



## Anwendungen von morgen – Installationen von gestern Teil 3

Drei Übertragungsmedien decken (fast) alle Anforderungen ab. Im zweiten Teil dieser Serie haben wir beschrieben, dass eine zukunftstaugliche, leitungsgebundene Verteilnetzinfrastruktur, wie sie die DIN EN 50173 Teil 4 fordert, auf der sternförmigen Verlegung der Übertragungsmedien Koaxial-Kabel, Twisted Pair und POF (Polymer Optical Fiber) beruht. Es steht noch die Beschreibung der Stromversorgungsfunktionen im zentralen Home-Distributor (Wohnungsverteiler) aus. Danach wollen wir die o. g. Medien etwas detaillierter beleuchten.

### 3. Stromversorgung

Der Versorgung der im Home-Distributor untergebrachten Geräte mit Betriebsenergie kommt eine wichtige Bedeutung zu. Sie muss sparsam und zuverlässig erfolgen. Mechanismen, mit denen gerade inaktive Geräte in einen stromsparenden Schlummerzustand (Idle Mode, Stand-by) versinken, sind ebenso erforderlich wie die Sicherstellung der wichtigsten Funktionen bei einem lokalen Stromausfall. Durch eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) sind sicherheitsrelevante Grundfunktionen wie das Telefonieren jederzeit garantiert. Angesichts des Trends zum Telefonieren über das Internet (und nicht mehr über den von der Zentralbatterie in der Ortsvermittlung der Telekom versorgten Telefonanschluss) mit Voice over IP (VoIP) ist dies unverzichtbar. Viele IP-Endgeräte mit geringem Stromverbrauch lassen sich problemlos über das drahtgebundene Ethernet mit Betriebsenergie ver-

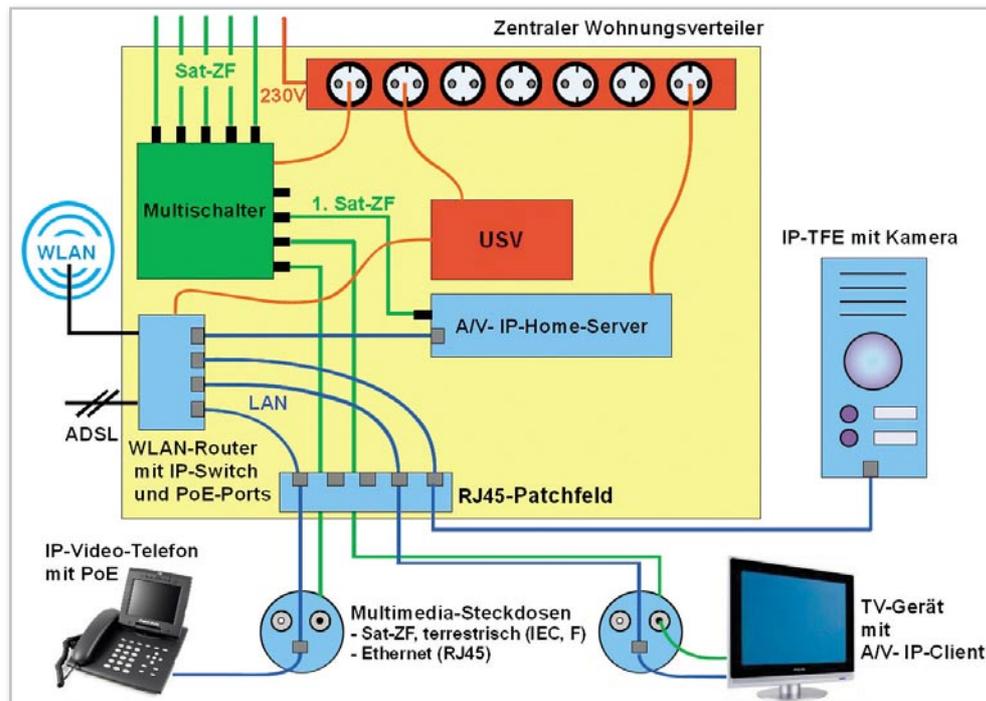
sorgen. Dazu muss lediglich der Switch über Ports verfügen, die Power over Ethernet (PoE) liefern können.

#### Ein Beispiel

Auf den ersten Blick mag man die Ausstattung des in Abbildung 14 gezeigten zentralen Wohnungsverteilers als futuristisch empfinden. Bei näherer Betrachtung wird aber deutlich, dass alle dazu erforderlichen Bausteine heute schon auf dem Markt erhältlich sind. Voraussetzung ist die parallele sternförmige Verlegung von Koaxial-Kabel, Twisted-Pair-Vernetzungskabel und zumindest einem Leerrohr zum nachträglichen Einziehen einer Glas- oder Polymerfaser.

Am vertrautesten dürfte der klassische Multischalter sein, dessen koaxiale Ausgänge sternförmig auf die genutzten Multimediadosen aufgeschaltet werden. Hier können mittels einer normalen Set-Top-Box die gewünschten Programme aus der 1. Sat-ZF ausgewählt und über den Scart-Ausgang

**Bild 14:** So könnte ein zentraler Wohnungsverteiler für Sat-TV, DSL, LAN, Türkommunikation und WLAN ausgestattet sein.



einem TV-Gerät zugeführt werden. Jetzt kommen wir zu den IP-Komponenten, welche die traditionell über Zweidraht abgewickelte Telefonie und die Kommunikation mit der Türfreisprecheinrichtung quasi nebenbei mit übernehmen. Hinzu kommen neue, bisher nicht verfügbare Funktionen, die der Audio-Video-IP-Server zur Verfügung stellt. In unserem Beispiel drückt sich klar erkennbar die viel zitierte Konvergenz der Dienste und Technologien aus.

Kernkomponente für den Zugang zum Internet ist ein Router mit integriertem ADSL-Modem. Er bildet die Brücke zwischen dem verfügbaren externen Breitbandnetz und der wohnungsinternen lokalen IP-Welt. Wenn in Zukunft die Glasfaser bis in die Wohnung geführt wird (Fiber to the Home, FTTH), ist es denkbar, über einen optischen Router auch innerhalb der Wohnung per Glas- oder Polymerfaser bis zu den Multimedia-dosen zu verkabeln. Verfügten dann noch alle Netzkomponenten über optische Schnittstellen, gäbe es keine Medienbrüche zwischen Draht- und LWL-Technologien mehr. Hinzu kommt eine erhöhte Störsicherheit durch die Abwesenheit jeglicher elektromagnetischer Störeinträge bzw. -aussendungen und Ausgleichsströme durch Potentialunterschiede zwischen vernetzten Geräten in unterschiedlichen Netzbereichen. Dieser Zustand ist sicher nicht utopisch, wird aber wohl noch etwas auf sich warten lassen.

Realität dagegen ist in weiten Teilen Deutschlands immer noch der bereits beschriebene Zweidrahtanschluss für Telefonie analog (Plain Old Telephone Services, POTS) und digital (Integrated Services Digital Network, ISDN) sowie höherfrequent „draufgepackt“ ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). Von einer solchen Situation geht das Beispiel aus, verzichtet aber auf die Telefonfunktion des Anschlusses, weil diese als IP-Telefonie über das Internet, also ADSL, ebenso gut oder besser abgewickelt werden kann.

Entsprechend muss im zentralen Wohnungsverteiler ein ADSL-Router eingebaut werden. Er wird über eine Frequenzweiche (Splitter) mit dem Telekomnetz verbunden. Für die wohnungsweite Verteilung wird der Ethernet-Ausgang des

ADSL-Routers mit einem Ethernet-Switch verbunden, dessen Ports man über Twisted-Pair-Kabel der Kategorie 5 oder besser 6 auf die RJ45-Buchsen der Multimediadosen auflegt. Damit ist das LAN (Local Area Network = lokales IP-Netz) mit Zugang zum Internet und zur Kommunikation der Netzteilnehmer untereinander bereits aufgebaut. An einem der Ports lässt sich auch ein Funkmodem (Wireless LAN, WLAN) nach dem Standard IEEE 802.11x betreiben, das weitere Netzteilnehmer drahtlos und unabhängig von ihrem Standort in der Wohnung in das LAN integriert. Das Triple bestehend aus ADSL-Router (einschl. Modem), IP-Switch und WLAN-AP (Access-Point = drahtloser Netzzugangspunkt) wird heute oft als Einheit ausgeführt (z. B. Speedport W 700 V der Telekom), was natürlich die Installation vereinfacht. Leider haben solche Geräte meistens kein PoE (Power over Ethernet), wodurch die Versorgung vieler Ethernetgeräte mit Betriebsenergie über den Datenanschluss nicht möglich ist. Hier kann man sich durch in die TP-Strecke eingeschleifte PoE-Adapter mit Netzteil helfen. Damit die IP-Telefonie-Funktion auch bei einem Stromausfall weiter zur Verfügung steht, muss man Router, Switch mit PoE und evtl. das WLAN-Modem an einer USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) betreiben.

Für IP-Türfreisprecheinrichtungen (TFE) mit Kamera und Klingelknöpfen ist das Angebot am Markt noch sehr klein. Oft werden dabei proprietäre Techniken verwendet, so dass man gezwungen ist, die Funktion der Türkommunikation mit Besuchersignalisierung ausschließlich mit den Systemkomponenten eines Herstellers zu realisieren. Die erheblich sinnvollere vollständige Integration in das LAN ermöglicht ein Konzept der Kaiserslauterner Mobotix AG ([www.mobotix.de](http://www.mobotix.de)) durch die Kombination einer hochauflösenden IP-Kamera mit einem CamIO-Modul. Letzteres fragt zwei Klingeltaster ab, verfügt über Anschlüsse für Mikrofon und Lautsprecher zur Sprachkommunikation mit dem Besucher vor der Tür und schaltet Türöffner und Eingangsbeleuchtung (Abbildung 15). Die Kommunikation mit einem Besucher ist dank LAN-Anschluss überall im Haus und dank ADSL-Router weltweit möglich. Die Vor-

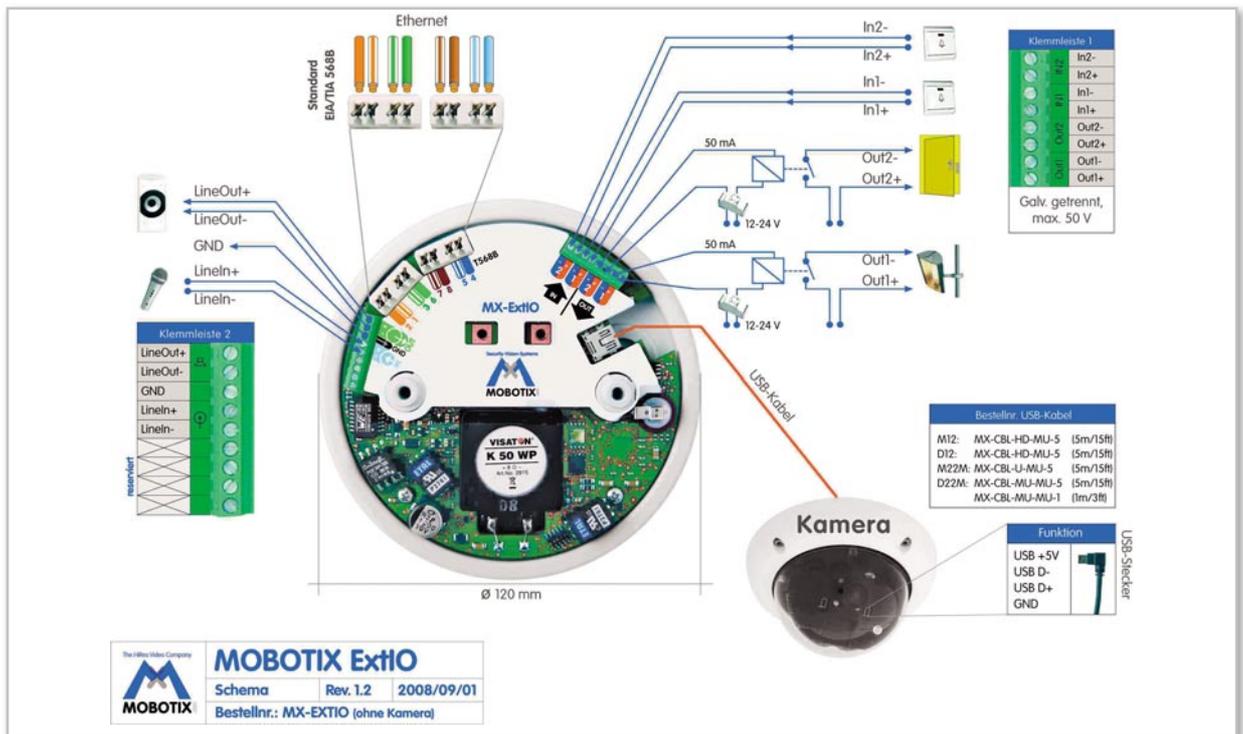


Bild 15: Als Ergänzung zu hochauflösenden IP-Kameras deckt das ExtIO das Thema Türkommunikation umfassend ab. (Quelle: Mobotix)

stellung, dass also im Urlaub das Handy klingelt, wenn der Postbote mit einem Päckchen vor der Tür steht und man ihn audio-visuell bittet, dieses beim Nachbarn abzugeben, ist keine Utopie, sondern verhältnismäßig einfach zu realisieren. Auch beim A/V-IP-Home-Server gibt der Markt (noch) nicht viel her. Ein solches Gerät muss prinzipiell über einen LAN-Anschluss verfügen, über den es administriert und bedient werden kann und seinen Audio-Video-Datenstrom in das Netz einspeist (IP-Stream). Als Programmquellen kommen in Frage das Internet oder DVB-S- bzw. DVB-T-Programme. Dass dies nicht teuer sein muss, beweist das T-Home-Entertainment-Paket der Telekom, das schon für unter € 100,- über das Internet zu beziehen ist. Es umfasst einen IP-Receiver mit zwei DVB-T-Tunern, eine Vielzahl von Schnittstellen, unter anderem HDMI mit HDCP und integrierter 80-GB-Byte-Festplatte, das erwähnte Speedport W 700 V und ein VDSL2-Hochgeschwindigkeitsmodem für Datenraten bis zu 50 Mbit/s.

Für viele weitere Situationen ließe sich die passende Ausgestaltung des zentralen Heimverteilers finden. Ist die Wohnung beispielsweise an einem Triple-Play-BK-Netz angeschlossen, findet das Kabelmodem idealerweise im Heimverteiler seinen Platz. Oder wenn doch die Telefonie über ISDN abgewickelt werden soll, muss die ISDN-TK-Anlage in den Heimverteiler. Ist die Übertragungsgeschwindigkeit im LAN auf 100 Mbit/s begrenzt, werden nur zwei Aderpaare des Übertragungskabels benötigt. Zwei der insgesamt vier stehen dann für das Telefonieren bereit (Cable-Sharing). Bei 1 Gbit/s ist das allerdings nicht mehr möglich und es müssen zusätzliche Paare zu den Multimedia-Anschlussensembles verwendet werden.

**Zusammenfassung:** Der Home-Distributor ist primär eine Schaltstelle in sternförmigen Netzen für die elektrische oder optische Vernetzung von Komponenten der Unterhaltungselektronik, Kommunikations- und Steuerungstechnik im Wohnbereich und den Zugang zum Internet. Nicht zuletzt kann er die Einrichtungen zur Verteilung von getragerten

Rundfunksignalen in Gestalt von Wohnungsübergabe- oder Antennenverstärker und Abzweiger oder den Multischalter bei modernen Satellitenempfangsanlagen zur Signalverteilung beinhalten. Hier befinden sich zentral angeordnet alle Einrichtungen, die den Zugriff aus dem Heimnetz auf gespeicherte Inhalte aller Art erlauben. Übersichtlich, universell, leistungsfähig, Ressourcen und Energie sparend, zukunftssicher und von der DIN EN 50173 Teil 4 gefordert, spiegelt der Home-Distributor die Konvergenz der Medien und Technologien wider. Ihm gehört die Zukunft.

## Die Verteilmedien

### Koaxial-Kabel

Sie dienen in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle zur Verteilung hochfrequent getragener Signale, wie sie beim analogen und digitalen klassischen Rundfunk – Radio und Fernsehen – auftreten. Koaxial-Kabel, die in der Gebäudeinstallation für diesen Zweck eingesetzt werden, haben eine Übertragungsbandbreite, die bei Gleichspannung beginnt und bis ca. 2,5 GHz reicht. Damit lassen sich Signale aus Breitbandkabelnetzen (10–860 MHz, bidirektional), über terrestrische Antennen empfangene Ausstrahlungen (90–860 MHz, unidirektional) und von geostationären Satelliten (950–2400 MHz, unidirektional) vom zentralen Einspeisepunkt in der Wohnungs- oder Gebäudeverteilung bis zu den Antennensteckdosen verteilen.

Der konzentrische Aufbau eines Koaxial-Kabels, bei dem eine zylindrische Aluminium-Folie und/oder ein verzinnertes Kupferdrahtgeflecht (Abschirmung) durch eine Isolierschicht (Dielektrikum) von einem zentralen, meist versilberten Kupferleiter (Seele) getrennt wird, sorgt dafür, dass die geführte Hochfrequenz als Welle im Kabel verbleibt (Abbildung 16). Damit strahlt das Kabel seine Nutzenergie weder ab noch

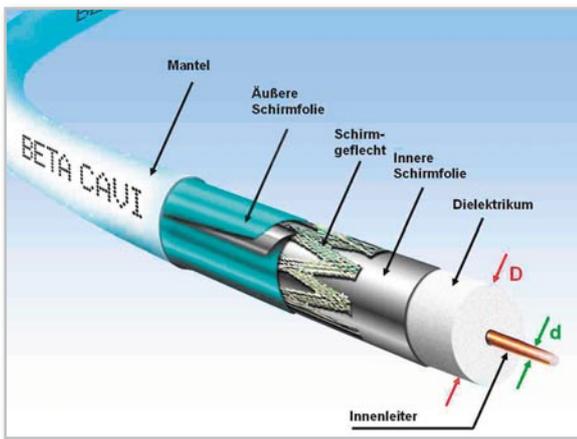


Bild 16: Aufbau eines Koaxial-Kabels: Der Außenleiter bestimmt das Schirmverhalten, je dichter, umso besser.

nimmt es Hochfrequenz aus der Umgebung auf. Diese Eigenschaft garantiert die aktive und passive Störsicherheit des Systems und wird in der NB 30 (NB: Nutzungsbestimmung) der RegTP (Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) quantifiziert. In der aktuellen Norm EN 50117 sind die beiden Schirmdämpfungsklassen „A“ und „A ++“ definiert. Insbesondere die Verwendung von Kabeln, welche die schärferen „A ++“-Schirmdämpfungsanforderungen von 105 dB im Frequenzbereich zwischen 30 und 1000 MHz einhalten, ist für den störungsfreien Betrieb unter dem Einfluss des zukünftig zu erwartenden „Elektrosmogs“ heute noch unbekannter Funkdienste ratsam. Es muss unbedingt darauf hingewiesen werden, dass auch die Empfängeranschlusskabel als Teil des gesamten Übertragungssystems gleich gute Schirmeigenschaften wie die fest verlegten Kabel haben müssen, um keine Hochfrequenz abstrahlen (Exgress) oder in die Verteilanlage einzukoppeln (Ingress). Schließlich ist eine Kette immer nur so stark wie ihr schwächstes Glied. Der Wellenwiderstand  $Z_L$  von Koaxial-Kabeln für Installationszwecke beträgt  $75 \Omega$ . Er hängt näherungsweise vom Durchmesser Verhältnis von Außen- zu Innenleiter  $D/d$  und den Eigenschaften des Dielektrikums ( $\epsilon_r$ : Permittivität, alte Bezeichnung: relative Dielektrizitätskonstante) gemäß Gleichung (1) ab.

$$Z_L = \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad (1)$$

Man kann obiger Gleichung entnehmen, dass bei dünnen Kabeln auch der Durchmesser des Innenleiters abnimmt, was den Gleichstromwiderstand und die Hochfrequenz-Kabeldämpfung ansteigen lässt. Abbildung 17 zeigt die Dämpfung als Funktion der Frequenz für typische marktgängige Koaxial-Kabel.

Bei der Kabelverlegung sind zu enge Biegeradien, Quetschungen und Dehnungen unbedingt zu vermeiden, weil an ihnen eine Impedanzänderung auftritt, die zu Reflexionen der Hochfrequenzenergie führt. Bei digitalen Programmen verschlechtert dies die Systemreserve und führt zu einer Erhöhung der Bitfehlerrate.

Wird ein Koaxial-Kabel auch zur Stromversorgung aktiver Elemente im Verlauf oder am Ende der Übertragungsstrecke

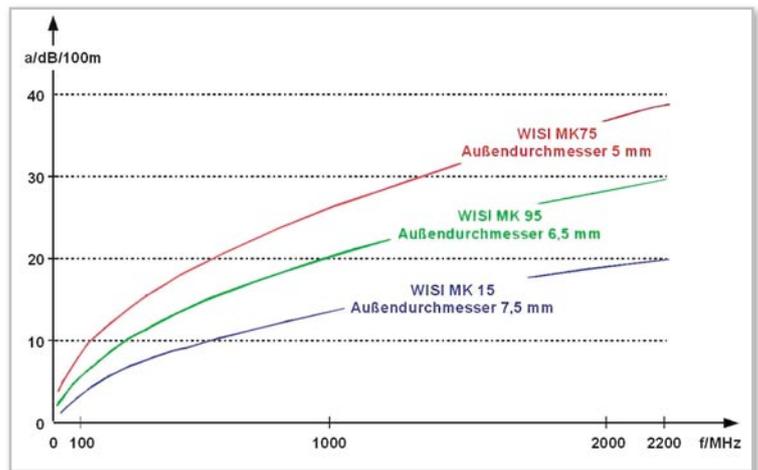


Bild 17: Je dicker das Koaxial-Kabel, desto geringer seine Dämpfung. (Quelle: WISI)

herangezogen, muss sein Gleichstromschleifenwiderstand berücksichtigt werden. Er liegt je nach Kabeltyp zwischen  $1$  und  $6 \Omega/100 \text{ m}$  und erzeugt gemäß dem ohmschen Gesetz einen Spannungsfall, der sich am Verbraucher durch eine verringerte Versorgungsspannung äußert. Wenn im Wohnungsverteiler ein HF-Signal mit ca.  $65 \text{ dB}\mu\text{V}$  ansteht, ist die mögliche Länge des Koaxial-Kabels in Hinblick auf HF-Dämpfung und Gleichspannungsfall bei sternförmiger Verteilung und Einsatz einer Stichdose für die Wohnungsinstallation in aller Regel mehr als ausreichend.

## Twisted Pair

Zur Verteilung von Telekommunikations- und Datendiensten ist ein Kabeltyp mit vier verdrehten und zu einem Bündel verselten Adernpaaren gebräuchlich. Durch die Verdrehung kompensieren sich die Einflüsse magnetischer Wechselfelder. Zum Schutz gegen äußere elektromagnetische Einflüsse sind die Adernpaare bei hochwertigen Twisted-Pair-Kabeln paarweise und als Bündel zusätzlich geschirmt. Ein solches S/STP-Kabel (Screened/Shielded TP) zeigt Abbildung 18.

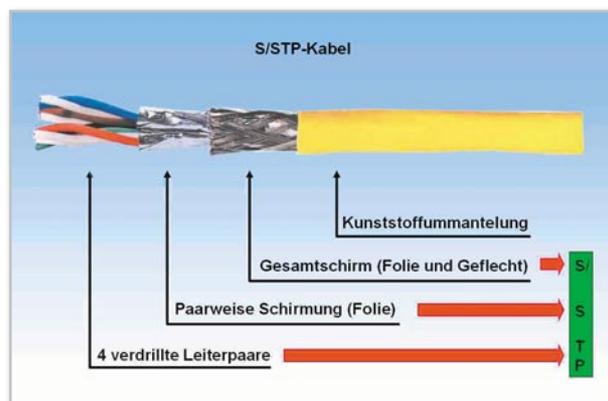


Bild 18: Ein S/STP-Kabel zeichnet sich durch einzeln geschirmte Adernpaare und eine Gesamtschirmung aus. Dadurch werden Störbeeinflussungen innerhalb des Kabels und von außen minimiert.

Um die Leistungsfähigkeit von TP-Kabeln zu klassifizieren, werden sie sogenannten Kategorien zugeordnet. Für Sprach- und Datenübertragung sowie Multimediaanwendungen sollte ein Kabel der Kategorie 6 (CAT.6) eingesetzt werden. Es erlaubt Datenraten bis in den Gbit/s-Bereich.

Besonders zukunftssicher sind S/STP-Kabel der Kategorie 7 nach IEE 802.3an, die sogar für 10-Gbit/s-Ethernet tauglich sind und deshalb enorme Reserven aufweisen. Mit derartigen Kabeln ist es sogar möglich, hochfrequente Rundfunksignale bis in den GHz-Bereich zu übertragen. Am Eingang des Twisted Pairs muss das Signal von  $75\ \Omega$  asymmetrisch auf  $120\ \Omega$  mittels Balun-Übertrager (Balun: balanced-unbalanced, Abbildung 19) symmetriert und am Ausgang wieder mit einem Balun auf  $75\ \Omega$  asymmetrisch zurück transformiert werden.

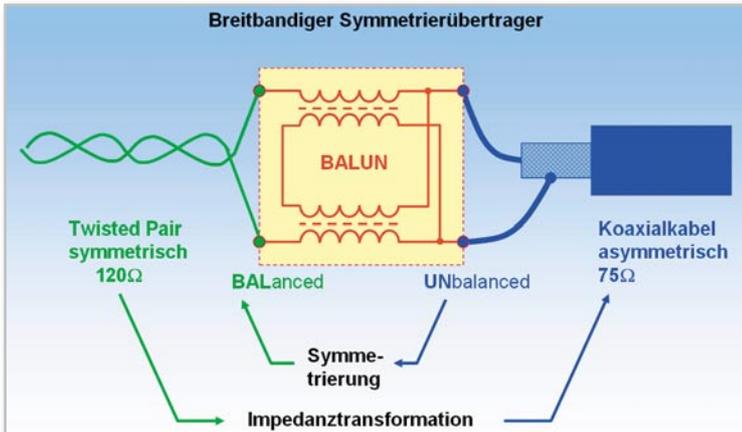


Bild 19: Ein Balun-Übertrager setzt von  $120\ \Omega$  symmetrisch (balanced) auf  $75\ \Omega$  asymmetrisch (unbalanced) um.

Die mit zunehmender Frequenz stark ansteigende Dämpfung erfordert eine kräftige, frequenzabhängige Amplitudenkorrektur (Pre- und/oder Deemphase) und schon bei relativ kurzen Strecken eine entsprechende Verstärkung (Abbildung 20). Unter Berücksichtigung des zusätzlichen Symmetrier- und Asymmetrieraufwands ist die Verwendung eines Koaxial-Kabels auf jeden Fall ratsamer, da billiger und leistungsfähiger.

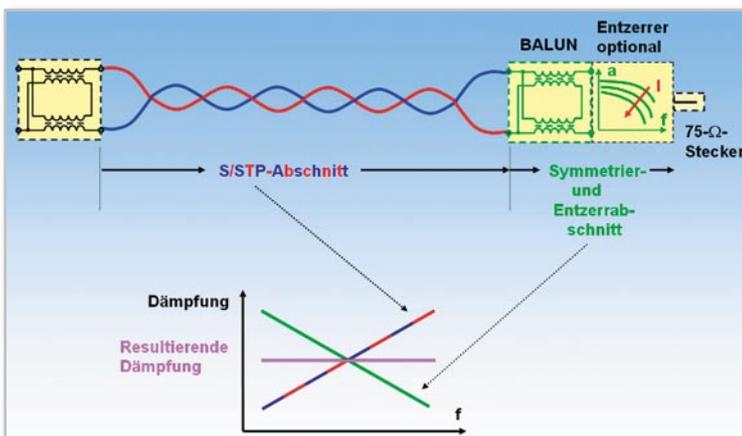


Bild 20: Ein TP-Adernpaar kann durch zwei Balun-Übertrager an seinen Enden ein Koaxial-Kabel zur HF-Übertragung ersetzen. Allerdings ist die Dämpfung höher und stärker frequenzabhängig.

### Power over Ethernet (PoE)

Endgeräte mit geringem Strombedarf am Ausläufer einer TP-Ethernet-Strecke können durch „Power over Ethernet“ (PoE) mit Strom versorgt werden. Dabei wird das Ethernet zweifach genutzt: zur Datenübertragung und zum Transport von Betriebsenergie für die Endgeräte (Powered Device, PD). Idealerweise wird die Energie über die Ports des IP-Switches im zentralen Wohnungsverteiler in das Ethernetkabel einge-

speist. Zuvor prüft der Switch in seiner Funktion als PSE (Power Sourcing Equipment = stromversorgendes Gerät) ob ein zu versorgendes Gerät (Powered Device: PD) am Ende der Ethernetstrecke angeschlossen ist. Durch ausgefeilte Erkennungsverfahren wird der Port des Switches, an den ein PoE-untaugliches Gerät oder ein abgeschalteter PoE-Verbraucher angeschlossen ist, spannungsfrei geschaltet. Dieser Mechanismus verhindert Beschädigungen der Endgeräte und senkt den Gesamtenergieverbrauch des Netzwerks.

Seit Mitte 2003 spezifiziert der PoE-Standard IEEE 802.3af unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften des Querschnitts des TP-Kabels und der Kontaktflächen in den RJ45-Steckverbindungen die maximal zulässige Stromstärke von  $0,35\ \text{A}$  bei einer für den Menschen unbedenklichen „Schutzkleinspannung“ zwischen  $44$  und  $57\ \text{V}$ . Das Prinzipschaltbild einer PoE-Variante, bei der in einem  $10/100$ -Mbit/s-Ethernet der Strom über zwei Signaladerpaare geführt wird, zeigt Abbildung 21. Die dabei ungenutzten zwei Adernpaare

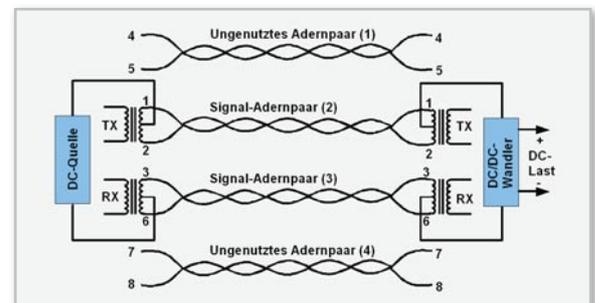


Bild 21: Für Power over Ethernet bis  $100\ \text{Mbit/s}$  genügen zwei Twisted Pairs. Nutzt man sie gleichzeitig zur Übertragung von Betriebsenergie für das Endgerät, kann man die zwei freien Adern eines TP-Kabels anderweitig nutzen.

lassen sich anderweitig nutzen (Cable Sharing). Abbildung 22 demonstriert dies am Beispiel eines RJ45-Steckadapters (Reichle&De-Massari, Micro-Splitter RMS45) und eines entsprechend angepassten Anschlusskabels.



Bild 22: Mit Splittereinsätzen ist Einzeladernpaarzugriff in RJ45-Dosen möglich. (Quelle: Reichle&De-Massari)

Für ein  $100\ \text{m}$  langes TP-Kabel wird ein Schleifenwiderstand von  $20\ \Omega$  angenommen. Wegen des daraus resultierenden Spannungsfalls von  $7\ \text{V}$  im Kabel stehen dem Verbraucher minimal  $(44-7)\ \text{V} = 37\ \text{V}$  zur Verfügung, was einer Leistung von  $37\ \text{V} \times 0,35\ \text{A} = 12,95\ \text{W}$  entspricht. Damit lässt sich bereits eine Vielzahl von Endgeräten betreiben: IP-Kameras, WLAN-Access-Points, IP-Telefone, Printserver, Magnetkarten- und Barcode-Lesegeräte usw. Für den Betrieb eines Notebooks oder eines Flachbildschirms zur Wiedergabe von IP-Video-streams ist dies trotz ständig steigender Energieeffizienz nicht ausreichend. Hier soll der neue, noch in der Entwick-

lung befindliche Standard 802.3at für „PoE plus“ mit 30 oder gar 60 W Leistung Abhilfe schaffen. Eine genaue Beschreibung der PoE-Standards ist für eine spätere Ausgabe des „ELVjournals“ geplant.

## POF

Zweifellos die größten Übertragungsbandbreitenreserven bieten heute optische Leiter. Glasfasern sind in dieser Hinsicht zwar ungeschlagen, aber für die Installationspraxis und den Einsatz im häuslichen Bereich zu empfindlich und daher weniger gut geeignet. Wir wollen deshalb an zwei Beispielen betrachten, wie polymeroptische Lichtleiter (POF) als problemlose Übertragungsmedien heute schon in der Wohnungs-Neu- und -Nachverkabelung eingesetzt werden können.

Im ersten Beispiel sehen wir einen Ethernet-Medienwandler, der an Beginn und Ende einer Duplex-POF-Leitung von bis zu 70 m Länge angebracht wird (Abbildung 23). Die Stromversorgung der Wandlerelektronik erfolgt über ein 12-V-Steckernetzteil (schwarzer Stecker am oberen Ende).



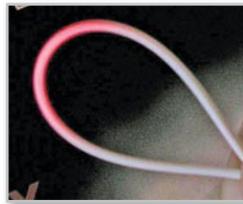
**Bild 23:** Mit zwei Medienwandlern optisch/elektrisch an Anfang und Ende einer Duplex-POF-Strecke hat man voll transparent ein Ethernet-Kabelsegment nachgebildet. (Medienwandler: Technetix)

Im 10/100-Mbit/s-Ethernetport oben wird durch den hellen Stecker eines Patchkabels die Verbindung zum Endgerät hergestellt, in diesem Fall ein Laptop. Die Verbindung arbeitet völlig transparent, d. h. bezüglich der RJ45-Ports in den Medienwandlern genauso wie über ein S/STP-Kupferkabel. PoE ist natürlich nicht möglich. Die Verlegungsmöglichkeit in engen Leerrohren, der übersprechfreie Verlauf entlang stromführender Netzkabel und der narrensichere, zeitsparende Steckanschluss der Duplexfaser sprechen für die POF-Lösung.

Auch für das Nachrüsten einer Ethernet-Verkabelung bietet die POF wegen ihres geringen Durchmessers große Vorteile. Sie lässt sich bequem in oder hinter Fußbodenleisten verlegen, wo ein

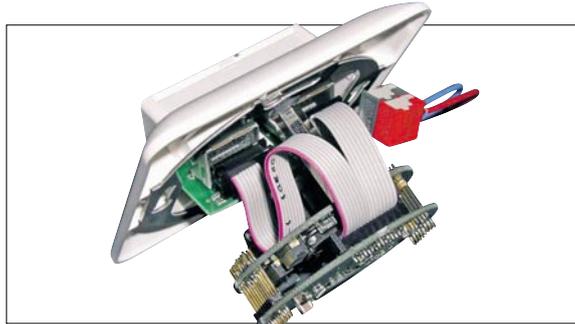
S/STP-Kabel keinen Platz mehr findet. Lediglich ein gewisser Biegeradius (<20 mm) sollte nicht unterschritten werden, um den Austritt von Licht zu vermeiden (Abbildung 24). Dieses steht dann zum Weitertransport der Nachricht nicht mehr zur Verfügung, was einer Dämpfung gleich kommt. Neuere Entwicklungen mit MC-POF (Multi Core POF) und Fasern auf der Grundlage von photonischen Kristallen (Photonic Crystal Fibre, PCF) lassen verlustarme Biegeradien bis auf wenige Millimeter erwarten.

Das zweite Beispiel zeigt eine für die zukünftige Installationspraxis besonders interessante aktive Steckdose zur Montage in handelsübliche Unterputz-Schalterdosen der Ratioplast-Optoelectronics GmbH ([http://www.ratioplast.com/opto/docs/fs\\_neuheiten.htm](http://www.ratioplast.com/opto/docs/fs_neuheiten.htm)). Sie wird mit je einer POF-Sende und -Empfangsfaser angefahren und stellt zwei RJ45-Buchsen für den Anschluss herkömmlicher IP-Geräte zur Verfügung (Abbildung 25). Die vollständige Konverter-



**Bild 24:** Wenn eine POF zu stark gekrümmt wird, tritt seitlich Licht aus, das in Ausbreitungsrichtung fehlt. Die Folge ist eine Signaldämpfung.

elektronik einschließlich 2-Port-Ethernet-Switch findet auf zwei Sandwich-Platinen Platz. Die Stromversorgung erfolgt mit typ. 12 V Gleichspannung. Deshalb eignen sich Hybridkabel, bestehend aus einem Koaxkabel, einem Zweidrahtkabel für die Betriebsspannung und einem Leerröhrchen zur sicheren Führung von einer oder zwei POF ideal, um eine



**Bild 25:** Medienwandler o/e mit Ethernet-Switch zum Einbau in genormte Schalterdosen (Quelle: Ratioplast)

solche POF/RJ45-Dose als Teil eines Multimedia-Dosenensembles anzufahren (Abbildung 26). Über ein Adernpaar lässt sich die Konverterelektronik von zentraler Stelle aus Energie und Aufwand sparend mit Strom versorgen. Eine lokale Spannungsversorgung durch ein separates Steckernetzteil ist nicht erforderlich. Potentialverschleppungen und Ausgleichsströme im Datennetz und daraus resultierende Funktionsprobleme der vernetzten Geräte gehören somit der Vergangenheit an. Der Anschluss der POF gestaltet sich zudem erheblich einfacher als das korrekte Auflegen der acht Leiter und der Abschirmung eines Ethernet-TP-Kabels.

Auch in den Endgeräten ist mit der Integration optischer Schnittstellen für die direkte Speisung durch POF-geführte Signale zu rechnen, wie wir es schon seit Jahren von der digital-optischen Audioschnittstelle S/PDIF bei Satellitenreceivern und Hi-Fi-Verstärkern kennen. Dann stellt sich auch nicht mehr die Frage nach der Stromversorgung der elektrisch/optischen Wandler – sie kommt aus dem Endgerät. Im nächsten Teil der Folge geht es um ergänzende drahtgebundene Übertragungsalternativen und den Einsatz von Nahbereichs-Funktechnologien für Kommunikations-, Steuerungs- und Überwachungszwecke. **ELV**



**Bild 26:** Hybridkabel vereinfachen die Installation, sind aber meist in ihren technischen Daten eingeschränkt.