



Telefonie und Daten über Telefon- und TV-Hausverteilungen

Der PC ist heute ein Universalgenie, das „nebenbei“ die Technik im Hause beherrscht. Die Verbindung zwischen den Komponenten stellt ein leistungsfähiges Datennetz her – wenn es vorhanden ist! In der Realität ist die Datenvernetzung daheim nur selten vorhanden. Ein unlösbares, den Fortschritt hemmendes Hindernis? Nicht unbedingt! Die Technik zur Verwendung der „klassischen“ Telefon- und Antennenverteilnetze für die neuen multimedialen Datenanwendungen steht zur Verfügung. Sie ist ausgereift, preiswert und leicht zu implementieren. Und das Schönste dabei: Alles, was bisher ging, funktioniert ungestört weiter!

Internet und der Trend zum Zweit- und Dritt-PC ...

Als das Internet vor wenig mehr als zehn Jahren für jedermann zugänglich wurde, hat die Verbreitung des PCs in privaten Haushalten einen enormen Aufschwung genommen. Besonders die Möglichkeit des blitzschnellen und extrem kostengünstigen Übermittels elektronischer Briefe war für den „normalen“ Anwender attraktiv. Aber was anfangs nur wenige hundert Byte für eine rein ASCII-Text-basierte Nachricht waren, hat sich durch aufwändige Textverarbeitungsprogramme unter Einbindung grafischer Gestaltungselemente mehr und mehr „aufgeplustert“. Damit einher ging ein ständiger Zuwachs an Übertragungsgeschwindigkeit. Die Modementwicklung für die analoge Telefonwählleitung belegt dies deutlich: Vom Akustikkoppler mit 300 Bit/s bis zum heutigen V90-Modem mit max. 56 KBit/s. Aber

auch das Nutzerverhalten änderte sich in diesem Zeitraum. Den wachsenden multimedialen Möglichkeiten entsprechend, werden elektronische Nachrichten häufig durch Dateianhänge mit akustischen, fotografischen oder filmischen Inhalten (MP3/WAV, TIF/JPEG, AVI/MPEG) zu Datenlawinen. Ein analoger Telefonanschluss ist damit völlig überfordert. Quälend langsam wickelt er die Datenkommunikation über das Internet ab und ist zudem für seinen ursprünglichen Zweck blockiert. Das ISDN brachte mit zwei B-Kanälen zum gleichzeitigen Telefonieren und „Surfen“ im Internet Entlastung. Erst durch T-DSL (ADSL der deutschen Telekom) sind jetzt Übertragungsraten verfügbar, die wenigstens in Teilnehmerrichtung mit typ. 768 KBit/s den Anforderungen neuzeitlicher multimedialer Kommunikation entsprechen. Der Trend zum Zweit- oder Dritt-PC in einem Haushalt verschärft das Problem des komfortablen Internetzugangs für alle. Eine Vernetzung der Rechner über ein lokales

Netz (LAN: Local Area Network) und darüber die gemeinsame Nutzung des T-DSL-Anschlusses zum Surfen im Internet (ICS:

Begriffsklärung: HomePNA = Breitband-Ethernet

Das heute übliche Ethernet mit 10 bzw. 100 MBit/s theoretischer Übertragungsrate gehört – wie die Bezeichnung 10/100BaseT aussagt – zu den Basisband-Übertragungsverfahren auf Twisted-Pair-Kupferdrähten (T). Dabei wird ein Frequenzbereich zwischen 0 und 20 MHz beansprucht. Bei HomePNA handelt es sich dagegen um die geträgerte Übertragung mit digitalen Modulationsverfahren (PPM: Pulse Phase Modulation bei HomePNA 1.0 und [FD]QAM: [Frequency Diverse] Quadrature Amplitude Modulation bei HomePNA 2.0/3.0) zwischen 4 und 10 MHz, die wegen der sehr hohen erreichbaren Datenraten zu den Breitband-Ethernet-Varianten gezählt werden.

Internet Connection Sharing) ist die optimale Lösung.

... fordern geeignete Vernetzungsstrukturen

Die Installationsstandards im Wohnungsbau haben sich bis heute oft nicht im Entferntesten an die Kommunikationsbedürfnisse moderner Bürger angepasst. Immer noch ist bei vielen Neubauten die minimalistische Ausstattung einer Wohnung mit einem Telefonanschluss im Flur und einer Antennensteckdose im Wohnzimmer traurige Realität. Von einem Datennetz auf der Grundlage strukturierter Verkabelungen zum Datenaustausch der PCs untereinander und mit der Außenwelt können die meisten Wohnungsinhaber nur träumen. Die nachträgliche Verlegung eines solchen Netzes ist abschreckend aufwändig und teuer. In gewerblich genutzten Objekten, wie Arzt- und Rechtsanwaltspraxen, Hotels, Pensionen usw., ist sie stets mit baubedingten Nutzungs- und damit Einnahmeausfällen verbunden. Werden diese zu den eigentlichen Material- und Installationskosten hinzugerechnet, ist die Neuverlegung eines solchen Netzes eine extrem teure Angelegenheit.

Eine Alternative scheint auf den ersten Blick die drahtlose Vernetzung von PCs zu sein. Aber solche Wireless LANs (WLAN) haben oft auch ihre Tücken. Erstens hängen die Übertragungseigenschaften stark von der lokalen Belegung des zugewiesenen Frequenzbandes und von den Ausbreitungsbedingungen im Gebäude ab und zweitens müssen die Access-Points (quasi die Funk-Basisstationen im WLAN) verkabelt und die Probleme der Abhörsicherheit zuverlässig gelöst werden, so dass sich der vermeintliche Vorteil schnell relativiert. Ähnlichen Einschränkungen unterliegen Lösungen, die das Stromnetz als Transportmedium nutzen (PowerLine).

Aber es gibt einen Königsweg aus dem Dilemma: die Nutzung vorhandener Telefonleitungsnetze für die Datenübertragung und -vernetzung. In Amerika ist die Technik dazu unter der Bezeichnung HomePNA (PNA: Phonline Networking Alliance) seit Jahren verfügbar und im breiten Einsatz. Der Zusatz „Home“ lässt eventuell die Assoziation aufkommen, hierbei handele es sich um eine wenig leistungsfähige Technik für den Heimbereich, die für

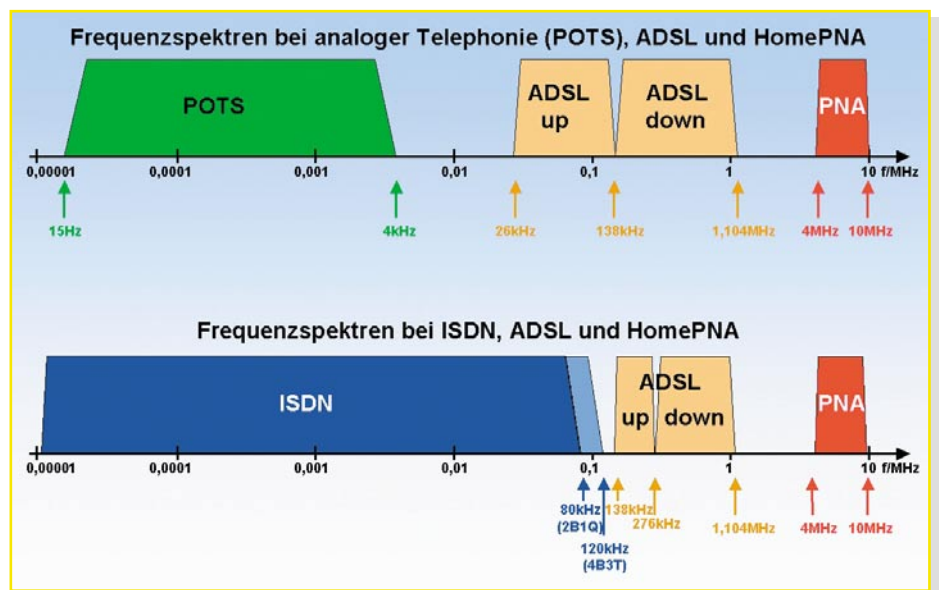


Bild 1: Die spektrale Belegung der Dienste POTS, ISDN, ADSL und PNA

professionelle Anwendungen nicht geeignet ist. Dass dem nicht so ist, wird deutlich, wenn man sich mit der PNA-Technik etwas eingehender beschäftigt.

Geteiltes Medium – mehrfacher Nutzen

Ein Übertragungsmedium kann vielfach genutzt werden. Man denke beispielsweise an die (Koaxial-)Kabelnetze, über welche die Mehrzahl der Deutschen ihre Rundfunkprogramme beziehen. Das vom Koaxialkabel geführte Frequenzband (bei ausgebauten Netzen 5–862 MHz) ist in gerasterte Frequenzbereiche unterteilt, in denen TV und Radio verteilt, Internetverbindungen zu hunderten von Teilnehmern hergestellt, administrative Funktionen abgewickelt und die Versorgungsenergie zu aktiven Netzelementen (Fernspeisung) transportiert werden. Dieses auch als Frequenzmultiplex bezeichnete Verfahren macht sich zunutze, dass die Bandbreite eines Übertragungsmediums bei weitem nicht von einer Anwendung (z. B. einem TV-Programm) ausgeschöpft wird.

Bei einer Telefonleitung für die reine analoge Telephonie (POTS: Plain Old Telephone Services) sind gerade mal 3 bis 4 kHz Bandbreite erforderlich. Je nach der Leitungslänge und den verwendeten Übertragungstechniken sind dies weniger als ein Tausendstel der nutzbaren Bandbreite. Ein erster nennenswerter Teil da-

von wurde mit dem Ersatz von POTS durch ISDN in Anspruch genommen. In jüngerer Zeit schneidet sich T-DSL ein weiteres Stück des Bandbreiteteuchens ab. Weil damit die nutzbare Bandbreite noch lange nicht erschöpft ist, haben sich namhafte Hersteller aus dem Bereich der IT & TK-Technologie im zweiten Quartal 1998 zu einer Allianz zusammengefunden, deren Ziel es war, die verbleibenden Übertragungskapazitäten auf einer Telefonleitung für die schnelle Datenübertragung nutzbar zu machen. Mitglieder dieser Phonline Networking Alliance sind u. a. AMD, AT&T, Compaq, HP, IBM, Intel, Lucent, Rockwell und 3Com.

Die wichtigsten Merkmale der von ihnen entwickelten HomePNA-Technik sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Die gemeinsame Nutzung eines Übertragungsmediums (Media Sharing) durch mehrere Dienste führt zu besonders ökonomischen Lösungen, da gerade die Kosten des Verteilnetzes stark zu Buche schlagen. Übrigens: HomePNA ist nicht zwingend auf eine Zweidrahtleitung als Transportmedium angewiesen! Auch auf bestehende Koaxialverteilungen, RS 232, Profibus, V24 u. v. m. lässt sich diese Technologie problemlos aufsetzen.

Die spektrale Belegung der Dienste POTS, ISDN, ADSL und PNA zeigt die Abbildung 1. Aus Gründen der Darstellbarkeit ist die Frequenzachse logarithmisch skaliert.

Tabelle 1:

PNA-Standard	Bitrate/MBit/s Typ. (theor.)	Reichweite/m	Frequenzbereich/MHz	Modulationsverfahren	MAC entspr. IEEE ...
1.0	1 (1,2)	300	5,5–9,5	PPM	802.3
2.0	10 (32)	300	4–10	4–256 (FD)QAM	802.3 (AMAC)
3.0	100 (244)	300	4–10	4–256 (FD)QAM	802.3 (SMAC)

FD QAM: Frequency Diverse QAM, MAC: Media Access Control

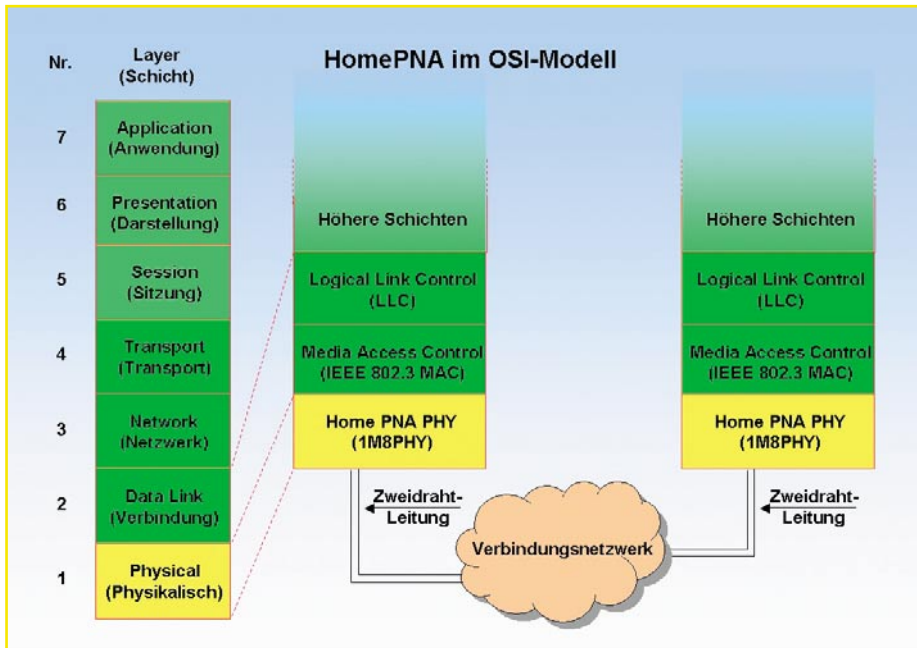


Bild 2: Die Einbindung von HomePNA in das 7-Schichten-ISO/OSI-Modell

HomePNA und Ethernet

Die am weitesten verbreitete Technologie für den Aufbau lokaler Datennetze beruht auf dem Ethernet mit Datenraten von 10, 100 und 1000 MBit/s (Gigabit-Ethernet). Das Zugriffsverfahren von Ethernet auf das Übertragungsmedium (Koaxialkabel oder Twisted Pair) heißt CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). Dabei horcht eine sendewillige Station in das Netz hinein, um zu prüfen, ob das Medium gerade von einem anderen Teilnehmer belegt ist (Carrier Sense). Falls auf dem Medium kein Datenverkehr zu hören ist, beginnt sie zu senden. Andere Stationen im Netz stellen dann einen eventuellen Übertragungswunsch zurück, bis das Medium wieder frei ist.

Ein Problem tritt dann auf, wenn zufällig zwei (oder mehr) Stationen gleichzeitig zu senden beginnen (Multiple Access). Die dann auftretende Kollision wird von den Stationen erkannt (Collision Detection) und lässt sie ihren Sendeversuch abbrechen. Jede der Stationen versucht nun nach einer von einem Zufallsgenerator vorgegebenen Zeit erneut das Medium zu belegen. Die Wahrscheinlichkeit einer abermaligen Kollision ist äußerst gering, so dass der Sendeversuch im zweiten Anlauf in aller Regel erfolgreich sein wird. Dieses Verfahren funktioniert gut, wenn wenige Stationen selten auf das Netz zugreifen. Je mehr Stationen im Netz sind und je häufiger sie darauf zugreifen wollen, desto mehr steigt die Zahl der Kollisionen. Auf jeden Fall ist die Zeit für den Aufbau einer Verbindung zwischen Netzteilnehmern und die Übertragung eines gewissen Datenvolumens nicht völlig exakt vorherzusagen,

weshalb man CSMA/CD auch zu den nicht-deterministischen Übertragungsverfahren rechnet. Bei geringer Netzbelastung und nicht zu großen Netzen stellt dies aber kein Problem dar.

In größeren Netzen lässt sich die notwendige Kollisionsarmut durch Segmentierung unter Verwendung von Switches und Routern herstellen, so dass auch die Übertragung multimedialer Inhalte mit dem notwendigen Grad an Zuverlässigkeit funktioniert. HomePNA unterscheidet sich darin in keiner Weise.

Ein wesentlicher Kosten- und Anwendungsvorteil von HomePNA liegt nun darin, dass die verwendete Technologie bis auf die physikalische Netzanbindung identisch mit Ethernet ist. Rechnerbetriebssysteme behandeln Komponenten für Home-PNA und Basisband-Ethernet daher völlig gleich!

Die Einbindung von HomePNA in das 7-Schichten-ISO/OSI-Modell (ISO: International Standardization Organization, OSI: Open Software Interconnection) verdeutlicht Abbildung 2.

HomePNA-Komponenten sind also im Wesentlichen Standard-Ethernet-Komponenten mit einer zusätzlichen physikalischen Schnittstelle PHY (neben der für 10/100BaseT) auf dem Ethernet-Chip zur Kommunikation über eine Zweidrahtleitung. Das hält ihre Kosten trotz der gesteigerten Funktionalität niedrig und ermöglicht zu einem späteren Zeitpunkt die problemlose Migration zu einem „echten“ Ethernet. Zudem ist HomePNA 2.0 abwärtskompatibel mit HomePNA 1.0 und hat als Vorteil gegenüber Standard-Ethernet mit 8 Prioritätsstufen für die Wiederbelegung des Transportmediums nach einem Kollisionsfall ein skalierbares Echtzeitverhalten (DFPQ: Distributed Fair Priority Queueing). Außerdem ist durch LARQ (Limited Automatic Repeat Request) eine verbesserte Reaktion auf kurzzeitige Störungen gegeben.

HomePNA-Komponenten und Anlagenbeispiele

Um eine Ethernet-Verbindung über eine Telefon-Zweidrahtleitung zu realisieren, ist die Umsetzung am Leitungsanfang (einschleifen) und am Leitungsende (ausschleifen) erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt im einfachsten Fall einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung je eine Ethernet/HomePNA-Bridge. Bei Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen, wie sie über die Telefonverkabelung einer TK-Anlage realisiert werden können, kommt TK-seitig je nach Anzahl der Leitungen ein Port-Switch in Frage. Da sich solche Port-Switches kaskadieren lassen, sind einem HomePNA-Netz keine Grenzen gesetzt.

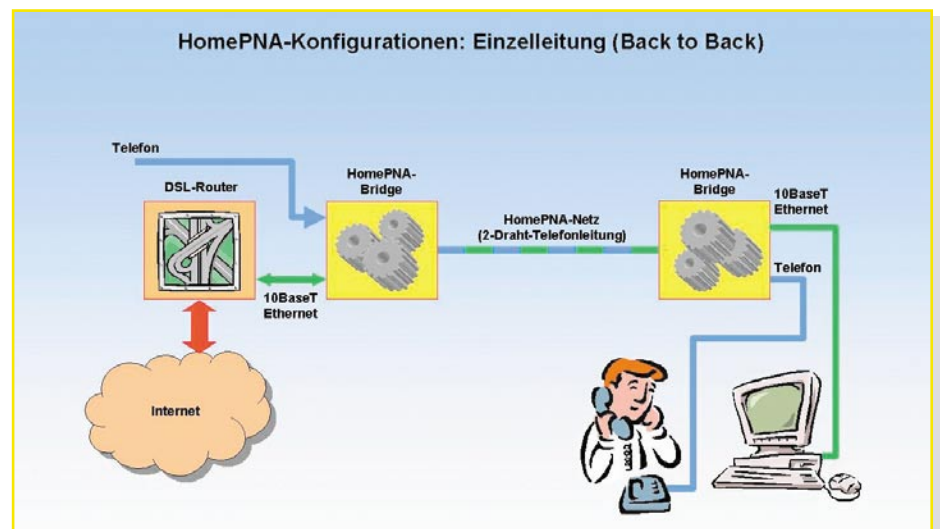


Bild 3: Eine Zweidraht-Telefonleitung (a/b-Adernpaar) ermöglicht neben der Telefonfunktion auch einen schnellen Internetzugang.

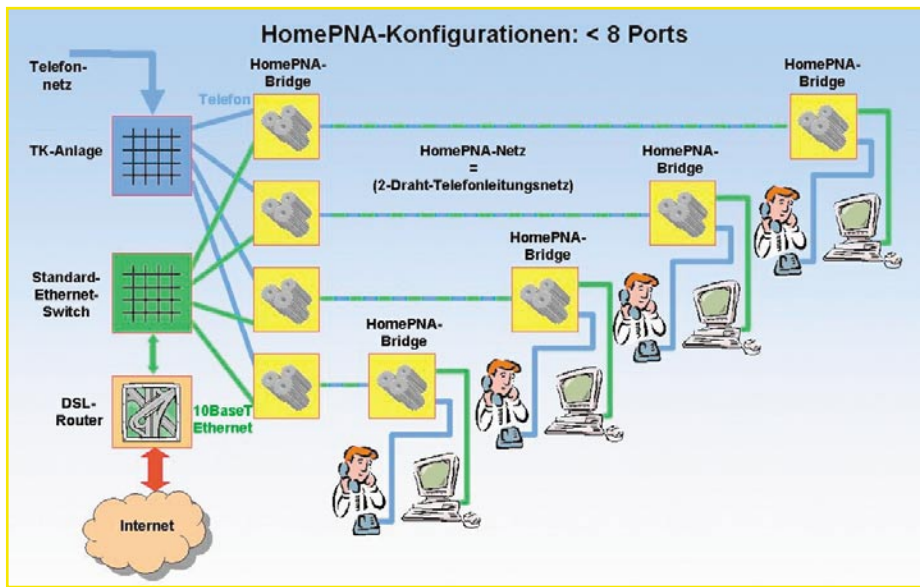


Bild 4: Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (<8 Ports)

Fall 1: Punkt-zu-Punkt-Verbindung

Über eine Zweidraht-Telefonleitung (a/b-Adernpaar) soll neben der Telefonfunktion auch ein schneller Internetzugang realisiert werden (Abbildung 3). Dazu wird der Ethernet-Ausgang eines DSL-Routers mit dem Ethernet-Eingang einer HomePNA-Bridge verbunden und in die Zweidrahtleitung zum Teilnehmer eingeschleift. Dort „zerlegt“ eine zweite HomePNA-Bridge das empfangene Signal in Telefon- und Ethernet-Anteil und stellt die Verhältnisse vor der Bridge am Leitungsanfang wieder her. Damit kann telefoniert werden, und es steht gleichzeitig ein schneller Internetzugang über einen PC zur Verfügung.

Fall 2: Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (<8 Ports)

Sollen bis zu 8 Teilnehmer mit der vollen Funktionalität einer TK-Anlage telefonieren können, sich einen schnellen Internetzugang teilen (ICS: Internet Connection Sharing) und ihre PCs miteinander vernetzen, ist der folgende Lösungsansatz (gezeichnet für 4 Teilnehmer) geeignet (Abbildung 4). Mit zwei HomePNA-Bridges werden in jede Leitung des vorhandenen sternförmigen Telefonnetzes die Ausgangsports eines Ethernet-Switches ein- und am teilnehmerseitigen Leitungsende wiederum mit je einer Bridge ausgekoppelt. Der Switch verbindet die PCs untereinander und mit dem Internet auf der Grundlage des TCP/IP-Protokolls (TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Ausgangspunkt für das Telefonnetz ist eine TK-Anlage, die natürlich auch ein ISDN-Typ mit analogen a/b-Ports (Zweidraht-Ports) sein kann.

Möchte ein Teilnehmer ISDN-Endgeräte betreiben, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Wenn nur ein Adernpaar zwischen Stern-

punkt und Teilnehmerdose verlegt ist, muss man den sog. NTBA (Network Termination Basic Access=ISDN-Netzabschluss) zum Teilnehmer verlegen (zweidrähtige U_{k0} -Schnittstelle). An dem 4-drähtigen S_0 -Bus des NTBA können dann bis zu 8 ISDN-Endgeräte bzw. a/b-Wandler für analoge Endgeräte (Telefone, Anrufbeantworter, Gruppe-3-Faxgeräte ...) betrieben werden. Zur wohnungs-, büro- oder praxisweiten Verteilung des S_0 -Busses wird zweckmäßigerweise ein ISDN-Sternkoppler (auch S_0 -Hub genannt) eingesetzt.

2. Liegen zwei Adernpaare zwischen Sternpunkt und Teilnehmerdose, kann der NTBA im Sternpunkt verbleiben und der S_0 -Bus auf die Teilnehmerleitung geschaltet und beim Teilnehmer von Endgerät zu Endgerät durchgeschleift oder per ISDN-Hub sternfö-

mig auf die Endgeräte verteilt werden. Eines der beiden Adernpaare wird zusätzlich für HomePNA genutzt.

Fall 3: Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (<42 Ports)

Dieser Anwendungsfall ist typisch für kleinere bis mittelgroße Büros, Arztpraxen, Ämter, Rechtsanwaltssozietäten, Hotels usw., wo eine sternförmige Telefoninfrastruktur bereits vorliegt, die mit HomePNA auf einfache Weise zur PC-Vernetzung herangezogen werden soll (Abbildung 5). Dazu wird im Sternpunkt neben die vorhandene TK-Anlage ein Home-PNA-Switch mit 14 Ports gesetzt. Sein Ethernet-Eingang wird direkt an das DSL-Modem angeschlossen. Der HomePNA-Switch-Ausgang führt Ethernet und Telefon und wird über die Telefonleitung mit der Teilnehmerdose verbunden. Dort trennt eine HomePNA-Bridge wieder Telefon und Daten. Bei mehr als einem HomePNA-Switch wird ein zusätzlicher Ethernet-Switch oder -Hub benötigt, dessen Ausgangsports mit den Ethernet-Eingangsports der HomePNA-Switches verbunden werden. Wirtschaftlich sinnvoll ist dies bis zu 42 Teilnehmer (3 HomePNA-Switches). Darüber hinaus ist die folgende Variante mit modularen HomePNA-Switches vorteilhafter.

Fall 4: Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (>42 Ports)

Von der Struktur her besteht kein Unterschied zu Fall 3. Lediglich die HomePNA-Switches mit 14 festen Ports werden durch modulare HomePNA-Switches mit 13 Einschubplätzen für 12-Port-Module ersetzt. Damit kann ein modularer HomePNA-Switch maximal 156 Teilnehmer bedienen. Durch den Einsatz entsprechend vie-

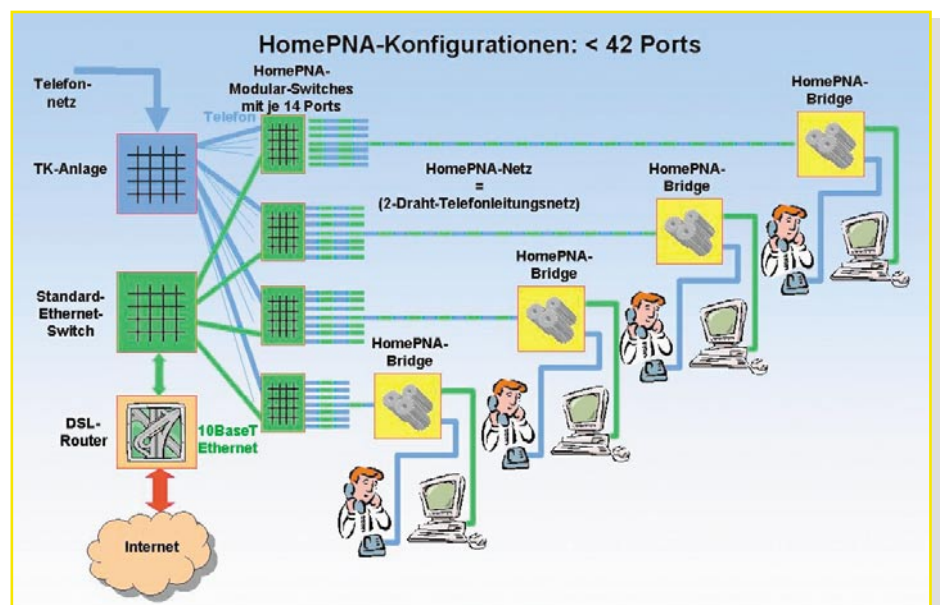


Bild 5: Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (<42 Ports)

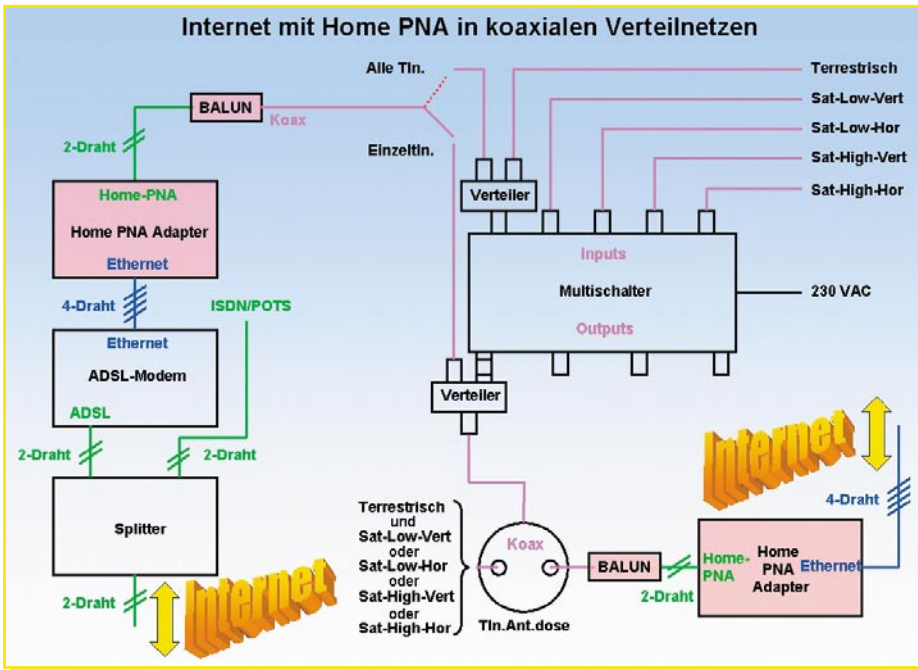


Bild 6: Prinzip zur Nutzung koaxialer Rundfunkverteilnetze

ler modularer HomePNA-Switches lässt sich die Anlagengröße nahezu beliebig an die Erfordernisse anpassen.

Nutzung koaxialer Rundfunkverteilnetze

Moderne Koax-Verteilnetze sind sternförmig aufgebaut und eignen sich deshalb optimal für die Integration von HomePNA. Ein Symmetrieübertrager (BALUN: BALanced UNbalanced) stellt den Übergang von der Zweidrahtleitung (symmetrisch = balanced) auf das Koaxialkabel (asymmetrisch = unbalanced) her. In die gewünschten, vom Sternpunkt abgehenden Leitungen zur Teilnehmerdose wird ein Koaxialverteiler (splitter) eingeschleift, der HF-Rundfunksignal (TV und Radio) und das asymmetrierte HomePNA-Signal zusammenführt. An der Antennendose stellt ein weiterer BALUN das vom HomePNA-Adapter benötigte symmetrische Signal wieder her. Bei Multischalteranlagen zur Verteilung von Satellitenempfangssignalen (1. Sat-ZF) ergeben sich in aller Regel keine Probleme. Das Prinzip ist in Abbildung 6 erläutert. Die Einspeisung von HomePNA in den terrestrischen Eingang des Multischalters erspart einen BALUN pro Teilnehmer, ist aber oft durch die meist recht hohe Dämpfung des terrestrischen Signals in Teilnehmerrichtung problematisch.

In Baumnetzen kann aus Dämpfungsgründen eine Analyse des Verteilnetzes und eventuell die Aufteilung in kleinere Segmente erforderlich sein. Außerdem sinkt die pro Teilnehmer verfügbare Datenrate mit zunehmender Inanspruchnahme des Internetzugangs.

Zusammenfassung der Vorteile von HomePNA

1. HomePNA 1.0 und 2.0 ist die ideale Lösung für die PC-Vernetzung und den gemeinsamen schnellen Zugang zum Internet über normale Zweidraht-Telefonanschlüsse. Der gemischte Betrieb von 1.0- und 2.0-Komponenten ist im sog. Kompatibilitätsmodus mit geringen Geschwindigkeitseinschränkungen problemlos möglich. Mit dem kurz vor der Markteinführung stehenden HomePNA 3.0 sind Datenraten bis weit über 100 MBit/s erreichbar. Die „Quality of Service“ ist so hoch, dass anspruchsvolle Anwendungen wie VoIP (Voice over IP), digitales Audio und Video, Spiele usw. realisiert werden können.
2. HomePNA schränkt die gleichzeitigen Nutzungsmöglichkeiten der Zweidrahtleitung für Telefonanwendungen wegen unterschiedlicher Frequenzbänder in keiner Weise ein.

3. Weil HomePNA nicht extra verlegt werden muss, sondern die vorhandene (Telefon-)Netzinfrastruktur nutzt und dabei mit POTS, ISDN und ADSL ohne Konflikte koexistieren kann, ergeben sich enorme Kostenvorteile gegenüber dedizierten Einzelnetzen. Dieser Infrastrukturvorteil wird durch äußerst günstige Hardware-Kosten unterstützt, die daraus resultieren, dass HomePNA auf die preisgünstigste Ethernet-Technologie aufsetzt.
4. Besonders dort, wo eine ausgebaute Telefoninfrastruktur bereits vorliegt, sind die Synergieeffekte der HomePNA-Technik besonders deutlich. Damit ist HomePNA ideal geeignet, um Arzt- und Rechtsanwaltspraxen, Krankenhäuser, Hotels und Wohnblocks datentechnisch zu vernetzen – unter Beibehaltung aller bisherigen Funktionalitäten.
5. Auch im Bereich der strukturierten Verkabelungen auf der Grundlage von 4 verdrehten Adernpaaren kann HomePNA eine wichtige Rolle spielen (Cable-Sharing!), weil damit der Nutzungsgrad des Netzes ohne Neuverlegungen erheblich zu steigern ist: 4 x Ethernet und 4 x Telefon anstatt 2 x Ethernet oder 4 x Telefon! Damit wird deutlich, dass HomePNA eine ergänzende (komplementäre) statt verdrängende (substitutive) Technik ist.
6. Auch Rundfunk-Gebäudeverteilungen auf der Grundlage von Koaxialkabel lassen sich für HomePNA verwenden. Mit Hilfe von Symmetrieübertragern erfolgt der Übergang vom Zweidraht auf das Koaxmedium und umgekehrt.
7. Überall dort, wo die Bausubstanz geschont werden muss, verbietet sich oft die Neuverlegung von Vernetzungskabeln. Das gilt in besonderem Maße für historische Gebäude unter Denkmalschutz. So sind beispielsweise die Räume des Badischen Landesmuseums im Karlsruher Schloss (Abbildung 7) mit HomePNA und dem bestehenden Telefonsystem schnell und kostengünstig datentechnisch vernetzt worden. **ELV**

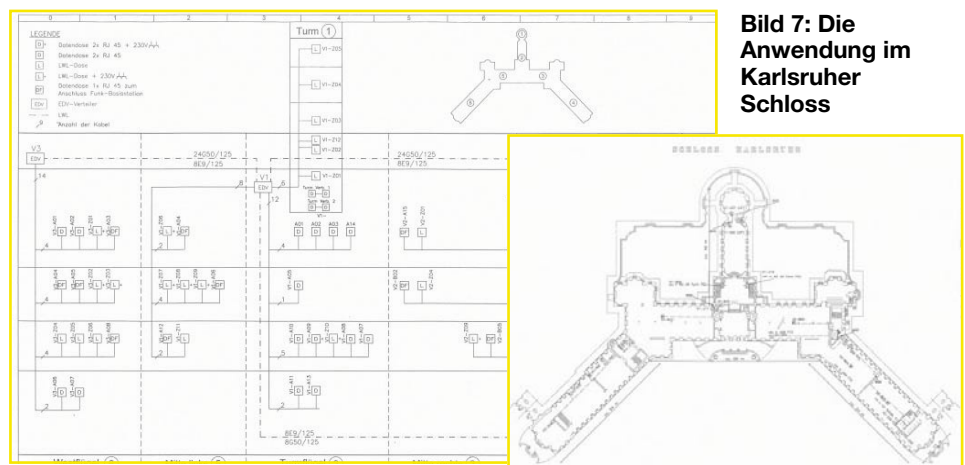


Bild 7: Die Anwendung im Karlsruher Schloss