

HIGHPEEDNETZE UND IHRE ANWENDUNGEN

VON

**THOMAS SCHMITZ
&
MICHAEL HURLER**

**SEMINAR
AUSGEWÄHLTE KAPITEL DER
BANKINFORMATIK
(SOMMERSEMESTER 1999)**

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

LEHRSTUHL FÜR WIRTSCHAFTSINFORMATIK II

PROFESSOR DR. H. J. PETZOLD

**IN ZUSAMMENARBEIT MIT DER
DG BANK AG**



DG BANK 

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1-1
2	Technologien im Überblick.....	2-2
2.1	Quality of Service	2-2
2.2	Leitungsgebundene Technologien.....	2-2
2.2.1	ATM	2-3
2.2.1.1	Die Technik der Telefonnetze.....	2-3
2.2.1.2	Die ATM-Zelle	2-4
2.2.1.3	Switching vs. Routing	2-5
2.2.1.4	Dienstklassen	2-6
2.2.1.5	Die Marktposition von ATM	2-7
2.2.2	xDSL	2-7
2.2.2.1	xDSL-Technologien im Überblick.....	2-7
2.2.2.2	ADSL	2-9
2.3	Drahtlose Technologien	2-9
2.3.1	GSM	2-10
2.3.1.1	Grobe Funktionsbeschreibung der heutigen GSM-Netze	2-10
2.3.1.2	HSCSD.....	2-12
2.3.1.3	GPRS.....	2-12
2.3.1.4	EDGE	2-13
2.3.2	UMTS.....	2-14
3	Anwendungen	3-17
3.1	Übersicht	3-17
3.1.1	Leitungsgebundene Hochgeschwindigkeitsnetze als Backbone für die Kommunikation eines Unternehmens	3-17
3.1.2	Anbindung von mobilen Mitarbeitern über leitungslose Hochgeschwindigkeitsnetze	3-18
3.2	Backbones	3-18
3.2.1	Implementierung.....	3-18
3.2.2	Praxisbeispiel.....	3-20
4	Marktübersicht	4-21
4.1	Deutsche Telekom AG	4-21
4.1.1	T-ATM	4-21
4.1.2	T-ATM über T-DSL	4-22
4.1.3	Sonstiges Angebot im Überblick.....	4-22
4.2	Mannesmann Arcor	4-22
4.3	VIAG Interkom	4-23
4.4	COLT TELECOM	4-23
4.5	MCI WorldCom	4-24
4.5.1	International ATM.....	4-25
4.5.2	ATM Plus	4-25
4.6	AT&T	4-25
5	Zusammenfassung und Ausblick	5-27

Literaturverzeichnis

- AT&T
URLs:
http://www.att.com/data/newservices/localdata_ATM.html
http://www.att.com/international_business
<http://www.att.com/data/services/highspeedpacket.html>
<http://www.att.com/data/network> ;
3. Juni 1999
- ATM-Forum
LAN Emulation over ATM Version 1.0
1995
URL: <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0021.000.pdf> ; 20. Juni 1999
- ATM-Forum
Multiprotocol over ATM Version 1.0 MIB
1998
URL: <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-mpoa-0092.000.pdf> ; 20. Juni 1999
- Badach, Anatol; Hoffmann Erwin; Knauer, Olaf
High Speed Internetworking
1994
1. korrigierter Nachdruck 1995
Addison-Wesley Bonn, Paris, Reading, Mass. [u.a.]
ISBN 3-89319-713-3
- Baines, Rupert
Discrete Multitone (DMT) vs. Carrierless Amplitude/Phase (CAP) Line Codes
1997
Analog Devices, Inc.
URL: http://www.analog.com/publications/whitepapers/whitepaper_html/content.html ; 5. Juni 1999
- Cai, Jian und Goodman, David J.
General Packet Radio Service in GSM
in: IEEE Communications Magazine
Ausgabe: Oktober 1997
S. 122 ff.
- Cianciolo, Dr. Sabine
Liebe auf den zweiten Blick
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 13 / 1998
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 45
- COLT TELECOM
URL:
<http://www.colt.de/produkte/acc/ubertragungsdienste/COLTLink/main2.html>
12. Juni 1999
- connect (N.N.)
Die schnellen Datenfunk-Techniken der Zukunft
in: connect
Ausgabe 06/1999
Verlag Vereinigte Motor-Verlage GmbH & Co. KG
S. 66
- Deutsche Telekom
T-Net - ATM Area
1999
URL: http://www.telekom.de/angebot/datenkomm/verm_netze/t_net/area/main.html ; 12. Juni 1999

-
- Deutsche Telekom
T-ATM dsl Preisinformation für Wählverbindungen
1999a
URL: <http://www.telekom.de/angebote/bba/preise/atm/index.htm> ; 15. Juni 1999
 - Dugenie, Pascal
UMTS for all – Quality of Service Issues
ACTS goes Asia - Workshop on Personal Mobile Multimedia
9th-10th September 1997
URL: <http://www.fen.bris.ac.uk/elec/UMPTIDUMPTI/data/papers/singapore/body.html> ; 12. Juni 1999
 - Ericsson Austria AG
HSCSD, High Speed Circuit Switched Data
Presseinformation
18. März 1999
URL: <http://www.ericsson.at/AT/presse/1999/fachthema4.htm> ; 6. Juni 1999
 - Ericsson
Moving toward a global third-generation standard – HSCSD
1999
URL:
<http://www.ericsson.com/wireless/products/mobsys/gsm/subpages/wise/subpages/hscsd.shtml> ; 15. Juni 1999
 - Ericsson
Moving toward a global third-generation standard – Route to WCDMA
1999a
URL:
<http://www.ericsson.se/wireless/products/mobsys/3rdgen/subpages/3gcell/subpages/3route/3route.shtml> ; 04. Juni 1999
 - Gamm, Christoph von; Ungerer, Bert
Baustein der Zukunft
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 10 / 1994
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 138 ff.
 - Gillhuber, Andreas
Kurze Wege durchs Netz
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 11 / 1997
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 334 ff.
 - Goralski, Walter; Kessler, Gary
ADSL: Savior of Mankind or Spawn of the Devil?
1997
URL: <http://www.hill.com/library/adsl.html> ; 13. Juni 1999
 - Handelsblatt (gil / uso)
Weltstandard im Mobilfunk rückt näher
in: Handelsblatt
Ausgabe Nr. 110, 11./12.06.1999
 - Hartmann, Rüdiger
Netze ohne Grenzen
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 10 / 1996
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 346 ff.
-

-
- International Telecommunicaton Union
ITU-T E.800-Standard: Quality of service and dependability vocabulary
1994
 - Laubach, M.
Classical IP and ARP over ATM
RFC 1577
1994
URL: <ftp://src.doc.ic.ac.uk/rfc/rfc1577.txt> ; 13. Juni 1999
 - Mannesmann Mobilfunk
Ask D2 Privat
Ausgabe Juni 1999
URL: <http://www.d2privat.de/kunden/download/askd2.exe> ; 23. Juni 1999
 - MCI WorldCom
URLs:
<http://www.wcom.de/worldupdate/0698/0698-3.html>
http://www.wcom.com/services_for_business/on_net/data_atm.shtml ;
1. Juni 1999
außerdem: Unterlagen und Auskunft von MCI WorldCom GmbH, Frankfurt, Frau Kirsten Noack Nickel
 - Mierschke, Thomas
Ein globales Netz für den Datentransfer
in: Bank Magazin
Ausgabe: 12/1997
S. 50 ff.
 - MobilenniuM
UMTS Forum Newsletter
Ausgabe: Nr. 5, November 1998
URL: <http://www.umts-forum.org/> ; 1. Juni 1999
 - Nokia
Enhanced Data Rates for GSM Evolution EDGE
White Paper
1999
URL: http://www.nokia.com/networks/global_pdf/edge_wp.pdf ; 2. Juni 1999
 - Nokia
General Packet Radio Service GPRS
White Paper
1997
URL: http://www.nokia.com/networks/global_pdf/gprs_wp.pdf ; 2. Juni 1999
 - Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP)
Eckpunkte zur Lizenzierung von UMTS
10.05.1999
URL: <http://www.regtp.de/Aktuelles/umts/eckpkte.htm> ; 23. Juni 1999
 - Rüdiger, Ariane
Videoconferencing rüstet Call Center auf
in: Office Banking
Ausgabe: 2/99
Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Düsseldorf
S. 18 f.
 - Samukic, Antun
UMTS Universal Mobile Telecommunications System: Development of Standards for the Third Generation
in: IEEE Transactions on Vehicular Technology
Ausgabe: Vol 47, No. 4, November 1998
S. 1100 ff.
 - Sandte, Henning
Streckenerweiterung
-

-
- in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 16 / 1998
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 84 f.
- Schmoll, Michael; Bauer, Diethelm; Anders Jürgen
Schnelles Kupfer
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 16 / 1998
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 78 bis 83
 - Sheppard, Steve
The Promise of ADSL
1998
URL: <http://www.hill.com/library/adslpromise.html> ; 13. Juni 1999
 - Siemens Matsushita Components
Erfolg durch Innovation
URL: <http://w2.siemens.de/pr/inf/40/ap/d0000009.pdf> ; 7. Juni 1999
 - Siemens
From GSM to UMTS – The Evolution of Mobile Communication
Siemens' Vision for the 3rd Generation
URL: http://www.siemens.de/ic/networks/ca_new/download/gsm2umts.pdf ; 4. Juni 1999
 - Soria-Rodríguez, Pedro
VDSL - Very High-Rate Digital Subscriber Lines
1997
URL: <http://bugs.wpi.edu:8080/EE535/hwk97/hwk3cd97/sorrodpsorrod.html> ; 15. Juni 1999
 - Späth, Jan
Mehr Licht!
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 1 / 1999
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 156 ff.
 - Tanenbaum, Andrew S.
Modern Operating Systems
International Edition
1992
Prentice-Hall London, Sydney, Toronto [u.a.]
ISBN 0-13-595752-4
 - Tanenbaum, Andrew S.
Computer Networks
International Edition
1996
Prentice-Hall London, Sydney, Toronto [u.a.]
ISBN 0-13-394248-1
 - Tillmann, Wolfgang
Internet-Schnellbahn für jedermann
in: c't – Magazin für Computer Technik
Ausgabe 11 / 1997
Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover
ISSN 0724-8679
S. 324 ff.
 - Tinsley, Rick; Lang, Larry
ATM MPOA vs. IP Switching
-

1996

URL: <http://solar.chonbuk.ac.kr/~bjlee/mirror/Tutorials/switch.html> ; 12. Juni 1999

- Trillium Digital Systems, Inc.
Comparison of IP-over-SONET and IP-over-ATM Technologies
1997

URL: <http://www.trillium.com> ; 20. Juni 1999

- VIAG Interkom

URLs:

<http://www.viag-interkom>

http://www.viag-interkom.de/produkte/grosskunden/dataservice/concert_atm_intro.html

http://www.viag-interkom.de/unternehmen/zahlen_fakten_intro.html ;

10. Juni 1999

Abkürzungsverzeichnis

AAL	ATM Adaption Layer
AAL-SAP	ATM Adaption Layer Service Access Port
ABR	Available Bit Rate
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AG	Aktiengesellschaft
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
Bsp.	Beispiel
BUS	Broadcast and Unknown Server
ca.	circa
CAP	Carrierless Amplitude/Phase
CBR	Constant Bit Rate
CDMA	Code Division Multiple Access
CLP	Cell Loss Priority
CS	Convergence Sublayer
Cu-DA	Kupferdoppelader
d.h.	das heißt
DMT	Discrete Multitone
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
ECSD	Enhanced Circuit Switched Data
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EGPRS	Enhanced General Packet Radio System
elektr.	elektrisch
etc.	et cetera
f.	folgende
FDM	Frequency Division Multiplexing
ff.	fortfolgende
GFC	Generic Flow Control
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HDSL	High Data Rate Digital Subscriber Line
HEC	Header Error Control
HSCSD	Highspeed Circuit Switched Data
i.d.R.	in der Regel
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organisation
ISR	Integrated Switch/Router
ITU	International Telecommunication Union
kBit	Kilobit
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
KSS	Kunden Service Switch
LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LEC	LANE Client
LECS	LANE Configuration Server
LES	LANE Server
LIS	logische IP-Subnetze
m	Meter
MAC	Media Access Control

MARS	Multicast Address Resolution Protocol
MBit	Megabit
MC	Multi Carrier
MHz	Megahertz
MPC	MPOA Client
MPOA	Multiprotocol over ATM
MPS	MPOA Server
MRR	Monthly Recurring Revenue
NHRP	Next Hop Resolution Protocol
NHS	Next Hop Server
NNI	Network to Network Interface
NOCC	Network Operations Control Center
NTBA	Network Termination Basic Rate Access
OSI	Open Systems Interconnection
PDH	Plesiochrone Digitale Hierarchie
POTS	Plain Old Telephone System
PT	Payload Type
PVC	Permanent Virtual Connection
QoS	Quality of Service
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
s	Sekunde
S.	Seite
SDH	Synchrone Digitale Hierarchie
SDSL	Single Line Digital Subscriber Line
SMDS	Switched Multi-Megabit Data Service
SNA	Systems Network Architecture
SNMP	Simple Network Management Protocol
SONET	Synchronous Optical Network
S-UMTS	Satellite-UMTS
SVC	Switched Virtual Connection
TD-CDMA	Time Division-CDMA
TDMA	Time Division Multiple Access
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
UBR	Unspecified Bitrate
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNI	User Network Interface
USB	Universal Serial Bus
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
VBR ^{nt}	non Real Time Variable Bit Rate
VBR ^{rt}	Real Time Variable Bit Rate
VC	Virtual Channel
VCC	Virtual Channel Connection
VCI	Virtual Channel Identifier
VDSL	Very High Data Rate Digital Subscriber Line
vgl.	vergleiche
VHE	Virtual Home Environment
VLAN	Virtual LAN
VP	Virtual Path
VPC	Virtual Path Connection
VPI	Virtual Path Identifier
vs.	versus
WAN	Wide Area Network
W-CDMA	Wideband-CDMA
WDM	Wavelength Division Multiplexing
WWW	World Wide Web

z.B.
zzgl.

zum Beispiel
zuzüglich

Darstellungsverzeichnis

Darstellung 1 Das ATM Referenzmodell.....	2-3
Darstellung 2 Die PDH Klassifizierungen	2-3
Darstellung 3 Die SDH- und SONET-Klassifizierungen.....	2-4
Darstellung 4 Schematische Darstellung des ATM Header (UNI)	2-4
Darstellung 5 Schematische Darstellung des ATM Header (NNI)	2-4
Darstellung 6 Bsp. Switching von VPs und VCs	2-5
Darstellung 7 Die Dienstklassen von ATM	2-6
Darstellung 8 Einige xDSL-Technologien im Überblick.....	2-8
Darstellung 9 ADSL-Reichweiten mit ISDN (Linecode 4B3T und 0,4 mm Leitungsquerschnitt)	2-9
Darstellung 10 GSM-900-Frequenzband	2-11
Darstellung 11 Aufbau eines zellularen Netzes	2-12
Darstellung 12 CDMA	2-15
Darstellung 13 Hierarchischer Aufbau von UMTS-Netzen	2-16
Darstellung 14 MPOA: Anordnungen der verschiedenen Funktionen in Router und Edge Device	3-19
Darstellung 15 MPOA: Default Path und Shortcut Path.....	3-19
Darstellung 16 Preise für eine 8 MBit/s ATM-Wählverbindung in der Tarifzone German zwischen 6 und 21 Uhr, unidirektional	4-21
Darstellung 17 Preise für T-ATM über T-DSL, einmalige Bereitstellungskosten: 500 DM, zzgl. Verbindungsentgelte.....	4-22
Darstellung 18 Preisbeispiele für T-InterConnect über T-DSL, monatl. Datenvolumen max. 2,4 GByte.....	4-22

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einem Thema, welches an sich nicht neu ist. Hochgeschwindigkeitsnetzwerke existieren schon seit längerem rund um die Erde zur Übermittlung von Daten und Sprache. Schon lange ist es möglich, von nahezu jedem Punkt der Erde aus eine breitbandige Verbindung herzustellen, sei es beispielsweise über das Intelsat Satellitensystem oder, je nach Standort, über Land- oder Seekabel.

Dennoch ist die Situation, die man heute vorfindet, nicht mit der von vor 10 oder gar 20 Jahren zu vergleichen. Die Fortschritte in der Telekommunikationstechnologie machen es möglich, wesentlich größere Datenmengen über einen Satelliten oder ein (See-)Kabel zu übermitteln, als dies noch vor Jahren möglich gewesen ist. Zusammen mit dem sich intensivierenden Wettbewerb der Anbieter von Telekommunikationsdiensten hat dies in den letzten Jahren zu einem stetigen, massiven Preisverfall geführt. Dies ist jedoch auch im Zusammenhang des allgemeinen Preisverfalls der Datenverarbeitungstechnologie zu sehen, so daß es heute nicht nur für große oder mittelständische, sondern auch für kleine Unternehmen und selbst für private Anwender möglich ist, Technik einzusetzen, die relativ große Datenmengen erzeugen oder verarbeiten kann.

Die heutige Preisentwicklung erlaubt es daher, über Anwendungen im Zusammenhang mit Hochgeschwindigkeitsnetzwerken nachzudenken, die vor einigen Jahren, aufgrund der hohen Kosten für anzumietende Leitungen bzw. Datenübertragungskapazitäten sowie der teuren Technik an den jeweiligen Endpunkten, außer Frage standen.

Diese Arbeit soll daher einen Überblick über das Themenfeld „Hochgeschwindigkeitsnetze und ihre Anwendungen“ geben, wie es sich heute dem Betrachter darstellt. Wir wollen aber auch auf Technologien eingehen, deren Einführung gerade begonnen hat oder in wenigen Jahren bevorsteht.

Zunächst sollen einige wichtige Netzwerktechnologien erläutert werden, wobei wir exemplarisch jeweils zwei leitungsgebundene und drahtlose Technologien vorstellen möchten, die zum Aufbau eines Wide Area Networks (WAN) dienen können. Dem voraus geht ein Abschnitt, der den Begriff „Quality of Service“ kurz erläutert.

Es folgt ein Abschnitt über einige Anwendungsfälle von Hochgeschwindigkeitsnetzwerken. Da diese Seminararbeit in Zusammenarbeit mit einer deutschen Großbank, dem Dachinstitut der deutschen Volks- und Raiffeisenbanken, der DG BANK AG, entstanden ist, wollen wir uns auf Anwendungen konzentrieren, die auch im Bankenbereich einsetzbar sind. Da die Darstellung des gesamten Anwendungsspektrums den Rahmen dieser Arbeit bei weitem sprengen würde, haben wir das Teilspektrum der Anwendungen im Business-to-Business Bereich herausgegriffen und werden auch dort nur einige Anwendungsmöglichkeiten exemplarisch darstellen.

Anschließend folgt eine kurze Übersicht über die Angebote einiger Anbieter, darunter die Angebote einiger der größten in Deutschland präsenten Anbieter: der Deutschen Telekom, Mannesmann Arcor, VIAG Interkom, COLT TELECOM und MCI WorldCom. Zusätzlich soll der größte amerikanische Anbieter, AT&T, näher betrachtet werden.

Abschließend folgt eine Zusammenfassung der in dieser Seminararbeit herausgearbeiteten Ergebnisse und ein Ausblick auf die technischen Entwicklungen der nächsten Jahre, soweit diese bereits absehbar sind.

2 Technologien im Überblick

2.1 Quality of Service

Die ITU¹ definiert Quality of Service (QoS) oder auch die Dienstgüte als den gesamten Effekt der Leistung eines Dienstes, der den Grad der Zufriedenheit eines Benutzers dieses Dienstes bestimmt.

Ein typischer Benutzer interessiert sich nicht für die Art und Weise mit der ein Dienst zur Verfügung gestellt wird, auch die internen Aspekte, beispielsweise des Netzdesigns, interessieren ihn nicht. Er ist ausschließlich an der daraus resultierenden Ende-zu-Ende-Dienstgüte interessiert. Dieser Grad der Zufriedenheit wird von den Benutzern in der Regel in nicht-technischer Sprache artikuliert.

Moderne Netzwerktechnologien, wie beispielsweise ATM, bieten Möglichkeiten, QoS-Parameter für Netzwerkverbindungen zu spezifizieren. Relevante QoS-Kriterien für Netzwerke sind Bandbreite, Verzögerungen, beispielsweise beim Verbindungsaufbau oder bei der Datenübertragung, Fehlerhäufigkeit, Verfügbarkeit und auch Zugangsmethoden. Den Anwender eines Dienstes interessieren jedoch solche Kategorien nicht, er ist daran interessiert, daß beispielsweise seine Videokonferenz ohne Störungen, wie das Stocken des Bildes oder gar die Unterbrechung der Audioverbindung, abläuft.

Für QoS werden häufig Kategorien definiert, die bestimmte Klassen von Eigenschaften definieren. Eigenschaften können dabei Aspekte wie z.B. die Art des anfallenden Datenvolumens sein, d.h. konstantes oder variables Volumen, oder die Art der Verbindung, d.h. verbindungsorientiert oder nicht, und ob beispielsweise die Daten in der gleichen Reihenfolge beim Empfänger ankommen müssen, in der sie ein Sender abgesandt hat.

Im Falle von mobiler Kommunikation werden folgende Kriterien als besonders relevant erachtet:²

- Verzögerung beim Verbindungsaufbau
Dieser Aspekt wird definiert als das Intervall zwischen der Initiierung einer Kommunikation durch einen Benutzer und dem tatsächlichen Verbindungsaufbau. Bei dem später angesprochenen Mobilfunksystem GSM sind dies in der Regel weniger als 5 Sekunden. Wenn man häufig Verbindungen auf- und abbauen muß, kann eine hohe Verzögerung beim Verbindungsaufbau störend wirken. Dies könnte beispielsweise beim Surfen im Internet der Fall sein, wenn die Verbindung zum Internet-Service-Provider während des Lesens einer Seite abgebaut wird, um beim Wählen einer neuen Seite wieder aufgebaut zu werden.
- Verzögerungen / Blockaden bei der Datenübertragung
Speziell bei Audioverbindungen sind Verzögerungen oder gar Blockaden bei der Übertragung höchst störend, da das menschliche Gehör auf solche Effekte sehr empfindlich reagiert.

Heute werden immer häufiger Video-, Audio-, datenintensive oder Echtzeit-Anwendungen, beispielsweise im Bankensektor, eingesetzt. Im Rahmen dieser Anwendungen gewinnt der QoS-Aspekt in starkem Maße an Bedeutung, denn für diese Anwendungen ist es eine Grundvoraussetzung, daß bestimmte Daten innerhalb kurzer Toleranzzeiten an (nahezu) beliebige Orte der Welt gelangen können. Dies ist ohne die Berücksichtigung von QoS nahezu nicht zu erfüllen.

2.2 Leitungsgebundene Technologien

Traditionell spielen leitungsgebundene Technologien eine wichtige Rolle für die Telekommunikation. Dies hat sich bis heute, trotz der rasanten Entwicklung der drahtlosen Kommunikation, nicht geändert. Dies mag in erster Linie darin begründet sein, daß das technisch nutzbare Frequenzspektrum noch immer recht beschränkt ist, was dazu führt, daß die Verwaltung und Vergabe von Frequenzbereichen eine hoheitliche Aufgabe der einzelnen Staaten darstellt und die zu vergebenen Frequenzbereiche heftig umkämpft sind. Im Gegensatz dazu, können leitungsgebundene Kommunikationswege unter tech-

¹ Vgl. ITU-T E.800

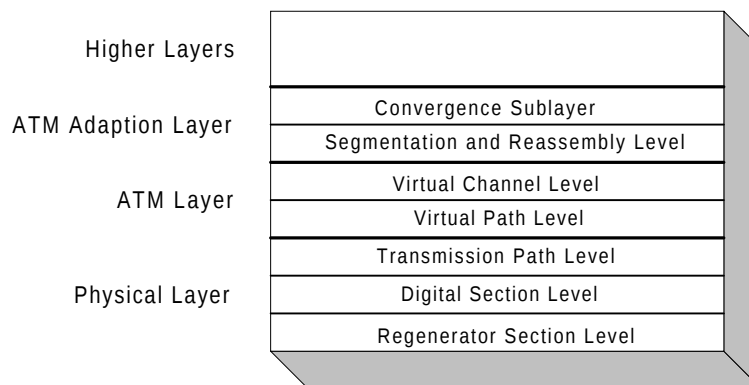
² Vgl. Dugenie, Pascal (1997), S. 3 ff.

nischen Aspekten fast beliebig ausgebaut werden: ist eine Leitung belegt, können weitere verlegt werden.

In dieser Arbeit wird der Aspekt der Technologie eher unter dem Gesichtspunkt des Anwenders statt des Diensteanbieters betrachtet. Insofern bedeutet hier leitungsgebunden, daß der Anwender ein Kupfer- oder Glasfaserkabel benutzt, um Daten vom Diensteanbieter zu empfangen oder zu ihm zu übertragen. Ob der Diensteanbieter dann diese Daten wiederum über Leitungen oder aber via Satellit oder Richtfunk überträgt, spielt eine untergeordnete Rolle.

2.2.1 ATM

Ein heute sehr bekanntes und stark eingesetztes Netzwerkprotokoll ist ATM, der Asynchronous Transfer Mode. ATM ist von vornherein darauf ausgelegt worden, mit bestehenden Protokollen, sowohl im WAN-, als auch im LAN-Bereich, zusammenzuarbeiten und somit eine Integrationsplattform anzubieten, auf der die Netze der Zukunft entstehen können.



Darstellung 1 Das ATM Referenzmodell

Die Einordnung von ATM ins ISO/OSI Referenzmodell ist nicht oder nur schwer möglich, weshalb für ATM ein eigenes Referenzmodell definiert wurde. In den folgenden Abschnitten wird die Einordnung bestimmter Dienste oder Eigenschaften von ATM in dieses Referenzmodell vorgenommen.

2.2.1.1 Die Technik der Telefonnetze

Zunächst soll auf zwei Arten digitaler Netze der Telekommunikationsgesellschaften eingegangen und die in diesem Zusammenhang eingeführten Leitungsklassifizierungen vorgestellt werden: Die erste Entwicklungsstufe war die Plesiochrone (rahmensynchrone) Digitale Hierarchie (PDH). Bei PDH ist die Basisrate auf 64 kBit/s festgelegt. Diese Bandbreite wird benötigt, um Sprache in digitalisierter Form zu übertragen.

Europa	USA	Kanäle	Bandbreite (kBit/s)
E0	DS0/T0	1	64
	DS1/T1	24	1544
E1		32	2048
	DS2/T2	96	6314
E2		120	8448
E3		480	34.368
	DS3/T3	672	44.367
E4		1920	139.246

Darstellung 2 Die PDH Klassifizierungen³

Aus PDH wurde dann die Synchrone Digitale Hierarchie (SDH) entwickelt, in den USA Synchronous Optical Network (SONET) genannt. SDH bietet gegenüber PDH größere Bandbreiten und einige Verbesserungen beim Zugriff auf die einzelnen Kanäle.

³ Vgl. Hartmann, R. (1996)

optisches Signal	elektr. Signal Europa	elektr. Signal USA	Bandbreite (MBit/s)
OC-1		STS-1	51,84
OC-3	STM-1	STS-3	155,52
OC-12	STM-4	STS-12	622,08
OC-48	STM-16	STS-48	2.488,32

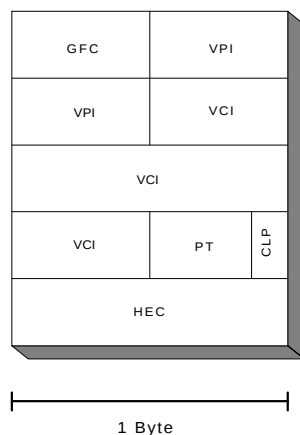
Darstellung 3 Die SDH- und SONET-Klassifizierungen⁴

Ein wichtiger Designaspekt bei der Entwicklung von ATM war die Kompatibilität mit SDH/SONET. Im ATM Referenzmodell erfolgt die Einordnung von SDH/SONET im Physical Layer und dort im Regenerator Section Level und im Digital Section Level.

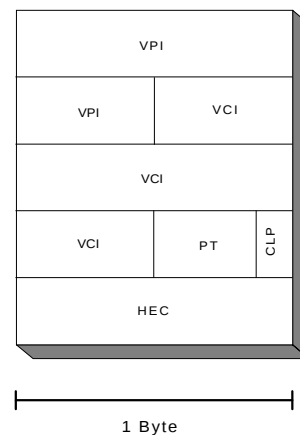
2.2.1.2 Die ATM-Zelle

Im folgenden soll das ATM-Protokoll erläutert werden, und es soll verdeutlicht werden, warum sich ATM gerade als Plattform für Highspeed-Netzwerke anbietet: ATM benutzt als Übertragungseinheit sogenannte Zellen mit einer festen Länge von 53 Byte. Eine Zelle beinhaltet dabei einen Header von 5 Byte und 48 Byte Nutzdaten. Über ein ATM-Netzwerk werden ständig Zellen übertragen, auch wenn sie keine Nutzdaten enthalten. Im übrigen sind Zellen die einzigen Objekte, die über ein ATM-Netzwerk übertragen werden können. Zellen sind im ATM-Referenzmodell Objekte des Physical Layers und werden dort dem Transmission Path Level zugeordnet.

Angenommen, es sollen verschiedene Daten über eine gemeinsame ATM-Verbindung übertragen werden, dann werden diese Daten in ATM-Zellen aufgeteilt, wobei immer 48 Byte Nutzdaten in einer



Darstellung 4 Schematische Darstellung des ATM Header (UNI)



Darstellung 5 Schematische Darstellung des ATM Header (NNI)

Zelle untergebracht werden können.⁵ Diese Zellen werden dann bei Bedarf in den Strom der übertragenen Zellen eingereiht, und belegen so freie Zeitschlitze. Der zeitliche Abstand zwischen denen zu einem Datenstrom gehörenden Zellen kann dabei unterschiedlich lang sein. Daher spricht man von einer asynchronen Übertragung. Dies ermöglicht es auch, daß Daten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten über ein ATM-Netzwerk übertragen werden können. Wird ein Datenstrom mit 10 MBit/s über ein ATM-Netzwerk übertragen, werden in einem gleichen Zeitraum einfach mehr ATM-Zellen generiert und übertragen als bei einem Datenstrom von 64 kBit/s. Aus der Sicht des ATM-Netzwerkes bedeutet dies, wenn beide Datenströme simultan übertragen werden, daß in einem gegebenen Zeitraum mehr Zellen für die schnellere und weniger Zellen für die langsamere Verbindung übertragen werden. Die Behandlung der Daten ist vom Prinzip her immer gleich.

⁴ Vgl. Hartmann, R. (1996) und Trillium Digital Systems, Inc. (1997)

⁵ Anmerkung: Diese Aufgabe übernimmt der Segmentation and Reassembly Sublayer im ATM Adaption Layer (AAL) des ATM-Referenzmodells.

Die Anbindung von ATM-Endgeräten an ein ATM-Netz oder von privaten ATM-Netzen an öffentliche ATM-Netze erfolgt über das User Network Interface (UNI). Dabei wird entsprechend zwischen privaten und öffentlichen UNIs unterschieden. Die UNI-Spezifikation befaßt sich dabei sowohl mit physikalischen, als auch mit softwaretechnischen Aspekten. Die aktuelle Spezifikation von UNI liegt in der Version 4.0 vor, diese Version gilt aber noch nicht als durch das ATM-Forum "approved" (geheimt). Derzeitige Implementierungen beruhen noch auf den Versionen 3.0 oder 3.1.

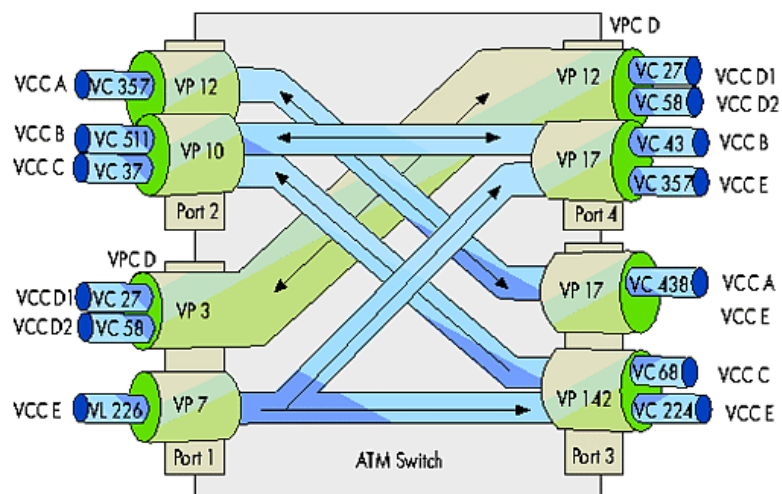
Die Schnittstelle zwischen den Switches (s.u.) wird als Network to Network Interface (NNI) bezeichnet und befaßt sich mit der Wegewahl und der Signalisierung⁶ in ATM-Netzen.

Je nach Schnittstelle sehen die Spezifikationen des Headers etwas unterschiedlich aus.⁷ Das HEC-Byte steht für Header Error Control. Wird ein Fehler im Header festgestellt, wird die entsprechende Zelle verworfen, wenn der Fehler nicht korrigiert werden kann. Es kann höchstens ein Bit korrigiert werden. Die Daten müssen dann von Protokollen höherer Schichten erneut angefordert werden. Die weiteren Felder werden weiter unten, bei den Funktionen, für die sie benötigt werden, erläutert.

2.2.1.3 Switching vs. Routing

Hier liegt der eigentliche Unterschied zu paketorientierten Protokollen wie IP oder IPX. Deren Pakete können mehrere Kilobyte Nutz- und Kontrollinformationen beinhalten und eine variable Länge besitzen. Gerade dies macht es jedoch auch recht aufwendig, solche Protokolle in großen Netzen einzusetzen, denn, um z.B. ein IP-Paket zwischen verschiedenen Netzwerken zu übertragen, werden Router eingesetzt. Router haben dabei die Aufgabe, das Paket an einen ihrer Ports weiterzuleiten, so daß es seine angegebene Zieladresse erreicht. Dazu muß der Router das Paket möglicherweise erst einmal aus verschiedenen Ethernet-Frames zusammensetzen, die er zuvor in seinem Eingangspuffer speichern muß. Dann muß er die Zieladresse aus dem Header des IP-Paketes extrahieren und anhand der Routing-Tabelle den Port und die Zieladresse des nächsten Gerätes (MAC), das wiederum ein Router sein kann, ermitteln. Danach erfolgt wiederum die Konvertierung des IP-Paketes in das entsprechende Netzwerkprotokoll und dessen Übertragung. Für den Benutzer bedeutet dies in der Regel eine Verzögerung bei jedem Router, über den sein Paket übertragen wird. Für die Router bedeutet dies einen großen Rechenaufwand, insbesondere, wenn es sich um breitbandige Verbindungen handelt. IP ist ein verbindungsloses Protokoll, d.h. die Pakete werden von Router zu Router weitergereicht, wobei ein Router auch unterschiedliche Wege für IP-Pakete mit dem gleichen Ziel wählen kann.

Das verbindungsorientierte ATM geht hier einen anderen Weg: die Berechnung des Weges erfolgt nur einmal, nämlich zum Zeitpunkt des Verbindungsaufbaus. Die Route durch das ATM-Netzwerk wird dabei anhand der in den Switches eingebauten Router ermittelt⁹ oder die Switches¹⁰ benutzen zentrale Route-Server, die diese Aufgabe übernehmen.¹¹ Es wird ein Connection Identifier ermittelt, anhand dessen jeder Switch die Zellen einer Verbindung zuordnen kann. Dieser Connection Identifier wird dann in die Switching-Matrix jedes auf dem Wege liegenden Switches eingetragen. Kommt dann eine Zelle im Eingang des Switches an, kann der Switch anhand des Connection Identifiers im



Darstellung 6 Bsp. Switching von VPs und VCs⁸

⁶ Anmerkung: Als Signalisierung wird der Aufbau einer ATM-Verbindung bezeichnet

⁷ Vgl. Badach, A.; Hoffmann, E.; Knauer, O (1994), S. 430

⁸ Entnommen aus: Hartmann, R. (1996)

⁹ Siehe auch Tanenbaum, A. S. (1996), S.145

¹⁰ Zu den verschiedenen Switch-Arten siehe ebenfalls Tanenbaum, A. S. (1996), S. 147 ff.

¹¹ Vgl. Gillhuber, A. (1997)

Header der Zelle mittels Hardwareoperationen den Ausgangsport bestimmen. Wird die Verbindung beendet, wird der Connection Identifier aus der Switching-Matrix wieder entfernt. Die Latenzzeit der Pakete beträgt dabei nur einige Mikrosekunden und die Anforderungen an die Hardware sind nicht so hoch wie beim Routing bzw. mit gleichem Rechenaufwand ist der Durchsatz eines Switches wesentlich höher als der eines Routers.

Zur weiteren Optimierung, ist bei ATM der Connection Identifier in einen ein Byte langen Virtual Path Identifier (VPI) und einen zwei Byte langen Virtual Channel Identifier (VCI) aufgeteilt. Dabei enthält ein Virtual Path (VP) einen oder mehrere Virtual Channels (VC). Bei geschickter Bündelung der VCs in einem VP, muß dann in der Switching-Matrix lediglich ein Eintrag für den VP vorhanden sein, was das Switching nochmals beschleunigt.

Eine Verbindung zwischen zwei ATM-Endgeräten nennt man auch Virtual Channel Connection (VCC). Eine dynamisch geschaltete Verbindung wird auch Switched Virtual Connection (SVC) und eine permanente Verbindung, wie bei einer Standleitung, wird Permanent Virtual Connection (PVC) genannt.

VCs und VPs sind im ATM-Referenzmodell Objekte des ATM Layers und werden dem Virtual Channel Level bzw. dem Virtual Path Level zugerechnet.

2.2.1.4 Dienstklassen

Eine der Besonderheiten des ATM-Protokolls ist die Einbeziehung von Quality of Service-Aspekten. Diese werden im ATM Adaption Layer des ATM-Referenzmodells berücksichtigt. Die Dienste im AAL wurden zunächst in vier AAL-spezifische Dienstklassen eingeteilt. Da diese vier Dienstklassen nicht in einem AAL zusammengefaßt werden konnten, ergaben sich fünf AAL-Typen. Außerdem gibt es Quality of Service (QoS)-Klassen, die sich wie folgt einteilen:

- QoS Class 1: CBR-Service (Constant Bit Rate). Diese Klasse spezifiziert einen verbindungsorientierten, isochronen¹² Dienst mit gleichbleibender Übertragungsrate, wie z.B. für Sprache (mit 64 kBit/s) oder, wenn Video mit konstanter Rate übertragen wird, auch Video.
- QoS Class 2: VBR^{rt} (Real Time Variable Bit Rate). Diese Klasse spezifiziert einen verbindungsorientierten, isochronen Dienst mit variabler Bitrate, wie z.B. Video oder Sprache im Multimedia-Bereich.
- QoS Class 3: VBR^{nrt} (non Real Time Variable Bit Rate) Durch diese Klasse wird eine variable, gesicherte Datenübertragung, z.B. für Frame-Relay, zur Verfügung gestellt.
- QoS Class 4: Hier sind verbindungslose Datenübertragungsdienste, wie z.B. IP zusammengefaßt.
- unspecified QoS Class 0: UBR (Unspecified Bitrate). Diese Klasse wird auch als „Best Effort“ bezeichnet und beinhaltet keinerlei Garantien.
- eine weitere Klasse wird durch den Mechanismus der Available Bit Rate (ABR) zur Verfügung gestellt, bei der das Netz dem Endsystem die zur Verfügung stehende Bandbreite mitteilen kann.

Den Zusammenhang all dieser Merkmale soll folgende Tabelle verdeutlichen:

Dienstklasse	A	B	C	D
Zeitverhalten	isochron	isochron	nicht isochron	nicht isochron
Bitrate	konstant	variabel	variabel	variabel
QoS	CBR	VBR ^{rt}	VBR ^{nrt}	UBR, ABR
Art	verbindungsorientiert	verbindungsorientiert	verbindungsorientiert	verbindungslos
Anpassungsschicht	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4, AAL 5	AAL 3/4, AAL 5
Dienste (Bsp.)	Sprache	Video, Sprache	Filetransfer, LAN-Anbindung, Übertragung von IP	LAN-Anbindung, Übertragung von IP; Filetransfer

Darstellung 7 Die Dienstklassen von ATM¹³

¹² isochron: Datenpakete gleicher Länge treffen zu Zeitpunkten ein, deren Abstand voneinander durch einen gewissen Maximalwert beschränkt ist und gewährleisten so einen minimalen Datenstrom mit fester Bandbreite.

¹³ Aus: Badach, A.; Hoffmann, E.; Knauer, O. (1994), S. 436 sowie Hartmann, R. (1996)

Beim Verbindungsaufbau, auch Signalisierung genannt, schließen die Komponenten einen Verkehrsvertrag, der unter anderem die zur Verfügung zu stellende Bandbreite und die Dienstklasse beschreibt. Bei Daten mit niedriger Priorität (z.B. UBR) wird im Header das Cell Loss Priority (CLP)-Bit auf 1 gesetzt. Tritt eine Überlastsituation auf, werden zunächst Zellen mit gesetztem CLP-Bit verworfen. Der dienstabhängige Teil der AAL ist der Convergence Sublayer (CS), der die Dienste des AAL am AAL-SAP (AAL-Service Access Port) der nächst höheren Schicht zur Verfügung stellt. Auf dem Segmentation and Reassembly Sublayer werden die Nutzdaten in 48 Byte große Stücke für die ATM-Zelle aufgeteilt bzw. die Daten der ATM-Zelle zu Nutzdaten zusammengesetzt.¹⁴

2.2.1.5 Die Marktposition von ATM

Nachdem sich zahlreiche Hersteller von Netzwerktechnik zum ATM-Forum¹⁵ gruppiert und die Standardisierung vorangetrieben haben, wird ATM heute sehr stark im WAN- und Backbonebereich eingesetzt. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß ATM von Anfang an offen für bestehende Systeme war und diese nicht ersetzt werden mußten.

Allerdings konnte es bis heute i.d.R. nicht in den Bereich der einzelnen Arbeitsplatzrechner vordringen, was zum einen an der noch immer teuren Hardware und zum anderen an der Entwicklung von Konkurrenzprodukten, wie etwa dem Fast- und Gigabit-Ethernet liegen mag. Jedenfalls haben sich Prognosen nicht ganz bewahrheitet, die für ATM heute eine Position vorhergesagt hatten, die immer noch von Ethernet besetzt ist.¹⁶

2.2.2 xDSL

DSL steht für Digital Subscriber Line (digitale Teilnehmeranschlußleitung) und ist der Oberbegriff für eine ganze Klasse von Diensten. Diese Dienste bieten unterschiedliche Leistungen an und benötigen unterschiedliche technische Voraussetzungen. Je nach Dienst wird der Bezeichnung DSL noch ein Buchstabe vorangestellt, der den jeweiligen Charakter dieses bestimmten Dienstes hervorhebt. Deswegen soll an dieser Stelle von xDSL die Rede sein, wenn die gesamte Dienstklasse gemeint ist. Synonym wird diese Klasse zum Teil auch als ADSL bezeichnet, obwohl ADSL eigentlich nur einen bestimmten Dienst aus dieser Klasse darstellt. In dieser Arbeit steht ADSL ausschließlich für einen bestimmten Dienst aus der xDSL-Klasse.

2.2.2.1 xDSL-Technologien im Überblick

Die Idee der xDSL Technologie ist, daß man breitbandige Anschlüsse über ein herkömmliches Telefonkabel mit Kupferdoppelader (Cu-DA) realisieren kann. Diese Kabel finden in der Regel Anwendung zwischen der Vermittlungsstelle der Telefongesellschaft und dem Kunden. Nur Großkunden und andere Kunden mit großem Datenaufkommen sind bislang über Lichtwellenleiterkabel angeschlossen, was mit dem enormen technischen und finanziellen Aufwand zu begründen ist, der eine großflächige Versorgung aller Telefonkunden mit dieser Technologie bedeuten würde. Mit der Übermittlung von Daten über eine oder mehrere CU-DAs erhofft man sich somit die Erschließung auch solcher Kunden, denen es bislang zu aufwendig war, sich teure Lichtwellenleiterkabel ins Haus legen zu lassen und somit den gesamten Bereich der kleinen und mittelgroßen Firmen sowie der Privatanwender. Doch auch große Firmen besitzen meistens kleinere Dependancen, das gilt insbesondere für Banken mit einem, je nach Institut, mehr oder weniger weit ausgebauten Filialnetz. Aber auch die Anbindung kleinerer Kunden an das Netz größerer Firmen (Lieferanten, Hausbanken, etc.) zu einem attraktiven Preis mit einer Bandbreite, die deutlich über dem liegt, was ein ISDN-Basisanschluß bietet (128 kBit/s), rückt somit in greifbare Nähe.

Die in den Telefonnetzen verfügbaren Cu-DAs sind alles andere als ein ideales Medium zur breitbandigen Übertragung digitaler Daten: Telefonleitungen transportieren üblicherweise elektrische Signale mit einer Bandbreite von ca. 3 kHz. Dies ist für Sprache in der üblichen Qualität ausreichend. Allerdings hängt die Begrenzung nicht mit den Fähigkeiten der Cu-DA zusammen, sondern die gesamte Multiplexhierarchie der Telefonnetze ist auf diese Bandbreite ausgelegt. Eine Cu-DA kann dagegen eine Bandbreite von bis zu einigen MHz übertragen. Genau dies nutzen die xDSL-Technologien aus.

¹⁴ Zu weiteren Ausführungen siehe Badach, A.; Hoffmann, E.; Knauer, O. (1994), S. 438 ff.

¹⁵ Siehe auch: <http://www.atmforum.com>

¹⁶ Vgl. Gramm, C. v.; Ungerer, B. 1994

Dabei gibt es jedoch eine Einschränkung: Kupfer dämpft die hohen Frequenzen recht stark, insbesondere je länger die Leitung und je geringer deren Querschnitt ist. Praktisch hängt also die nutzbare Frequenzbandbreite vom verwendeten Kupfer, dem Leitungsquerschnitt und der Länge der Leitung ab. Hinzu kommen noch andere Faktoren, wie etwa die verwendete Verkabelungstechnik in den Verteilerschränken und die Qualität der Verkabelung im allgemeinen.¹⁷ Es ist also festzustellen, daß die zur Verfügung stehende Bandbreite von Teilnehmeranschluß zu Teilnehmeranschluß durchaus stark variieren kann. Die Frequenzbandbreite steht jedoch in indirektem Zusammenhang - andere Techniken, wie Modulationsverfahren¹⁸, spielen ebenfalls eine wichtige Rolle - mit der möglichen Bandbreite der Datenübertragung. Da, wie gesagt, Vermittlungsstellen jedoch nicht für solch hohe Bandbreiten geschaffen sind, aber sich genau dort der Backbone des Telefonnetzes befindet, geht man so vor, daß man die erhöhte Bandbreite nur auf der Cu-DA zwischen Vermittlungsstelle und Endbenutzer in Anspruch nimmt. Vor die Vermittlungsstelle werden dann ein oder mehrere Zwischengeräte geschaltet, die, je nach xDSL-Art, verschiedene Funktionen zu erfüllen haben.

Einige xDSL-Arten sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, die einen Überblick über deren wichtigste Eigenschaften gibt:

Bezeichnung	ADSL	SDSL	HDSL	VDSL
Bedeutung	Asymmetric DSL	Single Line DSL	High Data Rate DSL	Very High Data Rate DSL
Bitrate in Sende- richtung	16 bis 640 kBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,5 bis 2,3 MBit/s
Bitrate in Emp- fangsrichtung	1,5 bis 9 MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	1,544 MBit/s bzw. 2,048 MBit/s	13 bis 52 MBit/s
überbrückbare Leitungslänge	2,7 bis 5,5 km	2 bis 3 km	3 bis 4 km	0,3 bis 1,5 km
benötigte Adern- paare	1	1	2 bei 1,544 MBit/s, 3 bei 2,048 MBit/s	1
Verfügbarkeit	seit Mitte der 90er Jahre	seit Anfang der 90er Jahre	seit Anfang der 90er Jahre	ab Ende der 90er Jahre
benutzte Band- breite	bis ca. 1 MHz	ca. 240 kHz	ca. 240 kHz	bis ca. 30 MHz
POTS im Basis- band ¹⁹	ja	nein	nein	ja
ISDN im Basis- band ²⁰	nein	nein	nein	ja

Darstellung 8 Einige xDSL-Technologien im Überblick²¹

Wie man sieht, sind nicht alle xDSL-Technologien für alle Anwendungen geeignet. Insbesondere sind die Verhältnisse vor Ort entscheidend. Im folgenden soll auf eine Technologie näher eingegangen werden, nämlich ADSL, die nun auch in Deutschland angeboten wird. Zu den anderen Technologien sei auf die Literatur verwiesen.²²

¹⁷ Siehe speziell zur Situation in den USA: Goralski, W.; Kessler, G. (1997)

¹⁸ Siehe dazu: Tillmann, W. (1997) sowie Baines, R. (1997)

¹⁹ POTS im Basisband: Als POTS (Plain Old Telephone System) wird das analoge Telefonnetz im Frequenzbereich bis 4 kHz bezeichnet. Wenn POTS im Basisband liegt, dann ist, neben der Nutzung von xDSL, parallel ein analoges Telefongespräch auf der selben Leitung möglich, ohne daß es zu Einbußen bei der Bandbreite des xDSL-Dienstes oder der Qualität der Telefonverbindung kommt.

²⁰ ISDN im Basisband: die Nutzung von ISDN ist möglich, ohne Einbußen bei der Bandbreite des xDSL-Dienstes. Wenn die Telefongesellschaft jedoch nicht die praktisch maximale Bandbreite des xDSL-Dienstes zur Verfügung stellt und ISDN im Basisband nicht möglich ist, ist die Benutzung von Bandbreite des xDSL-Dienstes durch ISDN auch ohne Einbuße der verfügbaren Bandbreite des xDSL-Dienstes möglich.

²¹ Aus Tillmann, W. (1997)

²² Zur Einführung siehe Tillmann, W. (1997); zu HDSL siehe Sandte, H. (1998); zu VDSL siehe Soria-Rodríguez, P. (1997)

2.2.2.2 ADSL

Mit einer Reichweite von bis zu 5,5 km, stellt ADSL eine interessante Technologie dar, die geeignet ist, die meisten Kunden in Deutschland zu erreichen. So plant die Deutsche Telekom, die ADSL unter der Bezeichnung T-DSL vermarktet, 194 Ortsnetze bis zum Ende des Jahres 2000 mit der ADSL-Technik auszurüsten.²⁴ Die Deutsche Telekom wird dabei in den meisten Regionen eine Monopolstellung erhalten, da ADSL-Verbindungen, wie jede xDSL-Verbindung, nur zwischen Endteilnehmer und Teilnehmervermittlungsstelle möglich sind. Diese werden aber in der Regel von der Deutschen Telekom betrieben. Die verfügbare Bandbreite ist dabei, wie bereits oben erläutert, von der Entfernung abhängig. ADSL kennzeichnen asymmetrische Bandbreiten. Die Bandbreite in Richtung des Endbenutzers ist dabei stets um ein vielfaches höher, als die in die umgekehrte Richtung. ADSL eignet sich daher auch meist nur für asymmetrische Dienste, wie z.B. Video-on-Demand. Für andere Anwendungen, wie z.B. Videokonferenzen

mit qualitativ hochwertigen Bildern werden daher eher andere Techniken in Frage kommen. Sehr interessant dürfte auch die Möglichkeit der Übertragung von ATM-Zellen über ADSL sein, da die Vermittlungsstellen über ein ATM-Netzwerk miteinander verbunden sind. Diese Zellen können dann von/zu einem bestimmten anderen ATM-Anschluß übertragen werden, z.B. dem ATM-Anschluß der Zentrale einer Firma.

Entfernung	Empfangsrichtung	Bitrate in Senderichtung
2000 m	8 MBit/s	800 kBit/s
2500 m	6 MBit/s	640 kBit/s
4000 m	2 MBit/s	192 kBit/s

Darstellung 9 ADSL-Reichweiten mit ISDN (Linecode 4B3T und 0,4 mm Leitungsquerschnitt)²³

Technisch gesehen, wird für ADSL beim Endteilnehmer ein ISDN- oder POTS²⁵-Splitter montiert, der das ISDN oder POTS-Signal und das ADSL Signal trennt. An den POTS-Splitter wird dann das analoge Endgerät (z.B. ein Telefon) angeschlossen, an den ISDN-Splitter der NTBA²⁶. An den ADSL-Ausgang wird das sog. ADSL-Modem geschaltet. Dieses kann dann, je nach Ausführung, verschiedene Anschlußmöglichkeiten für einen Computer bieten, wie z.B. 10BaseT-Ethernet, ATM-25²⁷ oder USB. Auf der Seite der Vermittlungsstelle sieht es ähnlich aus: der Splitter trennt das POTS- oder ISDN-Signal ab, überträgt dies wie üblich an die Vermittlungstechnik und sendet das ADSL Signal an den DSL Access Multiplexer (DSLAM), der direkt mit dem ATM-Backbone verbunden ist und umgeht somit die Vermittlungstechnik. Als Multiplexverfahren kommen zur Zeit Discrete Multitone (DMT) und Carrierless Amplitude/Phase (CAP) zum Einsatz.²⁸ Auf deren Vor- und Nachteile soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden.²⁹

Es steht zu erwarten, daß sich diese Technik schnell durchsetzen wird. Für die meisten Anwendungen ist ein schneller Weg aus dem Netz hin zum Anwender ausreichend. Doch auch der Rückkanal stellt eine Bandbreite zur Verfügung, die ein vielfaches der eines ISDN-Basisanschlusses betragen kann. Da diese hohen Bandbreiten über nur ein einziges Cu-DA geführt werden können, sind die Kosten auf der Seite der Telefongesellschaft recht moderat. Dies zeigt sich auch in den Preisen der ersten sich auf dem Markt befindlichen Produkte.

Es steht zu erwarten, daß sich diese Technik schnell durchsetzen wird. Für die meisten Anwendungen ist ein schneller Weg aus dem Netz hin zum Anwender ausreichend. Doch auch der Rückkanal stellt eine Bandbreite zur Verfügung, die ein vielfaches der eines ISDN-Basisanschlusses betragen kann. Da diese hohen Bandbreiten über nur ein einziges Cu-DA geführt werden können, sind die Kosten auf der Seite der Telefongesellschaft recht moderat. Dies zeigt sich auch in den Preisen der ersten sich auf dem Markt befindlichen Produkte.

2.3 Drahtlose Technologien

In den letzten Jahren ist Mobilität in der Wirtschaft ein immer bedeutenderer Wirtschaftsfaktor geworden. Doch mit der Mobilität wurde ein Defizit offenbar, das nach einer Lösung verlangte: wer mobil war und nicht im Pkw saß und ein dort installiertes schweres und voluminöses analoges Funktelefon verwenden konnte, war nicht erreichbar und das häufig auch dann nicht, wenn eine Verbindungsaufnahme zwingend erforderlich war. Das Problem dieser Mobilfunksysteme der ersten Generation waren die Ausmaße der Mobilstationen und ihr immenser Stromverbrauch. Dieses Problem wurde ab 1992

²³ Aus: Schmoll, M.; Diethelm, B.; Anders J. (1998)

²⁴ Siehe dazu auch: Kapitel 4.1.2 T-ATM über T-DSL

²⁵ Siehe Fußnote 19

²⁶ Der NTBA (Network Termination Basic Rate Access) bildet den kundenseitigen Übergabepunkt des ISDN-Basisanschlusses.

²⁷ Ein ATM-Anschluß mit 25 MBit/s Bandbreite

²⁸ Vgl. Sheppard, S. (1998)

²⁹ Zu weiteren Ausführungen siehe Baines, R. (1997)

durch die Inbetriebnahme von digitalen Mobilfunkanlagen, der Mobilfunksysteme der zweiten Generation, in Europa und in vielen Teilen der Welt beseitigt, denn diese Systeme ermöglichen Mobilstationen, wie beispielsweise Handys, zu bauen, die hochintegriert sind und deutlich weniger Energie verbrauchen als die analogen Systeme. Durch diesen Vorteil, in Verbindung mit verbesserter Übertragungsqualität und höherer Verbindungszuverlässigkeit, ist schon heute ein Ende der analogen Mobilfunktechnik, zumindest in Europa, absehbar.

Vorab festzustellen ist, daß Mobilfunksysteme, genauso wie Festnetz-Telefonsysteme im Grunde genommen nichts anderes als Netzwerke, wie sie in der Computertechnik eingesetzt werden, sind. Wie in diesen Netzen die Übertragung von Daten organisiert wird, ist jedoch ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal für Netzwerke. Es wird unterschieden zwischen den paketvermittelten Systemen (Packet Switching), bei denen einzelne Datenpakete zwischen Sender und Empfänger übertragen werden und jedes Datenpaket quasi unabhängig von dem vorausgehenden Paket über das Netzwerk transportiert wird, und den leitungsvermittelten Systemen (Circuit Switching), bei denen vor Beginn einer Datenübertragung eine virtuelle Verbindung zwischen dem Sender und dem Empfänger aufgebaut wird und alle Datenpakete über diese Verbindung vom Sender zum Empfänger transportiert werden. Dabei werden nicht selten auch schon Ressourcen, in diesem Fall beispielsweise Übertragungsbandbreite, für die „erwarteten“ Daten im Netzwerk reserviert.

Weltweit existieren vier untereinander inkompatible digitale Mobilfunkstandards³⁰, von denen GSM (Global System for Mobile Communications), das u.a. in Europa verwendet wird, mit 97,6 Millionen Nutzern in 293 Netzen in 120 Ländern (Stand: Juni 1998) das meistverwendete System ist. In den USA existiert u.a. ein zu GSM inkompatibles Netz, jedoch werden dort größtenteils immer noch analoge Netze eingesetzt. Von heute weltweit geschätzten 300 Millionen Nutzern von Mobilfunksystemen³¹ wird ein Anstieg auf 830 Millionen Nutzer im Jahr 2003 erwartet. Eines der Probleme mit den heutigen Mobiltelefonsystemen, das schon hier ersichtlich ist, ist die Tatsache, daß man für verschiedene Länder unterschiedliche Mobilstationen benötigt.

Mit dem vermehrten Einsatz von Informationstechnologie ergab sich aus der Mobilität ein weiteres Problem: ist man außerhalb seines Unternehmens unterwegs, hat man regelmäßig keinen Zugriff auf aktuelle Informationen aus dem Unternehmensnetzwerk, beispielsweise zeitsensitive Beratungsinformationen. Außerdem muß man nicht-zeitsensitive Informationen vorher auf dem mitgenommenen Laptop replizieren, sofern man überhaupt weiß, welche man benötigen wird. Auch ist es nicht möglich visuell mit Kollegen oder Beratern zu konferieren respektive diese zu Beratungszwecken hinzuzuziehen. So entstand ein Bedarf für Datenübertragungen, der mit heutigen Mobilfunknetzen nur höchst unzureichend zu befriedigen ist, da es an der benötigten Bandbreite mangelt. Jedoch ist schon heute abzusehen, daß in naher Zukunft im Mobilfunkbereich Bandbreiten zur Verfügung stehen werden, die es durchaus legitim erscheinen lassen von Highspeednetzen zu sprechen, denn sie werden Übertragungsraten ermöglichen, die den meisten **mobilen** Anwendungen ausreichen sollten. Den Weg von den heutigen Systemen zu ihren absehbaren Nachfolgern und die jeweiligen Leistungsmerkmale sollen im folgenden beschrieben werden. Da die GSM-Netze die am häufigsten genutzten Netze sind, wird der Evolutionsprozeß zu den Netzen von morgen am Beispiel dieser Netze dargestellt.

2.3.1 GSM

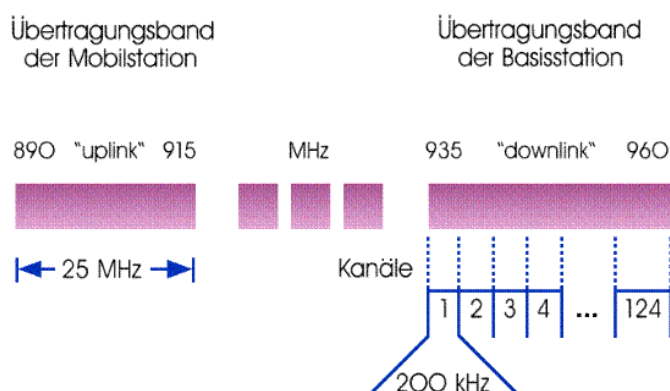
2.3.1.1 Grobe Funktionsbeschreibung der heutigen GSM-Netze

In Deutschland existieren zwei Typen von GSM-Netzen, die sogenannten D-Netze, die GSM-Netze im Frequenzbereich von 900 MHz betreiben und die sogenannten E-Netze, die im Frequenzbereich von 1800 MHz GSM-Netze betreiben. Außerdem existieren in den Vereinigten Staaten u.a. noch GSM-Netze, die auf dem 1900 MHz Frequenzband senden. Am Beispiel der D-Netze soll das Sende- und Empfangsverfahren für GSM beschrieben werden.

³⁰ Vgl. Ericsson (1999)

³¹ Vgl. Siemens – From GSM to UTM – S. 2

Die GSM-900-Netze³² belegen das Frequenzspektrum von 890-960 MHz. Das zur Verfügung stehende Frequenzband wird zur Verwendung von Frequenzmultiplexing (FDM – Frequency Division Multiplexing) in 124 Kanäle mit einer Breite von jeweils 200 kHz eingeteilt, wobei zwischen den einzelnen Frequenzbändern jeweils ein Sicherheitsabstand eingehalten wird. Die Übertragung der Daten findet im Duplexverfahren statt. Es gibt dabei eine Frequenz, auf der die Mobilstation Daten sendet und eine andere Frequenz, auf der sie Daten empfängt. Dazu wird das Frequenzband in ein sog. Unterband (890 – 915 MHz) und ein Oberband (935 – 960 MHz) eingeteilt. Auf dem Unterband werden Daten von der Mobilstation zur Basisstation übertragen, auf dem Oberband von der Basisstation zur Mobilstation. Pro Kanal können 8 unabhängige Datenübertragungen stattfinden. Dazu wird Zeitmultiplexing (TDMA – Time Division Multiple Access) eingesetzt. Ein Kanal kann von maximal 8 Mobilstationen in unterschiedlichen Zeitabschnitten, den sogenannten Zeitschlitz, zum Senden verwendet werden. Unter- und Oberband sind aus Sicherheitsgründen in 20 MHz Abstand voneinander positioniert. Der Abstand der Frequenzen für den Duplexbetrieb beträgt 45 MHz.



Darstellung 10 GSM-900-Frequenzband

Weiterhin sind die GSM-Netze zellular aufgebaut, d.h. das Netz setzt sich aus einzelnen Bereichen, den Zellen, zusammen, in denen bestimmte Kanäle zum Senden verwendet werden. Die Netzbetreiber müssen darauf achten, daß es mit in angrenzenden Zellen verwendeten Frequenzen keine Überschneidungen gibt. Dabei wird zwischen Groß-, Klein- und Microzellen die einen ungefähren Durchmesser von 10-30 km, 1-3 km bzw. 100-300 m besitzen, unterschieden. Wechselt eine Mobilstation während der Übertragung vom Empfangsbereich einer Basisstation in den Empfangsbereich einer anderen, dann wird das Gespräch von der alten Basisstation an die neue Basisstation übergeben, es findet der sog. „Handover“ statt.³³

Des weiteren arbeitet GSM leitungsvermittelt.³⁴ Das hat auf den Funkstrecken zwischen Basisstation und Mobilstation die Konsequenz, daß z.B. in Sprachpausen eines Gesprächs, der Zeitschlitz, in dem Informationen gesendet werden könnten, belegt ist und nicht für andere Daten verwendet werden kann. Somit wird potentiell zur Verfügung stehende Bandbreite verschwendet.

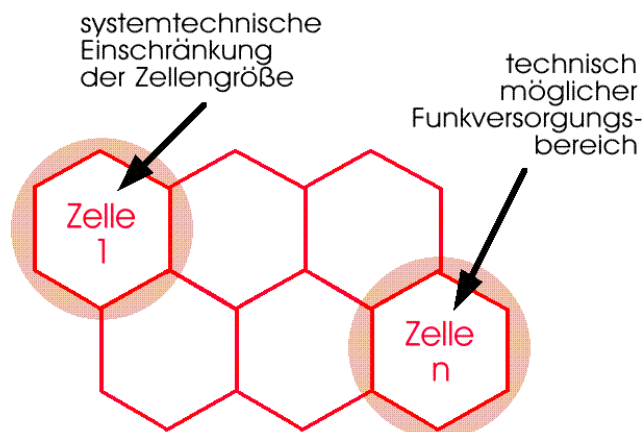
Ursprünglich war GSM nur für die Sprachübertragung gedacht. Doch schon bald wollten die Anwender auch Daten übertragen können. Dazu wurde GSM weiterentwickelt und in die sog. Phase 2 übergeleitet. Neben allgemeinen Erweiterungen bezüglich der angebotenen Dienste, wurde die Datenübertragung über GSM definiert. Es können jedoch nur 9600 Bit pro Sekunde übertragen werden. Dies

³² Vgl. Mannesmann Mobilfunk (06/1999) – D2-Netz -> Frequenzen und Kanäle

³³ Vgl. Mannesmann Mobilfunk (06/1999) – D2-Netz -> Funkzellen

³⁴ Vgl. Nokia (1997), S. 1 und Cai/Goodman (1997), S. 122

reicht zwar eventuell zum Abrufen von eMail aus einer Mailbox aus, ist jedoch i.d.R. schon zum Herunterladen von größeren Dateien oder dem Nutzen des WWW nicht sinnvoll einzusetzen.



Darstellung 11 Aufbau eines zellularen Netzes

Daher wurde schon bald nach Möglichkeiten gesucht, einerseits mehr Daten auf einmal über GSM zu übertragen und andererseits bei Datenübertragungen mit nicht-konstantem Datenstrom keine Bandbreite zu verschwenden. Im Rahmen der GSM Phase 2+ wurden HSCSD und GPRS konzipiert.

2.3.1.2 HSCSD³⁵

HSCSD (Higspeed Circuit Switched Data) dient zur Bereitstellung einer konstant zur Verfügung stehenden Bandbreite. Dazu werden einfach mehrere Zeitschlitz eines Kanals auf einmal einem Nutzer zur Verfügung gestellt. Man erhält also ein Vielfaches der 9.600 Bit/s um Daten zu übertragen. Maximal sollen dabei 6 Zeitschlitz³⁶ belegt werden können. In Verbindung mit einer Modifikation des Übertragungsverfahrens sollen theoretisch maximal 65 kBit/s übertragen werden können. Theoretisch aus zweierlei Gründen: erstens sind die Hersteller von Datenfunk-Mobilstationen im Moment nicht in der Lage so schnelle Übertragungsraten zu unterstützen, vorerst werden 19.200 Bit/s (2x9.600) realistisch sein und erst später 28.800 Bit/s (2x14.400) möglich werden.³⁷ Der zweite Grund ist der, daß schon heute die Frequenzen in Ballungsgebieten knapp sind und es somit unsicher ist, ob, zumindest in Deutschland, HSCSD überhaupt eingeführt wird.

2.3.1.3 GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) führt ein neues Transportparadigma ein: Paketvermittlung. Als Grundlage dient das Internet Protokoll (IP). Dabei sollen an einer Basisstation, abhängig vom Bedarf, der Konfiguration und der vorhandenen leitungsvermittelten Last, ein oder mehrere Kanäle als Paketdatenkanäle dynamisch reserviert werden.³⁸ Die Bandbreite, die durch die Paketdatenkanäle zur Verfügung steht, wird unter den an der Basisstation angemeldeten GPRS-Mobilstationen nach Bedarf aufgeteilt. Durch die Paketvermittlung wird eine höhere Kompatibilität mit existierenden LANs erreicht.³⁹ Eine Mobilstation, die GPRS nutzen möchte, ist, entgegen des normalen Zustandes bei GSM, immer im GSM-Netz eingeloggt. Aus diesem Grund wäre auch nur eine volumenabhängige Berechnung für GPRS sinnvoll. Für unregelmäßige Datentransfers, wie sie beispielsweise bei der Nutzung des WWW vorkommen, könnte GPRS somit eine für alle Benutzer bessere Dienstgüte aufweisen, da die kurzzeitig anfallenden Datenbursts bei der Übertragung einer neuen WWW-Seite mit höherer

³⁵ Vgl. connect 6/99

³⁶ Vgl. Ericsson Austria AG (1999) und Siemens Matsushita Components

³⁷ Vgl. connect 6/99 & Ericsson (1999)

³⁸ Vgl. Cai/Goodman (1997), S. 125

³⁹ Vgl. Nokia (1997), S. 3

Bandbreite übertragen werden können. Auch scheint die Technik für die Nutzung von GPRS besser realisierbar zu sein, denn schon heute spricht man von in absehbarer Zeit realisierbaren Bandbreiten von 57.600 Bit/s bei einer maximalen Bandbreite von 115.200 Bit/s. Auch sind über GPRS schnellere Antwortzeiten möglich, als über „normale“ GSM-Datenverbindungen, denn es muß nicht für jedes kleine Paket eine Verbindung auf- und danach wieder abgebaut werden.

Von außen, beispielsweise aus dem Internet, erscheinen GPRS-Mobilstationen wie Rechner mit einer IP-Adresse. Dies wird dadurch erreicht, daß der Mobilstation vom Netzbetreiber eine IP-Adresse in einem GPRS-IP-Subnetz zugewiesen wird.

GPRS ist der erste Dienst aus der GSM Phase 2+, der grundlegende Änderungen an der Netzwerkinfrastruktur erfordert, was daher rührt, daß GSM ursprünglich auf Leitungsvermittlung basierte.⁴⁰

Problematisch an GPRS ist die Tatsache, daß sich der GPRS-Nutzer die vorhandene Bandbreite sowohl mit anderen GPRS-Nutzern, als auch mit den leitungsvermittelten Nutzern teilen muß. Dies kann bei stark belasteten Basisstationen dazu führen, daß der Nutzer nur 9.600 Bit/s für das „Browsen“ im WWW zur Verfügung hat. Selbst bei durchschnittlich belasteten Basisstationen könnte ein „Download“ einer großen Datei mit Geschwindigkeiten von nur wenig mehr als 9.600 Bit/s stattfinden, da der Nutzer die Bandbreite ständig mit anderen Anwendern teilt.⁴¹

Ob Mobilfunkbetreiber GPRS einführen werden, ist im Moment aufgrund der teilweise schon hohen Netzauslastung respektive Netzüberlastung unsicher. Die deutschen Mobilfunkbetreiber haben momentan noch keine offiziellen Aussagen dazu abgegeben.

2.3.1.4 EDGE⁴²

Enhanced Data Rates for GSM Evolution, kurz EDGE, wird der voraussichtlich letzte Evolutionschritt der GSM-Netze in der GSM Phase 2+ sein. Der Einsatz von EDGE wird voraussichtlich ab 2000 / 2001 möglich sein. EDGE ist eine weitere Modifikation des GSM-Netzes, die es ermöglicht, die ursprünglich für GSM aufgebauten und für GPRS / HSCSD erweiterten Netze weiterzuverwenden. Ziel von EDGE ist es, die Geschwindigkeit der Datenübertragung in Bereiche anzuheben, die den niedrigen Übertragungsraten des Mobilfunksystems der dritten Generation, auf das im nächsten Kapitel eingegangen wird, entsprechen. Erreicht wird dies durch eine Modifikation des Modulationsverfahrens, mit dem die Funksignale zwischen Basis- und Mobilstation übertragen werden. Voraussichtlich werden die Übertragungsgeschwindigkeiten mehr als verdreifacht werden. Da EDGE die Grundparameter des GSM-Systems beibehält, kann eine Basisstation sowohl Standard-GSM-Mobilstationen als auch EDGE-Mobilstationen innerhalb eines Übertragungskanal in benachbarten Zeitschlitzten versorgen. Der einzige Nachteil von EDGE ist, daß die Reichweite einer Basisstation bei Verwendung der neuen Modulation abnimmt. Es ist also denkbar, daß man zuerst speziell in Ballungsgebieten die neue Modulation verwendet und in Gebieten, in denen ein Sender einen großen Bereich versorgen muß, vorerst weiterhin die Standardmodulation benutzt. Außerdem ist das neue Modulationsverfahren in der Lage, sich an die Sendebedingungen anzupassen und so unter ungünstigen Bedingungen die Datenrate zu senken, um eine zuverlässige Übertragung zu gewährleisten.

EDGE definiert auch die Nachfolgedienste für HSCSD und GPRS. Diese werden Enhanced Circuit Switched Data, ECSD, und Enhanced General Packet Radio System, EGPRS, genannt. Mit EGPRS könnten dann unter günstigen Umständen Übertragungsraten von über 400 kBit pro Sekunde erreicht werden. Bei ECSD und der Verwendung von zwei Zeitschlitzten könnte man 64 kBit pro Sekunde übertragen.

In einer zweiten Ausbaustufe, der Phase 2 von EDGE, soll es dann möglich sein, innerhalb eines Zeitschlitzes, Sprachdaten mehrerer Telefongespräche zu übertragen und auf diese Weise auch die

⁴⁰ Vgl. Nokia (1997), S. 4

⁴¹ Vgl. connect 06/99

⁴² Vgl. Nokia (1999)

Sprachübertragungskapazität zu erhöhen. Alternativ könnte man auch höherwertige Sprachübertragungsverfahren verwenden.

2.3.2 UMTS⁴³

Bei 1998 weltweit 3 Millionen Nutzern, die Mobilfunknetze für Datenübertragung bei einem Volumen von 1,1 MByte pro Benutzer und Monat nutzen und einer Prognose von 77 Millionen Nutzern 2005, von denen jeder ein Datenvolumen von 30 MByte pro Monat erzeugt, sind heutige, GSM-basierte Mobilfunknetze überfordert, insbesondere auch deshalb, weil die Gesamtzahl der weltweiten Mobilfunknutzer von geschätzten 426 Millionen im Jahr 2000 auf voraussichtlich 1,7 Milliarden im Jahr 2010 steigen sollen. Daher entwickelt man seit einigen Jahren ein Mobilfunksystem der dritten Generation. Dieses System, das auf europäischer Ebene unter Universal Mobile Telecommunications System, kurz UMTS, bekannt ist und das weltweit unter der Regie der ITU als IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) bezeichnet wird, soll in der Lage sein, die Anforderungen an die mobile Kommunikation des frühen 21. Jahrhunderts zu erfüllen. Wichtiges Augenmerk wird dabei darauf gelegt, daß UMTS ein weltweiter Standard wird, so daß, entgegen der heutigen Situation, eine einzelne Mobilstation weltweit einsetzbar ist. Für die Entwicklung von UMTS haben sich im „UMTS-Forum“⁴⁴ 168 Industrieunternehmen, Regulierungsorganisationen und Netzbetreiber zusammengeschlossen, um so eine möglichst umfassende Unterstützung von UMTS zu erreichen. Am 10. Juni 1999 haben sich die Mitglieder dieser Organisation auf einen gemeinsamen Vorschlag geeinigt, der nun von der ITU als Standard festgelegt werden soll.⁴⁵

Das Ziel von UMTS, das, wie GSM, ein zellulares Netz ist, ist die Unterstützung von Sprachübertragung und schmal- und breitbandiger Datenübertragung. UMTS soll dabei bei niedrigen Fortbewegungsgeschwindigkeiten, d.h. bei Geschwindigkeiten kleiner 120 km/h, Datenraten von mindestens 384 kBit pro Sekunde bieten. Bewegt sich der Nutzer mit Geschwindigkeiten bis 500 km/h, so sollen immer noch Datenraten von 144 kBit/s erreicht werden.⁴⁶ Bei Fortbewegungsgeschwindigkeiten unter 10 km/h im Bereich von Gebäuden oder im Freien in der Nähe von Basisstationen, soll UMTS mindestens 2 MBit pro Sekunde übertragen können. Dazu sollten im ursprünglichen Vorschlag zum UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA) aus Asien und Europa zwei verschiedene Übertragungsverfahren, W-CDMA (Wideband-CDMA) und TD-CDMA (Time Division-CDMA), verwendet werden. Im Rahmen der Einigungsverhandlungen mit den USA wurde nun noch ein drittes Verfahren, nämlich Multi Carrier (MC; basiert auf dem amerikanischen CDMA-2000 Vorschlag, der eine bessere Migration für amerikanische Betreiber von digitalen nicht-GSM Mobilfunknetzen ermöglichen soll), als Übermittlungsverfahren in den Standardisierungsvorschlag aufgenommen. Das all diesen Verfahren zugrundeliegende Übermittlungsprinzip ist Code Division Multiple Access (CDMA). Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß man keine Sicherheitsfrequenzbänder zwischen den Sendekanälen verwenden muß, wodurch man die zur Verfügung stehenden Frequenzbänder besser ausnutzen kann. Bei CDMA wird für jede Verbindung zwischen einer Mobilstation und einer Basisstation, die über den gleichen Kanal abgewickelt wird, eine andere Kodierung verwendet. Das Grundprinzip besteht darin, daß die Zeit, die für die Übermittlung eines Bits benötigt wird, vervielfacht wird. In dieser längeren Zeitspanne können nun mehrere Sender mit unterschiedlichen Codes gleichzeitig senden, ohne daß eine Dekodierung der verschiedenen Signale verhindert würde.

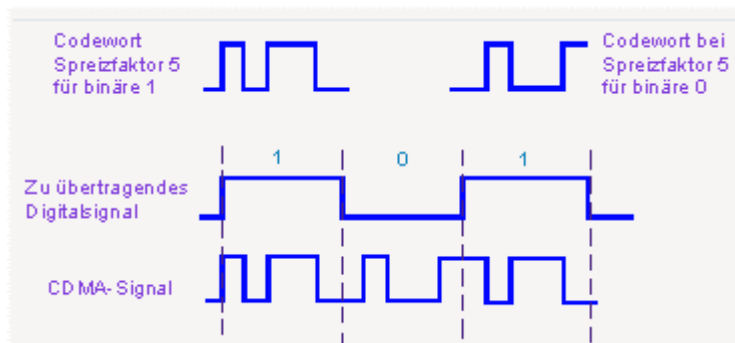
W-CDMA benutzt dabei für den Hin- und Rückkanal Frequenzmultiplexing, d.h. für den Hin- und den Rückkanal werden unterschiedliche Frequenzen verwendet, während für TD-CDMA Zeitmultiplexing verwendet wird, d.h. für Hin- und Rückkanal werden unterschiedliche Zeitschlitze innerhalb eines Kanals verwendet. Es war leider nicht möglich zu ermitteln, worin die genauen Besonderheiten von CDMA-2000 respektive MC liegen. Der TD-CDMA-Modus wird verwendet, um die Übertragungsraten von 2 MBit/s in abgegrenzten Arealen zu bieten. Der W-CDMA-Modus dient für die Versorgung größerer Reichweiten mit 384 kBit/s.

⁴³ Vgl. Siemens – From GSM to UMTS

⁴⁴ Siehe <http://www.umts-forum.org>

⁴⁵ Vgl. Handelsblatt (1999), S. 26

⁴⁶ Vgl. Samukic, A. (1998)



Darstellung 12 CDMA

Eine weitere Eigenschaft von UMTS ist die Unterstützung von asynchroner und synchroner Datenübertragung. Auch werden, wie bei GSM / GPRS, leitungvermittelte und packetvermittelte Datenübertragungen unterstützt. Außerdem ist die Interaktion zwischen GSM- und UMTS-Netzen von Beginn an eingeplant, so daß es möglich sein soll, beim Verlassen der nach der unmittelbaren Einführung von UMTS nur in Ballungszentren verfügbaren UMTS-Inseln, ein Handover von UMTS nach GSM bzw. umgekehrt durchzuführen. Damit ist es insbesondere möglich, zu Beginn des Aufbaus von UMTS-Netzen, die „Hot Spots“ in den GSM-Netzen, die unter ständigem Kapazitätsengpässen leiden, als erste mit UMTS-Systemen auszustatten, um so die Engpässe zu beseitigen.

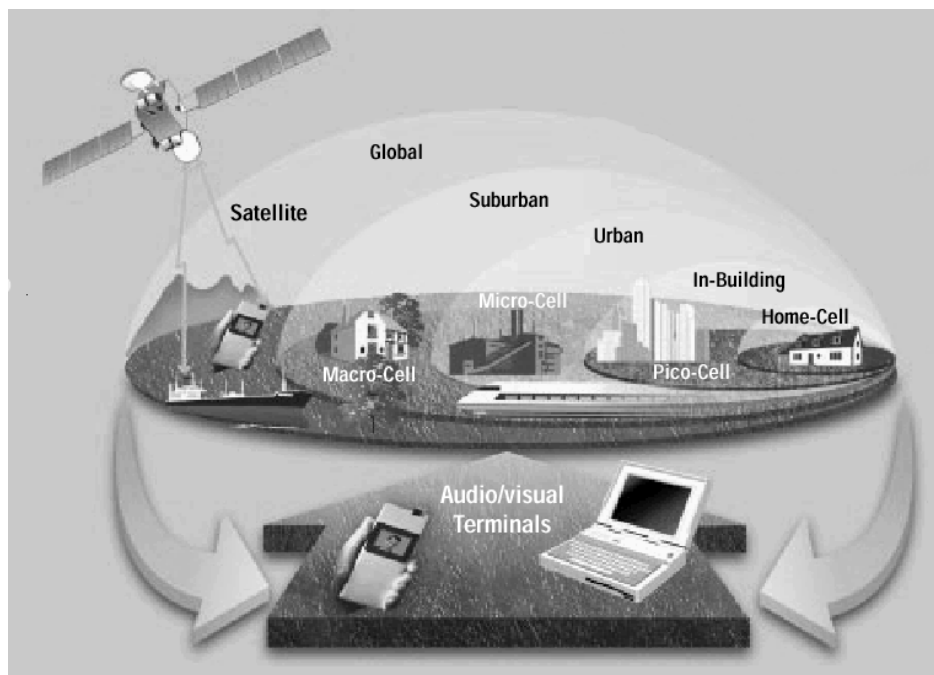
Ein entscheidender Vorteil von UMTS gegenüber GSM ist jedoch die Integration von Sendegebietern jeder Art.⁴⁷ D.h., es wird möglich sein, das eigene Haus mit einem UMTS-Sender auszustatten (sog. Home Cell) und man kann größere Gebäude mit einem eigenen UMTS-Netz versorgen (sog. In-Building-Betrieb mit einer Pico-Cell). Die gebäudeinternen Funknetze sind dabei u.U. nicht genehmigungspflichtig. Es könnten Stadtteile, Werksgelände oder kleinere Städte mit eigenen UMTS-Netzen ausgestattet werden (sog. Micro-Cell). Die nächste Ausbaustufe sind suburbane Netze (sog. Macro-Cell). Darüber hinaus ist die Integration von erdnahen Satelliten vorgesehen, um so eine globale Abdeckung mit UMTS, in diesem Fall S-UMTS, zu erreichen. Dabei wäre es sogar möglich einen Handover zwischen terrestrischem UMTS und S-UMTS vorzunehmen.

UMTS soll außerdem den parallelen Betrieb von Anwendungen bieten, d.h. es soll beispielsweise möglich sein zu telefonieren, während man gerade im Internet „surft“.

UMTS geht aber über den Status einer Weiterentwicklung von GSM hinaus. UMTS-Dienste sollen auf gemeinsamen Fähigkeiten aller Benutzer und Funkumgebungen basieren. Wenn ein UMTS-Nutzer eines Providers über Roaming auf das UMTS-Netz eines anderen Providers zugreift, soll sich der Benutzer bezüglich der Konfiguration der Dienste „wie zu Hause fühlen“. Die Dienste sollen genauso konfiguriert sein, wie er sie in seinem „Heimatnetz“ konfiguriert hat. Dieses „Virtual Home Environment“ (VHE) genannte Konzept soll auch dafür sorgen, daß Dienste, die im Netz des „Gast-Providers“ nicht zur Verfügung stehen, aus dem Netz des eigenen Providers transparent in das fremde Netz geroutet werden. Dies kann beispielsweise bei Unternehmensanwendungen eine ganz neue Dienstqualität bieten, wenn ein Mitarbeiter, der sich außerhalb seines Unternehmens aufhält, die Anwendungen seines „Corporate UMTS-Netzes“ nutzen kann.⁴⁸ Dabei werden (Konfigurations-)Daten des Anwenders nicht mehr wie heute in der Mobilstation gespeichert sein, sondern entweder beim eigenen Provider oder aber bei speziellen Dienst Anbietern, die beispielsweise besonders guten Schutz für die persönlichen Daten des Anwenders versprechen.

⁴⁷ Vgl. MobilenniumM (Nov. 98), S. 9

⁴⁸ Vgl. MobilenniumM (Nov. 98), S. 8



Darstellung 13 Hierarchischer Aufbau von UMTS-Netzen⁴⁹

Das erste Land, das UMTS im Jahr 2001 einführen wird, ist Japan. Europa soll im Jahr 2002 folgen. Dazu werden schon dieses Jahr die Frequenzen für UMTS-Netze in Deutschland durch die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) versteigert.⁵⁰ Ab dem Jahr 2002 werden dann die Frequenzbereiche 1900 – 1980 MHz, 2010 – 2025 MHz und 2110 – 2170 MHz zu Verfügung stehen. Diese Frequenzen werden bei einer Entscheidung für bundesweite Netzbetreiber für drei bis vier UMTS-Netze ausreichen.⁵¹ Dabei würden dann noch Frequenzen für lokale Netze zur Verfügung stehen. Weitere Frequenzen sollen zu einem späteren Zeitpunkt bereitgestellt werden. Eine Entscheidung dazu soll auf der Weltfunkkonferenz 2000 (WCR 2000) gefällt werden. Außerdem sollen für S-UMTS spezielle Satellitenfrequenzen bereitgestellt werden.

Für die heute in Deutschland etablierten Netzbetreiber ist relevant, daß beispielsweise die technischen Geräte von Siemens, die die Netzbetreiber für die Einführung von GPRS kaufen könnten, schon für einen UMTS-Einsatz geeignet wären, so daß hier Investitionsschutz bestände.⁵² Auch ist UMTS in der Lage beliebige freiwerdende Frequenzen zu nutzen. So wäre es beispielsweise denkbar, daß die heutigen D- und E-Netze eines Tages in UMTS-Netze umgerüstet werden, wobei jedoch die heutigen Betreiber voraussichtlich neue Lizenzen benötigen würden, da die RegTP UMTS als neuen genehmigungspflichtigen Dienst ansieht.

⁴⁹ Vgl. Mobilennium (Nov. 98), S. 9

⁵⁰ Vgl. Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (1999)

⁵¹ Vgl. Mobilennium (Nov. 98), S. 2

⁵² Vgl. Siemens – From GSM to UMTS, S. 8

3 Anwendungen⁵³

3.1 Übersicht

Im folgenden soll auf zwei Einsatzmöglichkeiten für leitungsgebundene und leitungslose Hochgeschwindigkeitsnetze eingegangen werden.

3.1.1 Leitungsgebundene Hochgeschwindigkeitsnetze als Backbone für die Kommunikation eines Unternehmens

Die häufigste und heute sicherlich sinnvollste Einsatzmöglichkeit für leitungsgebundene Hochgeschwindigkeitsnetze ist der Einsatz als Backbone für die Unternehmenskommunikation. Im besten Fall bedeutet dies die Integration der Übertragung von Sprache, Video und Daten innerhalb des Unternehmens. Dabei bietet beispielsweise ATM den Unternehmen die Möglichkeit, über ein zuverlässiges Netzwerk ihre weltweite Kommunikation abzuwickeln. Da sich bei modernen, zunehmend multimedialen Anwendungen schnell hohe Datenraten auf dem Backbone akkumulieren, sind Hochgeschwindigkeitsnetzwerke für diesen Einsatzzweck besonders geeignet.

Bezüglich der **Datenübertragung** stellt ATM eine gute Grundlage für die Übertragung verschiedener Netzwerkprotokolle, wie SNA, Ethernet oder Token Ring über den Backbone dar. Daher ist ein solcher Backbone auch zur Integration verschiedener, althergebrachter Netzwerkarchitekturen geeignet. Zum speziellen Einsatz von ATM für Multiprotokollübertragung siehe Kapitel 3.2.

Eine heute immer häufiger genutzte Anwendung sind **Videokonferenzen**. Häufig ist es heute jedoch so, daß Videokonferenzen in der Teilnehmerzahl beschränkt sind und nicht spontan eingerichtet werden können. Mit günstiger werdender Hardware, wie Kameras und Digitalisierungskarten für PCs bzw. Workstations und der Verfügbarkeit von Backbones mit hoher Datenrate, ist denkbar, Videokonferenzen bzw. -dialoge spontan und weltumfassend zu initiieren. Dabei könnten alle Teilnehmer, von denen beispielsweise einige Teilnehmer externe Kunden sind und über Standardnetzwerke an die Infrastruktur einer Bank angeschlossen sind (xDSL oder ISDN) oder aber in einer Filiale sitzen, direkt von Ihrem Arbeitsplatz aus miteinander in Verbindung treten. Somit könnten zur Beratung des Kunden Experten hinzugezogen werden, die in Hauptniederlassungen, in der Zentrale oder aber bei internationalen Tochterunternehmen arbeiten.

Für eine stärker zentralisierte Bankstruktur, die Spezialisten an zentralen Schlüsselpunkten einsetzt, ermöglichen diese Videokonferenzen-on-Demand eine persönliche Beratung von Kunden oder Mitarbeitern, insbesondere Kundenberatern und bieten so einerseits Kostensenkungspotential und andererseits gefährdet es nicht den „persönlichen“ Kontakt zwischen den Beteiligten.

Auch ist zu erwarten, daß in Zukunft, in Verbindung mit dem Einsatz von Videokonferenzen, auch vermehrt **Application Sharing**, d.h. das gemeinsame, kooperative Bearbeiten von Dokumenten, zur Anwendung kommt.

Eine weitere Anwendung, die sich bei Verwendung von schnellen Backbones anbietet, ist die Übertragung der unternehmensinternen **Sprachkommunikation**. Diese hat heute noch einen ungleich größeren Anteil an der unternehmensinternen Kommunikation als Videoübertragungen. Je nach Auslegung des Backbones wäre sogar denkbar, daß das Unternehmen internationale Telefonkommunikation ebenfalls über den Backbone bis zu der Niederlassung bzw. dem Tochterunternehmen leitet, das die günstigste Verbindung zum Kommunikationspartner bietet. Hier wäre es von der Größe des Unternehmens und dem damit verbundenen Gesprächsaufkommen abhängig, ob die Investitionen in eine solche Lösung rentabel wären.

Ein wichtiger Unterschied der Übertragung von Sprache oder Video gegenüber der Übertragung der meisten Arten von Daten ist die ausgesprochene Empfindlichkeit gegenüber Verzögerungen der Übertragung und der Varianz der Übertragungsverzögerung. Auch hier bietet ATM durch seine QoS-

⁵³ Vgl. Rüdiger, A. (1999)

Klassen die notwendigen Voraussetzungen, um eine gute Übertragung von Sprache und Video bei gleichzeitiger Übertragung von Daten zu gewährleisten.

Für den Bereich der Sprach- und Videoübertragung gewinnt auch das Konzept der **Call Center** an Bedeutung. Call Center stellen sog. Info-Pools dar, in denen die Kommunikationsbeziehungen von Banken zu vielen ihrer Kunden zusammenlaufen.

Weiterhin besteht die Option Großkunden an den Backbone eines Unternehmens, z.B. einer Bank, anzubinden und somit die Möglichkeit einer breitbandigen Kommunikation mit dieser zu erschließen. Dies würde dann beispielsweise die Teilnahme des Managements des Großkunden an Videokonferenzen der Bank erlauben.

3.1.2 Anbindung von mobilen Mitarbeitern über leitungslose Hochgeschwindigkeitsnetze

Spätestens mit der Einführung von UMTS ab 2002 wird mobilen Mitarbeitern nach und nach eine Infrastruktur zugänglich, die es ihnen ermöglichen wird, mittels einer Mobilstation, sei dies nun ein Gerät im Sinne heutiger Handys oder ein UMTS-Interface eines Laptop oder elektronischen Organismus, einen ausreichend schnellen Zugriff auf das Netzwerk ihres Unternehmens zu erhalten. Dadurch werden sie in der Lage sein auf alle Ressourcen, seien dies nun aktuelle Informationen oder auch Spezialsoftware, verzögerungsfrei zuzugreifen und dies sogar parallel zu einer möglichen Sprach- oder gar Videoübertragung, denn von der Industrie wird schon heute die Ausstattung von Mobilstationen mit möglichst großen Farbd Displays und integrierten Kameras prognostiziert. Die Möglichkeit der Videoübertragung erlaubt es, daß ein mobiler Mitarbeiter bei Fragen, die Spezialwissen erfordern, jederzeit Experten der Niederlassung oder der Zentrale via Videokonferenz hinzuziehen kann und das unter Einbeziehung des Kunden. Dies kann zu einer deutlichen Steigerung der Beratungsqualität und einer weiteren Optimierung von Geschäftsprozessen und des Personalbedarfs führen.

3.2 Backbones

3.2.1 Implementierung⁵⁴

An dieser Stelle sollen einige Möglichkeiten zur Implementierung eines Backbones auf der Basis eines ATM-Netzwerkes in groben Zügen vorgestellt werden.⁵⁵

Backbones haben dabei die Aufgabe, verschiedene Netze einer Institution, die über die ganze Erde verteilt sein können, miteinander zu verbinden. Dies ist in der Regel, wenn es sich nicht um ein junges Unternehmen handelt, bereits vor vielen Jahren geschehen. Durch neue Anwendungen, wie z.B. Internet, Intranet, Extranet, Videokonferenzen oder allgemein, die Übertragung multimedialer Daten, ist jedoch abzusehen, daß die bestehenden Systeme an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit stoßen werden. Deshalb sind neue Konzepte gefragt, die den neuen Aufgaben gewachsen sind und gleichzeitig Investitionen aus der Vergangenheit darin einbinden können, wo dies sinnvoll und möglich ist.

Das oben⁵⁶ vorgestellte ATM-Protokoll kann, wie bereits erwähnt, dazu die Grundlage bilden. Für die Umsetzung gibt es zwei konkurrierende Spezifikationen. Die eine wird als Multiprotocol over ATM (MPOA) und die andere als IP-Switching bezeichnet.

MPOA ist ein Standard des ATM-Forums⁵⁷ und stellt als OSI-Schicht⁵⁸-3-Protokoll jedoch nicht nur IP, sondern auch IPX und andere Protokolle zur Verfügung. Es ist also universeller als IP-Switching, könnte aber mit der zunehmenden Verbreitung von IP eines Tages überflüssig werden.⁵⁹ Um MPOA zu realisieren, wird auf verschiedene Konzepte zurückgegriffen: LAN Emulation 1.0 (LANE)⁶⁰, die die Einbindung von Ethernet- und Token-Ring-Netzen in einem ATM-Backbone gestattet, Classical IP

⁵⁴ Vgl. Tillmann, W. (1997)

⁵⁵ Zu anderen und weiterführenden, als den hier vorgestellten Konzepten, siehe auch Badach, A.; Hoffmann E.; Knauer O. (1994)

⁵⁶ Siehe Kapitel 2.2.1 ATM

⁵⁷ Vgl. ATM-Forum (1998)

⁵⁸ Siehe dazu z.B. Tanenbaum, A. (1992) S. 396 bis 402

⁵⁹ Vgl. Tinsley, R.; Lang, L. (1996)

⁶⁰ Vgl. ATM-Forum (1995)

and ARP over ATM (kurz: Classical IP)⁶¹, das beschreibt, wie IP-Subnetze in einem ATM-Netzwerk eingerichtet werden können, Next Hop Resolution Protocol (NHRP), das die netzwerkweite Adreßauflösung über die Grenzen logischer Subnetze hinweg erlaubt, sowie das Multicast Address Resolution Protocol (MARS), zur Unterstützung von Multicasts.

Das LANE-Konzept sieht in einem emulierten LAN eine Client/Server-Architektur vor, die es LANE-Clients (LECs), z.B. LAN-to-ATM-Bridges, erlaubt, auf einem LANE-Server (LES) eine MAC/ATM-Adreßzuordnung zu erfassen und so ATM-Adressen auf MAC-Adressen (und umgekehrt) abbilden zu können. Außerdem ist ein Broadcast and Unknown Server (BUS) vorgesehen, der unter der Broadcast-Adresse des LAN-Protokolls erreichbar ist und einen Broadcast emulieren kann. Des weiteren existiert ein LANE Configuration-Server (LECS), der die LECs zu bestimmten LESs dirigiert und somit einem emulierten LAN zuordnet.

Classical IP organisiert ATM-fähige Teilnehmer zu sog. logischen IP-Subnetzen (LIS) und stellt das Address Resolution Protocol (ARP), sowie das Routing bereit. Bei Classical IP müssen alle Teilnehmer ATM-fähig sein. Innerhalb eines LIS kommunizieren die Stationen direkt über ATM miteinander, liegen sie jedoch in verschiedenen LIS, so muß ein Router, der nichts anderes als eine ATM-Station, die in zwei oder mehreren LIS eingebunden ist, hinzugezogen werden.

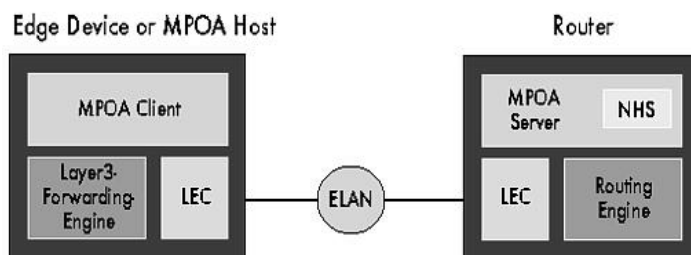
Sowohl LANE als auch Classical IP benutzen eine netzwerkabhängige Adreßauflösung. Für eine freie und flexible LAN-Bildung ist jedoch eine netzwerkunabhängige Adreßauflösung, auch über mehrere Subnetze hinweg, eine Voraussetzung. Genau dies bietet NHRP. Außerdem ermöglicht es, nach der Adreßauflösung, eine Shortcut-Verbindung über mehrere Subnetze hinweg zu schalten. Eine Shortcut-Verbindung ist dabei die direkte ATM-Verbindung zwischen zwei Endgeräten, ohne Einbeziehung etwaiger Router. Dadurch wird eine schnelle geschaltete Verbindung möglich.

MPOA verbindet die drei vorgestellten Konzepte und trennt dazu die verschiedenen Dienste für Routing (OSI-Schicht 3) und Datenweiterleitung (OSI-Schicht 2). Auch MPOA benutzt eine Client / Server-Architektur, die aus MPOA Clients (MPC) und MPOA Servern (MPS) gebildet wird. Im wesentlichen stellen dabei die MPCs Anfragen zur Adreßauflösung an die MPSs.

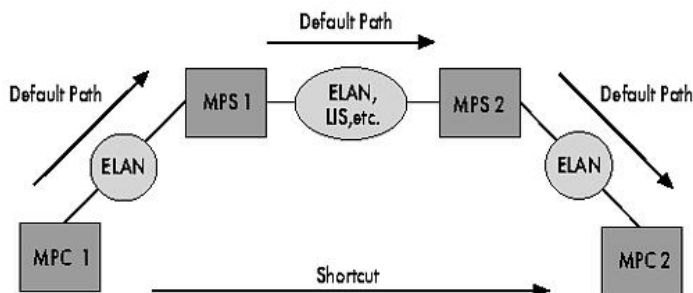
Der MPC ist dabei meist in einem sog. Edge Device untergebracht, das den Übergang zwischen traditionellen LANs und dem ATM-Netz darstellt. Da der MPC jedoch keine Routing-Funktionen wahrnehmen kann, muß er die OSI-Layer 3 Daten an einen Router weiterleiten. In diesem Router ist auch der MPS mit integriertem Next Hop Server

(NHS) untergebracht. Dieser ermöglicht, eventuell unter Einbeziehung weiterer NHSs, die Ermittlung eines Shortcut-Pfades zwischen zwei MPCs.

Als Konkurrenz zu MPOA wird IP-Switching über ATM betrachtet. IP-Switching hat an zunehmender Bedeutung gewonnen, da sich die Standardisierung von MPOA längere Zeit hingezogen hat. Jedoch ist auch IP-Switching über ATM nicht standardisiert, sondern beruht vielmehr auf proprietären Protokollen diverser Hardwarehersteller. Zu unterscheiden sind zwei grundsätzliche Konzepte, nämlich datenstromorientiertes und topologieorientiertes IP-Switching.



Darstellung 14 MPOA: Anordnungen der verschiedenen Funktionen in Router und Edge Device⁶²



Darstellung 15 MPOA: Default Path und Shortcut Path⁶³

⁶¹ Vgl. Laubach, M. (1994)

⁶² Aus Gillhuber, A. (1997)

⁶³ Aus Gillhuber, A. (1997)

IP-Switching kann von verschiedenen Geräten durchgeführt werden: wenn Router und Switch in einem Gerät integriert sind, spricht man von einem Integrated Switch/Router (ISR). Sind sie getrennt, nennt man die Routing-Komponente auch Route-Server oder virtuellen Router.

Beim datenstromorientierten IP-Switching werden die Pakete, wie bei IP üblich, zunächst von Router zu Router übertragen, die untereinander mit ATM verbunden sind. Einer der Router in der Kette kann dann eine Shortcut-Verbindung initialisieren, was durch die Zuweisung eines neuen Connection Identifiers (VCI/VPI-Paar) zu den Zellen geschieht, die einem Datenstrom angehören, sowie der Aktualisierung der Switching-Matrizen in den betroffenen Switches.

Beim topologieorientierten IP-Switching werden Connection Identifiers generiert, die mit spezifischen IP-Adress-Präfixen assoziiert sind und an alle ISRs in der Routing-Domäne verteilt werden. Dadurch ist es möglich, anhand eines Teils der IP-Adresse den Connection Identifier herauszufinden und somit die Datenpakete zu einem bestimmten Zielnetzwerk direkt switchen zu können, nachdem sie in Zellen zerlegt worden sind. Dadurch, daß Connection Identifier mit ganzen Subnetzen assoziiert sind, kann, im Vergleich zum verbindungsorientierten Switching, ein großer Teil des Connection Identifier-Adressraums eingespart werden und damit skaliert topologieorientiertes IP-Switching wesentlich besser.

Welche Technologie letztendlich eingesetzt wird, ist sicherlich abhängig von der jeweiligen Anwendung. IP-Switching eignet sich jedoch ausschließlich zur Übertragung von IP-Paketen. Es muß aber auch gesagt werden, daß MPOA wesentlich komplizierter ist und somit auch höhere Kosten verursachen könnte.

3.2.2 Praxisbeispiel⁶⁴

Bei der Deutschen Bank wurde ein ATM-Backbone für den Datentransfer eingeführt. Das technische Ziel, das mit der Einführung des Backbones erreicht werden sollte, war ein durchgängig schneller und reibungsloser Informationsfluß und –zugang von allen Filialen aus, der von der Tageszeit unabhängig sein sollte. Durch dieses Ziel sollte primär die Qualität der Kundenservices erhöht werden, aber auch die Anbindung der weltweiten Tochterunternehmen an die deutsche Zentrale verbessert und vereinfacht werden.

Vor der Änderung der Infrastruktur waren 35.000 PCs und zeichenbasierte Terminals im Einsatz. Für neue Anwendungen mit verbesserten, standardisierten Anwender-Schnittstellen und höherem Datendurchsatz bis zum PC des Mitarbeiters mußte die Architektur angepaßt werden, damit die 1997 täglich über 13 Millionen Transaktionen allein aus den Zweigstellen, die 30.000 Geldautomaten, und die zunehmende Anzahl von Kunden die Homebanking betreiben, einen problemlosen Zugriff auf die zentralen Daten innerhalb des gesamten Banknetzes zu jeder Zeit und von jedem Ort aus erhalten konnten.

Das neue Netz verbindet alle 35.000 Workstations trotz unterschiedlicher Systeme und Plattformen zu einem einzigen Netz. Es gibt drei zentrale Rechenzentren in Frankfurt am Main, Eschborn (bei Frankfurt am Main) und Düsseldorf. Diese sind mit den 18 regionalen Hauptniederlassungen verbunden, die wiederum mit allen 1.400 Zweigstellen verbunden sind. Die meisten Zweigstellen sind über 3Com⁶⁵ NETBuilder Router an die Hauptniederlassungen via X.25 Protokoll angebunden. Dabei sind Zweigstellen mit höchstens 32 Anwendern mit 3Com SuperStack II Hubs 10 (Ethernet-Hubs mit Anbindung an ATM-Backbone) und SuperStack II Switches 1000 (Ethernet-Switch mit Anbindung des ATM-Backbones) ausgerüstet um die Workstations mit den Servern zu verbinden. Bei mehr als 32 Anwendern werden 3Coms CoreBuilder 7000 ATM Switches (ATM-Switch mit Unterstützung von Ethernet) eingesetzt. Über diese Architektur hat jeder Server und jede Workstation volle 10 MBit/s als Bandbreite zur Verfügung. Performancekritische Server sind direkt via ATM angeschlossen und bieten so eine wesentlich höhere Bandbreite.

Mit dieser Netzwerkinfrastruktur hat die deutsche Bank die größte Ansammlung von ATM-Switches in einem einzigen Unternehmen auf der ganzen Welt geschaffen.

⁶⁴ Vgl. Mierschke, Th. (1997)

⁶⁵ Siehe 3Com-Homepage: <http://www.3com.com/products>

4 Marktübersicht⁶⁶

4.1 Deutsche Telekom AG

Die Deutsche Telekom AG ist als Ex-Monopolist das größte deutsche Telekommunikationsunternehmen. Sie ist folglich in Deutschland überall präsent und verfügt über das größte Leitungsnetz. Durch ihre Mitgliedschaft bei Global One, dem außer der Deutschen Telekom noch die France Telecom (Frankreich) und Sprint (USA) angehören, kann sie ihre Leistungen auch international anbieten.

Die Deutsche Telekom bietet in Deutschland ein umfassendes Angebot an Leistungen an. An dieser Stelle sollen einige Produkte daraus vorgestellt werden.

4.1.1 T-ATM⁶⁷

Unter der Bezeichnung T-ATM (ehemals T-Net ATM) bietet die Deutsche Telekom sowohl im In- als auch im Ausland verschiedene ATM-Produkte an.

Der Kunde in Deutschland muß sich dazu einen T-ATM Basis- oder Systemanschluß ins Haus legen lassen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Anschlußarten besteht darin, daß bei dem T-ATM Systemanschluß das ATM Edge Device, der sog. Kunden Service Switch (KSS), von der Deutschen Telekom gestellt wird. Ein direkter Anschluß ans ATM-Netz ist jedoch nur möglich, wenn der Kunde in einer der 53 „opened Areas“ wohnt. Ansonsten muß der Kunde über eine herkömmliche Standleitung angebunden werden. Die Deutsche Telekom stellt dabei Anschlüsse mit einer Bandbreite von 2, 34 und 155 MBit/s zur Verfügung. Darüber können dann feste Verbindungen (PVCs) geschaltet werden. Sie bietet die Verkehrskategorien CBR, VBR, VBR Plus (eine Variante von VBR, die freie Kapazitäten auf dem Backbone stärker ausnutzt) und UBR an. Auch ist geplant, demnächst ABR anzubieten. Preise zu Festverbindungen und Basis- oder Systemanschlüssen sind nach Angaben der Deutschen Telekom Verhandlungssache, so daß uns keine Preise genannt werden konnten. Sie stellen sich aber aus den einmaligen Bereitstellungskosten, dem monatlichen Grundentgelt und den Kosten für die jeweiligen festen Verbindungen zusammen.

International kann die Deutsche Telekom derzeit ohne Probleme ATM-Anschlüsse unter der Produktbezeichnung Global ATM über Global One in den folgenden Ländern realisieren: Australien, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Irland, Israel, Italien, Japan, Kanada, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz, Spanien und USA. In anderen Ländern muß dann nach individuellen Lösungen gesucht werden, wie z.B. Leased Lines anderer Telekommunikationsanbieter, wie der British Telecommunications. Die Deutsche Telekom kann aber prinzipiell an jedem Ort der Erde einen Anschluß anbieten, wenn die technischen Voraussetzungen vor Ort gegeben sind.

Die Deutsche Telekom stellt auch SVCs zur Verfügung. Dazu werden den ATM-Wahlzugängen Rufnummern zugeteilt. Soll eine Verbindung aufgebaut werden, muß außer der Rufnummer die gewünschte Verkehrskategorie und die gewünschte Bandbreite mitgeteilt werden. Die Kosten für eine SVC sind dann abhängig von der gewünschten Bandbreite, der Tageszeit, der Verkehrszeit, der Entfernungszone (City oder German) sowie der Dauer der Verbindung. Eine Abrechnung nach Zellen ist geplant, stößt aber derzeit noch auf technische Probleme.

Diese Verbindungen eignen sich also insbesondere dann, wenn nur gelegentlich Leistungen in Anspruch genommen werden sollen. Auf einem ATM-Basis- oder Systemanschluß können verschiedene

Verkehrskategorie	Preis pro Minute
CBR	7,75 DM
VBR	5,43 DM
UBR	1,55 DM

Darstellung 16 Preise⁶⁸ für eine 8 MBit/s ATM-Wählverbindung in der Tarifzone German zwischen 6 und 21 Uhr, unidirektional

⁶⁶ Von den angeschriebenen Unternehmen haben in Zeitraum der Erstellung der Seminararbeit nur die Deutsche Telekom AG und MCI WorldCom GmbH geantwortet. Daher fallen die Informationen zu den Angeboten dieser Unternehmen deutlich umfangreicher aus, als bei den Firmen, bei denen die Informationen ausschließlich aus den teilweise unzureichenden WWW-Angeboten extrahiert werden mußten.

⁶⁷ Diese Informationen stammen, falls nicht anders angegeben, aus einem Telefonat mit Herrn Dipl.-Ing. Günter Nüchter, Produktmanagement ATM und Datex M, Zentrale der Deutschen Telekom AG, Bonn, vom 23. Juni 1999, sowie aus Unterlagen und Prospekten, die uns Herr Nüchter zugesandt hat

⁶⁸ Netto, zzgl. Umsatzsteuer, Abrechnung sekundengenau

SVCs und PVCs gleichzeitig geschaltet sein, bis dessen Bandbreite erschöpft ist. Die maximale Bandbreite einer SVC beträgt jedoch gegenwärtig 8MBit/s, dem Benutzer steht jedoch offen, mehrere SVC gleichzeitig aufzubauen.

Die Verfügbarkeit wird in die Klasse II - Standard, mit 98,5%, die Klasse III - im City-Netz, mit 99,0% oder die Klasse IV - bei Mehrwegeführung und Premiumservice - mit 99,8% eingeordnet.

4.1.2 T-ATM über T-DSL

Eine weitere, sehr interessante Lösung ist der T-ATM Zugang über T-DSL, das ADSL-Angebot der Deutschen Telekom.

Davon gibt es zwei Varianten, nämlich ATM-Access und ATM-Solution. ATM-Access bietet dabei am ATM-Modem eine ATM-25-Schnittstelle für 25,6 MBit/s an, es sind jedoch nur SVCs möglich; die zur Verfügung stehenden Verkehrskategorien sind VBR und VBR Plus. Bei ATM-Solution stehen alle Leistungen von ATM-Access zur Verfügung, zusätzlich jedoch auch PVCs und die Verkehrskategorie UBR. Außerdem gibt es noch eine 10Base-T Ethernet-Schnittstelle, auf die ausschließlich PVCs in der Verkehrskategorie UBR geschaltet werden können. CBR ist technisch über T-DSL nicht möglich.

Die Verfügbarkeit wird in die Verfügbarkeitsklasse I - Standard T-ATM über T-DSL mit 97,5% eingeordnet.

Max. Übertragungsgeschwindigkeit (downstream/upstream) Bruttowerte	Monatlicher Grundpreis
2 MBit/s / 192 kBit/s	390 DM
4 MBit/s / 384 kBit/s	680 DM
6 MBit/s / 576 kBit/s	960 DM

Darstellung 17 Preise⁶⁹ für T-ATM über T-DSL, einmalige Bereitstellungskosten: 500 DM, zzgl. Verbindungsentgelte⁷⁰

4.1.3 Sonstiges Angebot im Überblick

- T-ATM Area: Verbindungen innerhalb eines Citynetzes zum Pauschaltarif, unabhängig von Entfernung, Anzahl und Verkehrskategorie. Verfügbar derzeit in: Berlin, Düsseldorf, Frankfurt am Main, Hamburg, Köln, München, Nürnberg, Stuttgart. Geplant bis Ende 1999: Bremen, Dortmund, Dresden, Essen, Hannover, Karlsruhe, Leipzig.⁷²

Max. Übertragungsgeschwindigkeit (downstream/upstream)	Monatlicher Grundpreis	Einmalige Bereitstellungskosten (bis zum 31.12.99 kostenlos)
1,536 MBit/s / 160 kBit/s	990 DM	2.000 DM
2,048 MBit/s / 192 kBit/s	2.490 DM	2.900 DM
4,096 MBit/s / 384 kBit/s	3.590 DM	7.500 DM
6,016 MBit/s / 576 kBit/s	4.990 DM	8.900 DM

Darstellung 18 Preisbeispiele⁷¹ für T-InterConnect über T-DSL, monatl. Datenvolumen max. 2,4 GByte

- T-ATM Free Flow: Anbindung an das Datex M (SMDS) Netz
- T-ATM Frame Relay / ATM Service Interworking: Anbindung an Frame Relay-Dienste der Deutschen Telekom
- T-InterConnect mit T-DSL: Breitbandiger Zugang zum Internet. Der Internet-Backbone der Deutschen Telekom verfügt zur Zeit über eine Bandbreite von 622 MBit/s und soll bis Ende 1999 auf 2,4 GBit/s ausgebaut werden.
- Über das Tochterunternehmen DeTeSystem sind auch sehr spezialisierte Angebote möglich.

4.2 Mannesmann Arcor⁷³

Mannesmann Arcor bietet zur Zeit keinen ATM-Dienst an. Dieser befindet sich aber im Aufbau.

⁶⁹ Netto, zzgl. Umsatzsteuer

⁷⁰ Zu den Verbindungspreisen siehe Deutsche Telekom (1999a)

⁷¹ Netto, zzgl. Umsatzsteuer

⁷² Vgl. Deutsche Telekom (1999)

⁷³ Siehe Homepage von Mannesmann Arcor (<http://www.arcor.de>)

4.3 VIAG Interkom⁷⁴

- **Unternehmen:**
Die VIAG Interkom GmbH & Co wurde im Mai 1995 gegründet. Die größten Teilhaber sind die VIAG Aktiengesellschaft und die British Telecommunications. VIAG Interkom will Komplettanbieter von Telekommunikationsdienstleistungen (Sprache und Daten) für den Deutschen Markt werden. 1998 wurde ein Umsatz von 400 Millionen DM mit einem Personalstand von ca. 3500 Mitarbeitern erzielt.
- **Produkt:**
VIAG Interkom bietet seit 1999 den Concert ATM Service an.
- **Übertragungsraten:**
1,5 bis 45 MBit/s
- **Quality of Service:**
Unterstützung von zwei Service-Klassen: Constant Bit Rate (CBR) und Variable-Bit-Rate non-real-time (VBR^{nr}).
- **Infrastruktur:**
VIAG Interkom hat ein Glasfasernetz von rund 10.000 km Länge und 1400 km Richtfunkstrecken unter Verwendung modernster Netzwerktechnik. Das Netz basiert auf der SDH-Technik.
- **Übergabepunkt:**
Es kann ein Direktanschluß über eine fest geschaltete Mietleitung gelegt werden. Alternativ ist der Zugang über nationale ATM-Netze möglich.
- **Verfügbarkeit:**
Keine Angabe zur prozentualen Verfügbarkeit. Kostenfrei erreichbare Kundenbetreuung. Reperaturzeiten bis zu vier Stunden mit 4 Stunden-Vor-Ort-Service.

4.4 COLT TELECOM⁷⁵

- **Unternehmen:**
COLT TELECOM ist ein europäisches Telekommunikationsunternehmen und als solches Anbieter von Sprach-, Daten- und Internetdiensten auf Basis eigener Glasfasernetze. Die deutsche COLT TELECOM GmbH ist das selbständige Tochterunternehmen der britischen COLT TELECOM Group plc. 1998 setzte die COLT TELECOM GmbH 167,2 Mio. DM um.
- **Produkt:**
Das Festverbindungsprodukt von COLT heißt COLTLink. COLTLink kann zur Übertragung von Daten zwischen zwei oder mehr Standorten verwendet werden. Das ATM-Produkt nennt sich COLTMegaLink.
- **Übertragungsraten:**
2 (E1), 34 (E1 / E3), 45 (DS3), 140 (E4), 155 (63 x E1 / STM-1 (VC-4)) und 622 (252 x E1 / 4 x STM-1 (VC-4) / STM-4 (VC-4)) MBit/s
- **Infrastruktur:**
COLT betreibt einen SDH-Ring der die Daten zwischen den Kundenstandorten transportiert. In Europa werden Stadtnetze in Frankfurt am Main, München, Hamburg, Berlin, Düsseldorf, Köln, Stuttgart, London, Paris, Zürich, Amsterdam, Brüssel, Madrid und Mailand betrieben. 1999 sind noch Netze in Barcelona, Genf, Lyon und Wien geplant. COLT hat in Deutschland 500 Mitarbeiter, europaweit mehr als 1.400. Zu Verbindungen in die USA liegen keine Angaben vor.
- **Übergabepunkt:**
Vor jeder Erstinstallation definiert COLT zusammen mit dem Kunden einen „Point of Presentation“, der als Abschlußpunkt dient. Hier werden nach Aufbau der Festverbindung alle bestellten Dienste übergeben.
- **Verfügbarkeit:**
COLT TELECOM garantiert eine Verfügbarkeit des COLT-Netzes von mindestens 99,99% und eine Leistungsverfügbarkeit von mindestens 99,85%.

⁷⁴ Vgl. VIAG Interkom

⁷⁵ Vgl. COLT TELECOM

- **Preise:**

Die Preise ergeben sich pro Festverbindung aus einer einmaligen Installationsgebühr, sowie teilweise der Distanz in Luftlinie zwischen zwei zu verbindenden Gebäuden.

- **Bereitstellungszeitraum:**

Bei Bestehen eines Hausanschlusses an das COLT-Netz, kann ein neuer Anschluß i.d.R. in fünf Arbeitstagen zur Verfügung gestellt werden. Ist ein Neuanschluß notwendig, müssen ca. 3 Wochen ab dem Vorliegen notwendiger rechtlicher Genehmigungen gerechnet werden.

4.5 MCI WorldCom⁷⁶

MCI WorldCom ist ein global agierendes Telekommunikationsunternehmen. Es besteht aus drei Geschäftsbereichen: MCI WorldCom für das USA-Geschäft, WorldCom International für das Geschäft außerhalb der USA und UUNET WorldCom für Internet- und multinationale Datenlösungen. Weltweit werden 22 Millionen Kunden von 75.000 Mitarbeitern aus 300 Niederlassung in 65 Ländern bei einem Umsatz von ca. 32 Milliarden US-\$ mit Sprach-, Daten- und Internet-Dienstleistungen versorgt. Für das deutsche Geschäft ist die MCI WorldCom Deutschland GmbH mit Sitz in Frankfurt am Main zuständig. Sie betreut mit ungefähr 500 Mitarbeitern 5.000 Geschäftskunden. Zu bekannten Kunden gehören namhafte Unternehmen wie Allianz, Audi, Bloomberg, BP Oil International, Cisco Systems, Commerzbank, Ericsson, Honeywell, KPMG, Morgan Stanley, Panasonic, Reuters, Sony und die UBS.

MCI WorldCom besitzt ein globales Netzwerk mit 120.000 km Länge. Dies schließt transatlantische Verbindungen von Europa in die USA und ein über 3.000 km umfassendes pan-europäisches Netz mit ein, das die europäischen City-Netze in London, Amsterdam, Brüssel, Paris und Frankfurt am Main, Stockholm und Zürich verbindet. Außerdem existieren deutsche City-Netze in München, Köln / Düsseldorf, Hamburg, Stuttgart, Berlin und Hannover, die zusammen mit Frankfurt am Main das deutsche MCI WorldCom Netz bilden. Weitere Knoten außerhalb der USA existieren in Tokio, Sydney und Hong Kong. Für die Verwendung von ATM Angeboten können all diese Standorte mit 39 US-amerikanischen Städten verbunden werden: Atlanta (Georgia), Boston (Massachusetts), Chicago (Illinois), Dallas (Texas), Denver (Colorado), Detroit (Michigan), Fairfax (Kansas), Fort Lauderdale (Florida), Houston (Texas), Indianapolis (Indiana), Jacksonville (Florida), Knoxville (Tennessee), Los Angeles (Kalifornien), Miami (Florida), Mobile (Alabama), Nashville (Tennessee), Newark (New Jersey), New York (New York), Orlando (Florida), Philadelphia (Pennsylvania), Phoenix (Arizona), Pittsburgh (Pennsylvania), Rialto (Kalifornien), Richmond (Virginia), Raleigh (North Carolina), Sacramento (Kalifornien), Salt Lake City (Utah), San Diego (Kalifornien), San Francisco (Kalifornien), Santa Clara (Kalifornien), St. Louis (Missouri), Seattle (Washington), Tampa (Florida), Tulsa (Oklahoma) und Washington D.C. Das Netzwerk für ATM-Dienste wird als „selbstheilend“ beschrieben, um Störungen schnell umgehen zu können und basiert zu 100% auf Glasfaser-Infrastruktur (ATM, SDH/SONET, D-WDM). Dabei werden Verbindungen im Fehlerfall innerhalb von 30 Sekunden automatisch auf einen alternativen Pfad innerhalb des MCI WorldCom Backbone umgeroutet.

Für ATM-Verbindungen werden Übertragungsgeschwindigkeiten von 2 (E1), 34 (E3) und 45 (DS-3) MBit/s unterstützt. 155 (STM-1) MBit/s sollen noch 1999 unterstützt werden. E3-Verbindungen sind nur innerhalb von Europa verfügbar. Ab 45 MBit/s werden die Kunden direkt auf das MCI WorldCom SDH-Netz aufgeschaltet, sogenannter On-Net-Service. Es werden die ATM-Service-Klassen Constant-Bit-Rate (CBR), Variable-Bit-Rate non-real-time (VBR^{nrt}) und Available-Bit-Rate (ABR) unterstützt.

Zur Verfügbarkeit gibt MCI für ihren Backbone 99,99% und für jeden Kundenstandort eine Nichtverfügbarkeit von 0,02% an. Daraus errechnet MCI die Gesamtserviceverfügbarkeit, als Differenz der MCI WorldCom Backbone-Verfügbarkeit und der Summe der Nichtverfügbarkeiten der Kundenstandorte.

⁷⁶ Vgl. MCI WorldCom

Die generelle Preisstruktur für einen ATM-Link sieht einen bandbreitenabhängigen Festpreis vor. Die Entfernung der Standorte **soll** dabei keinen Einfluß haben.

4.5.1 International ATM

International ATM bietet zwischen den via ATM erreichbaren Citynetzen eine ATM-Verbindung. Know-How und die Installation der Infrastruktur für den Anschluß an einen ATM-Link und deren Konfiguration und Überwachung sind hierbei vom Kunden zu erbringen. MCI bietet nur an einem Übergabepunkt, dem sogenannten Point-of-Presence, eine Anschlußmöglichkeit an ein ATM-Netz. Für einen DS-3 On-Net Anschluß gibt MCI einen Bereitstellungszeitraum von 15 Arbeitstagen an. Der Preis errechnet sich aus einer einmaligen Installationsgebühr für die Einrichtung einer physikalischen Verbindung, dem bandbreitenabhängigen Festpreis plus den Kosten für den Port und den optionalen Netzwerkzugangskosten, wenn kein On-Net-Anschluß möglich ist. Außerdem existiert eine Rabattstruktur für längerfristige Vertragsbindungen zwischen einem und fünf Jahren.

4.5.2 ATM Plus

Mit ATM Plus bietet MCI WorldCom seit Mai 1999 einen integrierten Dienst, der es Unternehmen erlaubt, auf einfache Weise und ohne den Aufbau von ATM-Know-How Standorte über ATM zu koppeln, in den Worten von MCI: „Enterprise Connectivity Provided as a Managed Service“. Dabei wird dem Kunden nicht nur ein ATM-Anschluß zur Verfügung gestellt, sondern auch der Übergabepunkt vom LAN des Kunden zum WAN, das sogenannte Edge Device, ein Switch, wird von MCI bereitgestellt und mittels Simple Network Management Protocol (SNMP) vom MCI WorldCom NOCC (Network Operations Control Center) konfiguriert und überwacht. Dadurch werden die IT-Ressourcen des MCI-Kunden nicht mit dem WAN-Support belastet. Das Edge Device ist hochmodular und kann auf Kundenseite mit den LAN-Netzwerktypen Ethernet, Token Ring, FDDI und ATM arbeiten. Dabei wird eine Any-to-Any-Kommunikation zwischen all diesen Netzwerktypen unterstützt und dies auch innerhalb einer Lokation, so daß über den Switch auch unterschiedliche Netzwerke an einem Ort verbunden werden können. Verschiedene Protokolle des Network Layers werden ebenfalls unterstützt, darunter auch IP und IPX. Bei Bedarf kann der Kunde über ATM Plus virtuelle LANs⁷⁷ (Virtual LAN, VLAN) aufbauen und zwar auf Port-, MAC-, Network Layer-Ebene und auch Policy basierende VLANs.

Zu den Kosten einer International ATM Verbindung kommen bei ATM Plus die Miete für das Edge Device und die Kosten für das Netzwerkmanagement hinzu.

4.6 AT&T⁷⁸

- **Unternehmen:**
AT&T ist eines der weltweit größten Telekommunikationsunternehmen mit einem Umsatz von 53 Milliarden US-\$ und 109.000 Beschäftigten. In Europa ist AT&T durch ein britisches Tochterunternehmen vertreten.
- **Produkt:**
Local (US) und International ATM.
- **Übertragungsraten:**
Innerhalb der USA mit Geschwindigkeiten von 1,5 und 45 MBit/s. International stehen Übertragungsraten von 155 (STM-1) und 45 (PDH) MBit/s zur Verfügung.
- **Quality of Service:**
Es werden zwei QoS-Klassen unterstützt: Variable-Bit-Rate non-real-time (VBR^{nrt}) und Constant-Bit-Rate (CBR). Round-Trip-Delay unter 120 Millisekunden.
- **Infrastruktur:**
1999 Verbindungen zwischen 41 Städten innerhalb der USA. Internationale Verbindungen nach Kanada, Japan und Großbritannien. Es wird ein SONET-Backbone verwendet.

⁷⁷ D.h. LANs, die sich über große Distanzen ausdehnen, indem eine transparente WAN-Verbindung beispielsweise zwischen verschiedenen Standorten geschaltet wird.

⁷⁸ Vgl. AT&T

Städte, in den USA, in denen bereits ein Link angeboten werden kann: Los Angeles (Kalifornien), Oakland (Kalifornien), Phoenix (Arizona), Portland (Oregon), Baltimore (Maryland), Boston (Massachusetts), Cincinnati (Ohio), Cleveland (Ohio), Columbus (Georgia), Dallas (Texas), Denver (Colorado), Detroit (Michigan), Hartford (Connecticut), Houston (Texas), Kansas City (Kansas), Minneapolis/St. Paul (Minnesota), Philadelphia (Pennsylvania), Pittsburgh (Pennsylvania), St. Louis (Missouri), Sacramento (Kalifornien), San Francisco (Kalifornien), Tampa (Florida), Milwaukee (Wisconsin), Nashville (Tennessee), New York (New York), Orlando (Florida).
15 weitere Städte sollen im dritten Quartal 1999 verfügbar sein.

- **Verfügbarkeit:**

99,99 % Verfügbarkeit des Netzwerks. Wiederherstellen bei Ausfall in vier Stunden. 99,99% Einhaltung der Datenrate.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit sind wir auf leitungsgebundene und leitungslose Netzwerktechnologien eingegangen, die, jede für sich, in ihrem Einsatzbereich neue Möglichkeiten eröffnet. Dies betrifft sowohl qualitative Aspekte, als auch die Anwendungsgebiete, die sich durch diese Technologien erschließen. ATM wird in der nächsten Zeit den Netzwerkbereich im Businessbereich beeinflussen. Es wird durch seine, gegenüber heute in Unternehmen eingesetzten Netzwerktechnologien, erhöhte Leistungsfähigkeit, die einerseits auf dem Einsatz von Switching und der damit verbundenen höheren möglichen Bandbreite und andererseits auf der Unterstützung von QoS-Aspekten beruht, zumindest vermehrt im Bereich der Unternehmensbackbones zum Einsatz kommen. Insbesondere eignet sich ATM auch zur Integration und somit zur „sanften“ Migration althergebrachter Netzwerktechnologien auf eine neue, leistungsfähige und homogene Plattform. Dabei spielen insbesondere Konzepte wie MPOA und IP-Switching eine große Rolle. Die Akzeptanz und der Einsatz von ATM wird noch dadurch gesteigert werden, daß die heute noch hohen Kosten für ATM-Hardware weiter fallen werden.

Mit ADSL wird auch kleinen und mittleren Unternehmen eine Möglichkeit eröffnet, kostengünstiger breitbandigere Netzwerkzugänge zu nutzen, als ihnen dies heute möglich ist. Weiterhin ermöglicht es Unternehmen ihre Filialen breitbandig an ihren Unternehmensbackbone anzuschließen, ohne jede Filiale direkt mit ATM-Anschlüssen oder Standleitungen auszustatten.

Der Bereich mobiler Anwendungen wird heute noch durch die beschränkten Datenübertragungsraten, die das GSM-Mobilfunksystem ermöglicht, behindert. Durch die in den nächsten Jahren anstehenden Erweiterungen von GSM - HSCSD, GPRS und EDGE – und der damit verbundenen Bandbreitenerhöhung wird es möglich sein, mobilen Mitarbeitern nahezu alle Anwendungen zugänglich zu machen, die ihnen auch direkt im Unternehmensnetz zugänglich sind und es ihnen so ermöglichen, Kunden wesentlich effizienter, qualitativ hochwertiger, kostengünstiger und nicht zuletzt schneller zu beraten als heute. Spätestens mit dem Beginn der Einführung von UMTS im Jahr 2002 werden auch eventuell vorher vorhandene Bandbreitenprobleme in der Mobilfunkkommunikation vorerst beseitigt werden.

Schon heute bieten Telekommunikationsunternehmen Produkte für breitbandige Netzwerkanbindungen an. Im Rahmen einer Marktübersicht wurde ein Überblick über ATM-Angebote großer Anbieter gegeben, wobei die Informationsbasis bei den verschiedenen Unternehmen sehr unterschiedlich war, da außer der MCI WorldCom und der Deutschen Telekom von keinem der angeschriebenen Unternehmen Informationen erhältlich waren, die über das teilweise spärliche WWW-Angebot hinausgingen.

In den nächsten Jahren werden die Zugangsmöglichkeiten zu ATM-Netzwerken stetig ausgebaut werden, worauf alle betrachteten Anbieter, insbesondere auch Mannesmann Arcor, in ihren WWW-Angeboten hinweisen. Allein dadurch werden die Zugangskosten für interessierte Unternehmen fallen. Hinzu kommen neue optische Technologien, wie beispielsweise Wavelength Division Multiplexing (WDM), die es den Telekommunikationsunternehmen erlauben, über die vorhandenen Lichtwellenleiter deutlich höhere Datenmengen pro Zeiteinheit zu übertragen. So ist im Moment eine Datenübertragungsrate von 1,6 Terabit pro Sekunde und Lichtwellenleiter absehbar. Durch diese neuen Technologien sollten die Kosten für Virtual Connections deutlich fallen.

Auch sind die Netzwerktechnologien einer steten Weiterentwicklung unterworfen. So wird schon heute gefordert, das verbindungsorientierte ATM um eine effiziente paketvermittelnde Funktionalität zu erweitern, die den Anforderungen von IP besser genügt.

Ein anderer Weg, der in der aktuellen Diskussion steht, richtet sich jedoch auf die Realität der Übertragung von IP über internationale Backbones. Diese Realität sieht regelmäßig so aus, daß ein Unternehmen IP über ATM auf den Backbone seines Telekommunikationsunternehmens überträgt. Dieses Unternehmen betreibt seinen Backbone jedoch häufig über SDH / SONET, daß wiederum eine bestimmte optische Übertragungstechnik verwendet. Somit liegen hier vier Netzwerkprotokolle übereinander, mit dem Overhead, den solche Konstellationen regelmäßig erzeugen. An dieser Stelle setzen neue Konzepte an. Daher ist die Rede von IP über SONET oder aber sogar von IP über WDM. Erstes ist bereits standardisiert. Letzteres erfordert eine Erweiterung des WDM-Verfahrens um optische Routingfähigkeiten, das sog. Wellenlängenrouting.⁷⁹

⁷⁹ Vgl. Cianciolo, S. (1998) und Späth, J. (1999)