



## Anwendungen von morgen – Installationen von gestern

Wir stellen die Gestaltung einer zukunftssicheren multimedialen Wohnungsverkabelung vor.

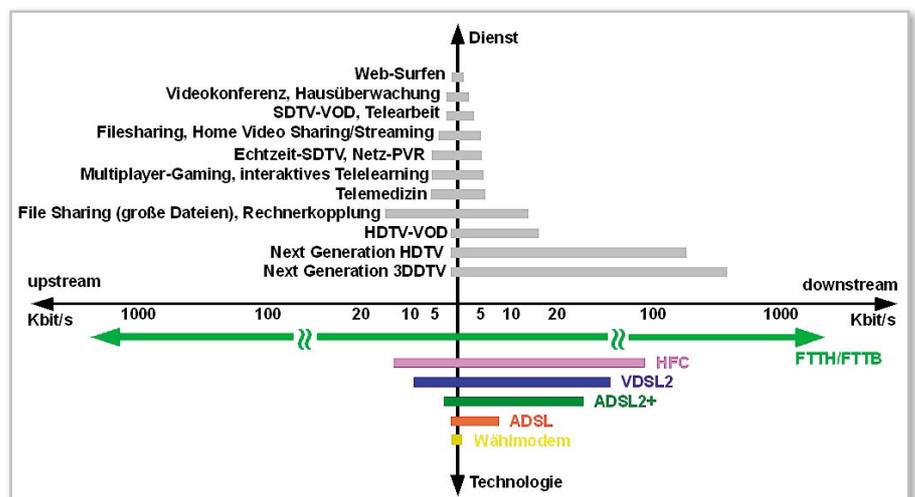
### Das Heimnetz

In Teil 1 dieser Folge wurde bereits beschrieben, warum das zukünftige Heimnetz in Übereinstimmung mit der EN 50173 Teil 4 errichtet werden sollte und wie es grundsätzlich auszu-sehen hat. Es besteht aus einem sternförmigen Verteilnetz, in dessen Zentrum ein Home-Distributor (HD) verschiedenartigs-

te Dienste bereitstellt. Auf jeder Netztrasse sind im Idealfall die drei Übertragungsmedien Koax, Twisted Pair und Lichtwellenleiter parallel verlegt, um in geeigneten Anschluss-einrichtungen an den Netzausläufern zu enden.

Besonders zukunftstauglich ist das Medium Lichtwellenleiter durch seine enorm hohe Übertragungsbandbreite. Grundsätzlich ist damit zu rechnen, dass koaxiale Verteilsysteme

**Bild 1:** Den „Bandbreitenhunger“ von morgen kann nur die optische Datenübertragung via Glasfaser stillen.



für hochfrequent getragene Radio- und Fernsehprogramme an Bedeutung verlieren werden, weil der zu erwartende Anstieg an Interaktion über optische IP-Technologie (FTTH: Fiber to the Home) am einfachsten zu realisieren ist. Abbildung 1 verdeutlicht das: Oberhalb der Abszissenachse sind gegenwärtige und zukünftige Dienste mit ihren Bandbreitanforderungen dargestellt, darunter die verfügbaren Technologien und die Bandbreiten in kommender (Downstream) und gehender Richtung (Upstream). Ganz klar ist erkennbar, dass ausschließlich FTTH für die absehbare Zukunft leistungsfähig genug sein wird und auf eine entsprechend breitbandige wohnungsweite Verteiltechnik treffen muss.

Nun könnte man einwenden, dass Übertragungsraten von 100 Mbit/s im Downstream und erst recht im Upstream für Privathaushalte utopisch sind. Dieser Einschätzung stehen die Prognosen namhafter Marktforschungsunternehmen und Kommunikationsexperten entgegen. Weltweit wird an Holo-TV, optischen Computern, Terabyte-iPod, Gigapixel-Kameras usw. geforscht. Wie will man mit Übertragungsraten im niedrigen zweistelligen Mbit/s-Bereich die bevorstehenden Performance-Explosionen beherrschen?

## Bandbreitenprognosen

Vor etwa 10 Jahren stellte der dänische Wissenschaftler Dr. Jakob Nielsen ein aus empirischen Beobachtungen abgeleitetes Gesetz auf – Nielsen's Law (<http://www.useit.com/alertbox/980405.html>). Es besagt, dass die Übertragungsgeschwindigkeit für den Anwender jedes Jahr um 50 % steigt. Dies wird bestätigt, wenn man die technologischen Entwicklungen vom 300-Bit/s-Akustikkoppler (1984) über einen 64-Kbit/s-ISDN-Anschluss (1996) bis zum 16-Mbit/s-Kabelmodem (2008) verfolgt. Die Datenraten im logarithmischen Maßstab über der Zeitachse werden sehr gut durch eine Gerade angenähert, die etwa im Jahr 2011 den Wert von 100 Mbit/s erreicht (Abbildung 2). Ab dem roten Balken, also um 2010/11, wird es deshalb zu FTTH technisch und wirtschaftlich keine Alternative geben. Übrigens ist nicht damit zu rechnen, dass die dann verfügbare Computertechnik in den Haushalten von derartigen Bandbreiten überfordert wäre. Das Moore'sche Gesetz, nach dem sich die Komplexität elektronischer Schaltkreise etwa alle zwei Jahre verdoppelt, stellt dies sicher.

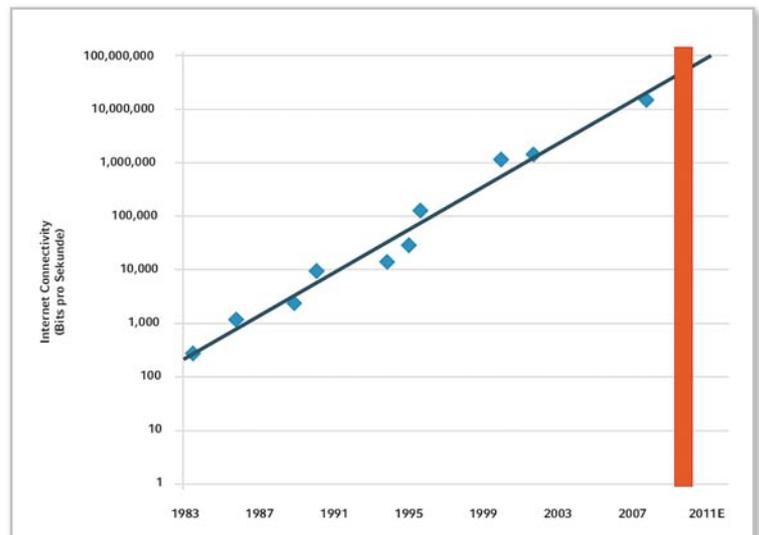


Bild 2: Niensens Gesetz sagt der Internetverbindung in wenigen Jahren Datenraten bis in den Gbit/s-Bereich voraus.

## Sternnetz und Heimverteiler

Die EN 50173-4 legt Struktur und Beschaffenheit einer allgemeinen Wohnungsverkabelung für ICT und BCT detailliert fest (Abbildung 3). Danach sind die funktionellen Elemente:

- der obligatorische primäre Wohnungsverteiler (HD: Home-Distributor)
  - die Primärverkabelung
  - eventuell ein sekundärer Wohnungsverteiler (SHD: Secondary Home-Distributor)
  - die Sekundärverkabelung (wenn SHD vorhanden)
  - die Endgerätedosen (outlets)
    - MATO: Multi-application Telecommunications Outlet (Mehrzweckdose)
    - TO: Telecommunications Outlet (RJ11, TAE, RJ45) für Telefon und Datendienste
    - BO: Broadcast Outlet (IEC, F) für Radio und Fernsehen
- Der Begriff Home-Distributor (Heimverteiler), wie er in der EN 50173 verwendet wird, greift eigentlich zu kurz. In der amerikanischen Literatur wird er treffender als Residential Gateway (frei übersetzt: Wohnungsschnittstelle) bezeichnet. Er deckt die drei Funktionsbereiche Schnittstelle nach innen und außen, Home-Media-Server und Stromversorgung ab. Dies wollen wir etwas detaillierter betrachten.

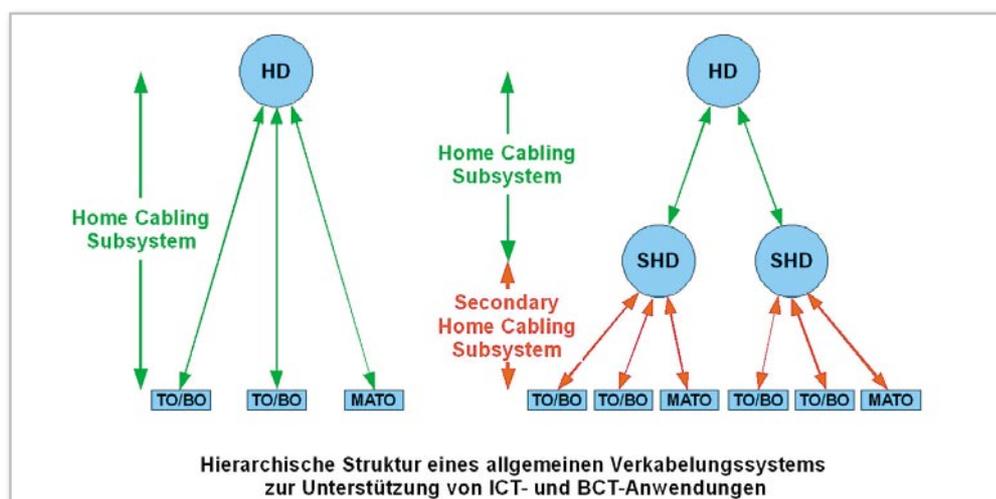
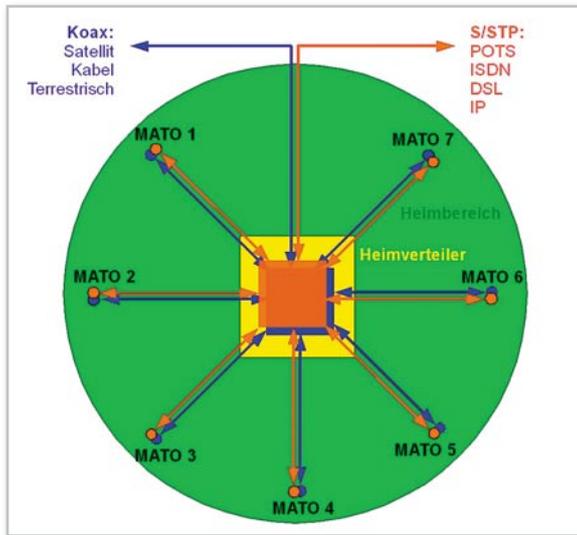


Bild 3: Hierarchische Struktur eines allgemeinen Verkabelungssystems zur Unterstützung von ICT- und BCT-Anwendungen



**Bild 4:** Der Heimverteiler ist Dreh- und Angelpunkt der intelligenten multimedialen Heimverkabelung: universell, flexibel und übersichtlich.

### Zentrale Komponente Home-Distributor

Zentraler Ausgangspunkt einer Heimvernetzung ist der Wohnungs- oder Heimverteiler (Home-Distributor HD, Abbildung 4, entspricht in der dreistufigen Hierarchie der strukturierten Verkabelung dem Floor-Distributor FD). Er ist die Schnittstelle zu den übergeordneten Netzebenen, stellt gemeinsam genutzte Ressourcen für alle Anwender zur Verfügung und erlaubt die wirtschaftliche und flexible Aufschaltung der gewünschten Signale auf die Multimediasteckdosen in den betreffenden Räumen (Abbildung 5).

Die Vielfalt der im HD untergebrachten Geräte erfordert ausreichend Platz. Ein Installationskasten muss also ausreichend groß und tief sein. Die Zufuhr erforderlicher Kühlluft ist sicherzustellen. Die Lage des HD in der Wohnung ist zentral zu wählen, damit eine sternförmige Verkabelung mit möglichst geringen Kabellängen realisierbar ist. Im HD müssen 230-V-Steckdosen für die Versorgung der aktiven Komponenten vorhanden sein.

#### 1. Schnittstelle nach außen und innen

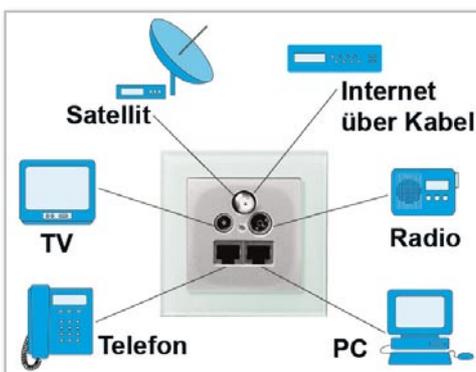
In dieser Funktion passt der HD die gehenden Signale an die externen Übertragungsmedien (Koax, Zweidraht für Telefon und DSL, LWL) und die kommenden an die internen

(Koax, Twisted Pair, LWL) an. Zudem enthält er die technischen Einrichtungen zur Verarbeitung der Signalströme wie Splitter, Modems, DSL-Router, IP-Switches, Medienkonverter, Telefonanlage mit Anrufbeantworter, rückwegfähiger BK-Verstärker, Sat-ZF-Multischalter usw. Mit Hilfe eines Patchfelds lassen sich die einzelnen Anschlüsse bequem, übersichtlich und flexibel verteilen. Merkwürdigerweise überlassen die klassischen Hersteller von Antennen- und Verteiltechnik das Zukunftsthema Kommunikationsverkabelung in Gebäuden und Wohnungen fast restlos Unternehmen, die ihre Wurzeln in der Datentechnik haben. Z. B. ist die Schweizer Firma Reichle&De-Massari auf dem Gebiet der strukturierten Verkabelung der NE4 besonders aktiv und kann wegweisende Lösungen anbieten. Abbildung 6 zeigt einen Wohnungsverteiler für HF- und IP-Signale. Die möglichen Link-Längen von bis zu 90 m (Permanent Link) genügen in nahezu allen Fällen, ohne dass aktive Streckenkomponenten erforderlich sind.

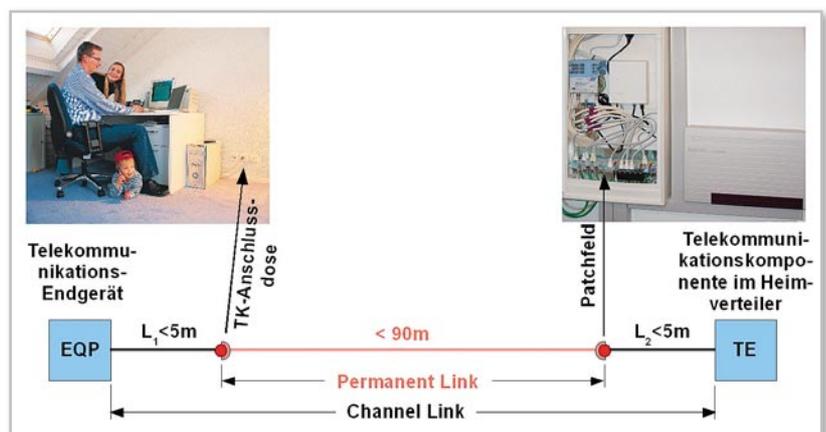
Die Datenkommunikation mit dem Internet via ADSL und die Telefonie über ISDN sei beispielhaft erläutert (Abbildung 7). In der Regel liegt ein kombinierter ISDN/ADSL-Anschluss vor. Er stammt noch aus den Zeiten analoger Telefonie (POTS: Plain Old Telephone Services), ist zweidrahtig und führt in zwei Frequenzbereichen die ISDN- und ADSL-Signalspektren (Abbildung 8). Deshalb müssen die niederfrequenten ISDN- von den höherfrequenten ADSL-Signalen in kommander Richtung getrennt (gesplittet) und in gehender Richtung zusammengeführt werden. Dies ist Aufgabe des Splitters, der im Wesentlichen aus einer Hoch-/Tiefpass-Kombination besteht (Abbildung 9).

Der ISDN-Tiefpassausgang des Splitters wird zweidrahtig mit dem NTBA (Network Termination for Basic Rate Access: Netzabschluss für ISDN) verbunden, der wiederum vierdrahtig (externer S0-Bus) mit einem oder mehreren ISDN-Endgeräten oder einer ISDN-Nebenstellenanlage mit a/b-Schnittstellen (für analoge Telefonapparate und Faxgeräte) sowie einem oder mehreren internen S0-Bussen (für ISDN-Endgeräte) zusammengeschaltet wird. Die ISDN-Nebenstellenanlage vermittelt kommende und gehende Gespräche ebenso wie interne.

An den Hochpassausgang des Splitters schließt man den ADSL-Router mit integriertem Modem an. Sein Ausgang ist eine vierdrahtige Ethernet-Schnittstelle (RJ45-Buchse) zur wohnungsinternen Ethernet-Verteilstruktur. Im einfachsten



**Bild 5:** Egal ob Anschlussdosenensemble oder multifunktionale Multimedia-Kombinationsdose. Hauptsache, auf alle Dienste kann zugegriffen werden.



**Bild 6:** Zwischen Home-Distributor und Datensteckdose sind Leitungslängen bis 90 m problemlos möglich. (Quelle: Reichle&De-Massari)

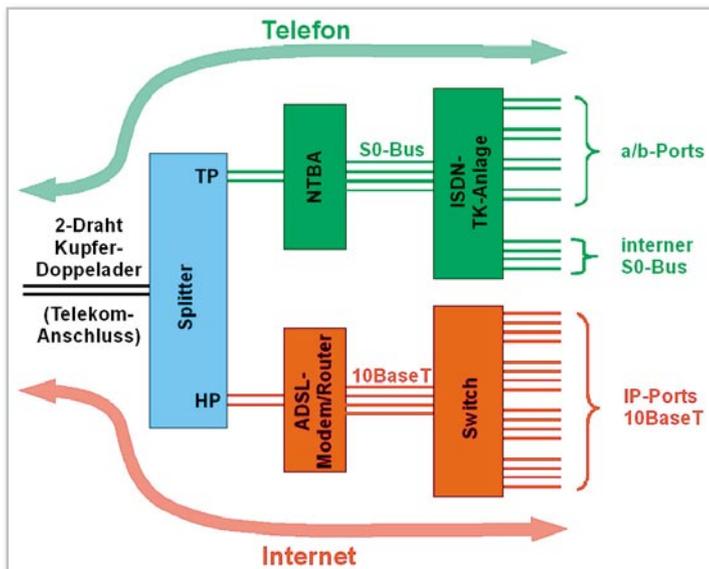


Bild 7: Über den Zweidrahtanschluss der Telekom werden Telefon (analog oder ISDN) und ADSL angeliefert.

Fall stellt ein Patchkabel die Verbindung zum Netzwerkanschluss (10Base-T-IP-Port) eines PCs direkt her. Meistens wird aber ein Switch eingesetzt, über dessen Ports die durch ihre IP-Adressen (IP: Internet Protocol) gekennzeichneten Endgeräte angesprochen und in die Kommunikation eingebunden werden.

An den Ausläufern des IP-Netzes befinden sich Steckdosen mit RJ45-Buchsen (Abbildung 10). Bei einer netzinternen Übertragungsrate von 100 Mbit/s werden nur zwei Adernpaare des in einer strukturierten Verkabelung üblicherweise eingesetzten vierpaarigen Kabels verwendet, so dass über die zwei freien Adernpaare weitere Dienste abgewickelt werden können (Cable-Sharing). Bei Gigabit-Anwendungen sind alle vier Adernpaare belegt und keine zusätzlichen Dienste möglich.

Ein großer Nachteil der ADSL-Technik ist darin zu sehen, dass die Übertragungsraten in Uplink-Richtung deutlich niedriger sind (z. B. 128 Kbit/s) als die in Downlink-Richtung (z. B. 1 Mbit/s). Von dieser Asymmetrie rührt der Name Asymmetrische DSL (ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line) her. Die Symmetrische DSL (SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line) ist durch gleiche Übertragungsraten in beiden Richtungen gekennzeichnet und entspricht damit dem sich zunehmend ändernden Nutzerverhalten. Allerdings erlaubt SDSL nicht mehr die Doppelnutzung der Telekom-Zweidrahtanschlussleitung für Telefonie und Datenübertragung.

## 2. Home-Media-Server

Immer mehr Geräte der Unterhaltungselektronik verfügen heute schon über eine Datenschnittstelle. Ist dies ein Fire-

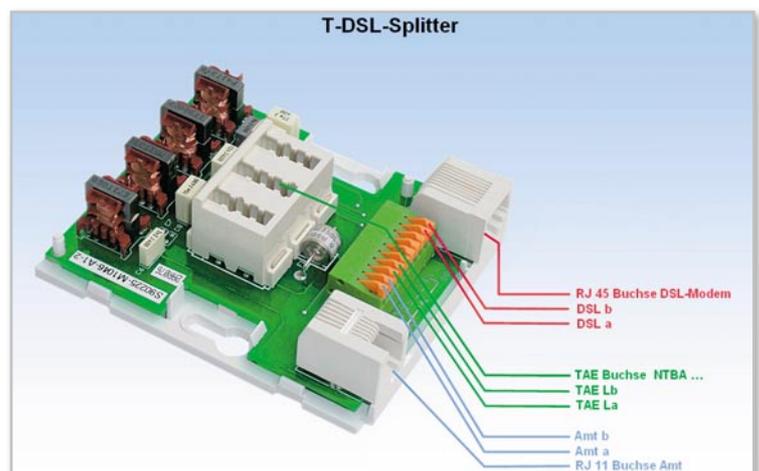


Bild 9: Der Splitter trennt die Telefonie- und DSL-Spektren.

wire-Port (IEEE 1394), können darüber in hoher Geschwindigkeit Daten ein- und ausgelesen werden. Er gehört zur Ausstattung vieler digitaler Videokameras, um die gespeicherten Aufnahmen einem PC zur Nachbearbeitung (Schnitt, Vertonung ...) zu übergeben. Ein anderes Beispiel ist die gemeinsam von Sony und Philips definierte elektrische oder optische Schnittstelle S/PDIF (Sony-Philips Digital Interconnect Format) zur verlustarmen Übertragung von Audio-Datenströmen, z. B. vom CD-Player oder digitalen Sat-Receiver zum Verstärker der Hi-Fi-Anlage. Beiden Schnittstellen ist gemeinsam, dass über sie keine Gerätesteuerung möglich ist, sie dienen reinen Transportzwecken.

Bei der Ethernet-Schnittstelle ist dies anders. Sie erlaubt

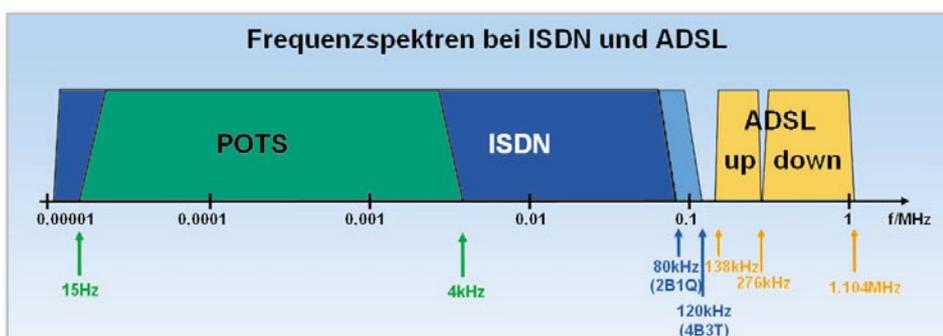


Bild 8: Für den Zugang zu Telefonie und DSL wird Frequenzmultiplex eingesetzt.



**Bild 10:** Multifunktionsdosen sind für Multimediaanwendungen eine gute Lösung. Stets müssen dabei einige 230-V-Steckdosen vorhanden sein, um die Endgeräte mit Betriebsenergie versorgen zu können. (Quelle: Reichle&De-Massari)

durch die Nutzung des IP-Protokolls auf der Grundlage von IP-Adressen das gezielte Ansprechen und Steuern durch eine andere, dafür ausgelegte IP-Komponente im Heimnetz. Betrachten wir als Beispiel einen Netzwerk-AV-Receiver (wie z. B. den Kenwood VRS-N 8100), der mit dem Home-Media-Server im Home-Distributor über das wohnungsinterne Ethernet verbunden ist. Der Home-Media-Server enthält eine großvolumige Festplatte, die als digitaler Speicher für Videofilme (MPEG 2, MPEG 4), Musik (MP3) und die Fotosammlung (JPEG) dient (dienen: to serve). Diese kann er jetzt jedem zur Wiedergabe geeigneten Endgerät (Media-Renderer, to render a service: eine Dienstleistung erbringen) im Netz auf Anfrage zur Verfügung stellen bzw. von diesem Inhalt zur Speicherung entgegennehmen. Ein solches Endgerät ist auch ein netzwerkfähiger AV-Receiver, an den ein Bildschirm und Lautsprecher angeschlossen sind. Wenn er vom Home-Server Inhalte wie z. B. einen Spielfilm abrufen, spielt er die Rolle eines Clients (client: Kunde), der die Dienste des Servers in Anspruch nimmt. Bei dem geschilderten Szenario transportiert das Ethernet also Steuerkommandos und Nutzdaten. Natürlich bedarf es einer von beiden Teilnehmern verstandenen Software, welche die Kommunikation steuert.

Die problemlose, herstellerübergreifende Kommunikation von Netzwerkgeräten ist am einfachsten möglich, wenn diese dem Universal-Plug-and-Play-Standard (UPnP) entsprechen. Damit lassen sich Stereoanlagen, Router, Drucker, Haussteuerungen und vieles mehr über ein IP-basiertes Netzwerk – mit oder ohne zentrale Kontrolle durch ein Residential Gateway – vernetzen. Die Verteilung von Multimediainhalten im lokalen IP-Netzwerk basierend auf UPnP-Technologie hat bereits eine beträchtliche Verbreitung erfahren. Zur Zeit sind über 850 Mitglieder in der Industrieinitiative UPnP-Forum ([www.upnp.org](http://www.upnp.org)) zusammengeschlossen, um den Traum von der nahtlosen Zusammenarbeit vernetzter Geräte ohne Zutun des Anwenders zu verwirklichen. Die Zertifizierung von UPnP-konformen Netzwerkgeräten überwacht die IIC (UPnP Implementers Corporation, [www.upnp-ic.org/home](http://www.upnp-ic.org/home)). Nur Geräte, welche die Zertifizierungsprozedur erfolgreich überstanden haben, dürfen das UPnP-Logo tragen (Abbildung 11). Im Idealfall geben sich solche Geräte im Netz als UPnP-Media-Renderer zu erkennen und können von anderen UPnP-Geräten genutzt werden bzw. diese nutzen. So ist der Betrieb



**Bild 11:** Geräte mit dem UPnP-Logo „verstehen“ sich ohne Zutun des Anwenders.

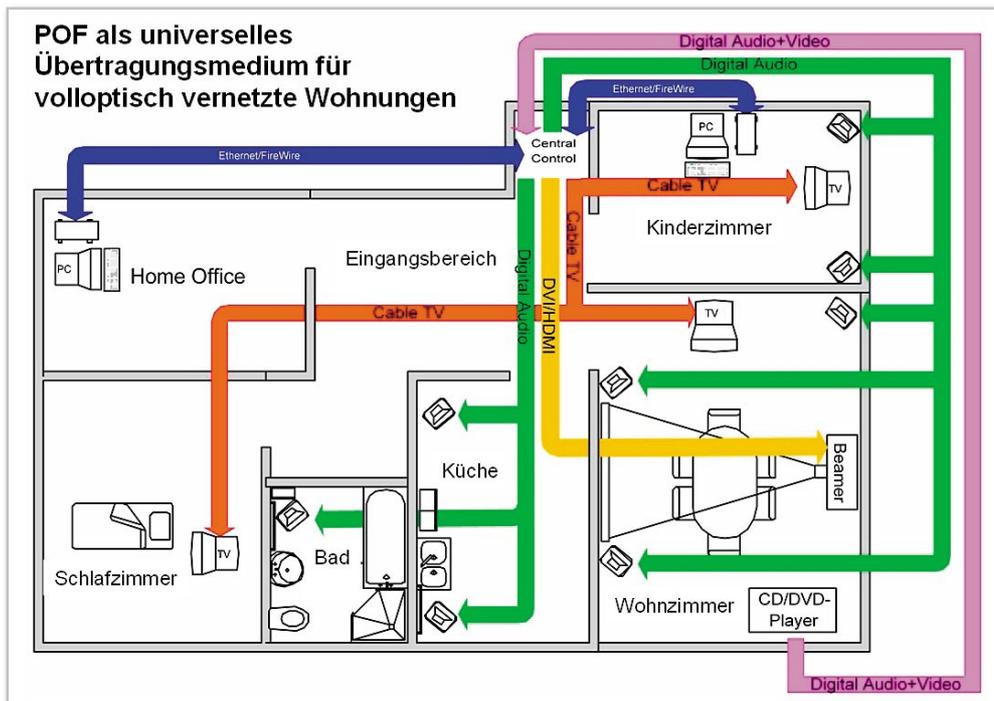
als Mediaplayer zur Wiedergabe von Audio- und Videodateien auf einem Netzwerkspeicher (NAS: Network Attached Storage) möglich. Die Auflösung eines großformatigen HD-Bildschirms wäre völlig ausreichend, um mittels eines Internet-Browsers vom Sofa aus zu surfen oder IP-Videostreams abzuspielen.

Auf der Internationalen Funkausstellung (IFA 2008) in Berlin war die Vernetzung des Privathaushalts eines der großen Themen. Immer mehr Geräte der Unterhaltungselektronik verfügen über drahtlose und drahtgebundene Schnittstellen, über die sie mit anderen Geräten im lokalen Netz und/oder dem Internet kommunizieren können. Das Ziel ist, Filme, Musik, Fotos, Radio und TV möglichst überall komfortabel im Zugriff zu haben. Zahlreiche neue Geräte mit Netzwerkanschluss wie Hi-Fi-Komponenten und Flachbild-TV-Geräte verfügen deshalb über eine WLAN- oder LAN-Ethernet-Schnittstelle. Set-Top-Boxen mit Ethernet-Anschluss und Web-Server können über den passenden Flachbildschirm angesteuert werden, um diesem dann das gewünschte standard- oder hochaufgelöste Programm zur Verfügung zu stellen. Damit ist auch die Unterbringung der Set-Top-Box im zentralen Wohnungsverteiler und bei geeigneter Auslegung (mehrere Tuner) die Steuerung mehrerer Bildschirme möglich. Zeitversetztes Sehen und das Speichern in einem NAS lässt sich über eine IP-PVR-Funktion (PVR: Personal Video Recorder) realisieren. Wenn dazu dank selbsttätiger Konfiguration in Zukunft kein PC- und Vernetzungsfachwissen erforderlich ist, wird bei manchem potentiellen Anwender die Hemmschwelle sinken. Bis das in der Breite der Produkte anzutreffen ist, vergeht sicherlich noch einige Zeit, aber der Trend ist in der oberen Preisklasse bereits zu erkennen.

Wichtig wäre in diesem frühen Stadium der Gerätekonzeption, dass nicht jeder Hersteller „sein eigenes Süppchen braut“, sondern sich mit dem Wettbewerb auf interoperable Hard- und Softwareschnittstellen einigt. Unter Interoperabilität versteht man die „Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten, um Informationen auf effiziente und verwertbare Art und Weise auszutauschen bzw. dem Benutzer zur Verfügung zu stellen“ (<http://de.wikipedia.org/wiki/Interoperabilität>). So würden Produkte unterschiedlicher Herkunft zusammenspielen, was deren Akzeptanz und Durchsetzung am Markt enorm beschleunigen könnte. Der Nutzen für Hersteller und Kunden wäre gleichermaßen gegeben.

Die Datenübertragung kann ebenso mit Lichtwellenleitern erfolgen. Auch wenn die optische Übertragung im Heimbereich heute noch nicht nennenswert anzutreffen ist, dürfte das nur eine Frage der Zeit sein. Preiswerte optische Polymerfasern (POF) und Medienkonverter stehen heute schon in einer Vielzahl von Ausführungen zur Verfügung. Zahlreiche Vorteile sprechen für die POF: einfache Installation, Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Einflüsse und hohe Bandbreite.

Ist die Glasfaser erst einmal am Gebäude angekommen (FTTB: Fiber to the Building), wird als weiterer logischer Schritt die volloptische Verteilung im Gebäude und der Wohnung (Abbildung 12) nicht mehr lange auf sich warten lassen. Problematisch war bisher das relativ kleine Bandbreite-Länge-Produkt von Polymerfasern. Es rührte von der durch Kohlenstoff-



**Bild 12:** Die POF als alleiniges Übertragungsmedium in der Wohnung. Sieht so die Zukunft aus? (Quelle: Fraunhofer-Gesellschaft)

Wasserstoff-Verbindungen verursachten POF-Dämpfung her. Diese lässt sich durch den Austausch des Wasserstoffs gegen Fluor deutlich reduzieren. Derartige PF GI-POF (Perfluorinated Graded Index POF) dämpfen heute schon weniger als 10 dB/km und haben Bandbreite-Länge-Produkte von erheblich mehr als  $3 \text{ GHz} \cdot 100 \text{ m}$ . Die Technik für eine volloptische Verkabelung mit hoher Bandbreite und ausreichend geringer Dämpfung steht also zur Verfügung. Dennoch ist schwer vorherzusagen, wie schnell dieses Szenario Realität wird. Auf jeden Fall sollte man sich durch ausreichende Leerrohrkapazität schon heute darauf vorbereiten.

Erste große LWL-Netze entstehen gegenwärtig bereits in den deutschen Ballungszentren. Z. B. baut NetCologne, größter deutscher Stadtnetzbetreiber, derzeit in Köln eines der schnellsten Datennetze Europas (Abbildung 13). Köln soll ein flächendeckendes FTTB-Hochleistungsnetz bekommen. Die ersten Ausbaugelände des neuen Glasfasernetzes in der City sind schon in Betrieb. Mit einer Bandbreite von 100 Mbit/s liegt die Übertragungsgeschwindigkeit um ein Vielfaches höher als bei dem gegenwärtig schnellsten verfü-

baren Internetanschluss für Privatkunden. Das erlaubt neue Anwendungen wie IPTV und Streams in HDTV-Qualität und schafft große Reserven für zukünftige Entwicklungen. Die für die Informationsgesellschaft und Medien zuständige EU-Kommissarin Viviane Reding hat zuletzt im März dieses Jahres bemängelt, dass bei den Breitbandübertragungsraten in Europa noch große Unterschiede bestehen. Insbesondere Deutschland hat im ländlichen Bereich bei der Breitbandanbindung erhebliche Lücken. Zu deren Schließung will die EU Mittel aus dem Fonds für die ländliche Entwicklung bereitstellen. Es ist gut vorstellbar, dass dann gleich auf modernste Glasfasertechnik gesetzt wird, was alternativen Infrastrukturen wie WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access: Weltweite Interoperabilität für Mikrowellen-Zugang), bidirektionale Satellitenkommunikation oder Richtfunk-Zubringertechniken das Wasser abgraben könnte.

Im dritten Teil dieser Folge beschäftigen wir uns mit der Stromversorgungsfunktion des Home-Distributors und den Eigenschaften der Transportmedien Koax, Twisted Pair (TP) und Polymer-Optische Faser (POF). **ELY**



**Bild 13:** In Köln werden nach dem Glasfasernetzausbau bis in die Gebäude hinein 100 Mbit/s und mehr für den Teilnehmer verfügbar sein. Dagegen fehlen in den meisten Fällen leistungsfähige Verteilungsanlagen in den Wohnungen.