch für IPTV-Anbieter zunehmend interessant machen. Das bedeutet, dass über diesen Standard nun alle Funktionen, die normalerweise in einer IPTV-Set-Top-Box integriert sind, jetzt auch von einem CI+-Modul übernommen werden können. Damit sind CI+-Module der Version 1.4 im Prinzip auch für die Entschlüsselung von OTT [over the top]-Angeboten nutzbar, wenn entsprechende Module im Markt verfügbar sind. So können in Zukunft beispielsweise auch verschlüsselte Mediatheken über das Modul decodiert werden.

Weiterhin wurden die technischen Grundlagen dafür geschaffen, dass in Zukunft die Priorität von Applikationen (Apps) verwaltet werden können. So können Apps zum Beispiel vom CI+-Modul gestartet werden. Dann ergibt sich die Frage, ob eine bestimmte App das Recht hat, den Bildschirm zu nutzen und beispielsweise das TV-Signal eines Senders zu überlagern.

Auch der sogenannte CI+-Browser, die grafische Schnittstelle zwischen Modul und Empfangsgerät, wurde erweitert. Dieser bietet nun einige neue Funktionen und erlaubt beispielsweise Bild-in-Bild-Darstellungen. Zusätzlich ermöglicht CI+ v1.4 die Integration eines Wasserzeichens in aufgezeichneten Inhalten. Damit haben beispielsweise die Programmanbieter die Möglichkeit, die illegale Verwendung ihrer Inhalte zu verhindern.

Die Spezifikationen für CI+ v 1.4 beinhalten auch die Realisierung einer Vorspulsperre, die das Überspringen von Werbeblöcken verhindert. Das könnten theoretisch dazu führen, dass die Aufnahmerestriktionen für CI+ in Zukunft entfallen.

Im Februar 2014 wurden die Standardisierungsarbeiten zu CI+ im DVB-Konsortium fortgesetzt und führten schließlich zu der Version 2.0, die im Sommer 2015 bzw. Sommer 2016 in Blue Books mündete. Diese DVB-Blue Books stellen die Grundlage für den Standardisierungsprozess dar. Als wichtigste Neuerung ist hier der Wechsel zu einem kompakteren Formfaktor, basierend auf einer USB-Schnittstelle, zu nennen. Hier die Details:

- Unterstützung von USB 2.0 & USB 3.1, basierend auf den jeweiligen Standard A-Steckern

- Wahl eines Formfaktors, der eine nicht sichtbare Einfügung des CI+-Modules erlaubt

Standards:

[1] CENELEC EN 50221 (02-1997): „Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications".

[2] ETSI TS 101 699 (V1.1.1) (11-1999): „Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification".

[3] CI Plus specification (V1.3.1) (09-2011): „Content Security Extensions to the Common Interface".
DVB BlueBook A165 (CI+ 1.4)
DVB Document A173-1 (CI+ 2.0/1)
DVB Document A173-2 (CI+ 2.0/2)

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Common_Interface

2.2.4 Cinch

Cinch ist eine weit verbreitete umgangssprachliche Bezeichnung für genormte Steckverbinder zur asymmetrischen Übertragung elektrischer Signalen, vorrangig an Leitungen mit koaxialem Aufbau zur Übertragung von Nieder- und Hochfrequenzsignalen. Die internationale und auch korrekte Bezeichnung lautet RCA Connector oder RCA Jack. Dieser Steckertyp wurde in den USA schon seit den 1940er-Jahren verwendet, als im deutschsprachigen Raum noch Bananenstecker oder DIN-Stecker üblich waren.

Verwendung findet Cinch vor allem bei den audiovisuellen Medien im Heimbereich. Da für jedes Signal ein eigener Stecker verwendet wird, bietet sich eine Farbcodierung der Funktion an. Dafür haben sich (weitgehend) einheitliche Farbcodierungen eingebürgert. Bild 2.2.4-1 zeigt eine Konfektionierung für die Übertragung eines analogen Videosignals und eines Stereosignals (L + R). Aus Bild 2.2.4-2 ist die Konfektionierung für die Übertragung von Video-Komponentensignalen (Y, CR, CB) ersichtlich.

Die Impedanzen und Pegel sind bei analogem Audio nicht einheitlich. Der typische Line-NF-Pegel liegt zwischen -6 dBV und +6 dBV (0,5 Veff bis 2 Veff). Die Impedanz bei Signalausgängen beträgt 200 Ω bis 2 kΩ, bei Signaleingängen 10 kΩ bis 1 MΩ. Die digitale Audio-Übertragung per S/PDIF ist dagegen standardisiert. Sie hat bei Geräten der Unterhaltungselektronik

Bild 2.2.4-1
Stecker für Videoverbindung (gelb) mit zusätzlichen Audiosteckern (rot + weiß)

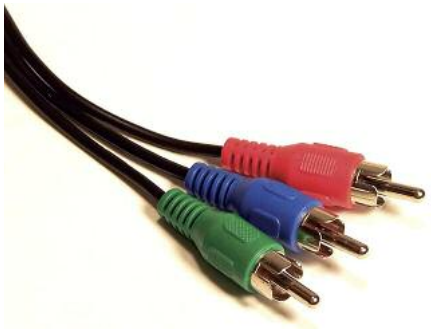


Bild 2.2.4-2
Stecker für Video-Komponentensignal-Verbindung

einen Pegel von 0,5 VSS an einem mit 75 Ohm abgeschlossenen Ausgang. Videosignale haben – unabhängig vom Steckertyp – einen Pegel von 1,0 VSS an 75 Ohm.

Für Cinch-Verbindungen werden in der Regel bei Koaxialkabeln eingesetzt. Dies ist notwendig, um kleine Signalspannungen gegen Störungen durch elektrische Felder von außen abzuschirmen. Magnetische Störfelder bewirken hier, wie auch bei verdrillten Kupfer-Doppeladern keinen Störeinfluss. In Fällen mit hohen Signalpegeln ist keine Abschirmung notwendig. Beispiele sind die Stromversorgung oder Verbindungen zwischen Endstufe (Audioverstärker) und Lautsprecher oder Kopfhörern.

Die Fertigungsgenauigkeit von Cinch-Steckverbindungen ist oft unzureichend, da eine genaue Normung fehlt. Deshalb können Stecker auch zu locker oder zu fest in den Buchsen stecken. Im ersten Fall ist der Kontakt unzuverlässig, im zweiten Fall kann die Buchse bzw. ihre Befestigung ggf. beschädigt werden. Insbesondere bei direkt auf Leiterplatten montierten Buchsen kann dieses zu Funktionstörungen des Gerätes führen.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Cinch

2.2.5 DisplayPort

DisplayPort ist eine von der VESA [Video Electronics Standards Association] standardisierte Schnittstelle zur universellen Übertragung digitaler Video- und Audiosignale. Anwendungsgebiete sind primär die Verbindungen zwischen TV-Geräten, Set-Top-Boxen (STB), Flachbildschirmen, Videoprojektoren [beamer], DVD/BD-Spielern, Computern, Spielekonsolen und vergleichbaren Geräten.

Die erste DisplayPort-Spezifikation wurde am 1. Mai 2006 veröffentlicht. DisplayPort sollte den Umstieg auf digitale Schnittstellen für hohe Bildqualität beschleunigen und für den Anschluss an portable Geräte möglichst wenig Platz benötigen. Außerdem wurde der 20-polige Flachstecker im Gegensatz zum konkurrierenden HDMI-Stecker mit einer mechanischen Verriegelung ausgestattet (Bild 1).

Bild 2.2.5-1 DisplayPort-Stecker

DisplayPort weist eine Hauptverbindung auf, die aus vier als Kupfer-Doppeladern aufgebauten Lanes (Lane 0 bis Lane 3) mit großer Bandbreite und geringer Latenz besteht. Sie erlaubt allerdings nur die unidirektionale Übertragung der digitalen Video- und Audiosignale.

DisplayPort umfasst auch einen als AUX-Channel bezeichneten Zusatzkanal (= Hilfskanal), der bei konstanter Bandbreite und geringer Latenz eine bidirektionale Verbindung erlaubt, um echtes Plug & Play zu ermöglichen, aber auch die Gerätesteuerung CEC [consumer electronics control] und andere.

Die Anordnung und Belegung der Kontakte des VideoPort-Steckers sind aus Bild 2 und Tabelle 1 ersichtlich. Die Belegung bezieht sich dabei auf die Seite der Videoquelle. Auf der Seite der angeschlossenen Geräte sind die Lanes gekreuzt, nämlich Lane 0 mit Lane 3 und Lane 1 mit Lane 2.

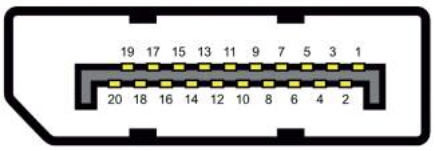


Bild 2.2.5-2 DisplayPort-Stecker, Kontaktanordnung

DisplayPort erlaubt ab Version 1.1 Kompatibilität zu HDMI. Es muss lediglich die Signalisierung LVDS [low voltage differential signaling] (bei DisplayPort) bezüglich Pegel und Impedanzen auf die Signalisierung TMDS [transition minimized differential signaling] (bei HDMI) durch entsprechende Adapter angepasst werden.

Für die verschiedenen DisplayPort-Varianten gelten folgende maximale Datenraten:

- Version 1.1 → 8,64 Gbit/s
- Version 1.2 → 17,28 Gbit/s
- Version 1.3 → 25,92 Gbit/s
- Version 1.4 → 32,40 Gbit/s

DisplayPort 1.4 wurde am 1. März 2016 veröffentlicht und stellt bisher die leistungsfähigste DisplayPort-Version dar. Dabei wird das verlustbehaftete Codierverfahren DSC [display stream compression] 1.2 eingesetzt und mit Vorwärtsfehlerkorrektur [forward error correction (FEC)], HDR 10, dem Farbraum gemäß ITU-Recommendation BT.2020 sowie der Erweiterung auf 32 Audiokanäle gearbeitet.

Tabelle 2.2.5-1
DisplayPort-Stecker, Kontaktbelegung

Kontakt	Signal
Pin 1	LVDS Lane 0+
Pin 2	Masse
Pin 3	LVDS Lane 0–
Pin 4	LVDS Lane 1+
Pin 5	Masse
Pin 6	LVDS Lane 1–
Pin 7	LVDS Lane 2+
Pin 8	Masse
Pin 9	LVDS Lane 2–
Pin 10	LVDS Lane 3+
Pin 11	Masse
Pin 12	LVDS Lane 3–
Pin 13	Configuration 1
Pin 14	Configuration 2
Pin 15	AUX-Channel+
Pin 16	Masse
Pin 17	AUX-Channel–
Pin 18	Hot Plug-Detection
Pin 19	Stromversorgung: Masse
Pin 20	Stromversorgung: +3,3 V/0,5 A

2.3 Funkgestützte Schnittstellen

Nachfolgend werden die derzeit definierten funkgestützten (= drahtlosen) Display-Schnittstellen beschrieben.
Tabelle 2.3-1 zeigt dazu die wichtigsten Systemparameter und Tabelle 2.3-2 die betroffenen Formate und Bildauflösungen.

2.3.1 Miracast

Miracast ist seit 2012 ein offener Standard, entwickelt von der Wi-Fi Alliance. Dadurch ist Miracast eine Alternative zu Apples AirPlay und Intels Wireless Display (WiDi). Audio- und Video-Inhalte werden durch eine direkte drahtlose Verbindung (Peer-to-Peer) von einem mobilen Gerät zu HD-Bildschirmen übertragen.
Beispiele hierfür:

- Videos/Bilder von einem portablen/mobilen Endgerät (z.B. Tablet, Smartphone oder Laptop) auf einem TV-Gerät oder Monitor wiedergeben

- Betrachten von Live-TV-Signalen einer Kabel- oder Satelliten-Set-Top-Box auf einem portablen/mobilen Endgerät (z.B. Tablet, Smartphone oder Laptop)

- Teilen des Laptop- oder Tablet-Bildschirms (Präsentation) mit dem Konferenzraum-Videoprojektor in Echtzeit

Weil die Wi-Fi Alliance Organisation etwa 600 Mitglieder umfasst, genießt Miracast eine breite Unterstützung durch die Industrie. Miracast wird von fast allen großen TV-Herstellern und Herstellern von portablen/mobilen Endgeräten (ab Andriod 4.2 oder höher) unterstützt. Leider wird oft nicht direkt von Miracast gesprochen, die Hersteller verwenden nämlich häufig eigene Bezeichnungen für das integrierte Miracast. Nur mit Wi-Fi CERTIFIED Miracast-Geräten, zertifiziert durch die Wi-Fi Alliance, kann garantiert werden, dass diese Geräte auch mit anderen Wi-Fi CERTIFIED Miracast-Geräten ordnungsgemäß zusammenarbeiten, den neuesten Sicherheitsschutz verwenden und die beste Bedienfreundlichkeit aufweisen.

Wi-Fi CERTIFIED Miracast-Geräte

- müssen auch zertifiziert sein für Wi-Fi CERTIFIED n, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), Wi-Fi Direct, Wi-Fi Multimedia (WMM) und Wi-Fi Protected Setup
- verwenden Wi-Fi Direct, weshalb ein Zugang zu einem Wi-Fi-Netzwerk nicht erforderlich ist
- sichern Interoperabilität mit anderen Marken
- haben WPA2-Security integriert
- unterstützen Premium-Inhalte
- unterstützen vereinfachtes Auffinden und Setup

Durch die Nutzung der vergleichsweise kleinen Funkfrequenzen des WLAN Standards n (2,4 GHz und 5 GHz) und der daraus resultierenden entsprechend geringen Übertragungsdämpfung ist eine Sichtverbindung zwischen Miracast-Sender und Miracast-Empfänger nicht zwingend erforderlich. Stören können zum Beispiel WLANs aus der Nachbarschaft, die mit überlappender Kanalbelegung die eigene Funkverbindung stören. Im meistgenutzten 2,4-GHz-Band bleibt kaum Platz zum Ausweichen, während das 5-GHz-Band im Moment noch erheblich mehr Spielraum bietet.

2.3.2 Wireless Display (WiDi)

Die von Intel entwickelte und 2010 vorgestellte Lösung Wireless Display (WiDi) ermöglicht eine kabellose HDMI-Verbindung. Als Sender benötigt man ein Gerät mit integriertem Intel WiDi-Sender, wie zum Beispiel ein Note- oder Ultrabook ab der vierten Generation mit Intel Prozessoren mit CORE I3, I5 oder I7. Es sind auch Smartphones bzw. Tablets mit integriertem Intel Prozessor verwendbar. Als WiDi-Empfänger dient ein von Intel zertifiziertes Empfangsgerät. Dieses kann zum Beispiel ein TV-Gerät, ein Videoprojektor oder eine WiDi-Adapter-Box sein. Die neueste Intel WiDi-Software garantiert die vollständige Unterstützung für die drahtlose Verbreitung urheberrechtlich geschützter 1080p-Inhalte, wie zum Beispiel 2D/3D-Blu-rays.

Intel WiDi basiert auf der Wi-Fi Alliance Wi-Fi CERTIFIED Miracast- Spezifikation. Somit hat Intel sei-nen zuerst proprietären WiDi-Standard zugunsten des offenen Standards Miracast aufgegeben. Die seit Oktober 2012 verfügbare WiDi-Treiber Version 3.5 unterstützt bereits das Senden an Miracast-Empfänger. Intel verspricht mit WiDi-Technologie schnelle und zuverlässige Verbindungen, geringe Latenzzeit bei der Bildschirm-Spiegelung (Screen-Mirroring), sehr gute Bild-und Tonqualität und flüssige HDTV-Wiedergabe auf dem Wireless Display. Obwohl senderseitig das WLAN-Modul zur Übertragung genutzt wird, ist gleichzeitig Surfen im Internet möglich.

WiDi wurde auch um die Möglichkeit erweitert, den Bildschirminhalt an DLNA-fähige Geräte zu senden. Da DLNA dafür nicht optimiert wurde, ergeben sich jedoch abhängig vom Netzwerk und den Verbindungen zwischen den Geräten größere Latenzzeiten. Diese Verzögerungen bei Bild und Ton sind bei der Präsentation oder Wiedergabe von audiovisuellen Inhalten in der Regel hinnehmbar, nicht aber bei Spielen.

Intel's WiDi fehlt noch die breite Unterstützung, es gibt nur wenige direkte Empfänger oder WiDi-Adapter-Boxen und längst nicht alle Notebooks unterstützen die Funktion.

Tabelle 2.3-1 Übersicht von funkgestützten Schnittstellen

	Miracast	WHDI	WirelessHD (WiHD)	Wireless Gigabit (WiGig)	Wireless Display (WiDi)
Organisation/ Hersteller	Wi-Fi Alliance	WHDI Consortium	WirelessHD Consortium	Wireless Gigbit Alliance	Intel
Internet-adresse	wifi.org/miracast	whdi.org	wirelesshd.org	wirelessgigabit alliance.org	http://tinyurl.com/ 3zupjae
Frequenz-band	2,4-GHz-/ 5-GHz-Band	5-GHz-Band	60-GHz-Band	60-GHz-Band	2,4-GHz-/ 5-GHz-Band
Reich-weite	bis 10 m, kein Sichtkontakt erforderlich	bis 30 m, kein Sichtkontakt erforderlich	bis 10 m indoor, Sichtverbindung erforderlich	bis 10 m indoor, Sichtverbindung erforderlich	bis 10 m, kein Sichtkontakt erforderlich
Einsatz-gebiet	TV als drahtloser Bildschirm für mobile Geräte	vollwertiger HDMI-Kabel-Ersatz	vollwertiger HDMI-Kabel-Ersatz	vollwertiger HDMI-Kabel-Ersatz, Datenübertragung	TV als drahtloser Notebook-Bildschirm
Vorteile	geringe Dämpfung, gute Reichweite durch niedrige Frequenz	geringe Latenz (1 ms), geringe Dämpfung, Multicast/ 3D-Blu-ray/ HD-Audio	geringe Latenz, sehr hohe Bandbreite (bis 7 Gbit/s), 3D-Blu-ray/ HD-Audio	geringe Latenz, sehr hohe Bandbreite (bis 7 Gbit/s), 3D-Blu-ray/ HD-Audio	geringe Dämpfung
Nachteile	evtl. Störung durch Nachbar-WLANs	nur als externer Adapter	geringe Reichweite	geringe Reichweite	große Latenz, evtl. Störung durch Nachbar-WLANs

2.3.3 Wireless Home Digital Interface (WHDI)

Sieben Unternehmen aus der CE-Industrie, dem IT Bereich und dem professionellen Video-Bereich entwickelten Wireless Home Digital Interface (WHDI), um HDTV Inhalte drahtlos von beliebigen Geräten auf ein Display zu bringen.

Sender können zum Beispiel Notebook, Smartphone, Set-Top-Box oder Blu-ray Player sein, Empfänger ist das HDTV-Display. Durch die Nutzung des lizenzfreien 5-GHz-Bands ist eine drahtlose Verbreitung von nicht quellencodierten HDTV (1080p)-Inhalten in Haus und Wohnung bis zu 30 m möglich. Wireless Home Digital Interface verspricht auch eine geringe Latenzzeit. Eine der Gründerfirmen bietet verschiedene Lösungen für den professionellen Studio-Bereich an. Seit Mitte 2013 sind keine Neuigkeiten zu Wireless Home Digital Interface verfügbar.

2.3.4 WirelessHD (WiHD)

Mit WirelessHD wurde 2008 von CE- und IT-Industrie eine Spezifikation für eine neue digitale Netzwerkschnittstelle zur drahtlosen Übertragung von HDTV-Inhalten definiert. Genutzt wird das weltweit lizenzfreie 60-GHz-Band. Fernseher, HD-DVD-und Blu-ray-Player, Set-Top-Boxen, Kameras, Spielekonsolen und andere Geräte aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik sollen miteinander verbunden werden, um verlustfrei HDTV-Video, Mehrkanal-Audio und Daten für CE-Geräte, PCs und tragbare Endgeräte drahtlos zu übertragen. Derzeit sind Datenraten bis 10 Gbit/s bei maximal zehn Metern Entfernung bei Sichtkontakt möglich. Die auf den Millimeterwellen im 60-GHz-Band basierende Kern-Technologie von WiHD ermöglicht theoretisch Datenraten bis 28 Gbit/s. Die Spezifikation unterstützt Inhalte-Verschlüsselung über Digital Transmission Content Protection (DTCP). Seit Anfang 2013 stehen keine Neuigkeiten über WirelessHD zur Verfügung.

2.3.5 Wireless Gigabit (WiGig)

Die Wireless Gigabit Alliance ist ein Verband führender Halbleiter-, Kommunikations- und IT-Unternehmen. Die WiGig-Allianz kooperiert mit der WiFi-Allianz, HDMI Licensing LLC und Video Electronics Standards Association (VESA). Der von der Wireless Gigabit Alliance 2009 entwickelte Standard IEEE 802.11ad ermöglicht die Hochgeschwindigkeitskommunikation im lizenzfreien 60-GHz-Band. Eine Datenrate bis 7 Gbit/s ist damit über Gigabit-WLANs über kurze Entfernungen (Sichtverbindung) möglich und für Video-und/oder Audio-Anwendungen gedacht. Der Standard soll die Fähigkeiten der bisherigen WLAN-Geräte ergänzen. WiGig Tri-Band-fähige Geräte werden in den 2-GHz, 4-GHz, 5-GHz und 60-GHz-Bändern betrieben. Die Datenrate bis 7 Gbit/s ist fast fünfzigmal höher als die höchste Datenrate gemäß IEEE 802.11n. Auch die Übertragung von HDMI 2.0 wird unterstützt.

Bei einem 60-GHz-Signal ist folgender Nachteil zu berücksichtigen: Es kann in der Regel Wände nicht durchdringen, sondern erfordert Sichtverbindung. Es verbreitet sich durch Reflexionen an Wänden, Decken, Böden und Objekten. Beim Verlassen des Raumes bzw. Unterbrechung der Sichtverbindung kann das Protokoll gewechselt werden, hin zu den unteren Bändern (2,4 GHz oder 5 GHz) und einer geringeren Datenrate.

Tabelle 2.3-2 Unterstützte Formate und Auflösungen

Bildschirm Auflösungen	17 Formate von der Consumer Electronics Association (CEA)	Von 640x480 Bildpunkte bis zu 1920x1080 Bildpunkte pro Bild und Bildwiederholraten von 24 bis zu 60 Bilder pro Sekunde
	29 Formate von der Electronics Standard Association (VESA)	Von 800x600 Bildpunkte bis zu 1920x1200 Bildpunkte pro Bild und Bildwiederholraten von 30 bis zu 60 Bilder pro Sekunde
Video Formate	12 Formate für Mobile Endgeräte wie Mobiltelefone oder Tablets	Von 640x360 Bildpunkte bis zu 960x540 Bildpunkte pro Bild und Bildwiederholraten von 30 bis zu 60 Bilder pro Sekunde
	- HD Video nach ITU-T H.264 (Advanced Video Coding – AVC) mit Unterstützung von Constrained Baseline Profile (CPB)	
	- Miracast spezifisches Format Constrained High Profile (CHP) Format	
Audio Formate	Vorgeschriebene	LPCM 16bits, 48kHz, zwei Kanäle
	Optionale	LPCM (16bits, 44,1kHz, zwei Kanäle), AAC und AC3

2.4 Schnittstellen / Funktionalität

2.4.1 DLNA

Die Digital Living Network Alliance (DLNA) ist eine 2003 gegründete internationale Organisation von mehr als 150 Firmen aus den Bereichen EDV, Unterhaltungselektronik und Mobile Geräte. Das Ziel von DLNA war es, die Vernetzung und das Zusammenspiel von Elektronikgeräten zu standardisieren und so zu vereinfachen. Alle wichtigen Unternehmen sind vertreten, außer Apple, die mit einer proprietären Lösung arbeitet. Die aktuelle Fassung des DLNA-Standards ist die Version 4.0, die der Verband im September 2016 veröffentlicht hat. Mit DLNA ist es möglich, die verschiedenen DLNA-Geräte einfach via LAN oder WLAN zu vernetzen. DLNA nutzt dazu den UPNP (Universal Plug and Play)-Standard, um die Geräte im Netzwerk zu finden, zu verbinden, deren Kommunikation miteinander zu ermöglichen und für Medieninhalte wie Musik, Filme und Fotos gemeinsame Formate zu unterstützen. Eine Zertifizierung ist notwendig, um das DLNA Logo nutzen zu dürfen. Die durch dieses Logo gekennzeichneten Geräte garantieren die Unterstützung der in Tabelle 2.4-1 angeführten Medienformate.

DLNA-zertifizierte Geräteklassen für das Heimnetz

Heutzutage sind Player-Funktionen in vielen Fernsehgeräten mit Smart-TV-Features, Smartphones und Tablets eingebaut. Ältere Fernsehgeräte lassen sich mit Zusatzboxen wie DLNA-kompatible Mediaplayern, Web-TV-Boxen oder Spielkonsolen nachrüsten. Als DLNA-Server fungieren in der Regel Computer, Smart-TV, Network Attached Storage (NAS) oder Spielekonsolen. DLNA-Softwarelösungen wie z.B. Twonky Media Server, Servio Media Server oder Elgato Eye Connect stellen die DLNA-Funktionen auch auf Apple iOS Betriebssystemen, wie auch bei Windows, zur Verfügung. Tabelle 2.4-2 zeigt die DLNA-zertifizierten Geräteklassen auf.

Geräteklassen für mobile Endgeräte:

Es gilt als kritisch, dass DLNA die vorgeschriebenen Anforderungen an Endgeräte-Hersteller recht gering hält, da sie lediglich die vorgegebenen Formate (JPG für Fotos, uncodiertes Audio (LPCM), MPEG-1 L3 (MP3), MPEG-4 AAC LC , Videos im Videocodierung MPEG-2 und MPEG-4 Part 10 (AVC) with MPEG-4 AAC LC associated audio) unterstützen müssen. Diese recht geringe Anzahl an Formaten ist nicht unbedingt zeitgemäß. Die Unterstützung der optionalen Formate (siehe Tabelle 2.4-1) ist notwendig. Beliebte Formate für Videos aus dem Netz werden zum Teil nicht unterstützt. Beim Einrichten eines DLNA-Netzwerks ist also darauf zu achten, dass die verschiedenen DLNA Geräte die vorgeschriebenen und optionalen Formate unterstützen. Einige Geräte unterstützen auch das sogenannte Transcoding. Dabei wandelt eine Software im Gerät die vorhandenen Dateien in Echtzeit in ein DLNA-unterstütztes Format um und sendet dieses dann als DLNA-kompatible Datei an das Wiedergabegerät. Auch kann es passieren, dass eigentlich selbstverständliche Funktionen nicht implementiert oder nur unzureichend umgesetzt werden. Beispielsweise bei einem Zugriff von einem TV-Gerät auf ein Netzlaufwerk, wenn die Funktion des Vor- und Zurückspulens nicht möglich ist. Tabelle 2.4-3 stellt die Geräteklassen für mobile Endgeräte zusammen.

2.4.2 Apple AirPlay

Apple AirPlay wurde 2003, damals noch unter dem Namen AirTunes, erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. Am Anfang war es nur möglich Audio-Inhalte zu streamen. Nach 2010 erweiterte Apple ihre Lösung um die Fähigkeit nicht nur Audio- und Video-Inhalte zu streamen, man konnte nun auch den Bildschirminhalt eines portablen/mobilen Gerätes zu einem Display streamen (Live-Duplizierung). Airplay war der erste angewandte Standard um die Screen-Sharing-Funktionalität zu ermöglichen.

AirPlay ist eine von Apple entwickelte Mischung aus den Eigenschaften eines Interoperabilitätsstandards und Screen-Sharing-Funktionen, die Herstellern für den Einbau in ihre Empfangsgeräte lizenziert werden kann. Das grundlegende Übertragungsprotokoll ist RAOP [remote audio access protocol], das auf RTSP/RTP [real time streaming/transport protocol] basiert.

Bei RAOP werden zwei Übertragungskanäle genutzt:

- Ein Kanal für die Steuerung (Lautstärke, Vorwärts/Rückwärts, Titel, Informationen, ...)
- Ein Kanal für die Daten.

Nur von Apple lizensierte AirPlay-Komponenten können miteinander kommunizieren. Bei der Übertragung von Audio-Signalen erfolgt beim Sender immer eine Dekodierung des ursprünglichen Signals (z.B. MP3) und eine Neukodierung in das verlustfreie Apple Lossless Format. Danach wird das Audio -Signal mit einer Abtastfrequenz [sampling rate] von 44,1 kHz und einer Datenwortbreite von 16 bit via LAN oder WLAN zum Empfänger übertragen. Dieser dekodiert das Signal und gibt es als Audio-Signal über den Digital Audio Converter (DAC) wieder.

Audio/Video-Inhalte werden im Heimnetz via WLAN (WiFi) oder Kabel an andere Apple AirPlay-kompatible Geräte ver-

Tabelle 2.4-1 DLNA-Medienformate

	Obligatorische Formate	Optionale Formate
Bilder	**JPEG**	**GIF, PNG**
Audio	• lineare PCM • MPEG-1 (MP3) • MPEG-4 (AAC LC)	• WMPA 9, AC-3 • ATRAC 3 plus • MPEG-4 (HE AAC) • AAC LTP • BSAC • AMR
Video	• MPEG-2 • MPEG-4 (AVC)	• MPEG-1 • MPEG-44 • WMV 9 • VC1 • MPEG-4 part 2 • MPEG-4 (BSAC) • HEVC/H.265/MPEG-H

teilt. Das Verbinden erfolgt per „Plug & Play“, das heißt es muss nichts konfiguriert, programmiert oder installiert werden. Voraussetzung ist dafür das Vorhandensein eines AirPlay-Senders (z.B. die Software Apple iTunes auf einem PC oder Mac sowie allen iOS-basierten Geräte), eines Netzwerks (leitungsgeführt oder funkgestützt) und eines AirPlay-Empfängers (z.B. die Apple TV-Empfangsbox). Ein typische Anwendung ist das Streamen von Video-, Audio- oder Foto-Dateien von einem Apple PC oder Mac sowie allen iOS-basierten Geräten (iOS Betriebssystem) mit Hilfe des Apple iTunes Programms via WLAN an die Apple TV-Empfangsbox und damit zum TV-Gerät.

Windows-Nutzer können die kostenpflichtige Software AirParrot benutzen, um Inhalte an die Apple TV-Box zu streamen. Auch ist es möglich, mit Hilfe der kostenpflichtigen Windows Software AirServer die Apple TV-Empfangsbox zu ersetzen und von einem mobilen Apple-Gerät zu einem Microsoft Gerät zu streamen. Eine Besonderheit bei AirPlay ist die Möglichkeit, mehrere AirPlay-Empfänger auszuwählen und so die Musik in verschiedenen Räumen gleichzeitig wiederzugeben (Multiroom Audio). Dabei stellt AirPlay sicher, dass unabhängig von der Entfernung des Raums zum Sender die Musik immer synchron wiedergegeben wird. Viele HiFi- Komponenten-Hersteller unterstützen mittlerweile die AirPlay-Technologie in ihren Produkten. Bei Video, ebenso wie bei Audio, werden alle Formate unterstützt, die auch Apple iTunes unterstützt oder mit dem Apple Shop via iTunes ge-kauft wurden. Inhalte können auch aus der Apple Cloud abgerufen werden (z.B. Fotos). Eine andere Funktion ist die „Sync Screen“-Funktion, mit der man vom Apple Tablet, Music Player oder Smartphone mit Hilfe der Apple TV-Empfangsbox entweder den gesamten Bildschirminhalt des Apple-Gerätes (iOS Betriebssystem) auf dem TV-Gerät anzeigen kann oder bei Nutzung eines entsprechenden Spieles der Fernseher zur Anzeige zusätzlicher Dinge nutzbar ist.

2.4.3 Google Chromecast

Google Chromecast wurde als Alternative zu Apple AirPlay in den Markt gebracht. Google nutzt eigene Streaming Media Adapter, über den Audio- und Videoinhalte aus dem Internet zum TV-Gerät oder einer anderen Videoanlage gestreamt werden können. Google nennt die Technologie Chromecast und den Adapter „Google Chromecast HDMI Streaming Media Player“. Der Chromecast Stick oder der Chromecast Adapter (kurzes integriertes HDMI-Kabel) wird einfach in ein TV-Gerät oder einen Monitor mit HDMI-Eingang gesteckt und über USB oder Netzteil mit der Betriebspannung versorgt.

Diese zweite Generation vom Chromecast Adapter (Chromecast Ultra) unterstützt Streaming in hoher Auflösung, nämlich bis zu 4K Ultra HD. Er hat zudem auch einen Ethernet-Port integriert. Der Chromecast Adapter verbindet sich selbsttätig mit einemvorhandenen WLAN. YouTube, Spiele, Google Plus, Musik aus Play Music, Videos aus Play Movies, Netflix und andere Applikationen sind schon für Google Chromecast optimiert worden und können genutzt werden. Für Tablets oder Smartphones werden Steuerungs-Applikationen für die Betriebssysteme Windows, Google Android und Apple iOS angeboten. Inhalte werden per Mobilgeräte-App ausgewählt und gesteuert.

So können zum Beispiel über Google+ Inhalte aus der Google Cloud (Online-Speicher) geladen werden. Eine zweite Möglichkeit Inhalte aufzurufen ist mit Hilfe von Notebooks und Desktop-Computern über den Google-Chrome-Browser möglich. Chrome dient dabei als Quelle. Es werden Inhalte direkt vom Computer an den Chromecast-Stick übertragen und der Browserinhalt auf den Fernseher gespiegelt. Auch in diesem Fall findet kein echtes Screen-Sharing statt, da nur der Inhalt des Browsers und nicht des gesamten Bildschirms übertragen wird. Zur Darstellung der Inhalte wird der Google Browser genutzt. Google Chromecast basiert intern auf den Protokollen Discover and Launch (DIAL) und Universal Plug and Play (UPnP). Seit Februar 2014 ist die Google Chromecast Entwicklungsumgebung (Software Development Kit) für Android, iOS und Chrome verfügbar, womit praktisch jeder Entwickler seine Apps zu Chromecast kompatibel machen kann. Dadurch hat sich Anzahl an Applikationen erhöht.

Tabelle 2.4-2: DLNA-zertifizierte Geräteklassen

Geräteklassen im Heimnetz	Funktionen	Beispiele
Digital Media Server (DMS)	DMS stellen DLNA-Medieninhalte zur Verfügung (als Netzlaufwerk)	Network Attached Storage (NAS), Computer, Fernsehgerät
Digital Media Player (DMP)	DMP spielen übers Netzwerk zur Verfügung gestellte DLNA-Medien ab	TV-Gerät, Computer, Heimkino-Systeme, Smartphone, Tablet
Digital Media Renderer (DMR)	DMR spielen Medien ab, die über einen Digital Media Controller (CDMC) empfangen werden, der wiederum den Inhalt von einem Digital Media Server (DMS) holt	TV-Gerät, AV-Receiver
Digital Media Controller (DMC)	DMC finden Inhalte auf Digital Media Servern (DMS) und spielen diese auf Digital Media Renderern (DMR) ab	WiFi-Digitalkamera, Smartphone, Tablet

Tabelle 2.4-3: Geräteklassen für mobile Endgeräte

Geräteklassen portabler/ mobiler Endgeräte	Funktionen	Beispiele
Mobile Digital Media Server (M-DMS)	M-DMS speichern Inhalte und stellen diese Mobile Digital Media Playern (M-DMP), Digital Media Renderern (DMR) und Digital Media Printern (DMP) zur Verfügung	Smartphone und portable Musik-Player
Mobile Digital Media Player (M-DMP)	M-DMP finden und spielen Inhalte von Digital Media Servern (DMS) oder Mobile Digital Media Servern (M-DMS) ab	Media-Tablet, entworfen für das Konsumieren von Multimedia-Inhalten
Mobile Digital Media Controller (M-DMC)	M-DMC finden Inhalte auf einen Digital Media Server (DMS) oder Mobile Digital Media Server (M-DMS) und senden sie an einen Digital Media Renderer (DMR)	Portabler Musik-Player

2.5 Applikationen

2.5.1 Endgerätebezogene Applikationen

Der Zugang zu jedem Internetportal ist stets über die Eingabe der entsprechenden URL [universal ressource locator] möglich. Bei endgerätebezogenen Applikationen steht dem Nutzer ein Angebot von Internetportalen zur Verfügung, das vom jeweiligen Gerätehersteller zusammengestellt wurde. Diese Portale werden als Bildzeichen [icon] auf dem Bildschirm des TV-Gerätes signalisiert und können durch einfaches Anklicken mit der Fernbedienung aktiviert werden. Dieses Konzept stellt die einfachste Form von Smart-TV dar. Die Navigation in einem Portal erfolgt menugeführt mit Hilfe der auch als Richtungstasten bezeichneten Cursortasten (rechts, links, oben, unten), der OK-Taste, der vier Farbtasten (rot, grün, gelb, blau) und/oder den zehn Zifferntasten (0 ... 9) (Bild 2.5.1-1 Fernbedienung für Smart-TV). Diese Form der Fernbedienung ist auch mit einem Smartphone oder Tablet realisierbar.

Die Besonderheit der endgerätebezogenen Applikationen besteht darin, dass sie für die Darstellung auf dem Flachbildschirm des TV-Gerätes spezifisch aufbereitet werden müssen, um dem Betrachter optimale Bildqualität zu bieten.

Bild 2.5.1-1 Einfachste Fernbedienung für Smart-TV

Art und Umfang des Angebots von Internetportalen ist bei endgerätebezogenen Applikationen unmittelbar vom jeweiligen Gerätehersteller abhängig. Diese Markenbindung sollte vor dem Kauf eines TV-Gerätes unbedingt berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass nicht alle Gerätehersteller bei ihren Produkten endgerätebezogene Applikationen anbieten.

Bezüglich der endgerätebezogenen Applikationen ist anzumerken, dass einzelne Anwendungen unter Umständen auch als programmbezogene Applikation angeboten werden. Es gibt aber auch spezifische Anwendungen, die nur als endgerätebezogene Applikationen verfügbar sind. Insoweit können beide Arten der Applikationen für den Nutzer von Interesse sein.

2.5.2 Senderbezogene Applikationen

Der Zugriff auf Applikationen aus dem Internet kann auch senderbezogen erfolgen, wenn dies vom jeweiligen Programmveranstalter angeboten wird.

Senderbezogene Applikationen sind im Umfeld des digitalen Fernsehens bereits seit Mitte der 1990er Jahre ein Thema. Wurden solche Applikationen anfangs noch mit Systemen wie OpenTV und später MHP realisiert und im DVB-Multiplex mitübertragen, beruhen heutige Systeme auf browserbasierten Lösungen, bei denen die Applikationen über das Internet übertragen werden. Es besteht deshalb bei den senderbezogenen Applikationen keine Bindung an einen Gerätehersteller.

Dominierend im europäischen Markt ist für senderbezogene Applikationen der HbbTV-Standard (ETSI TS 102 796), dessen Markteinführung Ende 2009 begann. Die Navigation erfolgt bei senderbezogenen Applikationen in gleicher Weise wie bei den gerätebezogenen Applikationen mit der normalen Fernbedienung. In Einzelfällen sind diese allerdings zusätzlich mit einer Tastatur für Buchstaben und Sonderzeichen ausgestattet, um die Eingabe komfortabler zu gestalten.

Bild 2.5.1-2 Beispiel für eine endgerätebezogene Applikation

Bild 2.5.1-3 Beispiel für eine senderbezogene Applikation

Der HbbTV-Standard definiert so wenig wie möglich neue technische Elemente, sondern greift im Wesentlichen auf bereits vorliegende Standards zurück. So beziehen sich heute im Markt verfügbaren Versionen HbbTV 1.0 und HbbTV 1.5 hauptsächlich auf den CE-HTML-Standard, der auf den W3C-Internet-Standards basiert und ein HTML-Profil für CE-Geräte spezifiziert. CE-HTML enthält allerdings keine Elemente, welche die Einbindung dieses Systems in die DVB-Umgebung des digitalen Fernsehens sicherstellen. Das leistet die Browser-Spezifikation des Open IPTV-Forums, die im Januar 2009 veröffentlicht wurde. Wichtige Zusatzfunktionen liefert der DVB-Standard „Signalling and carriage of interactive applications and services in hybrid broadcast/broadband environments“ (ETSI TS 102 809). Er regelt die Signalisierung von Applikationen in DVB-Multiplexen, wenn diese von einem TV- oder Radioprogramm aus gestartet werden sollen. Eine senderbezogene Applikationen, die einem Programm zugewiesen ist, kann in der AIT [application information table] als sogenannte „Autostart-Applikation“ gekennzeichnet werden. Diese startet dann automatisch beim Wechsel auf das betreffende Programm und generiert in der Regel einen „Red Button“ auf den Bildschirm, der nach kurzer Zeit wieder verschwindet. Dieses Symbol soll dem Zuschauer signalisieren, dass er mit der roten Farbtaste der TV-Fernbedienung eine Applikation starten kann.

Weiterhin spezifiziert ETSI TS 102 809 auch die Übertragung von Applikationen über den DVB-Kanal. Diese Option ist interessant für Geräte, die zwar über einen Browser verfügen, vom Nutzer aber nicht an einen Internetzugang angeschlossen sind. Die Datenmenge, die über den Rundfunkkanal übertragen werden kann, ist zwar limitiert, für einfache Dienste wie einen verbesserten Teletext jedoch ausreichend.

Für die Übertragung senderbezogener Applikationen über den DVB-Kanal wird der DSM-CC [digital storage media – command&control]-Standard verwendet. Dieser spezifiziert auch „stream events“, mit denen kleine Datenpakete synchron zum TV-Programm mitgesendet werden können. Damit lassen sich zum Beispiel für interaktive Quizshows zeitgenau Fragen oder Antworten übertragen.

2012 wurde die Standardversion HbbTV 1.5 publiziert, die MPEG-DASH als Format für adaptives Videostreaming beinhaltet.

Mit den aufgezeigten Rahmenbedingungen lässt sich eine Fülle verschiedener Konzepte senderbezogener Applikationen realisieren. Wie nachfolgende Beispiele zeigen, sind vielfältige Funktionen hinsichtlich der Interaktion zwischen Rundfunk und Applikationen möglich. Seit der IFA 2010 bieten alle vier großen Free-TV-Anbietergruppen ARD, ZDF, RTL und Pro7Sat1 HbbTV-Dienste an.

Schwerpunkte bei den öffentlich-rechtlichen Anbietern sind vor allem die Mediatheken, sowie verschiedene Teletext-Angebote und ein elektronischer Programmführer [electronic programme guide (EPG)]. Auch eine neue, flexiblere Untertitelfunktion mittels DSM-CC Stream Events ist bereits in Betrieb. Bei den privaten Anbietern stehen bunt und multimedial überarbeitete Teletext-Varianten mit Fotos, Videoclips und interaktiver Werbung im Vordergrund; Pro7 und Sat.1 bieten bereits Spiele und Voting an. Zu TV-Werbespots werden begleitende interaktive Applikationen angeboten. Für Pay-Applikationen wurde bereits eine Integration von PayPal realisiert.

Ein herausragendes Beispiel für die Leistungsfähigkeit von HbbTV zeigte sich erstmals bei den Olympischen Winterspielen 2014 in Sotschi mit der Integration von vier Live-Streams in eine Olympia-App bei den HbbTV-Angeboten von ARD und ZDF.

Auch kleinere Programmveranstaltern sehen HbbTV als eine wertvolle Ergänzungsmöglichkeit ihrer programmlichen Aktivitäten: So sind mittlerweile u.a. Sport1, HSE24, QVC, Sonnenklar TV und Astro TV mit HbbTV-Angeboten präsent, die mehrheitlich Shopping-Funktionen beinhalten. Auffallend ist die wachsende Zahl von Lokal-TV-Sendern mit HbbTV-Angeboten. Insgesamt bieten fast alle Programmveranstalter in Deutschland HbbTV-Dienste an. In Betrieb sind dabei Applikationen, mit denen Transaktionen, wie Buchungen oder Einkäufe, durchgeführt werden können. Fraglos werden solche Anwendungen in Zukunft vermehrt den Nutzern angeboten werden.

Alle namhaften Hersteller haben inzwischen Geräte mit HbbTV im Markt. Aufgrund dieser umfassenden Unterstützung von HbbTV ist bereits der überwiegende Teil der neu verkauften TV-Geräte mit HbbTV ausgestattet. Über 20 Mio. HbbTV-fähige Geräte stehen mittlerweile in deutschen Haushalten; mehrheitlich sind sie mit dem Internet verbunden und stehen damit für HbbTV-Angebote zur Verfügung.

Auch international ist HbbTV gut vertreten; die meisten Länder Europas und zahlreiche außereuropäische Länder nutzen HbbTV. In Italien und England wurde die Nutzung von MHP und MHEG mittlerweile zugunsten von HbbTV abgekündigt. Für das Jahr 2018 wird die Markteinführung von HbbTV 2.0 erwartet. Diese Version des Standards wurde 2015 von ETSI publiziert und 2016 nochmals als „HbbTV 2.0.1“ (ETSI TS 102 796 v1.4.1) aktualisiert. Das führt zu einer ganz wesentlichen Erweiterung der HbbTV-Funktionalität: Das Browserprofil wird auf die aktuelle HTML5-Version umgestellt und erlaubt damit u.a. Animationen, Kommunikation über Websockets, Laden individueller Fonts und anderes mehr. Weiterhin ist die Integration von Mobilgeräten wie Tablets oder Smartphones mit HbbTV-Diensten auf dem TV-Bildschirm möglich. Apps können dadurch vom Mobilgerät aus auf dem TV-Gerät gestartet werden und umgekehrt; eine Kommunikation zwischen den Apps auf beiden Geräten ist möglich. Damit lassen sich viele neuartige Dienste realisieren. Die Synchronisation von Broadcast-Signalen und Broadband-Streams ist mit HbbTV 2.0 möglich. So lassen sich z.B. zu einem Broadcast-TV-Bild zusätzliche Audiokanäle, die über das Internet gestreamt werden, synchron wiedergeben – sowohl auf dem TV-Gerät, als auch auf einem Mobilgerät.

HbbTV wird auf diese Weise noch wesentlich flexibler und erlaubt wie kein anderes System die Integration von Broadcast- und Broadband-Diensten.

2.5.3 Internet-Browser

Browser sind spezielle Programme zur Darstellung von Websites oder allgemein von Dokumenten und Daten. Neben HTML-Seiten können Browser verschiedene andere Arten von Dokumenten, wie zum Beispiel Bilder und PDF-Dokumente, anzeigen. Webbrowser stellen die Bedienoberfläche für Webanwendungen dar.

Ursprünglich bezeichnete der aus dem Englischen entlehnte Begriff browsen am Computer lediglich das Nutzen von Navigationselementen (Vor, Zurück, Index etc.) zum Lesen von Texten bzw. Textdateien. Erweitert wurde dieser Begriff später durch das Aufkommen von Hypertext, bei dem man bestimmte als Querverweis (Hyperlinks) wirkende Wörter auswählen kann, um zu einem anderen Text zu gelangen. Danach kamen dann Funktionen zur Anzeige von Bildern dazu und auch sogenannte verweissensitive Grafiken, bei denen man auf einer Computergrafik einen Bereich (zum Beispiel bei einer Weltkarte) anklickt und dadurch zu einer verlinkten Textseite (zum Beispiel über ein bestimmtes Land) gelangt. Des Weiteren existieren PDF-Browser zur Navigation und Recherche in PDF-Büchern, -Magazinen, -Abhandlungen etc., die Hyperlinks und audiovisuelle Medien enthalten können. Programme zum Verwalten von Inhalten auf Dateisystemen werden als Dateimanager bezeichnet.

Der Großteil der Bedienoberfläche eines heutigen Webbrowsers wird in der Regel zur Anzeige von Inhalten genutzt. Diese können durch Eingabe in eine Adressleiste erreicht werden. Zudem besitzen Browser eine definierte Startseite, die beim Öffnen angezeigt wird und bei der es sich z.B. um ein Internetportal oder eine Internetsuchmaschine handeln kann. Daneben verfügen Browser über Schaltflächen [button], mit denen der Nutzer zu vorher besuchten Seiten sowie zur Startseite navigieren kann. Die URL einer Website kann als Lesezeichen gespeichert werden, um weitere Besuche dieser Webseite zu vereinfachen. Die meisten Browser unterstützen Tabbed Browsing, was es ermöglicht, mehrere Seiten in verschiedenen Registerkarten zu öffnen. Neben diesen Basisfunktionen lassen sich Browser über Plug-ins häufig auf zusätzliche Funktionen erweitern.

Wegen ihrer großen Verbreitung haben Webbrowser eine wichtige Funktion als sogenannte Thin Clients von Webanwendungen. Mit dem fortschreitenden Trend zum Internet und später Multimedia wandelte sich der Webbrowser zur zentralen Anwendersoftware auf PCs. Heutige Browser zeigen Inhalte wie Computergrafiken, Musik, Radio oder Filme und benutzen dazu gegebenenfalls externe Bausteine, wie Java-Applets oder Plug-ins.

Zudem lassen sich damit Programme oder Dateien auf den PC herunterladen, um sie dort zu speichern und gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt zu öffnen oder auszuführen. Insbesondere die Verbreitung von Breitband-Internetzugängen förderte diese zentralen Funktionen heutiger Webbrowser. Somit verschwimmt zunehmend der Unterschied zu einem Dateimanager, der ursprünglich ausschließlich zum Öffnen, Kopieren oder Löschen von Dateien verwendet wurde. Viele Dateimanager haben heute Browser-Funktionen (Datei-Browser) und können so zum Anzeigen von Dokumenten verwendet werden.

Oft lässt sich ein Webbrowser für Tätigkeiten am lokalen Computer einsetzen, sofern funktionale Einheiten in der Lage sind, gemäß HTTP mit dem Webbrowser zu kommunizieren. Der Vorteil hierbei besteht darin, dass dafür kein eigenes Programm auf dem Rechner installiert werden muss. Dabei spielen auch Überlegungen zur Sicherheit des jeweiligen Computersystems eine Rolle. Inzwischen haben viele netzwerkfähige Geräte eine Webschnittstelle und können so mit einem Browser bedient werden.

Webbrowser beherrschen neben HTTP weitere Protokolle der Anwendungsschicht des Referenzmodells, zum Beispiel FTP. Einige Webbrowser haben Funktionen für E-Mail, Usenet oder BitTorrent. Andere decken diese Funktionen durch externe Programme ab. So werden heute manche Browser (wie Mozilla oder Opera) als Browser-Garnitur mit integrierten Funktionen für zum Beispiel E-Mail und Usenet ausgeliefert. Andere, wie Internet Explorer und Konqueror, sind kombinierte Browser und Dateimanager. In den letzten Jahren hat wiederum eine Gegenbewegung eingesetzt, die sich für Browser ohne solche Zusatzfunktionen einsetzt, wie zum Beispiel Galeon und Firefox. Diese können jedoch durch installierbare Erweiterungen angepasst werden, so dass weitere Funktionen mit dem Browser ausgeführt werden können. Beispielsweise kann Firefox nach Installation von ChatZilla am Internet Relay Chat teilnehmen.

Eine weitere wichtige Funktion, die Webbrowsern zukommt, ist die Anmeldung bei Benutzerkonten im Internet. Hierzu wird der Benutzer aufgefordert, einen Benutzernamen und ein Kennwort in einer Eingabemaske einzugeben, wobei die Zeichen des Kennworts in der Regel nicht im Browserfenster angezeigt werden. Für eine möglichst sichere Kommunikation mit einem Rechnernetzwerk haben einige Webbrowser erweiterte Sicherheitsfunktionen mit zusätzlichen Authentifizierungsfaktoren, wie zum Beispiel nach den Standards der FIDO-Allianz eingebaut.

Heute ist eine Vielzahl von Browsern unterschiedlicher Hersteller am Markt verfügbar. Dabei werden alle relevanten Betriebssysteme unterstützt. Die in Deutschland am häufigsten verwendeten Browser in absteigender Reihenfolge (Dez. 2016)

- Google Chrome (Google Inc.)
- Mozilla Firefox (MozillaCorporation)
- Safari (Apple)
- Internet Explorer (Microsoft)

Browser werden auch in mobilen Endgeräten, wie Smartphones oder Tablets verwendet. Heutige Mobilgeräte-Browser sind zum Beispiel Opera Mini, Internet Explorer, Firefox Mobile, Dolphin Browser, Boat Browser, Google Chrome, Safari und Skyfire.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Webbrowser
https://www.browser-statistik.de/marktanteile/

Bild 2.5.4-1 Steuerung, Zusatzinformationen, Programmierung, Multiroomviewing mit Hilfe eines Second Screens

2.5.4 Second Screen

Verstärkt werden inzwischen auch weitere Bildschirmgeräte wie Tablets, Phablets oder Smartphones mit dem TV-Bildschirm vernetzt – zumeist via Internet und installierten Apps. Sie übernehmen die Steuerung des Smart-TV-Geräts und auch PCs sowie Laptops können angeschlossen werden. Spezielle Apps der Inhalteanbieter und Applikationen Dritter nutzen den Rückkanal, um den Nutzer auf verschiedene Art einzubinden (Social -TV). Neben der Gerätesteuerung über das zweite, portable Bildschirmgerät werden auch der Austausch und die Darstellung von Inhalten zwischen beiden Bildschirmen möglich. Dies dient dem einfachen (drahtlosen) Übertragen von Bildern und Videos. Hierfür müssen sich First Screen und Second Screen im gleichen WLAN befinden und die gleiche App verwenden.

Ein weiteres Szenario für Nutzer ist der Abruf von Zusatzinformationen zum laufenden Programm, von Bewegtbildinhalten aus anderen Quellen oder des EPGs ist nicht mehr nur auf den großen TV-Bildschirm beschränkt, sondern auch über den vernetzten Zweit-Bildschirm möglich, der zudem unterwegs genutzt werden kann. Die weiterführenden Informationen sind dadurch nicht mehr an das TV-Gerät gebunden. Hierfür gibt es spezielle Apps der einzelnen TV-Sender oder direkt zu einzelnen TV-Sendungen. Hinzu kommt, dass Smartphones oder Tablets zur Programmierung des TV-Gerätes – auch von unterwegs – genutzt werden können, um zeitversetzt die aufgenommen Sendungen nutzen zu können.

Die Vernetzung der einzelnen Geräte untereinander führt zur Möglichkeit, dass die Bewegtbildinhalte über verschiedene Geräte verteilt und somit an unterschiedlichen Orten und in verschiedenen Situationen genutzt werden können. Diese Entwicklung zum „Multiroom-Viewing“ führt auch zur Möglichkeit, dass der Nutzer an seinem TV-Gerät im Wohnzimmer die TV-Nutzung pausiert und an einem anderen Gerät im Haus zeitversetzt fortsetzt – ohne etwas zu verpassen. Aufgrund der Vernetzung der einzelnen Geräte über das Internet können Inhalte über verschiedene Geräte und somit an unterschiedlichen Orten und in verschiedenen Situationen auch unterwegs genutzt werden. Diese Entwicklung erweitert das „Multiroom-Viewing“ zum „viewing everywhere“ – dank Cloud-Lösungen. In der Cloud („Wolke“) können Nutzer nicht nur ihre Programmpräferenzen hinterlegen und Aufzeichnung sowie Wiedergabe von TV-Inhalten außerhalb des eigenen Haushalts steuern.

Hochladbar und damit unterwegs nutzbar sind auch eigene Fotos, Videos etc. Neu ist die von einigen Infrastrukturbetreibern und Geräteherstellern angebotene Steuerung und Programmierung der häuslichen TV-Geräte über Cloud-Zugänge.

2.5.5 Recording

Neben dem direkt empfangbaren Fernsehen [live television] spielt für die Nutzer auch die Aufzeichnung der Inhalte [content] eine Rolle. Dafür sind geeignete Aufzeichnungsgeräte [recorder] erforderlich. Es handelt sich in der Praxis dabei üblicherweise um Festplattenrecorder [hard disc drive (HDD)] oder Halbleiterrecorder [solid state drive (SSD)] als Speichereinheiten. Diese können im TV-Gerät oder der Set-Top-Box (STB) integriert sein, aber ebenso als externe Geräte zur Verfügung stehen. Der Unterschied zwischen HDD und SSD besteht im Funktionsprinzip der Speicherung, da es sich bei HDD um ein magnetisches Verfahren handelt, während bei SSD ein elektrisches Verfahren zum Einsatz kommt. Deshalb sind bei SSDs gegenüber HDDs keine beweglichen Bauteile im Speicher vorhanden.

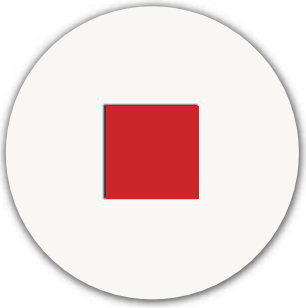


Bild 2.5.5-1 Starttaste für Recording

Eine Variante von SSDs stellen die USB-Speichersticks dar, die mit Speicherkapazitäten bis in den zweistelligen GB-Bereich im Markt verfügbar sind und eine problemlose Portabilität der aufgezeichneten Inhalte ermöglichen. Im Rahmen der immer stärkeren Vernetzung kann die Funktion auch von Servern im Heimnetz [home network] wahrgenommen werden. Diese werden auch als NAS [network attached storage] bezeichnet. Außerdem ist der Trend erkennbar, für solche Speicherung die Cloud zu nutzen, weil dabei keine ortsabhängigen Beschränkungen für den Zugriff auf die Inhalte gegeben sind.

Die Aufzeichnung gewünschter Programme erfordert primär eine richtige Vorgehensweise für den Start und den

Stopp dieser Maßnahme. Den einfachsten Weg stellt dafür die unmittelbare Eingabe am Recorder dar. Dies kann manuell erfolgen, mit der üblichen Fernbedienung, aber ebenso mit dem Smartphone oder Tablet. Um die Bedienvorgänge durchführen zu können, muss allerdings der Nutzer zu den entsprechenden Zeiten verfügbar sein und aktiv werden, was in der Regel wenig komfortabel ist.

Die Programmierung der Start- und Stoppzeiten kann allerdings auch aus dem DVB-Signal generiert werden und zwar aus der EIT [event information table], weil diese im DVB-Signal mitübertragene Tabelle gemäß Standard auch die Start- und Stoppzeiten der Programme enthält. Diese Vorgabe wird allerdings in der Praxis nicht von allen Programmanbietern unterstützt, weshalb die Verwendung der EIT eine gewisse Unsicherheit aufweist.

Die beste Lösung für die Programmierung stellt die Nutzung eines elektronischen Programmführers [electronic program guide (EPG)] dar. Dieser kann vom Netzbetreiber stammen oder von Dritten über das Internet verfügbar gemacht werden. Im günstigsten Fall erfolgt bei EPGs die automatische Aktualisierung der Start- und Stoppzeiten für die Programmbeiträge , so dass sich eine program-mierte Aufzeichnung stets an den tatsächlichen Sendezeiten orientiert.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass Aufnahmeeinrichtungen [recorder] üblicherweise auch als Wiedergabeeinrichtungen [player] fungieren.

2.5.6 Remote Control Apps

Remote-Apps sind Applikationen, die primär auf Tablets und Smartphones laufen und der Steuerung anderer CE-Endgeräte dienen. Hier stehen IDTVs und Hard Disk Recorder im Vordergrund. Die Bedienung erfolgt mit der Touch Screen-Technologie. Bild 2.5.6-1 zeigt eine Remote Control App mit dem Betriebssystem Android für LG-IDTVs. Diese App bildet die Funktionen der klassischen Fernbedienung [remote control] als grafische Nachbildung des Tastenfeldes ab.

Der Funktionsumfang von Remote Control Apps ist weit gefächert. Er reicht von der simplen Nachbildung der Fernbedienung bis hin zu Realisierungen einer bidirektionalen Daten- und Inhalteübertragung. Einige Remote Apps sind in der Lage, die folgenden Zusatzfunktionen zu realisieren, wenn das zu steuernde Gerät über die dazu notwendige Funktionalität verfügt:

- Empfang und Anzeige von EPG-Daten
- Empfang von TV-Streams oder TV-Aufnahmen
- Streamen von Inhalten auf das TV-Gerät

Manche Remote Control Apps haben auch Funktionen für Gebäudesteuerungen (Licht, Klima, ...) implementiert. Die in Bild 2.5.6-2 dargestellte Remote Control App (Peel Smart Remote) für das Betriebssystem iOS bietet zusätzlich eine integrierte Programmübersicht mit Erinnerungsfunktion. Sie ist für IDTVs von LG, Samsung und Panasonic geeignet.

2.5.7 Distribution Management Apps

Distribution Management Apps leiten in der Regel Inhalte von stationären Geräten auf mobile Geräte weiter. Dadurch kann der Nutzer Programme weiter verfolgen, auch wenn er den unmittelbaren Bereich des stationären Endgerätes verlässt. Diese Applikationen können vom Inhalteanbieter abhängig oder unabhängig sein. Sind stationäre Empfangsgeräte mit einer WLAN (WiFi)-Funktion ausgestattet, dann können empfangene oder aufgezeichnete Inhalte an Tablets, Smartphones oder Notebooks weitergeleitet werden. Der Aktionsradius ist jedoch auf die Reichweite des WLANs beschränkt. Bei einigen Remote Apps ist die aufgezeigte Funktionalität bereits integriert.

Nachfolgend sollen exemplarisch zwei Applikationen aufgezeigt werden, die abhängig vom jeweiligen Plattformbetreiber sind. Mit SKY GO von Sky Deutschland/ Österreich werden entsprechende Inhalte additiv über private WLANs und Mobilfunknetze zur Verfügung gestellt und dabei folgende mobile Endgeräte unterstützt:

- Laptop / PC
- iPad / Tablet
- iPhone / Smartphone
- iPod touch

Durch die Verbreitung von Inhalten über Mobilfunknetze ergibt sich ein komfortabler Aktionsradius.

Die Applikation „Entertainment to go“ der Deutschen Telekom basiert auf einer vergleichbaren Strategie. Die Inhalte von über 40 TV-Sendern stehen dabei über WLAN und Mobilfunknetze zur Verfügung. Dadurch ergibt sich der gleiche Aktionsradius wie bei SKY GO.

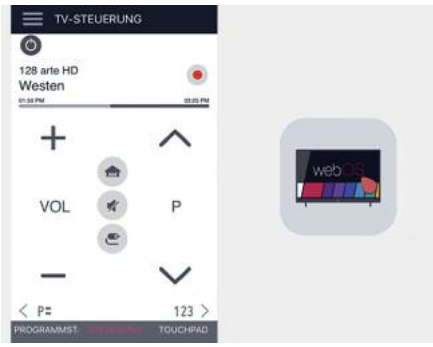


Bild 2.5.6-1
Remote Control App mit Nachbildung des Tastenfeldes der Fernbedienung

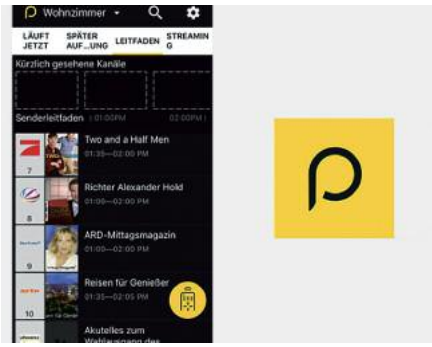


Bild 2.5.6-2
Remote Control App mit Programmübersicht und Erinnerungsfunktion

2.5.8 Smart Home Apps

Smart Home dient als Oberbegriff für technische Verfahren und Systeme in Wohnungen und Häusern, in deren Mittelpunkt eine Erhöhung von Wohn- und Lebensqualität, Sicherheit und effizienter Energienutzung auf Basis vernetzter und fernsteuerbarer Geräte und Installationen sowie automatisierbarer Abläufe steht. Unter diesen Begriff fällt sowohl die Vernetzung von Haustechnik (Lampen, Jalousien, Heizung, ...) und Haushaltsgeräten (Herd, Kühlschrank,Waschmaschine, ...), als auch die Vernetzung von Komponenten der Unterhaltungselektronik, wie etwa die zentrale Speicherung und wohnungsweite bzw. hausweite Nutzung der gespeicherten Video- und Audio-Inhalte. Die gesamte Thematik lässt sich in die folgende Teilbereiche gliedern:

- Hausautomation
- Vernetzte Haushaltsgeräte
- Vernetzte Unterhaltungselektronik
- Smart Metering/Smart Grid

Hausautomation

Unter den Begriff Hausautomation fällt die Gesamtheit von Überwachungs-, Steuer-, Regel- und Optimierungseinrichtungen in privat genutzten Wohnhäusern/Wohnungen. Insbesondere bezieht sich der Begriff auf die Steuerung direkt mit dem Haus verbundener Einrichtungen wie einer Alarmanlage, der Beleuchtung, der Jalousien, der Heizung und ähnlicher Komponenten.

Mittels der Hausautomation ist es unter anderem möglich, Licht und Heizung zeit- und bedarfsgerecht zu steuern, die Jalousien abhängig vom Lichteinfall herauf- oder herunterzufahren, und komplexe Abläufe in programmierbare Szenarien zusammenzufassen: So kann mittels Hausautomation beispielsweise Anwesenheit simuliert werden, indem die Steuerung nacheinander in mehreren Räumen das Licht, das TV-Gerät und andere von außen sicht- und hörbare Einrichtungen ein- und später wieder ausschaltet.

Zur Hausautomation gehört auch die Fernsteuerbarkeit dieser Komponenten, entweder via Internet oder über das Telefonnetz. Als beispielhaftes Szenario sei das Einschalten der Heizung via Smartphone eine Stunde vor der Heimkehr genannt, so dass die bis dahin kalte Wohnung bei der Ankunft bereits angenehm warm ist, ohne dass während der Abwesenheit Energie verschwendet worden wäre.

Vernetzte Haushaltsgeräte

Im Smart Home spielt auch die Automatisierung von Abläufen im Haushalt eine Rolle. Unter Haushaltsgeräte-Automation versteht man etwa die Vernetzung, Fernsteuerung und Programmierung von im Haushalt eingesetzter Elektrogeräte wie Herd, Kühlschrank, Waschmaschine, Kaffeeautomat und andere. Häufig genanntes Szenario ist etwa der zum Frühstück automatisch aufgebrühte Kaffee und die zur gleichen Zeit aufgebackenen Brötchen. Ein weiteres, mittlerweile immer bekannteres Szenario sind elektronische Türschlösser. Hierbei gibt es einen kontinuierlichen GPS-Daten-Austausch zwischen Smartphone und Türschloss. So kann man unter anderem auf einer Smartphone-App eine Auto-Unlock-Funktion einrichten, welche die Türe automatisch öffnet, sobald man in ihre Nähe kommt. Eine zweifellos sehr nützliche Funktion, wenn man die Hände voll mit Einkaufstüten hat. Ebenso sind jene „smarten" Türschlösser fähig, die Tür zu versperren sobald man einen festgelegten Radius verlässt. Ist dies nun der Fall, informiert die App einen über das Überschreiten der Radiusgrenze und versperrt das Schloss automatisch.

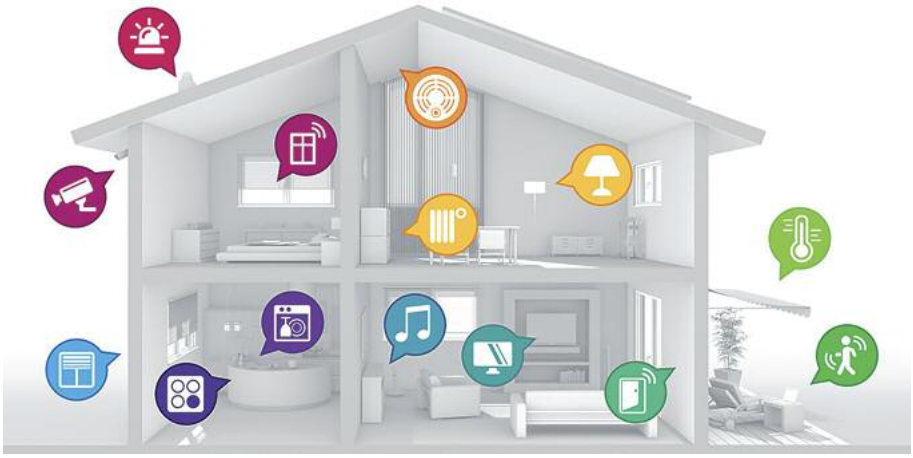


Bild 2.5.8-1 Smart Home Applikationen

Vernetzte Unterhaltungselektronik

Zu den typischen Szenarien vernetzter Unterhaltungselektronik gehört die zentrale Speicherung von Medien wie Fotos, Musik und Filmen, die über entsprechende Serversysteme hausweit abrufbar sind. Realisiert wird eine solche Vernetzung typischerweise mit Hilfe von Universal Plug and Play (UPnP)- oder DLNA-zertifizierten Komponenten. Die Übertragung der Medien erfolgt in der Regel über WLAN, kann aber auch kabelgebunden (z.B. via Ethernet oder FireWire) erfolgen. Beschränkt sich die Heimvernetzung ausschließlich auf Komponenten der Unterhaltungselektronik, wird im Allgemeinen nicht von einem „Smart Home" gesprochen.

Smart Metering/Smart Grids

Eng verwandt mit der Hausautomation ist das Smart Metering. Gemeint ist ein System, das über „intelligente Zähler" verfügt, die den tatsächlichen Verbrauch von Strom, Wasser und/oder Gas und die tatsächliche Nutzungszeit messen und in ein Kommunikationssystem eingebunden sind. Smart Metering erhöht für den Nutzer die Transparenz, was den Energie- und Ressourcenverbrauch betrifft, und hilft ihm, verbrauchssenkende Maßnahmen zu ergreifen.

Smart Metering ermöglicht es bei Strom und Gas, dem Nutzer von der Tageszeit abhängige Tarife anzubieten, der auf diese Weise seine Energiekosten reduzieren kann. Damit kann der jeweilige Versorger im Gegenzug die vorhandene Infrastruk-

Tabelle 2.5.8-1 Technologien für Smart Home Systeme

Technologie	Übertragung	Verschlüsselung	proprietär	Systeme
Bluetooth	Funk	AES-128	nein	Casambi
DECT ULE	Funk	Ja	nein	Panasonic, Gigaset Elements, AVM
EnOcean	Funk	AES-128	nein	82 Hersteller mit 1.500 Systemen / Produkten
HomeMatic	Funk/Datenleitung	AES Authentifizierung	ja	Qivicon RWE
io-homecontrol	Funk	AES-128	ja	Somfy, Velux
KNX-zertifizierte Busleitung	Datenleitung	Keine	ja	Busch-Jaeger
WLAN	Funk	Ja	nein	Apple HomeKit, Qivicon
Z-Wave	Funk	AES-128	nein	Devolo, div. Stadtwerke
ZigBee Pro	Funk	AES-128	nein	Lightify, Miele, Philips Hue, Qivicon

tur besser auszunutzen sowie Investitionen für Spitzenlastausbau vermeiden oder zurückzustellen

Der Begriff Smart Grid umfasst die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Übertragungs- und Verteilnetzen der Elektrizitätsversorgung. Diese ermöglicht eine Optimierung und Überwachung der miteinander verbundenen Bestandteile. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs.

Smart Home Systeme werden seit einigen Jahren von Firmen aus unterschiedlichen Branchen angeboten und betrieben. Der Energieerzeuger RWE bietet über eine seiner Tochterfirmen die Plattform „innogy SmartHome“ an. Die Firma Busch-Jaeger aus dem Bereich der Hausinstallation ist mit der Plattform „Busch-free@home“ im Markt. Aus dem Bereich der Hausautomation bietet die Firma Somfy ebenfalls eine Plattform an.

Die Bandbreite der integrierbaren Systemkomponenten und damit die Steuermöglichkeiten sind bei allen Plattformen unterschiedlich.

Exemplarisch soll hier das Systemkonzept der Deutschen Telekom dargestellt werden, das derzeit die größte Vernetzung von unterschiedlichen Systemkomponenten im Heimbereich erlaubt.

Die Plattform „Qivicon“ ist in einer Allianz mit eQ-3, EnBW, Samsung sowie Miele entstanden. Bereits seit Ende 2013 ist Qivicon am Markt erhältlich und deckt eine Vielzahl von Themenfeldern rund um Sicherheit, Energieeffizienz und generationenübergreifenden Komfort ab.

Das Herzstück des ganzheitlichen Systems bildet die Qivicon Home Base, die über das Internet mit den Servern der Deutschen Telekom verbunden ist. Innerhalb des Heimbereiches erfolgt die Anbindung der einzelnen Systemkomponenten über Funk. Die derzeit unterstützten Funkstandards sind HomeMatic und ZigBee Pro, sowie WLAN (WiFi).

Die Steuerung der Qivicon Home Base kann via Smartphone, Tablet oder PC erfolgen.

Derzeit ist die Einbindung der folgenden Systemkomponenten in die Plattform möglich:

- Installationskomponenten
  - Auf- und Unterputz-Geräte
  - Zwischenstecker
- Heizungssteuerung
- Taster und Fernbedienungen
- Melder und Sensoren
- LED-Produkte
- Kameras
- Lautsprecher
- Elektrohaushaltsgeräte der Firma Miele (Backöfen und Kochfelder, Geschirrschüler, Waschmaschinen, usw.)

Fazit:

Noch unterstützen die vorhandenen Systemplattformen nur mehr oder minder große Teilbereiche der Thematik Smart Home. Da sich der Markt jedoch in einem rasanten Wachstum befindet, ist zu erwarten, dass in absehbarer Zeit der Bereich Smart Home nahezu vollständig abgedeckt wird.

Quellen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Smart_Home
https://de.wikipedia.org/wiki/Intelligentes_Stromnetz
https://www.homeandsmart.de/qivicon-smart-home-plattform

2.5.9 Plattformunabhängige Urheberrechteverwaltung

Das Urheberrechte-Management-System UltraViolet wurde von Digital Entertainment Content Ecosystem (DECE) Ende 2013 in Deutschland gestartet. Dieses Konsortium besteht u.a. aus den Mitgliedern Adobe, Dolby, Fox, HP, Intel, Microsoft, NBC Universal, Netflix, Philips, Samsung, Sony, Warner, Paramount und hat das Ziel den Kunden beim Erwerb eines Download- bzw. Streaming-Produktes oder eines physikalischen Datenträgers (Blu-ray oder DVD) die Möglichkeit bieten, seinen legal erworbenen Medieninhalt zukunftssicher zu konsumieren.

Grundgedanke bei UltraViolet ist dabei, dass der Nutzer seine Rechte auf jedes Medium übertragen und entsprechend anpassen kann, z.B. seinen gekauften Blu-ray-Film ohne großen Aufwand auf sein Smartphone.

Es sind folgende Merkmale für den Nutzer von Bedeutung:

- Er kann sich auf bis zu 12 Geräten registrieren. (Über Softwareplayer auf Smartphone und PC sowie lizensierte Playerlösungen bei Smart-TV, Blu-ray Player und Streamingboxen)
- Er hat die Möglichkeit, seine Inhalte an 5 registrierte Familienmitglieder oder Freunde zu verleihen.
- Jeder Inhalt kann auf 3 Geräten zeitgleich genutzt werden.
- Das Common File Format (CFF), welches eine Vielzahl an DRM-Lösungen (Google Widevine DRM, Marlin DRM, OMA CMLA-OMA v2, Microsoft PlayReady, Adobe Flash Access 2.0) beinhaltet, garantiert ein Abspielen aller heruntergeladenen Titel auf allen UltraViolet-kompatiblen Geräten/Playern.
- Inhalte können mindestens dreimal in festgelegten Qualitäten (SD in 854 x 640, HD in 1.920 x 1.080 Pixel) heruntergeladen werden.
- Bisher ist das Streamen der Inhalte kostenlos
- Der Nutzer kann dabei, je nach Streaming- Dienstleister, zwischen SD, HD und seid neusten auch UHD (4K) auswählen. Zusatzdienste wie Mehrkanalton, Untertitel, Kommentare usw. sind möglich, allerdings auch hier je nach Dienstleister unterschiedlich.
- Disc to Digital. Mit diesem bisher noch nicht sehr verbreiteten Dienst soll der Kunde die Möglichkeit haben, seine bereits gekauften DVD- oder Blu-ray-Inhalte in das Ultraviolet-Konto hinzuzufügen, um legale digitale Kopien für seine weiteren Geräte erstellen zu können.

Bild 2.5.9-1 Starttaste für Play

Durch das plattformübergreifende, zentrale UltraViolet-Benutzerkonto, das nur die digitalen Rechte verwaltet (digital rights locker) und gewissermaßen mit einem Karteikartensystem verglichen werden kann, entsteht sowohl auf UltraViolet- wie auf der Marktteilnehmer-Seite eine doppelte Struktur. Der Kunde muss seine gekauften Blu-ray-, DVD- oder Download-Produkte auf beide Portale registrieren. Auch bietet UltraViolet keinen zentralen Player an, auf welchem der Kunde seine gesamten Inhalte anschauen kann. Das UltraViolet-Portal pflegt nur die Rechte der Inhalte und verweist auf den jeweiligen Anbieter (digital media locker).

Allerdings besteht die Möglichkeit, dass dank des plattformunabhängigen Modells die teilnehmenden Portale untereinander die Rechte austauschen können. Dieser entscheidende Mehrwert wird von vielen Marktteilnehmer unterstützt.

Weitere „Digital Copy"-Lösungen

Neben UltraViolet gibt es für Nutzer auch weitere Lösungen, seine legal erworbenen Inhalte als digitale Kopie auf verschiedenen Geräten abzuspielen. Diese Lösungen werden jedoch von einzelnen Firmen angeboten und sind größtenteils nicht plattformübergreifend.

a) iTunes Digital Copy

Die zurzeit meist verwendete Lösung für legale digitale Kopien ist das System der Firma Apple:

- iTunes Digital Copy Disc: Hier kann der Nutzer mit einem physikalischen Datenträger und einem Einlösecode den Inhalt von DVD oder Blu-ray, auch mehrmals, dem eigenen iTunes-Konto hinzufügen.
- iTunes Digital Copy: Hier liegt nur ein Einlösecode bei, welcher den Inhalt einmalig in das iTunes-Konto importiert.

Um die Inhalte abspielen zu können, benötigt der Nutzer Zugriff auf die Apple eigene iTunes-Software und/oder ein iTunes-kompatibles Gerät.

b) Disney Digital Copy

Disney ist einer der letzten großen Medienkonzerne, welches sich für die Möglichkeit einer legalen Erstellung von digitalen Kopien entschloss. Allerdings trat Disney keines der oben vorgestellten Lösungen (UltraViolet oder Apple) bei, sondern entwickelte ein eigenes System namens Disney Digital Copy bzw. Disney Digital Copy+.

Disney Digital Copy ist von der Anwendung vergleichbar mit dem Apple System und ermöglicht digitale Kopien durch die Kombination eines physikalischen Datenträgers sowie eines Einlösecodes für iTunes- oder Windows Media Video-Konten.

Disney Digital Copy+ indes erlaubt das Streamen und Herunterladen des gekauften Inhaltes von Partnerplattformen durch einmalige Eingabe des Einlösecodes. Dieser Service hat pro Inhalt ein festes Verfallsdatum.

2.5.10 Plattformunabhängige Navigation

Neue Formen der Navigation, also das Suchen und Finden von Inhalten, haben in den letzten Jahren bei CE-Geräten verstärkt Einzug gehalten – parallel zur Vernetzung der klassischen TV-Geräte. Reichten bisher externe Mittel wie Programmzeitschriften, Tipps von Freunden oder Bekannten, sowie gerätespezifische Verfahren wie Teletext (Videotext) oder die Empfangsliste/Favoritenliste aus, sieht das mit dem Siegeszug von Smart-TV ganz anders aus. Durch den hybriden Ansatz, dass diese TV-Flachbildschirme, DVD- bzw. Blu-ray-Player/Recorder und Receiver neben dem Empfang von Rundfunksignalen auf den klassischen Wegen (Satellit, Kabel, Antenne) auch mit dem Internet (per LAN oder WLAN) verbunden sind, erhöht sich die verfügbare Zahl der TV-Programme und anderer Bewegtbild-Inhalte, was eine Steigerung der Vielfalt bedeutet. Es besteht auch die Möglichkeit der Verwendung von Empfehlungen [recommendation].

Zur „Steuerung" der Zuschauer nutzen die Sender als Programmveranstalter nicht nur modernen Videotext im Standard „Hybrid Broadcast Broadband Television (HbbTV)", in dem ihre sender- oder gruppenspezifischen elektronischen Programmführer (EPG) integriert sind.

Auch Infrastrukturanbieter, wie etwa Kabelnetzbetreiber und Pay-TV-Veranstalter (z.B. Sky Deutschland) offerieren den TV-Zuschauern auf ihren Plattformen bestimmte Programmpakete und eine übergreifende Navigation, die zunehmend mit Empfehlungen verbunden ist und zwar für lineare und nicht-lineare Angebote, also plattformübergreifend. Zumeist sind die Programmlisten auf Basis der Service Informations (SI) des DVB-Signals mit redaktionell erstellten Tipps des jeweiligen Plattformbetreibers bzw. Programmveranstalters angereichert. Auch eine Vorsortierung von TV-Sendungen zusätzlich zu Datum/Zeit im jeweiligen Sendeschema nach Genres (Nachrichten, Sport, Unterhaltung, Serien, Spielfilme, ...) ist in EPGs und besonders in Mediatheken beim nicht-linearen TV-Konsum üblich.

Jenseits dieser Navigation innerhalb von Plattformen entwickelt sich aber immer stärker eine plattformunabhängige Steuerung. Selbst bislang „neutrale" Geräteherstellter haben ihre EPGs als Basisnavigation (basierend auf SI-Daten der Programmveranstalter) inzwischen auf über das Internet verbreitete Bewegtbildinhalte ausgedehnt und häufig auch mit Recommendation Engines (Empfehlungssystemen) in ihren Smart-TV-Geräten ergänzt. Rovi (Total Guide), watchmi, myTVLink und tvtv stehen als Beispiele für diese Entwicklung. Dabei kommen folgende aus dem Internet und besonders bei E-Commerce bekannte Verfahren zum Einsatz, wobei es auch Mischformen gibt:

Inhaltebasiert

Kern der inhaltebasierten Filterung bei Medien-Empfehlungssystemen sind Metadaten und die Verschlagwortung aller Bewegtbildinhalte, so dass der Nutzer selbst Begriffe eingeben oder aus vorgegebenen Begriffen auswählen kann.

Kollaborativ

Diese Art der Medien-Filterung funktioniert wie beim E-Commerce: „Wer dieses gesehen hat, interessierte sich auch für jenes". Zum Teil automatisiert folgt die Gruppenbildung über Social Networks, etwa durch Abgleich mit den Facebook-Gruppen oder Twitter-Followern des Nutzers.

Verhaltensbasiert

Die Häufigkeit der Nutzung bestimmter Bewegtbildinhalte bzw. TV-Sendungen durch einen Nutzer wird zur Grundlage für gefilterte Programmempfehlungen. Zum Teil kommen auch Bewertungsverfahren zum Einsatz, bei denen der Nutzer selbst Punkte vergeben oder Präferenzen angeben kann/muss.

Noch stärker als die Plattform-Navigation setzt die plattformunabhängige Navigation vielfältige Formen der Vernetzung voraus. Immer mehr Smart-TVs bieten ebenfalls Multi-Screen-Verbindungen (z.B. via Cloud) bzw. die Kopplung von First und Second Screen. Dabei kommen vereinzelt auch Vernetzungsverfahren wie Watermarking (unsichtbare Kennzeichnung von Inhalten) und Fingerprinting (Abgleich anhand von Inhalte-Teilen) zum Einsatz. Zusammen mit Gesichts- und Spracherkennung sowie Gestensteuerung von Smart-TVs verstärkt das den Trend zur personalisierten Navigation. Adaptive EPGs und lernende Suchmaschinen mit intuitiver Navigation sind wichtige Kriterien einer erfolgreichen TV-Zukunft.

Bild 2.5.10-1 Programmempfehlungen je nach Bewertungen und Präferenzen

3. Nutzungsmöglichkeiten und Empfehlungen

Die Art und der Umfang von Vernetzungsstrukturen hängen von den Empfangswegen, den vorhandenen Infrastrukturen und der Anzahl der eingebundenen Endgeräte ab. In Folgenden werden diverse mögliche Szenarien dargestellt und Empfehlungen für die Realisierung gegeben. Diese unterschiedlichen Szenarien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

3.1 DVB-basierte Vernetzung

3.1.1 DVB-Sendeinfrastruktur

Bild 3.1.1.1 zeigt die Erzeugung eines Program Streams im Studio. Die Komponenten eines Programms im Fernsehbereich bestehen aus digitalisierten Audio- und Videosignalen. Ferner werden programmbegleitende Daten hinzugefügt.

Für die Video- und Audiosignale erfolgt zuerst eine als Quellencodierung bezeichnete Datenreduktion, damit eine effiziente Übertragung zum Endgerät erfolgen kann.

Für die Videosignale werden dafür folgenden Standards verwendet:
- MPEG 2 / H.262 für SDTV
- MPEG 4 / H.264 für HDTV
- HEVC / H.265 für UHDTV und DVB-T2

Nach der Quellencodierung der Videosignale ergeben sich folgende Datenraten:
- SDTV: 4 – 6 Mbit/s
- HDTV: 8 – 12 Mbit/s
- UHDTV: 20 – 30 Mbit/s

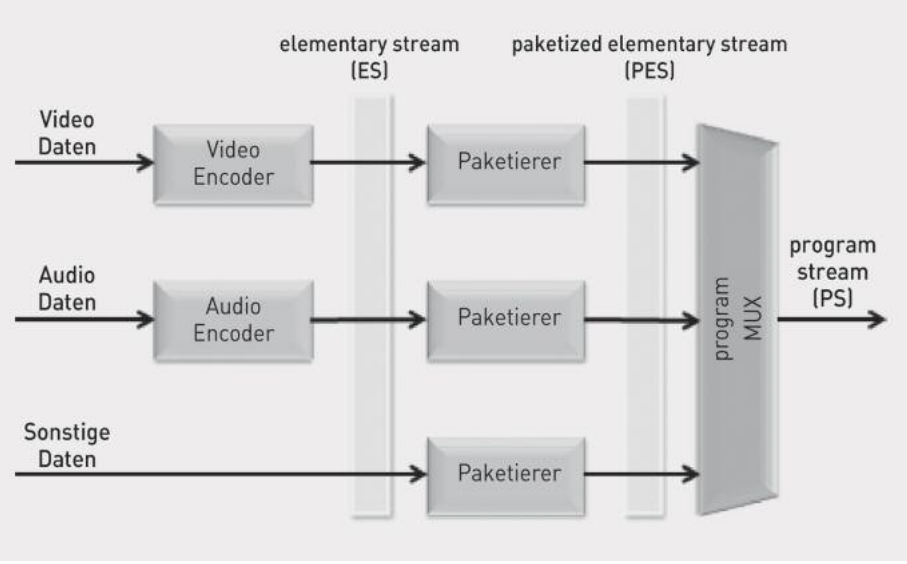


Bild 3.1.1-1 Erzeugung eines Program Streams

Für die Quellencodierung der Audiosignale stehen ebenfalls unterschiedliche Standards zur Verfügung:
- MUSICAM
- AAC
- HE AAC
- ...

Die Datenraten nach der Quellencodierung hängen unter anderem von der Anzahl der Audiokanäle und der geforderten Audioqualität ab. Sie variieren zwischen 192 kbit/s und 1 Mbit/s. Nach der Quellencodierung von Video und Audio entstehen drei parallele Elementary Streams (ES). Diese werden in Paketierern in zeitlicher Richtung zu Burst-Paketen zusammengefasst. Danach erfolgt im Programm-Multiplexer die Erzeugung eines sequentiellen Programm Streams, der im Studio gegebenenfalls weiter bearbeitet wird. Am Studioausgang können mehrere Program Streams zu einem Transport Stream zusammengefasst werden (Bild 3.1.1.2).

Die einzelnen Program Streams durchlaufen erneut einen Paketierer, in dem die kontinuierlichen Datenströme zu Burst-Paketen umgeformt werden. Danach erfolgt in einem weiteren Multiplexer die Erzeugung eines kontinuierlichen Datenstroms. Im Gegensatz zum Program Stream besteht der Transport Stream aus Paketen mit konstanter Länge von 188 Byte. Die-

ses Format ist auf die Übertragung in gestörten Kanälen optimiert. Die einzelnen Datenpakete sind mit Headern versehen, damit der Empfänger die relevanten Pakete für die Programmdarstellung auswerten kann. Der so erzeugte Transport Stream wird dann, wie in Bild 3.1.1.3 dargestellt, für die Ausstrahlung vorbereitet. Für die Übertragung in terrestrischen Kanälen, Kabelkanälen und Satellitenkanälen werden unterschiedliche Übertragungsstandards eingesetzt, die jeweils an die Eigenschaften der Kanäle angepasst sind. Sie unterscheiden sich in der Modulationsart, sowie der Kanalcodierung. Ferner werden unterschiedliche Datenraten bei sonst inhaltsgleichen Transportströmen verwendet. Nach HF-Modulation und Verstärkung erfolgt die Signalausstrahlung.

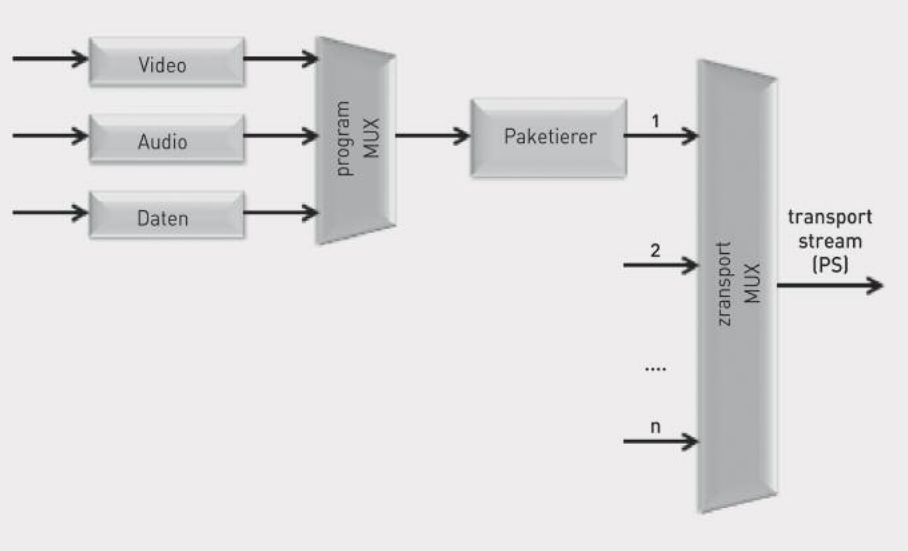


Bild 3.1.1-2 Erzeugung eines Transport Streams

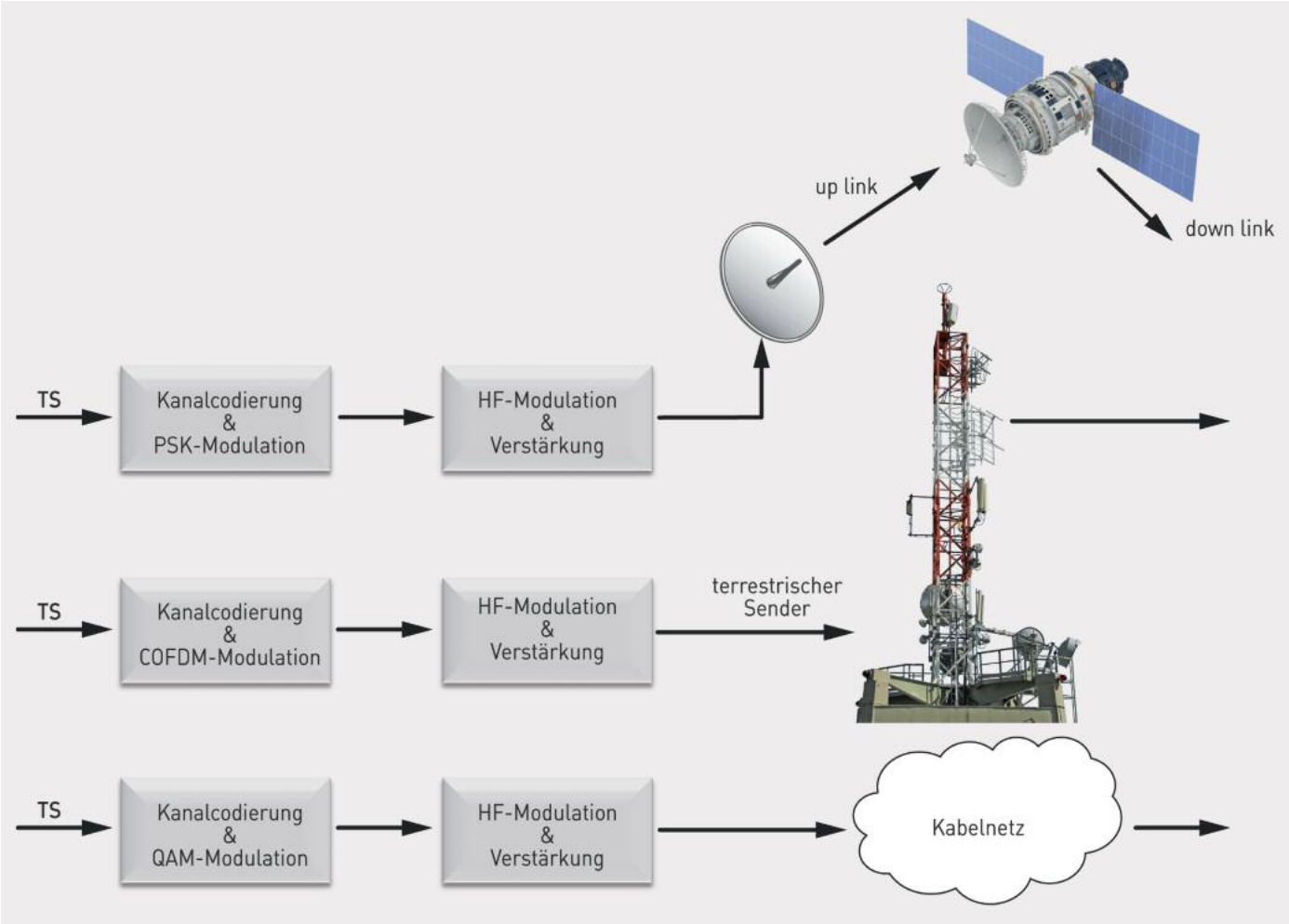


Bild 3.1.1-3 Weitere Signalverarbeitung in den Transportströmen

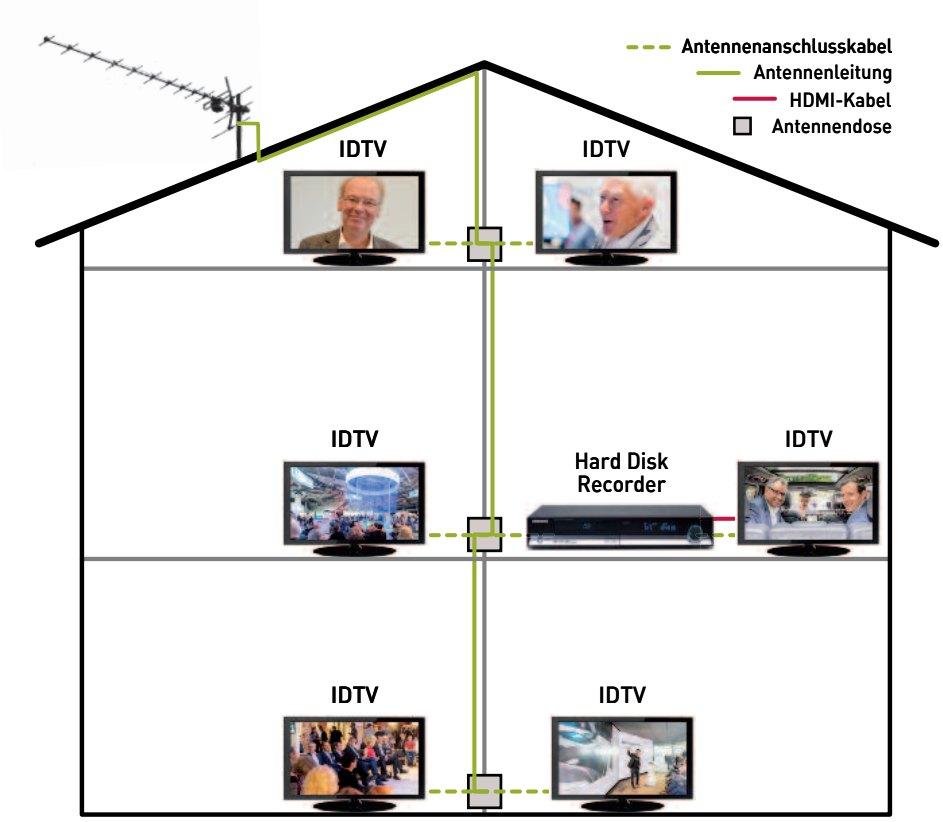
3.1.2 DVB-basierte Vernetzung für den terrestrischen Empfang

Bild 3.1.2.1 zeigt die Struktur für die Verteilung von DVB-T/T2-Signalen. Dazu wird das vorhandene Leitungsnetz für die Antennensignale genutzt. Dieses Netz ist ein passives Verteilnetz. Verstärker werden nur bei einem höheren Verzweigungsgrad notwendig. Die hier dargestellte Konstellation ist auf einen Außen- oder Dachempfang ausgelegt. In Gegenden, in denen ein Indoor-Empfang möglich ist, kann auf das Verteilnetz verzichtet werden. In einem solchen Fall befinden sich die Empfangsantennen direkt an den Geräten. Eine derartige Struktur besitzt keinen Rückkanal. Für die Nutzung von Mediatheken und HbbTV muss zusätzlich eine Internetverbindung installiert werden.

Diese Vernetzungsstruktur ist zu empfehlen:

- in Gebieten, in denen kein Kabelempfang oder kein Empfang über einen Satelliten realisiert werden kann
- wenn es primär auf die Verteilung von TV- und Radioprogrammen ankommt
- wenn ein passives Antennenverteilnetz bereits vorhanden ist (entfällt bei Indoor-Empfang)
- wenn das Programmangebot als ausreichend empfunden wird
- wenn kein Empfang von Pay-TV gefordert ist

Bild 3.1.2-1 Vernetzungsstruktur für den terrestrischen Empfang



3.1.3 DVB-basierte Vernetzung für den Kabelempfang

Bild 3.1.3.1 zeigt die Struktur für die Verteilung von DVB-C-Signalen. Auch hier wird das passive Antennenverteilnetz für die Weiterleitung der Signale in die einzelnen Wohnräume genutzt. Nach dem Hausübergabepunkt (HÜP) folgt ein Verstärker mit Entzerrung der frequenzabhängigen Dämpfung. Auch diese Struktur besitzt zunächst keinen Rückkanal. Durch Austausch der vorhandenen Verstärker gegen solche Typen, die beiden Richtungen arbeiten und die zusätzliche Installation eines DOCSIS-Modems kann jedoch die Rückkanalfähigkeit über das Kabelnetz realisiert werden.

Diese Vernetzungsstruktur ist zu empfehlen:

- wenn ein Kabelanschluss und ein passives Antennenverteilnetz vorhanden sind
- wenn es primär auf die Verteilung von TV- und Radioprogrammen ankommt
- wenn eine Vielzahl von Programmen und Pay-TV gefordert werden

Bild 3.1.3-1 Vernetzungsstruktur für den Kabel-Empfang

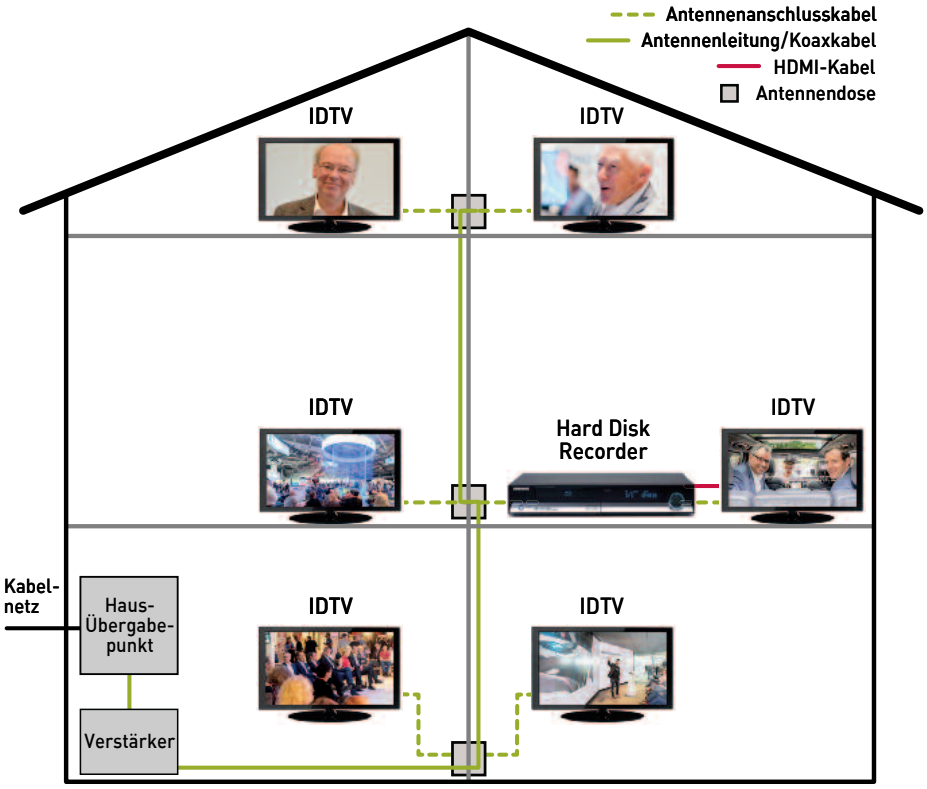
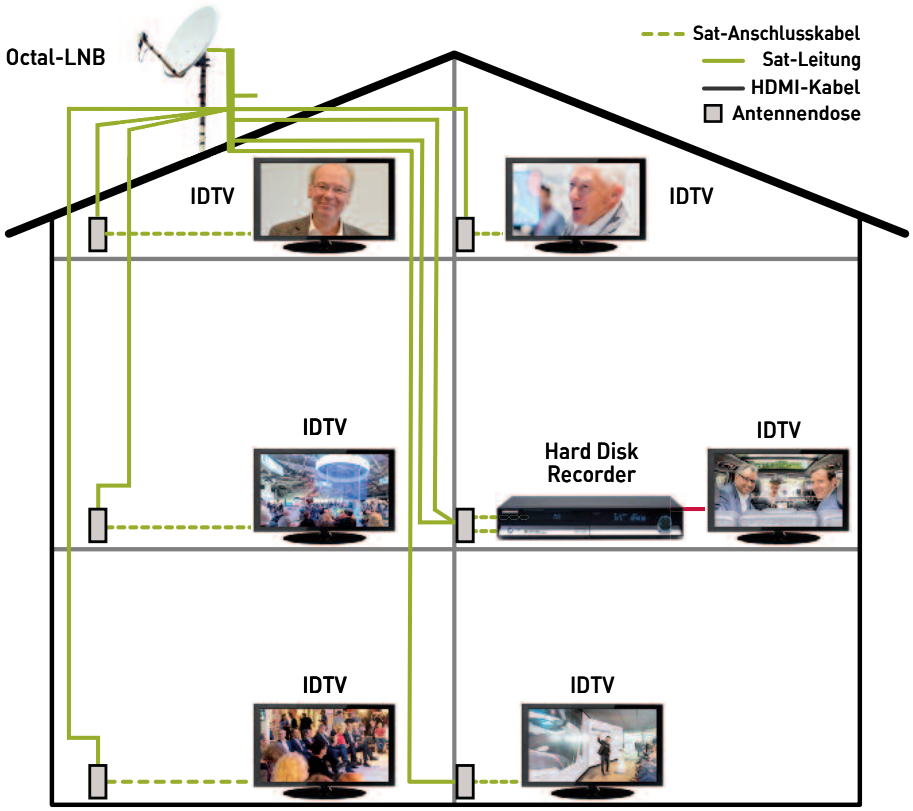


Bild 3.1.4-1 Vernetzungsstruktur für den Sat-Empfang



3.1.4 DVB-basierte Vernetzung für den Satellitenempfang

Bild 3.1.4.1 stellt eine Struktur für die Verteilung von Sat-Signalen an sechs Endgeräte dar. Von einem Octal-LNB ausgehend werden die einzelnen Leitungen sternförmig zu den Endgeräten geführt. Ein Hard-Disk-Recorder erfordert für eine komfortable Aufnahmefunktion zwei Leitungen. Größere Verteilstrukturen werden mit einem Quattro-LNB und nachgeschalteten Multischaltern realisiert. Die Rückkanalfähigkeit muss durch ein separates Netzwerk realisiert werden.

Diese Vernetzungsstruktur ist zu empfehlen:

- wenn es primär auf die Verteilung von TV- und Radioprogrammen ankommt
- wenn kein Kabelanschluss vorhanden ist
- wenn der terrestrische Empfang nicht möglich ist oder dessen Programmangebot als nicht ausreichend empfunden wird
- wenn Pay-TV gefordert wird
- die Installation der Außeneinheit möglich ist

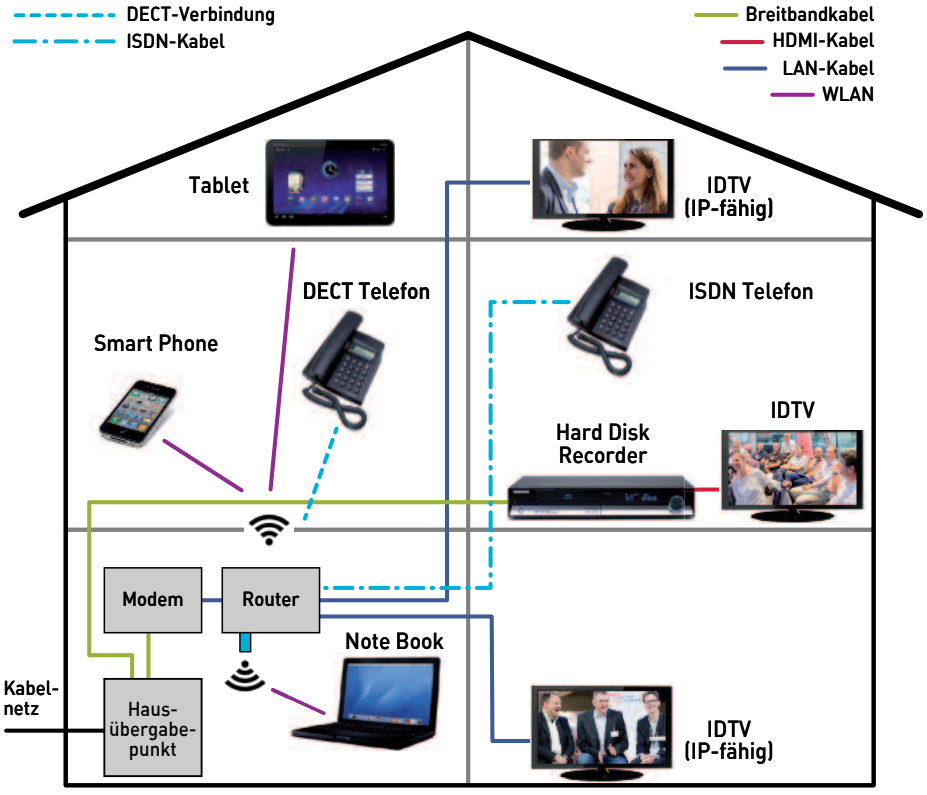
3.2 IP-basierte Vernetzung via Breitbandkabel

Bild 3.2.1 zeigt eine weitgehend IP-basierte Vernetzungsstruktur. Die TV-Signale im Breitbandkabel weisen den DVB-C-Standard auf. Dafür geeignete TV-Geräte können deshalb direkt vom Hausübergabepunkt (HÜP) versorgt werden. Über diesen Weg stehen auch UKW-Hörfunkprogramme zur Verfügung. IP-basierte Inhalte (Internet, Telefonie) arbeiten dagegen nach dem DOCIS-Standard. Sie werden nach dem Hausübergabepunkt demoduliert und dann entsprechend gewandelt, zum Beispiel mit Hilfe einer FritzBox. Die Übertragung der Telefonsignale erfolgt entweder analog oder auf Basis der Standards ISDN (leitungsgeführt) oder DECT (funkgestützt).

Diese Vernetzungsstruktur ist zu empfehlen, wenn:

- die Vernetzung der Endgeräte im gesamten Wohnbereich erfolgen soll
- ein Antennennetz für die Verteilung der DVB-C-Signale nicht zur Verfügung steht
- die überwiegende Zahl der Endgeräte IP-orientiert ist
- die Einbindung von Telefondiensten erfolgen soll

Bild 3.2-1 IP-basierte Vernetzung via Breitbandkabel



3.3 IP-basierte Vernetzung via DSL

Bild 3.3-1 zeigt eine DSL-orientierte Vernetzungsstruktur. Dabei werden sämtliche Inhalte (inklusive Telefondienste) über einen Netzanschluss zum Wohnbereich geführt. Sie stammen in der Regel von einem Festnetzanbieter (z.B. Deutsche Telekom). Die VDSL- Anbindung sollte möglichst große Datenraten aufweisen, zum Beispiel 50 Mbit/s.

Für die Realisierung des Heimnetzwerkes kommen folgenden Technologien in Betracht:
- Ethernet
- Power Line
- Twisted Pair
- WLAN
- Glasfaser

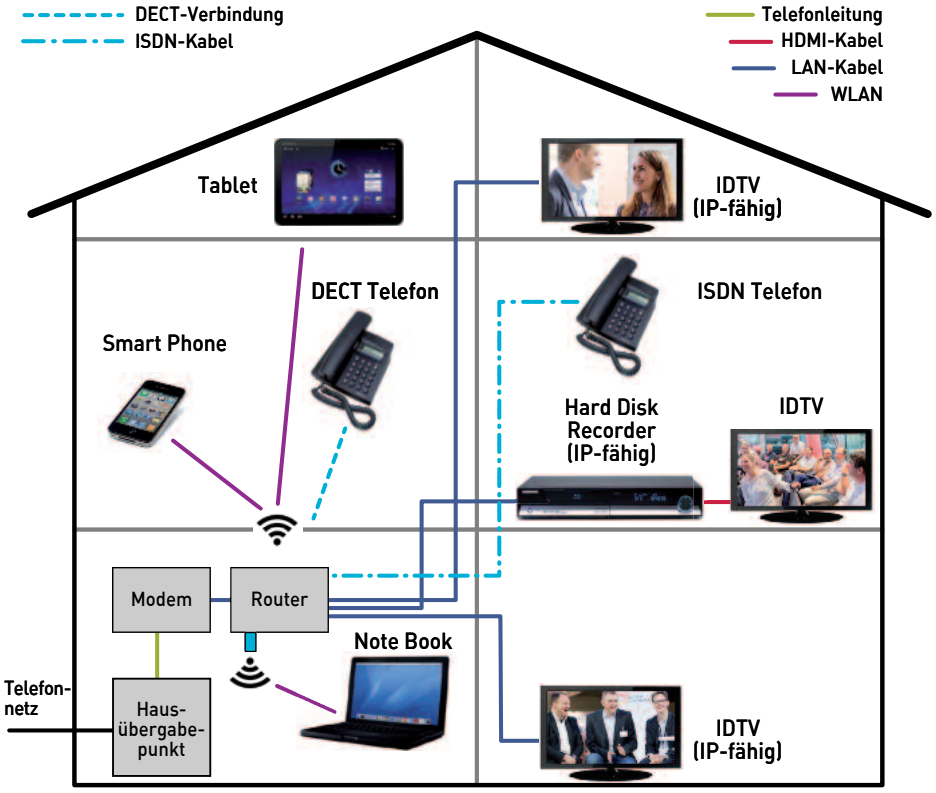
Die Vernetzungsstruktur
weist folgende Eigenschaften auf:

- Sie erfordert nicht die klassischen DVB-Transportwege (Satellit, Kabel, Terrestrik).
- Sie ist in ländlichen Gebieten nicht realisierbar, da in der Regel dort breitbandigen IP-Netze nicht zur Verfügung stehen.
- Das IP-basierte Netzwerk im Heimbereich muss in den meisten Fällen erst noch realisiert werden. Power Line und WLAN erfordern dabei zwar den geringeren Aufwand, jedoch sind in einigen Fällen die Nutzungsmöglichkeiten eingeschränkt. In den Kapiteln 3.6 und 3.7 wird darauf näher eingegangen.
- Die Endgeräte müssen mit Ausnahme der Telefone IP-fähig sein.
- Lineare Broadcastangebote und Internetinhalte sind über denselben Transportweg verfügbar.

Diese Vernetzungsstruktur
ist zu empfehlen, wenn:

- die Vernetzung der Endgeräte im gesamten Wohnbereich erfolgen soll,
- eine Breitbandanbindung mit hoher Datenrate vorhanden ist (mindestens 50 Mbit/sec.),
- die überwiegende Zahl der Endgeräte IP-orientiert ist
- die Einbindung von Telefondiensten erfolgen soll

Bild 3.3-1 IP-basierte Vernetzung via DSL



3.4 IP-basierte Vernetzung via Satellit

Bild 3.4-1 stellt ein Szenario mit einer komplett IP-basierten Verteilung von Sat-Signalen dar. Die linearen (nicht IP-basierten) Inhalte werden dabei über den Satelliten zugeführt und im Sat > IP-Server in IP-Datenströme konvertiert. Weitere (IP-basierte) Inhalte können aus dem Internet hinzugefügt werden.

Für die Verteilung der IP-Datenströme können neben den leitungsgebundenen LAN-Techniken auch die folgenden Technologien eingesetzt werden:

- Power Line
- Twisted Pair
- WLAN
- Glasfaser
- Koax

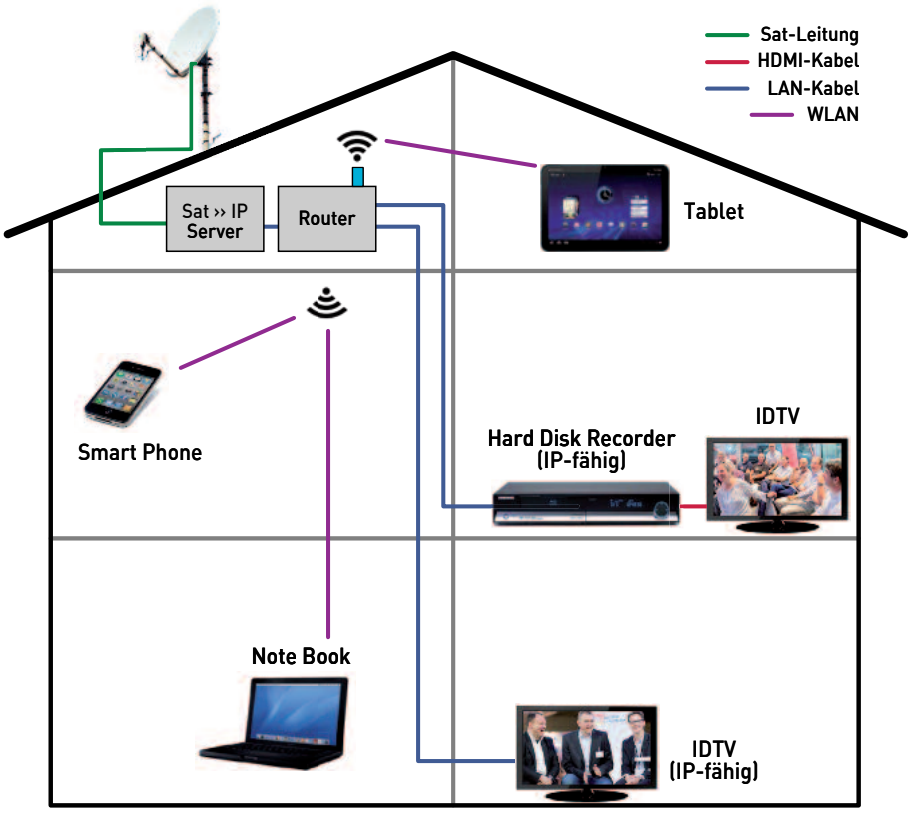
Die Vernetzungsstruktur
besitzt die folgenden Eigenschaften:

- Sie erfordert die Möglichkeit des Satellitenempfangs, was nicht überall gegeben ist.
- Sie ist auch in ländlichen Gebieten realisierbar, in denen keine breitbandigen IP-Netze zur Verfügung stehen.
- Das IP-basierte Netzwerk im Heimbereich muss in den meisten Fällen erst noch realisiert werden.
  Power Line und WLAN erfordern dabei zwar den geringeren Aufwand, jedoch sind in einigen Fällen die Nutzungsmöglichkeiten eingeschränkt.
  In den Kapiteln 3.6 und 3.7 wird darauf näher eingegangen.
- Die Endgeräte müssen IP-fähig sein.
- Lineare Broadcastangebote und Internetinhalte sind über denselben Transportweg verfügbar.

Diese Vernetzung
ist zu empfehlen, wenn

- IP-basierte Verteilnetze bereits teilweise oder vollständig vorhanden sind
- die Vernetzung der Endgeräte in der gesamten Wohnung erfolgen soll
- keine Breitbandanbindung mit deutlich mehr als 16 Mbit/s vorhanden ist
- die Zahl der zu vernetzenden Geräte groß ist

Bild 3.4-1 IP > Sat-Vernetzung



3.5 Vernetzung über die Cloud

Bei der Cloud handelt es sich um im Internet etablierte Server, die zur Speicherung beliebiger Daten dienen. Für solche Cloud-Anwendungen gibt es zahlreiche deutsche und ausländische Anbieter. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bezüglich Datenschutz und Datensicherheit jeweils die nationalen Regelungen des Landes gelten, in denen sich die Server tatsächlich befinden. Dieses Ortsprinzip ist also unabhängig vom Diensteanbieter.

Der Zugriff auf die Cloud ist über alle gängigen Internetzugänge möglich, er kann somit stationär, portabel und mobil erfolgen. Es besteht deshalb bei der Cloud

Unabhängigkeit von Ort und Zeit. Der Nutzer kann also überall und jederzeit Daten in die Cloud hochladen oder von dort runterladen, wenn ein entsprechender Internetzugang zur Verfügung steht. Das bedeutet maximale Flexibilität für die Nutzung der Daten.

Bei der Cloud ist auch der Zugriff Dritter auf die Daten möglich, wenn er vom Nutzer authorisiert wurde (Bild 3.5-1).

Mit der Cloud ist eine weltweite Vernetzung realisierbar, weil es sich um eine Internetanwendung handelt.

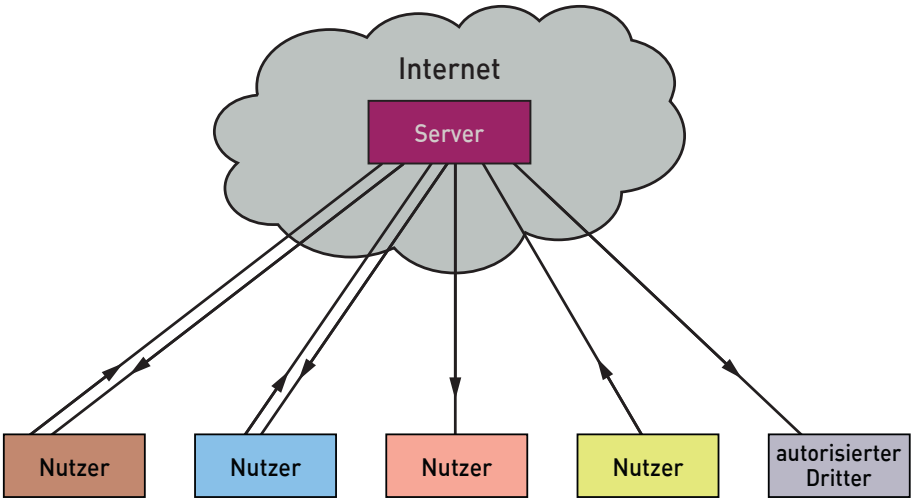


Bild 3.5-1 Funktionsprinzip der Cloud

3.6 Heimvernetzung mit WLAN

Bild: 3.6-1 WLAN-Vernetzungsstruktur

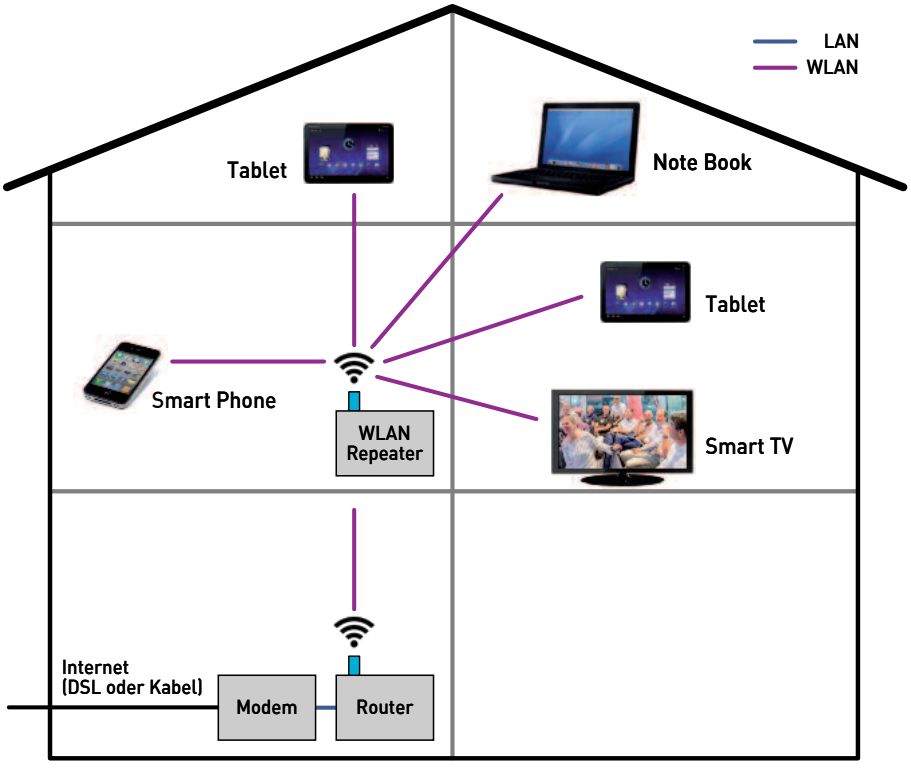


Bild 3.6-1 zeigt eine mögliche Vernetzungsstruktur mit WLAN-Technologie. Ausgehend von einem Internet-Übergabepunkt versorgen ein Router und ein WLAN-Modem das Haus mit Funksignalen. Das WLAN-Modem sollte so platziert werden, dass im gesamten Haus ausreichende Feldstärkewerte verfügbar sind. Im Bedarfsfall sind ein oder mehr Repeater einzusetzen.

Funkgestützte Verbindungen haben den Vorteil eines relativ geringen Installationsaufwandes, denn es brauchen nur an den Endpunkten einer Übertragungsstrecke entsprechende Modems installiert zu werden. Gegenüber leitungsgebundenen Übertragungstechniken können jedoch die folgenden Probleme auftreten:

- Das 5,8-GHz-Band bietet zwar ausreichende Frequenzressource, jedoch erlaubt die hohe Wanddämpfung ohne zusätzliche Maßnahmen meist nur eine Übertragung im gleichen Raum.

- Das 2,4-GHz-Band eignet sich aufgrund seiner Ausbreitungsbedingungen für die Übertragung durch Wände und Decken, doch können folgende Probleme auftreten:
  · Störungen durch Mikrowellengeräte und medizinische Geräte
  · Störungen durch industrielle und private Funkfernsteuerungen
  · Störungen durch analoge Videomodems
  · Kanalkapazitätsprobleme durch die Anhäufung von WLAN-Modems, Smartphones, Notebooks und Tablets

- Diese Effekte können dazu führen, dass:
  · kein Verbindungsaufbau zustande kommt
  · die Verbindung zeitweise unterbrochen ist
  · die Netto-Datenrate signifikant sinkt

Wo immer es möglich ist, sollte deshalb auf eine leitungsgebundene Übertragung (mit Ausnahme PLC) zurückgegriffen werden. Kommt aus verschiedenen Gründen nur eine WLAN-Lösung in Betracht, dann können folgenden Empfehlungen zur Lösung möglicher Probleme beitragen:

Im gleichen Raum
Da in diesem Fall keine Dämpfung durch Wände auftritt, empfiehlt sich die WLAN-Verbindung im 5,8-GHz-Bereich. Dieses Band stellt einen Frequenzbereich von ca. 200 MHz zur Verfügung und ist bisher nur wenig genutzt. Es sind daher stabile und ungestörte Verbindungen, sowie hohe übertragbare Netto-Datenraten typisch.

Im Einfamilienhaus / Reihenhaus
In Einfamilienhäusern oder Reihenhäusern sind oftmals Verbindungen über mehrere Zimmer erforderlich. Hierbei stellt die Wanddämpfung oftmals ein Problem dar, wenn im 5,8-GHz-Bereich kein Verbindungsaufbau erfolgt. Der 2,4-GHz-Bereich hat hier den Vorteil der geringeren Wanddämpfung, so dass ein Verbindungsaufbau auch über ein bis zwei Stockwerke möglich ist. Im 2,4-GHz-Bereich ist jedoch mit einer hohen Kanalbelegung durch benachbarte Nutzer zu rechnen, so dass Übertragungskanäle für die eigenen Daten nicht immer zur Verfügung stehen. Sind die Modems mit adaptiven Techniken (z.B. listening before talk) ausgestattet, dann kann zwar eine Datenübertragung stattfinden, jedoch reduziert sich die Netto-Datenrate. Dies kann beim Streaming von Videosignalen zu Problemen führen (Ruckeln, Bildausfall). In einem solchen Fall muss ein Wechsel in das 5,8-GHz-Band erfolgen. Die dabei möglicherweise auftretenden Probleme wegen der Wanddämpfungen können mit Repeatern gelöst werden. Dadurch erhöht sich allerdings der Bandbreitenbedarf.

In großen Mietshäusern
In diesem Fall ist mit einer großen Zahl von 2,4-GHz-Modems zu rechnen, da die Dämpfung über Stockwerke hinweg nicht ausreichend ist. Hier wird die Nutzung des 5,8-GHz-Bandes empfohlen. Bei Nutzung dieses Bandes ist eine Entkoppelung über Stockwerke hinweg sichergestellt. Probleme mit Wanddämpfungen müssen dann mit Repeatern kompensiert werden.

Die WLAN-Vernetzung
ist zu empfehlen, wenn:

- die Installation eines LAN nicht möglich ist

- PLC nicht zufriedenstellend funktioniert

3.7 Heimvernetzung mit PLC

Bild 3.7-1 zeigt eine mögliche Netzwerkstruktur mit PLC-Technologie. Ausgehend von einem Internet-Übergabepunkt und einem Router verteilt das PLC-Modem die Signale über das Stromnetz an mehrere PLC-Modems in dem dargestellten Netz. Manche PLC-Modems besitzen WLAN-Funktionalität, so dass auch eine drahtlose Anbindung an das realisierte Netz möglich ist. IP-fähige Empfangsgeräte können dabei Rundfunkinhalte (IPTV) darstellen. Für eine zufriedenstellende Funktion sind dabei aber Datenraten von mindestens 50 Mbit/s notwendig.

Der sichere Betrieb eines PLC-Netzwerkes kann nicht in jedem Fall garantiert werden. Nachfolgend einige Empfehlungen für die Behebung möglicher Probleme durch Fachkräfte:

- Bei Störungen durch benachbarte PLC-Installationen am Stromübergabepunkt Filter einbauen

- Stationäre Geräte mit Schaltnetzteilen oder Dimmern durch Filter entkoppeln.

- Induktive Verbraucher durch Filter entkoppeln.

- Bei wechselnder Phasenführung im Netz Phasenkoppler einbauen.

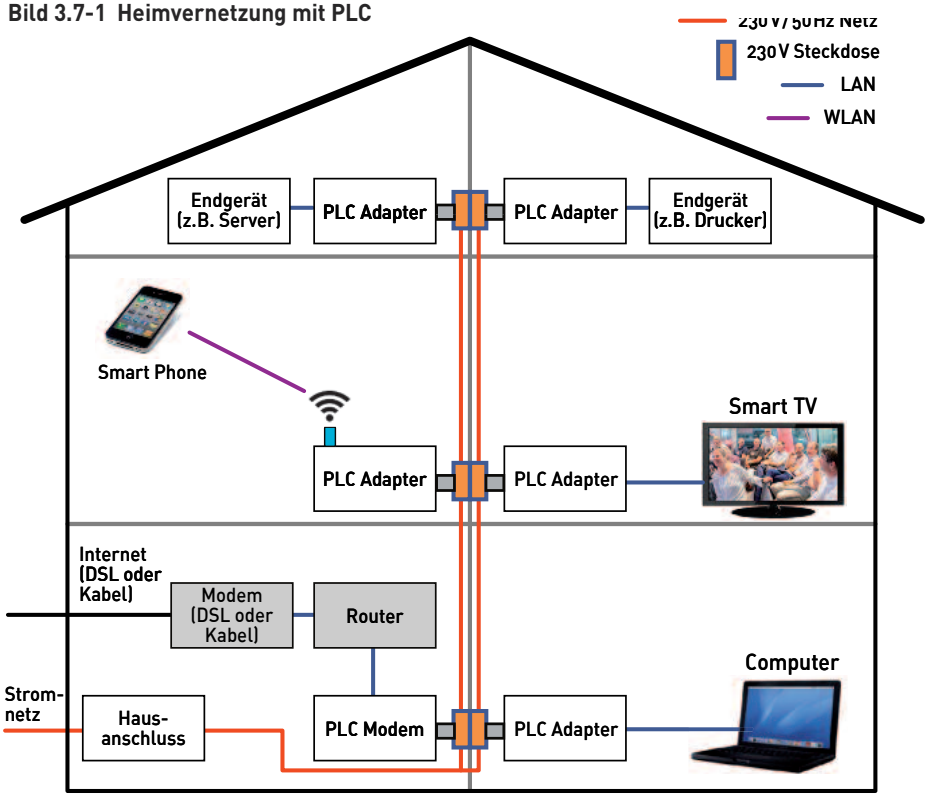
Empfehlungen für die Behebung möglicher Probleme durch Laien:

- PLC-Adapter direkt und ohne andere Verbraucher mit der Wandsteckdose verbinden.

- Steckdosenleisten und Verlängerungskabel vermeiden.

- Möglichst wenige billige Ladegeräte oder Netzteile betreiben. Falls das nicht vermeidbar ist, diese über steckbare Filter betreiben.

Bild 3.7-1 Heimvernetzung mit PLC



3.8 Mischformen der Vernetzung

- Dimmer mit portablen Geräten (z.B. Stehlampen) über steckbare Filter betreiben.

- Geräte mit Schaltnetzteilen (z.B. TV-Geräte, Monitore) über steckbare Filter betreiben.

Führen diese Maßnahmen zu keinem befriedigenden Ergebnis, dann ist auf eine andere Infrastruktur zu wechseln.

Diese Vernetzungsstruktur ist zu empfehlen, wenn:

- die Installation eines LAN nicht möglich ist

- WLAN nicht zufriedenstellend funktioniert

Abhängig von den Randbedingungen ist eine Vernetzung von Geräten mit einem der im Kapitel 1 behandelten leitungsgeführten und funkgestützten Verfahren nicht immer vollständig realisierbar. Abhilfe bietet dann der Einsatz verschiedener Vernetzungsverfahren, also die Aufteilung der Gesamt-Vernetzung in Teilnetze mit unterschiedlichen Technologien. Deren Zahl ist theoretisch beliebig, in der Praxis wird jedoch aus technischen, betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen eine möglichst kleine Zahl angestrebt.

Soll eine Gesamt-Vernetzung aus mehreren Teilnetzen aufgebaut werden, dann ist zu berücksichtigen, dass bei den Übergängen stets eine Anpassung zwischen den verschiedenen Verfahren erfolgen muss. Dafür bedarf es geeigneter Adapter, die typischerweise als Medienkonverter bezeichnet werden und die entweder auf Hardware oder auf Software basieren. Es sind aber auch Mischformen aus Hardware und Software möglich.

Grundsätzlich lassen sich alle Übergänge zwischen Teilnetzen realisieren. Es bedarf jedoch zuerst stets der Einzelfallprüfung, welche Leistungsmerkmale vorhandene Technologien aufweisen. Danach ist abzuklären, wie ohne großen technischen und finanziellen Aufwand Teilnetze errichtet werden können.

3.9 Empfehlungen für Netzstrukturen in Neubauten

Bei Neubauten besteht von Anfang an die Möglichkeit, die „richtige“ Verkabelung vorzusehen. Die bisherigen Kapitel zeigen jedoch eine Vielfalt möglicher Varianten, die es schwer macht, das „richtige“ Netz-Infrastruktur zu wählen. Auch werden sich die Techniken im Laufe der Jahre immer wieder ändern, so dass ein Hauptaugenmerk auf Anpassungsfähigkeit und maximale Flexibilität bei der zu wählenden Netz-Infrastrukturen zu legen ist.

Wegen der flexiblen Datennutzung muss bei Neubauten auch die Garage in den Bereich für das Heimnetz einbezogen werden. Der künftige Datenaustausch und das veränderte Nutzungsverhalten machen es nämlich notwendig, dass im Heimnetz auch mit dem Fahrzeug eine Datenverbindung aufgebaut werden kann.

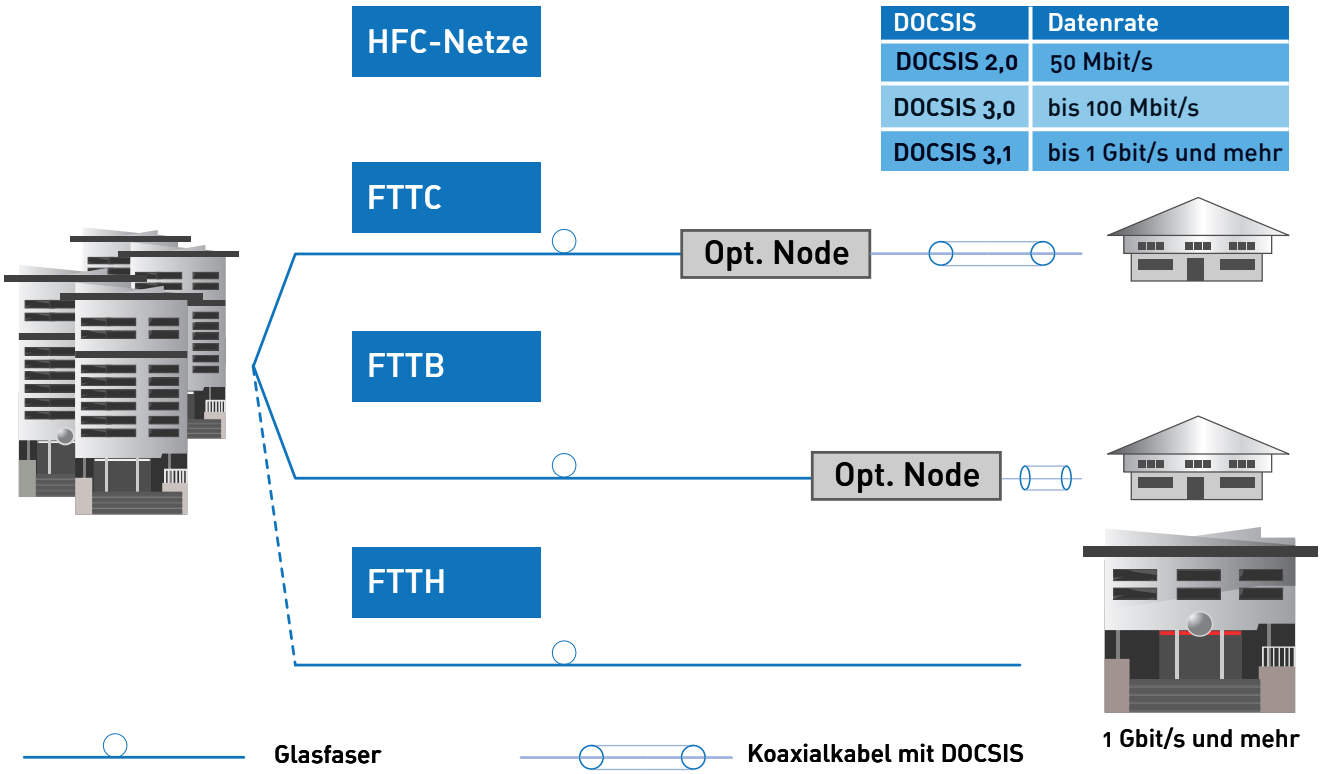
3.9.1 Politische Zielsetzungen für Deutschland

Gemäß der „Breitbandstrategie der Bundesregierung“ von 2009 sollten bis spätestens Ende 2010 flächendeckend leistungsfähige Breitbandanschlüsse verfügbar sein. Später wurde dieses allgemeine Ziel konkretisiert: Bis 2014 sollten bereits für 75 Prozent der Haushalte Anschlüsse mit Übertragungsraten von mindestens 50 Mbit/s zur Verfügung stehen. Da dieses Ziel nicht erreicht wurde, legten CDU/CSU und SPD als Koalitionspartner der neuen Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag Ende 2013 fest, dass eine flächendeckende Grundversorgung mit mindestens 50 Mbit/s schnellen Internetzugängen für jeden Haushalt bis 2018 zu erreichen ist. Hierzu wurde im August 2014 eine Digitale Agenda als ressortübergreifendes Projekt der Bundesregierung verabschiedet. Gemeinsam federführend sind das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), das Bundesministerium des Innern (BMI) sowie das Bundesminis-terium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Außerdem gibt es die „Netzallianz Digitales Deutschland“ des BMVI.

Datenraten von 50Mbit/s sind nach Einschätzung von Experten perspektivisch und planerisch für Neubauten jedoch nicht ausreichend. Für Datenraten größer 50 Mbit/s stehen derzeit nur zwei Zubringertechnologien zur Verfügung, das Breitbandkabel (siehe Kap. 1.1.1) und die Glasfasertechnologie (siehe Kap.1.1.3).

Bei der Planung von Neubauten im Bereich der Einfamilienhäuser können diese beiden Technologien in Betracht gezogen werden. Für Mehrfamilienhäuser ist die Glasfaser als Schnittstelle im Haus klar zu präferieren.

Bild 3.9.1-1 Technologien für den Breitbandausbau



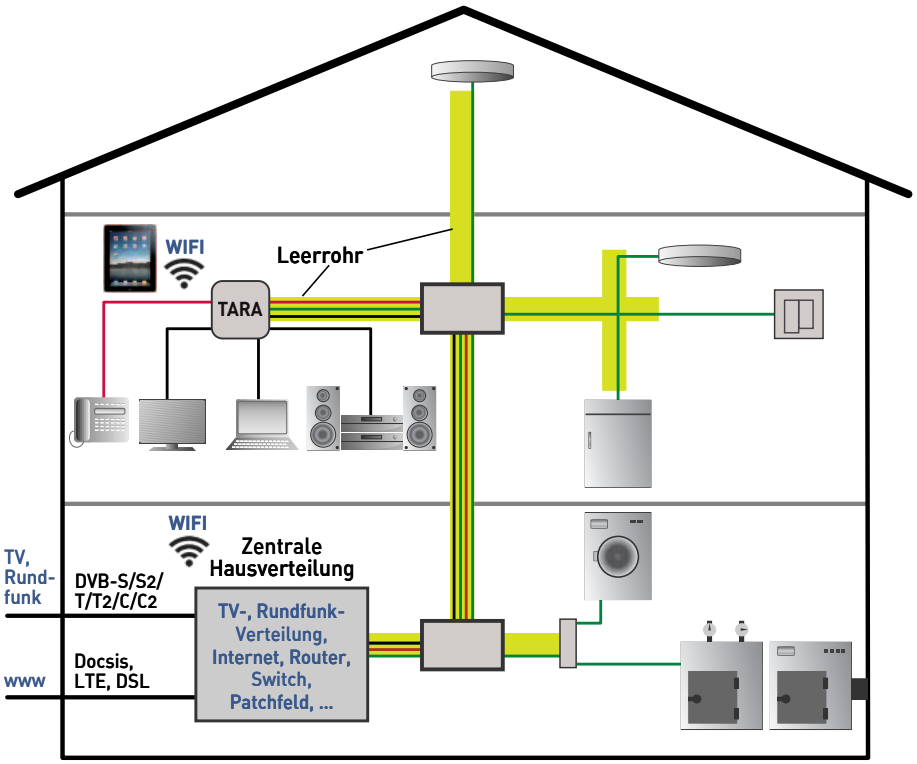


Bild 3.9.2-1 Strukturierte Verkabelung nach EN 50173-4 (Beispiel)

3.9.2 Möglichkeiten der Umsetzung

Empfehlungen gehen in Richtung strukturierter Verkabelung auf Grundlage des Standards EN 50173-4 („Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 4: Wohnungen"). Ein Ausführungsbeispiel zeigt Bild 3.9.2-1.

Die strukturierte Verkabelung basiert auf einem zentralen Verteiler pro Wohnung und einer sternförmigen Verkabelung zu den Endgeräteanschlüssen. Dabei wird in jedem Raum mindestens eine Multimedia-Anschlussdose installiert (TARA = Telekommunikations-Anschluss + Rundfunk-Anschluss). Dies erfordert eine hybride Verkabelung mit Koaxialkabel (TV/Radio) und mindestens Cat.5e Datenkabel (LAN, Telefonie). Ferner berücksichtigt die EN 50173-4 auch die Kommunikation zur Steuerung, Regelung und Überwachung von Geräten im Haushalt und in der Hausinstallation. Außerdem werden auch Infrastrukturen mit Glasfaserkabel durch die EN 50173-4 abgedeckt.

Der Wohnungssternpunkt ist der Knotenpunkt, an dem sämtliche Installationen für Radio, TV, Daten, Telefonie und Heimnetz zusammengeführt werden. Aus Gründen der Flexibilität und Zukunftssicherheit wird die Verlegung der Leitungen in Leerrohren mit ausreichendem Querschnitt dringend empfohlen. In der EN 50173-4 wird auch auf zusätzliche Standards verwiesen, wie beispielsweise die EN 50173-1 (Allgemeine Anforderungen zur anwendungsneutralen Verkabelung) oder die EN 50174 (Installation, Ausführung und Betrieb). Das gilt auch für die Koaxialkabel-Installation gemäß EN 60728-1 (Schnittstellenwerte am Teilnehmeranschluss).

Auch die Regeln zu Überspannungsschutzeinrichtungen müssen bei der Planung und Realisierung von Verkabelungen Berücksichtigung finden (DIN 0100-433 und DIN 0100-534).

Technologische Weiterentwicklungen fließen regelmäßig in die Normungsarbeit ein, um die Zukunftssicherheit der Installation bereits in der Planungsphase sicherzustellen.

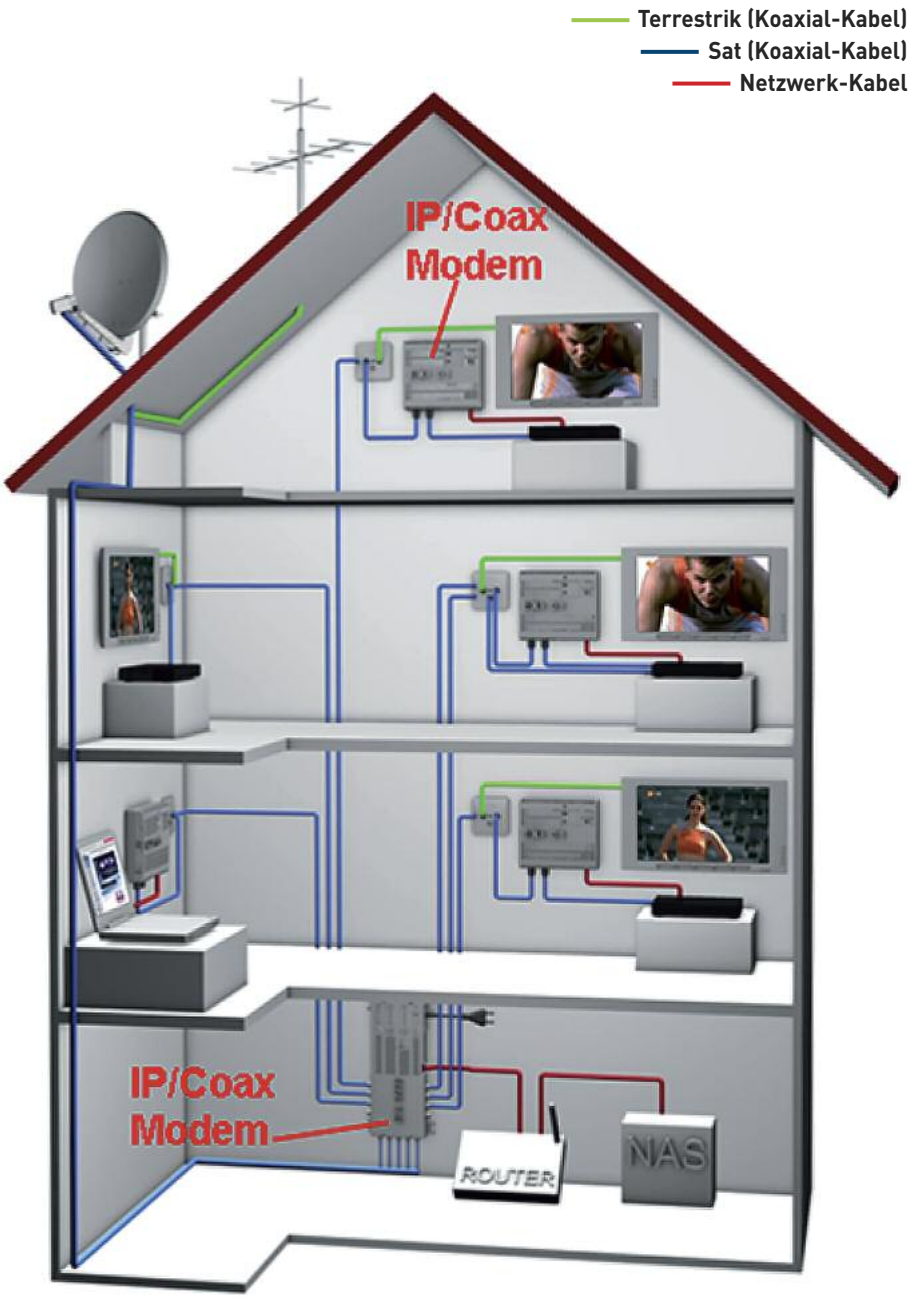
Nachstehend sind einige praktische Hinweise zur anwendungsneutralen Verkabelung angeführt:

- Bezüglich Sternverkabelung ist zumindest für größere Mehrfamilienhäuser eine differenzierte Betrachtung erforderlich, weil speziell dort die Verteilung von Rundfunksignalen aus dem Zubringerbereich (Satellit, Kabel, Terrestrik) in Baumstruktur vorteilhaft sein kann, um hohen Installationsaufwand zu vermeiden. Der Ausgangspunkt für eine Sternverkabelung ist dann einschließlich des zentralem Verteilers erst in jeder einzelnen Wohnung.

- Auf Glasfaserkabel basierende Heimvernetzungen konnten sich aus technischen und insbesondere wirtschaftlichen Gründen noch nicht im Markt durchsetzen. Hier ist auch mittelfristig noch kein Technologiewechsel absehbar.

- Einige der bereits erwähnten Standards zur IP-Übertragung über Koaxialkabel (MoCA, Homeplug AV, IEEE 1901, G.hn...) ermöglichen Netto-Datenraten im Heimnetz von bis zu 1Gbit/s. Damit sind auch Anwendungen mit sehr hohen Anforderungen an die erforderliche Übertragungskapazität im Heimnetz (z.B. Videostreaming) realisierbar, wenn auch Ethernet natürlich deutlich größere Datenraten unterstützt. So stellen heute kommerziell relevante Gigabit- Ethernet-Verbindungen eine maximale Netto-Datenrate von 800 Mbit/s zur Verfügung. Zudem kann eine Koaxialverkabelung bei Verwendung von Klasse-A-Material als störungsfrei angesehen werden. Bild 3.9.2-2. zeigt ein Beispiel für eine Koax-Heimnetzlösung. Hier wird der Internet-Router an den Ethernet-Anschluss eines SAT-Multischalters angeschlossen, welcher zusätzlich ein IP/Koax-Modem enthält. Damit stehen dann an den Teilnehmeranschlüssen für IP-fähige Endgeräte Internetdienste, sowie Inhalte von anderen Geräten aus dem Heimnetz (z.B. DLNA-Server für Medien) zur Verfügung. Trotz Zusatzkosten für IP/Koax-Modems kann die Gesamtinvestition deutlich unter der Investition einer vollständigen strukturierten Verkabelung liegen, was auch für die Planung von Heimnetzen in Neubauten berücksichtigt werden sollte.

Bild 3.9.2-2 Heimnetz-Installation in Koax-Technologie



• Heimvernetzung über WLAN (WiFi) oder das Stromnetz (PLC [powerline]) stellt trotz aktueller und künftig zu erwartender Fortschritte noch keine vollwertige Alternative zu Ethernet oder Koaxialverkabelung dar. WLAN und PLC können funktionsbedingt keine Mindestdatenrate im Heimnetz garantieren. Gründe hierfür sind beispielsweise Störsignale auf dem Stromnetz durch Schaltnetzteile und Dämpfungen zwischen verschiedenen Stromkreisen. Bei WLAN spielen Dämpfungen durch Wände (besonders 5-GHz-Band) sowie das relativ schmale Spektrum im 2,4-GHz-Band, welches sich verschiedene Teilnehmer stets teilen müssen; eine wichtige Rolle. Für Steuerung und Regelung von Haushaltsgeräten und Haustechnik wurden bislang überwiegend separate Bussysteme (z.B. KNX gemäß EN 50090) verwendet. Solche Systeme sind sehr komplex und kostspielig – auch aufgrund des sehr hohen Installationsaufwands.

• Bei Sternverteilung entsprechend EN 50173-4 ist ausreichende Leerrohrkapazität für diese Installation vorzuhalten.

Bei Sternverteilung muss jedes zu steuernde oder zu überwachende Gerät in der Haustechnik (Schaltaktoren, Sensoren, ...) schon im Detail von vornherein mit eingeplant werden. Künftig werden jedoch vermehrt funkbasierte Verfahren für die Steuerung und Überwachung zum Einsatz kommen (z.B. Z-Wave, EnOcean, Zigbee, DECT ULE und 6LoWPAN, WLAN Halow, ...). Aktuell wird auch erwartet, dass der Durchbruch zu massenmarkt-fähigen Smart-Home-Lösungen erst mit solchen funkbasierten Verfahren erreicht werden kann. Die Reichweite solcher Funklösungen deckt bereits in den meisten Fällen die typischen Szenarien bei Einfamilienhäusern ab, zur Reichweitensteigerung stehen außerdem preiswerte Repeater zur Verfügung. Zudem ermöglichen einige Standards (Zigbee, Z-Wave, ...b) die Vernetzung zwischen Sensoren und Aktoren (Mesh-Technologie), was ebenfalls die Reichweite bei Bedarf erhöht.

3.9.3. Fazit der Vorgehensweise bei Neubauten

Der wirtschaftliche Aufwand für eine vollständig strukturierte Verkabelung nach EN 50173-4 ist auch bei Neubauten je nach Architektur und Wohnungsgrundriss technisch oft nicht begründbar. Daher kann in vielen Fällen wie folgt vorgegangen werden:

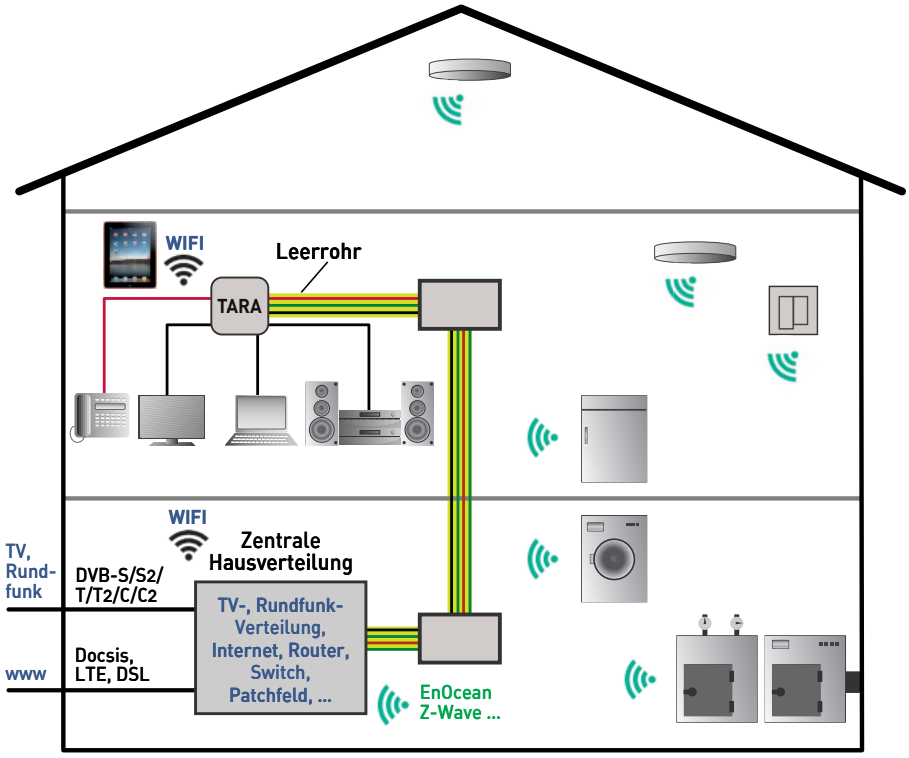
1) Eine mögliche Installation konform zur EN 50173-4 sollte vorgehalten werden (Leerohrquerschnitte, Platz im zentralen Verteilerkasten für nachzurüstende Switche, Patchfelder, ...). Die Installation einer vollständig strukturierten Verkabelung (Koaxkabel + Datenkabel) ist jedoch in vielen Fällen nicht erforderlich.

2) Stets vorzusehen ist eine Koaxialverkabelung, welche wie bereits vorstehend auf-gezeigt, bei entsprechender Güteklasse der verwendeten Materialen (z.B. Klasse A), ausreichend Datenrate (Bandbreite) auch für interaktive Anwendungen im Heimnetz zur Verfügung stellt. Damit ist eine Koaxialverkabelung auch bei Neubauten in vielen Fällen ausreichend.

3) Für Geräte der Haustechnik und der Hausinstallation ist auch für Neubauten eine Anbindung über Funk nach Möglichkeit vorzuziehen. Dies bietet mehr Flexibilität bei Planung und späterer Erweiterung.

4) Weiter soll zukünftig die Garage mit einer Datenanbindung versorgt werden, die zusätzlich generisch realisiert sein sollte, um für alle zukünftigen Schnittstellen im Auto vorbereitet zu sein.

Bild 3.9.3-1 Heimnetz-Installation mit Steuerung und Überwachung von Haushaltsgeräten und der Haustechnik durch Funksignale



3.10 Empfehlungen für die Optimierung von Netzstrukturen in Bestandsbauten

Bei jeder Wohnung und jedem Haus sind in regelmäßigen Zeitabständen Sanierungen erforderlich. Dies gilt nicht nur für die bauliche Infrastruktur, die Systeme für Heizung, Wasser, Abwasser und ggf. Gas sowie die elektrische Energieversorgung, sondern auch für vorhandene Netze der Informations- und Kommunikationstechnik. Dabei handelt es sich primär um Kabelnetze in koaxialer Technik und vereinzelt auch um Datennetze auf der Basis verdrillter Kupferdoppeladern mit Schirmung. Es können für Sanierungen folgende Gründe ausschlaggebend sein:

- Bessere Leistungsmerkmale
- Höherer Wirkungsgrad
- Neue Betriebskonzepte
- Geringere Betriebskosten
- Anpassung an geänderte rechtliche Vorgaben
- Berücksichtigung neuer Standards
- Erfüllung gestiegener Anforderungen der Mieter als Nutzer

Bei den Netzen ist zwischen den Hausnetzen [inhouse network] und den an diese angeschlossenen Wohnungsnetze [home network] zu unterscheiden. Hausnetze sind leitungsgebundene Strukturen zwischen dem Übergabepunkt der Inhalte (also Programme, Dienste und Applikationen) vom Zugangsnetz [access network] des Netzbetreibers und den Übergabepunkten an die Wohnungsnetze in den einzelnen Wohnungen. Funktionsbedingt gelten für die Übergabepunkte auch die Bezeichnungen Hausübergabepunkt (HÜP) bzw. Wohnungsübergabepunkt (WÜP). Wohnungsnetze ermöglichen den Anschluss beliebiger Endgeräte (z.B. TV-Geräte) in einem oder mehreren Räumen der Wohnung, um die über das Hausnetz zugeführten Inhalte nutzen zu können (Bild 3.10-1).

Hausnetze und Wohnungsnetze in koaxialer Technik haben sich seit vielen Jahren bestens bewährt. Aus wirtschaftlichen Gründen weisen Hausnetze meistens

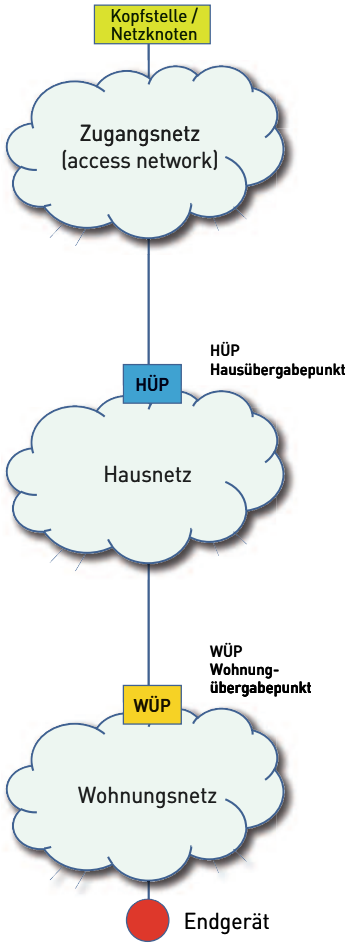
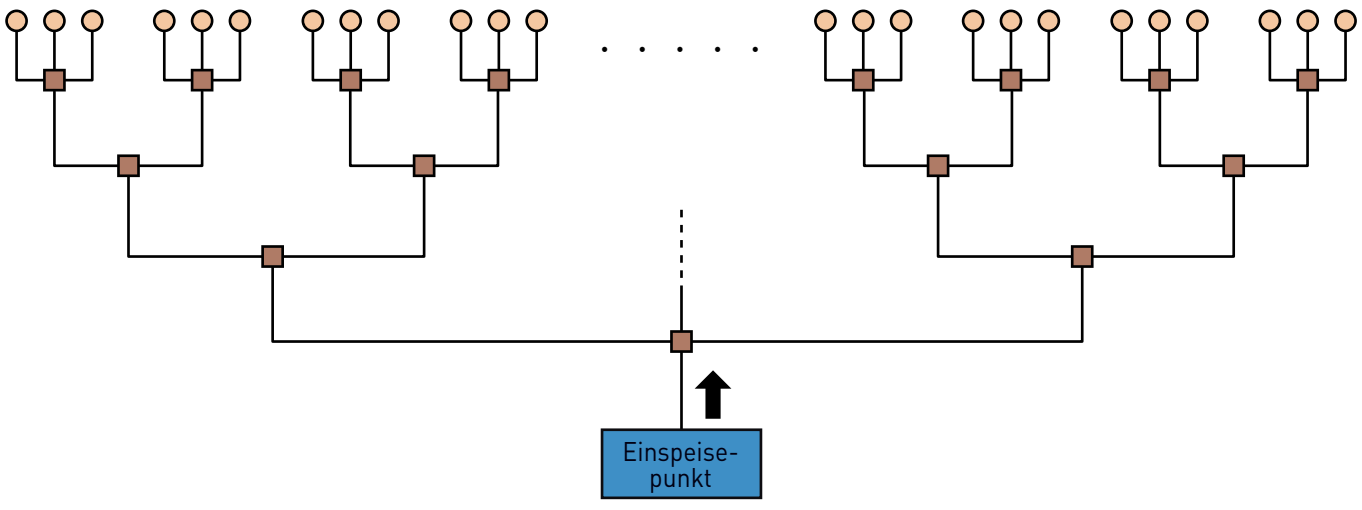


Bild 3.10-1
Hausnetz und Wohnungsnetz



Kabelnetz in Baumstruktur

Bild 3.10-2 Kabelnetz in Baumstruktur

Baumstruktur auf. Vom HÜP erfolgt dabei die Versorgung der Übergabepunkte für die Wohnungsnetze über ein baumähnlich strukturiertes Leitungsnetz, bei dem Stämme, Äste und Zweige gegeben sind (Bild 3.10-2). Dadurch liegen allerdings systembedingt unmittelbare Verkopplungen zwischen den angeschlossenen Wohnungsnetzen vor, was sich im Störungsfall für die Ermittlung der Fehlerursache nachteilig auswirken kann.

Wohnungsnetze bestehen im einfachsten Fall aus nur einer Anschlussdose als Schnittstelle zum Hausnetz und einem Anschlusskabel als Verbindung von dieser zu einem Endgerät (z.B. TV-Gerät). Wohnungsnetze können aber auch eine dem Hausnetz vergleichbare Struktur oder eine andere Konfiguration mit mehr als einer Anschlussdose aufweisen und damit den Anschluss und gleichzeitigen Betrieb mehrerer Endgeräte ermöglichen.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass für die Hausnetze die jeweiligen Hauseigentümer verantwortlich sind. Sie können diese Obliegenheiten, also Installation, Betrieb, Wartung und Service, entweder selbst wahrnehmen oder Dritte beauftragen. Bei den Wohnungsnetzen ist die Zuständigkeit der Wohnungseigentümer gegeben, weil diese formaljuristisch als Netzbetreiber gelten. Über den Mietvertrag können allerdings Auflagen für die Einhaltung der daraus resultierenden Verpflichtungen an die Mieter verbindlich festgelegt werden.

Aus den Ursprüngen der Kabelnetze in den 1980er Jahren wird auch heute noch die damals definierte Einteilung in Netzebenen (NE) verwendet. So gilt für die Hausnetze auch die Bezeichnung Netzebene 4 (NE 4), während es sich bei den Wohnungsnetzen um die Netzebene 5 (NE 5) handelt. Hier bestehen zwar die aufgezeigten unterschiedlichen Zuständigkeiten, aus technischer Sicht müssen jedoch beide Netztypen dieselben Anforderungen erfüllen, damit der Mieter die angebotenen Programme und Dienste störungsfrei nutzen kann.

Der für ein Kabelnetz erforderliche Sanierungsumfang hängt von der Beantwortung folgender Fragen ab:

- Wann wurde das Netz installiert?
- Auf welche Leistungsfähigkeit soll das Netz jetzt erweitert werden?
- Welche Leistungsmerkmale soll das Netz zukünftig aufweisen?

Beim Alter von Kabelnetzen gibt es einen unmittelbaren Zusammenhang mit der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Diese Problemstellung ist gegeben, weil im Kabel Frequenzen genutzt werden, die auch bei Funkdiensten zum Einsatz kommen. Theoretisch sind zwar leitungsgebundene und drahtlose Übertragung voneinander unabhängig, was jedoch in der Praxis nicht gegeben ist. Die bei koaxialen Netzen vorhandene Schirmung stellt nämlich keinen hundertprozentigen Schutz gegen die Abstrahlung geringer Anteile der transportierten Signale als elektromagnetische Wellen dar. Dieser Effekt kann vorhandene Funkdienste, die auf denselben Frequenzen arbeiten, in ihrer bestimmungsgemäßen Aufgabenstellung erheblich beeinflussen, weshalb jede Abstrahlung von Kabelnetzen als Störstrahlung bezeichnet wird. Besonders kritisch sind dabei die Frequenzen sicherheitsrelevanter Funkdienste. Dazu gehören solche für Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienste, Flugfunk, Flugnavigationsfunk und einige militärische Anwendungen.

Die Störstrahlung darf deshalb die in der Sicherheitsfunk-Schutzverordnung festgelegten Werte für die Feldstärke nicht überschreiten. Diese Vorgabe lässt sich durch entsprechende Schirmung im Kabelnetz einhalten. Sie muss allerdings im gesamten Netz durchgängig gegeben sein. Aus diesem Grund sind nicht nur das Koaxialkabel zu berücksichtigen, sondern auch alle im Netz eingesetzten Komponenten (z.B. Steckverbindungen) und Baugruppen (z.B. Verstärker, Weichen, Filter, ...). Bei Unterbrechungen der Schirmung treten Leckstellen auf, die unzulässige Werte der Störstrahlung bewirken können (Bild 3.10-3).

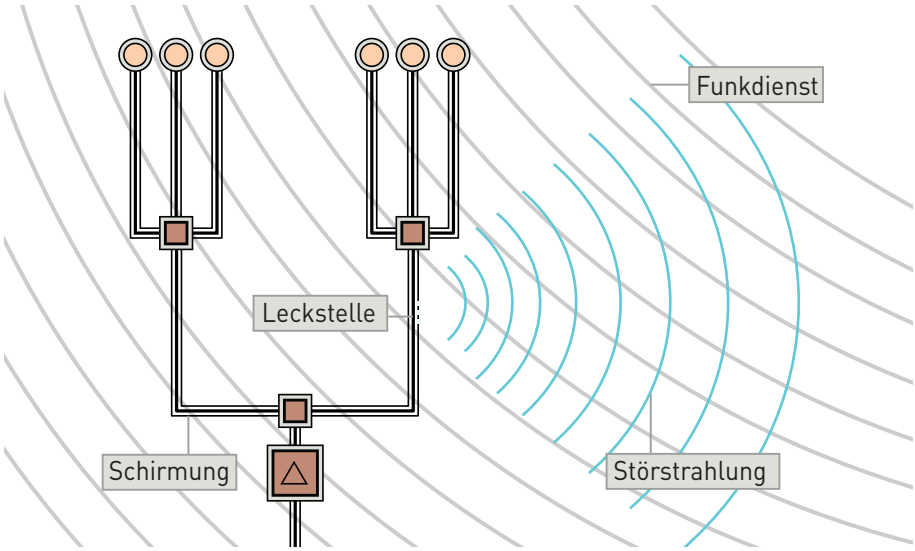


Bild 3.10-3 Störstrahlung durch Leckstelle

Jede Schirmung lässt sich durch das Schirmdämpfungsmaß (Kurzform: Schirmungsmaß) beschreiben. Es handelt sich um das logarithmierte Verhältnis der Feldstärkewerte innerhalb der Schirmung zu denen außerhalb der Schirmung. Als Maßeinheit wurde dafür Dezibel (dB) festgelegt. Um die Vorgaben der elektromagnetischen Verträglichkeit zu erfüllen, muss ein Kabelnetz mindestens 75 dB für das Schirmungsmaß aufweisen und zwar für das Koaxialkabel, aber auch für alle anderen Komponenten und Baugruppen. Außerdem bedarf es der fachgerechten Montage und Installation, um Leckstellen

zu vermeiden. Dafür sollten Fachbetriebe und Fachkräfte eingesetzt werden, die ihre Qualifikation durch Zertifikate nachweisen können.

Bei älteren Kabelnetzen ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass der geforderte Mindestwert für das Schirmungsmaß nicht vorliegt, weil diese Vorgabe zur Zeit der Montage und Installation des Netzes nicht ausreichend berücksichtigt wurde und damit ausreichend geschirmtes Material nicht zum Einsatz kam. Dies gilt insbesondere für Komponenten und Baugruppen, während bei Koaxialkabeln das Schirmungsmaß von 75 dB schon seit vielen Jahren üblich ist und heute Kabel zur Verfügung stehen, die ein Schirmungsmaß von 100 dB und mehr aufweisen.

Aus vorstehenden Gründen sollten zehn oder mehr Jahre alte Hausnetze und Wohnungsnetze untersucht werden, ob sie mindestens 75 dB Schirmungsmaß aufweisen. Sollte dies nicht der Fall sein, dann sind im Rahmen der Modernisierung entsprechende Nachrüstungen unbedingt erforderlich. Werden nämlich durch Kabelnetze Störungen sicherheitsrelevanter Funkdienste bewirkt, dann kann die Bundesnetzagentur (BNetzA) im Rahmen ihrer Zuständigkeit für das nationale Frequenzmanagement den jeweiligen Netzbetreiber nach dem Verursacherprinzip rechtlich belangen.

Ein möglicher Modernisierungsbedarf von Kabelnetzen hängt auch davon ab, welche Nutzungen erfolgen sollen. Im Ursprung dienten Kabelnetze nur der Verteilung von Fernsehprogrammen an die angeschlossenen TV-Geräte. Dabei handelte es sich zuerst um analoge Programme, später kamen digitale Programme dazu, die inzwischen das Gesamtangebot dominieren.

Da die Zahl der von den Kabelnetzbetreibern angebotenen TV-Programme stetig zunimmt, müssen auch die Haus- und Wohnungsnetze frequenzmäßig dafür ausgelegt sein, um die erforderliche Zahl von Fernsehkanälen bieten zu können. Als Regelfall ist deshalb eine obere Grenzfrequenz von 862 MHz vorzusehen. Sind Kabelnetze noch nicht dafür ausgelegt, dann sollte im Rahmen der Modernisierung unbedingt eine entsprechende

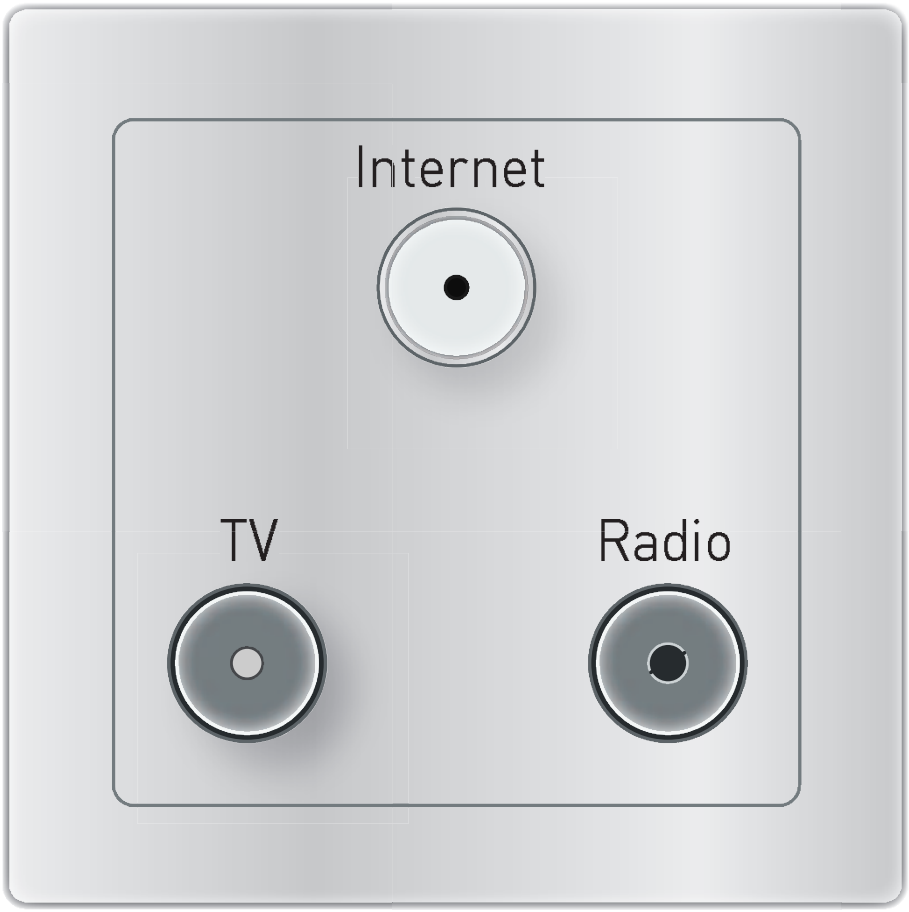


Bild 3.10-4 Multimedia–Anschlussdose

Nachrüstung erfolgen, weil sonst der Kabelkunde nicht auf das vollständige Programmangebot zugreifen kann. In den meisten Fällen ist als Maßnahme der Austausch der im Netz eingesetzten Verstärker oder anderer frequenzabhängiger Komponenten und Baugruppen ausreichend. Ein Austausch der Koaxialkabel ist nicht erforderlich.

Inzwischen bieten die meisten Kabelnetzbetreiber neben Fernsehen auch Internet und Telefonie als zusätzliche Dienste an. Es gilt dafür die Bezeichnung Triple Play, weil die drei Nutzungsarten gleichzeitig und ohne gegenseitige Beeinflussung an jeder Anschlussdose der Wohnungsnetze verfügbar sind. Dieses „Alles aus einer Hand"-Angebot erfordert allerdings bei den Kabelnetzen den Übergang von der reinen Signalverteilung auf Interaktivität. Das bedeutet die Umrüstung der Netze vom unidirektionalen Betrieb auf bidirektionalen Betrieb, weil Internet und Telefonie der interaktiven Punkt-zu-Punkt-Kommunikation dienen. So möchte der Nutzer nicht nur Inhalte aus dem Internet runterladen [download], sondern auch solche in das Internet hochladen [upload] können. Deshalb sind in den Kabelnetzen Hin- und Rückkanäle für die Signalübertragung erforderlich.

Soll ein Kabelnetz auf Triple Play umgerüstet werden, dann ist bei allen aktiven Komponenten und Baugruppen die Prüfung erforderlich, ob sie beide Übertragungsrichtungen ermöglichen. Im Bedarfsfall ist ein Austausch der betroffenen Komponenten oder Baugruppen gegen dafür geeignete Typen durchzuführen oder durchführen zu lassen. Als typisches Beispiel seien Verstärker angeführt, die systembedingt stets nur eine Arbeitsrichtung aufweisen. Die gewünschte Interaktivität ist durch den Austausch gegen

sogenannte Zwei-Wege-Verstärker erreichbar. Dabei handelt es sich um Baugruppen, in denen zwei einfache Verstärker für die beiden Übertragungsrichtungen auf beiden Seiten über entsprechende Weichen zusammengeschaltet sind. Dadurch bedarf es im Kabelnetz leitungsmäßig keiner Änderungen, weil Zwei-Wege-Verstärker wie die bisherigen Verstärker auch nur zwei Anschlüsse aufweisen.

Damit Mieter ihren Kabelanschluss auch für Internet und Telefonie nutzen können, müssen die vorhandenen Anschlussdosen gegen Multimedia-Anschlussdosen ausgetauscht werden. Diese weisen neben den Anschlüssen für das TV-Gerät und das Radio zusätzlich einen dritten Anschluss auf, der üblicherweise mit „Daten" [data] oder „Internet" bezeichnet ist (Bild 3.10-4).

An diesen wird das Kabelmodem angeschlossen, welches die Anpassung der Datenübertragung zwischen dem Kabelnetz und den Endgeräten sicherstellt. Es weist an seinem Ausgang Anschlüsse für ein lokales Datennetz [local area network (LAN)] und/oder einen Wireless-LAN-Router (WLAN-Router) sowie für das Telefon auf.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass jeder Austausch aktiver Komponenten oder Baugruppen auch eine Prüfung und ggf. Anpassung der Signalpegel an den Anschlussdosen in der Wohnung erforderlich macht, um eine störungsfreie Nutzung aller Programme, Dienste und Applikationen zu gewährleisten.

Die Perspektive von Kabelnetzen ist neben der Zunahme hochauflösender Fernsehprogramme (HD, Full HD und Ultra HD) durch stark wachsende Internetnutzung gekennzeichnet. Während bisher im Durchschnitt 50 Mbit/s für den Downstream in Kabelnetzen üblich sind, wird mittelfristig ein Wert von 1 Gbit/s (1.000 Mbit/s) als erforderlich gesehen. Da diese Datenrate verständlicherweise für jedes Wohnungsnetz verfügbar sein sollte, muss das Hausnetz entsprechend leistungsfähig sein. Diese Anforderung lässt sich mit Koaxialkabel bei großen Anlagen nur bedingt erfüllen. Es bietet sich deshalb der Einsatz von Lichtwellenleitern (LWL) an, also der Übergang von elektrischen Signalen auf optische Signale. Lichtwellenleiter lassen sich als Glasfaserleitungen [fibre] und Polymerfaserleitungen [polymer optical fibre (POF)] realisieren. Beide zeichnen sich durch die gewünschte große Daten-Übertragungskapazität aus, die längenabhängige Signaldämpfung ist allerdings bei der POF gegenüber der Glasfaser erheblich größer.

Aus vorstehenden Gründen bietet es sich an, Hausnetze im Rahmen von Modernisierungen von Koax auf LWL umzustellen. Für den Übergang von den elektrischen Signalen auf die optischen Signale sind elektro-optische Wandler erforderlich, die Umsetzung optischer Signale auf elektrische Signale erfordert dagegen opto-elektrische Wandler. Der Übergang auf Lichtwellenleiter reduziert wegen der dann optischen Signalübertragung die Problematik der elektromagnetischen Verträglichkeit signifikant.

Abschließend sei noch auf die Zweckmäßigkeit der umfassenden Dokumentation von Modernisierungsmaßnahmen hingewiesen. Nur dadurch ist für Wartung und Instandsetzung der technische Stand des jeweiligen Netzes unmittelbar erkennbar.

3.11 Alters- und behindertengerechtes Wohnen (AAL)

Zum alters- und behindertengerechtem Wohnen gehören alle technischen Verfahren, die das möglichst lange Verbleiben und Leben in der eigenen Wohnung im Alter und/oder bei Behinderung unterstützt. Dafür hat sich die Abkürzung AAL [ambient assisted live] etabliert, was mit „vom Umfeld unterstütztes Leben" übersetzt werden kann.

Zu AAL gehören neben der Auswahl relevanter Dienstleistungen insbesondere alle erforderliche Prüfungen und Messungen der Vitalfunktionen (z.B. Blutdruck, Herzfrequenz, ...) und die Kommunikation der Werte und sonstiger gesundheitsbezogener Informationen mit Arzt, Krankenhaus oder sonstigen Ansprechpartnern (z.B. Sozialdienste). Dies kann als reine Übertragung der Daten erfolgen, die allerdings jeweils durch ein Telefongespräch ergänzt werden sollte. Es gibt auch bereits erste Ansätze, bei AAL Videoübertragung einzusetzen, was den Gang zum Arzt bzw. seinen Hausbesuch in vielen Fällen gegebenenfalls erübrigt.

Von Bedeutung ist bei AAL auch die automatische oder manuell auslösbare Alarmierung in Notfallsituationen (z.B. Sturz). Dabei kommt es zum Einsatz unterschiedlicher Sensoren, die mit Hilfe leitungsgeführter und/oder funkgestützter Vernetzung erforderliche Signalisierung auslösen und damit Hilfemaßnahmen einleiten.

3.12 Wearables

Die wörtliche Übersetzung von „wearables“ lautet ganz simpel „Tragbares“. Gemeint sind damit Prozessoren, die möglichst kleine Abmessungen aufweisen, in Verbindung mit vielfältiger Sensorik. Dafür wird auch die Bezeichnung „wearable computing“ verwendet. Es kann folgende Definition gelten:

Wearables sind mit Sensoren verbundene kleine Computer, die am Körper, in Körpernähe oder im Körper getragen werden und dem Träger als ständig verfügbare Schnittstelle zur digitalen Welt dienen.

Wearables kommen bisher in den Bereichen Fitness, Gesundheit und Lifestyle zum Einsatz und zwar in der Form von Uhren (Smartwatch), Armbändern (Fitnessbänder) und Brillen, sowie in der Kleidung eingearbeitet (Bild 3.12-1).

Foto: Samsung

Bild 3.12-1
Smartwatch

Auf diese Weise können Blutdruck, Herzfrequenz, Blutzucker, Körpertemperatur, Hautfeuchtigkeit, Zahl der Schritte, Zeitbedarf für Laufstecken, Schlafqualität, Schlafdauer und andere personenbezogene Werte ohne weiteres Zutun des Trägers erfasst und ausgewertet werden. Daraus resultieren dann gegebenenfalls Vorschläge/Aufforderungen für weitere Maßnahmen der körperlichen Betätigung. Durch ergänzende manuelle Eingabe von Ernährungsdaten und sportlicher Aktivitäten ist eine Abrundung des Fitnessprogramms möglich.

Die vorstehend angeführten Werte lassen sich über ein geeignetes Verfahren der Nahfeldkommunikation [near field communication (NFC)], zum Beispiel Bluetooth, auf das Smartphone übertragen und von dort in das Internet.

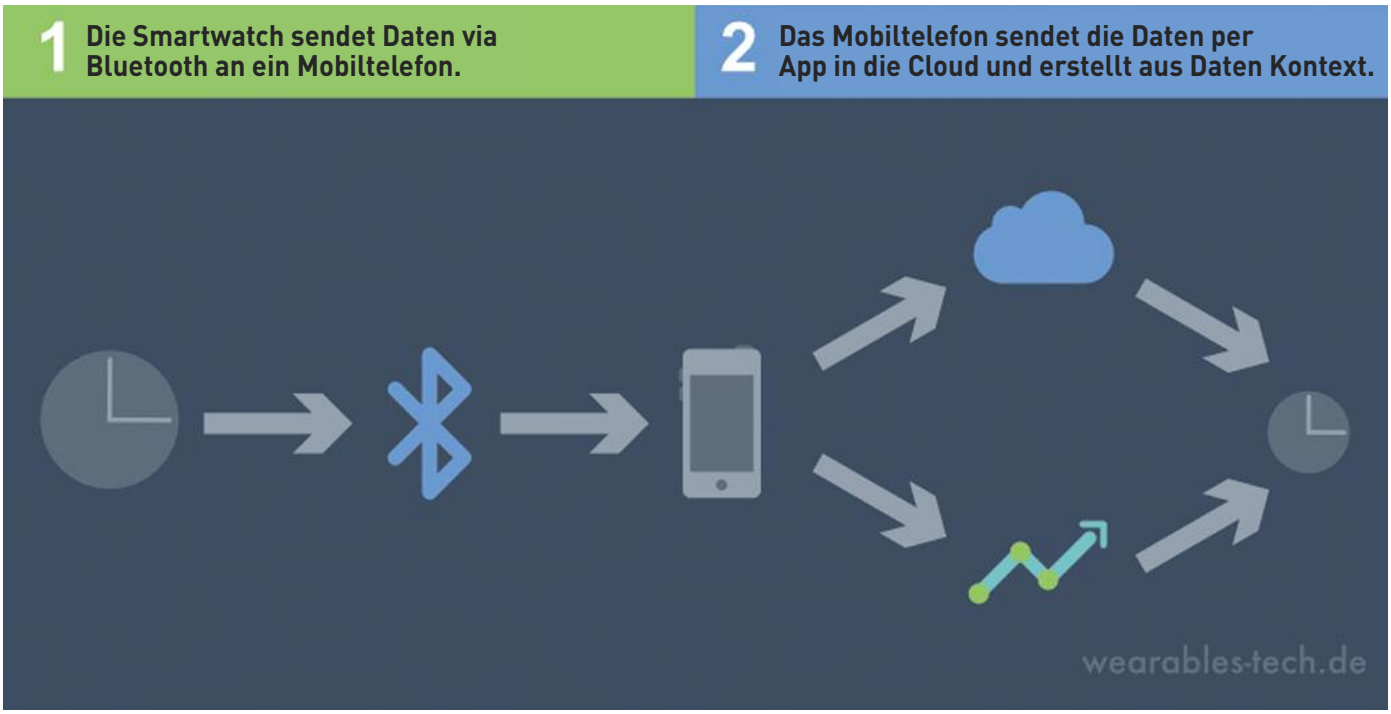


Bild 3.12-2 Verküpfung von Wearables mit der digitalen Welt (Beispiel)

Glossar

ADSL
[asymmetrical digital subscriber line]
DSL-Anschluss mit unterschiedlichen Werten für den Downstream und Upstream
In der Regel beträgt die Bitrate für den Upstream nur bis zu zwanzig Prozent des Wertes für den Downstream

Apple Airplay
Proprietäres System der Firma Apple für die Vernetzung und das Zusammenspiel von Elektronikgeräten
Für die Geräte ist eine Zertifizierung erforderlich

Bluetooth
Durch IEEE 802.15.1 standardisiertes System für Datenkommunikation über kurze Distanzen per Funktechnik

Breitbandkabel
Elektrisches Kabel, das eine große obere Grenzfrequenz aufweist. Ein typisches Beispiel dafür, ist das Koaxialkabel

Browser
Spezielle Programme zur Darstellung von Dokumenten, Daten oder Websites im Internet

Chrome
Von der Firma Google entwickelter Webbrowser

CI
[common interface]
Standardisierte Schnittstelle bei DVB-Empfangsgeräten, mit der unterschiedliche CA-Module zum Einsatz kommen können

CI+
[common interface plus]
Weiterentwicklung der Schnittstelle CI, bei der das im CA-Modul entschlüsselte Signal für den Weg in das Empfangsgerät wieder lokal verschlüsselt wird und damit Piraterie verhindert

Cloud
Speichermöglichkeit für Inhalte auf dezentralen Servern, auf die der Nutzer jederzeit und überall Zugriff hat

CMTS
[cable modem termination system]
Auf der Sendeseite von Breitband-Kabelnetzen für die Realisierung bidirektionaler Datenübertragung erforderliche Funktionseinheit

Crossover-Kabel
Anschlussleitung, bei der das sendende Adernpaar an einem Ende des Kabels mit dem empfangenden Adernpaar am anderen Ende des Kabels gekreuzt ist und umgekehrt

Distribution Management
Durch Applikationen mögliche Weiterleitung beliebiger Inhalte von stationären an mobile Geräte

DLNA
[Digital Living Network Alliance]
Standardisiertes System für die Vernetzung und das Zusammenspiel von Elektronikgeräten
Es wird von mehr als 250 Firmen unterstützt
Für die Geräte ist eine Zertifizierung erforderlich

DOCSIS
[data over cable service interface specification]
Standard für die bidirektionale Datenübertragung über Breitband-Kabelnetze

Downlink
Abwärtsstrecke
Übertragungsstrecke aus dem Netz zum Nutzeranschluss

Downstream
Abwärts-Datenstrom
Datenübertragung aus dem Netz zum Nutzeranschluss

DSL
[digital subscriber line]
Es handelt sich um die Nutzung des Telefonnetzes für zusätzliche Datenübertragung neben der Grundfunktion Sprachkommunikation

DSLAM
[digital subscriber line access multiplexer]
In der Vermittlungsstelle (Netzknoten) des Telefonnetzes für die Realisierung bidirektionaler Datenübertragung erforderliche Funktionseinheit

DSL-Modem
Auf der Teilnehmerseite des Telefonnetzes für die Realisierung bidirektionaler Datenübertragung erforderliche Funktionseinheit

DTH
[direct to home]
Direktempfang beim Nutzer (z.B. Satellitenprogramme)

DVB-C
[digital video broadcasting via cable]
Digitales Kabelfernsehen

DVB-S
[digital video broadcasting via satellite]
Digitales Satellitenfernsehen

DVB-T
[digital video broadcasting via terrestrial transmitters]
Digitales Antennenfernsehen

Ethernet
Übertragungsstandard für lokale Datennetze (LAN) gemäß IEEE-802.3

EuroDOCSIS
An die technische Spezifikation europäischer Kabelnetze (z.B. Kanalraster, Pegel, ...) angepasster Standard DOCSIS

Fast Ethernet
Variante des Ethernet für Datenraten bis 100 Mbit/s

FTP
[file transfer protocol]
Internetprotokoll, das den unmittelbaren Datenaustausch zwischen zwei Computern, Servern ermöglicht

FTTB
[fibre to the building]
Glasfaserverbindung bis zum Übergabepunkt im Haus/Gebäude
Danach erfolgt die Übertragung über Kupfer-Doppeladern

FTTC
[fibre to the curb]
Glasfaserverbindung bis zum letzten nutzerseitigen Kabelverzweiger
Danach erfolgt die Übertragung über Kupfer-Doppeladern

FTTH
[fibre to the home]
Glasfaserverbindung bis zum Wohnungsübergabepunkt
Die Übertragung zu den angeschlossenen Geräten erfolgt in der Wohnung über elektrische Leitungen

Gateway
Technische Funktionseinheit, die unterschiedliche Netze miteinander verbinden und die dafür erforderlichen Anpassungen realisieren kann

G.hn
Verfahren für IP-basierte Übertragung über Koaxialtechnik gemäß ITU Rec. G.9960

Gigabit Ethernet
Variante des Ethernet für Datenraten bis 1 Gbit/s

Gigabit-Powerline
Proprietäres PLC-Konzept des Chipentwicklers Gigle

Google Chromcast
Proprietäres System der Firma Google, mit dem über einen speziellen Adapter Audio- und Videoinhalte aus dem Internet zum Fernseher oder anderen Geräten gestreamt werden können

GPON
[gigabit passive optical network]
Optisches Netz für Datenraten im Gbit/s-Bereich, deren Splitter keine Stromversorgung benötigen

Hausautomation
Gesamtheit von Überwachungs-, Steuerungs-, Regel- und Optimierungseinrichtungen in privat genutzten Wohnungen

Hausverteilung
Netz zwischen dem Hausübergabepunkt und den Teilnehmer-Anschlussdosen bei Breitband-Kabelnetzen

HbbTV
[hybrid broadcast broadband television]
Gemäß ETSI TS 102 796 standardisiertes System, mit dem Programmveranstalter neben ihren Programmen zusätzlich auch Anwendungen (Applikationen) aus dem Internet anbieten können

HDCP
[high bandwidth digital content protection]
Schutzmechanismus, um das Abgreifen der durch das CA-Modul entschlüsselten Audio- und Videosignale zu verhindern

HDMI
[high definition multimedia interface]
Standardisierte Schnittstelle für die Übertragung digitaler Audio- und Videodaten, insbesondere aus der Unterhaltungselektronik

HD-PLC
Auf IEEE 1901 basierendes PLC-Konzept, bei dem Wavelet-OFDM verwendet wird

HDTV
[high definition television]
Digitales Fernsehen mit hoher Bildauflösung

Home Automation
Management technischer Anwendungen im Haushalt

Home Gateway
Übergangspunkt zwischen dem Heimnetz und der außerhalb der Wohnung oder des Hauses legenden Netze

HomePlug AV
Von der HomePlug-Powerline-Alliance auf Basis der Standards IEEE 1901 und IEEE 1905.1 entwickeltes PLC-Verfahren

Home Server
Stellen unterschiedliche Dienste in einem Heimnetz zur Verfügung

HSDPA
[high speed downlink packet access]
Erweiterung von UMTS auf eine Datenrate bis zu 14,6 Mbit/s beim Downlink

HSUPA
[high speed uplink packet access]
Erweiterung von UMTS auf eine Datenrate bis zu 5,8 Mbit/s beim Uplink

HTTP
[hypertext transfer protocol]
Internetprotokoll, das die Kommunikation zwischen Browsern und Servern im Internet sicherstellt

Internet
[interconnected networks]
Zusammenwirken einer sehr großen Zahl von Computern in einem weltumspannenden Netz

Internet Explorer
Von der Firma Microsoft entwickelter Webbrowser

IP
[internet protocol]
Transportprotokoll für Verbindungen im Internet

IPTV
[internet protocol television]
Über DSL-Netze verteiltes digitales Fernsehen

IPv4
Aus 32 bit bestehende Internetadresse

IPv6
Aus 128 bit bestehende Internetadresse

ISM-Band
[industrial, scientific, medical]
Frequenzbereiche, die ohne gesonderte Zulassung für funktechnische Anwendungen im industriellen, wissenschaftlichen, medizinischen und haushaltsnahen Umfeld genutzt werden dürfen
Typische ISM-Bänder sind das 2,4-GHz-Band und das 5-GHz-Band

Kabelmodem
Auf der Empfängerseite von Breitband-Kabelnetzen beim Nutzer für die Realisierung bidirektionaler Datenübertragung erforderliche Funktionseinheit
Das Gegenstück auf der Sendeseite ist die CMTS

LAN
[local area network]
Lokal begrenztes leitungsgebundenes Datennetz, das die Kommunikation der angeschlossenen Geräte untereinander ermöglicht, aber auch den Zugriff auf gemeinsame Ressourcen (z.B. Drucker)

LTE
[long term evolution]
Mobilfunksystem der 4. Generation.
Es arbeitet völlig IP-basiert und ermöglicht breitbandige Internetanschlüsse bis zu 100 Mbit/s

LTE-A
[long term evolution-advanced]
Weiterentwicklung von LTE für Dateraten bis zu 1 Gbit/s pro Funkzelle, geringe Latenzzeit und höhere spektrale Effizienz

Miracast
Funkgestützte Schnittstelle, mit der Audio- und Videosignale von mobilen Geräten auf stationäre HD-Endgeräte übertragen werden können
Die Reichweite beträgt bis zu 10 m, ein Sichtkontakt zwischen den Geräten ist nicht erforderlich

MoCA
[multimedia over coax]
Verfahren für IP-basierte Übertragung über Netze in Koaxialtechnik

Mozilla Firefox
Vom Mozilla-Projekt entwickelter freier Webbrowser

Multicast
Datenübertragung von einer zentralen Stelle an eine definierte Gruppe von Nutzern, wird auch als Punkt-zu-Multipunkt bezeichnet

NAS
[network attached server]
Zentrale Speichereinheit in einem Heimnetz

NFC
[near field communication]
Standardisiertes System für kontaktlose Datenkommunikation über Entfernungen bis maximal 10 cm
Die maximale Datenrate beträgt 424 kbit/s

OFDM
[orthogonal frequency division multiplex]
Mehr-Träger-Übertragungsverfahren, bei denen die Träger orthogonal zueinander sind und deshalb bei der jeweiligen Trägerfrequenz keine Anteile von den benachbarten Trägern auftreten

Opera
Von der norwegischen Firma Opera Software ARA entwickelter freier Webbrowser

Phablet
Endgerät, das aus einer Mischform zwischen Smartphone (Phone) und Tablet besteht

Phasenkoppler
Technische Funktionseinheiten in Stromnetzen, mit denen die drei Phasen derart miteinander verkoppelt werden, dass beliebige PLC-Anwendungen realisierbar sind

PLC
[powerline communications]
Verfahren zur Nutzung des Stromnetzes in Wohnungen, Häusern und Gebäuden für Datenkommunikation

Port
Anschlussstelle bei optischen Splittern oder elektrischen Verteilern

QAM
Quadratur-Amplitudenmodulation
QAM ist ein digitales Modulationsverfahren, realisiert durch eine Kombination aus Phasenumtastung und Amplitudenumtastung. Dadurch lassen sich vielfältige Zustände im Konstellationsdiagramm erreichen. Die Zahl vor der Bezeichnung QAM (z.B. 64-QAM) gibt an, wie viele unterschiedliche Zustände möglich sind.

Recording
Aufzeichnung von Inhalten auf geeignete Speichereinheiten

Remote Control
Steuerung von CE-Geräten über Applikationen auf Tablets und Smartphones

Routing
Festlegung des Übertragungsweges von Datenpaketen in Datennetzen (z.B. Internet)

RTCP
[realtime control protocol]
Internetprotokoll, das in Verbindung mit RTP den Datentransport steuert

RTP
[realtime transfer protocol]
Internetprotokoll, das Echtzeitübertragungen absichert und im Bedarfsfall Korrekturmaßnahmen einleitet

Safari
Von der Firma Apple entwickelter Webbrowser

Sat → IP
[satellite over IP]
Unmittelbare Konvertierung empfangener DVB-S/S2-Signale in IP-Datenströme

SDSL
[symmetrical digital subscriber line]
DSL-Anschluss mit gleichen Werten für den Downstream und Upstream

SDTV
[standard definition television]
Digitales Fernsehen mit einfacher Bildauflösung

Second Screen
(Zweiter Bildschirm)
Nutzung eines mobilen/portablen Gerätes mit Bildschirm für zusätzliche Informationen und interaktive Kommunikation bezogen auf das stationäre Endgerät

Smart Home
Technische Verfahren und Systeme in Wohnungen, Häusern und Gebäuden zur komfortablen Steuerung dort eingesetzter Geräte Ziel ist es, die Wohn- und Lebensqualität zu erhöhen, die Effizienz der Energienutzung zu verbessern und mehr Sicherheit zu ermöglichen

SmartLNB
LNB als Kombination für Satelliten-Direktempfang im Ku-Band und Rückkanal zum Satelliten im Ka-Band

Smart Metering
Einsatz „intelligenter" Zähler für Strom, Wasser und/oder Gas, um den Energieverbrauch optimieren zu können

SMTP
[simple mail transfer protocol]
Internetprotokoll, das die Übermittlung von e-Mails ermöglicht

Spektrumseffizienz
Angabe der pro Hertz Bandbreite übertragbare Bitrat
Je größer dieser Wert, desto besser ist die Spektrumseffizienz

TARA
[Telekommunikations-Anschluss/Rundfunk-Anschluss]
Multimedia-Anschlussdose für Telekommunikation und Rundfunk

TCP
[transmission control protocol]
Internetprotokoll, das Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit Datensicherung ermöglicht, wenn keine Übertragung in Echtzeit vorgesehen ist

Twisted Pair (TP)
Verdrillte Zweidrahtleitung

UDP
[user datagram protocol]
Internetprotokoll, das ungesicherte Datenübertragung in Echtzeit ermöglicht

UltraViolet
Plattformunabhängige Rechteverwaltung für vom Nutzer legal erworbener Inhalte, bei der eine Trennung zwischen Rechteerwerb und dem eigentlichen Inhalt gegeben ist
Der Nutzer kann dabei seine Rechte auf jedes Medium übertragen

Unicast
Datenübertragung zwischen zwei Stellen, wird auch als Punkt-zu-Punkt-Verbindung bezeichnet

Uplink
Aufwärtsstrecke
Übertragungsstrecke vom Nutzer in das Netz

Upstream
Aufwärts-Datenstrom
Datenübertragung vom Nutzeranschluss in das Netz

URL
[universal ressource locator]
Zugangsadresse für ein Internetportal

USB
[universal serial bus]
Serielles Bussystem zur Verbindung datentechnischer Geräte
Mit der neuesten Version USB 3.0 sind Brutto-Datenraten bis zu 4 Gbit/s realisierbar

Übersprechen
Gegenseitige Beeinflussung von zwei oder mehr Leitungen in einem Kabelbündel

VDSL
[very high bitrate DSL]
Digitaler Teilnehmeranschluss im Telefonnetz mit bis zu 50 Mbit/s

Vectoring
Technologie zur Erhöhung der Bitrate beim digitalen Teilnehmeranschluss im Telefonnetz bis zu 100 Mbit/s

Vollduplex-Modus
Gleichzeitiges Senden und Empfangen von Daten

Webbrowser
Spezielle Programme zur Darstellung von Inhalten aus dem Internet

WHDI
[wireless home digital interface]
Funkgestützte Schnittstelle, mit der HD-Inhalte von beliebigen Geräten auf große Flachbildschirme gebracht werden können

WiDi
[wireless display]
Von der Firma Intel entwickelte kabellose HDMI-Verbindung
Die Reichweite beträgt bis zu 10 m, ein Sichtkontakt ist nicht erforderlich

WiGig
[wireless gigabit]
Funkgestützte Schnittstelle für Audio- und Videoanwendungen gemäß Standard IEEE 802.11ad, die im 60-GHz-Band arbeitet und Datenraten bis 7 Gbit/s ermöglicht
Es muss Sichtverbindung zwischen den beteiligten Geräten bestehen

WLAN
[wireless local area network]
Lokal begrenztes funkgestütztes Datennetz, in dem für WLAN ausgestattete Geräte miteinander kommunizieren können
WLAN wird im angelsächsischen Sprachraum üblicherweise als WiFi [wireless fidelity] bezeichnet

Zigbee
Funkgestütztes Verfahren für die Vernetzung von Geräten, primär erfolgte die Entwicklung für Haushaltsgeräte

2,4-GHz-Band
Im Bereich 2,402 GHz und 2,480 GHz liegendes ISM-Band, das bei einem 1-MHz-Kanalraster 79 Kanäle aufweist

10-Gigabit-Ethernet
Variante des Ethernet für Datenraten bis 10 Gbit/s

ÜBERSICHT TABELLEN UND BILDER

6 Bild 1.1.1.5-1 Denkbare Entwicklung der Downstream-Übertragungs-kapazität in HFC- Kabelnetzen
6 Bild 1.1.2-1 Frequenznutzung bei DSL
7 Bild 1.1.2-2 DSL-Infrastruktur
8 Bild 1.1.2-3 Vectoring
9 Tabelle 1.1.2-1 Up- und Downstream-Bandbreiten der DSL-Technologien in der Praxis
9 Bild 1.1.3-1 Prinzipieller Aufbau einer Glasfaser
10 Bild 1.1.3-2 Ausführungsformen von Glasfaserkabeln
10 Bild 1.1.3-3 Ausbreitung des Lichtsignals in der Glasfaser
10 Bild 1.1.3-4 Ausbreitungsmoden und Signalverformungen bei den unterschiedlichen Fasertypen.
12 Tabelle 1.1.3-1 Kenngrößen der unterschiedlichen Fasertypen
13 Tabelle 1.1.3-2 Übertragungsraten (Downlink) bei FTTx
15 Bild 1.1.4-1 RJ 45-Stecker
15 Tabelle 1.1.4-1 RJ 45-Pinbelegung
16 Tabelle 1.1.4-2 Übersicht der Ethernet-Standards
16 Tabelle 1.1.4-3 Kategorien für Ethernet-Kabel
16 Bild 1.1.4-2 Kabelkategorien und Bitraten
18 Bild 1.1.5-1 PLC-Adapter mit integrierter Steckdose und zwei Gigabit-LAN-Anschlüssen
19 Bild 1.1.6-1 Mögliche Frequenzbelegungen für MoCA (800 – 1650 MHz)
19 Tabelle 1.1.6-1 Technologien zur Heimvernetzung
20 Bild 1.2.1-1 SAT > IP-Konzept
21 Bild 1.2.1-2 iLNB
22 Tabelle 1.2.3-1 Systemparameter und Anwendungen für die einzelnen Frequenzbereiche.
24 Tabelle 1.2.4-1 Systemvergleich zwischen DVB-T und DVB-T2
25 Tabelle 1.2.4-2 DVB-T vs. DVB-T2 beim portablen Empfang
25 Tabelle 1.2.4-3 DVB-T vs. DVB-T2 bei stationärem Empfang mit einer Dachantenne
26 Bild 1.2.5-1 Ad-hoc-Modus
26 Bild 1.2.5-2 Infrastruktur-Modus
26 Tabelle 1.2.5-1 Aktuelle WLAN-Standards
28 Bild 1.2.6-1 NFC im aktiv/passiv-Mode
28 Bild 1.2.6-2 NFC im aktiv/aktiv-Mode
30 Tabelle 1.2.7-1 Übersicht Bluetooth-Profile
37 Bild 1.3-1 Routing im Internet
37 Bild 1.3-2 Schichten und Protokolle beim Internet
38 Bild 1.3-3 IP-Adressierung
39 Bild 1.4-1 Streaming (Konzept)
40 Bild 1.4-2 IPTV und OTT
40 Bild 1.4-3 Netzvarianten zwischen DVB und IP
44 Bild 2.1-1 Vernetzungsszenario für CE-Endgeräte
47 Bild 2.2.1-1 HDMI-Systemarchitektur
47 Bild 2.2.1-2 HDMI-Steckverbindung
48 Bild 2.2.1-3 HDMI – Steckervarianten
48 Bild 2.2.1-4 Erweiterter Farbraum
49 Tabelle 2.2.1-1 Ausgewählte Kenngrößen bei HDMI
49 Tabelle 2.2.1-2 Funktionsunterstützung bei den HDMI-Varianten bis zur Version 1.4
50 Tabelle 2.2.2-1 Leitungsbelegung für die Steckertypen A und B
50 Tabelle 2.2.2-2 Leitungsbelegung für die Steckertypen B mini/micro
50 Bild 2.2.2-1 Varianten der Steckertypen für USB 2.0
51 Tabelle 2.2.2-3 Leitungsbelegung bei USB 3.0
52 Tabelle 2.2.2-4 Begleitende Spezifikationen zur Leistungsversorgung
52 Tabelle 2.2.2-5 Datenübertragungsraten aller USB-Versionen
52 Bild 2.2.2-2 USB 3.0-Micro-B-Stecker
53 Bild 2.2.2-3 USB 3.1-Typ C-Stecker
53 Bild 2.2.3-1 CI+-Modul (Beispiel)
55 Bild 2.2.4-1 Stecker für Videoverbindung (gelb) mit zusätzlichen Audiosteckern (rot + weiß)
55 Bild 2.2.4-2 Stecker für Video-Komponentensignal-Verbindung
56 Bild 2.2.5-1 DisplayPort-Stecker
56 Bild 2.2.5-2 DisplayPort-Stecker, Kontaktanordnung
56 Tabelle 2.2.5-1 DisplayPort-Stecker, Kontaktbelegung
58 Tabelle 2.3-1 Übersicht von funkgestützten Schnittstellen
59 Tabelle 2.3-2 Unterstützte Formate und Auflösungen
61 Tabelle 2.4-1 DLNA-Medienformate
62 Tabelle 2.4-2: DLNA-zertifizierte Geräteklassen
62 Tabelle 2.4-3: Geräteklassen für mobile Endgeräte
63 Bild 2.5.1-1 Einfachste Fernbedienung für Smart-TV
63 Bild 2.5.1-2 Beispiel für eine endgerätebezogene Applikation
63 Bild 2.5.1-3 Beispiel für eine senderbezogene Applikation
66 Bild 2.5.4-1 Steuerung, Zusatzinformationen, Programmierung, Multiroomviewing mit Hilfe eines Second Screens
66 Bild 2.5.5-1 Starttaste für Recording
67 Bild 2.5.6-1 Remote Control App mit Nachbildung des Tastenfeldes der Fernbedienung
67 Bild 2.5.6-2 Remote Control App mit Programmübersicht und Erinnerungsfunktion
68 Bild 2.5.8-1 Smart Home Applikationen
69 Tabelle 2.5.8-1 Technologien für Smart Home Systeme
70 Bild 2.5.9-1 Starttaste für Play
71 Bild 2.5.10-1 Programmempfehlungen je nach Bewertungen und Präferenzen
72 Bild 3.1.1-1 Erzeugung eines Program Streams
73 Bild 3.1.1-2 Erzeugung eines Transport Streams
73 Bild 3.1.1-3 Weitere Signalverarbeitung in den Transportströmen
74 Bild 3.1.2-1 Vernetzungsstruktur für den terrestrischen Empfang
75 Bild 3.1.3-1 Vernetzungsstruktur für den Kabel-Empfang
75 Bild 3.1.4-1 Vernetzungsstruktur für den Sat-Empfang
76 Bild 3.2-1 IP-basierte Vernetzung via Breitbandkabel
77 Bild 3.3-1 IP-basierte Vernetzung via DSL
78 Bild 3.3-1 IP-basierte Vernetzung via DSL
79 Bild 3.5-1 Funktionsprinzip der Cloud
79 Bild: 3.6-1 WLAN-Vernetzungsstruktur
81 Bild 3.7-1 Heimvernetzung mit PLC
82 Bild 3.9.1-1 Technologien für den Breitbandausbau
83 Bild 3.9.2-1 Strukturierte Verkabelung nach EN 50173-4 (Beispiel)
84 Bild 3.9.2-2 Heimnetz-Installation in Koax-Technologie
85 Bild 3.9.3-1 Heimnetz-Installation mit Steuerung und Überwachung von Haushaltsgeräten und der Haustechnik durch Funksignale
86 Bild 3.10.1 Hausnetz und Wohnungsnetz
86 Bild 3.10-2 Kabelnetz in Baumstruktur
87 Bild 3.10-3 Störstrahlung durch Leckstelle
88 Bild 3.10-4 Multimedia-Anschlussdose
90 Bild 3.12-1 Smartwatch
90 Bild 3.12-2 Verküpfung von Wearables mit der digitalen Welt (Beispiel)

BILDRECHTE

Umschlag: Fotolia/liuzishan

Seite 8: 1.1.2-3: Deutsche Telekom Infografik/Grafdi

Seite 9: 1.1.3-1
https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtwellenleiter#/media/File:Singlemode_fibre_structure.svg . Von Original by Bob Mellish, SVG derivative by Benchill – derivative work by uploader, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6561199

Seite 10: 1.1.3-2 (links)
https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtwellenleiter#/media/File:Optical_breakout_cable.jpg . Von Buy_on_turbosquid_optical_break_out.jpg: Cable masterderivative work: Srleffler (talk) – Buy_on_turbosquid_optical_break_out.jpg, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7029424

Seite 10: 1.1.3-2 (rechts)
https://de.wikipedia.org/wiki/Lichtwellenleiter#/media/File:Optical_fiber_cable.jpg . Von Buy_on_turbosquid_optical.jpg: Cable masterderivative work: Srleffler (talk) – Buy_on_turbosquid_optical.jpg, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7029445

Seite 10: 1.1.3-3
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled GNU Free Documentation License.

Seite 16: 1.1.4-2
https://de.wikipedia.org/wiki/Twisted-Pair-Kabel#/media/File:Twisted_pair_based_ethernet.svg
Von Per Mejdal Rasmussen – Eigenes Werk, source files, CC-BY-SA 4.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50804279

Seite 18, 1.1.5-1: Foto Devolo

Seite 21: Bild 1.2.1-2 iLNB
I, the copyright holder of this work, release this work into the public domain. This applies worldwide. In some countries this may not be legally possible; if so:
I grant anyone the right to use this work for any purpose, without any conditions, unless such conditions are required by law.

Seite 48: Bild 2.2.1-3: CC BY-SA 4.0. File: Mini micro HDMI Stecker by Nico Jenner.jpg. Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Seite 52: Bild 2.2.2-2: Foto: Rainer Knäpper, Lizenz Freie Kunst (http://artlibre.org/licence/lal/de/),
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Connector_USB_3_IMGP6028_wp.jpg

Seite 53: Bild 2.2.2-3: I, the copyright holder of this work, hereby publish it under the following licenses: Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled GNU Free Documentation License.
Seite 55: Bild 2.2.4-1: I, the copyright holder of this work, release this work into the public domain. This applies worldwide.
In some countries this may not be legally possible; if so:
I grant anyone the right to use this work for any purpose, without any conditions, unless such conditions are required by law.
Bild 2.2.4-2: Larry D. Moore CC BY-SA 3.0.
https://de.wikipedia.org/wiki/Cinch#/media/File:Component_video_RCA.jpg

Seite 56: Bild 2.2.5-1: CC BY-SA 3.0
https://de.wikipedia.org/wiki/DisplayPort#/media/File:DisplayPort-rid.jpg
Bild 2.2.5-2: This file is licensed under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license. Author: Abisys.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DisplayPort_Connector.svg

Seite 63: 2.5.1-1: Fotolia/RealPhotoItaly
Seite 63: 2.5.1-2: LG, 2.5.1-3: RBB
Seite 66: 2.5.4-1: ARD
Seite 68: Qivicon Pressebild Haussteuerung
Seite 71: 2.5.10-1: Samsung
Seite 73–81: unter Verwendung von
Fotolia/phonlamaiphoto, gertrude kaindl, Sebastiano Fancellu und stock.adobe.com/Otmar Smit
Seite 90: 3.12-1: Samsung
Seite 90: 3.12-2: wearables-tech.de

Weitere Abbildungen: DTVP

KOMPENDIUM VERNETZUNG
2. überarbeitete Auflage
im Auftrag der Deutschen TV-Plattform
Oktober 2018

IMPRESSUM

Herausgeber:
Deutsche TV-Plattform e.V.
www.tv-plattform.de

Kontakt:
Deutsche TV-Plattform
Lyoner Str. 9, c/o ZVEI
60528 Frankfurt am Main
mail@tv-plattform.de
Tel.: 0049-69-6302-311
Fax: 0049-69-6302-361

Redaktion:
Ulrich Freyer
Michael Silverberg
im Auftrag der Deutschen TV-Plattform

Textbeiträge von:
Sebastian Artymiak, ANGA Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber e.V.
Uwe Bach, Loewe Technologies GmbH
Michael Eckhardt, Panasonic Europe Ltd.
Ralf Exler, KATHREIN SE
Ulrich Freyer, Agentur für Medientechnik
Rainer Kirchknopf, Zweites Deutsches Fernsehen (ZDF)
Klaus Merkel, Institut für Rundfunktechnik (IRT)
Christoph Schaaf
Rainer Schäfer, Fraunhofer HHI
Michael Silverberg, TH Köln
Peter Willems, Deutsche Telekom AG

Gestaltung / Layout:
Petra Dreßler, Vision-und-Gestalt.de

Über die Deutsche TV-Plattform

Die Deutsche TV-Plattform ist ein Zusammenschluss von über 50 privaten und öffentlich-rechtlichen Sendern, Streaming-Anbietern, Geräteherstellern, Infrastrukturbetreibern, Service- und Technik-Providern, Forschungsinstituten und Universitäten, Bundes- und Landesbehörden sowie anderen, mit den digitalen Medien befassten Unternehmen, Verbänden und Institutionen.
Ziel des eingetragenen Vereins ist seit seiner Gründung 1990 die Einführung digitaler Technologien auf Grundlage offener Standards. In den Arbeitsgruppen der Deutschen TV-Plattform engagieren sich Vertreter aus nahezu allen Bereichen der Medienbranche und der Unterhaltungselektronik, um Weichen für Schwerpunktthemen des digitalen Rundfunks zu stellen.