Stand des Networkings in Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Firoz Kaderali[1]
Dipl. Inform. Olaf Ehlert[2]

Einleitung

Am Anfang der informationstechnischen Revolution stand die Entwicklung der Digitaltechnik. Grund für den Erfolg der Digitaltechnik war im wesentlichen ihre Wirtschaftlichkeit. Die Vorteile der Digitaltechnik sind:
- Geringe Kosten
- Gute Qualität (Regenerierbarkeit)
- Bildung von mehreren Kanälen (Multiplextechnik)
- Einfache Speicherung und Verarbeitung
- Integration der Dienste.

In der Planungsphase zur Ablösung vorhandener analoger Übertragungsverfahren durch entsprechende digitale entstand die Vorstellung, daß sich aufgrund der sich ergebenden Vorteile, einschließlich der Mengenvorteile, **ein** diensteintegrierendes digitales Fernmeldenetz durchsetzen werde (ISDN, ***I****ntegrated* ***S****ervices* ***D****igital* ***N****etwork*, CEPT 1982, CCITT 1984). Für den Zeitraum bis zur vollständigen Versorgung aller Teilnehmer würden zwar weiterhin verschiedene Netztechnologien parallel existieren, aber durch den notwendigen Aufwand zur Implementierung von Übergangslösungen zur Migration in dieses eine Netz würde der gewünschte Endzustand um so schneller erreicht.

Diese ursprüngliche Vorstellung hat sich nicht verwirklicht. Heute sind am Markt sowohl verschiedene Netztechnologien als auch verschiedene Netzbetreiber vertreten.

Der Trend zur vollständigen Digitalisierung der Übertragung und der Vermittlung wurde richtig erkannt aber **ein** diensteintegriertes Netz konnte den stark unterschiedlichen Anforderungen an Bandbreite, Flexibilität und Serviceleistungen der Anwendungen nicht gerecht werden. Die wirtschaftliche und technische Bedeutung der Vernetzung wurde dagegen weit unterschätzt; diese nimmt auch heute noch weiter zu. Deswegen sind allgemeine weiterführende rechtliche, wirtschaftliche und technische Vorkehrungen und Vereinbarungen, wie sie heute bereits in Einzelfällen getroffen werden, erforderlich.

Die Entwicklung der Netztechnologie fand, anstatt wie vorhergesagt zentriert um eine Technologie, in verschiedenen, parallelen Bereichen statt. Die folgenden Begriffspaare charakterisieren diese Diversität:
- Verteilkommunikation, Individualkommunikation
- Durchschaltevermittlung, Paketvermittlung
- Lokale Netze, Weitverkehrsnetze.

---

[1] Firoz Kaderali ist Professor für Kommunikationssysteme an der FernUniversität Hagen und Direktor des Forschungsinstitut für Telekommunikation Dortmund/Hagen/Wuppertal.
[2] Olaf Ehlert ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut für Telekommunikation.

Netze in Deutschland

Im folgenden werden die wichtigsten Netze in Deutschland kurz vorgestellt und jweils auf das Internetworking hingewiesen:

ISDN

Das diensteintegrierende digitale Fernmeldenetz ISDN basiert auf den ITU-Normen der I-Serie (I.100 - I.600) und stellt leitungsvermittelte Dienste zur Verfügung. In zwei Anschlußvarianten (Basisanschluß, Primärmultiplexanschluß) stehen den Teilnehmern 2*64 kbit/s oder 30*64 kbit/s Nutzdatenraten bundesweit zur Verfügung. Die Vernetzungstrends im ISDN werden noch gesondert betrachtet.

Kabel-TV-Netze

In Deutschland sind zur Zeit 16 Millionen Wohneinheiten (Stand 1/96, Telekom) an die Kabel-TV-Netze angeschlossen. Etwa 6 Millionen Teilnehmer werden von der Telekom, die anderen 10 Millionen von privaten Anlagenbetreibern versorgt. Weitere 9 Millionen Haushalte sind bereits anschließbar. Die Entwicklungen im Kabel TV-Netz werden noch gesondert betrachtet.

GSM / DCS 1800

Die europaweiten Standards GSM (***G**lobal **S**ystem for **M**obile Communication*, im 900 MHz-Bereich) bzw. DCS 1800 (***D**igital **C**ellular **S**ystem*, die Variante im 1800 MHz-Bereich) sind in Deutschland in den Netzen D1, von der Deutschen Telekom bzw. DeTeMobil, D2, von einem Firmenkonsortium unter der Leitung von Mannesmann Mobilfunk, und dem E-Netz, von einem Firmenkonsortium mit den größten Anteilen bei Vebacom und Thyssen, implementiert. Die Mobilfunksysteme ermöglichen dem Teilnehmer Ortsunabhängigkeit, ständige Erreichbarkeit, Flexibilität und den Aufbau eines mobilen Büros, da mit einer Nettodatenrate von 13 kbit/s neben Sprache auch Fax (mit 9.6 kbit/s) und Daten (mit 9.6 kbit/s) übertragen werden können. Zahlreiche Übergabepunkte zwischen den GSM/DCS-Netzen und dem Fernsprechnetz/ISDN sind in Betrieb.

DECT

DECT (***D**igital **E**uropean **C**ordless **T**elephony*) ist ein Mobilfunk-Standard der ursprünglich zur Nutzung der schnurlosen Telefonie im Büro- und Heimbereich entwickelt wurde. Aktuell findet der Standard in zahlreichen Pilotprojekten Verwendung, um Endteilnehmer mit der Vermittlungsstelle über eine Funkstrecke zu verbinden. DECT stellt dem Teilnehmer eine Nettodatenrate von 32 kbit/s zur Verfügung.

Datex-P

Datex-P ist der paketvermittelte Datenübertragungsdienst der Deutschen Telekom. Er basiert auf der internationalen Norm ITU X.25. Das Netz kann in allen deutschen Städten erreicht werden und ist international mit allen weiteren öffentlichen Netzen nach X.25-Standard verknüpft. Anschlüsse von 2.4 kbit/s bis 64 kbit/s sind verfügbar. Ein Zugang über den ISDN-Basisanschluß ist gegeben.

Modacom/Mobitex

Modacom der DeTeMobil bzw. Mobitex der Gesellschaft für Datenfunk sind Paket-Datenfunk-Netze, die auf dem X.25-Standard basieren. Beide Netze stehen deutschlandweit zur Verfügung und werden vorwiegend zur Übermittlung kleinerer, aktueller Datenmengen, vorwiegend aus dem Bereich Point-of-Sales, verwendet (z.B. Online-Überprüfung von Kreditkarten, Versandquittierung bei UPS).

FrameRelay

FrameRelay basiert auf einer Weiterentwicklung von X.25; arbeitet also verbindungsorientiert. FrameRelay hat in den USA im Backbone-Bereich zur LAN-LAN-Kopplung eine weite Verbreitung gefunden. In Deutschland stehen zahlreiche, auch bundesweite Netze von verschiedenen Betreibern zur Verfügung (z.B. Viag Intercom: Concert, Deutsche Telekom: Framelink). Aufgrund der Verbreitung in den USA stehen Produkte von einer großen Anzahl von Herstellern zur Verfügung. Die am häufigsten verwendete Bandbreite ist 2 Mbit/s. Ein Gateway für FrameRelay zu dem ATM-Versuchsnetz wird zur Zeit erprobt.

Datex-M

Basierend auf der in der University of Western Australia in Perth entwickelten DQDB-Technologie (***D**istributed **Q**ueue **D**ual **B**us*, standardisiert unter IEEE 802.6), bietet die Deutsche Telekom ein in allen großen Städten verfügbares Hochgeschwindigkeitsnetz an. Das Netz ist als *Backbone* für lokale Firmennetze an verschiedenen Standorten gedacht, basiert, wie schon im Namen spezifiziert, auf einem Doppelring von Glasfasern und stellt allen Teilnehmern zusammen eine Bandbreite von 140 Mbit/s zur Verfügung. Anschlüsse von 64 kbit/s bis zu 34 Mbit/s sind verfügbar. Datex-M ist ein paketvermittelter verbindungsloser Dienst und ist die Implementierung des amerikanischen Hochgeschwindigkeitsdienstes SMDS (***S**witched **M**ultimegabit **D**ata **S**ervice*) bzw. des europäischen Pendants CBDS (***C**onnectionless **B**roadband **D**ata **S**ervice*).

ATM-Pilotnetz

Das ATM-Pilotnetz (ATM - ***A**synchronous **T**ransfer **M**ode*) der Telekom dient zur Erprobung der neuen Technologie und hat Netzübergänge zum französischen und zum paneuropäischen Pilotnetz. Mit Hilfe dieser Netze sollen Funktionalität und Interoperabilität getestet werden. Folgende Orte in Deutschland sind zur Zeit angebunden: Berlin, Bonn, Darmstadt, Hamburg, Hannover, Heidelberg, Karlsruhe, Köln, Leipzig, München, Nürnberg, Stuttgart, Wiesbaden, Ulm. Es stehen Anschlüsse mit 64 kbit/s, 128 kbit/s, 2 Mbit/s, 34 Mbit/s und 155 Mbit/s zur Verfügung. Die Vernetzung zwischen ATM und Datex-M wird über *interworking units* (IWU) erprobt.

Eine der ersten Nutzungen der ATM-Technologie fand im deutschen Hochschulnetz (WIN) statt, das im Laufe des Jahres 1996 auf die Hochgeschwindigkeitstechnologie umgerüstet wird. Inzwischen haben zahlreiche private ATM-Netze den Betrieb in Deutschland bereits aufgenommen.

Interworking zum ATM-Pilotnetz

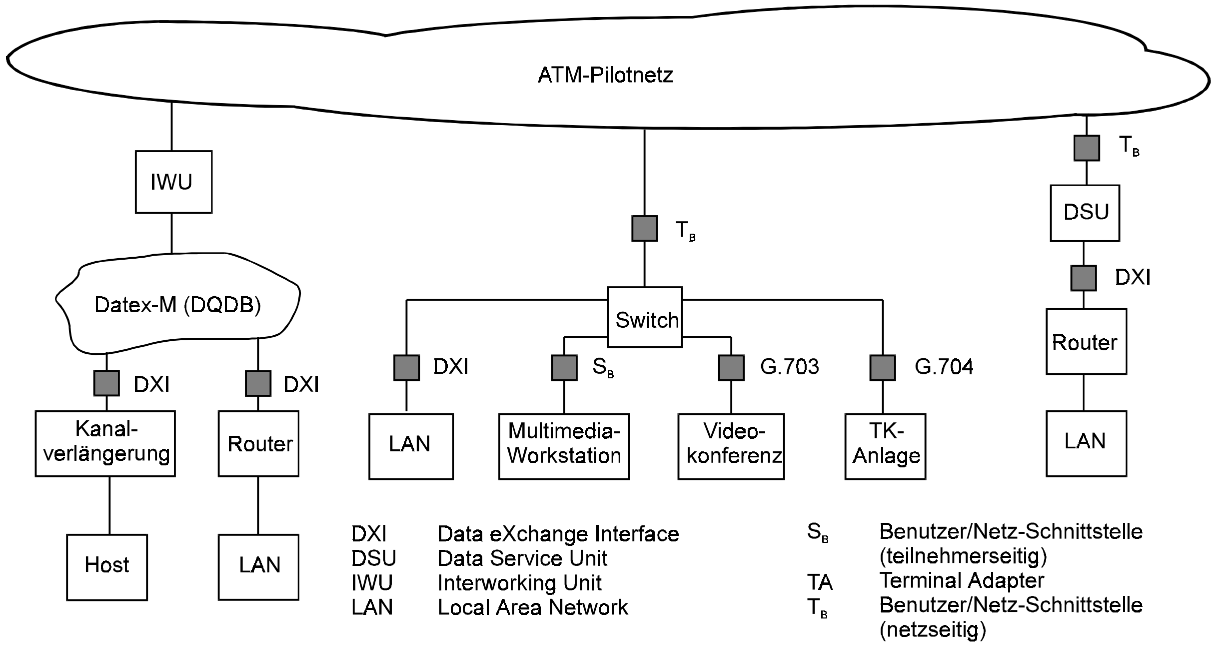

Bild Nr. 1

City-Netze der Deutschen Telekom

Die Deutsche Telekom bietet im Bereich von großen Städten verschiedene Spezialnetze an, die alle auf ringförmig verlegten Glasfasern mit SDH-Technik (***S**ynchronous **D**igital **H**ierarchy*) basieren:

- CityConnect - eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zur Übertragung großer Datenmengen (z.B. Backup oder Kopplung von Rechenzentren) im Stadtgebiet
- CityLAN - zur LAN-LAN-Kopplung im Stadtgebiet
- CityATM - zur integrierten Sprach-, Daten- und Videokommunikation
- CityVoice - zur Sprachkommunikation.

Auch zahlreiche private Unternehmen führen zur Zeit, parallel zum Aufbau der eigenen Netze, Pilotprojekte durch. In den Pilotprojekten wird einerseits nach Lösungen gesucht, möglichst kostengünstig Endteilnehmer an das Netz anzubinden, andererseits dienen sie der Erprobung neuer multimedialer und interaktiver Anwendungen.

Einige Beispiele sind:

- Vebacom mit Infocity - Der Versuch basiert auf einem 220 Kilometer langen Glasfaserring durch das gesamte Ruhrgebiet (Duisburg, Essen, Bochum, Dortmund, Wuppertal, Köln, Düsseldorf, Stichleitungen führen nach Aachen, Münster und Bonn). Es sollen mehrere tausend Endteilnehmer über z.B. Kabelverteilnetze mit multimedialen Breitbanddiensten versorgt werden.
- RWE Telliance mit Multimediastadt Gelsenkirchen - Neben den Tests zur Erprobung der DECT-Technologie werden gleichzeitig weitere Anbindungsmöglichkeiten (z.B. Kabelverteilnetze und Stromversorgungsstrecken) untersucht, um neue interaktive Anwendungen (wie interaktives Fernsehen, Teleshopping, Datenbankabfragen, Online-Dienste usw.) zu ermöglichen.

- Thyssen mit DECT-Netz Duisburg - Die Thyssen Telecom AG plant in einem Pilotversuch in Duisburg maximal 300 Teilnehmer mittels DECT-Funk-Technologie an das firmeneigene Weitverkehrsnetz T-Net anzubinden. Angebotene Dienste sind außer der Telefonie mit gleicher Qualität wie im Festnetz und ISDN-Leistungsmerkmalen der Zugang zu Mehrwertdiensten durch die Anbindung an das T-Net.

Das parallele Entstehen mehrerer Netzbetreiber und Diensteanbieter hat zum dringenden Bedarf nach rechtlichen bzw. regulatorischen Vorgaben für das *internetworking* geführt. Die Netzbetreiber versuchen mit Hilfe verschiedener Strategien ihre Vorteile zu realisieren:

Z.B. Kostenstrategie: Daten werden möglichst lange im eigenen Netz transportiert. Es gilt Übergabepunkte möglichst so zu wählen, daß Daten möglichst früh ins eigene Netz geholt und möglichst spät an andere Netze übergeben werden.

Z.B. Entwicklungsstrategie: Der Wert eines Netzes (sowohl für den Betreiber als auch für den Teilnehmer) wächst mit der Anzahl der Teilnehmer. Daher wird zunächst eine Öffnungsstrategie (*Internetworking* mit anderen Betreibern) gefahren, beim Erreichen einer gewissen Größe kann diese in eine Abschottungsstrategie umgewandelt werden.

Deutschland unterscheidet sich von anderen Ländern insbesondere in den beiden folgenden Punkten:
- Die große Verbreitung des ISDN
  Die Deutsche Telekom nimmt mit Abstand die Welt-Spitzenposition unter den ISDN-Betreibern ein.
  3 Millionen B-Kanäle (1. Quartal 96, Angabe Telekom)
  Verteilung in Europa: BRD 65%, Frankreich 25%, England 5%, Schweiz 2%
  Anteil weltweit: BRD 30%
- Das größte Kabelverteilnetz in einer Hand
  16 Millionen verkabelte Wohneinheiten, weitere 9 Millionen anschließbar. 6 Millionen werden direkt von der Deutschen Telekom (1. Quartal 96, Angabe Telekom) versorgt.

Entwicklung der Kommunikationsstruktur

Die heute vorhandenen Netzinfrastrukturen können in zwei unterschiedliche Netztopologien eingeordnet werden: **Verteilnetze** (z.B.: Kabel-TV-Netze, Funk- und Satellitennetze) und **Individualnetze** (z.B.: ISDN, Mobil-Funknetze, LAN, B-ISDN, HSLAN)

Verteilnetze haben traditionell, aus dem Bereich Rundfunk und Fernsehen kommend, die Aufgabe eine große Datenmenge an eine große Anzahl von Teilnehmern zu übermitteln, ohne daß eine Interaktionsmöglichkeit besteht. Die hierfür entwickelten Technologien zeichnen sich daher, auch schon im analogen Bereich, durch ihre große Bandbreite, den fehlenden Rückkanal und den hohen Anpassungsgrad an die jeweilige Anwendung aus.

Die Vernetzungstechnologie für Individualnetze hat, historisch gesehen, ihren Ursprung im Bereich des lokalen Netzes (LAN - ***L****ocal* ***A****rea* ***N****etwork*). Hier entstand im Laufe der Zeit in verschiedenen Entwicklungsphasen der Bedarf nach:
- Verlängerung der Reichweite (*Repeater*)
- Anbindung zweier LANs mit gleichen Protokollen (*Bridges*)

- Anbindung von heterogenen LANs (*Router, Brouter*)
- Zugang zu öffentlichen Netzen (WAN - ***W**ide **A**rea **N**etwork*, *Gateways*).

Zunächst wurden Lösungen entwickelt, die nur in den unteren Schichten des OSI-Modells arbeiteten. Auch heute sind viele solche Lösungen am Markt. Moderne Vernetzungskonzepte dagegen arbeiten in der Regel, unter Beibehaltung der Schichten 1 und 2 der individuellen Netze, auf Schicht 3 (und oberhalb) des OSI-Modelles.

Fernsprechnetz/ISDN

Deutschland nimmt sowohl bei der Entwicklung als auch bei der Verbreitung der ISDN-Technologie eine Spitzenstellung ein. Obwohl sich die ursprüngliche Vorstellung eines einzigen diensteintegrierenden Netzes nicht erfüllt hat, läßt sich eine integrative Wirkung des ISDN in vielen Teilbereichen beobachten. Das *internetworking* spielt dabei eine zentrale Rolle.

So werden zur Zeit viele Anwendungen mit geringen (sporadischen) Daten im D-Kanal des ISDN integriert, da dienstespezifische Netze nicht rentabel betreibbar sind. Dies wird z.B. durch die Aufgabe des Temex-Netzes (ein analoges Netz für Fernwirkung und -messung) der Telekom dokumentiert.

Ein weiterer integrativer Ansatz ist die Entwicklung des X.31-Standards mit dessen Hilfe der Anschluß an X.25-Netze via Euro-ISDN durchgeführt wird. Bei Verfügbarkeit von Kopplungen nach X.31 benötigt der Endteilnehmer nicht mehr unterschiedliche Netzanschlußeinrichtungen für unterschiedliche Netze, sondern kann mit ein und derselben ISDN-Karte alle Teilnehmer in beiden Netzen erreichen. Dies ist vor allem ein Vorteil bei niedrigvolumigen Anwendungen (z.B. POS-Anwendungen), die aufgrund der hohen Basiskosten eines paketvermittelnden Dienstes nicht realisiert würden.

ISDN wird heute überwiegend für die Sprach- und die Datenübermittlung (unter Verwendung von ISDN-PC-Karten) genutzt. Inzwischen wird es auch vermehrt zur Kopplung vorhandener LANs eingesetzt. Trotz der, im Vergleich zu der im LAN zur Verfügung stehenden, niedrigen spontanen Bandbreite bietet sich die ISDN-Lösung an, da eine einfache Integration in die vorhandene Netzstruktur über große Entfernungen durchgeführt werden kann. Inzwischen gibt es eine große Anzahl an leicht einzusetzenden und konfigurierenden Produkten (z.B. Multiprotocol-Router) von mittelständischen deutschen Unternehmen auf dem Markt.

Da die Kosten für die Verlegung von Glasfasern im Teilnehmerbereich sehr hoch sind, wird (wie seinerzeit bei ISDN) versucht, neue Verfahren, die höhere Bandbreite auf vorhandenen Kupferdoppeladern ermöglichen, zu entwickeln. Ziel dabei ist es, neben den heutigen schmalbandigen Diensten noch weitere breitbandige interaktive Dienste zu ermöglichen. Diese neuen Verfahren werden unter dem Begriff ADSL (***A**dvanced **D**igital **S**ubscriber **L**ine*) zusammengefaßt. Die Verfahren unterscheiden sich in der zur Verfügung gestellten Gesamtbandbreite und den Bandbreiten für Hin- (*Downstream*) und Rückkanal (*Upstream*). Wenn die zur Verfügung gestellte Bandbreite für Hin- und Rückkanal unterschiedlich ist, spricht man von asymmetrischen, andernfalls von symmetrischen Verfahren. Asymmetrische Verfahren haben den Vorteil, daß sie mit ihrer Bandbreitenverteilung den Anforderungen potentieller Anwendungen besser entsprechen (breiter Hinkanal, schmalerer Rückkanal) und aufgrund der physikalisch begrenzten Gesamtbandbreite eine bessere Auslastung der Gesamtkapazität ermöglichen.

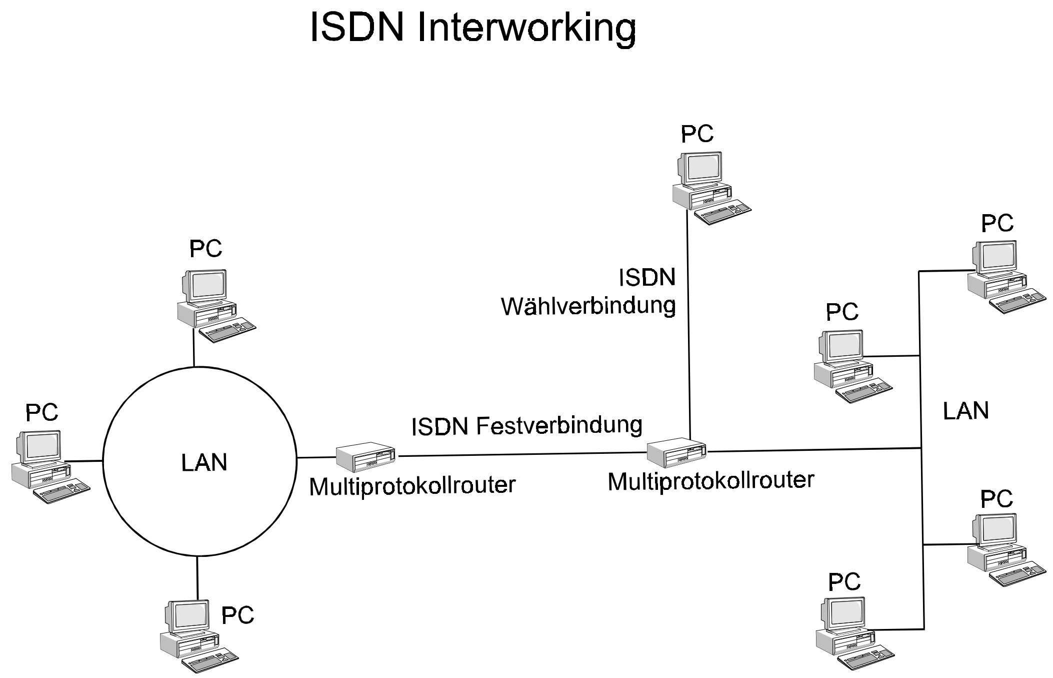

Bild Nr. 2

Kabel-TV-Netz

Ursprünglich für den Einsatz als Fernsehverteilnetz konzipiert, war in den letzten Jahren eine Erweiterung der Verteilstruktur, vorwiegend zur Anwendung im Entertainment-Bereich, in vielen geplanten Feldversuchen in Deutschland vorgesehen. Der Schwerpunkt lag zunächst auf eingeschränkt interaktiven Lösungen mit Verteilcharakter, wie *Video-on-Demand*. Der aktuelle, im Laufe eines Jahres eingetretene Trend hin zur Integration von erweiterten Interaktionsmöglichkeiten ließ sich z.B. auf der letzten Cablecomm Messe beobachten. Auf der Messe waren im Gegensatz zum letzten Jahr kaum noch Video-on-Demand-Anwendungen zu sehen, sondern überwiegend Lösungen zur Nutzung der Kabelinfrastruktur für hoch interaktive Anwendungen (z.B. Spiele oder Internet). Auch in den geplanten Feldversuchen in Deutschland spiegelt sich dieser Trend wieder.

Technisch stellen die verlegten Glasfasern eine Bandbreite von 450 MHz bis über 800 MHz (je nach Ausbaustand, stark unterschiedlich in Ost und West) für die Übertragung zur Verfügung. Für die analoge Fernsehübertragung werden lediglich Frequenzen bis 300 MHz genutzt. Neue Entwicklungen versuchen den noch unbelegten Bereich oberhalb von 400 MHz (Hyperband) zu nutzen (z.B. Coaxiom von Siemens und Scientific Atlanta oder Cablecomm von Motorola).

Ausbaumöglichkeiten des Kabel-TV-Netzes:

- Im Bereich von 300 bis 450 MHz können weitere 18 analoge Kanäle oder 72 bis 180 digitale Kanäle übertragen werden.
- Ersatz der vorhandenen 32 analoge Kanäle unterhalb von 300 MHz durch 120 bis 300 digitale Kanäle. (Die meisten Szenarien gehen allerdings von einer hybriden Nutzung aus.)
- Durch Einführung eines Rückkanales wird die gewünschte Interaktivität ermöglicht. Dies bedeutet aber gleichzeitig den Austausch oder Überbrückung aller beteiligten Verstärkerkomponenten und stellt damit einen hohen Kostenfaktor dar.
- Umfunktionieren des Verteilprinzips (alle Teilnehmer können alle Daten „hören“) zur Individualkommunikation mit Hilfe von Verschlüsselungsverfahren.

Digitaler Dienst	Datenrate	Zahl der Dienste
Video, niedrige Qualität (VHS)	2 Mbit/s	19
Video, mittlere Qualität	4 Mbit/s	9
Video, hohe Qualität (Sport)	8 Mbit/s	4
Audio, CD-Qualität	192 kbit/s	190
Daten, ISDN-B-Kanal	64 kbit/s	590

Kapazität eines analogen Fernsehkanals (8 MHz Bandbreite) bei homogener Nutzung mit digitalen Diensten (38 Mbit/s Nutzbitrate)

Die Konvergenz von Verteil- und Individualkommunikation erfolgt aufgrund der Ähnlichkeit, wenn nicht gar der Identität, der Anwendungen und der leichten Integration, die durch den Einsatz der Digitaltechnik als Basistransporttechnik gegeben ist. Dies ist insbesondere vor der Entwicklung leistungsfähiger Kabelmodems zu sehen, die es ermöglichen, die vorhandene Verteilstruktur für Individualkommunikation zu nutzen.

Weltweit wird an der Entwicklung von Kabelmodems gearbeitet, die die oben beschriebenen Eigenschaften realisieren und u.a. in Set-Top-Boxen Verwendung finden sollen. Genau wie bei den Techniken zur besseren Ausnutzung vorhandener Fernmeldeverkabelungen wird bei den Kabelmodems zwischen symmetrischen und asymmetrischen Verfahren unterschieden. Zur Zeit gibt es auf dem Weltmarkt zwei verschiedene Produktgruppen, die sich an den Bedarf der geplanten Anwendungen anlehnen:

- Kabelmodems für Telefonie-Anwendung - diese stellen allen angeschlossenen Teilnehmern (einer Kabel-Insel) exklusive „virtuelle“ Kanäle zur Sprachübertragung zur Verfügung
- Kabelmodems für breitbandige Datendienste - diese teilen die zur Verfügung stehende Bandbreite zwischen allen angeschlossenen aktiven Teilnehmern auf (*shared medium*).

Entwicklung der Vermittlungsverfahren

Zwei grundlegende Vermittlungsverfahren haben sich bisher in den vorhandenen Netzen durchgesetzt:

- Paketvermittlung (packet switching)
- Durchschaltevermittlung (circuit switching).

Die Nachteile der Durchschaltevermittlung liegen vorwiegend in der schlechten Auslastung der Netze. Aufgrund der starren Aufteilung der Bandbreite in Bitraten, die durch die exklusive Zuverfügungsstellung eines vermittelten Kanals für eine Anwendung entsteht, können z.B. Ruhezeiten der Datenquellen (die meisten Quellen haben sporadischen Charakter) nicht für andere Datenübertragungen genutzt werden.

Die Nachteile der Paketvermittlung ergeben sich direkt aus dem Übermittlungsprinzip: Aufgrund der Multiplexbildung von Paketen in den Vermittlungsstellen kommt es zu schwankenden, gelegentlich langen, Wartezeiten der einzelnen Pakete. Dies unterbindet die Echtzeit- oder plesiochrone Übermittlung.

Die jeweiligen Nachteile der Verfahren bewirkten in der Vergangenheit ein paralleles Wachstum von LAN- bzw. X.25-Netzen und Durchschalte-Netzen, da durch die beiden Anwendungen, Datenübertragung und Telefonie, grundverschiedene Anforderungen, bezüglich dieser Nachteile, gestellt werden.

Konvergenz der Entwicklungslinien

Trotz der parallelen Entwicklung der Netztechnologien für die beiden Anwendungen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen kommt es nun, wieder auf der Digitaltechnik basierend, zur allmählichen Konvergenz. Bereits in den frühen achtziger Jahren entwickelte man sowohl in Europa (vor allem in Frankreich bei CNET) als auch in USA (bei Bell Labs) die schnellen Paketvermittlungsverfahren, die die Nachteile der beiden besprochenen Verfahren zu vermeiden versprachen. In USA lag der Schwerpunkt bei der schnellen Datenübermittlung, in Frankreich bei der Bildübermittlung. Entsprechend wurden die Systeme unterschiedlich optimiert. Bei Bell Labs wurde die Paketvermittlung zu FPS (*__F__ast __P__acket __S__witching*) weiterentwickelt, bei CNET in Frankreich zu ATD (*__A__synchronous __T__ime __D__ivision*). Diese Vorversuche führten letztlich 1986 zur Definition und Normung von ATM (Asynchronous Transfer Mode), das heute das Basisübertragungssystem für das B-ISDN (Breitband-ISDN) bildet.

Typische Maßnahmen bei der Entwicklung einer schnellen Paketvermittlung waren:

- Einsatz von schnellen Technologien für die Durchschaltung und die Übertragung
- Einsatz von parallelen Verarbeitungstechniken
- Reduktion der Komplexität der Protokolle, z.B. durch Weglassen der abschnittsweisen zyklischen Fehlerkorrektur und Flußkontrolle
- Bildung von kleinen, für die Übertragung optimalen, Paketen
- Verschiebung von, für die Übermittlung erforderlichen Funktionen, in die niedrigen Schichten (des OSI-Modelles).

Die Verschmelzung der beiden vorgelegenen Ansätze zu ATM läßt sich heute noch an den ATM-Charakteristika erkennen:

- Kurze Nachrichtenpakete (Zellen) von fester Länge (53 Byte, Kopf 5 Byte, Infoteil 48 Byte)
- Bildung von virtuellen Verbindungen
- Schnelle virtuelle Adressierung
- Verlagerung aller Transportfunktionen in die Schicht 2 des OSI-Modelles.

Außer der Diensteintegration, die auf den gleichen Prinzipien wie beim ISDN basiert, bietet ATM zwei wesentliche Vorteile, die auf der Verfügbarkeit von variablen Bitraten basieren:

- Anpassung der Bitübermittlungsrate der Verbindung an die Schwankungen der Datenquelle
- Unabhängigkeit der Endgeräteschnittstelle von der Bitrate des Dienstes.

Zur Zeit (kurzfristig) wird ATM für schnelle Datenübermittlung eingesetzt. Angebotene Dienste sind:

- FrameRelay als verbindungsorientierter Dienst (*__F__rame __M__ode __B__earer __S__ervice*)
- SMDS / CBDS als verbindungsloser Dienst.

Langfristig wird ATM für Multimedia-Anwendungen verwendet (Basis für die Datenautobahn - *Information Super Highway*)

Gleichzeitig mit der Entwicklung der ATM-Technologie wurden Ideen zur Ankopplung vorhandener Netze an das B-ISDN entwickelt. Hier läßt sich eine noch weitergehende Integration im Vergleich zu ISDN feststellen. Zwei Formen des Datentransportes von Daten aus anderen Netzen stehen dabei zur Verfügung:

- Einbettung (*Embedding*) der zu transportierenden Daten in Datenstrukturen des Transportnetzes (z.B. IETF RFC 1577: Classical IP over ATM und ATMF MPOA: Multiprotocol over ATM).
  Dies ist, auf einer tieferen Ebene, auch eine der Hauptaufgaben des ATM-AAL (***A**TM-**A**daptation-**L**ayer*). Hierzu sind verschiedene an die Anforderungen unterschiedlicher Daten-Charakteristika angepaßte Versionen (AAL-1 bis AAL-5) definiert worden.
- Ausnutzung gleicher Zellstrukturen (z.B. bei Kopplung über DQDB oder ATM-Ring). Durch Anpassung der Paketformate der HSLAN an ATM-Zellen wurde eine optimale Brücke zwischen öffentlichen und lokalen Netzen geschlagen.

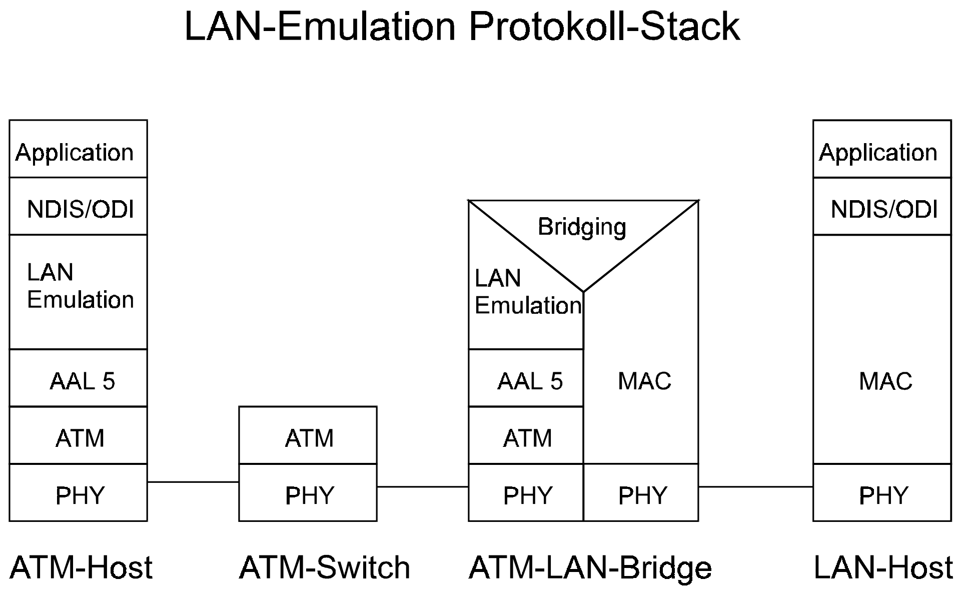

Bild Nr. 3

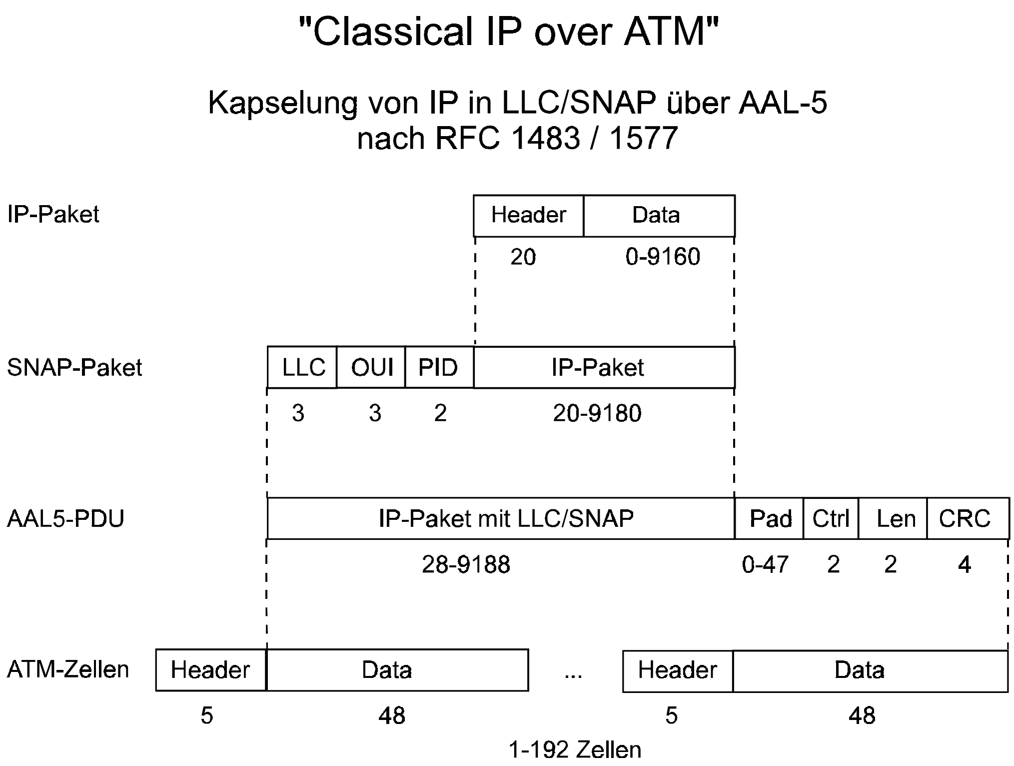

Bild Nr. 4

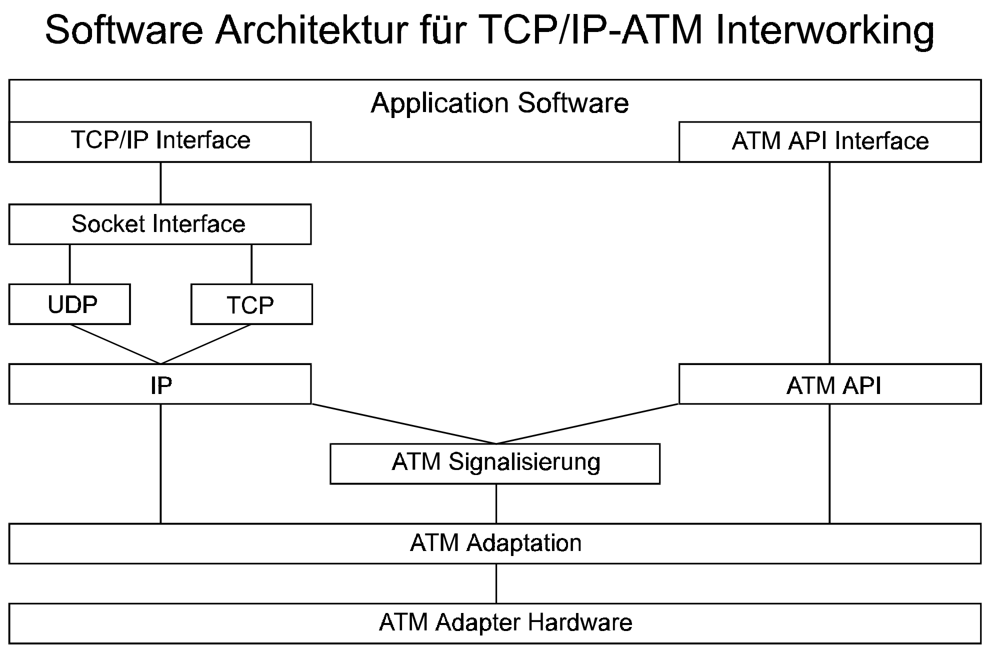

Bild Nr. 5

Weitere einzelne Trends zur Integration

Beim Aufbau neuer breitbandiger Netze in Deutschland wird häufig die SDH-Technik (***S**ynchronous **D**igital **H**ierarchy*) eingesetzt, da sie einerseits die Bildung von virtuellen privaten Netzen (*virtual private networks*) über die Managementebene (*crossconnects*) und andererseits eine bedarfsabhängige Aufteilung der verfügbaren Bandbreite zwischen ATM- und plesiochroner Übermittlung (über *tributaries* bzw. *container*) ermöglicht.

Die Konvergenz von Daten- und Sprachnetzen findet sich auch bei der Einführung und Standardisierung des Iso-Ethernet (Isochrones Ethernet, IEEE 802.9a), das zur Integration von Multimedia-Anwendugen am Arbeitsplatz entwickelt wurde. In diesem System stehen mit Hilfe eines TDM-Verfahrens (***T**ime-**D**ivision-**M**ultiplex*) parallel zur Übertragung der LAN-Pakete mit der Standarddatenrate von 10 Mbit/s weitere 96 B-Kanäle zur Übertragung von isochronen Daten wie Sprache und Video zur Verfügung. Beim Einsatz dieses Systems, zu dem eine Umrüstung vorhandener Netzwerkkarten und Hubs erforderlich wird, können TK-Anlagen und LAN-Server vom Anwender transparent mit einem Endgerät genutzt werden.

Bei den zur Zeit stattfindenden Pilot-Versuchen zu DAB (***D**igital **A**udio **B**roadcasting*) bzw. DVB (***D**igital **V**ideo **B**roadcasting*) wird untersucht, ob die eigentlich vorhandene Verteilstruktur der beiden Systeme auch für interaktive Datendienste genutzt werden kann. Die Systeme haben den Vorteil eines breitbandigen Hinkanals und müssen in geeigneter Form (z.B. GSM) um einen Rückkanal ergänzt werden.

Neben den beschriebenen Aktivitäten im WAN-Bereich finden auch im LAN-Bereich zwei weitere Entwicklungen statt:

- Ersatz von „normalen“ Hubs durch *Switching-Technology*, sowohl bei Ethernet als auch bei Token-Ring. Dies geschieht parallel zur Einführung der FastEthernet Produkte.
- Durch Einführung der Europanorm zur strukturierten Verkabelung (EN 10713) werden neu gebaute Gebäude im Tertiärbereich in einer Stern-Topologie, mindestens mit Kabeln der Kategorie D, die Übertragungsraten bis 100 Mbit liefern, verkabelt. In Kombination mit der *Switching-Technology* stehen den Anwendern auch auf lange Sicht ausreichend Bandbreite an den Arbeitsplätzen, unabhängig von der eingesetzten Übertragungstechnik, zur Verfügung.

Zusammenfassung

Die Vorstellung, die am Anfang des ISDN-Einsatzes herrschte, daß sich **ein** diensteintegrierendes digitales Fernmeldenetz durchsetzen wird, hat sich nicht bewahrheitet. Heute gibt es in Deutschland zahlreiche Netze von unterschiedlichsten Betreibern. Die Bedeutung des Internetworking wurde anfangs unterschätzt. In dem heutigen Szenario kommt dem Internetworking eine zentrale Bedeutung zu. Während anfänglich die Vernetzung bei lokalen Netzen in den unteren OSI-Schichten ihren Ursprung hatte, spielt heute die Vernetzung in der Schicht 3 und darüber die Hauptrolle. Mit dem Einsatz der ATM-Technik wird nun auch ersichtlich, daß künftig die Einbettung (*Embedding*) und die Integration auf Zellebene an Bedeutung gewinnt.

Durch die unterschiedlichen Netze, die in Deutschland aufgebaut wurden und noch aufgebaut werden, liegen gute Erfahrungen im Internetworking vor. Während im Bereich der Kopplung lokaler Netze lediglich Anwendungserfahrungen vorliegen, werden auf ISDN-Basis zahlreiche Produkte und Verfahren entwickelt und auf dem Markt gebracht. Bei der Integration der Individualdienste über TV-Verteilkabel liegen in Deutschland wiederum überwiegend Anwendungserfahrungen vor; während bei der Entwicklung der Vernetzungsverfahren über SDH- und ATM-Techniken auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt werden.