

Universität Rostock

Fakultät für Ingenieurwissenschaften

Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Institut für Nachrichtentechnik und Informationselektronik



Diplomarbeit

Technische und wirtschaftliche Untersuchungen eines Kommunikationsverbundes auf ATM-Technologie

Betreuer: Dr. H.-D. Melzer (Universität Rostock)
M.A. F. Ruge (Cisco Systems GmbH Hamburg)
B. Hoffmann (Siemens AG Rostock)

Vorgelegt von:

Christoph Lange

Matrikel: 092207687

01. Dezember 1997 – 31. Mai 1998

Vorbemerkungen

Diese Diplomarbeit wurde durch die Unterstützung einer Vielzahl von Personen ermöglicht, bei denen ich mich hier bedanken möchte.

Besonderer Dank gilt den Betreuern meiner Diplomarbeit: Herrn Dr. H.-D. Melzer (Universität Rostock), Herrn F. Ruge (Cisco Systems GmbH Hamburg) und Herrn B. Hoffmann (Siemens AG Rostock) für die Themenfindung sowie die konstruktive Zusammenarbeit und gute Betreuung während der Diplomphase.

Für nützliche Anregungen und Hinweise danke ich Herrn D. Diestel (Deutsche Telekom AG Rostock), Herrn W.-G. Böhme (PFI Berlin), Herrn H. Becher (Universität Rostock, Rechenzentrum), Herrn S. Ziercke (PFI Berlin), Herrn A. Budde (DeTeSystem GmbH Berlin), Herrn Heyden (Landesbauamt Rostock) sowie Herrn F. Koebsch (Siemens AG Rostock).

Abschließend und zugleich in erster Linie danke ich allen Personen, die mich während der gesamten Zeit meines Studiums auf vielfältigste Art und Weise unterstützt haben und es so zu einem unvergeßlichen Lebensabschnitt werden ließen. Insbesondere danke ich an dieser Stelle meinen Eltern, meinem Bruder und meiner Verlobten.

Rostock, im Mai 1998

Christoph Lange

Kurzreferat

Einer der kritischsten Faktoren in Unternehmensnetzen ist derzeit deren Fähigkeit, sowohl die Sprach- als auch die Datenübertragung in einem Corporate Network zu realisieren. Die Anforderungen hinsichtlich der Funktionalität, Fehlertoleranz und effizienter Bandbreitenzuteilung sind sehr hoch.

In der vorliegenden Arbeit werden am Beispiel des Netzes der Universität Rostock Strategien aufgezeigt, wie die Übertragung von TK-Diensten in ein ATM-Netz integriert werden kann. Es werden Varianten der Kopplung von TK- und Datennetz mit Blick auf technische und wirtschaftliche Aspekte diskutiert.

Eine der vorgestellten Kopplungsvarianten wurde im Labor für Kommunikationssysteme realisiert und ihre Funktion für die Übertragung multimedialer Informationsströme nachgewiesen.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Darstellung der Technologie verschiedener Hochgeschwindigkeitsnetze, die in Unternehmensnetzen verwendet werden und ein Vergleich unter dem Gesichtspunkt der Sprach-Daten-Integration.

Inhalt

Vorbemerkungen	II
Kurzreferat	3
Inhalt	4
Verzeichnis der Abkürzungen	11
Verzeichnis der Abbildungen	20
Verzeichnis der Tabellen	23
1 Einleitung.....	25
2 Strukturen und Kommunikationsanforderungen im Netz der Universität Rostock.....	29
2.1 Integrierte Unternehmensnetze	29
2.2 Struktur des Rostocker Universitätsnetzes	31
2.2.1 Datennetz	31
2.2.2 Telekommunikationsnetz.....	33
2.2.3 Gesamtnetz.....	38
2.3 Kommunikationsanforderungen im Rostocker Universitätsnetz.....	39
2.3.1 Fernsprechverkehr	39
2.3.2 Datenverkehr.....	39
2.3.3 Erforderliche ATM-Dienste.....	40
2.4 Angestrebte Struktur des integrierten TK- und Datennetzes der Universität Rostock ..	41
2.4.1 Kopplung von TK-Anlagen und ATM-Switches mittels S_{2M}	42
2.4.2 Einsatz von TK-Anlagen Hicom 300 E	43
2.4.3 Variantenvergleich.....	45
2.5 Einbindung des Rostocker Universitätsnetzes in das B-WiN des DFN	47
2.5.1 Das deutsche Wissenschaftsnetz.....	47
2.5.2 Anschluß der Bildungseinrichtungen in Mecklenburg-Vorpommern an das B-WiN	49
3 Technologiebewertung von Hochgeschwindigkeitsnetzen.....	50

3.1	Frame Relay	50
3.1.1	Aufgaben der OSI-Schichten bei Frame Relay	51
3.1.2	Frame-Relay-Schnittstellen	51
3.1.3	Merkmale und Kenngrößen von Frame Relay	52
3.1.4	Anwendung von Frame Relay in Corporate Networks	54
3.2	Switched Multimegabit Data Service	55
3.2.1	Dienstqualität des SMDS	57
3.2.2	Netztechnologie des SMDS: DQDB	57
3.2.3	Anwendung von DQDB/SMDS in Corporate Networks	60
3.3	Fiber Distributed Data Interface	60
3.3.1	FDDI-II	62
3.3.2	Einsatz von FDDI	63
3.4	Asynchronous Transfer Mode	64
3.4.1	TK-Dienste in ATM-Netzen	64
3.4.2	ATM-Zellübertragungsdienste	65
3.4.3	ATM-Diensttypen	66
3.4.4	Übertragung von ATM-Diensten mit konstanter Bitrate	68
3.4.5	Leitungsemulation über ein ATM-Netz	71
3.4.6	Sprachübertragung über ATM	73
3.4.7	Anwendung von ATM in Corporate Networks	79
3.5	Synchrone Digitale Hierarchie	79
3.5.1	Übertragung von ATM-Zellen über SDH-Netzwerke	80
3.5.2	Überwachungsfunktionen in SDH-Netzwerken	82
3.5.3	Anwendung von SDH-Systemen in Corporate Networks	83
3.6	Andere Verfahren zur Bildung von virtuellen privaten Netzen	84
3.6.1	X.25	84

3.6.2	ISDN	87
3.6.3	Festverbindungen (Leased Lines).....	88
3.6.4	Internet	88
3.7	Vergleich der Technologien hinsichtlich des Einsatzes in Corporate Networks.....	91
4	Meß- und Simulationsmöglichkeiten/Testszenarien.....	95
4.1	Testszenarien bei der Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch.....	95
4.1.1	Testphase 1: Insellösung im Labor für Kommunikationssysteme.....	95
4.1.2	Testphase 2: Verbindung des ComLab über den ATM-Backbone mit dem Universitätsrechenzentrum	96
4.1.3	Testphase 3: Verbindungsaufbau über das B-WiN.....	97
4.2	Meßaufgaben und Meßgrößen an Komponenten des Testaufbaus	97
4.2.1	Meßaufgaben im ISDN an der S_0 -Schnittstelle	99
4.2.2	Meßaufgaben im ISDN an der S_{2M} -Schnittstelle	99
4.2.3	Meßaufgaben in ATM-Netzen.....	100
4.2.4	Analyse von Jitter	103
4.2.5	Einsatz der Meßtechnik am Beispiel der Testphase 1	105
4.3	Meß- und Analysetechnik und -verfahren	106
4.3.1	Wandel & Goltermann – DA-30C	106
4.3.2	Hewlett Packard – Internet Advisor.....	107
4.3.3	Verfahren zur Messung des Sprachkommunikationsaufkommens.....	110
5	Sprachübertragung im ATM-Netz der Universität Rostock.....	111
5.1	Qualität des Sprachverkehrs in privaten Netzen.....	111
5.2	Integriertes Sprach-Daten-Netz der Universität Rostock	113
5.2.1	Einsatz von Hicom 300.....	114
5.2.2	Einsatz von Hicom 300 E	115
5.2.3	Vorschlag für die Migration zu einem integrierten Sprach- und Datennetz an der Universität Rostock.....	117

5.3	Ersatzwegschaltung bei teilweisem Ausfall der Infrastruktur	122
5.4	Datenschutz und Datensicherheit.....	123
5.4.1	Schutz- und Sicherheitsbedürfnisse	124
5.4.2	Maßnahmen zur Gewährleistung des Datenschutzes und der Datensicherheit ...	125
5.4.3	Derzeitiger Stand der Netzsicherheit im Universitätsnetz.....	125
5.5	Projekte anderer Einrichtungen und Institutionen zur Sprach-Daten-Integration in ATM-Netzen.....	126
5.5.1	Gesamthochschule Kassel.....	126
5.5.2	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main	128
5.5.3	Pilotprojekt des DFN	131
5.5.4	Interoperabilitätstests Siemens – Cisco	132
6	Realisierung der Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch.....	133
6.1	TK-Anlage: Hicom 300	133
6.2	Exkurs: Hicom 300 E.....	136
6.2.1	Multirate Switching	136
6.2.2	ATM-Schnittstelle in Hicom 300 E.....	136
6.2.3	Weitere Merkmale der Hicom 300 E.....	138
6.2.4	Vernetzung von TK-Anlagen Hicom 300 und Hicom 300 E	139
6.3	ATM-Switch: LightStream 1010.....	139
6.4	Konfiguration der LightStream 1010 im Labor für Kommunikationssysteme.....	142
6.5	Konfiguration der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme.....	144
6.5.1	Hardware.....	144
6.5.2	Software	145
6.6	Vernetzung der Netzkomponenten im Labor für Kommunikationssysteme	146
6.7	Nachweis der Funktionalität der Kopplung von Hicom 300 und LightStream 1010 über S _{2M}	147
6.7.1	Testphase 1: Insellösung im ComLab.....	148

6.7.2	Weitere Testphasen.....	151
6.8	Ergebnis der Tests und Ausblick	151
7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	153
7.1	Derzeitige Sprachkommunikation	153
7.2	Zukünftige Sprachkommunikation	153
7.3	Kriterien zur Kostenbeurteilung	154
7.4	Bisherige Situation.....	154
7.5	Zukünftige Situation	155
7.5.1	Variante 1: Einsatz von Hicom 300.....	156
7.5.2	Variante 2: Einsatz von Hicom 300 E	156
7.6	Zusammenfassender Vergleich.....	157
8	Zusammenfassung	160
9	Literaturverzeichnis	140
Anhang A:	Technische Daten der Netzkomponenten und Meßsysteme	140
A.1	ATM-Switch LightStream 1010	140
A.1.1	Port Adapter Modul 155 Mbit/s Multimode	141
A.1.2	Port Adapter Module E1 CES 120 Ω	142
A.2	TK-Anlage Hicom 300	143
A.3	Meß- und Analysesysteme.....	147
A.3.1	Wandel & Goltermann: DA-30C.....	147
A.3.2	Hewlett Packard: Internet Advisor.....	151
Anhang B:	Einrichtung der Netzkomponenten.....	140
B.1	Einrichtung des LightStream 1010.....	140
B.1.1	Hardware	140
B.1.2	Softwarekonfigurationsmodi.....	141
B.1.3	Einbindung in das lokale Netzwerk und allgemeine Einstellungen.....	143

B.1.4	Einrichtung eines ATM-PVC.....	144
B.1.5	Einrichtung der E1-Schnittstellen und E1-PVC.....	144
B.2	Einrichtung der Hicom 300.....	147
B.2.1	Einrichtung der STMD-Karte	147
B.2.2	Einrichtung der SLMA-Karte	147
B.2.3	Einrichtung der DIUS2-Karte	147
Anhang C:	Konfigurationen der LightStream 1010	140
C.1	Ein ATM-Switch LightStream 1010 (139.30.200.80)	140
C.2	Zwei ATM-Switches LightStream 1010.....	141
C.2.1	LightStream 1010 A (139.30.200.80)	141
C.2.2	LightStream 1010 B (139.30.200.78)	142
Anhang D:	Verkehrswertberechnung für das TK-Netz der Universität Rostock	160
D.1	Verkehrswertberechnung für das Beispielnetz	161
D.2	Standorte der TK-Anlagen der Universität Rostock.....	165
D.2.1	TK-Anlagen des Hochschulbereiches.....	165
D.2.2	TK-Anlagen der Medizinischen Fakultät.....	167
Anhang E:	Normen und Standards	170
E.1	ITU-T.....	170
E.2	ATM-Forum	181
E.3	ETSI.....	190
E.4	ANSI.....	196
E.5	Bell Communication Research (Bellcore).....	200
E.6	IETF.....	203
E.7	ECMA	204
E.8	Weitere Standardisierungsorganisationen	210

-
- [Anlage]: Vollständige Konfigurationen der ATM-Switches LightStream 1010:
1. ls1010.txt (Test mit einem ATM-Switch)
 2. ls1010_a.txt und ls1010_b.txt (Test mit zwei ATM-Switches)
- Verkehrswertberechnung für derzeitiges und zukünftiges
Telekommunikationsnetz der Universität Rostock:
3. uni_netz.xls

Verzeichnis der Abkürzungen

A

AAL	ATM Adaption Layer
AAU	ATM Access Unit
ABR	Available Bit Rate
ACF	Adress Control Field
ADM	Add-/Drop-Multiplexer
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
ADS	Administration and Data Server
AIS	Alarm Indication Signal
AMI	Alternate Mark Inversion
AMS	ATM Media Switch
ANF	Additional Network Feature
ANT	Advanced Network Tester
AOCSD	Advice of Charge Supplementary Services
ASLMX	Anschlußleitungsmultiplexer
ASP	ATM Switch Processor
ATAF	ATM Test Access Function
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AU	Administrative Unit

B

B-ICI	Broadband-ISDN Inter-Carrier Interface
B-ISDN	Broadband-ISDN
B-ISUP	Broadband ISDN User Part
B-PISN	Broadband Private Integrated Services Network
B-WiN	Breitband-Wissenschaftsnetz
BAF	Bellcore Automatic Message Accounting Format
B _c	Committed Burst Size
BCDBS	Broadband Connectionless Data Bearer Service
BCOBS	Broadband Connection Oriented Bearer Service
B _e	Excess Burst Size
BECN	Backward Explicit Congestion Notification
BER	Bit Error Rate
BOOTP	Bootstrap Protocol
BOP	Bit Oriented Protocol
BSS	Broadband Switching System
BT	Burst Tolerance
BUS	Broadcast and Unknown Server

C

C	Container
CA	Customer Administration
CAC	Connection Admission Control
CAC	Call Admission Control

CAD/CAM	Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing
CAM	Carrier Module
CAS	Channel Associated Signalling
CBDS	Connectionless Data Bearer Service
CBR	Constant Bit Rate
CC	Central Control
CCSD	Call Completion Supplementary Services
CCSNIS	Common Channel Signaling Network Interface Specification
CCSS	Common Channel Signaling System
CDP	Cell Delay Priority
CDV	Cell Delay Variation
CE	Circuit Emulation
CER	Cell Error Ratio
CFSD	Call Diversion Supplementary Services
CIR	Committed Information Rate
CISD	Call Intrusion Supplementary Service
CLI	Command Line Interface
CLIP	Calling Line Identification Presentation
CLIR	Calling Line Identification Restriction
CLNAP	Connectionless Network Access Protocol
CLNIP	Connectionless Network Interface Protocol
CLP	Cell Loss Priority
CLR	Cell Loss Ratio
CLS	Connectionless Server
CM	Configuration Management
CMIP	Common Management Information Protocol
CMIS	Common Management Information Service
CMR	Cell Misinsertion Ratio
CNM	Customer Network Management
COFC	Commercially Oriented Functionality Class
COLP	Connected Line Identification Presentation
COLR	Connected Line Identification Restriction
CONF	Conference Unit
CONS	Connection-Oriented Network Service
COSS	Call Offer Supplementary Service
COTS	Connection-mode Oriented Transport Service
CPE	Customer Premises Equipment
CPS	Cells Per Second
CPU	Central Processing Unit
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Convergence Sublayer
CS-MUX	Circuit-Switching-Multiplexer
CSI	Convergence Sublayer Information
CSTA	Computer Supported Telecommunications Application
CT	Cartridge Tape
CTD	Cell Transfer Delay
CTLR	Cordless Terminal Location Registration
CTM	Cordless Terminal Mobility
CTSD	Call Transfer Supplementary Service
CUG	Closed User Group

D

DA	Digitalanalysator
DCI	Data Connection Interface
DDI	Direct Dialling In
DDV	Datendirektverbindung
DE	Discard Eligibility
DECT	Digital European Cordless Telecommunication
DEE	Datenendeinrichtung
DES	Data Encryption Standard
DFN	Deutsches Forschungsnetz
DIUS2	Digital Interface Unit S _{2M}
DLCI	Data Link Connection Identifier
DMS	Domain Management Service
DND(O)SD	Do Not Disturb and Do Not Disturb Override Supplementary Services
DP	Data Processor
DQDB	Distributed Queue Dual Bus
DRAM	Dynamic Random Access Memory
DS-n	Digital Signal Level n
DSS1	Digital Subscriber Signalling System No. 1
DSS2	Digital Subscriber Signalling System No. 2
DSU	Data Service Unit
DÜE	Datenübertragungseinrichtung
DV	Datenverarbeitung
DVC	Desktop Video Conferencing
DXI	Data Exchange Interface

E

E-COFC	Extended Commercially Oriented Functionality Class
EFCI	Explicit Forward Congestion Indication
EIA/TIA	Electronics Industry Association/Telecommunications Industry Association
ETB	Elektronisches Telefonbuch
ETR	European Technical Reference
ETS	European Telecommunications Standard

F

FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FECN	Forward Explicit Congestion Notification
FERF	Far End Receive Failure
FIFO	First In First Out
FM	Fault Management
FME	Fast Multicast Engine
FR	Frame Relay
FR-NNI	Frame Relay Network Network Interface
FR-SSCS	Frame Relaying Bearer Service Specific Convergence Sublayer
FR-UNI	Frame Relay User Network Interface
FRAD	Frame Relay Assembly/Disassembly

G

GBD	Gesamtbezugsdämpfung
GCU	Gebühren Computing Unit
GFC	Generic Flow Control
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM	Groupe Speciale Mobile

H

H-MUX	Hybrid Multiplexer
HD	Hard Disk
HDB3	High Density Bipolar of Order 3
HDLC	High Level Data Link Control
HEC	Header Error Control
Hicom	High Technology Communication
HIPPI	High-Performance Parallel Interface
HKZ	Hauptkennzeichensatz
HSA	High Speed Access
HSLs	High-Speed Signaling Links
HSSI	High Speed Serial Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol

I

I-MAC	Isochronous-MAC
I-PNNI	Integrated PNNI
I/O	Input/Output
IISP	Interim InterSwitch Signaling Protocol
IKZ	Impulskennzeichensatz
ILMI	Interim Local Management Interface
IM	Inventory Management
IOPA	Input Output Processor
IOS	Internetworking Operating System
IP	Internet Protocol
IPX	Internetwork Packet Exchange
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISSD	Identification Supplementary Services
IWU	Interworking Unit

J

JPEG	Joint Pictures Experts Group
------	------------------------------

K

KSS	Kunden Service Switch
-----	-----------------------

L

LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LAPB	Link Access Procedure Balanced
LAPD	Link Access Procedure D-Channel
LAPF	Link Access Procedure Frame Relay
LBU	Line Bus Unit
LCD	Loss of Cell Delination
LECS	LAN Emulation Configuration Server
LES	LAN Emulation Server
LL	Leased Line
LLC	Logical Link Control
LOF	Loss Of Frame
LOS	Loss Of Signal
LTUC	Line Trunk Unit Control

M

MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MBS	Maximum Burst Size
MCB	Maximum Cell Burst
MCR	Minimum Cell Rate
MCTD	Mean Cell Transfer Delay
MIB	Management Information Base
MIP	Memory Interface Processor
MMF	Mono Mode Fibre
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MPOA	Multi Protocol Over ATM
MSN	Multiple Subscriber Number
MSOH	Multiplexer Section Overhead
MSS	MAN-Switching System
MTBF	Mean Time Between Failures
MTBO	Mean Time Between Outages
MTP3	Message Transfer Part Level 3
MWISD	Message Waiting Indication Supplementary Service

N

N-ISDN	Narrowband Integrated Services Digital Network
N-ISUP	Narrowband ISDN User Part
NA	Network Aspects
NE	Network Element
NISD	Name Identification Supplementary Services
NM	Network Management
NMS	Network Management System
NNI	Network Network Interface
NPC	Network Parameter Control
NRZI	Non Return to Zero, Invert on Ones

NT Network Termination
NTSC National Television System Committee

O

OAM Operation And Maintenance
OAM&P Operations, Administration, Maintenance and Provisioning
OC-n Optical Carrier Type n
OLE Optische Leitungsendeinrichtung
OS Operations System
OSF Operation System Function
OSI Open Systems Interconnection
OSPF Open Shortest Path First

P

P Parity Bit
PAD Packet Assembly Disassembly
PAM Port Adapter Module
PBX Private Branch Exchange
PC Personal Computer
PCG Peripheral Clock Generator
PCM Pulse Code Modulation
PCMCIA Personal Computer Memory Card International Association
PCR Provisioned Peak Cell Rate
PDH Plesiochronous Digital Hierarchy
PDU Protocol Data Unit
PHY Physikalische Schicht
PICS Protocol Implementation Conformance Statement
PING Packet Internet Groper
PIR Peak Information Rate
PISN Private Integrated Services Network
PLCP Physical Layer Convergence Protocol
PLL Phase Locked Loop
PM Performance Management
PMD Physical Media Dependent Sublayer
PNNI Private Network Network Interface
POH Path Overhead
PPP Point To Point Protocol
PVC Permanent Virtual Circuit

Q

QoS Quality of Service
QVE Quantisierungsverzerrungs-Einheit

R

RADIUS Remote Authentication Dial In User Service
RAM Random Access Memory
RESD Recall Supplementary Service

RFC	Request For Comment
RFI	Request For Information
RIP	Routing Information Protocol
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RMON	Remote Monitoring
RPE	Radio Paging Equipment
RQMS	Reliability and Quality Measurements for Telecommunications Systems
RS	Resynchronization PDU
RSOH	Regenerator Section Overhead
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTMP	Routing Table Maintenance Protocol
RTS	Residual Time Stamp
RUN	Rostocker Universitätsnetz

S

S-WiN	Schmalband-Wissenschaftsnetz
SAAL	Signalling ATM Adaption Layer
SAR	Segmentation And Reassembly Sublayer
SC	Sequence Count
SCR	Sustained Cell Rate
SCSI	Small Computers System Interface
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SDLC	Synchronous Data Link Control
SFV	Standardfestverbindung
SIP	SMDS Interface Protocol
SIP-Ln	SMDS Interface Protocol - Layer n
SIR	System Information Rate
SIU	Signaling Unit
SLMA	Subscriber Line Modul Analog
SLMB	Subscriber Line Modul Burst System
SLMD	Subscriber Line Modul Digital
SLMS	Subscriber Line Modul S ₀
SMDS	Switched Multimegabit Data Service
SMF	Single Mode Fibre
SN	Switching Network
SN	Sequence Number
SNA	Systems Network Architecture
SNAP	Sub Network Access Protocol
SNI	Subscriber Network Interface
SNMP	Simple Network Management Protocol
SNP	Sequence Number Protection
SOH	Section Overhead
SONET	Synchronous Optical Network
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp
SS7	Signalling System No. 7
SSCF	Service Specific Coordination Function
SSCOP	Service Specific Connection Oriented Protocol
STM-n	Synchronous Transport Module Type n
STMA	Subscriber Line/Trunk Module ATM

STMD	Subscriber Line/Trunk Module Digital
STP	Shielded Twisted Pair
STS-n	Synchronous Transport Signal Type n
SUB	Sub Addressing
SVC	Switched Virtual Circuit
SWU	Switching Unit
T	
TA	Technical Advisory
TACACS	Terminal Access Controller Access Control System
T _c	Committed Rate Measurement Intervall
TC	Transmission Convergence
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TCS	Telecommunications Server
TDM	Time Division Multiplex
TE	Terminal Equipment
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
TK	Telekommunikation
TM	Terminal Multiplexer
TM	Traffic Management
TMBD	Trunk Modul Bothway Deutsch
TMBP	Trunk Modul Bothway Inter PBX Phantom Signalling
TP	Twisted Pair
TR	Technical Reference
TR	Technische Richtlinie
TR	Token Ring
U	
UBR	Unspecified Bit Rate
UDP	User Datagram Protocol
UNI	User Network Interface
UPC	Usage Parameter Control
UTP	Unshielded Twisted Pair
UUS	User-To-User signalling
V	
VBR	Variable Bit Rate
VC	Virtual Container
VC	Virtual Channel
VCC	Virtual Channel Connection
VCI	Virtual Channel Identifier
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VMS	Voice Mail Server
VOD	Video On Demand
VPC	Virtual Path Connection
VPI	Virtual Path Identifier
VPN	Virtual Private Network
VTOA	Voice and Telephony Over ATM

W

WAN	Wide Area Network
WATM	Wireless ATM
WG	Wandel & Goltermann
WiN	Wissenschaftsnetz

Z

ZSS	Zentraler ATM Service Switch (in B-WiN-Hauptknoten)
ZTK	Zentrale TK-Anlage (in B-WiN-Hauptknoten)

Standardisierungs- und Normungsgremien und -institutionen

AF	ATM-Forum
ANSI	American National Standardization Institute
CCITT	Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (heute: ITU-T)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institut of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
ISO	International Standardization Organization
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector (ehemals: CCITT)

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.1: Wissenschaftsnetz der Universität Rostock auf der Basis des X.25 [Habe97]	31
Abbildung 2.2: Struktur des ATM-Backbone mit ATM- und LAN-Switches [Habe97]	32
Abbildung 2.3: Telekommunikationsnetz des Hochschulbereiches der Universität Rostock [Pfi97]	34
Abbildung 2.4: Telekommunikationsnetz des medizinischen Bereiches der Universität Rostock [Pfi97]	36
Abbildung 2.5: Variante 1: Einsatz von Hicom 300 über PVCs	42
Abbildung 2.6: Variante 2: Einsatz von Hicom 300 E	44
Abbildung 2.7: Überblick über das B-WiN und die angeschlossenen Einrichtungen [www.dfn]	48
Abbildung 3.8: Frame-Relay-Protokoll-Referenzmodell [Jäge96] [Sieg97]	51
Abbildung 3.9: Frame-Relay-Schnittstellen [Laut95]	51
Abbildung 3.10: Zentrale Komponenten und Schnittstellen eines SMDS-Netzwerkes [Jäge96]	56
Abbildung 3.11: Aufbau von SMDS-Paketen der Schichten 2 und 3 [Jäge96]	57
Abbildung 3.12: DQDB-Ringtopologie vor und nach einem Kabelbruch [Jäge96]	58
Abbildung 3.13: Struktur der DQDB-Zelle [Jäge96]	59
Abbildung 3.14: Topologie eines FDDI-Netzes [Sieg97] [Zitt95]	61
Abbildung 3.15: Referenzmodell für FDDI-II [Zitt95]	63
Abbildung 3.16: QoS-Anforderungen von TK-Diensten [Bada97]	64
Abbildung 3.17: Logische Struktur zur CBR-Übertragung über AAL 1 [Bada97]	68
Abbildung 3.18: Struktur der SAR-PDU [Bada97]	69
Abbildung 3.19: SAR-PDUs im Zeigerformat [Bada95]	70
Abbildung 3.20: Leitungsemulation über ein ATM-Netz [Bada97]	71
Abbildung 3.21: E1-Leitungsemulation über ein ATM-Netz [Bada97]	73
Abbildung 3.22: Entstehung der Verzögerungszeit bei STM-ATM-STM-Umsetzung [Göld95] [Bada97]	75

Abbildung 3.23: Taktrückgewinnung nach SRTS [Sieg97]	77
Abbildung 3.24: Verkehrstypen im ATM-Netz [Ramb97]	79
Abbildung 3.25: SDH-Multiplexstruktur nach CCITT-Empfehlung G.709 [Sohl] [Ehrl88] [Kyas96] [Herr97].....	81
Abbildung 3.26: Überwachungsabschnitte eines SDH-Pfades [Able92] [Siem94]	82
Abbildung 3.27: SDH-basiertes City-Netz [Bada97]	83
Abbildung 3.28: Protokollebenen im X.25 [Sieg96] [Loch97]	85
Abbildung 3.29: Erforderliche Netzqualität für die Sprachübertragung in IP-Netzen [Bell98]	90
Abbildung 4.30: Zusammenschaltung von Hicom 300 und LightStream 1010 im ComLab ...	95
Abbildung 4.31: Verbindung zweier Hicom 300 über den ATM-Backbone	96
Abbildung 4.32: Einsatz der Meßtechnik in Testphase 1	105
Abbildung 5.33: Hauptabschnitte einer Sprachverbindung [März97].....	111
Abbildung 5.34: Prinzip des TK-Netzes mit Hicom 300.....	114
Abbildung 5.35: Prinzip des TK-Netzes mit Hicom 300 E	116
Abbildung 5.36: Integriertes TK- und Datennetz mit Hicom 300.....	118
Abbildung 5.37: Integriertes TK- und Datennetz mit Hicom 300 E	119
Abbildung 5.38: ATM-Netz eines Standortes der Gesamthochschule Kassel [uni-ks].....	127
Abbildung 5.39: Kommunikationsnetz der Universität Frankfurt am Main [uni-ffm].....	130
Abbildung 5.40: Am DFN-Pilotprojekt beteiligte Hochschulen [uni-koeln]	131
Abbildung 5.41: Anordnung der Netzkomponenten des DFN-Pilotprojektes an einem Standort [uni-koeln]	132
Abbildung 6.42: Struktur der Hicom 300 [Krüg97]	134
Abbildung 6.43: Prinzip des LightStream-Vermittlungssystems [Lin96]	140
Abbildung 6.44: Hardware des LightStream 1010 A im ComLab	143
Abbildung 6.45: Konfiguration der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme (Mai 1998)	145
Abbildung 6.46: TK- und Datenvernetzung im ComLab (Mai 1998).....	147

Abbildung 6.47: Konfiguration des LightStream 1010 in Testphase 1	148
Abbildung 6.48: E1-Verbindung über zwei ATM-Switches	150
Abbildung B.49: Numerierung der Ports (Beispielkonfiguration) [Cis96/1]	141
Abbildung B.50: Konfigurationsbetriebsarten des LightStream 1010	143
Abbildung D.51: Beispielnetz zur Verkehrswertberechnung	160

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.1: Verkehrswerte des Hochschulnetzes	37
Tabelle 2.2: Verkehrswerte des TK-Netzes der Medizinischen Fakultät	38
Tabelle 3.3: Verhältnis von Protokolloverhead zu Nutzdaten bei verschiedenen Übertragungstechnologien [Laut95]	52
Tabelle 3.4: Maximale Ende-zu-Ende-Verzögerung in SMDS-Netzen [Bada95]	57
Tabelle 3.5: ATM-Diensttypen und -klassen [Kyas96] [Bada95]	66
Tabelle 3.6: Typische Signallaufzeiten verschiedener Übertragungseinrichtungen [Göld95] ..	76
Tabelle 3.7: Charakteristik der Taktverteilungsbetriebsarten [www.cis]	78
Tabelle 3.8: Vergleich der Netztechnologien	92
Tabelle 4.9: Einsatzgebiete von Meßtechnik und Netzmanagement [Kief97]	98
Tabelle 5.10: Wertebereiche der Parameter und Zuordnung zu den Qualitätsklassen [März97]	113
Tabelle 5.11: Ergebnisse der Verkehrswertberechnung für das integrierte Netz	121
Tabelle 6.12: H-Kanäle der Hicom 300 E	136
Tabelle 7.13: Anzahl der derzeitigen Festverbindungen und Festanschlüsse	158
Tabelle A.14: Systemspezifikationen des LightStream 1010 [Cis96/1]	140
Tabelle A.15: Merkmale des 155-Mbit/s-MM-PAM [Cis97/1]	141
Tabelle A.16: Merkmale des E1-CES-PAM [Cis97/1]	142
Tabelle A.17: Port-Zustandsanzeige des E1-CES-PAM durch LEDs [Cis97/1]	142
Tabelle A.18: Signalbelegung des RJ-48c-Steckers [Cis97/1]	143
Tabelle A.19: Baugruppen der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme	143
Tabelle A.20: DA-30C-Plattform [WG97/1]	147
Tabelle A.21: DA-30C-Anwendungen [WG97/1][WG96/1][WG96/2][WG96/3][WG96/4]	147
Tabelle A.22: Internet Advisor-Plattform [www.hp] [HP97/2]	151
Tabelle A.23: Internet Advisor-Anwendungen [www.hp][HP97/8]	152
Tabelle B.24: Einbindung in das lokale Netzwerk und allgemeine Einstellungen	143

Tabelle B.25: Konfiguration der ATM-Schnittstellen.....	144
Tabelle B.26: Konfiguration der E1-Schnittstellen	144
Tabelle B.27: Einrichtung der E1-PVCs.....	145
Tabelle D.28: Zwischenwerte der Verkehrswertberechnung	161
Tabelle D.29: Ermittlung der Kanalzahlen	163
Tabelle D.30: TK-Anlagen des Hochschulbereiches.....	165
Tabelle D.31: TK-Anlagen der Medizinischen Fakultät	167
Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu].....	170
Tabelle E.33: ITU-T-Empfehlungen zu digitalen Übertragungshierarchien, die zur ATM- Übermittlung genutzt werden [McDy94] [www.itu].....	176
Tabelle E.34: ITU-T-Empfehlungen zur Sprachübertragung [www.itu].....	178
Tabelle E.35: ITU-T-Empfehlungen zu Daten-Schnittstellen [www.itu].....	179
Tabelle E.36: ITU-T-Empfehlungen zu meßtechnischen Aspekten [www.itu]	180
Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af].....	181
Tabelle E.38: In der Vorbereitungs- bzw. Abstimmungsphase befindliche Standards des ATM-Forum [www.af]	187
Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]	190
Tabelle E.40: ETSI-Standard zur Sprachkommunikation [www.etsi] [März97]	196
Tabelle E.41: ANSI-Standards zu ATM [McDy94] [www.ansi]	196
Tabelle E.42: ANSI-Standards zur für die ATM-Übertragung geeigneten Digitalhierarchie SONET [www.ansi].....	198
Tabelle E.43: ATM-bezogene Bellcore-Dokumente [Händ95] [www.bell]	200
Tabelle E.44: ATM-bezogene Standards der IETF [www.ietf].....	203
Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma].....	204

1 Einleitung

Mit der Entwicklung von leistungsfähigen Netztechnologien, die die Übertragung von Sprache, Daten und Bewegtbildinformationen über ein gemeinsames Netz erlauben, rückte die Bildung von Corporate Networks in den Mittelpunkt des Interesses einer Vielzahl von Institutionen und Unternehmen, um interne Telekommunikations- und Datennetze zu vereinigen und auf diese Weise wirtschaftlicher betreiben zu können. Mit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes gewinnt außerdem die Auswahl des für das Kommunikationsanforderungsprofils eines Unternehmens wirtschaftlichsten Netzanbieters an Bedeutung.

In den vergangenen Jahren wurde an der Universität Rostock ein Backbone-Netz auf der Basis des Asynchronous Transfer Mode installiert, das zunächst für die Datenkommunikation genutzt wird. Das Telekommunikationsnetz wird – in zwei Teilnetze für den Hochschul- und den medizinischen Bereich getrennt – separat von diesem ATM-Netz über Festverbindungen betrieben. Da die Technik des Asynchronous Transfer Mode sowohl die Sprach- als auch die Datenübertragung unterstützt, soll das TK-Netz ebenfalls über den ATM-Backbone betrieben werden, um einerseits die Netzinfrastruktur zu vereinheitlichen und andererseits anfallende Netzbetriebskosten zu senken. Werden TK- und Datennetze vereinheitlicht, treten Fragen des Netzmanagements, des Datenschutzes und der Datensicherheit sowie der Gewährleistung von Verkehrsparametern (z.B. Laufzeit) in den Vordergrund.

In der vorliegenden Arbeit werden Varianten der Integration des Sprachverkehrs in das ATM-Netz der Universität Rostock mit der Anbindung an das B-WiN unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten diskutiert. Im Labor für Kommunikationssysteme (ComLab) am Institut für Nachrichtentechnik und Informationselektronik wurde ein Testaufbau zur Kopplung des TK-Netzes mit dem ATM-Netz realisiert. Es wurde eine TK-Anlage Hicom 300 mit einem ATM-Switch LightStream 1010 über eine S_{2M} -Verbindung gekoppelt, um die Übertragung von TK-Diensten über ein ATM-Netz nachzuweisen. Die TK-Anlage erlaubt über S_0 -Anschlüsse die Übertragung multimedialer Informationen. Jedoch steht in der universitären Anwendung die Sprachübertragung im Vordergrund, da für die Datenübertragung leistungsfähige Rechnernetzwerke bereitstehen, weshalb sich diese Arbeit auf die Integration der Sprachübertragung in ATM-Netze konzentriert.

In der Weiterführung der örtlich begrenzten Lösung für den Bereich einer Universität oder Hochschule, kann ein Zusammenschluß der TK-Anlagen geographisch getrennter Standorte

über ein bestehendes ATM-Backbone (WAN) auf Einrichtungen auf Kommunal- und Landesebene (Universitäten, Hochschulen, Verwaltungen, Rechenzentren) ausgedehnt werden. Die so verbundenen Institutionen sind damit in der Lage, ihre gesamte auf dieser Ebene angesiedelte Kommunikation unter Umgehung eines öffentlichen Fernsprechnetzes abzuwickeln.

Ein Beispiel für ein solches überregionales Corporate Network ist das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN), das vom DFN-Verein betrieben wird. Es ermöglicht deutschen Universitäten, Hochschulen und Forschungsinstituten die Daten- und in naher Zukunft ebenso die Sprachkommunikation zu wirtschaftlich günstigen Konditionen über ein gemeinsames Netz auf ATM-Basis.

Die vorliegende Diplomarbeit gliedert sich in folgende Kapitel:

Das zweite Kapitel gibt einen Überblick über die derzeitigen Strukturen des Telekommunikations- und Datennetzes der Universität Rostock. Daran anschließend werden mögliche Varianten der integrierten Sprach- und Datenübertragung im ATM-Backbone-Netz vorgestellt. Es werden die Anforderungen an die universitätsinterne und die externe Kommunikation beschrieben. Eine Darstellung der Anbindung des Rostocker Universitätsnetzes und anderer Hochschulen Mecklenburg-Vorpommerns an das B-WiN schließt dieses Kapitel ab.

Im dritten Kapitel wird ein Überblick über Technologien zur Realisierung von Hochgeschwindigkeitsnetzen mit ihren wichtigen Merkmalen und Eigenschaften gegeben. Ein Schwerpunkt in ihrer Bewertung wird auf die bereitgestellte Möglichkeit der Sprachübertragung gelegt, um sie in Corporate Networks nutzen zu können.

Im vierten Kapitel werden Testszenarien für die Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch sowie Meßaufgaben am Testaufbau vorgestellt. Der zweite Teil dieses Kapitels widmet sich der Beschreibung von Meß- und Analyseverfahren und der verwendbaren Meßsysteme im Zusammenhang mit Messungen an S_0 , S_{2M} und in ATM-Netzen.

Im fünften Kapitel werden Möglichkeiten der Sprachübertragung in Corporate Networks im allgemeinen und im ATM-Netz der Universität Rostock im besonderen beschrieben. Dazu werden Qualitätsfaktoren, Ersatzschaltmöglichkeiten sowie Datenschutz und Datensicherheit untersucht. Es wird die vollständige Netzstruktur eines zukünftigen integrierten Sprach-Datennetzes auf ATM-Basis an der Universität Rostock dargestellt. Ein Überblick zur

Forschung an anderen deutschen Hochschulen, Universitäten, Institutionen und Unternehmen zur Sprach-Daten-Integration in ATM-Netzen schließt dieses Kapitel ab.

Das sechste Kapitel befaßt sich mit der Darstellung der Zusammenschaltung von ATM-Netz und TK-Anlage über eine S_{2M}-Verbindung. Am Beispiel der im Labor für Kommunikationssysteme vorhandenen Komponenten Hicom 300 (Siemens) und Lightstream 1010 (Cisco) wird die Anbindung der PBX an das ATM-Netz über die E1-Schnittstelle (G.703/G.704) gezeigt. Es werden die beteiligten Netzkomponenten (Hicom 300, LightStream 1010) mit ihren hervortretenden Merkmalen und Eigenschaften vorgestellt. Ein Exkurs behandelt wichtige Merkmale der TK-Anlage Hicom 300 E. Daran schließt sich die Darstellung der Vernetzung im Labor für Kommunikationssysteme und die Beschreibung der Maßnahmen zur Kopplung der TK-Anlage Hicom 300 mit dem ATM-Switch LightStream 1010 an.

Im siebenten Kapitel werden Aspekte der Wirtschaftlichkeit einer Integration von Sprach- und Datenverkehr im ATM-Backbone der Universität Rostock diskutiert

Im Schlußkapitel dieser Arbeit werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt und es werden Möglichkeiten für die Lehre innerhalb des Labors für Kommunikationssysteme aufgezeigt.

Der Anhang A stellt technische Daten der Netzkomponenten und Meßsysteme im Überblick bereit.

Im Anhang B ist die Vorgehensweise bei der Einrichtung der Netzkomponenten tabellarisch zusammengestellt.

Der Anhang C enthält die Konfigurationen des ATM-Switches LightStream 1010 in den einzelnen Testabschnitten.

Im Anhang D sind die Grundlagen für eine Verkehrswertberechnung für das TK-Netz der Universität Rostock sowie die Zuordnung der einzelnen TK-Anlagen zu den Standorten der Universität angegeben.

Im Anhang E sind Standards und Empfehlungen von Normungs- und Standardisierungsgremien und -institutionen zusammengestellt, die den Asynchronous Transfer Mode und Technologien zur ATM-Zellübertragung über Weitverkehrsnetze (SDH, PDH) sowie die Sprachübertragung betreffen.

Die Anlage (Diskette) enthält die vollständigen Konfigurationen der ATM-Switches LightStream 1010 sowie die Verkehrswertberechnung für das derzeitige und zukünftige Telekommunikationsnetz der Universität Rostock

2 Strukturen und Kommunikationsanforderungen im Netz der Universität Rostock

Das Netz der Universität Rostock ist in die Bereiche Telekommunikation und Datenübertragung unterteilt. Das Telekommunikationsnetz wird auf der Grundlage von landes- (universitäts-) eigenen¹ bzw. gemieteten Festverbindungen und TK-Anlagen Hicom 300 des Herstellers Siemens betrieben, während das Datennetz auf einem LWL-ATM-Backbone mit aktiver Netztechnik des Herstellers Cisco Systems basiert. Die Sprachübertragung innerhalb der Universität soll zur Kostenminimierung sowie zum Zweck der Konzentration des gehenden externen Sprachverkehrs zukünftig größtenteils über das ATM-Netz abgewickelt werden; eine Sprachübertragung über das B-WiN ist geplant.

2.1 Integrierte Unternehmensnetze

Traditionell werden für Telekommunikationsdienste und die Datenübertragung separate Netze in Unternehmen verwendet. Die Sprachübertragung wird über vernetzte analoge bzw. ISDN-TK-Anlagen abgewickelt, während für die Datenkommunikation lokale Netze, die bei geographisch entfernt liegenden Standorten eines Unternehmens durch Mietleitungen verbunden sind, bereitstehen. Diese Art der unternehmensinternen Vernetzung bedingt die Verwendung einer Vielzahl von spezialisierten Übertragungsprotokollen.

Integrierte Unternehmensnetze (Corporate Networks) bieten die Möglichkeit, Sprache, Daten sowie Stand- und Bewegtbildinformationen in einem System zu übertragen. Es wird auf diese Weise eine einheitliche Netztechnologie verwendet, die eine Spezialisierung des betreuenden Personals erlaubt, wodurch ein wirtschaftlicher und zuverlässiger Betrieb des Firmennetzes gewährleistet wird. Die bestehenden Netzkomponenten der Telekommunikations- und Datenübertragungstechnik werden – soweit möglich – in das integrierte System übernommen, um getätigte Investitionen zu schützen. Eine Technologie, die den sanften Übergang zu einem integrierten Unternehmensnetz ermöglicht, ist die ATM-Technik. Der Asynchronous Transfer Mode erlaubt sowohl die Datenübertragung mit hoher und bedarfsgerecht skalierbarer Übertragungsgeschwindigkeit als auch die Sprachübertragung in einem Netz. In ATM-Netzen

¹ An Standorten, die über eine Anbindung an das sternförmige Universitäts-Glasfasernetz verfügen, werden die Festverbindungen über Glasfaserverbindungen in Zusammenarbeit mit optischen Leitungsendeinrichtungen (OLE; für S_{2MFV}) bzw. Anschlußleitungsmultiplexern (ASLMX; für S_{0FV}) realisiert.

können LANs nachgebildet werden, um den gewohnten Datenverkehr kontinuierlich fortführen zu können. Um komplexe Unternehmensnetze wirtschaftlich betreiben und verwalten zu können, finden Netzmanagementsysteme (NMS) Verwendung. Netzmanagementsysteme sind vordergründig für Datennetze konzipiert und erlauben die Einbindung von TK-Anlagen nur oberflächlich². Hohe Anforderungen an die NMS stellen besonders heterogene Netze, in denen Komponenten unterschiedlicher Hersteller verwendet werden, da oft sehr leistungsfähige proprietäre Protokolle (speziell in TK-Anlagen) implementiert werden, die jedoch zueinander inkompatibel sind.

Da die Telekommunikations- und Datennetze vieler Institutionen und Unternehmen historisch voneinander getrennt entstanden sind, ist in vielen Fällen eine Zusammenführung des Netzmanagements beider Teilnetze nicht erforderlich bzw. wünschenswert. Der Betrieb der NMS für das TK- und Datennetz auf getrennten Plattformen verhindert weitgehend den gleichzeitigen Ausfall beider Managementsysteme. Werden TK- und Datennetz zu einem Corporate Network zusammengefaßt, ist ein einheitliches Netzwerkmanagementsystem erforderlich³.

In Datennetzen kommen derzeit international standardisierte Netzwerkmanagementsysteme (SNMP⁴) zum Einsatz, während für das Management von TK-Anlagen nicht standardisierte, herstellereigene Lösungen (z.B. DMS bei Siemens-TK-Anlagen) verwendet werden. Telekommunikations- und Datennetz sind auf der Netzmanagementebene getrennt.

Aus heutiger Sicht werden die Preise für Kommunikationsdienstleistungen zukünftig stark fallen. Es besteht aus diesem Grund die Möglichkeit, daß Unternehmen nicht mehr eigene TK- und Datennetze mit eigenen Netzkomponenten und damit verbundener Wartung betreiben, sondern diese Dienste komplett von Telekommunikationsdienstleistungsanbietern mieten. Bestehende Corporate Networks werden eine große Bedeutung behalten. Institutionen und Unternehmen, die bereits über leistungsfähige und moderne Netze verfügen, werden

² Über einen Proxy-Agenten kann das proprietäre Managementsystem des TK-Netzes mit dem NMS des Datennetzes kommunizieren und TK-Anlagen können als Knoten dargestellt werden. Jedoch ist keine detaillierte Konfiguration und Fehlersuche in den TK-Anlagen über das NMS des Datennetzes möglich. Diese Aufgabe ist mittels des Managementsystems des TK-Netzes zu lösen.

³ Eine Analyse der Zusammenführung des Managements von TK- und Datennetzen wird in [Dank97] anhand mehrere Fallbeispiele gegeben.

⁴ Eine detaillierte Darstellung des Simple Network Management Protocols (SNMP) erfolgt in [Jans93].

An dieses X.25-Netz waren die öffentlich zugänglichen Rechner der Universität angebunden, so daß von entfernten Forschungs- und Arbeitsstationen auf deren Ressourcen zugegriffen werden konnte (Abbildung 2.1).

Die Rechentechnik der Fachbereiche und zentralen Einrichtungen der Universität wurde leistungsfähiger; dadurch entstand der Bedarf nach einem breitbandigeren und schnelleren Zugriff auf die DV-Ressourcen (Rechnerarbeitsplätze auf die Server und die zentralen Großrechner des Rechenzentrums sowie schneller Zugang zum Internet). Um den Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden und gleichzeitig den Schutz der Investitionen zu gewährleisten sowie zukünftige Erweiterungsmöglichkeiten offen zu halten, wurde 1996/97 ein Backbone-Netz auf der Basis des Asynchronous Transfer Mode eingerichtet.

Als Primärverkabelung wurden LWL-Monomodefaser sternförmig vom Universitätsrechenzentrum zu den Hauptstandorten verlegt. Die Sekundärverkabelung auf dem Gelände eines Standortes (z.B. Warnemünde, Richard-Wagner-Str.; Südstadt, Albert-Einstein-Str. 2) basiert auf LWL-Multimodefaser, während die Tertiärverkabelung größtenteils mittels STP-Kabeln der Kategorie 5 erfolgte. [Habe97]

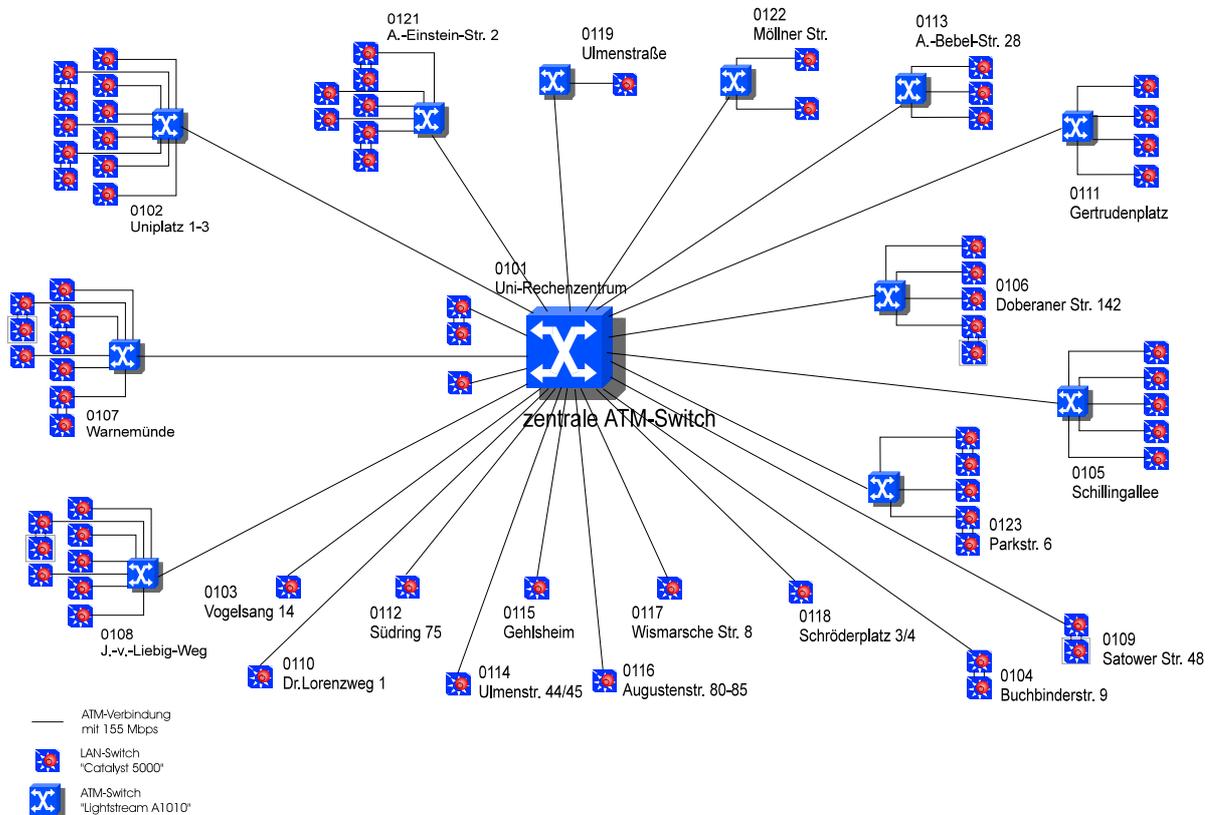


Abbildung 2.2: Struktur des ATM-Backbone mit ATM- und LAN-Switches [Habe97]

Entsprechend der Primärverkabelung folgt das ATM-Backbone-Netz einer Sterntopologie. Die Zubringerfasern der ATM-Switches bzw. LAN-Switches der einzelnen Universitätsstandorte laufen am zentralen Switch des Rechenzentrums auf, welcher eine zentrale Vermittlungsfunktion für den Datenverkehr der Universität übernimmt. Abbildung 2.2 veranschaulicht die Backbone-Struktur.

Das Rostocker Universitätsnetz (RUN) ist aus Gründen der Datensicherheit in die Bereiche Hochschul- und Wissenschaftsnetz, Verwaltungsnetz sowie Netz der Medizinischen Fakultät⁵ unterteilt. Lediglich das Hochschulnetz verfügt über das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN) über einen Zugang zum Internet. Um allen Nutzern einen Zugang zum Internet und zu den zentralen DV-Ressourcen der Universität Rostock zu ermöglichen, ist eine Verknüpfung der drei Netze unter Beachtung der strengen Anforderungen an die Datensicherheit, besonders der Medizinischen Fakultät, erforderlich. Sicherheitskonzepte, die hier zur Anwendung kommen können, werden in [Habe97] vorgestellt.

2.2.2 Telekommunikationsnetz

Das Telekommunikationsnetz der Universität Rostock besteht aus dem Netz für den Hochschul- und Wissenschaftsbereich sowie dem Netz des medizinischen Bereiches.

Die TK-Anlagen der über das Stadtgebiet verteilten Universitätsstandorte (mit Ausnahme des Medizinbereiches) sind mit der Hauptanlage des Hochschulbereiches im Universitätshauptgebäude am Universitätsplatz (Einwahlnummer: 498-xxxx) verbunden. Die Anbindung erfolgte je nach Größe und damit verbundenem Gesprächsaufkommen der einzelnen Standorte mit über Glasfaser realisierten bzw. gemieteten⁶ Festverbindungen der Klassen S_{0FV} bzw. S_{2MFV} . Alle im TK-Netz (sowohl im Hochschul- als auch im Medizin-Netz) der Universität Rostock angewendeten TK-Anlagen sind Hicom-300-Systeme des Herstellers Siemens. Kommende Gesprächsverbindungen laufen ausschließlich über die jeweilige Hauptanlage. Jede Unteranlage verfügt über eine Verbindung zum öffentlichen

⁵ Die Medizinische Fakultät verfügt über ein eigenes (geschlossenes) Verwaltungsnetz für die Patientenverwaltung.

⁶ Gemietete Festverbindungen existieren an den Standorten H6, H7, H16, H17, H18 und M6 (Zuordnung: s. Abbildung 2.3/Abbildung 2.4 bzw. Anhang D)

Fernsprechnet⁷. Über diese Anschlußleitungen werden gehende Gespräche geführt; gehende Verbindungen können daneben ebenfalls über die Hauptanlage realisiert werden. Durch den Umstand, daß jede Unter-TK-Anlage über einen Zugang zum öffentlichen Netz verfügt und darüber gehende Gesprächsverbindungen aufgebaut werden, entstehen über alle Universitätsteilstandorte verteilt Anschluß- und Fernsprechgebühren. Wird der gehende Verkehr auf wenige Austrittspunkte aus dem universitätseigenen Netz konzentriert, was bei einer Nutzung des ATM-Backbone für die Sprachübertragung angestrebt wird, können Rabatte des Netzbetreibers in Anspruch genommen werden. Dadurch lassen sich die anfallenden Kosten (Anschluß- und Gesprächsgebühren) senken.

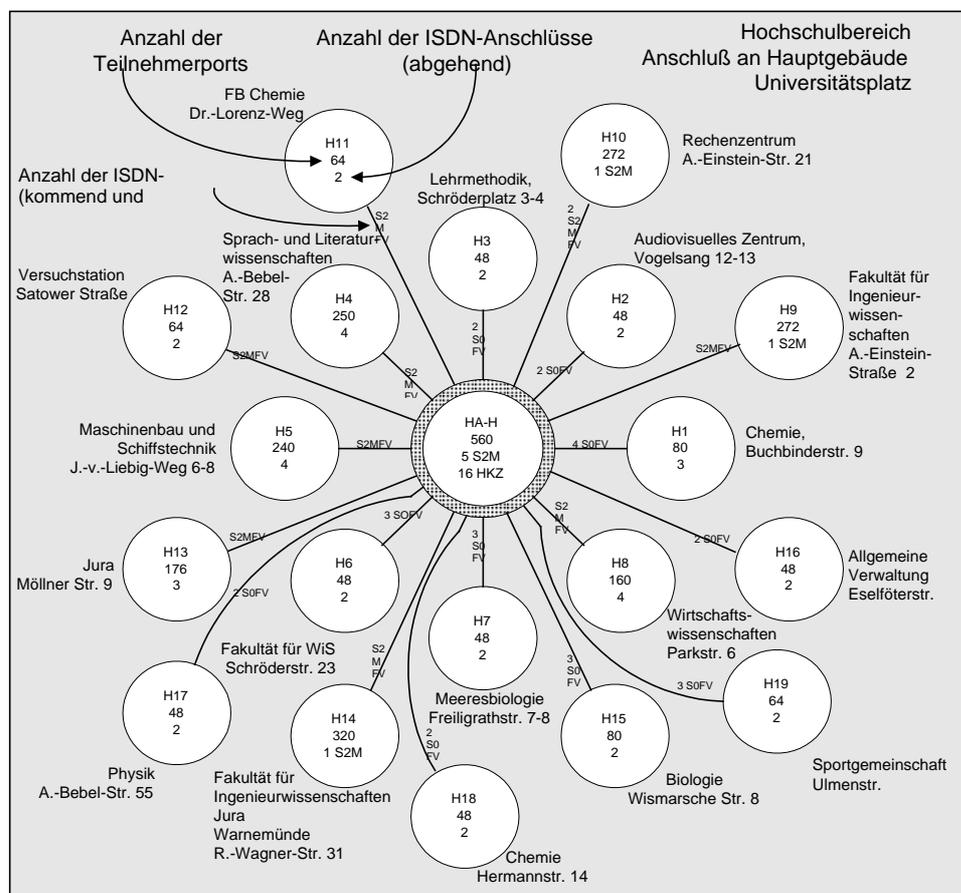


Abbildung 2.3: Telekommunikationsnetz des Hochschulbereiches der Universität Rostock [Pfi97]

Abbildung 2.3 zeigt eine schematische Darstellung des TK-Netzes des Hochschulbereiches und die Art der internen Festverbindungen. Das Hochschulnetz nutzt für die interne

⁷ Ausnahmen sind die Unteranlagen MS1 und MS2, die über keine direkte gehende Verbindung ins öffentliche Netzen verfügen.

Vernetzung insgesamt 26 S_{0FV} und 10 S_{2MFV} . Es verfügt – auf die Standorte verteilt – über insgesamt 40 Basis- und 6 Primärmultiplexanschlüsse zum öffentlichen ISDN.

Der medizinische Bereich der Universität verfügt über eine eigene Hauptanlage (Einwahlnummer: 494-xxxx) im Klinikum Schillingallee, an die die TK-Anlagen der anderen Teilstandorte der Medizinischen Fakultät mit insgesamt 16 Basis- und 2 Primärmultiplexanschlüsse zum öffentlichen ISDN sternförmig über Festverbindungen (insgesamt 11 S_{2MFV}) angeschlossen sind. Die Struktur des TK-Netzes des medizinischen Bereiches ist in Abbildung 2.4 dargestellt.

Beide TK-Netze der Universität Rostock weisen eine sternförmige Struktur auf. Die beiden Hauptanlagen sind über eine S_{2M} -Festverbindung gekoppelt, so daß beide Netze einen gemeinsamen Rufnummernvorrat (maximal 10000 Teilnehmer, da intern vierstellige Teilnehmerrufnummern verwendet werden) aufweisen. Zukünftig soll diese Kopplung aufgehoben werden, um den Rufnummernvorrat erhöhen zu können⁸. Beide Sternnetze werden dann mittels einer Querverbindung verknüpft⁹, um die universitätsinterne Sprachkommunikation weiterhin über das eigene TK-Netz zu ermöglichen.

⁸ Jedes der beiden TK-Netze verfügt dann über jeweils maximal 10000 Rufnummern.

⁹ Die Querverbindung muß über eine Ausscheidungskennziffer angewählt werden.

In Tabelle 2.1 sind die erforderlichen berechneten Kanalzahlen für die einzelnen Leitungsverbindungen des Hochschulnetzes den derzeit verwendeten gegenübergestellt.

Verbindung	berechnete Kanalzahl	derzeit verwendet	Verbindung	berechnete Kanalzahl	derzeit verwendet
H1-H	16	8 (4 S_{0FV})	H1-Amt	7	6 (3 S_0)
H2-H	12	4 (2 S_{0FV})	H2-Amt	6	4 (2 S_0)
H3-H	12	4 (2 S_{0FV})	H3-Amt	6	4 (2 S_0)
H4-H	33	30 (1 S_{2MFV})	H4-Amt	14	8 (4 S_0)
H5-H	32	30 (1 S_{2MFV})	H5-Amt	13	8 (4 S_0)
H6-H	12	6 (3 S_{0FV})	H6-Amt	6	4 (2 S_0)
H7-H	12	6 (3 S_{0FV})	H7-Amt	6	4 (2 S_0)
H8-H	24	30 (1 S_{2MFV})	H8-Amt	10	8 (4 S_0)
H9-H	35	30 (1 S_{2MFV})	H9-Amt	14	30 (1 S_{2M})
H10-H	35	60 (2 S_{2MFV})	H10-Amt	14	30 (1 S_{2M})
H11-H	14	30 (1 S_{2MFV})	H11-Amt	7	4 (2 S_0)
H12-H	14	30 (1 S_{2MFV})	H12-Amt	7	4 (2 S_0)
H13-H	26	30 (1 S_{2MFV})	H13-Amt	11	4 (2 S_0)
H14-H	39	30 (1 S_{2MFV})	H14-Amt	16	30 (1 S_{2M})
H15-H	16	6 (3 S_{0FV})	H15-Amt	7	4 (2 S_0)
H16-H	12	4 (2 S_{0FV})	H16-Amt	6	4 (2 S_0)
H17-H	12	4 (2 S_{0FV})	H17-Amt	6	4 (2 S_0)
H18-H	12	4 (2 S_{0FV})	H18-Amt	6	4 (2 S_0)
H19-H	14	6 (3 S_{0FV})	H19-Amt	7	4 (2 S_0)
			H-Amt	94	150 (5 S_{2M})

Zwischen den berechneten Werten und den derzeit verwendeten Leitungen bestehen bei einigen Verbindungen (z.B. H11-H, H17-H, H13-Amt, H-Amt) erhebliche Differenzen; andere Kombinationen (z.B. H13-H) korrespondieren gut miteinander. Diese Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß der Verkehrswertberechnung die idealisierende Annahme der gleichmäßigen Verkehrsverteilung zugrunde gelegt wurde. Im Laufe der Betriebszeit des TK-Netzes konnten Teilnehmergruppen mit bestimmtem (nicht idealem) Gesprächsverhalten (z.B. häufige kommende Amtsgespräche, häufige gehende interne Gespräche) ermittelt werden und

daraufrin die Leitungszahl dem tatsächlichen Verkehr angepaßt werden. Aus diesem Grund und wirtschaftlichen Erwägungen konnten einige Amtsverbindungen (z.B. H1-Amt, H4-Amt) in ihrer Kanalzahl verringert werden

Die Amtsverbindung der Hauptanlage H ist mit mehr Kanälen als erforderlich ausgelegt, um die Erreichbarkeit des Hochschulbereiches der Universität Rostock zu sichern.

In Tabelle 2.2 sind die erforderlichen berechneten Kanalzahlen für die einzelnen Leitungsverbindungen des TK-Netzes der Medizinischen Fakultät den derzeit verwendeten gegenübergestellt.

Verbindung	berechnete Kanalzahl	derzeit verwendet	Verbindung	berechnete Kanalzahl	derzeit verwendet
M1-M	60	60 (2 S _{2MFV})	M1-Amt	24	30 (1 S _{2M})
M2-M	35	30 (1 S _{2MFV})	M2-Amt	14	30 (1 S _{2M})
M3-M	19	30 (1 S _{2MFV})	M3-Amt	9	8 (4 S ₀)
M4-M	19	30 (1 S _{2MFV})	M4-Amt	9	8 (4 S ₀)
M5-M	19	30 (1 S _{2MFV})	M5-Amt	9	8 (4 S ₀)
M6-M	17	30 (1 S _{2MFV})	M6-Amt	8	6 (3 S ₀)
MS1-M	53	60 (2 S _{2MFV})			
MS2-M	32	60 (2 S _{2MFV})	M-Amt	136	180 (6 S _{2M})

Die berechneten Kanalzahlen und die derzeit verwendeten Verbindungsleitungen weisen keine größeren Differenzen auf. Die Amtsverbindung der Hauptanlage M ist mit mehr Kanälen als erforderlich ausgelegt, um die Erreichbarkeit der Medizinischen Fakultät zu sichern. Da der gesamte medizinische Bereich sehr sensibel hinsichtlich der telefonischen Erreichbarkeit ist, sind die internen Verbindungsleitungen so in der Kanalanzahl ausgelegt, daß über den errechneten Wert hinaus Kanäle bereitstehen (Ausnahme M2-M: Die Anzahl der vorhandenen Sprachkanäle entspricht der berechneten).

2.2.3 Gesamtnetz

Zukünftig sollen Daten- und Telekommunikationsverkehr der Universität Rostock über das bestehende Backbone-Netz auf der Basis des Asynchronous Transfer Mode abgewickelt werden. Das ATM-Backbone-Netz steht der Universität gebührenfrei zur Verfügung. Schwerpunkt der vorliegenden Diplomarbeit ist die Kopplung von TK-Anlagen über S_{2M}-

Festverbindungen bzw. direkt mittels ATM-Schnittstellen an die ATM-Switches des ATM-Backbone. Diese Kopplung ist ein entscheidender Schritt zu einem Netz mit integrierter Sprach- und Datenübertragung.

In den ATM-Backbone der Universität Rostock sind 13 Teilstandorte mit Backboneknoten (ATM-Switches) eingeschlossen, während das Telekommunikationsnetz über 29 TK-Anlagen an verschiedenen Standorten verfügt. TK-Anlagen an Standorten mit ATM-Knoten werden zukünftig an die ATM-Switches gekoppelt. Der Telekommunikationsverkehr verläuft in diesem Fall über das LWL-ATM-Netz. Gehender Verkehr wird auf definierte Austrittspunkte konzentriert. Private Branch Exchanges an Standorten, die nicht mit ATM-Backboneknoten ausgestattet sind, werden weiterhin über Festverbindungen (S_{2M} , S_0) an die jeweilige Hauptanlage herangeführt.

In Kapitel 2, Abschnitt 2.4, sowie in Kapitel 5, Abschnitt 5.2, werden Varianten des zukünftig möglichen integrierten Sprach-Daten-Netzes der Universität Rostock dargestellt.

2.3 Kommunikationsanforderungen im Rostocker Universitätsnetz

Der Betrieb einer Universität stellt unterschiedliche Anforderungen an das TK- bzw. Datennetz.

2.3.1 Fernsprechverkehr

Das Telekommunikationsnetz übernimmt die Vermittlung von universitätsinternen Gesprächen vollständig selbst. Externe Gespräche werden dem öffentlichen Netz bzw. für den Fernverkehr zukünftig dem B-WiN zugeführt. Das TK-Netz der Universität muß in der Lage sein, die jeweils kostengünstigsten Verbindungswege zu erkennen (LCR) und die Gesprächsverbindungen entsprechend aufzubauen. Für interne Gesprächsverbindungen wird eine nahezu blockierungsfreie Struktur angestrebt. Bei Verbindungen in das öffentliche Netz sollen so viele Austrittspunkte bestehen, daß bei durchschnittlichem Verkehr keine Blockierung auf den Verbindungen zum öffentlichen Netz entsteht.

2.3.2 Datenverkehr

Im Datenverkehr gibt es eine Vielzahl von Anforderungen an das Netz. Im lokalen Bereich werden Arbeitsplatzsysteme vernetzt, um effizient auf gemeinsame Ressourcen (Server) zugreifen zu können. Die Standorte der Universität sind über das ATM-Backbone-Netz verknüpft. Auf dieser Basis können VLANs für Forschungsgruppen, die geographisch

voneinander getrennt arbeiten, errichtet werden. Das Backbone-Netz ermöglicht einen Zugriff auf zentrale Ressourcen der Universität (Rechenzentrum) und den Zugang zum B-WiN, über welches das Internet erreicht werden kann (Nutzung von E-Mail, http, telnet, ftp). Im lokalen und Backbonebereich stellt die Daten-, Bild- und Videoübertragung hohe Anforderungen hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeit und Laufzeit (z.B. Bildverarbeitung, Video) an die Netztechnologie. Für diese Netze sind daher hohe Übertragungsgeschwindigkeiten (z.B. 10 Mbit/s im Ethernet-LAN und 155 Mbit/s im ATM-Backbone) erforderlich, um einen reibungslosen Zugriff auf Server bzw. entfernte Internet-Hosts zu ermöglichen. Besonders im medizinischen Bereich und in der Verwaltung stehen neben der Übertragungsgeschwindigkeit Aspekte des Datenschutzes und der Datensicherheit im Vordergrund.

Im Bereich des Wissenschaftsnetzes sind folgende Anwendungen typisch:

- Client-Server-Dienste (zentrale Softwareserver, Nutzer- und Verzeichnisverwaltung)
- Datenbankzugriffe
- Internet-Nutzung (WWW, Gopher, E-Mail, FTP, Telnet)
- Punkt-zu-Punkt-Datentransfer
- File-System- und Drucker-Anwendungen

[Wund97]

Zukünftig sollen Studenten der Universität Rostock in Wohnheimen Zugriff auf das Datennetz der Universität Rostock bekommen. Dieser Vorschlag wurde bereits aufgegriffen. Auf diese Weise können Rechnerpools der Universität entlastet werden. Voraussetzung für die Anbindung ist eine strukturierte Verkabelung der Wohnheime. Der Zugang kann über TK-Anlagen, Router oder über Einwählverbindungen erfolgen. Die günstigste Variante stellt die direkte Routerkopplung mit dem Universitätbackbone dar.

2.3.3 Erforderliche ATM-Dienste

Im ATM-Netz der Universität Rostock sind folgende ATM-Dienste erforderlich, um sowohl die Sprach- als auch die Datenkommunikation in hoher Qualität sicherstellen zu können:

- Eine Übertragung mit konstanter Bitrate (CBR) ist für die Sprach- und Bewegtbildübertragung sowie für Leitungsemulation als Dienste mit Echtzeitanforderungen notwendig. Dieser Dienst wird mittels der Anpassungsschicht vom Typ 1 (AAL 1) realisiert.

- Die Verbindung von LANs über das ATM-Netz erfordert eine Übertragung mit variabler Bitrate (VBR). Die Verbindung von LANs über ATM-Netze erfolgt mittels der Anpassungsschichten AAL 3/4 und AAL 5.
- Bei einem zukünftigen Einsatz von ATM im Bereich lokaler Netze wird eine verbindungslose Datenkommunikation über das verbindungsorientierte ATM-Netz gefordert. Dieser verbindungslose Datentransport läßt sich mittels der Anpassungsschicht des Typs 3/4 (AAL 3/4) erreichen, wobei spezielle Server¹⁰ eingesetzt werden. Eine vereinfachte Zellenbildung mit geringerem Overhead gegenüber AAL 3/4 besonders für TCP/IP-Netzwerke ermöglicht die AAL 5, die ebenfalls eine verbindungslose Kommunikation garantiert.
- Für Anwendungen, die kein vorhersagbares Verkehrsverhalten aufweisen und keine Echtzeitanforderungen an das Netz stellen, sind die Best-Effort-Dienste ABR und UBR geeignet. Die Dienste ABR und UBR werden derzeit im Rostocker Universitätsnetz nicht genutzt.

Eine Darstellung der Dienste CBR, VBR, ABR und UBR wird in Kapitel 3, Abschnitt 3.4.2, gegeben, während die ATM-Anpassungsschichten in demselben Kapitel, Abschnitt 3.4.3, beschrieben werden.

2.4 Angestrebte Struktur des integrierten TK- und Datennetzes der Universität Rostock

Es werden derzeit mehrere Ansätze diskutiert, wie die Sprachübertragung über das ATM-Backbone-Netz der Universität Rostock effizient und ohne spürbare Beeinträchtigung des Datenverkehrs zu realisieren ist. Dazu ist es notwendig, sowohl technische und finanzielle Aspekte, als auch die geplante Sprachübertragung über das B-WiN des DFN zu berücksichtigen. An dieser Stelle werden zwei prinzipielle Varianten der zukünftigen Gestaltung des Universitätsnetzes vorgestellt, wobei die Anbindung an das B-WiN Beachtung findet. In Kapitel 5, Abschnitt 5.2, werden die Strukturen eines integrierten Universitätsnetzes mit dem Schwerpunkt auf einer kostengünstigen Verbindungsführung mittels LCR untersucht.

¹⁰ Für die LAN Emulation (LANE) über ATM-Netzwerke sind folgende Server erforderlich: LECS (LAN Emulation Configuration Server), BUS (Broadcast and Unknown Server), LES (LAN Emulation Server).

Des Weiteren wird dort eine Darstellung des kompletten zukünftigen Netzes in zwei Varianten gegeben.

2.4.1 Kopplung von TK-Anlagen und ATM-Switches mittels S_{2M}

Eine Möglichkeit der Integration des Sprachverkehrs in das ATM-Netz der Universität Rostock besteht darin, die TK-Anlagen Hicom 300 an Standorten mit ATM-Switch LightStream 1010 über S_{2M} -Schnittstellen mit diesem zu koppeln. Dazu ist es erforderlich, alle ATM-Switches, die mit einer TK-Anlage gekoppelt werden, mit einer E1-Schnittstellenkarte (E1-CES-PAM) auszurüsten. Der interne Sprachverkehr wird in diesem Fall über das universitätseigene Backbone-Netz geführt. Im Zuge einer Übertragung des Fernverkehrs über das B-WiN des DFN werden alle TK-Anlagen der Standorte mit ATM-Switch über den Backbone mit einer zentralen TK-Anlage der Universität Rostock (z.B. im Rechenzentrum) verbunden, die die Schnittstelle zum B-WiN darstellt (Abbildung 2.5).

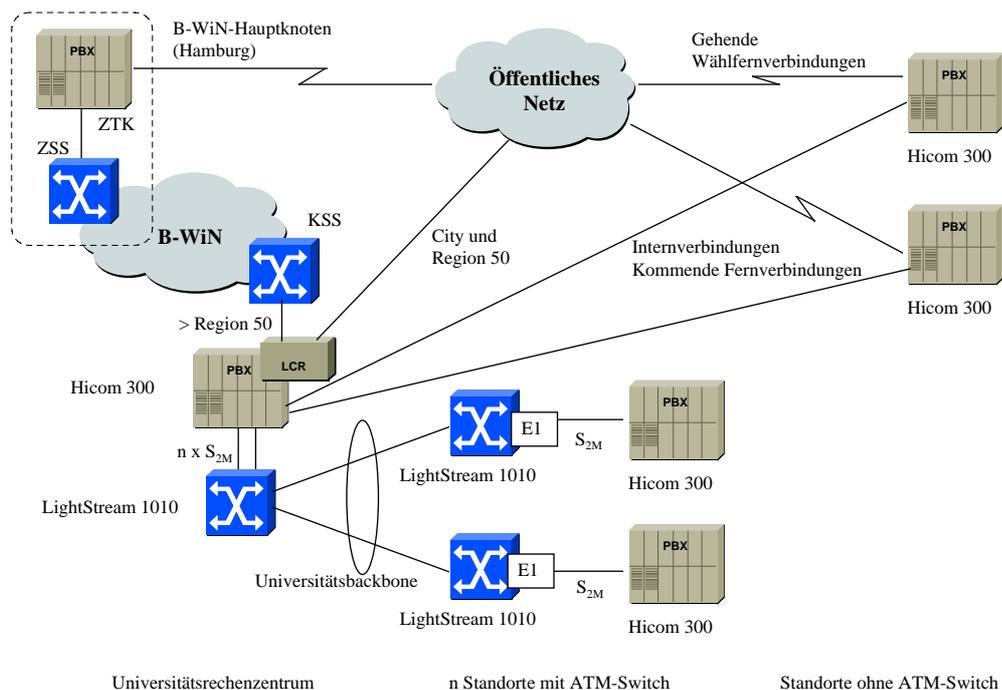


Abbildung 2.5: Variante 1: Einsatz von Hicom 300 über PVCs

Die Hauptanlage benötigt in diesem Fall genauso viele S_{2M} -Ports, wie TK-Anlagen der Standorte angeschlossen sind, da die Übertragung im ATM-Netz über permanente Verbindungen (PVC) erfolgt. Ein weiterer Nachteil dieser Verfahrensweise ist die ständige Bereitstellung einer vordefinierten Bandbreite für die Sprachübertragung im ATM-Netz (durch PVC), die den Datenverkehr nachteilig beeinflussen kann.

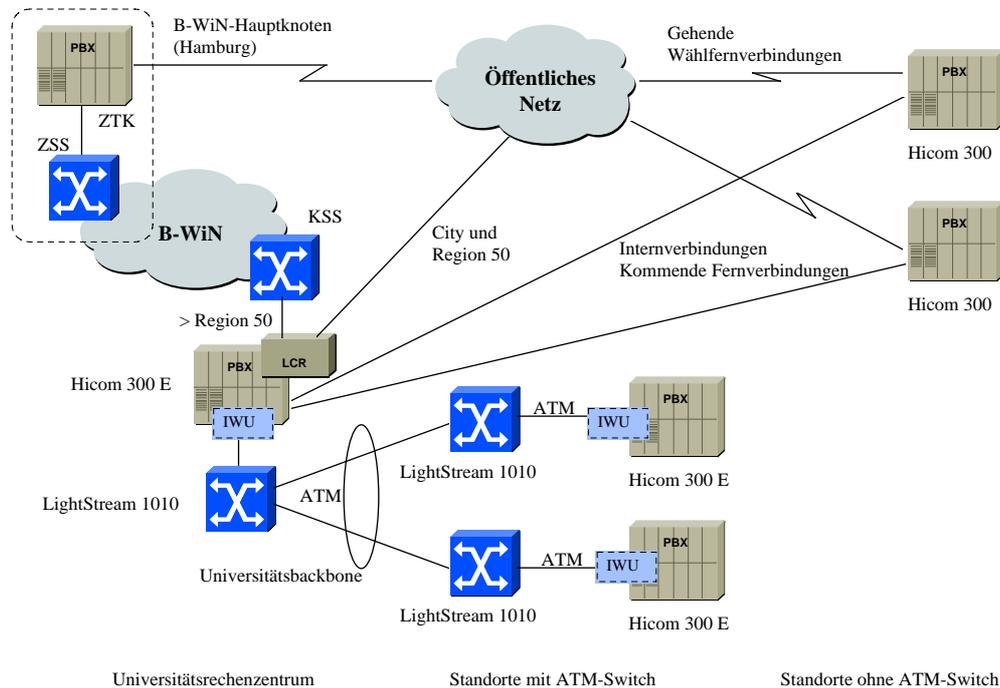
Ein Least Cost Router an der zentralen TK-Anlage führt alle Fernverbindungen zu entfernten Teilnehmern außerhalb des City-Netzes und der Region 50 über das B-WiN. Aus dem B-WiN wird an geeigneten Knoten ausgestiegen und die Verbindung über das öffentliche Fernsprechnetz bis zum Zielteilnehmer fortgesetzt. Verbindungen zu Teilnehmern innerhalb des City-/ Region-50-Bereiches werden über das öffentliche Netz eines Dienstbieters abgewickelt. Ebenso werden alle Fernverbindungen von TK-Anlagen der universitären Teilstandorte ohne ATM-Backbone-Switch über das öffentliche Netz an die zentrale TK-Anlage des nächstgelegenen B-WiN-Hauptknotens (Hamburg, Abbildung 2.7) geführt, wo ein Eintrittspunkt in das B-WiN besteht.

2.4.2 Einsatz von TK-Anlagen Hicom 300 E

Ein anderer möglicher Ansatz sieht den Einsatz von TK-Anlagen des Typs Hicom 300 E an Standorten mit ATM-Switch vor. Die Hicom 300 E verfügt neben anderen wichtigen Kommunikations- und Vernetzungseigenschaften ([Schn97], [Sie97/1], [Sie97/2], [Vind97], [Krüg97]) über eine ATM-Interworking-Unit, die es erlaubt, die Private Branch Exchange direkt an ein ATM-Netz (ATM-Switch) anzuschließen. Die Hicom 300 E ist in der Lage, mit maximal 155 Mbit/s (STM-1) über Mono- oder Multimode-LWL-Kabel mit den Komponenten des ATM-Netzes zu kommunizieren. Ein Überblick über die wichtigsten Funktionalitäten der Hicom 300 E wird in Kapitel 6, Abschnitt 6.2, gegeben.

Werden an Standorten der Universität Rostock mit ATM-Switch TK-Anlagen Hicom 300 E eingesetzt, können diese über die ATM-Schnittstelle (155 Mbit/s) mit dem ATM-Switch LightStream 1010 verbunden werden. Über den ATM-Backbone der Universität Rostock werden interne Gespräche vermittelt. Externe gehende Gespräche laufen auf einer zentralen TK-Anlage Hicom 300 E (z.B. im Rechenzentrum) über den ATM-Backbone auf. Diese zentrale TK-Anlage stellt die Schnittstelle sowohl zum öffentlichen Netz, als auch zum B-WiN dar. Ein Least Cost Router entscheidet nach der jeweils gewählten Ortsnetz-kennzahl des Zielteilnehmers, ob das Gespräch über das B-WiN (Entfernung > Region 50) oder über das öffentliche Fernsprechnetz (City und Region 50) geführt wird.

Die Abbildung 2.6 illustriert die vorgestellte Variante der Kopplung von TK-Netz und



Datennetz an der Universität Rostock unter Einbeziehung von TK-Anlagen Hicom 300 E.

Abbildung 2.6: Variante 2: Einsatz von Hicom 300 E

TK-Anlagen Hicom 300 an Standorten ohne ATM-Switch bleiben bestehen. Fernverbindungen von diesen Stationen werden über das öffentliche Fernsprechnet eines Diensteanbieters geführt. Gesprächsverbindungen mit Zielteilnehmern außerhalb der Region 50 werden über das öffentliche Netz zur zentralen TK-Anlage (ZTK) des nächstgelegenen B-WiN-Hauptknotens (Hamburg) geleitet, und von dort über das B-WiN bis zu einem vom Zielteilnehmer abhängigen geeigneten Austrittspunkt in das öffentliche Netz geführt.

Die Fähigkeit der Hicom 300 E, Sprachverbindungen über das ATM-Netz mittels geschalteter virtueller Verbindungen (SVC) zu realisieren, ist ein wichtiger technologischer Vorteil dieser Lösung gegenüber der erstgenannten. Die für die Sprachübertragung im ATM-Backbone erforderliche Bandbreite wird nur bei tatsächlichem Sprachverkehr belegt. Ist die Sprachverbindung durch die Signalisierung abgebaut worden, steht diese Bandbreite anderen Anwendungen (z.B. Dateitransfer) zur Verfügung.

2.4.3 Variantenvergleich

Ein Vergleich der beiden vorgestellten Varianten des Ausbaus des TK-Netzes wird an dieser Stelle mit dem Schwerpunkt auf technischen Aspekten durchgeführt. Die wirtschaftliche Seite wird in Kapitel 7 betrachtet.

Variante 1 erlaubt die Nutzung der an den Standorten bereits vorhandenen TK-Anlagen Hicom 300. Die Hicom 300 sind mit S_{2M} -Karten (DIUS2) auszurüsten, soweit sie nicht bereits über einen freien S_{2M} -Port einer DIUS2-Karte verfügen¹¹. Die ATM-Switches LightStream 1010 werden mit jeweils einer E1-CES-Karte bestückt. Die TK-Anlagen werden über S_{2M} (DIUS2 – E1-CES-PAM) mit dem ATM-Netz verknüpft. Es werden permanente virtuelle Kanäle (Hard-PVC, Soft-PVC) mit einer Bandbreite von 2 Mbit/s im ATM-Netz eingerichtet, die die TK-Dienste der PBX-Systeme transparent übertragen.

Die PVCs belegen im ATM-Backbone unabhängig vom tatsächlichen Sprachverkehr die vordefinierte Bandbreite. Für andere Anwendungen (z.B. Datentransfer) wird die verfügbare Bandbreite dadurch permanent eingeschränkt. Ein wichtiger Vorteil dieser Variante ist die Nutzbarkeit der vorhandenen TK-Anlagen. Die TK-Anlagen-Generation Hicom 300 ist ausreichend erprobt und auf die Einhaltung internationaler Standards (Schnittstellen, Protokolle) überprüft. Ein technologischer Vorteil hinsichtlich einer echten Integration von TK- und Datennetz (ATM-Konnektivität) wird nicht erreicht.

Bei Variante 2 ist die Anschaffung neuer TK-Anlagen des Typs Hicom 300 E durch die Universität erforderlich¹². Diese werden über die ATM-Schnittstelle STMA direkt mit dem ATM-Backbone-Netz verknüpft. Für die ATM-Switches LightStream 1010 ist keine Ausstattung mit zusätzlichen Karten erforderlich, da freie ATM-Schnittstellen vorhanden sind. Die Vermittlung von TK-Diensten erfolgt auf der Basis von SVCs, womit das ATM-Netz nur dann Bandbreite für die Sprachübertragung bereitstellen muß, wenn diese über Signalisierungsmechanismen angefordert wird.

Variante 2 bietet eine echte Integration von Daten- und TK-Netz (ATM-Konnektivität). Ein Vorteil im Hinblick auf die Netzbelastung des Backbones ist die Verwendung von SVCs. Nachteilig ist die noch nicht ausreichende Standardisierung und Erprobung dieser Lösung,

¹¹ In Anlagen, die derzeit mittels S_{2MFV} verbunden sind, sind diese Karten bereits vorhanden.

¹² Steckkarten der Hicom 300 (z.B. DIUS2, Teilnehmerorgane) lassen sich in das System Hicom 300 E übernehmen.

was jedoch eine Eigenschaft jeder neuen Technologie ist. Ist eine Erprobung in der Praxis (im Labor wurde die Variante 2 erfolgreich erprobt, s. Kapitel 5, Abschnitt 5.5.4) erfolgreich verlaufen, bietet die Variante 2 eine hohe Zukunftssicherheit und die Gewähr, ein leistungsfähiges TK- und Datennetz zur Verfügung zu haben.

2.5 Einbindung des Rostocker Universitätsnetzes in das B-WiN des DFN

2.5.1 Das deutsche Wissenschaftsnetz

Der DFN-Verein (Deutsches Forschungsnetz) hat es sich zur Aufgabe gemacht, Einrichtungen der Wissenschaft, Forschung und Lehre die Datenkommunikation¹³ zu günstigen Konditionen zu ermöglichen. Den Mitgliedern des DFN bietet der Verein die Übermittlung von Daten und Informationen zu pauschalen Preisen unabhängig vom tatsächlichen Datenvolumen an. Im Schmalband-Wissenschaftsnetz (S-WiN) stellte der DFN-Verein den beteiligten Einrichtungen X.25-Anschlüsse mit Übertragungsraten von 9,6 kbit/s, 64 kbit/s, 128 kbit/s bzw. 1920 kbit/s zur Verfügung. Seit dem Frühjahr 1996 werden Anschlüsse mit 34 Mbit/s (seit Sommer 1996 auch Anschlüsse mit 155 Mbit/s) an das Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WiN) den Mitgliedern des DFN flächendeckend bereitgestellt. Seit 1997 ist die X.25-Infrastruktur in das B-WiN integriert; der X.25-Dienst wird am B-WiN-Anschluß angeboten. Das WiN bietet freien Zugang zu allen wichtigen ausländischen Wissenschaftsnetzen (Europa: 45 Mbit/s, USA: 90 Mbit/s). Das B-WiN verfügt weiterhin über Anschluß zu Netzen kommerzieller Internet-Provider. Derzeit werden diese Netze einzeln mit dem B-WiN mit einer Gesamtbitrate von 14 Mbit/s gekoppelt. In den Jahren 1998/99 wird in Frankfurt am Main ein gemeinsamer Austauschpunkt zwischen B-WiN und 17 deutschen Internet-Diensteanbietern mit einer Übertragungsrate von 34 Mbit/s errichtet. [IK98/1]

¹³ Zukünftig wird der DFN-Verein zusätzlich zur Datenübertragung die Sprachkommunikation über das B-WiN für Universitäten, Hochschulen sowie Forschungseinrichtungen anbieten.

Abbildung 2.7 zeigt eine Übersicht über das B-WiN des DFN-Vereins mit den angeschlossenen Einrichtungen.

[www.dfn]

2.5.2 Anschluß der Bildungseinrichtungen in Mecklenburg-Vorpommern an das B-WiN

Das Rostocker Universitätsnetz (RUN) ist seit 1. März 1998 über einen Gemeinschaftsanschluß mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 155 Mbit/s an den B-WiN-Hauptknoten Hamburg angeschlossen¹⁴. Der Zugang zum B-WiN im Universitätsrechenzentrum in Rostock wird über einen Kunden Service Switch (KSS) des Herstellers General DataComm (GDC) und einen Router Cisco 7513 realisiert.

Andere Bildungseinrichtungen in Mecklenburg-Vorpommern sind ebenfalls über den Gemeinschaftsanschluß der Universität Rostock an das B-WiN angeschlossen. Von Rostock existieren Verbindungen zur Fachhochschule Wismar (2 Mbit/s) und zur Universität Greifswald (34 Mbit/s). Die Fachhochschulen Stralsund und Neubrandenburg sind mit einer Anschlußgeschwindigkeit von jeweils 2 Mbit/s mit der Universität Greifswald gekoppelt. Weitere kleinere Forschungseinrichtungen in Mecklenburg-Vorpommern, die über einen Zugang in das B-WiN verfügen, sind ebenfalls über den Gemeinschaftsanschluß der Universität Rostock angeschlossen.

¹⁴ Bis Februar 1998 war die Universität Rostock mit 34 Mbit/s an den B-WiN-Hauptknoten Berlin angeschlossen.

3 Technologiebewertung von Hochgeschwindigkeitsnetzen

In diesem Kapitel werden Netztechnologien vorgestellt, die zum Aufbau von privaten Netzen zwischen geographisch verteilten Standorten geeignet sind. Sie werden jeweils auf ihre Verwendbarkeit in Corporate Networks – besonders hinsichtlich der Sprach-Daten-Integration – untersucht. Unter dem Begriff „Hochgeschwindigkeitsnetz“ wird hier eine Netztechnologie verstanden, die eine Übertragungsgeschwindigkeit von mindestens 2 Mbit/s aufweist¹⁵. Abschließend werden traditionelle oder alternative Verfahren mit zum Teil geringeren Übertragungsgeschwindigkeiten betrachtet, die in privaten Netzen zum Einsatz kommen.

3.1 Frame Relay

Das Frame-Relay-Protokoll beschreibt eine verbindungsorientierte Paketvermittlungstechnologie, welche auf den Schichten 1 und 2 des ISO/OSI-Referenzmodells angesiedelt ist. Frame Relay wurde ursprünglich als Datenzubringerdienst für das ISDN entwickelt und ist prinzipiell der Übertragungstechnologie des X.25 (Datex-P) ähnlich, weist demgegenüber jedoch weniger Elemente der Fehlersicherung und Flußkontrolle auf. Dies ist dadurch gerechtfertigt, daß die Übertragung auf qualitativ hochwertigen Übertragungsmedien (Glasfaserkabel) mit geringen Bitfehlerraten erfolgt und derzeitige Datenanwendungen über eigene Ende-zu-Ende-Kontrollverfahren verfügen. Durch den Verzicht auf Fehlersicherungsverfahren im Frame-Relay-Protokoll wird ein höherer Datendurchsatz auf der Übertragungsstrecke erzielt, da ein Overhead zur Fehlererkennung und -korrektur nicht benötigt wird. Typische Anschlußgeschwindigkeiten von Frame-Relay-Endeinrichtungen liegen im Bereich von 64 kbit/s bis 2 Mbit/s. Es existieren Erweiterungen bis 45 Mbit/s, die jedoch von den Diensteanbietern kaum unterstützt werden und deshalb ungebräuchlich sind.

[Laut95] [Sieg96] [Kyas96] [Jäge95] [Bada95] [Floo97]

¹⁵ Es werden Technologien von Hochgeschwindigkeitsnetzen betrachtet, die prinzipiell die Möglichkeit der Übertragung isochroner Informationen bereitstellen. Ein Vergleich von Hochgeschwindigkeitsnetzen, welcher den Schwerpunkt auf die Datenübertragung legt, wird in [Detk98] angestellt.

3.1.1 Aufgaben der OSI-Schichten bei Frame Relay

Die Schicht 1 stellt eine physikalische Verbindung zwischen der Datenendeinrichtung (DEE) und der Datenübertragungseinrichtung (DÜE) bereit. Bei Frame Relay kommen typische Schnittstellen der Datenkommunikation zur Anwendung (X.21, V.35, G.703/G.704).

Die Schicht 2 übernimmt neben der Datensicherung innerhalb des Frame-Relay-Protokolls die Synchronisation des Übermittlungsabschnitts, die Rahmenbildung, das Multiplexen mehrerer virtueller Verbindungen sowie die Signalisierung von Prioritäten und netzinternen Lastzuständen

Zu den Kernfunktionen des LAPF zählen die Bearbeitung der FCS, der Blockbegrenzungskennzeichen, der Adressen, die Blocklängenprüfung sowie die Null-Bit-

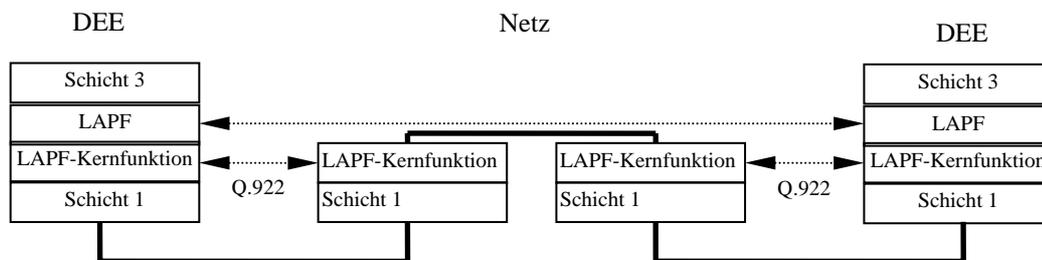


Abbildung 3.8: Frame-Relay-Protokoll-Referenzmodell [Jäge96] [Sieg97]

Einblendung (Zero-Bit-Stuffing).

3.1.2 Frame-Relay-Schnittstellen

Zwischen der Datenendeinrichtung (DEE) und der Datenübertragungseinrichtung (DÜE) existiert die Schnittstelle FR-UNI (Frame Relay User Network Interface). Die Schnittstelle FR-NNI (Frame Relay Network Network Interface) ist genormt, um Frame-Relay-Netze unterschiedlicher Betreiber oder Technik koppeln zu können.

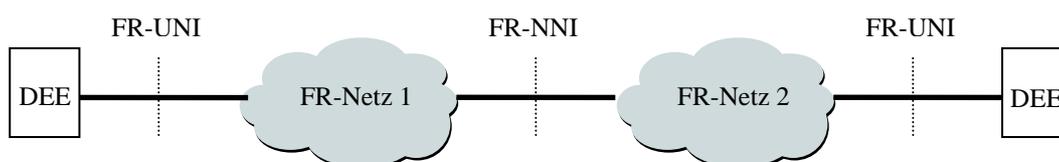


Abbildung 3.9: Frame-

Relay-Schnittstellen [Laut95]

3.1.3 Merkmale und Kenngrößen von Frame Relay

Durch das relativ große variable Nutzdatenfeld¹⁶ können große Informationsblöcke ohne Unterteilung der Nutzdaten übertragen werden, wodurch auf die Arbeitsschritte der Segmentierung und Reassemblierung verzichtet werden kann, wenn sie bei Technologien wie X.25 (Paketgröße 128 oder 256 Bytes) oder ATM (Zellgröße 53 Bytes) erforderlich sind. Diese Eigenschaft bietet bei der reinen Datenkommunikation, wie sie auf Inter-LAN-Verbindungen auftritt (z.B. Ethernet-Ethernet) einen Vorteil, da die Belastung der für die Aufgabe der Segmentierung und Reassemblierung verantwortlichen Router gesenkt wird.

Die große Länge des Nutzdatenfeldes in Verbindung mit dem geringen Anteil der Protokollinformation ergibt bei Frame Relay ein günstiges Verhältnis von Nutzdateninformation zu Protokolloverhead.

Tabelle 3.3: Verhältnis von Protokolloverhead zu Nutzdaten bei verschiedenen Übertragungstechnologien [Laut95]

Nutzdaten	SFV, DDV	Frame Relay	X.25	ATM (AAL5)
8 Bytes (z.B. Paßwort)	0 %	50,0 %	87,5 %	562,5 %
512 Bytes	0 %	0,8 %	5,5 %	16,2 %
1500 Bytes (z.B. 802.3-Block)	0 %	0,3 %	5,6 %	10,7 %

Aus Tabelle 3.3 ist ersichtlich, daß die Übertragung über Datendirektverbindungen (DDV) und Standardfestverbindungen (SFV) keinen Protokolloverhead erfordert. Bei diesen Technologien ist jedoch je gewünschter Verkehrsbeziehung ein reservierter Zeitschlitz erforderlich. Dieser Zeitschlitz kann nur von dieser Verkehrsbeziehung genutzt werden, was in der Regel zu einer ungünstigen Bandbreitenausnutzung führt, da die reservierte Bandbreite auch für den Fall, daß keine Daten zur Übertragung bereitstehen, nicht von anderen Anwendungen genutzt werden kann.

Gegenüber den Übertragungsalternativen mit Vermittlungsfunktion ist Frame Relay hinsichtlich des Verhältnisses von Nutzinformation und Overhead im Vorteil. Die Frame-Relay-Technologie wurde für die Datenübermittlung konzipiert und verfügt deshalb über ein verhältnismäßig großes Nutzdatenfeld mit variabler Länge, wodurch auf Frame-Relay-Strecken unterschiedliche Laufzeiten entstehen. Diese Verzögerungszeiten erschweren die Sprachübertragung über Frame Relay. Es existieren derzeit Systeme, die Sprachinformationen

¹⁶ Die maximale Länge des Nutzdatenfeldes beträgt 8 kBytes.

über Frame-Relay-Netze transportieren. Auf die Sprachübertragung in Frame-Relay-Netzen wird in Kapitel 3.1.4 eingegangen.

Frame Relay arbeitet auf der Grundlage von virtuellen (logischen) Verbindungen (PVC und SVC). Auf einer physikalischen Leitung können gleichzeitig mehrere virtuelle Verbindungen bestehen, von denen jede durch jeweils einen Data Link Connection Identifier (DLCI) eindeutig gekennzeichnet ist. Um eine logische bidirektionale Verbindung aufzubauen, ist für jede Richtung ein DLCI nötig.

[Laut95] [Kyas96] [Jäge96] [Froi97]

Frame Relay weist den einzelnen Verbindungen Bandbreite je nach ihrem aktuellen Bedarf zu. Um einerseits die vorhandenen Übertragungswege wirksam auszunutzen und andererseits die Bandbreite zwischen den konkurrierenden virtuellen Verbindungen möglichst gerecht aufzuteilen, bedient man sich folgender Verkehrssteuerungsverfahren:

- Verkehrssteuerung am Netzzugang
- Netzinterne Verkehrssteuerung

Der Datenverkehr auf einer FR-Verbindung wird durch Parameter bestimmt:

- Committed Information Rate (CIR): Für jede virtuelle Verbindung wird die durchschnittliche Datenrate (CIR) im Vorfeld vereinbart. Sie kann Werte bis zur maximalen Anschlußgeschwindigkeit annehmen. Unabhängig von der CIR werden alle Rahmen auf der Frame-Relay-Verbindung mit der Anschlußgeschwindigkeit der physikalischen Leitung übertragen.
- Committed Burst Size (B_c): Die Committed Burst Size ist die maximale Anzahl der Bits, die im Intervall T_c gesendet werden sollen.
- Excess Burst Size (B_e): Die Excess Burst Size gibt die Größe des Datenpaketes an, welches bei zusätzlichem Bedarf innerhalb des Intervalls T_c gesendet werden kann. Diese Rahmen werden am Netzeingang markiert, so daß sie bei Überlastsituationen bevorzugt verworfen werden.
- Committed Rate Measurement Intervall (T_c): Das Zeitintervall T_c bildet die Basis für die Anwendung der Werte B_c und B_e .

Die angeführten Parameter stehen zueinander in folgender Beziehung: $CIR = \frac{B_c}{T_c}$. Alle

Rahmen, die die B_c+B_e im Zeitintervall T_c überschreiten, werden am Zugang des Frame-

Relay-Netzwerkes verworfen. Im Zusammenhang mit der Markierungsmöglichkeit¹⁷ ergibt sich auf diese Weise eine zweistufige Policing-Strategie, die die Überwachung des Datenverkehrs realisiert.

Die netzinterne Verkehrssteuerung regelt Spitzenbelastung im Netzwerk durch unterschiedliche Verfahren aus. Bei Überlast werden die Bits FECN und BECN die Sende- und Empfangsstationen über die Überlastung des Netzes informiert. Der Sender wird veranlaßt, die Sendedatenrate zu verringern. Verschärft sich die Netzsituation weiter, werden durch die Frame-Relay-Knoten Rahmen (nach Prioritäten) verworfen.

Eine detaillierte Beschreibung des Frame-Relay-Protokolls wird in [Laut95], [Jäge96] gegeben.

[Laut95] [Jäge96] [Olda97] [Mot96/2] [Floo97]

3.1.4 Anwendung von Frame Relay in Corporate Networks

Frame Relay eignet sich besonders für Datenkommunikationsnetze, die überwiegend einen burstartigen Datenverkehr produzieren. Hierzu zählt die Kopplung von LANs, die Ablösung herstellerspezifischer Netze (SNA) durch eine verteilte Netzwerkstruktur sowie der Betrieb in Client-Server-Anwendungen (Datenbanken). [Laut95]

Anwender mit unternehmensweiten Netzen verfügen häufig über mehrere Weitverkehrstechniken. In diesen Fällen ist es erforderlich, Übergänge zwischen den Technologien zu gewährleisten. Der Übergang von X.25-Netzen zu Frame Relay ist problemlos möglich, während nicht alle ATM-Dienste auf Frame Relay umgesetzt werden können (z.B. SVCs). Frame-Relay-Verbindungen können transparent über ATM-Backbone-Netze aufgebaut werden. [Hase96/2] [Kirs97] [Mot93]

Bei der Sprachübertragung werden der Verzögerung der Frame-Relay-Pakete und dem Verwerfen der Pakete in Überlastsituationen besondere Beachtung geschenkt. Durch das Setzen der Bits FECN und BECN in Datenrahmen werden den FR-Switches in Vor- und Rückwärtsrichtung Überlastsituationen signalisiert. Datenpakete mit gesetztem DE-Bit werden in Überlastsituationen bevorzugt verworfen. Durch das Nicht-Setzen des DE-Bits läßt sich Datenströmen (z.B. Sprache) eine höhere Priorität zuordnen. Bei starker Überlastung des

¹⁷ Datenpakete mit geringer Priorität lassen sich mit dem Discard-Eligibility-Bit-(DE-)Bit kennzeichnen. Die so markierten Rahmen werden in Überlastsituationen bevorzugt verworfen.

Frame-Relay-Netzes reicht diese Maßnahme jedoch nicht aus, da Frame-Relay-Switches automatisch alle DE-Bits setzen können, um einen völligen Zusammenbruch des Netzverkehrs zu vermeiden. Um eine effiziente Sprachübertragung zu ermöglichen, werden Sprachinformationen komprimiert in Frame-Relay-Netzen transportiert. Zusätzlich werden durch ein DSI-System (Digital Speech Interpolation) Sprachpausen erkannt, in denen keine Bandbreite durch die Sprachverbindung belegt wird. Weitere technische Möglichkeiten sind die Zerlegung von FR-Paketen in kleinere Einheiten (Fragmentierung) sowie die Verkleinerung der Pufferspeicher in den Frame-Relay-Switches über das Netzmanagement, um Verzögerungszeiten auf dem Übertragungsweg zu verringern. Durch Zwischenpufferung entsteht Jitter, der die Sprachübertragung negativ beeinflusst. Ein Puffer am Ausgang des FRAD (Frame Relay Assembly/Disassembly) kann die Sprachqualität verbessern, indem er die Sprachinformationen zwischenspeichert und in kontinuierlicher Folge zum Empfänger leitet. Diese Maßnahmen sind zur Sprachübertragung über Frame-Relay-Netze erforderlich, da Frame Relay keine QoS-Parameter garantiert (wie dies in ATM-Netzen möglich ist).

[Niem95] [Hase96/1] [Schr96] [Mot96/1]

Frame Relay eignet sich vorrangig zur Übertragung von Daten. Die Sprachübertragung über Frame-Relay-Netze ist ebenfalls möglich. Damit lassen sich unter Verwendung von Frame Relay virtuelle private Netze mit Sprach-Daten-Integration aufbauen. Diese Technologie ist speziell für Institutionen und Unternehmen mit mittlerem Daten- und Sprachkommunikationsaufkommen (Fernleitungen mit einer Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 2 Mbit/s) von Interesse, solange die ATM-Technik mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Es ist abzusehen, daß die Bedeutung von Frame Relay langfristig im Zuge des Bedarfs nach immer größeren Übertragungsgeschwindigkeiten sinken wird. Die ATM-Technik bietet – sobald die Kosten für ihre Netzkomponenten sinken – mit hohen Bitraten und der Möglichkeit der Sprachübertragung eine interessante Alternative. Daneben wird besonders bei kleinen und mittleren Unternehmen ein Markt für Frame Relay bestehen bleiben.

3.2 Switched Multimegabit Data Service

Der Switched Multimegabit Data Service (SMDS) wurde 1989 durch Bellcore spezifiziert, um ein Wide Area Network (WAN) zu schaffen, das lokale Netzwerke (LANs) über weite Strecken effizient verbindet. SMDS stellt eine verbindungslose Datenübertragung bereit, welche den Transport von burstartigem Verkehr (LAN-Pakete unterschiedlicher Länge) unterstützt. Es wird die Adressierung nach CCITT-/ITU-T-Empfehlung E.164 verwendet.

Der SMDS-Dienst erlaubt den Aufbau von virtuellen privaten Netzwerken durch die Möglichkeit der Bildung geschlossener Benutzergruppen (CUG), die Bereitstellung von Sicherheitsfunktionen (Adress Screening) sowie durch die Möglichkeit der Multicast-Kommunikation (Gruppenadressierung).

Als europäisches Äquivalent zu SMDS wurde durch ETSI mit CBDS (Connectionless Broadband Data Service) eine Technologie spezifiziert, die der amerikanischen SMDS-Technik sehr ähnelt. Sie kommt deshalb als eigenständige Variante derzeit in wenigen Fällen zum Einsatz.

Der Zugriff des Nutzers (Customer Premises Equipment, CPE) auf das MAN Switching System (MSS) des SMDS-Netzwerkes erfolgt über das Subscriber Network Interface (SNI) mit den Datenraten E1/E3 bzw. DS1/DS3. Am SNI können mehrere CPEs angeschlossen sein (Abbildung 3.10).

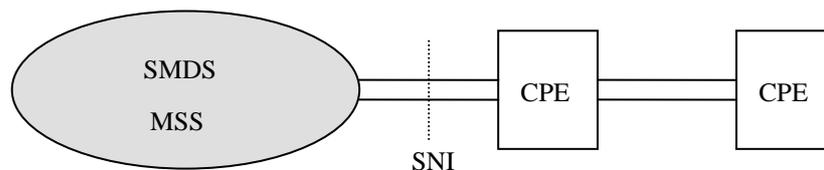


Abbildung 3.10: Zentrale Komponenten und Schnittstellen eines SMDS-Netzwerkes [Jäge96]

Als Schnittstellen-Protokoll zwischen dem MSS und der CPE wird das SMDS Interface Protocol (SIP) verwendet, welches über drei Schichten verfügt:

- Schicht 1 (SIP-L1) beinhaltet alle medienspezifischen Funktionen.
- Schicht 2 (SIP-L2) übernimmt das Segmentieren bzw. Zusammensetzen von Datenpaketen der Schicht 3 mit variabler Länge, die Bitfehlererkennung und die Rahmenbildung für Pakete der Schicht 2, die eine Länge von 53 Bytes aufweisen.
- Schicht 3 (SIP-L3) realisiert die Adressierung, die Erkennung von verlorengegangenen Schicht-2-Datenpaketen sowie die Überwachung der ausgewählten Zugangsbitrate.

Abbildung 3.11 veranschaulicht die Umsetzung von Schicht-3-Paketen variabler Länge in Schicht-2-Pakete fester Länge.

[Jäge96] [Bada95] [Kles95] [Floo97]

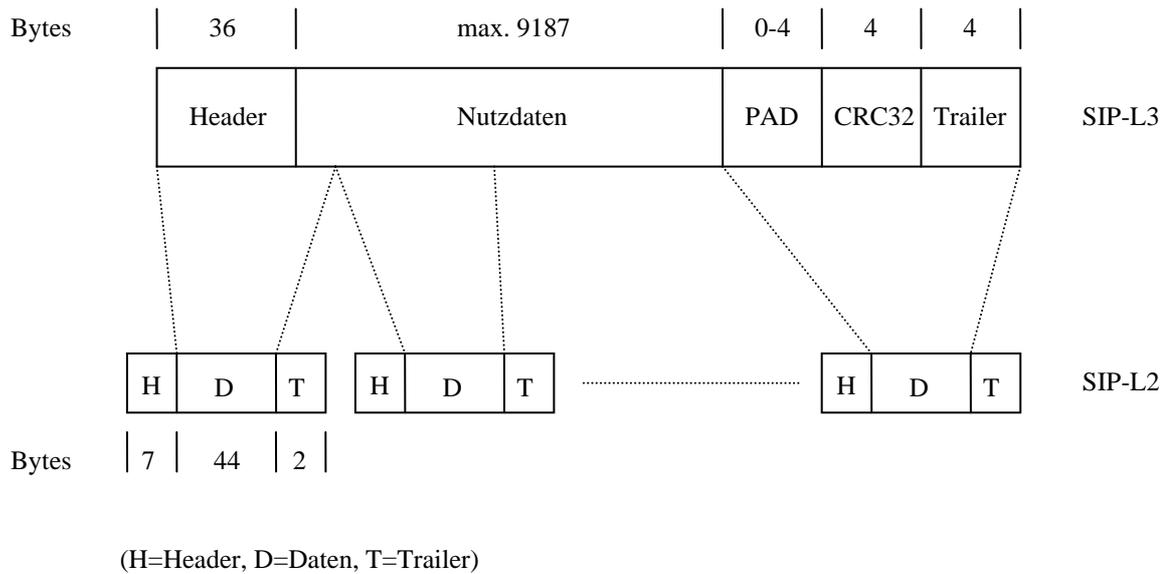


Abbildung 3.11: Aufbau von SMDS-Paketen der Schichten 2 und 3 [Jäge96]

3.2.1 Dienstqualität des SMDS

Die Dienstgüte (Quality of Service, QoS) hinsichtlich der drei Parameter Verfügbarkeit, Genauigkeit/Zuverlässigkeit und Verzögerung ist Bestandteil der Spezifikationen des SMDS.

Die maximale Ende-zu-Ende-Verzögerung für Schicht-3-Datenpakete eines SMDS-Netzwerkes zwischen zwei SNI ist für verschiedene Kombinationen von Zugriffspfaden unterteilt nach individueller Adressierung und Gruppenadressierung festgeschrieben (Tabelle 3.4).

für 95 % aller Pakete	E1/E1	E1/E3	E3/E3
individuelle Adressen	140 ms	80 ms	20 ms
Gruppenadressen	220 ms	160 ms	100 ms

[Jäge96] [Bada95]

3.2.2 Netztechnologie des SMDS: DQDB

Da es sich bei SMDS um einen Dienst handelt, können ihm prinzipiell unterschiedliche Netztechnologien zugrunde liegen. Die ursprünglich für SMDS genutzte Technik ist DQDB (Distributed Queue Dual Bus). Als Anwendung für DQDB wurde SMDS entwickelt. Derzeit stellt DQDB die für SMDS in fast allen Anwendungsfällen verwendete Basistechnologie dar. Möglich ist jedoch ebenfalls die Verwendung von ATM als Grundlage für SMDS. Da die

SMDS- und ATM-Zellen sich ähneln (53 Bytes Länge), können diese leicht ineinander umgewandelt werden. SMDS und ATM unterscheiden sich dadurch gravierend, daß SMDS ein verbindungsloser Dienst ist, ATM jedoch verbindungsorientiert arbeitet. Der Einsatz von ATM in SMDS-Netzwerken wird in [Hnyk94] dargestellt. Da DQDB die derzeit wichtigste Technik für SMDS darstellt, wird im folgenden darauf eingegangen.

Das DQDB-Zugriffsverfahren wurde vom IEEE standardisiert und basiert auf einer statistischen Multiplex-Technik. Alle Benutzer müssen sich bei der Übertragung das vorhandene Medium teilen (Shared Medium). Ein DQDB-Netzwerk ermöglicht neben der asynchronen Datenübertragung für die Inter-LAN-Kommunikation die Übermittlung von isochronen Daten, wie sie in der Sprach- und Videoübertragung benötigt wird. DQDB bietet sowohl verbindungslose als auch verbindungsorientierte Kommunikation an. Während die Medienzugriffsverfahren im LAN (Ethernet, Token Ring) in der geographischen Ausdehnung auf wenige Kilometer beschränkt sind, kann mit DQDB eine Entfernung von einigen Hundert Kilometern überbrückt werden.

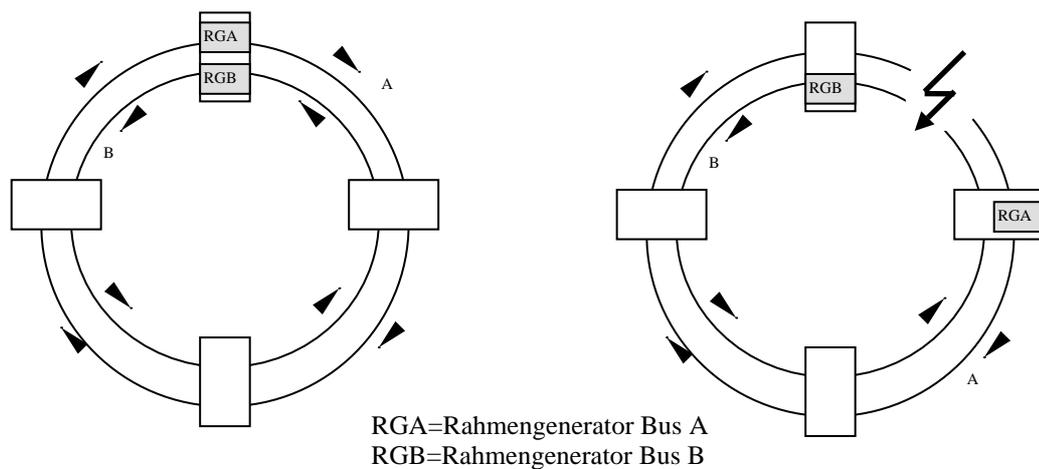


Abbildung 3.12: DQDB-Ringtopologie vor und nach einem Kabelbruch [Jäge96]

Ein DQDB-Netz besteht topologisch aus zwei gerichteten gegenläufigen Bussystemen, an deren Enden sich jeweils eine Kopf- bzw. Endstation befindet. Die Kopfstation generiert eine lückenlose Folge von Rahmen, die 53 Bytes bzw. 69 Bytes lange Zellen enthält (Die Lösung mit einer Zellgröße von 53 Bytes kommt in Amerika, die mit 69 Bytes in Europa zum Einsatz). In der praktischen Anwendung wird das duale Bussystem ringförmig ausgeführt, so daß eine einzige Station beide Ringe eröffnet und abschließt. Ein weiterer Vorteil der Ringtopologie besteht darin, daß im Fehlerfall ein Alternativweg zur Verfügung steht, über

den Daten übertragen werden können. Zu diesem Zweck müssen lediglich die Kopf- und Endstellen umkonfiguriert werden (Abbildung 3.12).

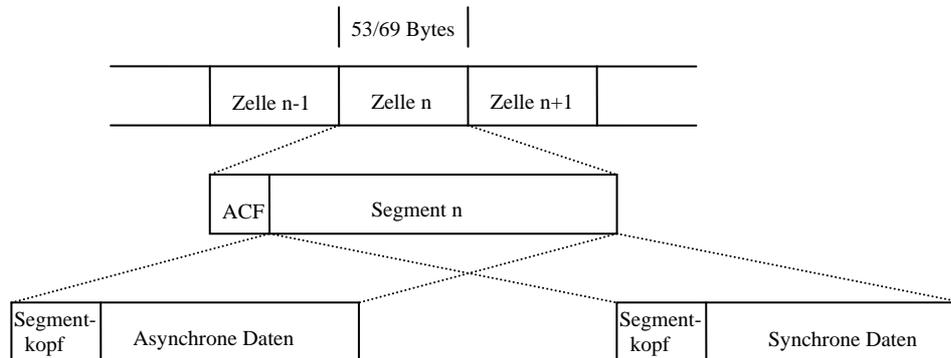


Abbildung 3.13: Struktur der DQDB-Zelle [Jäge96]

Eine 53 Bytes große DQDB-Zelle teilt sich in das Adress Control Field (ACF) (1 Byte) und ein 52 Bytes langes Segment, welches sich wiederum in das Segment-Kopffeld (4 Bytes) und den Bereich für Nutzdaten (48 Bytes) unterteilt (Abbildung 3.13).

Medienzugriffsverfahren der DQDB-Technik

Der Zugriffsalgorithmus arbeitet verteilte Warteschlangen, die in den einzelnen Knoten vorhanden sind, zentral ab. Jeder Knoten des DQDB-Netzes beobachtet den Status des Netzes und ordnet eigene Sendewünsche in die verteilte Warteschlange ein. Die Abarbeitung erfolgt nach dem FIFO-Prinzip. Es werden zwei prinzipielle DQDB-Zugriffsstrategien unterschieden:

- Das **Queue-Arbitrated-Verfahren** ermöglicht die Übertragung von asynchronen Datenströmen. Es existieren drei Prioritätsklassen, die durch den Aufbau von drei verteilten Warteschlangen entstehen.
- Das **Pre-Arbitrated-Verfahren** bietet den isochronen Übertragungsdienst an. Um eine synchrone Nachrichtenübermittlung zu ermöglichen, werden in äquidistanten Zeitabständen Zeitschlitze auf dem Bus reserviert, damit die Übertragung mit konstanter Bitrate garantiert werden kann. Durch die Vorreservierung wird die für die asynchrone Datenübertragung zur Verfügung stehende Bandbreite verringert, was in kritischen Situationen (burstartiger Datenverkehr) zu Bandbreitenproblemen führen kann.

[Jäge96]

3.2.3 Anwendung von DQDB/SMDS in Corporate Networks

Der Pre-Arbitrated-Modus des DQDB gestattet sowohl die verbindungsorientierte Übertragung von Sprache und Bewegtbild als auch den asynchronen Datenverkehr. Mit diesem Verfahren wäre es möglich, Corporate Networks mit Sprach-Daten-Integration aufzubauen. Implementierungen des SMDS unterstützen jedoch lediglich das Queue-Arbitrated-Verfahren. Deshalb eignen sich SMDS-Netze für die Inter-LAN-Kommunikation, nicht aber für den Aufbau von integrierten Unternehmensnetzen mit Sprachübertragung. [Bada95] [Jäge96]

Der geringfügig gegenüber dem ursprünglichen SMDS modifizierte ETSI-Standard CBDS erlaubt eine Sprachintegration auf Basis des DQDB-Verfahrens. Es werden „Quasi-Direktverbindungen“ eingerichtet, die ausschließlich für die Sprachübertragung reserviert sind. Dies stellt keine zufriedenstellende Lösung für Unternehmensnetze dar, weil die reservierte Bandbreite unabhängig vom tatsächlichen Sprachverkehr anderen Anwendungen nicht zur Verfügung steht. [Dan96/1]

3.3 Fiber Distributed Data Interface

Fiber Distributed Data Interface (FDDI) ist ein von ANSI genormtes Hochgeschwindigkeitsnetz, das über Lichtwellenleiter (Gradientenindexfaser: 62,5 µm bzw. Monomodefaser: 9,5 µm) oder Kupferdoppeladern (UTP) betrieben wird. FDDI arbeitet mit einer Übertragungsrate von 100 Mbit/s und wird vielfach zur Verbindung von LANs als Backbone eingesetzt. Es ist kompatibel zur IEEE-802-Protokollfamilie.

Ein FDDI-Netz besteht aus zwei gegenläufigen Glasfaserringen (Primär- und Sekundärring), wobei nur ein Glasfaserring (Primärring) für die Datenübertragung genutzt wird. Der redundante Sekundärring dient bei Unterbrechung des Primärringes einer schnellen Ersatzschaltung, wobei der gesamte FDDI-Ring so umkonfiguriert wird, daß ein neuer Ring über Primär- und Sekundärring unter Umgehung des fehlerhaften Kabelabschnittes mit der doppelten Länge des ursprünglichen Ringes entsteht. Fällt eine aktive Netzstation aus, so wird über einen optischen Bypass der Ring betriebsbereit gehalten.

Folgende Typen von Stationen werden in FDDI-Netzen unterschieden:

- Klasse-A-Stationen (Dual Attachment Stations) sind mit beiden Ringen verbunden. Im Fehlerfall wird der Ring rekonfiguriert und sie verbleiben im Betriebszustand. Klasse-A-Stationen verfügen über einen optischen Bypass.

- Klasse-B-Stationen (Single Attachment Stations) verfügen über lediglich jeweils einen Anschluß zum Senden bzw. Empfangen von Daten. Sie werden nicht direkt an den FDDI-Doppelring, sondern über einen Konzentrator angeschlossen. Klasse-B-Stationen sind vom Ring isoliert und benötigen deshalb keinen Bypass.
- Dual-Attachment-Konzentratoren werden eingesetzt, um Klasse-B-Stationen und andere Konzentratoren an den FDDI-Doppelring anzuschließen.
- Single-Attachment-Konzentratoren werden im Baum unterhalb eines Dual-Attachment-Konzentrators für die weitere Verzweigung verwendet.

Abbildung 3.14 zeigt die Verknüpfung der Stationstypen zu einem FDDI-Netz.

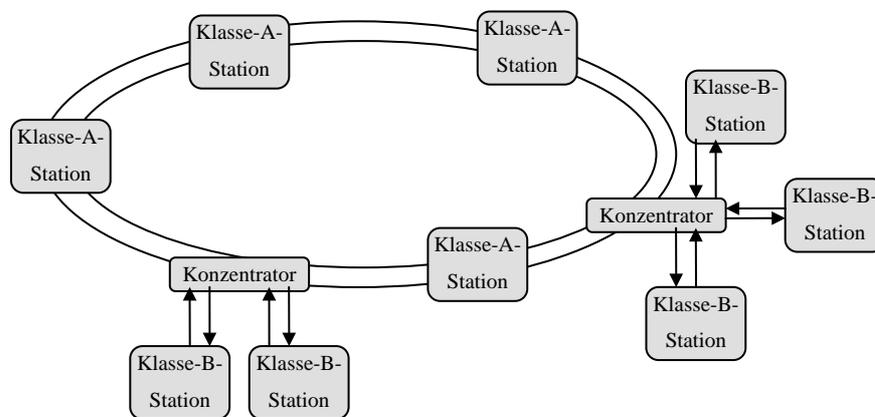


Abbildung 3.14: Topologie eines FDDI-Netzes [Sieg97] [Zitt95]

In einem doppelten FDDI-Ring können 1000 MAC-Anschlüsse (entsprechend 500 Klasse-A-Stationen) realisiert werden. Die maximale Größe eines FDDI-Ringes ist auf 100 km begrenzt. Bei Ausfall einer Station kann sich der Ring auf 200 km ausdehnen. Die Begrenzung der Stationsanzahl ist von der maximalen Ringverzögerung abhängig, die 1,617 ms beträgt. Bei Verwendung von Multimode-Glasfasern ist ein maximaler Abstand von 2 km zwischen benachbarten Stationen zulässig, während diese Distanz sich auf 64 km erhöht, wenn Monomode-Glasfasern verwendet werden. FDDI benötigt einen 125-MHz-Kanal zur Übertragung einer Datenrate von 100 Mbit/s. Aufgrund des verwendeten Medienzugriffsverfahrens nutzt FDDI die verfügbare Bandbreite zu 90 % aus. Die maximale Paketgröße beträgt 4500 Bytes (geringer Overhead bei Datenpaketübertragung). Es lassen sich Nettotransferraten von 80 Mbit/s erzielen.

Das Medienzugriffsverfahren basiert auf einem (gegenüber dem IEEE-802.5-Token-Ring) verbesserten Token-Verfahren. Im FDDI-Ring kursiert eine freie Berechtigungsmarke

(Token), die das Senderecht vergibt. Es können sich mehrere Datenpakete verschiedener Sendestationen gleichzeitig auf dem Übertragungsmedium befinden, da die freie Marke unmittelbar nach dem Senden weitergeleitet wird, ohne auf den Empfang des eigenen Paketkopfes zu warten. Dadurch ergibt sich eine gute Auslastung des Netzes (gegenüber Token Ring verbessert). Es ist sichergestellt, daß sich jeweils lediglich ein freies Token im Umlauf befindet.

Einem FDDI-Paket geht eine Präambel voraus, die Synchronisationszwecken dient. Sie ist erforderlich, weil in FDDI-Netzen keine selbsttaktende Codierung eingesetzt wird (wie z.B. Manchestercodierung in Token Ring, Ethernet). FDDI verwendet einen 4B/5B-Code¹⁸ mit anschließender NRZI-Codierung. Durch diese Codierungsverfahren wird die Übertragung der Taktinformation auch bei langen Eins- bzw. Nullfolgen gewährleistet.

FDDI zeichnet sich durch die Bereitstellung synchroner und asynchroner Übertragungsdienste aus. Der synchrone Dienst garantiert einzelnen Stationen eine definierte Bandbreite und Antwortzeit für die Zeit der Übertragung. In diesem Fall reserviert das FDDI-Netz über das Stationsmanagement einen Teil der Bandbreite für die synchrone Übertragung und stellt den verbleibenden Bandbreitenanteil dem asynchronen Verkehr zur Verfügung. Die Vorbelegung der Bandbreite für synchrone Dienste erfolgt mit Hilfe von Zeitgebern und Zählern [Zitt95]. Der asynchrone Verkehr teilt die verbleibende Bandbreite mittels des Token-Verfahrens unter den aktiven Stationen mit Sendewunsch auf, wobei zwei Modi (restriktiv und nicht restriktiv) sowie acht Prioritätsebenen existieren. Die Steuerung der Datenübertragung im FDDI-Netz übernimmt das Management (Verbindungsmanagement, Ringmanagement, Ablaufmanagement).

[Zitt95] [Sieg96] [Sieg97] [Rede97]

3.3.1 FDDI-II

FDDI wurde hauptsächlich für reine Datenübertragungen konzipiert. FDDI-II ist eine Erweiterung von FDDI, die neben der asynchronen und synchronen die leitungsvermittelte (isochrone) Übertragung unterstützt. Dadurch ist es möglich, Echtzeit- und TK-Dienste in FDDI-Netze zu integrieren. Abbildung 3.15 zeigt das FDDI-II-Referenzmodell.

¹⁸ Es werden Symbole, die aus 4 Bits bestehen, in 5-Bit-Codewörter gewandelt.

Gegenüber dem konventionellen FDDI werden die Instanzen CS-MUX (Circuit-Switching-Multiplexer), I-MAC (Isochronous-MAC) und H-MUX (Hybrid Multiplexer) zusätzlich integriert. H-MUX und I-MAC bilden gemeinsam die hybride Ringsteuerung (Hybrid Ring Control, HRC), welche den Basismodus und den hybriden Modus unterstützt. Der Basismodus entspricht der Betriebsweise, die FDDI bietet. Der hybride Modus gründet sich auf eine 125- μ s-Rahmenstruktur (Zyklus). Der Zyklus besteht aus einer Präambel, einem Zykluskopf und 16 Wideband-Channels (WBCs), von denen jeder aus 96 Bytes besteht. Die Übertragungsrate jedes WBC beträgt 6,144 Mbit/s. Sie kann dynamisch einem Datenpaket oder isochronen Informationen zugeteilt werden.

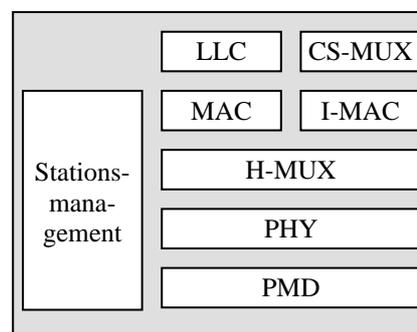


Abbildung 3.15: Referenzmodell für FDDI-II [Zitt95]

FDDI-II-Stationen können in konventionelle FDDI-Ringe integriert werden. Die speziellen FDDI-II-Dienste können nur zwischen Stationen genutzt werden, die über FDDI-II-Fähigkeit verfügen.

Eine ausführliche Darstellung von FDDI und FDDI-II wird in [Zitt95] und [Hoff97] gegeben.

[Zitt95] [Rath97] [Hoff97]

3.3.2 Einsatz von FDDI

FDDI-Netze werden vorwiegend zur Bildung von Backbone-Netzen für LANs und zur Verbindung von Servern zu Server-Farmen verwendet. Mit FDDI-II ist die Sprachübertragung möglich, genießt jedoch eine sehr geringe Akzeptanz. Durch die Verbreitung anderer Technologien im Corporate-Network-Bereich (ATM, Frame Relay) wird sich FDDI in diesem Bereich nicht durchsetzen, seine große Bedeutung im Bereich von Daten-Backbone-Netzen aber behalten.

3.4 Asynchronous Transfer Mode

Die Grundlagen des Asynchronous Transfer Mode und wichtige Aspekte hinsichtlich der ATM-Vermittlung, des Routing, der Verkehrssteuerung und des Quality of Service werden sowohl in Publikationen (z.B. [Geiß95], [Koch95], [Onvu95], [Bois95], [Kyas96], [Pryc96], [Killa96], [Maso96], [Hein96], [Lohr97], [Rath97], [Rosa97]) und Arbeiten (z.B. [Wund96], [Wund 97], [Götz97]) als auch in der thematisch vorangegangenen Studienarbeit [Lan97/2] dargestellt. Im folgenden werden TK-Dienste in ATM-Netzwerken und speziell die Sprachübertragung über ATM-Netze und damit zusammenhängende Probleme untersucht.

3.4.1 TK-Dienste in ATM-Netzen

In ATM-Netzen werden Sprache, Daten und Bewegtbildinformationen nebeneinander übertragen. Jeder dieser Dienste stellt unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich des Übertragungsverhaltens und der Zuverlässigkeit an ein ATM-Netz. Die Übertragungszuverlässigkeit wird über die Zellenverlustrate (Cell Loss Ratio, CLR), die Zellenfehlerrate (Cell Error Ratio, CER) und die Zellenfalscheinfügungsrate (Cell Misinsertion Ratio, CMR) bestimmt, während das Übertragungsverhalten von der Zellenverzögerung im Netz abhängt. Bei der Zellenverzögerung unterscheidet man zwei Komponenten: Die Ende-zu-Ende-Verzögerung (Laufzeit) und die Verzögerungsschwankungen (Laufzeitschwankungen, Jitter). Abbildung 3.16 zeigt die QoS-Anforderungen der TK-Dienste im ATM-Netz hinsichtlich der Zuverlässigkeit und des Übertragungsverhaltens. [Bada97]

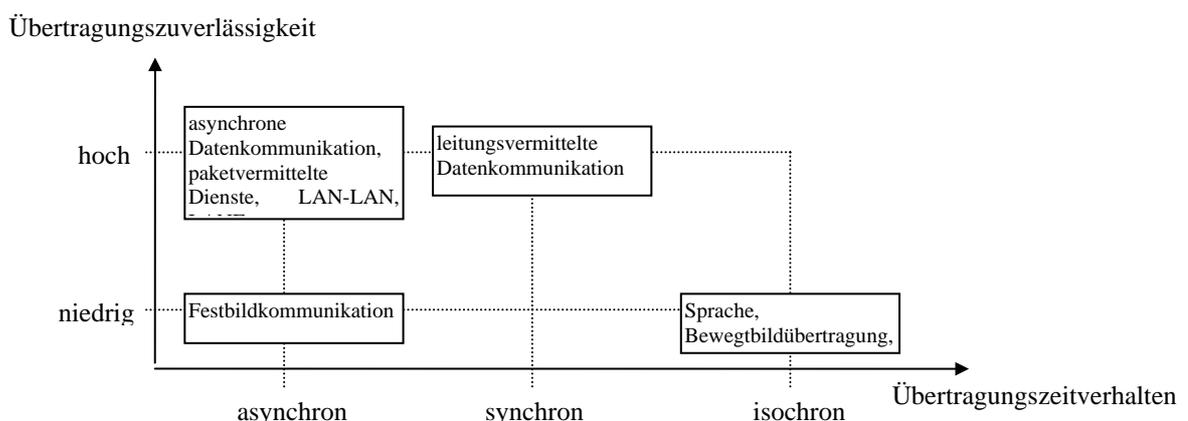


Abbildung 3.16: QoS-Anforderungen von TK-Diensten [Bada97]

TK-Dienste in ATM-Netzen werden nach drei Merkmalen unterschieden:

- Bitrate:
konstant (z.B. Sprache); variabel (z.B. Datenkommunikation)
- Ende-zu-Ende-Synchronisation:
erforderlich bei der Übermittlung von synchronen Informationen über ATM-Netze; nicht erforderlich bei Übertragung von paketierten Daten (z.B. LAN-Datenverkehr)
- Art der logischen Verbindung:
verbindungslos bei z.B. LAN-Verkehr; verbindungsorientiert bei z.B. Sprachübertragung

Um den unterschiedlichen Anforderungen der TK-Dienste an ein ATM-Netz gerecht werden zu können, wurden durch die Standardisierungsgremien entsprechende Zellübertragungsdienste sowie Dienstklassen und Diensttypen definiert.

3.4.2 ATM-Zellübertragungsdienste

3.4.2.1 Constant Bit Rate

Bei dem Dienst mit konstanter Bitrate (Constant Bit Rate, CBR) wird einer Verbindung eine feste Bandbreite für die Dauer der Übertragung zugewiesen. ATM-Zellen werden mit konstanter Zellrate gesendet. Die allokierte Bandbreite kann während der Verbindungsdauer nicht geändert werden. Wird CBR bei einer Verbindung mit sich änderndem Verkehr angewendet, liegt die jeweils größte Bandbreite (PCR) für die Reservierung zugrunde. Dies führt dazu, daß die Pfadkapazität (Bandbreite) nicht in vollem Umfang ausgelastet werden kann. Der CBR-Dienst eignet sich für Echtzeitübertragungen. Anwendungen von CBR sind Sprach- und Videoübertragung.

3.4.2.2 Variable Bit Rate

Dienste mit variabler Bitrate (Variable Bit Rate, VBR) nutzen den statistischen Verlauf der zu übertragenden Daten, um einen statistischen Multiplexgewinn zu erzielen. Die Rate der ATM-Zellen ist veränderlich. Mit diesem Prinzip können mehr Verbindungen gleichzeitig über einen Pfad übertragen werden, als es die Spitzenzellenrate zulassen würde. Basis hierfür bildet der Parameter SCR. Auf diese Weise werden die Übertragungspfade effizienter genutzt als bei CBR-Diensten. Für den Fall, daß mehrere Verbindungen gleichzeitig mit der Spitzenzellenrate übertragen und die Gesamtkapazität des Pfades überschritten wird, müssen

Zellen in Puffern zwischengespeichert werden. Typische Anwendungen für VBR sind LAN-Verbindungen und SMDS-Verkehr

3.4.2.3 Available Bit Rate

Bei dem Dienst mit verfügbarer Bitrate (Available Bit Rate, ABR) überträgt die Quelle die Daten in Abhängigkeit von der jeweiligen Netzsituation. Es wird für die Verbindung lediglich eine notwendige Mindestbandbreite vereinbart, die für die Dauer der Übertragung garantiert wird. Werden während der Verbindungsdauer weitere Übertragungsressourcen frei, werden sie der betreffenden Verbindung zeitlich begrenzt – solange sie nicht anderweitig angefordert werden – zur Verfügung gestellt. Der Dienst ABR ist für Anwendungen geeignet, die zur Zeit des Verbindungsaufbaus kein vorhersagbares Verkehrsverhalten aufweisen und keine Echtzeitanforderungen an die Übertragung stellen.

3.4.2.4 Unspecified Bit Rate

Der Übertragungsdienst mit beliebiger Bitrate (Unspecified Bit Rate, UBR) gehört der Klasse der Dienste mit netzabhängiger Bitrate an und erfordert keine Vorkenntnisse über das Verkehrsverhalten der Anwendung. Die Übertragung der Daten erfolgt ohne Berücksichtigung der realen Übertragungsmöglichkeiten. Auf eine Steuerung der Quellen wird vollkommen verzichtet. In Netzüberlastsituationen erfolgen Verstopfungsrückmeldungen, so daß eine Wiederholung der Zellübertragung veranlaßt werden kann.

[Götz97] [Wund97] [Kyas96] [Pryc96] [Bada95]

3.4.3 ATM-Diensttypen

Unter Berücksichtigung der Merkmale Bitrate, Verbindungsmodus und Synchronisation zwischen den Endeinrichtungen haben sich Dienstklassen und -typen herausgebildet (Tabelle 3.5).

Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungsmodus	verbindungsorientiert			verbindungslos
Synchronisation				

Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
zwischen den Endeinrichtungen	erforderlich (synchron)		nicht erforderlich (asynchron)	
Beispiel	Sprache, Video (MPEG 1), Leitungsemulati on	Video (MPEG 2)	X.25, Frame Relay	LAN, Inter- LAN, SMDS
Diensttyp	Typ 1 (AAL 1)	Typ 2 (AAL 2)	Typ 3/4 (AAL 3/4) Typ 5 (AAL 5)	

Für jeden Diensttyp wurde eine entsprechende ATM-Anpassungsschicht (ATM Adaption Layer, AAL) implementiert. Die ATM-Anpassungsschicht teilt die Nachrichten, die von den höheren Schichten zur Übertragung bereitgestellt werden, in ATM-Zellen bzw. übernimmt das Zusammensetzen der ursprünglichen Datenströme aus den ATM-Zellen. Die AAL-Typen werden nachfolgend vorgestellt:

- Die **AAL 1** wird für synchrone Übertragung mit konstanter Bitrate (Constant Bit Rate, CBR) verwendet. Am Zielknoten steht die ursprüngliche Bitrate takt synchron zur Sendefrequenz zur Verfügung. Strukturierte Daten und Taktinformationen werden als solche über das ATM-Netzwerk übertragen. Verlorene oder fehlerhaft übertragene Daten werden nicht korrigiert oder wiederholt übertragen.
- Die **AAL 2** dient der synchronen Übertragung von Informationen mit variabler Bitrate (Variable Bit Rate, VBR). Es besteht eine zeitliche Korrelation zwischen Sender und Empfänger, so daß eine Übertragung von Taktinformationen erforderlich ist.
- Die **AAL 3/4** spezifiziert die verbindungsorientierte und die nicht-verbindungsorientierte Übertragung von Datenpaketen über ATM-Netzwerke ohne zeitliche Beziehung zwischen Sender und Empfänger. Die AAL-3/4 ermöglicht sowohl die Realisierung von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als auch von Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen. Dieser Diensttyp ist für die Übertragung von Kommunikationsdiensten wie SMDS, Frame Relay und LAN-Emulation geeignet.
- Die **AAL 5** repräsentiert eine vereinfachte Variante des AAL-Typs 3/4. AAL 5 ist ebenfalls für die verbindungsorientierte und die nicht-verbindungsorientierte Übertragung von Datenpaketen ohne zeitliche Korrelation zwischen Sender und Empfänger geeignet.

Die AAL-Typ 5 wurde speziell für den Einsatz im Bereich lokaler Netze (Übertragung von IP-Paketen über das TCP/IP-Protokoll) entworfen und ermöglicht eine einfachere Bildung von ATM-Nutzzellen als die AAL 3/4.

Bei Diensten, deren Übertragungsmechanismen bereits auf Zellen basieren, werden die Funktionen der ATM-Anpassungsschicht nicht benötigt. Die AAL wird in diesem Fall nicht implementiert (AAL-Typ 0).

[Kyas96] [Bada95] [Zitt95] [Hein96] [Bois95]

Im Sinne der Aufgabenstellung wird die Übertragung von ATM-Diensten mit konstanter Bitrate und damit verbunden die ATM-Anpassungsschicht vom Typ 1 (AAL 1) eingehend betrachtet.

3.4.4 Übertragung von ATM-Diensten mit konstanter Bitrate

Dienste mit konstanter Bitrate (CBR) werden mittels der AAL 1 über ATM-Netze transportiert. Neben den Nutzdaten müssen in dieser Dienstkategorie Takt- und Strukturinformationen vom Sender zum Empfänger übertragen werden.

In Abbildung 3.17 ist der logische Aufbau einer ATM-Verbindung auf der Basis der AAL 1 zur Übertragung von Daten mit konstanter Bitrate nach dem B-ISDN-Schichtenmodell dargestellt.

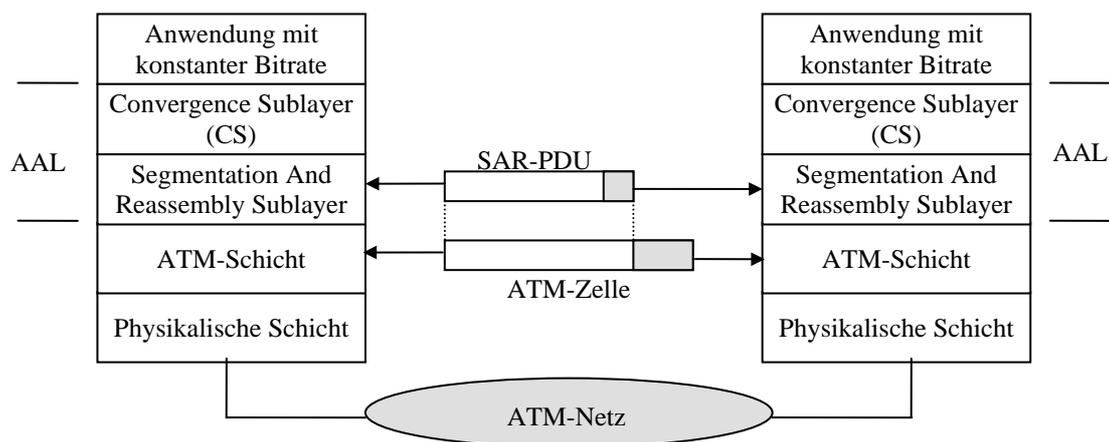


Abbildung 3.17: Logische Struktur zur CBR-Übertragung über AAL 1 [Bada97]

Die CBR-Anwendung stellt der **Convergence Sublayer (CS)** einen kontinuierlichen Informationsstrom zur Verarbeitung bereit. Die Aufgaben der Convergence Sublayer sind von den Eigenschaften der konkreten CBR-Anwendung abhängig. Wichtige Aufgaben der CS-Teilschicht sind:

- Einteilung des kontinuierlichen Bitstroms in 47-Byte-Blöcke auf der Sendeseite bzw. Wiederherstellung des kontinuierlichen Bitstroms und Gewinnung der Taktinformation auf der Empfangsseite
- Ausgleich der Verzögerungsschwankungen von Nutzzellen
- Behandlung von Ausnahmesituationen, in denen Nutzzellen entweder verlorengegangen oder nicht zum Informationsstrom gehörende Zellen hinzugefügt worden sind

Die **Segmentation and Reassembly Sublayer** (SAR) versieht auf der Sendeseite die von der Convergence Sublayer erhaltenen 47-Byte-Blöcke mit einem SAR-Header (1 Byte) und übergibt sie als SAR-Protokoll dateneinheiten (SAR-Protocol Data Unit, SAR-PDU) der ATM-Schicht. Auf der Empfangsseite übernimmt die SAR-Teilschicht die SAR-PDUs von der ATM-Schicht, analysiert den SAR-Header und gibt den 47-Byte-Nutzdatenblock an die CS-Teilschicht weiter.

Der SAR-PDU-Header besteht zur einen Hälfte aus der Sequence Number (SN) und zur anderen aus der Sequence Number Protection (SNP). Die Felder im SAR-PDU-Header haben folgende Bedeutung:

- CSI (Convergence Sublayer Information) gibt an, welches SAR-PDU-Format verwendet wird (CSI=0: Nicht-Zeiger-Format, CSI=1: Zeiger-Format); das CSI-Bit wird zur Taktgenerierung im Empfänger benutzt
- SC (Sequence Count) enthält die Sequenznummer der SAR-PDU nach dem Modulo-8-Verfahren
- CRC (Cyclic Redundancy Check) sichert die Übertragung des SN-Feldes (CSI, SC) mit dem Generatorpolynom $x^3 + x + 1$
- P (Parity Bit) prüft, ob das SN-Feld und die CRC-Bits fehlerlos übertragen wurden mittels eines Verfahrens mit gerader Parität

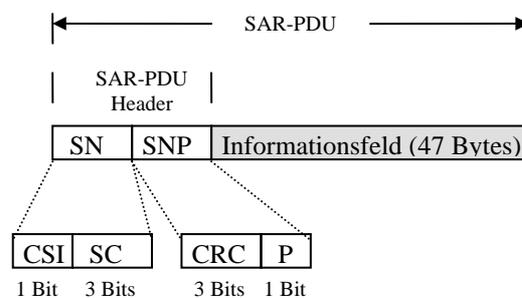


Abbildung 3.18: Struktur der SAR-PDU [Bada97]

Werden Dienste mit konstanter Bitrate im ATM-Netz übertragen, so unterscheidet man zwischen unstrukturierten und byteweise strukturierten Bitströmen. Bei der Übertragung von unstrukturierten Bitströmen kommt das Nicht-Zeiger-Format der SAR-PDU zur Anwendung, während der Transport von byteweise strukturierten Bitströmen das Zeiger-Format erfordert.

Beim Zeiger-Format ist das CSI-Bit auf 1 gesetzt und dem SAR-PDU-Header schließt sich ein Pointer der Länge 1 Byte an. Das Informationsfeld der SAR-PDU verkürzt sich dadurch auf 46 Bytes. Das Nicht-Zeiger-Format ist durch CSI=0 gekennzeichnet.

Die **Übertragung von byteweise strukturierten Bitströmen** ist dann erforderlich, wenn z.B. ISDN-Verbindungen über ein ATM-Netz nachgebildet werden sollen. Bei der Übertragung von strukturierten Bitströmen werden die SAR-PDUs paarweise interpretiert. Dadurch können Informationsfelder der Länge 93 Bytes (46+47) mittels zweier SAR-PDUs transportiert werden. Die jeweils erste SAR-PDU enthält den Zeiger und verfügt damit über lediglich 46 Bytes Raum für Nutzlast.

[Bada97]

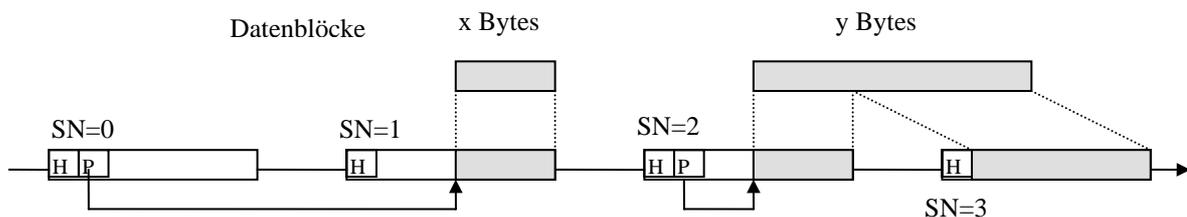


Abbildung 3.19: SAR-PDUs im Zeigerformat [Bada95]

Die **ATM-Schicht** transportiert die von der AAL empfangenen Daten an den Bestimmungsort. Auf dieser Schicht werden die ATM-Zellen in den logischen Hierarchien ATM-Kanäle und ATM-Pfade übertragen. Die ATM-Schicht übernimmt das Hinzufügen und Entfernen des Zellenkopfes an die Nutzdateneinheit, das Multiplexen und Demultiplexen einzelner Kanäle und Pfade, die Ausführung von Steuerungsfunktionen (GFC) und anderer Verwaltungsaufgaben (Überlastanzeige, Schichtenverwaltung). [Kyas96] [Pryc96] [Sieg96]

Die **physikalische Schicht** ist verantwortlich für die korrekte Übertragung der Bitfolge auf einem geeigneten Medium (Kupferkabel, Glasfaserkabel, Atmosphäre) und sichert dies durch Verfahren zur Leitungscodierung und Fehlerüberwachung ab. Weitere Aufgaben sind die Einbettung der Zellen der ATM-Schicht in die Übertragungsrahmen des jeweiligen Transportmediums, die Generierung und Auswertung der Kopffehlersicherung (HEC), die

Entkopplung der Zellenrate von der Übertragungsrate sowie die Zellsynchronisation. [Kyas96] [Pryc96]

3.4.5 Leitungsemulation über ein ATM-Netz

Eine Leitungsemulation (LE) in einem ATM-Netz stellt eine virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung dar, die eine physikalische Übertragungsleitung zwischen herkömmlichen Digitalschnittstellen ersetzt. Zwei derartige Schnittstellen werden mit Hilfe von Leitungsemulationsadaptern (LE-Adapter) über ein ATM-Netz verbunden (Abbildung 3.20).

Der LE-Adapter stellt logisch eine Internetworking-Komponente auf dem Niveau der physikalischen Schicht dar. Die Digitalschnittstelle wird innerhalb der Bitübertragungsschicht gesteuert. Seitens der ATM-Schnittstelle UNI sind neben der physikalischen Schicht (PHY) die ATM-Schicht (ATM) und die Anpassungsschicht vom Typ 1 (AAL 1) erforderlich. Auf der Sendeseite besteht die Leitungsemulationsfunktion (LE-F) darin, den von der Digitalschnittstelle kommenden Bitstrom an die AAL 1 weiterzugeben. Dort wird der Bitstrom in eine Folge von ATM-Zellen umgesetzt und über das ATM-Netz übertragen. Empfangsseitig übergibt die LE-Funktion den von der AAL 1 aus den ATM-Zellen zurückgewonnenen kontinuierlichen Bitstrom an die Digitalschnittstelle.

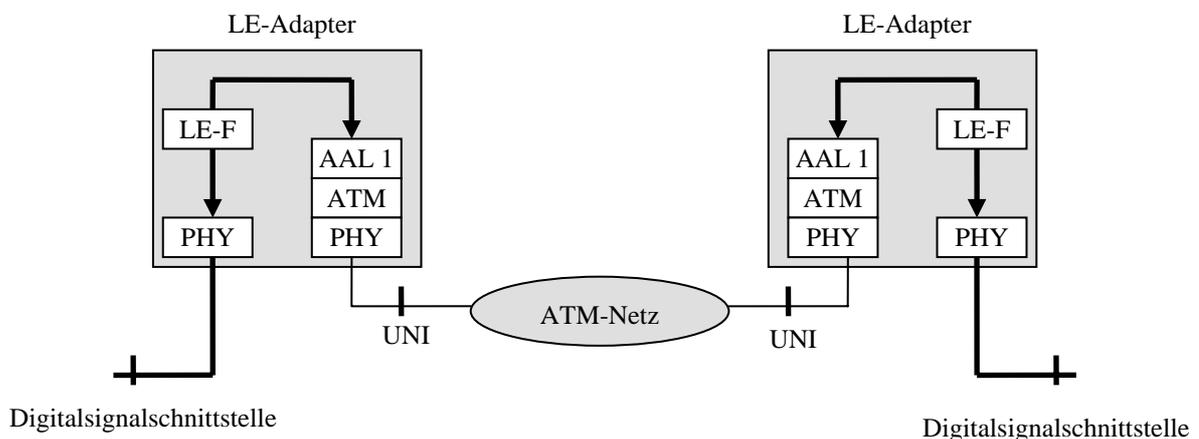


Abbildung 3.20: Leitungsemulation über ein ATM-Netz [Bada97]

In ATM-Netzen lassen sich die folgenden Digitalschnittstellen durch Leitungsemulation nachbilden:

n×8 kbit/s	1544 kbit/s (DS-1)	8448 kbit/s (E2)	44736 kbit/s (DS-3)
64 kbit/s	2048 kbit/s (E1)	32064 kbit/s	97728 kbit/s
n×64 kbit/s	6312 kbit/s (DS-2)	34368 kbit/s (E3)	139264 kbit/s (E4)

Die LE-Funktion des LE-Adapters auf der Empfangsseite hat neben der bereits erwähnten Funktion die Aufgabe, die Schwankungen der Zellenverzögerung (Jitter) innerhalb des ATM-Netzes auszugleichen. Dazu werden SAR-PDUs zwischengespeichert, so daß der zurückgewonnene kontinuierliche Bitstrom nach einer zusätzlichen Verzögerung am Ausgang anliegt. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß der Jitter ausgeglichen wird. Nachteilig wirkt sich jedoch die zusätzliche Verzögerung bei einer Sprachübertragung aus (diese Problematik wird im folgenden Abschnitt ausführlich betrachtet).

Das Abbilden eines vollständigen 2 Mbit/s-Systems (E1) auf eine virtuelle Kanalverbindung im ATM erhöht die Laufzeit nicht wesentlich (0,5 ms), da die zum Jitterausgleich notwendige Wartezeit durch die hohe Übertragungsgeschwindigkeit und die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit in den Netzknoten kompensiert wird. Im Verlauf der E1-Verbindung im ATM-Netz wird diese als Einheit behandelt. Ein Zugriff auf einzelne 64 kbit/s-Sprachkanäle im Verlauf der E1-Leitungsemulation im ATM-Netz ist nicht möglich. [Göld95]

Innerhalb eines ATM-Netzes kann ebenso ein einzelner 64 kbit/s-Kanal auf eine virtuelle Kanalverbindung abgebildet werden. Diese Variante erhöht die Flexibilität bei der Wegewahl im ATM-Netz. [Göld95]

Da die Leitungsemulation einer E1-Verbindung Gegenstand dieser Arbeit ist, wird dies in der Abbildung 3.21 detailliert dargestellt.

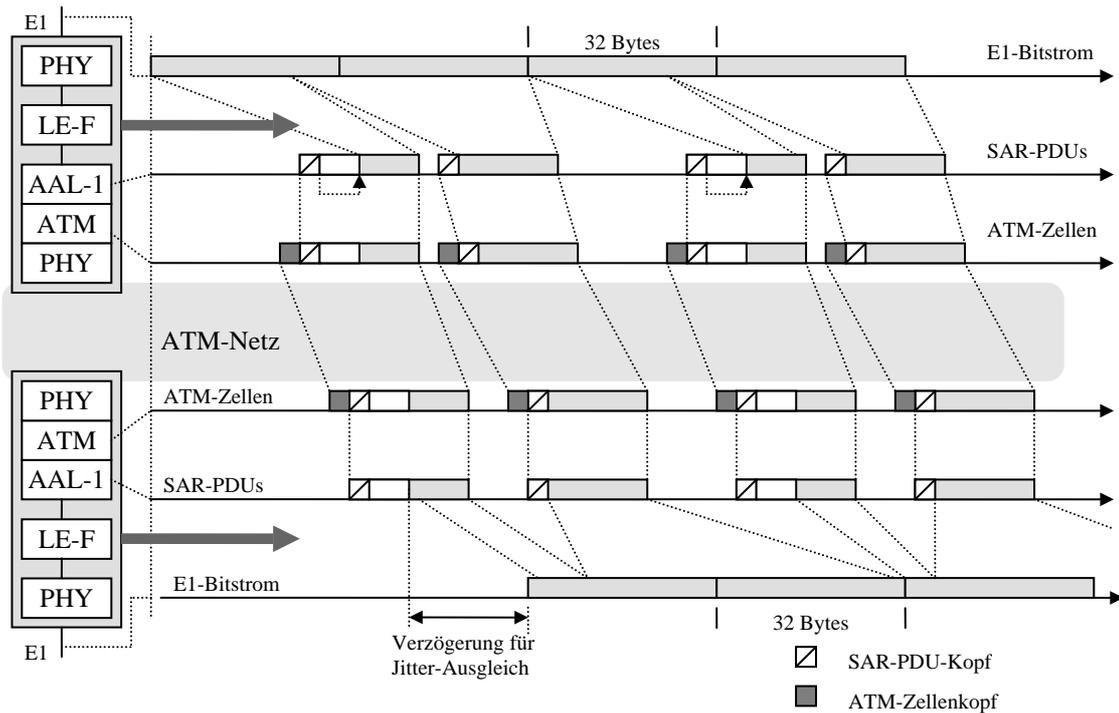


Abbildung 3.21: E1-Leitungsemulation über ein ATM-Netz [Bada97]

3.4.6 Sprachübertragung über ATM

Bei der Sprachübertragung über ATM-Netzwerke unterscheidet man zwei Fälle:

- Die klassische Sprachübertragung gehört zu den Echtzeitanwendungen. Dazu ist die Emulation einer 64 kbit/s-Verbindung über das ATM-Netzwerk erforderlich. Um eine verständliche Information nach der Querung des ATM-Netzes zu erhalten, müssen genormte Verzögerungszeiten eingehalten werden (s. Kapitel 5, Abschnitt 5.1).
- Zu den Nicht-Echtzeitanwendungen zählt der Austausch von Sprachdateien zwischen Voice-Mail-Systemen. Es werden keine besonderen Forderungen hinsichtlich der Verzögerung an das ATM-Netz gestellt.

Da die Echtzeit-Sprachübertragung Gegenstand dieser Arbeit ist und ihr gegenüber der Voice Mail eine weitaus größere Bedeutung zukommt, werden die damit zusammenhängenden Probleme – insbesondere die der Verzögerungszeiten und der Taktübertragung – nachfolgend besprochen, während auf die Übertragung von Sprachdateien nicht eingegangen wird.

In ATM-Netzen werden digitalisierte Sprachinformationen übertragen, die nach dem Prinzip der Pulse Code Modulation (PCM) aus den analogen Sprachsignalen gewonnen werden. Die Abtastfrequenz beträgt 8 kHz (Abtastung alle 125 μ s); die Codierung der Meßwerte erfolgt mit

8 Bit. Der resultierende Bitstrom pro Sprachkanal hat damit eine Bitrate von 64 kbit/s. Die Sprachübertragung in ATM-Netzen erfolgt auf der Grundlage des AAL-Typs 1 mit konstanter Bitrate (CBR)¹⁹. Der Sprachverbindung wird ein festgelegter Anteil der Bandbreite eines Pfades zur Verfügung gestellt, der während der Verbindung nicht verändert werden kann. Diese Bandbreite geht – unabhängig vom tatsächlichen Sprachverkehr – anderen Anwendungen verloren.

[Sieg93] [Kyas96] [Scha96] [Bada97] [Sieg97]

Verzögerungszeiten bei der Sprachübertragung über ATM

Die Ursache für die zusätzlichen Laufzeiten bei der Sprachübertragung in ATM-Netzen liegen im Paketieren/Depaketieren der PCM-Sprachkanäle. Ein Sprachkanal wird durch einen Bitstrom mit einer Geschwindigkeit von 64 kbit/s repräsentiert.

Bei der Umsetzung von PCM-Sprachkanälen in ATM-Zellen werden 47 aufeinanderfolgende Abtastwerte, die jeweils mit 8 Bits (= 1 Byte) codiert sind, in eine ATM-Zelle verpackt, um den Nutzlastbereich auszufüllen. Dieser Vorgang erfordert eine Zeit von mindestens $47 \times 125 \mu\text{s} = 5,875 \text{ ms}$. Auf der Empfangsseite müssen bei der Rückwandlung der ATM-Zellen bis zu 2 ms Laufzeitschwankungen im ATM-Netz kompensiert werden (Abbildung 3.22).

Durch das einmalige Umsetzen eines digitalen Sprachkanals in ATM-Zellen und zurück entsteht eine zusätzliche Laufzeit von rund 8 ms. Dazu kommen außerdem die physikalischen Laufzeiten auf der Übertragungsstrecke vom 5 ms/1000 km. [Bada97] [Göld95] [McDy94] [Händ95] [Wrig96]

¹⁹ Neuere Entwicklungen ermöglichen die Sprachübertragung über ATM-Netze mittels real-time-VBR.

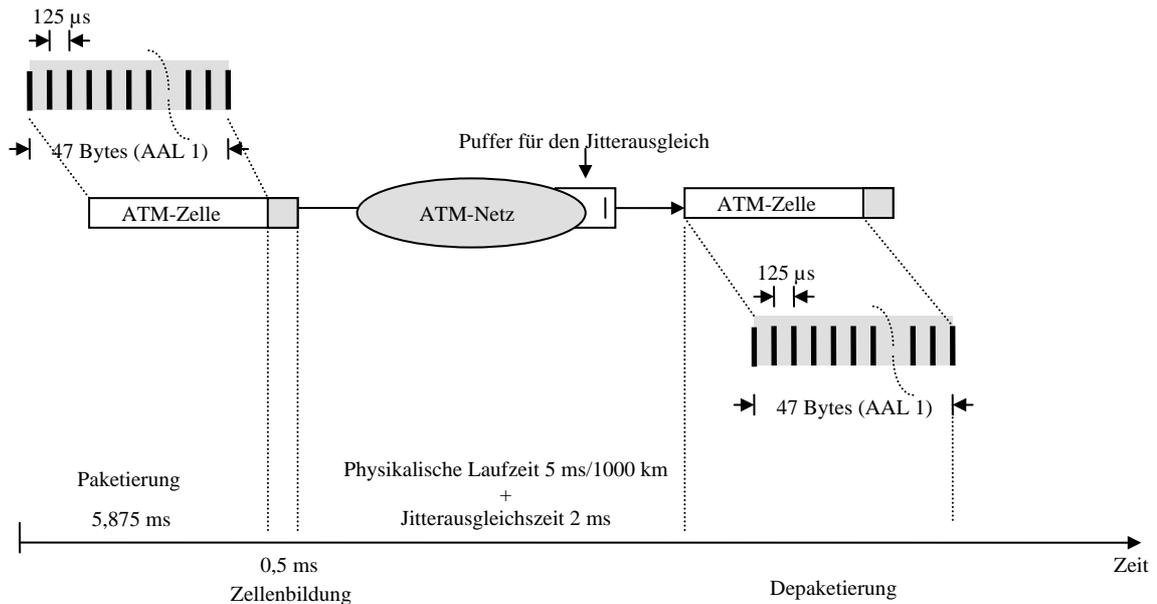


Abbildung 3.22: Entstehung der Verzögerungszeit bei STM-ATM-STM-Umsetzung [Göld95] [Bada97]

Eine mögliche Maßnahme, die Laufzeiten zu verkürzen, besteht darin, jede ATM-Zelle nur mit 32, 24, 16 oder 8 Bytes Sprachinformation zu füllen. Dies hätte eine Einsparung der Paketierzeit um die Faktoren 1,5, 2, 3 bzw. 6 zur Folge. Dadurch erhöht sich die Verkehrslast im Netz, da teilgefüllte Zellen entsprechend öfter auszusenden sind. Die Übertragungskapazität des Netzes wird nicht voll ausgenutzt; es müsste größer und kostspieliger dimensioniert werden, was nicht im Interesse des Anwenders ist. Aus den genannten Gründen stellt diese Variante keine geeignete Lösung für die Verkürzung der Verzögerungszeiten bei der Sprachübertragung im ATM dar. [Lutz94] [Göld95]

Die Übertragung eines gesamten Primärsystems mit 2 Mbit/s über ein ATM-Netz (E1-Emulation) fügt eine zusätzliche Laufzeit von lediglich 0,5 ms hinzu, welche größtenteils durch die gegenüber herkömmlichen Vermittlungseinrichtungen schnellere Verarbeitung in den ATM-Koppelementen ausgeglichen wird. Die zusätzliche Verzögerung ist wesentlich kleiner als bei der Umsetzung eines 64 kbit/s-Kanals, da bei einem 2 Mbit/s-Signal die codierten Abtastwerte in kürzeren Zeitabständen zur Paketierung in ATM-Zellen bereitstehen. [Lutz94] [Göld95]

Als weitere Möglichkeit zur Verringerung der Paketierzeiten wurde diskutiert, den Informationsteil der ATM-Zelle für Sprachübertragung auf 4 oder 8 Bytes zu verringern und diese Sprachzellen neben den standardisierten ATM-Zellen mit 48 Bytes Nutzlast im Netz zu übertragen. Da der Zellenkopf nicht beliebig verkürzt werden kann, würde eine ungünstige Relation zwischen Overhead und Nutzsignalinformationen entstehen. Durch die notwendige

Behandlung unterschiedlicher Zellängen in den Netzknoten würde deren Hardware wesentlich komplizierter werden. Aufgrund der schwerwiegenden Nachteile wurde dieser Vorschlag nicht weiter verfolgt. [Lutz94] [Göld95]

Nach CCITT-/ITU-T-Empfehlung G.131 werden Maßnahmen zur Echounterdrückung ab einer einfachen Ende-zu-Ende-Laufzeit von 25 ms empfohlen. Die Empfehlung G.114 akzeptiert bis zu 150 ms einfache Signallaufzeit für ein Telefongespräch, wenn das Echo durch einen Echokompensator kontrolliert wird. Höhere Laufzeiten führen zu Problemen bei der Sprachübertragung bis hin zur Silbenunverständlichkeit. Tabelle 3.6 zeigt eine Zusammenstellung von charakteristischen Verzögerungszeiten verschiedener Übertragungssysteme, um eine Einordnung der diskutierten Laufzeiten in ATM-Netzen zu ermöglichen.

System	Einfache Verzögerung
Digitalvermittlungsstelle zwischen 2-Mbit/s-Schnittstellen	0,450 ms
Digitalvermittlungsstelle zwischen Analogschnittstellen	1,5 ms
PCM-System (PCM 30)	0,75 ms
DECT-Endgerät	10 ms
GSM-Mobiltelefon	90 ms
Video-Codec MPEG II	150 ms

Da eine Sprachübertragung lediglich bis zu einer Laufzeit von 25 ms ohne Echounterdrückungsmaßnahmen durchgeführt wird, darf in einer Sprachverbindung die Umsetzung in ATM-Zellen und die zugehörige Depaketierung nur in begrenzter Anzahl erfolgen, um den Einsatz kostenintensiver Echokompensatoren zu vermeiden.

Untersuchungen haben ergeben, daß während einer Sprachverbindung etwa 40% bis 50% der Dauer aus Sprechpausen bestehen, in denen kein Signal übertragen werden muß. Hier besteht die Möglichkeit, mit Hilfe von intelligenten ATM-Übertragungsmechanismen Bandbreite einzusparen, um sie anderen, bandbreitenintensiven Diensten, zur Verfügung stellen zu können. Wird außerdem mit einer Sprachkompression von 50% gearbeitet, sind pro 64-kbit/s-Kanal 16 kbit/s reale Übertragungsbandbreite erforderlich. Unter diesen Voraussetzungen

können über eine 155-Mbit/s-ATM-Verbindungen gleichzeitig 9720²⁰ Telefongespräche übertragen werden. [Clar96]

Taktrückgewinnung beim Empfänger

Die Rückgewinnung des sendeseitigen Diensttaktes im Empfänger spielt für die korrekte Rekonstruktion der gesendeten Sprachinformation eine große Rolle. Um die Sprachqualität zu sichern, muß auf der Empfangsseite ein zeitlich sehr gleichmäßiger Informationsstrom erzeugt werden. Wird der Sendetakt im Empfänger nicht exakt ermittelt, so entsteht Jitter, der die Signalrekonstruktion erschwert und bei großen Taktschwankungen die Verständlichkeit der rekonstruierten Sprache entscheidend stört.

Zur Taktrekonstruktion in ATM-Netzen werden die folgenden Verfahren verwendet:

- Beim Verfahren des **Synchronous Residual Time Stamp** (SRTS) mißt der Sender die Differenz zwischen dem lokalen Diensttakt (z.B. des Sprachsignals) und dem Netztakt. Diese Differenz wird in codierter Form als Residual Time Stamp (RTS) zum Empfänger übertragen. Der Empfänger erzeugt aus dem Netztakt und dem RTS die Synchronisationsinformationen für die lokale Taktgenerierung auf der Empfangsseite. Die RTS-Informationen haben eine Länge von 4 Bit und werden seriell (1.,3.,5. und 7. Bit) im CSI-Bit des SAR-PDU-Headers übertragen (s. Abschnitt 3.4.4). Die Abbildung 3.23 illustriert das SRTS-Verfahren.

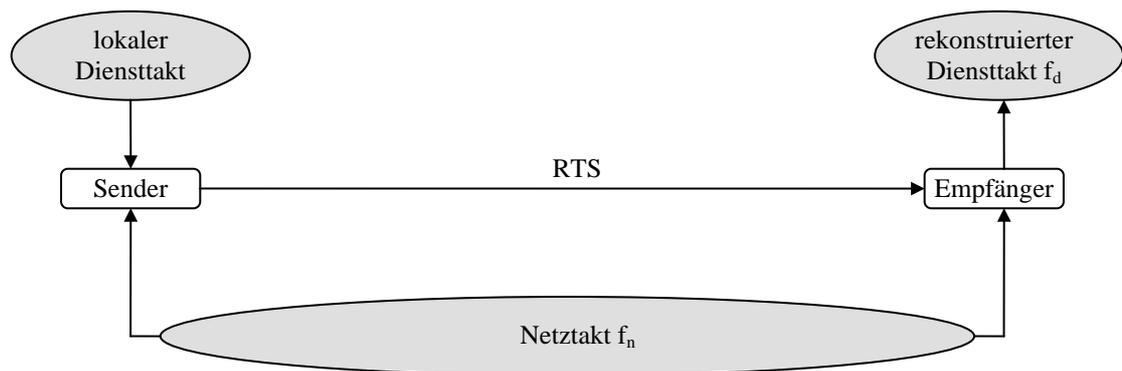


Abbildung 3.23: Taktrückgewinnung nach SRTS [Sieg97]

²⁰ $\frac{155520 \text{ kbit} / \text{s}}{16 \text{ kbit} / \text{s}} = 9720$

- Bei der Methode der **Adaptiven Taktung** werden die Nutzinformationen mit dem Netztakt in einen FIFO-Speicher geschrieben. Abhängig von der Tendenz des Füllgrades des Speichers²¹ wird der empfängerseitige Takt ermittelt und korrigiert. Die technische Realisierung der adaptiven Taktrückgewinnung erfolgt auf einer der PLL ähnlichen Schaltung. Der Füllgrad des Speichers kann zur Steuerung des lokalen Taktes herangezogen werden. Eine ausführliche Beschreibung der Taktrückgewinnung nach der adaptiven Methode sowie mittels SRTS wird in [Maso96] gegeben.
- Das Verfahren der **Synchronen Taktverteilung** basiert auf der Übertragung von Synchroninformationen im Nutzinformationsfeld im ATM-Netz. Dadurch wird Übertragungskapazität des Nutzdatenteils der ATM-Zellen eingeschränkt. Es steht an allen Punkten des ATM-Netzwerkes die Taktinformation ein- und derselben externen Taktquelle (z.B. öffentliches Netz) zur Verfügung. Diese Methode unterstützt sowohl unstrukturierte als auch strukturierte Leitungsemulationsanwendungen. Sie bietet gegenüber den beiden anderen Verfahren der Taktübertragung die größte Stabilität des Taktes gegenüber Jitter.

Tabelle 3.7: Charakteristik der Taktverteilungsbetriebsarten [www.cis]

Betriebsart	Vorteile	Grenzen
Synchrone Taktung	Unterstützung von strukturiertem und unstrukturiertem CBR-Verkehr. Beste Jittercharakteristik.	Erfordert Unterstützung der Netzwerktahtsynchronisation.
SRTS	Transport eines externen Taktsignals durch das ATM-Netz. Stellt unabhängige Taktsignale für jede CES-Verbindung bereit.	Erfordert Unterstützung der Netzwerktahtsynchronisation. Unterstützt lediglich unstrukturierten CBR-Verkehr. Mittlere Jittercharakteristik.
Adaptive Taktung	Erfordert keine Unterstützung der Netzwerktahtsynchronisation.	Unterstützt lediglich unstrukturierten CBR-Verkehr. Schlechteste Jittercharakteristik.

[Sieg97] [Wrig96] [www.cis]

²¹ Füllt sich der FIFO-Speicher immer mehr, erhöht sich der empfangsseitige Takt; leert sich der Speicher hingegen, wird die Taktfrequenz niedriger. [Maso96]

3.4.7 Anwendung von ATM in Corporate Networks

Der Asynchronous Transfer Mode bietet interessante Möglichkeiten, um virtuelle private Netze einzurichten und zu betreiben. Es stehen hohe Bandbreiten für die Datenübertragung zur Verfügung. Die ATM-Technik erlaubt die Sprachübertragung und damit den Aufbau von Corporate Networks mit Sprach-Daten-Integration. Über ein einziges Netz können unterschiedliche Dienste und Verkehrstypen wie Frame Relay, X.25, SMDS, Sprache, ISDN, IP realisiert werden (Abbildung 3.24).

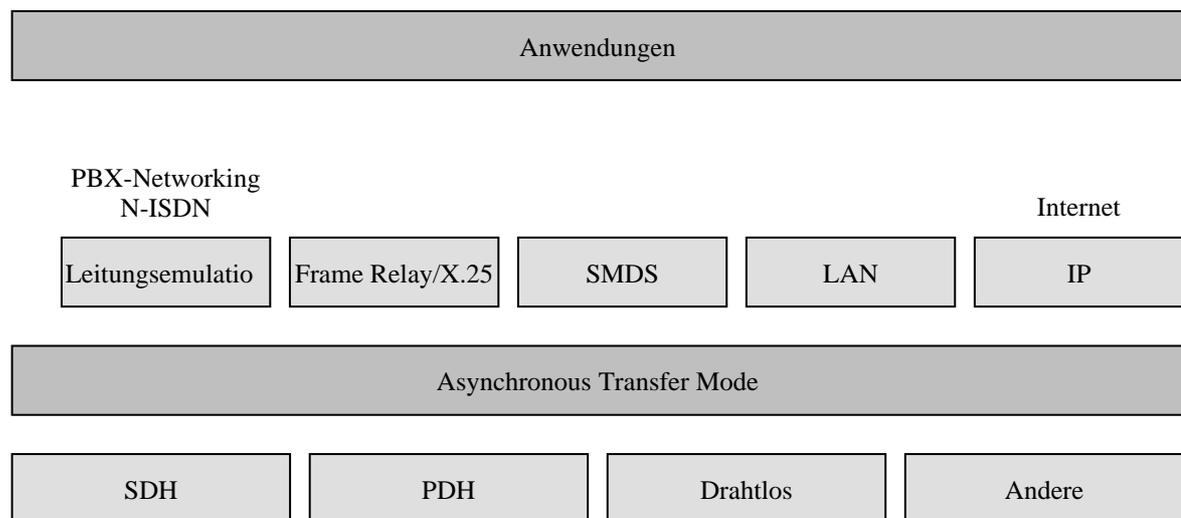


Abbildung 3.24: Verkehrstypen im ATM-Netz [Ramb97]

Durch die Möglichkeit der Integration von TK- und Datenübertragungsdiensten in einem ATM-Netzwerk kann die traditionelle Übertragung verschiedener Dienste (Daten, Sprache) über jeweils eigene Netze (X.25, Fernsprechnet) aufgehoben und durch ein einziges Netz realisiert werden. Dies bringt wirtschaftliche Vorteile mit sich, da nur ein einziges Netz betrieben und gewartet werden muß. [Ramb97]

Der Asynchronous Transfer Mode stellt die technologisch am besten für die Bildung von Corporate Networks geeignete Netztechnik dar. Ein Nachteil ist derzeit darin zu sehen, daß ATM-Netzkomponenten gegenüber denen anderer Netztechnologien einen höheren finanziellen Aufwand in der Anschaffung erfordern.

3.5 Synchrone Digitale Hierarchie

Die Synchrone Digitale Hierarchie (SDH) löst im Lauf der Entwicklung der digitalen Übertragungshierarchien die Plesiochrone Digitale Hierarchie (PDH) ab, da bei der

plesiochronen Hierarchie zueinander inkompatible Schnittstellen sowie unterschiedliche Systeme in Europa, Nordamerika und Japan eine weltweite Weiterentwicklung dieser Technologie verhinderten. Die Synchron Digital Hierarchy entwickelte sich aus der amerikanischen Technik des Synchronous Optical Network (SONET). Erstmals wurde die SDH im Jahre 1988 vom CCITT standardisiert. Seitdem wird die Standardisierung in den dafür vorgesehenen Sitzungsperioden des ITU-T fortgesetzt. Anfang der 90er Jahre wurden erste Pilotversuche mit SDH-Geräten und -Übertragungsstrecken vorgenommen. Daran schloß sich eine Phase des Einsatzes der SDH-Technik in Weitverkehrsnetzen an. Im Weitverkehrsbereich wird die Synchron Digital Hierarchy derzeit und zukünftig aufgrund ihrer hohen Übertragungskapazität und der weltweiten Akzeptanz wirtschaftlich eingesetzt. Zunehmend kommt SDH-Technik derzeit in privaten Unternehmensnetzen zur Anwendung.

Der Hauptvorteil der Synchron Digital Hierarchy gegenüber den PDH-Strukturen liegt in der Verwendung eines transparenten Multiplexverfahrens. Es kann ein 2 Mbit/s-Primärsystem direkt aus der höchsten SDH-Multiplexhierarchiestufe (derzeit 10 Gbit/s) entkoppelt werden (und umgekehrt). Dieses Verfahren innerhalb von SDH-Netzwerken wird Ein-Stufen-Multiplexing genannt. Die SDH erlaubt den Zugriff auf den breitbandigen Signalstrom über ein rechnergestütztes Koppelnetz, um niederrätige Signale in den Signalfluß einzukoppeln oder aus ihm zu entnehmen, ohne die gesamte Multiplexhierarchie durchlaufen zu müssen (Add-/Drop-Funktion). Die Overhead-Struktur der SDH-Übertragungsrahmen wurde so ausgelegt, daß moderne, hochautomatisierte Vermittlungsanlagen sowie Netzwerkmanagementsysteme (Q3-Schnittstelle zum TMN) unterstützt werden. Overhead-Informationen ermöglichen die Realisierung von automatischen Ersatzschaltungen über vorgesehene Backup-Pfade. Alle Stufen der PDH-Multiplexhierarchie können über SDH-Netze betrieben werden, was einen kontinuierlichen Übergang von PDH zu SDH ermöglicht. Dies ist im Zuge der Netzevolution ein sehr wichtiger Aspekt bei der Einführung der Synchron Digital Hierarchy.

[Kyas96] [Froh94] [Sohl] [Sieg95] [Siem90]

3.5.1 Übertragung von ATM-Zellen über SDH-Netzwerke

Bei der Erarbeitung der Multiplexstruktur der SDH durch das CCITT fanden die bereits bestehenden plesiochronen Hierarchien des amerikanisch-japanischen Wirtschaftsraumes und Europas sowie die geleisteten Vorarbeiten für das amerikanische SONET Berücksichtigung. Die europäische Standardisierungsorganisation ETSI spezifizierte eine an die CCITT-/ ITU-

T-Empfehlung G.709 angelehnte Multiplexstruktur. Diese unterstützt nicht alle nach CCITT /ITU-T möglichen Übergänge und ist speziell auf europäische Bedürfnisse ausgerichtet. Abbildung 3.25 zeigt die SDH-Multiplexstruktur nach CCITT/ITU-T.

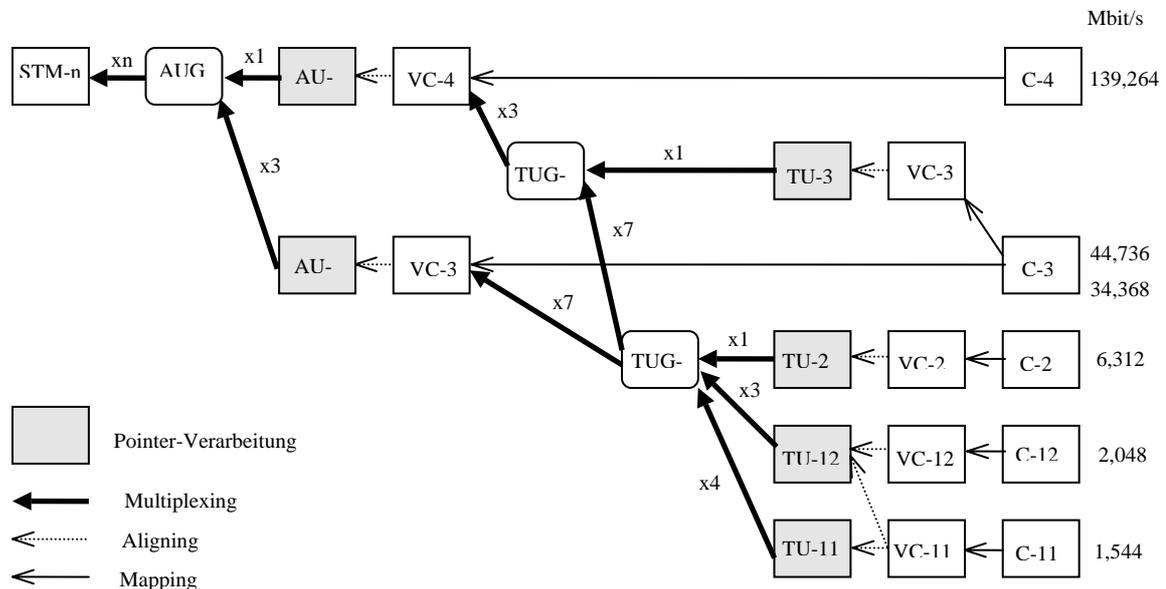


Abbildung 3.25: SDH-Multiplexstruktur nach CCITT-Empfehlung G.709 [Sohl] [Ehrl88] [Kyas96] [Herr97]

In der ITU-T-Empfehlung I.432 ist die Übertragung von ATM-Zellen über SDH-Netzwerke festgelegt. Der Strom der ATM-Zellen wird bytesynchron in C-4 bzw. VC-4 verpackt und durchläuft dann den Multiplexvorgang bis zum STM-1. Da die C-4-Nutzlast von 2340 Bytes kein ganzzahliges Vielfaches von 53 Bytes ist, besteht die Möglichkeit, daß eine ATM-Zelle auf zwei Container aufgeteilt wird. Um die Synchronisation der Empfangsstation auf die einzelne Zelle sicherzustellen, wird der Nutzdatenbereich einer ATM-Zelle vor der Übertragung mittels des Self-Synchronizing-Scramblers (Generatorpolynom $x^{43} + 1$) verschlüsselt. Unter Benutzung des HEC-Synchronisationsverfahrens ist das Erkennen des Zellenanfangs möglich. Unterschreitet die Zellen-Übertragungsrate die Nutzdatenbandbreite des VC-4, werden Leerzellen eingefügt; bei Überschreitung der verfügbaren Bandbreite werden Zellen verworfen. Auf diese Weise wird eine Synchronität zwischen den Bitraten des ATM-Zellstromes und des SDH-Containers erreicht. Neben der Übertragung mittels VC-4 ist der Transport von ATM-Zellen im VC-4c spezifiziert. [Kyas96] [Kief96]

Der Transport eines E1-Signals über ein SDH-Netzwerk erfolgt mittels des Containers C-12 (s. Abbildung 3.25). Das erforderliche Mapping kann asynchron, bytesynchron oder bitsynchron [Kief97] erfolgen. [Kyas96]

3.5.2 Überwachungsfunktionen in SDH-Netzwerken

In der Struktur der Synchronen Digitalen Hierarchie sind Funktionen enthalten, die eine ständige Überwachung des jeweiligen Netzzustandes ermöglichen.

Durch die Zuordnung einzelner Bits der POH bzw. SOH zu bestimmten Übertragungsabschnitten wird die Möglichkeit der Fehlerlokalisierung auf verschiedenen Ebenen geschaffen.

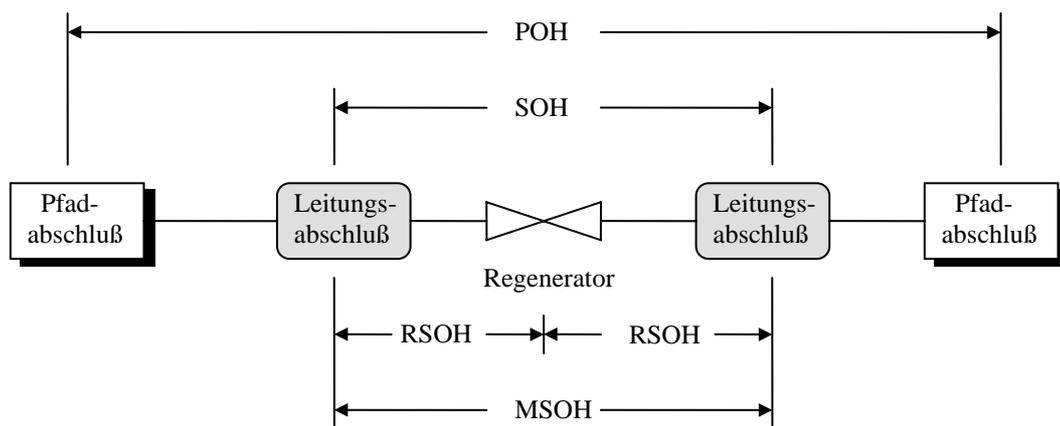


Abbildung 3.26: Überwachungsabschnitte eines SDH-Pfades [Able92] [Siem94]

Die Abbildung 3.26 zeigt die zwei unterschiedlichen Arten von Überwachungsabschnitten und dazugehöriger Overheads in der SDH:

- Der Path Overhead (POH) wird den Nutzdaten am Pfadanzfang hinzugefügt und am Pfadende von diesen entfernt. Er wird mit den Informationsdaten über den gesamten Pfad des Netzwerkes übertragen. Der POH ermöglicht dadurch eine Ende-Ende-Überwachung einer Telekommunikationsverbindung. Diese Eigenschaft ist erstmalig in der Synchronen Digitalen Hierarchie in einem Übertragungsnetz standardisiert. Der POH wird durch das Netzwerk zur Steuerung und Überwachung des gesamten Übertragungspfad herangezogen.
- Der Section Overhead (SOH) wird dem Übertragungssignal auf der Ebene des STM beigefügt. Er wird zur Überwachung und Steuerung einer individuellen Kabel- oder Funkübertragungsstrecke mit ihren Regeneratoren genutzt. Aus mehreren solcher Teilübertragungsstrecken setzt sich der gesamte Übertragungspfad zusammen. Der SOH gliedert sich in den Regenerator Section Overhead (RSOH), welcher durch Regeneratoren und Multiplexer ausgewertet und verändert werden kann, und Multiplexer Section Overhead (MSOH), auf den nur Multiplexer in der Verbindung zugreifen können.

Diese SDH-interne Fehlerüberwachung stellt die Basis für ein effizientes Netzmanagement dar. Aufbereitete Alarm- und Zustandsmeldungen werden zu den Q-Schnittstellen übermittelt, auf die das übergeordnete Netzmanagementsystem TMN zugreift. [Sohl] [Herr97]

Die Synchron Digital Hierarchy wird in [Sext92], [Kyas96], [Kief97] und [Lan97/1] ausführlich beschrieben.

3.5.3 Anwendung von SDH-Systemen in Corporate Networks

Die Technik der Synchronen Digitalen Hierarchie kann in Corporate Networks als Transportnetz für aufgesetzte Technologien (Frame Relay, ATM) genutzt werden. Es werden in Großstädten und Ballungsgebieten derzeit sogenannte City-Netze auf Basis der SDH zur Nutzung durch Unternehmen bereitgestellt. Diese City-Netze bestehen aus doppelt ausgelegten Glasfaserringen mit einem System von Add-/Drop-Multiplexern (ADM). Einzelne Standorte bündeln eigene Bitströme mit Hilfe von Terminalmultiplexern und koppeln sie mittels der ADM in den SDH-Backbone ein (Abbildung 3.27). Auf diese Weise können TK-Anlagen, LANs, ATM- und Frame-Relay-Netze getrennter Standorte eines Unternehmens miteinander verbunden werden.

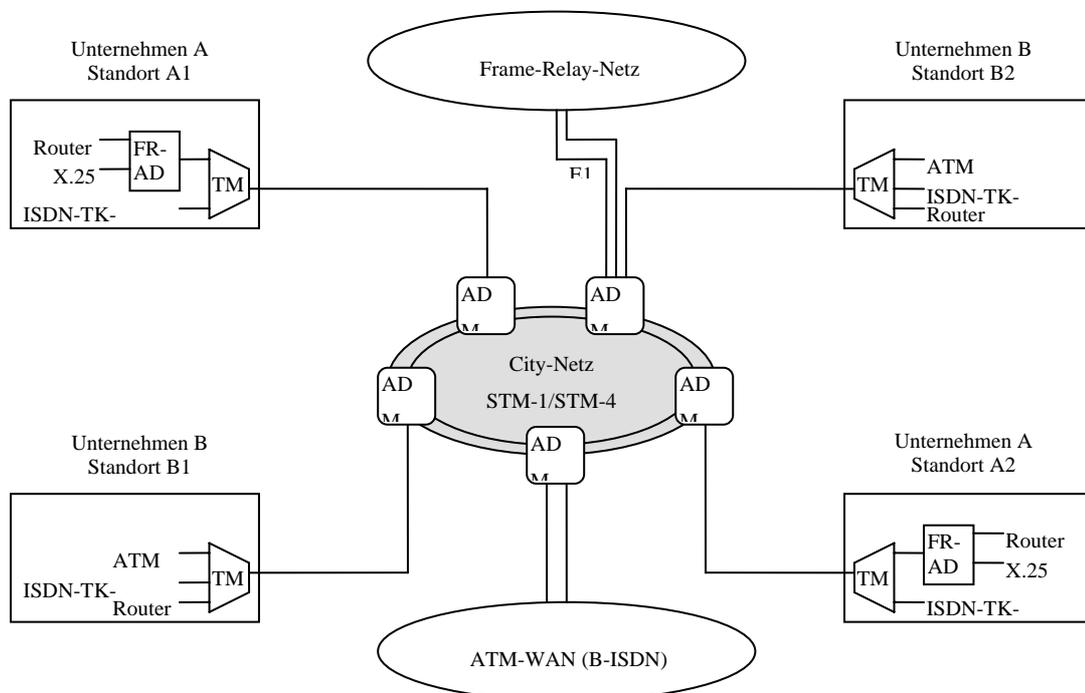


Abbildung 3.27: SDH-basiertes City-Netz [Bada97]

SDH-Netze unterstützen aufgrund der synchronen Taktung die Sprachübertragung ebenso wie den Transport von Daten und Videoinformationen. Die Synchron Digital Hierarchy verfügt

über hohe Übertragungsbiraten, die flexibel den Anwendungen zugeteilt werden können. Die Technologie der SDH ist strukturell und prinzipiell einfach konzipiert, so daß sie im Hinblick auf an zukünftigen Bedürfnissen orientierten höheren Biraten erweitert werden kann. Da die Technik der SDH-Knoten sehr komplex und aufwendig ist, ist es für Unternehmen und Institutionen kleiner und mittlerer Größe nicht wirtschaftlich, eigene SDH-Netze zu betreiben. In diesen Fällen ist eine Nutzung öffentlicher SDH-Netze zur Bildung von Corporate Networks zu empfehlen.

Die Synchroner Digitale Hierarchie wird die digitale Übertragungstechnik im Weitverkehrsbereich mittel- bis langfristig dominieren. Bei der Bildung von Corporate Networks ist sie als Transporttechnik dann geeignet, wenn hohe Biraten zuverlässig übertragen werden sollen. Hinsichtlich der Sprach-Daten-Integration existieren keine Einschränkungen

3.6 Andere Verfahren zur Bildung von virtuellen privaten Netzen

In der unternehmensinternen Vernetzung kommen neben den besprochenen Hochgeschwindigkeitsnetzen herkömmliche Technologien mit niedrigeren Biraten zur Anwendung. Sie haben derzeit einen nicht zu unterschätzenden Anteil in Firmennetzen und werden deshalb vorgestellt.

3.6.1 X.25

Das Protokoll X.25 beschreibt eine paketvermittelte, verbindungsorientierte Datenübertragung. X.25-Netze bestehen aus Vermittlungsknoten (Datenübertragungseinrichtungen, DÜE) und Datenendeinrichtungen (DEE). Das Protokoll X.25 beschreibt den Datenaustausch zwischen DEE und DÜE auf den Schichten 1 bis 3 des ISO/OSI-Referenzmodells. Die X.25-Technologie weist ausgeprägte Verfahren der Fehlersicherung und Flußkontrolle auf, da sie in einer Zeit entwickelt wurde, als aufgrund der mangelhaften Leitungsqualität die Überprüfung der fehlerfreien Übertragung von Daten eine größere Bedeutung hatte als die Übertragungsgeschwindigkeit. Typische Anschlußgeschwindigkeiten von X.25-Endeinrichtungen liegen im Bereich zwischen 2,4 kbit/s und 48 kbit/s. [Geor96] [Loch97] [Sieg96]

An der X.25-Technik sind die drei unteren ISO/OSI-Schichten beteiligt:

- Die **Schicht 1** übernimmt die physikalische Bitübertragung. Zu diesem Zweck wurde die Verwendung der Schnittstelle X.21 festgelegt. Die Übertragung erfolgt bittransparent, seriell und bitsynchron.
- Die **Schicht 2** beschreibt das Steuerungsverfahren zur Übertragung von Datenblöcken zwischen Endeinrichtung und Vermittlungseinrichtung bzw. zwischen zwei Vermittlungseinrichtungen. Die Datenübermittlungssteuerung wird mittels der HDLC-Prozedur (LAPB) realisiert. Die Schicht 2 übernimmt den Auf- und Abbau der Verbindungen zwischen DEE und Netzknoten und zwischen den Netzknoten, die Sicherung der Datenübertragung auf dem Übertragungsabschnitt durch Bildung von Rahmen mit Überwachungsfunktionen (HDLC-Rahmen), die Synchronisation des Übertragungsabschnittes und die Flußsteuerung (Quittierung) sowie die Fehlermeldung an die Schicht 3.
- Die **Schicht 3** wird als Paketschicht bezeichnet. Sie ist für die Bereitstellung aller Meldungen zuständig, die für den Verbindungsaufbau zum fernen Teilnehmer erforderlich sind. Die Paketschicht realisiert den Auf- und Abbau der gewählten virtuellen Verbindungen zwischen zwei Endstellen, fügt Daten von höheren Schichten in das Datenfeld des HDLC-Rahmens ein, übernimmt das Multiplexen mehrerer logischer Kanäle auf einem Übertragungsabschnitt und gestaltet die Fehlerkontrolle und Flußsteuerung.

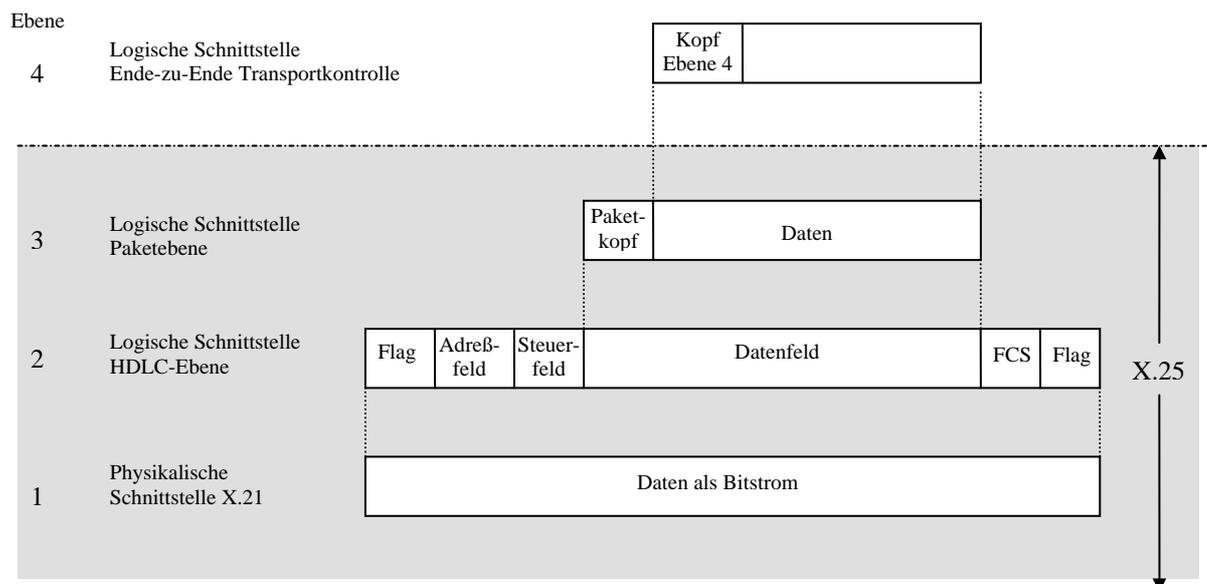


Abbildung 3.28: Protokollebenen im X.25 [Sieg96] [Loch97]

Das Zusammenwirken dieser drei Schichten ergibt eine zweistufige Fehlerkontrolle im X.25-Netz. Die Pakete der dritten Schicht (X.25-Pakete) werden in HDLC-Rahmen eingebettet und auf der Schicht 1 als Bitfolge auf einem Übertragungsabschnitt (von Endsystem zum X.25-Knoten bzw. zwischen zwei Netzknoten) transportiert. Auf jedem Teilabschnitt wird eine Fehlerkontrolle durch einen Quittungsmechanismus auf der Schicht 2 für die HDLC-Rahmen realisiert. Als fehlerhaft erkannte Rahmen werden wiederholt gesendet. Auf der Schicht 3 existiert eine Fehlerüberwachung auf Quittierungsbasis für die virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindung. Durch den Quittierungsmechanismus läßt sich eine Flußkontrolle durchführen, die mit Hilfe einstellbarer Fenster an die Bedürfnisse des Anwenders angepaßt werden kann. Diese ausgefeilten Fehlerkontrolltechniken ermöglichen dem X.25-Protokoll einen sicheren Datentransport über Übertragungsmedien geringerer Qualität, verhindern jedoch gleichzeitig den Einsatz der X.25-Technologie in Hochgeschwindigkeitsnetzen.

[Loch97] [Sieg96] [Bada97] [DTAG95] [Floo97]

Die X.25-Technologie nutzt virtuelle Verbindungen zwischen zwei miteinander kommunizierenden Endstellen, welche sowohl permanent (PVC) als auch gewählt (SVC) angelegt sein können. Auf den Abschnitten zwischen den Endstellen und den Netzknoten sowie zwischen den Netzknoten werden logische Kanäle genutzt, in die die virtuellen Ende-zu-Ende-Verbindungen aufgeteilt werden. Das Konzept der logischen Kanäle erlaubt eine flexible Wegewahl für eine virtuelle Verbindung in Abhängigkeit von der Verkehrsauslastung des X.25-Netzes.

Eine ausführliche Darstellung der Technologie des X.25 wird in [Bada97], [Loch97] und [Sieg96] gegeben.

Die Technologie des X.25 wird im öffentlichen Datex-P-Netz und in privaten Datennetzen zur Verbindung geographisch getrennter Standorte verwendet. Sie eignet sich für die sichere Datenübertragung mit niedrigen Bitraten. Eine Sprachübertragung läßt X.25 nicht zu. Aus diesem Grund kann diese Technik nicht für die Bildung von Corporate Networks mit Sprach-Daten-Integration genutzt werden. Ein Ausbau des X.25-Systems zur Sprachübertragung hin – wie es bei Frame Relay erarbeitet wurde – ist aufgrund der für heutige, bandbreitenintensive Anwendungen zu geringen Übertragungsgeschwindigkeit nicht vorgesehen.

3.6.2 ISDN

Das ISDN (Integrated Services Digital Network) ist ein digitales Telekommunikationsnetz, das auf der Grundlage der Leitungsvermittlung bittransparent arbeitet. Es erlaubt die Übertragung von Sprache und Daten sowie von Stand- und Bewegtbildinformationen. Die Standardisierung wurde durch das CCITT 1988 in den Empfehlungen der I-Serie vorgenommen. In Deutschland existieren derzeit zwei zueinander inkompatible D-Kanal-Signalisierungsprotokolle: Das nationale System 1TR6 (genormt durch das FTZ) und das europäische Pendant DSS1 (standardisiert durch ETSI). Zukünftig wird vollständig auf DSS1 umgestellt. Neuentwicklungen auf Basis des nationalen Protokolls werden nicht mehr vorangetrieben.

Das ISDN bietet zwei Anschlußmöglichkeiten mit unterschiedlichen Bitraten an:

- Der Basisanschluß verfügt über zwei B-Kanäle (64 kbit/s) und einen D-Kanal (16 kbit/s). Durch Zusammenfassung der Kapazitäten kann eine maximale Übertragungsgeschwindigkeit von 144 kbit/s erzielt werden. Diese Art des Anschlusses eignet sich für private Anwender, die keine sehr hohen Bitraten für ihre Anwendungen benötigen.
- Der Primärmultiplexanschluß stellt 30 B-Kanäle (64 kbit/s) und einen D-Kanal (64 kbit/s) bereit. Diese Konstellation ergibt eine nutzbare Nettobitrate der B-Kanäle von 1920 kbit/s und den zugehörigen D-Kanal. Zusammen mit dem Synchronisationskanal wird ein 2-Mbit/s-Rahmen gebildet. Der Primärmultiplexanschluß wird zur Verbindung von ISDN-TK-Anlagen untereinander und mit dem öffentlichen ISDN verwendet.

Die zwei vorgestellten Anschlußarten bieten für eine Vielzahl von Anwendern ausreichende Übertragungsmöglichkeiten, zeigen aber gleichzeitig den Nachteil des ISDN auf: Für Bitraten, die zwischen 144 kbit/s und 2 Mbit/s sowie oberhalb von 2 Mbit/s liegen, bietet das ISDN keine Unterstützung.

Die Technik des ISDN eignet sich für die Vernetzung von ISDN-TK-Anlagen auf der Grundlage der Primärmultiplexschnittstelle S_{2M} (bei Verkehr mit geringeren Bandbreitanforderungen wird S_0 ebenfalls für die Vernetzung von TK-Anlagen verwendet). Auf diese Art und Weise entstandene Corporate Networks erlauben sowohl die Sprach- als auch die Datenübertragung. Fällt eine Festverbindung zwischen zwei TK-Anlagen aus, kann ein Ersatzweg über das öffentliche ISDN mit der gleichen Übertragungskapazität geschaltet werden. Das ISDN bietet Schnittstellen zum X.25-Netz. Für den Aufbau von Corporate

Networks ist das ISDN dann geeignet, wenn Übertragungsgeschwindigkeiten nicht über 2 Mbit/s benötigt werden.

[Loch97] [Bada97] [Sieg96] [Bock96] [Froi97] [Kahl92]

Eine ausführliche Beschreibung der ISDN-Technik wird in [Kanb91], [Kahl92], [Bock96], [Loch97], [Bada97] und [Sieg96] gegeben.

3.6.3 Festverbindungen (Leased Lines)

Festverbindungen (Leased Lines, LL) sind fest geschaltete Verbindungen mit festgelegten Übertragungseigenschaften zwischen zwei oder mehreren geographisch getrennten Datenendeinrichtungen bzw. Unternehmensteilnetzen. Diese Art der Bildung von virtuellen privaten Netzwerken ist für Anwender von Interesse, die in kurzen Zeitabständen große Datenvolumina transportieren. Die gesamte Bandbreite der DDV steht dem Nutzer ständig zur Verfügung; sie kann frei zwischen Sprach- und Datenübertragung aufgeteilt werden.

Verbindungen zu anderen Netzen sind nicht möglich. Dadurch verfügt eine DDV über eine sehr große Sicherheit gegenüber unberechtigten Zugriffen. Datendirektverbindungen können sowohl über feste Standleitungen als auch über permanente Kanäle in Zeitmultiplex-, ISDN- oder ATM-Netzen geschaltet sein. Die für Datendirektverbindungen verfügbaren Übertragungsgeschwindigkeiten liegen im Bereich von 50 bit/s bis 2 Mbit/s. Um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Datendirektverbindungen zu steigern, werden im Fehlerfall automatisch Alternativwege bereitgestellt. Datendirektverbindungen können als Grundlage für Overlaynetze (z.B. Frame Relay) dienen.

[Loch97] [Sieg96] [Dan96/2] [DTAG95]

3.6.4 Internet

Da das Internet weltweit verfügbar ist, läßt es sich prinzipiell für die Vernetzung einzelner Standorte, die sich in unterschiedlichen Staaten befinden, zu einem virtuellen privaten Netz nutzen. Es wird ein einheitliches Protokoll (TCP/IP) verwendet. Da das Internet aus vielen Teilnetzen besteht und die Struktur nicht kontrolliert werden kann, existiert für die Übertragung von wichtigen Informationen ein hohes Sicherheitsrisiko. Ein bedeutender

Nachteil besteht darin, daß sich viele Teilnehmer die begrenzte Bandbreite teilen müssen²². Für ein Corporate Network würde die ständige Verfügbarkeit einer ausreichenden Bandbreite in Frage gestellt. Derzeit ist diese Möglichkeit der Vernetzung noch nicht praktikabel; zukünftig könnte sie jedoch interessant werden. Wichtige Probleme müßten dazu bearbeitet und gelöst werden:

- Telefonie über das Internet (ist bereits möglich, jedoch mit geringer Qualität)
- Sichere Übertragung von Informationen (Effiziente Verschlüsselungsverfahren, Schließung von Sicherheitslücken)
- Verfügbarkeit einer hohen Bandbreite für den Anwender (Implementierung eines Hochgeschwindigkeitsbackbones für das Internet) [Dan96/2]

Sprachübertragung über IP-Netze

Sprachinformationen werden in IP-Netzen in paketierter Form übertragen. Die Qualität der Sprachübertragung über IP-Netze hängt davon ab, welcher Netztyp für die Übertragung der Sprachpakete verwendet wird. Im Internet läßt sich der verwendete Netztyp aufgrund der unüberschaubaren Struktur von Teilnetzen nicht vorher bestimmen. In Intranets ist demgegenüber die Struktur bekannt.

Drei Faktoren haben entscheidenden Einfluß auf die Qualität der Sprachübertragung in IP-Netzen:

- Die **Paketlaufzeit** besteht aus einem festen und einem variablen Anteil. Die feste Laufzeit ergibt sich aus der Signalausbreitung über die physikalische Leitung und der Signalbearbeitung in den Endgeräten sowie im Netz. Sie wird durch den jeweils aktuellen Entwicklungsstand der Technik bestimmt. Die variable Laufzeit entsteht durch die Bildung von Warteschlangen und die Bearbeitung von IP-Paketen in Netzkoppelementen. Variable Laufzeiten hängen von der Art des Teilnetzes und den Eigenschaften der Übertragungsstrecke ab, über die das IP-Paket transportiert wird (Anzahl der Netzknoten, Übertragungsgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen).
- Um eine akzeptable Sprachqualität sicherzustellen, müssen auf der Empfangsseite die IP-Sprachpakete in regelmäßigen Abständen zu einem geordneten Sprachstrom in der

²² Eine Möglichkeit, Bandbreite für zeitkritische Übertragungen zu reservieren, bietet das Resource Reservation Protocol (RSVP). [Brau96]

ursprünglichen Reihenfolge zusammengesetzt werden, auch wenn die Pakete zu unterschiedlichen Zeiten ankommen. Schwankungen der Ankunftsabstände der Pakete werden als **Jitter** bezeichnet. Ein übliches Verfahren zur Beseitigung von Jitter bei der Ankunft von Sprachpaketen ist das Hinzufügen einer Pufferlaufzeit im Empfänger, so daß die Sprachinformationen in festen Abständen zu einem kontinuierlichen Sprachstrom zusammengesetzt werden können²³.

- Die **Paketverlustrate** wird als der Prozentsatz der IP-Sprachpakete definiert, die nicht ihren Bestimmungsort erreichen. Paketverluste können durch Übertragungsstörungen, extreme Laufzeiten, Datenstaus und Fehlleitung von Paketen verursacht werden.

Für die Sprachübertragung ist eine Einweg-Laufzeit von höchstens 400 ms einzuhalten, um eine akzeptable Sprachqualität zu erhalten (s. Kapitel 5, Abschnitt 5.1; ITU-T-Empfehlung G.114). Um Jitter zu minimieren, ist eine große verfügbare Bandbreite für die Sprachübertragung erforderlich. Paketverluste führen zu einer Beeinträchtigung der Sprachqualität. Mittels Sprachcodieralgorithmen lassen sich Paketverluste bis zu 3% durch Extrapolation ausgleichen. Über einem Schwellwert von 10% Paketverlusten wird die Sprachqualität inakzeptabel. Abbildung 3.29 zeigt den Zusammenhang zwischen Laufzeit und Paketverlustrate, um eine akzeptable Sprachqualität zu erzielen.

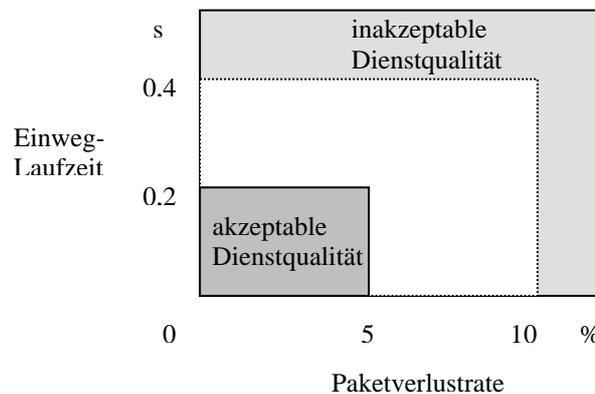


Abbildung 3.29: Erforderliche Netzqualität für die Sprachübertragung in IP-Netzen [Bell98]

²³ Dieses Verfahren wird auch bei der Sprachübertragung in Frame-Relay-Netzen verwendet. Es läßt sich vorteilhaft in IP-Netzen in lokalen Netzen und Intranets mit bekannter Struktur anwenden. Bei Weitverkehrsverbindungen unter Einbeziehung des Internet kann die Pufferlaufzeit nicht voll ausgeschöpft werden, da die maximalen durch das Netz verursachten Laufzeiten des Signals nicht a priori ermittelt werden können.

[Bell98]

Die TCP/IP-Protokoll-Suite wird detailliert in [Stev94] dargestellt. Ein Ausblick auf mögliche Entwicklungsszenarien der Zusammenführung von Internet- und TK-Diensten wird in [Zimm97] und [Fors97] gegeben.

3.7 Vergleich der Technologien hinsichtlich des Einsatzes in Corporate Networks

Abschließend werden die vorgestellten Netztechnologien anhand wichtiger Eigenschaften verglichen. Im Vordergrund steht die mögliche Nutzung als Technologie für den Betrieb von privaten Netzen mit Sprach-Daten-Integration (Corporate Networks).

Tabelle 3.8 stellt einige Merkmale der Netztechnologien zusammen.

Tabelle 3.8: Vergleich der Netztechnologien				
	Bitrate	Sprach-Daten-Integration	Vermittlungsart	Typische Anwendung
Frame Relay	64 kbit/s bis 2 Mbit/s (Erweiterung bis 45 Mbit/s)	ja (mittlere Sprachqualität)	paketorientiert (Pakete variabler Länge)	WAN-Verbindung von Datennetzen
SMDS/DQDB	34 Mbit/s	nein (prinzipiell möglich, aber nicht genutzt)	zellenorientiert (Zellen fester Länge: 53/69 Bytes)	WAN-Verbindung von Datennetzen, Datex-M
FDDI	100 Mbit/s	nein (prinzipiell möglich, aber nicht genutzt)	paketorientiert	LAN-Vernetzung, Serverfarmen
ATM	155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 2,4 Gbit/s	ja	zellenorientiert (Zellen fester Länge: 53 Bytes)	B-ISDN, Corporate Networks
SDH	155 Mbit/s bis 10 Gbit/s	ja	Nutzinformation in Container verpackt	Fernnetz
X.25	2,4 kbit/s bis 48 kbit/s	nein	paketorientiert (Pakete variabler Länge)	Datex-P, Vernetzung von LANs
ISDN	64 kbit/s bis 2 Mbit/s	ja	leitungsvermittelt	Öffentliches Netz, Corporate Networks
Mietleitung	50 bit/s bis 2 Mbit/s	ja	fest geschaltet	LAN-Vernetzung, PBX-Vernetzung
Internet (IP)	abhängig von der Belastung des Netzes	ja (geringe Sprachqualität)	abhängig von der Technik des jeweiligen Teilnetzes	Internet

Für einen Einsatz in Corporate Networks mit Sprach- und Datenübertragung sind Technologien wie SMDS und X.25 nicht geeignet, weil sie die Sprachübertragung nicht unterstützen. Bei SMDS ist sie prinzipiell möglich, wird von den Dienst Anbietern jedoch dem Nutzer nicht angeboten. Die X.25-Technik wird zur Verbindung von Datennetzen mit geringen Bandbreitenanforderungen genutzt. Mietleitungen werden derzeit in Unternehmensnetzen genutzt, sind jedoch für zukünftige Breitbandanwendungen voraussichtlich zu kostenintensiv. Sie können für Unternehmen mit eigener Kabel-Infrastruktur in Sonderfällen eine interessante Lösung darstellen, da sie ein hohes Maß an Datensicherheit gewährleisten. Das ISDN wird bei Unternehmensnetzen mit Bandbreitenanforderungen im Bereich bis 2 Mbit/s eine hohe Akzeptanz genießen, da Sprache und Daten kombiniert übertragen werden können²⁴.

Die Nutzung des Internet für Corporate Networks stellt eine interessante Alternative dar, weil es weltweit verfügbar ist und eine Vielzahl von Unternehmen und Institutionen damit verbunden sind. Bevor eine effiziente Nutzung des Internet als Grundlage für private Netze möglich wird, sind wichtige Aufgabenstellungen hinsichtlich der verfügbaren (garantierten) Bandbreite und der Datensicherheit zu lösen.

FDDI wird zur Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung (Backbone für Datennetze) verwendet. FDDI-II erlaubt prinzipiell die Übertragung isochroner Informationsströme, wird jedoch fast nicht in Netzen mit Sprach-Daten-Integration angewendet und sich auf diesem Gebiet nicht durchsetzen.

Frame Relay genießt in der Vernetzung von lokalen Datennetzen eine hohe Akzeptanz. Derzeit sind Systeme zur Sprachübertragung mittels Frame Relay auf dem Markt. Bei Institutionen und Unternehmen, die über eine Frame-Relay-Netz verfügen und sich aufgrund der aktuellen hohen Kosten für ATM-Komponenten nicht für ein ATM-Netz als Corporate Network entscheiden, wird Frame Relay als Technologie für ein privates Netz mit Sprach-Daten-Übertragung Bedeutung behalten bzw. erlangen.

Aus heutiger Sicht stellt sich der Asynchronous Transfer Mode als geeignetste Technologie zur Bildung von Corporate Networks dar. Die ATM-Technik ermöglicht eine Sprach-Daten-

²⁴ Derzeit ist in den Unternehmen Deutschlands die Nutzung des ISDN zur Bildung von Corporate Networks führend vor allen anderen Technologien. Dies ist durch die hohe Dienstqualität, das flächendeckende Angebot sowie die Kostenstruktur begründet. [Urs98]

Integration und verfügt über eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit. Die Bandbreitenzuteilung kann dynamisch erfolgen; dadurch wird eine effiziente Ausnutzung der Bandbreite durch verschiedene Anwendungen und eine große Flexibilität gewährleistet. Ein Nachteil hinsichtlich der Installation von ATM-Netzen als Corporate Network sind die derzeit im Vergleich zu anderen Technologien (Frame Relay, ISDN) sehr hohen Kosten für die ATM-Netzkomponenten sowie die Tatsache, daß ATM gegenüber den anderen Vernetzungstechniken ein geringes Alter aufweist, wodurch noch nicht alle möglichen Anwendungsfälle standardisiert und über einen längeren Zeitraum (z.B. 10 Jahre) getestet sein können.

Die Technik der Synchronen Digitalen Hierarchie bietet sich aufgrund der hohen Übertragungsgeschwindigkeit und der synchronen Übertragungstechnik als Grundlage für Backboneverbindungen an, da sie die Übertragung von Sprache und Daten sicherstellt.

4 Meß- und Simulationsmöglichkeiten/Testszzenarien

Wird eine Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch mittels S_{2M} realisiert, ist es notwendig, die Funktion zu überprüfen und mittels Tests nachzuweisen. Nachfolgend werden Testmöglichkeiten sowie nutzbare Meß- und Analysesysteme vorgestellt.

4.1 Testszzenarien bei der Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch

4.1.1 Testphase 1: Insellösung im Labor für Kommunikationssysteme

Für die Verbindung zwischen dem ATM-Switch und der TK-Anlage wird der LightStream 1010 mit einer E1-CES-Adapterkarte und die Hicom 300 mit einer S_{2M} -Schnittstellenkarte (DIUS2) bestückt. Beide Systeme kommunizieren über die G.703/G.704/ S_{2M} -Schnittstelle. Über zwei STM-1- (OC-3-) Schnittstellen des LightStream 1010 wird in einem ersten Schritt eine Schleife gebildet, so daß von einem Teilnehmer über die TK-Anlage (SLMA bzw. STMD), die E1-Verbindung, die Schleife im LightStream 1010 und zurück zu einem anderen Teilnehmer der Hicom 300 eine Sprachverbindung zu Testzwecken aufgebaut werden kann.

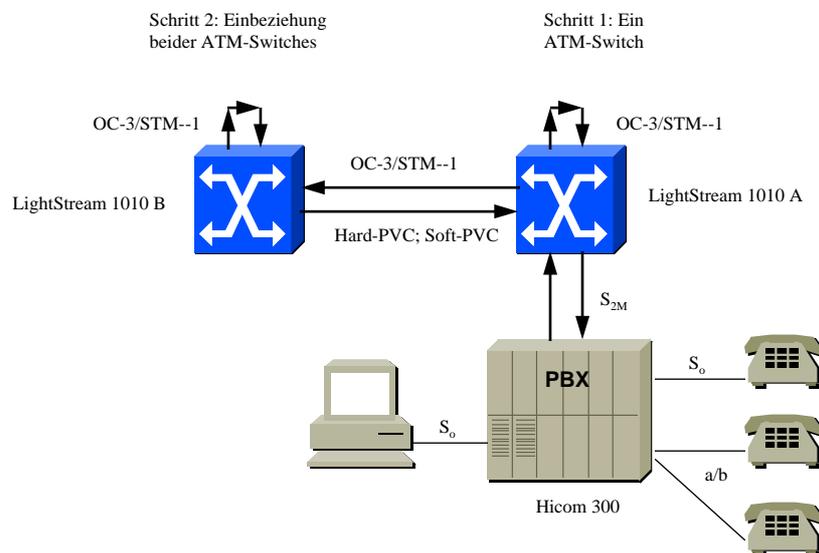


Abbildung 4.30: Zusammenschaltung von Hicom 300 und LightStream 1010 im ComLab

Ein zweiter Schritt sieht die Einbeziehung eines weiteren ATM-Switches LightStream 1010 vor. Die E1-Verbindung verläuft wie oben beschrieben, jedoch wird eine ATM-Verbindung

zu einem zweiten LightStream 1010 eingerichtet und dort erfolgt die Schleifenbildung, so daß eine Sprachverbindung von einem Teilnehmer der TK-Anlage über zwei ATM-Switches zurück zu einem weiteren Teilnehmer derselben TK-Anlage aufgebaut und getestet wird (Abbildung 4.30). Diese Zusammenschaltung wird als Insellösung im Labor für Kommunikationssysteme durchgeführt und getestet.

Das Meßsystem HP Internet Advisor (mit E1-Funktionalität) läßt sich auf der S_{2M} zwischen Hicom 300 und LightStream 1010 zum Monitoring des E1-Verkehrs einsetzen. Wird der HP Internet Advisor mit einem ATM-Modul ausgestattet, können Messungen auf der ATM-Strecke zwischen den ATM-Switches durchgeführt werden.

Die Realisierung dieser Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch im Labor für Kommunikationssysteme wird in Kapitel 6, Abschnitt 6.7, beschrieben.

4.1.2 Testphase 2: Verbindung des ComLab über den ATM-Backbone mit dem Universitätsrechenzentrum

Für eine zweite Testphase wird die Einrichtung einer ATM-Verbindung über den Universitäts-Backbone vom Labor für Kommunikationssysteme zum Universitätsrechenzentrum vorgeschlagen.

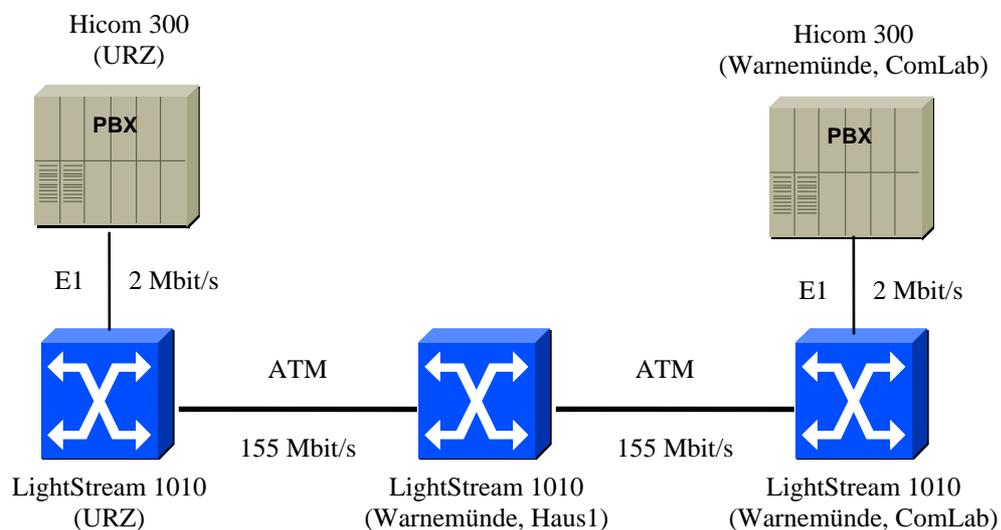


Abbildung 4.31: Verbindung zweier Hicom 300 über den ATM-Backbone

Die TK-Anlage (Hicom 300) des Rechenzentrums wird über eine S_{2M} -Verbindung, wie sie im Labor für Kommunikationssysteme realisiert ist, mit dem ATM-Switch LightStream 1010 gekoppelt. Es entsteht eine Nachrichtenverbindung zwischen zwei TK-Anlagen über das ATM-Backbonenetz (Abbildung 4.31).

Zur Durchführung der zweiten Testphase ist es notwendig, in die Konfiguration eines funktionierenden Netzes einzugreifen. Dies betrifft sowohl das ATM-Netz als auch die TK-Anlage Hicom 300 im Rechenzentrum. Da dieser Eingriff nicht wünschenswert war und innerhalb der ersten Testphase die Funktion der Kopplung nachgewiesen wurde (s. Kapitel 6, Abschnitt 6.7), wurde auf eine Realisierung der zweiten Testphase im Rahmen der Diplomarbeit verzichtet.

4.1.3 Testphase 3: Verbindungsaufbau über das B-WiN

In einer möglichen dritten Phase der Tests wird eine Nachrichtenverbindung von der TK-Anlage Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme zu einer TK-Anlage einer entfernten Universität über das B-WiN aufgebaut, um die Funktionalität zu testen. Es können Parameter, wie z.B. die Laufzeit der ATM-Zellen im realen Anwendungsfall bestimmt und ausgewertet werden.

Um die dritte Testphase durchzuführen, ist neben der Kooperation einer weiteren Universität bzw. Hochschule (mit z.B. Umkonfiguration der Netzkomponenten) die Bereitstellung von PVC über das B-WiN notwendig, was finanzielle Mittel²⁵ erfordert, die im Rahmen der Diplomarbeit nicht zur Verfügung standen. Deshalb konnte die dritte Testphase nicht realisiert werden.

Eine Möglichkeit, diese Testphase in weiterführenden Arbeiten durchzuführen, besteht in einer Zusammenarbeit mit der Universität Greifswald. Da die Universität Greifswald über eine 34 Mbit/s-Festverbindung über den Gemeinschaftsanschluß der Universität Rostock mit dem B-WiN verbunden ist, ist keine Verbindungsführung über des B-WiN-Kernnetz erforderlich, sondern lediglich über die 34 Mbit/s-Festverbindung. Dieser Umstand kann zu einer aus finanzieller Sicht vertretbaren Testlösung führen.

4.2 Meßaufgaben und Meßgrößen an Komponenten des Testaufbaus

Meßtechnik wird in verschiedenen Phasen der Lebensdauer von digitalen Netzen und deren Bausteinen eingesetzt. In grober Einteilung sind dies die folgenden:

- Entwicklung, Integration

²⁵ Die Entgelte für die Bereitstellung von PVCs über das B-WiN sind hängen von der Entfernung und der Bandbreite ab. Die PVC-Entgelte für 1998 und 1999 können [Hoff98] entnommen werden.

- Produktion
- Installation/Einmessung
- Fehlersuche/Netzwartung
- Reparatur/Kalibrierung

Für die Anwendung im Labor für Kommunikationssysteme sind insbesondere die drei letztgenannten Punkte relevant. Moderne digitale Übertragungssysteme verfügen über leistungsfähige integrierte Netzmanagementtechniken. In Tabelle 4.9 sind die Aufgaben und Einsatzgebiete von Meßsystemen einerseits und dem Netzmanagement andererseits zusammengefaßt.

Tabelle 4.9: Einsatzgebiete von Meßtechnik und Netzmanagement [Kief97]	
Aufgaben der Meßtechnik	Aufgaben des Netzmanagements
<ul style="list-style-type: none"> – Sicherstellung der Systemfunktion entsprechend ITU-T-Empfehlungen – Netztauglichkeitsprüfung – Nachbildung realen Netzverhaltens – Überwachung der Dienstqualität – Optimierung der Netzplanung – Test der Jittertoleranz – Sicherstellung der fehlerfreien Übertragung von Signalisierungsinformationen – Einmessung bei Neuinstallation – Be- und Auslastungsmessungen – Überprüfung nach Neukonfiguration – Fehlersuche an gestörten Netzelementen – Statistische Analysen – Analyse von Übertragungsprotokollen – Untersuchung von Kompatibilitätsproblemen – Überprüfung der Verkabelung 	<ul style="list-style-type: none"> – Ferngesteuerte Neukonfiguration von Netzkomponenten – Bereitstellung unterschiedlicher Dienste (z.B. SVC, PVC) – Automatische Ersatzwegsuche – Management von Systemen unterschiedlicher Hersteller – Management geographisch verteilter Netzelemente – Anpassung des Netzes an sich verändernde Betriebsstrukturen – Überwachung der Qualität von Verbindungen (Fehlerstatistiken) – Effiziente Nutzung der Netzkapazität – Aufzeichnung von Fehlerfällen

Zwischen Netzmanagement und Meßtechnik existieren Überschneidungen im Bereich der Systemüberwachung und der Erstellung von Langzeitanalysen (Statistiken). Die weiteren

Einsatzgebiete beider Systeme unterscheiden sich, so daß auch im Zeitalter integrierter Netzmanagement- und Überwachungsfunktionen der Einsatz externer Meßtechnik seine Berechtigung hat und darüberhinaus in vielen Fehlersituationen unumgänglich ist.

4.2.1 Meßaufgaben im ISDN an der S₀-Schnittstelle

Wird eine ISDN-Verbindung von einem Endgerät der TK-Anlage über das ATM-Netz zu einem anderen Endgerät derselben (oder einer anderen) TK-Anlage aufgebaut, so muß sichergestellt werden, daß die Verbindungsaufbau und die Übertragung korrekt erfolgen. Zu diesem Zweck können Protokollmessungen an der S₀-Schnittstelle durchgeführt werden. Meßsysteme, die für die Protokollanalyse am S₀-Bus geeignet sind, müssen folgendes leisten:

- Überprüfung der Schicht 1 (Speisung, Spannungsbereich, Status)
- Simulation von TE bzw. NT
- Überprüfung der Dienste (z.B. Datenübertragung im D-Kanal, Anrufweitschaltung)
- Analyse des D-Kanal-Protokolls (Schichten 1 bis 3: Verbindungsauf- und -abbau, Übertragungsphase)

Für Meßaufgaben an der S₀-Schnittstelle eignen sich komplexe Meß- und Analysegeräte mit ISDN-Schnittstellenmodulen (z.B. DA-30C des Herstellers Wandel & Goltermann) sowie auf ISDN-Messungen abgestimmte Meßsysteme, die aus Hard- und Softwarekomponenten bestehen (z.B. EmuTENT des Herstellers Atemco).

[Kief97]

4.2.2 Meßaufgaben im ISDN an der S_{2M}-Schnittstelle

Bei der Installation einer S_{2M}-Verbindung ist es in vielen Fällen erforderlich, wichtige Funktionsmerkmale meßtechnisch nachzuweisen. Ein Installationstester für S_{2M}-Verbindungen muß folgenden Anforderungen genügen:

- Analyse des 2-Mbit/s-Overhead (Rahmenkennwort, CRC-Fehler, Alarme)
- Ein Sender und zwei Empfänger zu je 2 Mbit/s
- Bitfehlertests im D-Kanal und den 30 B-Kanälen
- Elementare Protokollanalyse des D-Kanal-Protokolls und proprietärer TK-Protokolle (CorNet)
- Analyse von X.25-Daten in D- und B-Kanälen

- TE- und NT-Simulation
- Abfrage der vom Netzbetreiber freigeschalteten Dienste

Die letztgenannte Charakteristik wird dann benötigt, wenn die S_{2M} -Schnittstelle zur Anbindung einer TK-Anlage an das öffentliche ISDN genutzt wird. Zur Einmessung von S_{2M} -Verbindungen eignen sich ISDN-Handtestgeräte verschiedener Hersteller (z.B. IBT-20 von Wandel & Goltermann) ebenso wie komplette Netzwerkanalysatoren (z.B. HP Internet Advisor) mit entsprechender Testfunktion. [Kief97]

4.2.3 Meßaufgaben in ATM-Netzen

In ATM-Netzen sind grundlegende Überwachungsfunktionen integriert. Dadurch kann ein grobes Fehlverhalten von Netzelementen (z.B. deren Ausfall) mit Hilfe des Netzmanagements erkannt werden. Durch den Einsatz von externer Meßtechnik wird die Ursache des Fehlverhaltens ermittelt. Dies leistet die integrierte Überwachung ebensowenig wie eine zuverlässige Arbeit bei schweren Netzstörungen (z.B. Ausfall von Netzkoppelementen oder Leitungen). Aspekte der ATM-Meßtechnik werden in ITU-T-Empfehlungen und in den Standards des ATM-Forum berücksichtigt.

In den Schichten des ATM-Referenzmodells sind folgende typische Messungen erforderlich:

- In der **physikalischen Schicht** werden Meßaufgaben hinsichtlich der Fehlerhäufigkeit, Bitfehlerrate, Alarm, Jitter und Taktabweichung durchgeführt. Die Messungen sind abhängig von der jeweils verwendeten Digitalsignalübertragungshierarchie.
- In der **ATM-Schicht** sind die Messung von Zellverlusthäufigkeiten, von Schwankungen der Zellaufzeit sowie OAM-Tests erforderlich. In der ATM-Schicht werden statistische Messungen durchgeführt, welche statistische Größen als Ergebnis liefern. Sie definieren die Netz-Performance.
- In der **ATM-Anpassungsschicht** werden Segmentierung bzw. die Reassemblierung des Datenstroms überprüft. Fehlertypen wie SAR-Sequenzfehler und SAR-PDU-Fehler werden ermittelt.
- Die Qualitätsparameter der höheren Schichten sind abhängig von der Art der übertragenen Dienste und fallen nicht unmittelbar in das Gebiet der reinen ATM-Messungen.

Eine zentrale Aufgabe der ATM-Meßtechnik ist die system- und netzunabhängige Überprüfung des ATM-Verkehrsvertrages auf seine Einhaltung. Eventuelle Vertragsverstöße

sind zu dokumentieren. Die Meßparameter zur Bestimmung der Dienstqualität und der ATM-Performance sind in den ITU-T-Empfehlungen I.356 und O.191 sowie in den UNI 3.1/4.0-Spezifikationen des ATM-Forum festgeschrieben. Bei Messungen zur Überprüfung der Einhaltung des Verkehrsvertrages werden folgende Parameter berücksichtigt:

- Angeforderter Dienst (CBR, VBR, ABR, UBR)
- Verkehrsparameter (PCR, SCR, MBS, MCR, CDV)
- QoS-Parameter (CER, CLR, CMR, CDV, CTD, MCTD, MTBO)

Die Performance- oder QoS-Parameter beziehen sich auf das Fehlerverhalten, die Zellverzögerung oder die Netzverfügbarkeit, während die Verkehrsparameter Aussagen über die Art der verfügbaren Bandbreite machen.

[Kief97]

4.2.3.1 Klassifizierung von Tests in ATM-Umgebungen

Tests, die in ATM-Umgebungen durchgeführt werden, werden in drei grundlegende Klassen eingeteilt:

1. Ende-zu-Ende Messungen von Zugangnetz zu Zugangnetz: Es wird die Gesamtqualität, die das ATM-Netz zur Verfügung stellt, überprüft (Bitfehlerhäufigkeit, Verfügbarkeit). Sind beide Zugangnetze in PDH-/SDH-Technik ausgeführt, kann diese Art von Messungen ausschließlich auf der Basis von PDH bzw. SDH durchgeführt werden.
1. Messungen vom Zugangnetz ins ATM-Netz: Ein Meßsignal (z.B. 2 Mbit/s) wird in das ATM-Netz eingespeist und dort entnommen. Über Reassembling erlaubt der Netzwerkanalysator den Zugriff auf das Signal. Diese Art des Tests hat eine große Bedeutung bei der Störungseingrenzung an Netzübergängen.
1. Messungen innerhalb des ATM-Netzes: Ein Meßgerät simuliert und analysiert ein Dienstsinal innerhalb der ATM-Zelle. Auf diese Weise können einzelne Abschnitte eines ATM-Netzes untersucht werden.

[Kief97]

4.2.3.2 Meßprinzipien im ATM

Ein ATM-Verkehrsgenerator erzeugt einen ATM-Zellstrom mit einer bekannten Bitrate gemäß ITU-T. Es wird ein Testsignal erzeugt, das eine Verbindung mit mehreren virtuellen

Kanälen simuliert. Die ATM-Zellen beinhalten Quasi-Zufallsfolgen oder bekannte Testinformationen (Zeitstempel, Sequenznummer). Eine Analyse der Sequenznummer gestattet eine Aussage über Zellverlust und Zelleinfügung. Durch entsprechende Auswahl von VPI und VCI können Testzellen jedem beliebigen Kanal zugeordnet werden. Der ATM-Verkehrsanalytiker ermittelt alle für die Beurteilung der jeweiligen Verbindung relevanten Parameter. Daran schließt sich eine Aufbereitung und Auswertung dieser Daten an. Die ermittelten Parameter können nur dann richtig als Ergebnisse interpretiert werden, wenn die realen Lastbedingungen im Netz bekannt sind.

Zur Überwachung von durch den Netzbetreiber vorbestimmten Verbindungen können Messungen entweder mittels der zwischen zwei OAM-Zellen eingeschlossenen Zellblöcke oder mit Hilfe der OAM-Zellen selbst durchgeführt werden. Durch vorgegebene Bitmuster lassen sich die Anzahl verlorengangener oder eingefügter Zellen ermitteln. Diese Verfahren sind in der ATM-Technik enthalten. Da der reguläre Informationsfluß und dessen Performance nicht unter der Durchführung interner Messungen beeinträchtigt werden soll, sind diese Überwachungen nicht für alle ATM-Verbindungen (z.B. eines ATM-Switches) aussagekräftig. Zur Bestimmung von Zellaufzeiten und Zellverlusten kann mit Testzellen gearbeitet werden, die einen Zeitstempel und eine Sequenznummer erhalten. Um Netzpfade auf Transparenz oder die Konfiguration von Netzelementen zu überprüfen, wird die ATM-Bitfehlerhäufigkeit bestimmt, wobei Quasizufallsfolgen als Payload verwendet werden. Messungen im Durchgangsbetrieb eignen sich besonders zum Langzeit-Monitoring einer ATM-Verbindung. Dabei werden verkehrsbedingt im ATM-Zellstrom auftretende Leerzellen vom ATM-Testgerät entfernt und durch Testzellen ersetzt. Diese werden am Ende der Verbindung ausgewertet. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, daß der ursprüngliche Zellstrom nicht durch das Hinzufügen zusätzlicher Testzellen verändert wird.

ATM-Messungen können in Außer-Betrieb- und In-Betrieb-Messungen eingeteilt werden. Zu den Außer-Betrieb-Messungen zählen:

- Test der physikalischen Ebene (Lichtleistung bzw. elektrischer Pegel, Alarme im Transportoverhead (SOH, POH), Jitter, BER)
- Test von ATM-Verbindungen und Überwachungsinstanzen
- Messung der Zellaufzeit (abhängig vom Routing durch das Netz)
- Inbetriebnahme von ATM-Netzabschlüssen und -diensten
- Einmessung von vermittelten Kanälen (SVC)

Die In-Betrieb-Messungen beinhalten folgende Verfahren und Aufgaben:

- Überwachung des Zellkopfes
- Überwachung von OAM-Zellen
- Monitoring einer ATM-Verbindung (Analyse der Nutzkanäle und der Auslastung)

[Kief97]

4.2.3.3 Anforderungen an ATM-Testgeräte

ATM-Testgeräte dienen der Erfassung, der Aufzeichnung und Speicherung der Meßdaten, um sie einer späteren Weiterverarbeitung – wenn erforderlich – bereitzustellen. Ein ATM-Meßgerät soll folgende Anforderungen erfüllen:

- Simulation und Analyse von 2, 34, 140 und 155 Mbit/s-ATM-Verbindungen
- Messungen an PVC und SVC
- Erzeugung von ATM-Verkehr mit unterschiedlichen Verkehrsprofilen (CBR, VBR, ABR, UBR)
- Wählbare Lastprofile für den Hintergrundlastgenerator
- Simulation von Störungen (Zellverlust, Alarme in Header und Overhead)
- Statistische Auswertung von ATM-Alarmen und Übertragungsfehlern
- Analyse der SDH-/PDH-Overhead-Informationen
- Performance-Messungen nach ITU-T I.356 und O.191
- Messungen der Dienstqualität
- ATM-Bitfehlertests
- Assembly- und Reassembly-Fähigkeit
- Protokoldecodierung (Unterstützung der Standards in ATM, LAN, WAN)

[Kief97] [Mai97]

Als ATM-Meßgeräte eignen sich der DA-30C mit entsprechendem ATM-Modul und der ANT-20 des Herstellers Wandel & Goltermann sowie der Internet Advisor des Herstellers Hewlett Packard.

4.2.4 Analyse von Jitter

Die zeitliche Abweichung der Flanken eines Digitalsignals gegenüber der Idealposition wird als Jitter bezeichnet. ITU-T definiert Jitter folgendermaßen:

Jitter sind Kurzzeitabweichungen der Kennzeitpunkte von Digitalsignalen gegenüber ihren äquidistanten Sollzeitpunkten.

Jitter ist durch Amplitude und Frequenz gekennzeichnet. Jitter sehr niedriger Frequenz wird als Wander bezeichnet (Jitterfrequenz kleiner als ein Hertz). Jitter wird in systematischen und nichtsystematischen Jitter eingeteilt. Systematischer Jitter ist abhängig von der übertragenen Bitfolge, während nichtsystematischer Jitter durch Rauschen (elektromagnetisches Übersprechen) hervorgerufen wird. Verjitterte Signale werden außerhalb des optimalen Abtastzeitpunktes abgetastet, was zu Übertragungsfehlern führt. Jitter beeinflusst maßgeblich die Güte der Signalarückgewinnung. In der SDH entsteht Jitter durch Pointeroperationen bzw. durch Stopfmaßnahmen bei der Anpassung plesiochroner Signale an synchrone Transporteinheiten. Jitter wächst mit der Anzahl der auf einer Übertragungstrecke durchgeführten Regenerationen (Jitterakkumulation). Übersteigt der akkumulierte Jitter einen Schwellwert, entstehen durch fehlerhafte Abtastung Bitfehler, weil der Zeitbezug zwischen den Daten und dem Abtasttakt gestört ist.

Für die fehlerfreie Rekonstruktion eines digitalen Signals ist die Toleranz der Systemgeräte gegenüber Jitter sowie deren Eigenjitter bedeutsam. Jittermessungen werden durchgeführt, um späteren Systemausfällen aufgrund von Bitfehlern, die durch Jitterakkumulation hervorgerufen wurden, vorzubeugen. Bitfehler, die bei BER-Tests ermittelt werden, können ihre Ursache in Jitter haben.

Wichtige Jitter-Kennwerte, die an Netzkomponenten gemessen werden, sind die folgenden:

- Eigenjitter (Jitterwert am Ausgang eines Testobjekts, wenn ein jitterfreies Eingangssignal anliegt)
- Jitterverträglichkeit (Test auf Überschreitung der von ITU-T festgelegten Jitter-Grenzwerte überschritten werden, wodurch es zu Störereignissen (Bitfehler, Alarme) käme)
- Jitter-Übertragungsfunktion (Sie gibt an, inwieweit ein am Eingang vorhandener Jitter auf den Ausgang weitergegeben wird: $JÜF = 20 \cdot \lg \frac{\text{Ausgangsjitter} - \text{Eingangsjitter}}{\text{Eingangsjitter}} [dB]$)
- Wander (Wander passiert aufgrund seiner niedrigen Frequenz Netzkomponenten relativ unverändert, was zur Akkumulation bis zu hohen Werten führen kann)

Die ITU-T-Empfehlung O.17s enthält Normen zur Messung von Jitter und Wander in synchronen Systemen.

[Kief97]

4.3 Meß- und Analysetechnik und -verfahren

4.3.1 Wandel & Goltermann – DA-30C

Der DA-30C des Herstellers Wandel & Goltermann ist ein Internetwork-Analysator, der über Meß- und Analysemethoden für die Beurteilung der Qualität von Netzwerken und Koppелеlementen verfügt. Der DA-30C ist eine Plattform für mehrere Analysatoren, Schnittstellenmodule und Softwarepakete. Der Einsatz des DA-30C erfolgt bei der Entwicklung zukünftiger Netztechnologien und -elemente ebenso wie zur Lokalisierung von Problemen in bestehenden Netzwerken. Mit Hilfe der Fähigkeit des DA-30C, gleichzeitig Daten senden und erfassen zu können, lassen sich Koppелеlemente auf korrekte Funktion prüfen.

Der DA-30C teilt sich in die Plattform mit zeichenorientierter oder graphischer Bedienoberfläche unter MS-Windows und die Anwendungen (Analysepakete mit Schnittstellenmodulen und Software), die die unterschiedlichen Testaufgaben realisieren.

Der Internetwork-Analysator DA-30C verfügt über eine den zu bewältigenden Aufgaben entsprechende leistungsfähige Hardware. Er stellt Analysemöglichkeiten und Schnittstellen für LAN, WAN und ATM-Netze bereit. Die unterstützten Schnittstellen und die Eigenschaften der einzelnen Analysepakete sind dem Anhang A zu entnehmen.

Da in der vorliegenden Arbeit die ATM-Technologie einen Schwerpunkt bildet, soll an dieser Stelle auf die diesbezüglichen Analysemöglichkeiten des DA-30C eingegangen werden.

Die Analysepakete OC-3/STM-1-ATM, E1-ATM sowie E3-ATM dienen der Überwachung, der Fehlersuche, der Simulation in ATM-Netzwerken sowie für Tests an Netzkoppелеlementen. Mit den genannten Analysepaketen testet der DA-30C die von ATM-Netzen unterstützten Dienste. Die Performance eines Switches oder Netzes kann ermittelt werden. Über die folgenden Eigenschaften verfügt dieses Analysepaket:

- Zwei Empfänger für die Duplex-Analyse von Protokollen der höheren Schichten
- Echtzeit-Reassemblierung von ATM-Zellen in Netzrahmen
- Automatische Ermittlung von VPIs und VCIs und ihrer Bandbreitenauslastung
- Sender für volle Netzübertragungsrate
- Zwei integrierte optische Verstärker für den Monitor-Zugriff
- Protokolldecodierung auf allen sieben OSI-Schichten
- Überwachung von Leitungszustand, Fehlern und Zusammensetzung des Datenverkehrs

– Mono- und Multimode-Schnittstellen

Das OC-3/STM-1-ATM-Analysepaket dient der Analyse von ATM-Verkehr über STM-1-Verbindungen (155 Mbit/s), während die Analysepakete E1-ATM und E3-ATM Überwachungs- und Testaufgaben für ATM-Verkehr über Leitungen mit 2 Mbit/s (E1), 1,5 Mbit/s (DS1) bzw. 34 Mbit/s (E3) und 45 Mbit/s (DS3) übernehmen.

[WG96/1] [WG96/2] [WG96/3] [WG97/1] [www.wg]

Das ATMSim-Modul simuliert ATM-Verkehr unter tatsächlichen Netzbedingungen nach deterministischen und zufälligen Verkehrsmodellen zu Testzwecken. Die Charakteristiken reichen von burstartigem über CBR- und VBR- bis zu Poisson-, Bernoulli- oder Markoff-verteilterm ATM-Verkehr. Ebenso ist es möglich, vom Anwender definierte Datenmodelle zu importieren. Das Multiplexen von Daten zweier verschiedener Datenquellen und -modelle wird unterstützt. Des weiteren ist es möglich, Zellen in den Zellstrom in Echtzeit einzufügen sowie Zellen und Zellsequenzen vollständig zu bearbeiten.

[WG96/4] [WG97/1] [www.wg]

Die Anwendung ATM Analysis Application v2.0 des DA-30C erlaubt eine SVC-Emulation sowie eine automatische ILMI-ATM-Adressen-Registrierung und QoS-Messungen. Die Ausfilterung von Daten nach ATM-Adressen wird ermöglicht.

[WG97/2]

Wandel & Goltermann bietet mit dem ANT-20 eine weitere Plattform für die Zusammenstellung eines ATM-Analysesystems an. Es erlaubt die Generierung und Analyse von ATM-Verkehr. Detaillierte Informationen zu diesem Thema können den Veröffentlichungen [WG97/1], [WG97/3], [WG97/4] und [WG97/4] entnommen werden.

4.3.2 Hewlett Packard – Internet Advisor

Der Internet Advisor des Herstellers Hewlett Packard ist ein Meß- und Analysegerät, das im Bereich der Sprach-, Daten- und Videokommunikation eingesetzt werden kann. Es ermöglicht Tests für LAN, WAN, ATM sowie von Verbindungen von Netzwerken unterschiedlicher Technologien unter einer einheitlichen Oberfläche. Der Internet Advisor verfügt über Werkzeuge zum Erkennen und Beseitigen von Fehlern bei dem Entwurf, der Installation und der Wartung bzw. Überwachung von Hochgeschwindigkeitsnetzwerken. Es können zu

Testzwecken verschiedene Netzwerkumgebungen simuliert werden, um realistische Meßergebnisse zu erhalten.

Mit Hilfe des HP Internet Advisor können Router- und Buskonfigurationen, Verkehrsarten im WAN, die genutzte Bandbreite sowie die Übertragungsqualität festgestellt werden

Der HP Internet Advisor verfügt über eine leistungsfähige Hardware und ist in unterschiedlichen Hard- und Softwareausführungen erhältlich, die durch die Art der zu realisierenden Meßaufgaben bestimmt sind. Die unterstützten Schnittstellen und die Eigenschaften der einzelnen Analysepakete des HP Internet Advisor sind dem Anhang A zu entnehmen.

[HP97/1] [www.hp]

4.3.2.1 HP Internet Advisor LAN

Der HP Internet Advisor LAN ist eine Produktfamilie, die aus Hardwarekomponenten und der entsprechenden Software besteht. Der Internet Advisor LAN kann sowohl als transportables Gerät als auch in Form von Advisor-PC-Karten für Ethernet oder Token Ring ausgeführt sein. Die Software stellt Anwendungen für Messungen, Analysen und die Beseitigung erkannter Fehler im Netzwerk bereit.

[HP97/6]

4.3.2.2 HP Internet Advisor WAN

Der HP Internet Advisor WAN ist ein integriertes Hardwarepaket mit einer Reihe zugehöriger Softwareanwendungen. Die Hardware stellt das Grundgerät mit den physikalischen Schnittstellen zur Verfügung, während die Software die Nutzerschnittstelle sowie Anwendungen zur Datenerfassung und -verarbeitung, und Manipulationswerkzeuge zur Beeinflussung der Messungen bereithält.

Die Hauptaufgaben bei der WAN-Analyse mit dem HP Internet Advisor sind die folgenden:

- Ermittlung der Verbindungsausnutzung und des Datendurchsatzes
- Identifizierung von Konfigurationsproblemen
- Feststellung von Übertragungsfehlern
- Erstellung von Nutzungsprofilen des Netzwerkes
- Decodieren des Bitstromes

– Erstellung von Statistiken

Diese Analyseaufgaben können jeweils entweder während der Messung (run-time-processing) oder mit den gemessenen Daten nach Beendigung des Tests (post-process) gelöst werden.

Der Internet Advisor WAN ist in der Lage, sowohl Netzwerkgeräte und -prozesse als auch Verkehr im Netz für Tests zu simulieren.

Messungen an Wide Area Networks sind von 50 kbit/s bis 2 Mbit/s möglich, während Messungen der Bitfehlerrate (BER) bis 45 Mbit/s unterstützt werden. Für wichtige Protokolle, wie Frame Relay, X.25, HDLC, stellt der Internet-Advisor vorgefertigte Tests bereit.

[HP97/3]

Der **HP Internet Advisor WAN – Low Speed** ist ein Teil des integrierten Hard- und Softwarepaketes HP Internet Advisor WAN. Der HP Internet Advisor WAN – Low Speed stellt Werkzeuge zur Analyse von Datenkommunikationsverbindungen mit Bitübertragungsgeschwindigkeiten von 50 bit/s bis 64 kbit/s bereit. [HP97/4]

Der **HP Internet Advisor WAN – High Speed Toolkit** ist ein integriertes Hard- und Softwarepaket, welches alle notwendigen Werkzeuge für die Messung und Analyse von Datenkommunikationsverbindungen mit Bitraten zwischen 50 bit/s und 2 Mbit/s enthält.

[HP97/5]

4.3.2.3 HP Internet-Advisor ATM

Der HP Internet Advisor ATM ist ein integriertes Hardwarepaket mit zugehörigen Softwareanwendungen. Das Analysesystem unterstützt die Installation, die Wartung und Fehlererkennung in ATM-Netzen ebenso, wie die Optimierung der Leistung und den Fernzugriff auf das Netzwerk

Der HP Internet Advisor ATM ist in der Lage, ATM-Daten bei voller Übertragungsgeschwindigkeit auf allen Schichten des ATM-Protokolls zu decodieren. Das Gerät erlaubt die Messung der Bitfehlerrate, die Erstellung von VP- und VC-Statistiken bezüglich der Auslastung des Übertragungsmediums sowie die Generierung von ATM-Verkehr verschiedenster Art, um Netzwerkfehler entdecken und analysieren zu können.

[HP97/7] [HP97/8]

4.3.3 Verfahren zur Messung des Sprachkommunikationsaufkommens

Zur Ermittlung des Sprachkommunikationsaufkommens eignet sich das Mangementssystem der TK-Anlagen Hicom 300 (Domain Management Service, DMS). Das Domain Management System erfüllt folgende Aufgaben:

- Configuration Management (CM): Administration der TK-Anlage
- Fault Management (FM): Erfassung, Protokollierung und Auswertung von Fehlermeldungen der Private Branch Exchange
- Performance Management (PM): Messung und Überwachung der Verkehrsstatistik
- Elektronisches Telefonbuch (ETB): Funktionen zum Aufbau einer zentralen Vermittlung, wobei zeitabhängige Informationen erfaßt und genutzt werden können
- Gebühren Computing Unit (GCU): Erfassung der anfallenden Gebühreneinheiten beim Übergang in das öffentliche Fernsprechnet
- Inventory Management (IM): Bestandsverwaltung der Baugruppen der TK-Anlage

Das DMS-System erlaubt außerdem die Einrichtung eines Proxy-Agenten, welcher in der Lage ist, über SNMP mit Managementsystemen von Datennetzen zu kommunizieren. Für die Analyse des Sprachkommunikationsaufkommens können die Funktionalitäten Performance Management (PM) und Gebührenberechnung (GCU) des DMS herangezogen werden.

[Krüg97]

5 Sprachübertragung im ATM-Netz der Universität Rostock

5.1 Qualität des Sprachverkehrs in privaten Netzen

Für die Betrachtung der Sprachübertragung in öffentlichen und privaten Netzen ist die vom Benutzer subjektiv empfundene Qualität einer Sprachverbindung maßgeblich. Da die Sprachqualität demnach nicht in Form einer absoluten Zahlengröße angegeben werden kann, wird eine grobe Einteilung wie folgt vorgenommen [März97]:

- Hohe Qualität: Die zu erwartenden Beeinträchtigungen liegen weit unterhalb der durch die einschlägigen ITU-T-Empfehlungen vorgegebenen maximalen Grenzen. Die Qualität ist vergleichbar mit Internverbindungen innerhalb von TK-Anlagen oder sehr guten Verbindungen im Ortsbereich des öffentlichen Netzes.
- Mittlere Qualität: Beeinträchtigungen der Qualität sind feststellbar, liegen jedoch innerhalb der durch die einschlägigen ITU-T-Empfehlungen vorgegebenen maximalen Grenzen. Sie sind vergleichbar mit der Qualität von mittleren Fernverbindungen über das öffentlichen Netz.
- Geringe Qualität: Beeinträchtigungen der Qualität sind deutlich feststellbar, liegen teilweise außerhalb der durch die einschlägigen ITU-T-Empfehlungen vorgegebenen maximalen Grenzen. Zum Teil können Schwierigkeiten bei der Gesprächsabwicklung auftreten. Diese Klasse soll nur in Ausnahmefällen angewendet werden.

Die Sprachkommunikation über öffentliche Netze kann prinzipiell in drei Hauptabschnitte eingeteilt werden (Abbildung 5.33).



Abbildung 5.33: Hauptabschnitte einer Sprachverbindung [März97]

Die Teilnehmerabschnitte können sowohl durch einfache Fernsprechapparate, als auch durch TK-Anlagen und ausgedehnte Corporate Networks repräsentiert werden. Der Abschnitt des öffentlichen Netzes kann aus einem nationalen Netz oder aus Teilabschnitten bestehen, die durch Teilverbindungen in- und ausländischer öffentlicher Netze gebildet werden.

Bei der Planung der Sprachübertragung in privaten Netzen steht die Ende-zu-Ende-Qualität der Sprachübertragung als Beurteilungskriterium im Vordergrund, da sowohl interne als auch externe Sprachverbindungen in der geforderten Qualität genutzt werden sollen. Deshalb können die maximal zulässigen Parameter von Sprachverbindungen (z.B. Verzögerungszeit) im Corporate Network nicht voll ausgeschöpft werden. Bei der Planung werden die Kennwerte für Verbindungen innerhalb des privaten Netzes, für Ortsgespräche sowie nationale und internationale Gespräche berücksichtigt. Das private Netz muß so ausgelegt sein, daß auch im schlechtesten möglichen Fall (zumeist internationale Fernverbindungen) eine geforderte Sprachqualität eingehalten wird. Wichtige Planungskennwerte für die Sprachübertragung sind nachfolgend aufgeführt:

- Gesamtbezugsdämpfung: Die Gesamtbezugsdämpfung (GBD) gibt den Wert der Dämpfung an, den eine Sprachverbindung während des Verlaufes von der Quelle zur Senke erfährt.
- Laufzeit: Die Laufzeit einer Sprachverbindung hängt von der überbrückten Entfernung, der Art der Übertragungstechnologie (leitungs- oder paketvermittelt) und der Anzahl der Umcodierungen ab. Eine hohe Laufzeit beeinträchtigt die flüssige Konversation zweier Gesprächspartner und kann außerdem bei einer Reflexion im Übertragungsweg den sendenden Teilnehmer durch Echobildung stören.
- Echo: Das Echo wird durch die Lautstärke und die Verzögerungszeit des Echosignals bestimmt.
- Quantisierungsverzerrungen: Die in TK-Netzen auftretenden nichtlinearen Verzerrungen, welche durch die Umsetzung analoger in digitale Signale entstehen (Quantisierungsgeräusch), werden durch die Quantisierungsverzerrungs-Einheit (QVE) beschrieben.

- Equipment Impairment Factor: Der Equipment Impairment Factor I_e ist eine Größe, die die Verzerrungen beschreibt, die durch die Anwendung moderner, bitratenreduzierender Codier- und Kompressionsverfahren entstehen, für die die QVE nicht herangezogen werden kann. Der I_e wird durch subjektive Vergleichstests ermittelt.

Die Tabelle 5.10 gibt die Zuordnung der absoluten Werte der aufgeführten Kenngrößen zu den drei eingangs definierten Qualitätsklassen für die Sprachübertragung an.

Tabelle 5.10: Wertebereiche der Parameter und Zuordnung zu den Qualitätsklassen [März97]			
	Hohe Qualität	Mittlere Qualität	Geringe Qualität
Gesamtbezugsdämpfung	$1 \text{ dB} \leq \text{GBD} \leq 18 \text{ dB}$	$18 \text{ dB} \leq \text{GBD} \leq 25 \text{ dB}$	$25 \text{ dB} \leq \text{GBD} \leq 35 \text{ dB}$
Laufzeit	$0 \text{ ms} \leq t \leq 250 \text{ ms}$	$250 \text{ ms} \leq t \leq 400 \text{ ms}$	$400 \text{ ms} \leq t \leq 600 \text{ ms}$
Quantisierungsverzerrungen	$\text{QVE} \leq 10$	keine Angaben	keine Angaben
Equipment Impairment Factor	$0 \leq I_e \leq 15$	$15 \leq I_e \leq 30$	$30 \leq I_e \leq 50$

Um eine hohe Sprachqualität auf der gesamten Übertragungsstrecke zu gewährleisten, werden die Grenzwerte realistisch den Einzelabschnitten (Abbildung 5.33) zugeordnet. Die Parametergrenzwerte der Einzelabschnitte dürfen in ihrer Gesamtheit nicht die vorgegebenen Maximalwerte für die ganze Übertragungsstrecke übersteigen. Durch diese Vorgehensweise erhält man ein qualitativ hochwertiges Ergebnis in der Sprachübertragung.

[März97]

Auf die Besonderheiten der Sprachübertragung in ATM-Netzen und die mit der Technologie des Asynchronous Transfer Mode zusammenhängenden zusätzlichen Verzögerungszeiten wurde in Kapitel 3, Abschnitt 3.4.6, eingegangen.

5.2 Integriertes Sprach-Daten-Netz der Universität Rostock

Das TK-Netz der Universität Rostock weist derzeit eine sternförmige Struktur auf (s. Kapitel 2, Abschnitt 2.2.2). Zukünftig soll das ATM-Backbone-Netz der Universität neben der Daten- ebenfalls die Sprachübertragung realisieren. Ferngespräche mit Teilnehmern, die sich

außerhalb der Region 50 befinden, werden zukünftig über das B-WiN geführt, um das Gebührenvolumen zu verringern. Nachfolgend werden mögliche Konzepte mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt. In Kapitel 2, Abschnitt 2.4, wurden prinzipielle Varianten der Sprachübertragung über den ATM-Backbone mit dem Hauptaugenmerk auf der Anbindung an das B-WiN vorgestellt.

5.2.1 Einsatz von Hicom 300

Eine Variante behält die derzeitige Sternstruktur des TK-Netzes bei. Die Standorte behalten die TK-Anlagen Hicom 300²⁶. Es werden die S_{2M} -Verbindungen über das ATM-Netz mittels PVC realisiert, wozu im LightStream 1010 die E1-CES-Karte²⁷ und in der Hicom 300 die DIUS2-Karte installiert werden müssen. Diese Anordnung zeigt die Abbildung 5.34

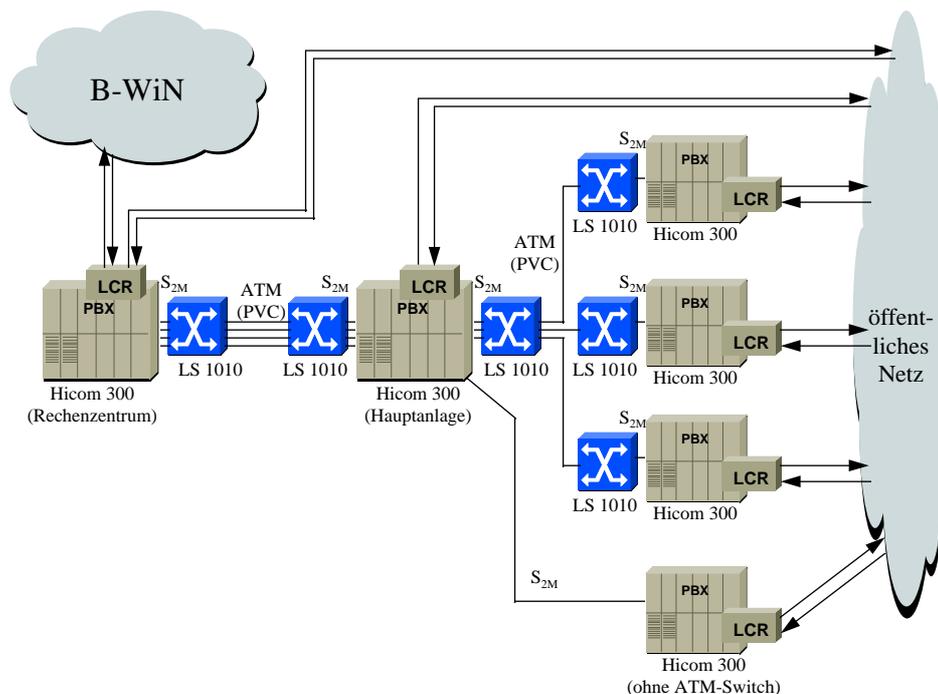


Abbildung 5.34: Prinzip des TK-Netzes mit Hicom 300

²⁶ Der Softwarestand der TK-Anlagen Hicom 300 müßte vom 3.3 auf 3.6 geändert werden, um eine Zusammenarbeit mit dem ATM-Netz zu ermöglichen.

²⁷ Die LightStream 1010 unterstützen ab dem Softwarestand 11.2.5 des IOS den Betrieb der E1-CES-Karten. Alle ATM-Switches sind bei Variante 1 aufzurüsten.

Das ATM-Netz wird lediglich als Transportmedium für die Sprachinformationen benutzt, die vielfältigen Möglichkeiten der ATM-Technik werden nicht ausgeschöpft. Die Vermittlung erfolgt in den TK-Anlagen, d.h. auf ISDN-Ebene. Standorte ohne ATM-Switch werden über Festverbindungen mit der Hauptanlage verbunden.

Die Mehrzahl der TK-Anlagen verfügt über einen Zugang zum öffentlichen Fernsprechnet. Es ist notwendig, jede dieser Anlagen mit einer kostenintensiven LCR-Software (Least Cost Router) zu versehen, da in jeder PBX entschieden werden muß, ob das gewünschte externe Gespräch über das öffentliche Netz (City und Region 50) oder über das B-WiN (> Region 50) geleitet werden soll. In diesem Fall sind mehrere Routing-Tabellen in den jeweiligen LCR zu pflegen und bei Änderungen der Gebührenstruktur anzupassen, was einen höheren finanziellen Aufwand im Vergleich zu einer Lösung mit nur wenigen Least Cost Routern verursacht.

Ferngespräche, die über das B-WiN geführt werden, werden über die Hauptanlage in das Rechenzentrum geleitet, wo der Übergang in das B-WiN erfolgt. Dadurch wird die Hauptanlage und die Verbindung von der Hauptanlage zum Rechenzentrum stark durch externen Verkehr belastet. Es muß eine entsprechende Anzahl S_{2M} -Verbindungen (als PVC im ATM-Netz reserviert) bereitgestellt werden, um keine Blockierungen auftreten zu lassen. Ein Ausfall der Hauptanlage (im Sternpunkt) führt bei einem Sternnetz zu einem Zusammenbruch des gesamten TK-Netzes, was durch zusätzliche Sicherungsmaßnahmen abgefangen werden muß, um die Verfügbarkeit zu erhalten.

Dieser Ansatz ist praktikabel, stellt jedoch keine technisch optimale Lösung dar. Das Netz wird lediglich umgebaut, in seiner Funktion aber nicht verbessert.

5.2.2 Einsatz von Hicom 300 E

Die zweite Möglichkeit der Einbindung der TK-Anlagen in das ATM-Netz beruht auf dem Einsatz von TK-Anlagen Hicom 300 E. Alle PBX-Systeme der Universität, die in das ATM-Netz eingebunden werden sollen, werden auf den Stand Hicom 300 E ausgebaut und können somit direkt in das ATM-Netz integriert werden. Abbildung 5.35 zeigt die Struktur dieser Variante.

Die Hauptanlage wird als Hicom 300 E an das ATM-Netz angeschlossen und behält ihre bisherige Funktion für einen Teil der Unteranlagen bei. PBX-Systeme an Standorten ohne ATM-Switch verbleiben auf dem Stand Hicom 300 und werden über S_{2M} -Verbindungen an

die Hauptanlage gekoppelt. An Standorten, die über einen ATM-Switch Zugang zum Universitätsbackbone haben, werden die auf Hicom 300 E erweiterten TK-Anlagen über die STMA-Karte direkt an das ATM-Netz angeschlossen. Eine Hicom 300 E wird im Rechenzentrum mit LCR ausgerüstet und eine weitere als Gateway zum B-WiN bzw. zum öffentlichen Netz installiert. Alle externen Gespräche von TK-Anlagen Hicom 300 E von Standorten mit ATM-Switch werden direkt als SVC zum Rechenzentrum geschaltet. Dort wird durch den LCR entschieden, ob sie über das B-WiN (> Region 50) oder das öffentliche Netz (City und Region 50) vermittelt werden. In den Hauptanlagen H und M werden außerdem LCR installiert, da hier weitere Übergänge ins öffentliche Netz, nicht jedoch ins B-WiN bestehen. Es sind in diesem Netz nur drei LCR erforderlich, was den Administrations- und Wartungsaufwand erheblich (gegenüber der oben vorgestellten Variante) senkt. Auf Änderungen der Gebührenstruktur der Netzdienstanbieter kann flexibel und schnell reagiert werden.

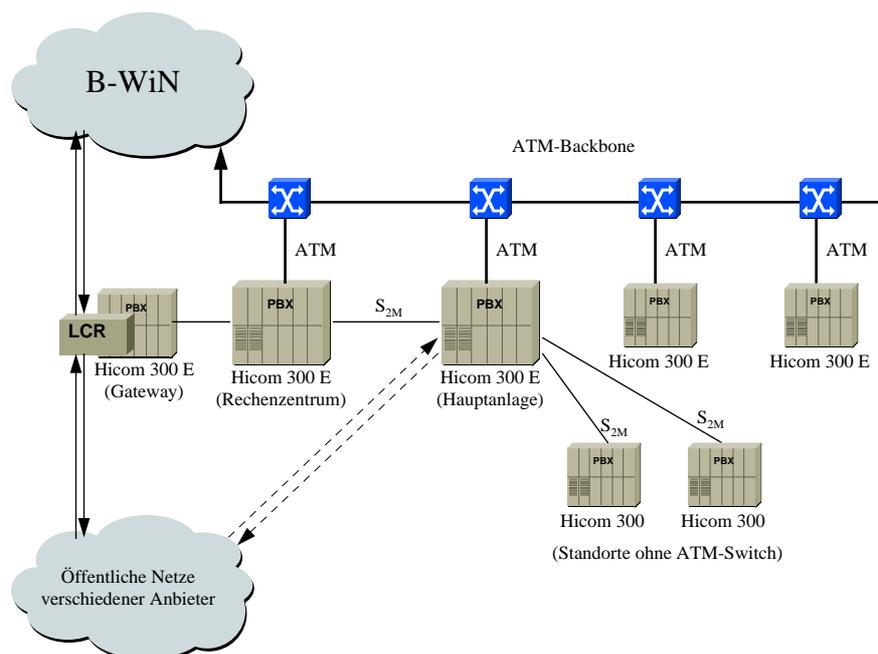


Abbildung 5.35: Prinzip des TK-Netzes mit Hicom 300 E

Über den direkten Anschluß der Hicom 300 E an das ATM-Netz sind Dienstmerkmale des Basic Call nutzbar.

Zwischen der TK-Anlage des Rechenzentrums und der Hauptanlage wird eine S_{2M} -Verbindung installiert, die nicht über das ATM-Netz geführt werden sollte. Diese Verbindung dient im Normalbetrieb der Anlagenvernetzung. Auf diese Weise können CorNet-N-spezifische Dienstmerkmale genutzt werden. Bei Ausfall eines Teils des ATM-Netzes (LWL-Kabel) kann diese S_{2M} zu Ersatzschaltzwecken eingesetzt werden. Neben der TK-Anlage des Rechenzentrums verfügt die Hauptanlage über einen Zugang zum öffentlichen Netz, um in Störsituationen Ersatzwege über dieses Netz nutzen zu können.

Diese Variante bietet neben der Nutzung des ATM-Backbone als Transportmedium für die Sprachübertragung eine echte Integration des TK-Netzes in das ATM-Netz. Die Vermittlung erfolgt auf ATM-Ebene. Es können von den TK-Anlagen unterschiedliche Endgeräte (Multimedia-PC, ATM-Workstation) erreicht werden. Einen Nachteil stellt der Fakt dar, daß über das ATM-Netz hinweg lediglich die Dienstmerkmale des Basic Call genutzt werden können.

5.2.3 Vorschlag für die Migration zu einem integrierten Sprach- und Datennetz an der Universität Rostock

Für die Migration zu einem integrierten Sprach- und Datennetz an der Universität Rostock existieren hinsichtlich des technischen Konzepts die weiter oben beschriebenen zwei verschiedenen Ansätze. An dieser Stelle werden beide Varianten im zukünftig möglichen Vollausbau des Netzes vorgestellt. Die Netzstruktur ergibt sich aus der jetzigen Struktur des TK-Netzes und der Anordnung der ATM-Switches an den Teilstandorten der Universität. In beiden Fällen werden Übergänge ins öffentliche Netz an den Hauptanlagen des Hochschulbereiches (H) und der Medizinischen Fakultät (M) sowie im Rechenzentrum vorgesehen. In den TK-Anlagen H und M müssen LCR entscheiden, ob der gehende Verkehr ins öffentliche Netz oder (bei Entfernungen oberhalb der Region 50) weiter zum Rechenzentrum und von dort über das B-WiN geführt werden. Bei Verbindungen von Standorten mit ATM-Switch übernimmt die TK-Anlage des Rechenzentrums die LCR-Funktion.

5.2.3.1 Einsatz von Hicom 300

Die Hicom 300 an Standorten mit ATM-Switch (H, H4, H5, H8, H9, H10, H13, H14, H19, M und M1) werden gemäß Variante 1 mittels S_{2M} mit den ATM-Switches (E1-CES-PAM) verbunden. Diese Private Branch Exchanges müssen mit dem Softwarestand 3.6 ausgestattet

werden. Über einen zu installierenden Gateway erfolgt im Rechenzentrum der Übergang ins B-WiN. Die TK-Anlagen an Standorten ohne ATM-Switch werden wie bisher mit Hilfe von Festverbindungen mit den jeweiligen Hauptanlagen (H bzw. M) verbunden. Übergänge ins öffentliche Netz bestehen lediglich an den beiden Hauptanlagen H und M sowie im Universitätsrechenzentrum. Zu Ersatzschaltzwecken können an besonders sicherheitskritischen TK-Anlagen (z.B. im medizinischen Bereich) wählbare Übergänge ins öffentliche Netz für den Havariefall vorgesehen werden.

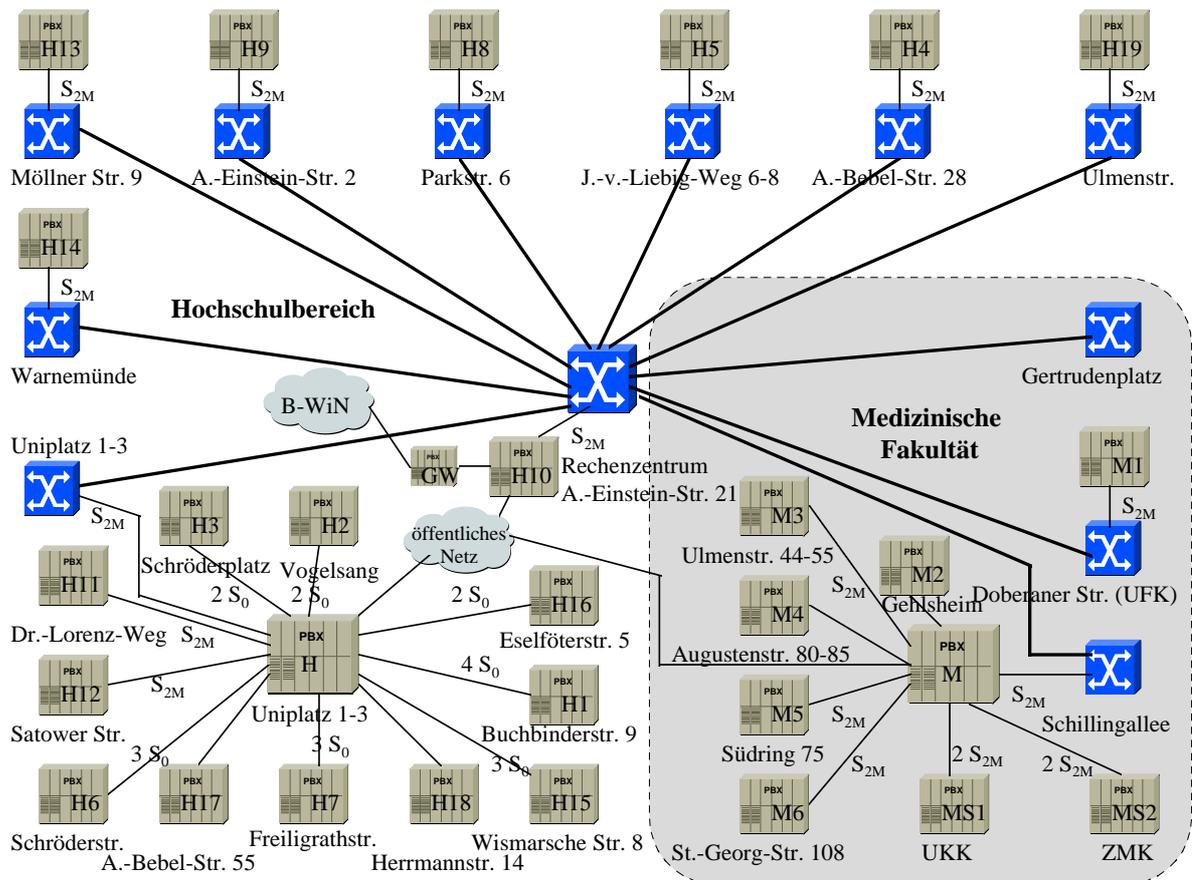


Abbildung 5.36: Integriertes TK- und Datennetz mit Hicom 300

Die Abbildung 5.36 zeigt die Ausbauvariante mit dem ausschließlichen Einsatz von TK-Anlagen Hicom 300 im gesamten Universitätsbereich.

5.2.3.2 Einsatz von Hicom 300 E

Gemäß Variante 2 kommen an den Standorten mit ATM-Switch (H, H4, H5, H8, H9, H10, H13, H14, H19, M und M1) TK-Anlagen Hicom 300 E mit ATM-Funktionalität zum Einsatz. Die TK-Anlagen an Standorten ohne ATM-Switch verbleiben auf dem Stand Hicom 300 und werden wie bisher mit Hilfe von Festverbindungen mit den jeweiligen Hauptanlagen (H bzw.

Die Variante 2 mit Einsatz der TK-Anlagen Hicom 300 E ist die technisch zukunftsicherere Lösung gegenüber Variante 1. Trotz der in Kapitel 2, Abschnitt 2.4.3 erwähnten Nachteile hinsichtlich der mangelnden Erprobung in großen Netzen wird diese Variante favorisiert.

Ein erster Ausbauschritt beinhaltet die Migration der TK-Anlagen im Universitätshauptgebäude und im Rechenzentrum (H und H10) von Hicom 300 zu Hicom 300 E. Hier können die Eigenschaften der TK-Anlagen Hicom 300 E und ihrer Vernetzung nachgewiesen und erprobt werden. Durch die direkte ATM-Verbindung wird diese hochfrequentierte Verbindung²⁹ zwischen der Hauptanlage H und der H10 den Sprachverkehr sehr gut bewältigen.

In einem zweiten Schritt werden alle anderen Hicom 300 an Standorten mit ATM-Switch zu Hicom 300 E migriert. Langfristig ist die Umsetzung des Knotens des Hochschulnetzes vom jetzigen Standort (Universitätshauptgebäude) ins Rechenzentrum angeraten, um die physikalische und logische Netzstruktur des TK-Netzes der Hochschule in Übereinstimmung zu bringen. Dies würde die Belastung der Verbindung H-H10 herabsetzen.

Bei der Planung der Umgestaltung des TK-Netzes ist der Aufbau des zukünftigen mathematisch-naturwissenschaftlichen Zentrums der Universität Rostock in der Südstadt (Albert-Einstein-Straße) zu berücksichtigen. Dieses Zentrum wird eine Umverteilung des TK-Verkehrsaufkommens bezogen auf die geographischen Standorte der Universität Rostock herbeiführen.

5.2.3.3 Verkehrswertberechnung

Für die zukünftige integrierte Netzstruktur³⁰ wurde eine Verkehrswertberechnung zur Ermittlung der erforderlichen Kanalzahlen der einzelnen Verbindungen für den Sprachverkehr vorgenommen (s. Anhang D, [Anlage]).

²⁹ Die Verbindung zwischen H und H10 wird deshalb überdurchschnittlich belastet, weil der Sternpunkt des Glasfasernetzes im Rechenzentrum liegt, während sich der des TK-Hochschulnetzes im Universitätshauptgebäude befindet (z.B. wird ein internes Gespräch von H9 nach H14 von H9 ins Rechenzentrum, von dort zur Hauptanlage (wo die Vermittlung stattfindet), wieder zurück ins Rechenzentrum und von dort zur H14 geführt). Dieser Effekt entsteht dadurch, daß logische und physikalische Netzstruktur nicht übereinstimmen.

³⁰ Die Ausbaumöglichkeiten des integrierten Netzes unterscheiden sich strukturell nicht, so daß eine gemeinsame Verkehrswertberchnung sowohl für Variante 1 als auch Variante 2 zutreffend ist.

Da der Berechnung eine gleichmäßige Verkehrsverteilung zur Hauptverkehrsstunde zugrunde gelegt wurde, sind die errechneten Werte nicht in jedem Fall die praktisch tatsächlich zu nutzenden. Für die internen Festverbindungen der TK-Anlagen an Standorten ohne ATM-Switch werden weniger S_{0FV} ausreichend sein, während die Leitungen der Medizinischen Fakultät aufgrund der unbedingten Erreichbarkeit großzügig ausgelegt sein müssen. Auf der Basis von Verkehrsmessungen in der ersten Phase nach der Inbetriebnahme des umgestalteten TK-Netzes können die Kanalanzahlen der internen Verbindungen und der Anschlüsse zum öffentlichen Netz optimiert werden. Ebenso sind die Amtsverbindungen in der vorgeschlagenen Weise mit mehr Sprachkanälen als unbedingt erforderlich zu dimensionieren. Tabelle 5.11 enthält die erforderlichen Kanalanzahlen für den Sprachverkehr³¹.

Tabelle 5.11: Ergebnisse der Verkehrswertberechnung für das integrierte Netz

Verbindung	erforderliche Kanalzahl	Bandbreite (Anzahl FV)	Verbindung	erforderliche Kanalzahl (64 kbit/s)	Bandbreite (Anzahl FV bzw. kbit/s)	Bandbreite mit Kompression
H1-H	18	1 S_{2MFV}	H4-H10	40	2560	640
H2-H	13	6 S_{0FV}	H5-H10	38	2432	608
H3-H	13	6 S_{0FV}	H8-H10	29	1856	464
H6-H	13	6 S_{0FV}	H9-H10	42	2688	672
H7-H	13	6 S_{0FV}	H13-H10	31	1984	496
H11-H	16	1 S_{2MFV}	H14-H10	47	3008	752
H12-H	16	1 S_{2MFV}	H19-H10	16	1024	256
H15-H	18	1 S_{2MFV}	M1-H10	94	6016	1504
H16-H	13	6 S_{0FV}	H10-H	51	3264	816
H17-H	13	6 S_{0FV}	H10-M	115	7360	1840
H18-H	13	6 S_{0FV}				
M2-M	46	2 S_{2MFV}	H10-B-	156	9984	2496

³¹ Die Zuordnung der TK-Anlagen-Kurzbezeichnungen zu den einzelnen Standorten ist Abbildung 5.37 bzw. Anhang D zu entnehmen.

Tabelle 5.11: Ergebnisse der Verkehrswertberechnung für das integrierte Netz

Verbindung	erforderliche Kanalzahl	Bandbreite (Anzahl FV)	Verbindung	erforderliche Kanalzahl (64 kbit/s)	Bandbreite (Anzahl FV bzw. kbit/s)	Bandbreite mit Kompression
			WiN			
M3-M	24	1 S _{2MFV}				
M4-M	24	1 S _{2MFV}	H-Amt	54	3 S _{2M}	
M5-M	24	1 S _{2MFV}	M-Amt	83	4 S _{2M}	
M6-M	22	1 S _{2MFV}	H10-Amt	32	2 S _{2M}	
MS1-M	72	3 S _{2MFV}				
MS2-M	42	2 S _{2MFV}				

Wird Variante 1 der Umgestaltung des TK-Netzes angewendet, müssen für die einzelnen internen Verbindungen $\frac{\text{Anzahl der Kanäle}}{30}$ E1-Verbindungen eingerichtet werden. Diese

Forderung ist mit den verfügbaren E1-CES-Karten problemlos zu erfüllen, da sie über jeweils vier E1-Ports verfügen. Im ATM-Netz wird jedoch die Bandbreite für die eingerichteten E1-Verbindungen reserviert, so daß pro eingerichtetem E1-PVC eine Bandbreite von 2 Mbit/s permanent dem Datenverkehr im ATM-Backbone nicht mehr zur Verfügung steht. Die Anzahl der E1-PVC kann deshalb nicht beliebig erhöht werden.

Variante 2 bietet den Vorteil, daß für den Sprachverkehr eine 1:4-Sprachkompression der Hicom 300 E genutzt werden kann. Es ist damit pro Sprachkanal eine Bandbreite von 16 kbit/s erforderlich. Die in der Hauptverkehrsstunde maximal für den Sprachverkehr im Universitätsbackbone benötigte Bandbreite geht bei dieser favorisierten Variante nicht über 2 Mbit/s hinaus. Lediglich die Anbindung an das B-WiN erfordert eine größere Bandbreite.

Aus nachrichtenverkehrstheoretischer Sicht stellt die Variante 2 die günstigste Lösung für die Integration von Sprach- und Datenverkehr im ATM-Netz der Universität Rostock dar, da die Bandbreiteressourcen effizient genutzt werden können

5.3 Ersatzwegschaltung bei teilweisem Ausfall der Infrastruktur

Für den Fall eines temporären Ausfalls eines Teils des ATM-Backbones (z.B. durch Zerstörung eines LWL-Kabels) müssen Ersatzwege für den Sprach- und Datenverkehr

bereitgestellt werden. Da die Sprachübertragung im Vordergrund dieser Arbeit steht, soll auf diesen Aspekt eingegangen werden.

Fällt ein Teil des ATM-Backbones zeitweilig aus, so können von abgeschnittenen Standorten keine externen Verbindungen und Verbindungen zu anderen TK-Anlagen-Standorten innerhalb des Universitätsnetzes aufgebaut werden. In diesem Fall ist unverzüglich eine automatische Ersatzwegschaltung durch die betreffende TK-Anlage vorzunehmen. Es ist wirtschaftlich und technisch vorteilhaft, zum Zweck der Ersatzschaltung keine redundanten permanenten Kabelverbindungen im ATM-Backbone einzurichten, sondern diese Ersatzschaltung über das öffentliche ISDN zu führen. Gespräche von einer TK-Anlage eines abgeschnittenen Standortes zu Teilnehmern im universitären Netz werden über das Ortsnetz im ISDN geführt. Ferngespräche werden über das öffentliche ISDN zum nächstgelegenen B-WiN-Hauptknoten (Hamburg) geleitet und von dort (wie im Kapitel 2 beschrieben) zum Zielteilnehmer weitervermittelt. Ist der defekte Teil der Infrastruktur wieder funktionstüchtig, erfolgt eine automatische Umschaltung in den Normalbetrieb ohne Nutzung des öffentlichen ISDN.

Um effiziente Ersatzschaltungen zu ermöglichen, sind für jede TK-Anlage wählbare Austrittspunkte aus dem Universitätsnetz in das öffentliche ISDN vorzusehen.

Für die Nutzung des öffentlichen ISDN bei Ersatzschaltmaßnahmen ist ein Vergleich zwischen den Angeboten der Deutschen Telekom AG und alternativer regionaler (z.B. HEVAG, Stadtwerke Rostock) und überregionaler (z.B. Arcor, o.tel.o, VIAG Interkom) Diensteanbieter aus wirtschaftlicher Sicht angeraten. Da die Tarife zukünftig sich stark und in rascher Abfolge ändern werden, ist ein manueller Vergleich nicht ausreichend. Deshalb werden Least Cost Router (LCR) eingesetzt.

5.4 Datenschutz und Datensicherheit

Der Datenschutz beinhaltet den Schutz der Daten bzw. Sprachinformationen vor unberechtigtem Zugriff und vor Manipulation durch nicht autorisierte Personen. Der Datenschutz ist hauptsächlich durch administrative Maßnahmen, wie Vergabe von Zugangsberechtigungen, sinnvolle Paßwortnutzung, Sperrung nicht genutzter Ports usw., zu realisieren.

Die Datensicherheit charakterisiert die Sicherheit, die einer gewünschten Übertragung durch die zur Verfügung stehenden Übertragungseinrichtungen entgegengebracht wird, um diese

Übertragung von der Quelle zur Senke ungestört durchzuführen. Wichtige Merkmale der Datensicherheit sind der Grad der Verfügbarkeit sowie die Systemsicherheit und -stabilität der notwendigen Geräte und Übertragungssysteme. Die Schaltung alternativer Wege im Havariefall ist eine wichtige Maßnahme, um die System- und damit die Datensicherheit zu gewährleisten.

5.4.1 Schutz- und Sicherheitsbedürfnisse

Schutzbedürfnisse bestehen sowohl gegenüber eines unberechtigten Zugriffs von außen (Internet, ISDN) auf das Universitätsnetz, als auch innerhalb des Universitätsnetzes. Die internen Schutzbedürfnisse lassen sich wie folgt unterscheiden:

- Schutz vor unberechtigten Zugriffen auf das Verwaltungs-, Medizin- bzw. Wissenschaftsnetz der Universität aus den jeweils anderen Bereichen (vertrauliche Personal-, Patienten- bzw. Forschungsinformationen)
- Schutz vor unberechtigten Zugriffen auf vertrauliche Daten innerhalb eines Teilnetzes
- Schutz vor unberechtigten Zugriffen von Personen, die sich zufällig oder arbeitsbedingt in den Räumlichkeiten der Universität aufhalten

Durch die zukünftige gemeinsame Nutzung des ATM-Netzes der Universität für Sprach- und Datenverkehr sind weitere Schutz- und Sicherheitsprobleme zu beachten. Dazu zählen:

- Läßt sich der Sprachverkehr von Datennetzen (LAN) aus abhören bzw. manipulieren?
- Der ATM-Dienst CBR, der zur Sprachübertragung verwendet wird, verfügt über die höchste Priorität in ATM-Netzen, um die Verzögerungszeiten in einem für die Sprachübertragung akzeptablen Rahmen zu halten. Werden dadurch Datenanwendungen in ihrer Performance unzulässig beeinflußt?
- Stört die Sprachübertragung die Sicherheit der Datenübertragung (unzulässiges Einfügen und Verwerfen von ATM-Zellen)?

In der Phase der Integration der Sprachübertragung in das ATM-Netz sind diese Probleme zu beachten und Sicherheitstests durchzuführen, die auf die speziellen Bedürfnisse der Universität Rostock zugeschnitten sind.

[Habe97] [Krüg97]

5.4.2 Maßnahmen zur Gewährleistung des Datenschutzes und der Datensicherheit

Um den Schutzbedürfnissen (vorrangig für das Datennetz) zu genügen, sind folgende Maßnahmen möglich und erforderlich:

- Zugangskontrolle (Paßworte, Smart Cards, Biometrik)
- Anwendung von Datenverschlüsselungsverfahren (z.B. DES, Kerberos) auf potentiell unsicheren Übertragungsabschnitten (z.B. zu entfernten Hosts des Internet)
- Nutzung von Sicherheitsprotokollen (TACACS, RADIUS)
- Einsatz von Firewall-Systemen
- Sperren von freien Ports an Routern, Hubs und Switches

Der Einsatz dieser Maßnahmen ist abhängig von den Universitätsbereichen und zu schützenden Daten. So wird nur für Rechner mit äußerst vertraulichen Daten oder bei der Fernadministration von Netzwerkkomponenten ein Einsatz von Smart Cards bzw. biometrischen Verfahren (Fingerabdruck o.ä.) als Zugangskontrolle in Frage kommen, während bei der Mehrzahl ein Paßwortschutz ausreichend ist. Für den Einsatz von Datenverschlüsselungsverfahren ist jeder Nutzer verantwortlich, der sicherheitsrelevante Daten versendet. [Habe97]

5.4.3 Derzeitiger Stand der Netzsicherheit im Universitätsnetz

Eine wirksame Maßnahme für den Schutz vertraulicher Daten ist die Unterteilung des Datennetzes der Universität in die drei Teilnetze der medizinischen Fakultät, der Verwaltung und des Wissenschaftsbereiches. Jedes der drei Teilnetze verfügt über einen zentralen Router, über welchen die Kommunikation mit den jeweils anderen Teilnetzen abgewickelt wird. Die Kommunikation zwischen den drei Teilnetzen kann nur über den durch die Router vorgegebenen Regelweg erfolgen, wodurch eine Zugangskontrolle erreicht wird. Lediglich des Wissenschaftsnetz hat Zugang zum Internet über das B-WiN. Ein Firewall-System für den Zugang zum B-WiN existiert derzeit nicht. Bereits realisiert sind ein Konfigurationsschutz der aktiven Komponenten über das System Cisco Secure³², welches eine optimale Kompatibilität

³² CiscoSecure unterstützt neben Netzwerkkomponenten des Herstellers Cisco Systems alle Netzkomponenten, die über TACACS+ oder RADIUS verfügen.

mit den aktiven Netzwerkkomponenten des Herstellers Cisco Systems gewährleistet, und ein zentraler Zugangsschutz.

Einen allgemeinen Überblick über die Sicherheit in informationstechnischen Systemen gibt [Kers95]. Eine ausführliche Analyse und Bewertung der Netzsicherheit des Rostocker Universitätsnetzes und der erforderlichen Systeme und Verfahren wird in [Habe97] gegeben.

5.5 Projekte anderer Einrichtungen und Institutionen zur Sprach-Daten-Integration in ATM-Netzen

An anderen deutschen Hochschulen, Universitäten und Unternehmen wird ebenfalls an der Integration von Sprach- und Datenkommunikation auf einem ATM-Backbone gearbeitet. Einige dieser Projekte sollen hier vorgestellt werden.

5.5.1 Gesamthochschule Kassel

Die Netze für Sprach- und Datenkommunikation an der Gesamthochschule Kassel waren vor der Einführung des ATM-Netzes im Backbonebereich strukturell getrennt. Das Datennetz bestand aus strukturierter Verkabelung mit Ethernet-LANs in der Peripherie und einem FDDI-Netz im Backbone. Die Hauptstandorte waren über Mono-Mode-Glasfasermietleitungen (10 Mbit/s) der Deutschen Telekom AG miteinander verbunden. Jeder Standort verfügt zur Sprachkommunikation über eine TK-Anlage Hicom 300, die ebenfalls über Mietleitungen verbunden wurden.

Die Umstellung des Backbones auf ATM leitete eine sanfte Migration zur Technik des Asynchronous Transfer Mode ein. Für die Zukunft ist der ATM-Anschluß bis zum Anwender geplant. Es konnte eine deutliche Kostenreduktion bei den Mietleitungen erzielt werden, da ein großer Teil von ihnen entfällt (deren Funktionalität wird vom ATM-Backbone übernommen).

An die zentrale ATM-Vermittlung ist jeder Hochschulstandort über 155 Mbit/s-Single-Mode-Glasfaserleitungen angeschlossen. Die Konfiguration des Netzes ist an allen Standorten identisch: Vom ATM-Backbone-Switch ausgehend bindet ein Router den FDDI-Ring und damit die gesamte Datenkommunikationsinfrastruktur an. Ein Terminaladapter stellt die Verbindung zwischen ATM-Switch und TK-Anlage her (Abbildung 5.38).

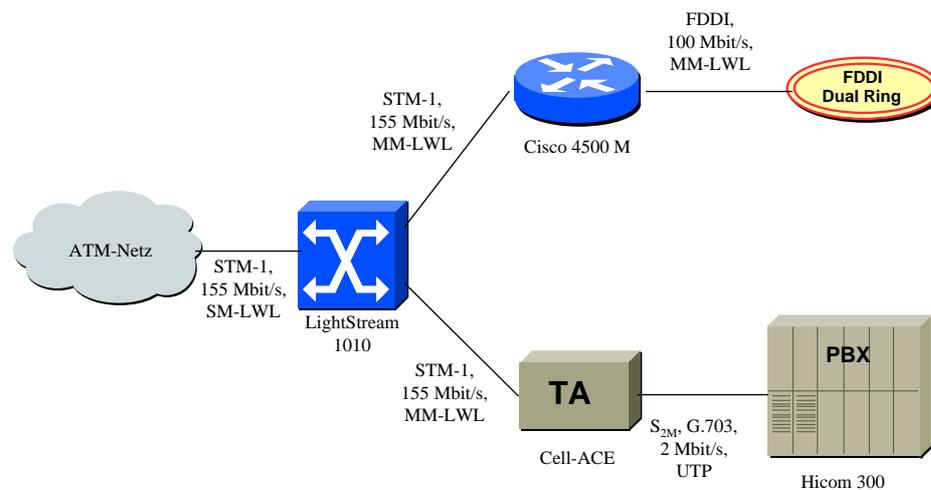


Abbildung 5.38: ATM-Netz eines Standortes der Gesamthochschule Kassel [uni-ks]

Als zentraler ATM-Switch kommt der LightStream 1010 des Herstellers Cisco Systems zur Anwendung. Die Verbindung zum ATM-Backbone stellt ein STM-1-Link (155 Mbit/s) über Mono-Mode-Glasfaser her. Die standortinternen Verbindungen werden über Multi-Mode-Glasfaserleitungen realisiert. Vom ATM-Switch LightStream 1010 zweigt jeweils eine 155 Mbit/s-Verbindung zum Router (Cisco 4500 M) und zum Terminaladapter (Cell-ACE des Herstellers Cellware [www.cell]) ab.

Der Router dient der Kopplung der FDDI-Ringe mittels LAN Emulation (LANE) auf der Basis von Switched Virtual Circuits (SVC). Darüber wird IP-Routing betrieben.

Der Terminaladapter stellt Primärmultiplexverbindungen (S_{2M} , E1) zwischen dem ATM-Switch und der TK-Anlage her. Über Permanent Virtual Circuits (PVC) und E1-Leitungsemulation werden S_{2M} -Festverbindungen emuliert. Es existiert eine S_{2M} -Verbindung vom Zentralstandort zu jedem Außenstandort. Neben der Vernetzung der TK-Anlagen zu

einem privaten Netz ist jede von ihnen an das öffentliche Netz der Deutschen Telekom AG angeschlossen. Der interne Telefonverkehr der Gesamthochschule Kassel wird über den eigenen ATM-Backbone geführt. Es wird das Protokoll CorNet N verwendet.

Die Umstellung des Daten- wie auch des Sprachverkehrs auf das ATM-Netz an der Gesamthochschule Kassel gelangen innerhalb eines Tages und verliefen problemlos. Durch die Investition (Hardware, Glasfaserleitungen) und den Wegfall der Kosten für die Mietleitungen ergab sich eine Gesamtkosteneinsparung von etwa 50%. Die den Anwendern zur Verfügung stehende Bandbreite erhöhte sich etwa um den Faktor 12 (von 12 auf 155 Mbit/s).

[uni-ks]

Zur Realisierung des Anschlusses der TK-Anlage Hicom 300 an den ATM-Switch LightStream 1010 im Labor für Kommunikationssysteme der Universität Rostock besteht der Unterschied, daß diese Anbindung in Rostock direkt über die E1-Schnittstellenkarte des ATM-Switches erfolgt. Es wird auf einen externen Adapter, der E1-Signale in ATM-Zellströme umsetzt, verzichtet³³. Diese Funktionen übernimmt der LightStream 1010 über seine E1-Schnittstellenkarte.

5.5.2 Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Die Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main ist über mehrere Standorte im Stadtgebiet verteilt. Seit Anfang des Jahres 1992 existiert an der Universität ein leistungsfähiges Datennetz. Die sechs größeren Teilstandorte der Universität wurden durch angekaufte Mono-Mode-Glasfasern verknüpft. Diese Lichtwellenleiter bilden zusammen mit den Glasfaserstrecken innerhalb der einzelnen Standorte zunächst einen 100 MBit/s FDDI-Backbone, an dem über Multiprotokollrouter ca. 150 lokale Netzwerke, zumeist auf Ethernet-Basis, angeschlossen sind. Die TK-Anlagen der Universitätsstandorte wurden über S_{2M}-Festverbindungen verknüpft. Daten- und Sprachkommunikationsnetz waren auf diese Weise strukturell getrennt.

Im Rahmen der Umstellung auf neue digitale Telekommunikationsanlagen an den Standorten sollte eine Sprach-Daten-Integration auf einem Universitätsbackbone durchgeführt werden,

³³ Zu dem Zeitpunkt, als an der Gesamthochschule Kassel die Sprachübertragung in das ATM-Netz integriert wurde, war die E1-CES-Schnittstellenkarte für den LightStream 1010 noch nicht erhältlich.

um Mietleitungskosten einzusparen. Bereits bestehende Glasfaserverbindungen sollten auf diesem Wege neben der Datenübertragung auch der Sprachkommunikation dienen. Neben dem direkten Einspareffekt soll mit dieser Maßnahme technisch und organisatorisch ein Grundstein für die zukünftige einheitliche Kommunikationsstruktur für Sprache und Daten auf der Basis herstellerübergreifend anerkannter Standards gelegt werden.

Die gewünschte Funktionalität wird mit ATM-Technologie realisiert. Das Herzstück dieser Lösung ist ein 155 Mbit/s-ATM-Backbone-Netz, das sich über alle sechs zu verbindenden Standorte erstreckt. An dieses ATM-Netz werden zum einen verschiedene FDDI- und Ethernet-LANs, zum anderen die lokalen TK-Anlagen angeschlossen.

Als zentraler ATM-Switch kommt ein ASX-200 des Herstellers Fore Systems zum Einsatz. Der ASX-200 unterstützt bis zu 16 Ports mit je 155 Mbit/s und einer Switching Bandbreite von 2,5 Gbit/s (nicht-blockierend). Der ASX-200 ist modular aufgebaut. Mit Hilfe verschiedener Schnittstellenkarten kann der Anschluß von Mono-Mode- oder Multi-Mode-Glasfaserkabel realisiert werden. Die Integration der TK-Anlagen und des FDDI-Ringes erfolgt über den ATM-Access-Switch Cell-Master des Herstellers Cellware [www.cell]. Der Cell-Master bietet sowohl den Private Branch Exchanges – über eine G.703 Schnittstelle – als auch dem existierenden FDDI-Backbone den Zugang zum ATM-Netz. Die Übertragung der Sprache erfolgt über die AAL 1 (konstante Bitrate). Für diesen Zweck ist auf den ATM-Strecken eine Bandbreite von jeweils 2 Mbit/s fest reserviert (PVC). Die Datenübertragung erfolgt über die AAL 5 mit variabler Bitrate. Alle angeschlossenen LANs teilen sich die verbleibende Bandbreite der jeweiligen ATM-Strecken. Eine zusätzliche Anschlußmöglichkeit für LANs an das ATM-Netz bietet der LAN Access Switch LAX-20 (Fore Systems). Der LAX-20 verbindet als Switch das ATM-Netz und die angeschlossenen Ethernet- oder FDDI-LANs miteinander. Je nach Bedarf kann zwischen den auf diese Weise angeschlossenen Netzen ein Bridging oder Routing – auch über das ATM-Netzwerk hinweg – erfolgen.

Abbildung 5.39 gibt einen Überblick über die derzeitige Struktur des Kommunikationsnetzes der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

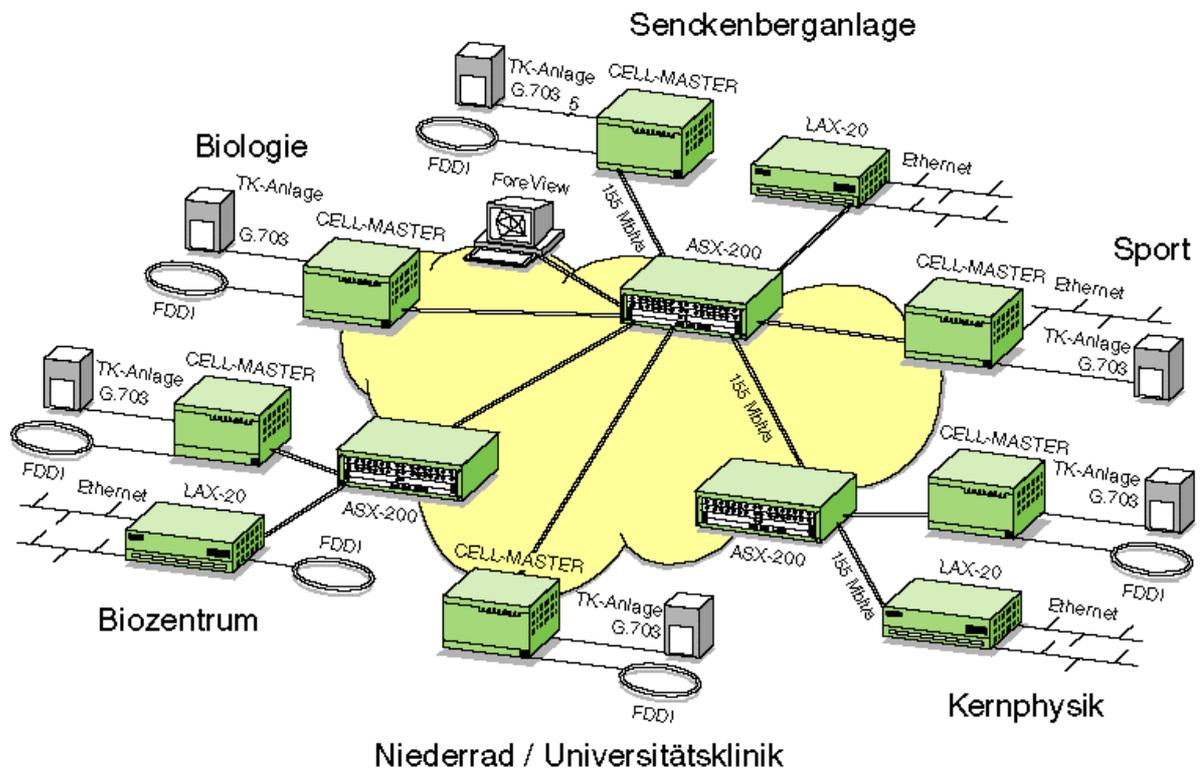


Abbildung 5.39: Kommunikationsnetz der Universität Frankfurt am Main [uni-ffm]

Hinsichtlich der Anforderungen an das Kommunikationsnetz werden verschiedene Standorttypen an der Universität Frankfurt/Main unterschieden. An Universitätsstandorten, wo lediglich die Integration von FDDI-Netz und TK-Anlage gefordert ist, kommt der ATM-Access-Switch Cell-Master zum Einsatz. An Standorten, an denen außerdem LAN-Switching gefordert wird und der direkte Anschluß weiterer Komponenten (wie beispielsweise UNIX-Server) an das ATM-Netz geplant ist, werden zusätzlich LAN Access Switches LAX-20 eingesetzt.

[uni-ffm]

An der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main wird im ATM-Backbone-Netz auf Technik und Produkte anderer Hersteller gesetzt, als an der Universität Rostock. Der ATM-Switch LightStream 1010 übernimmt in Rostock die Funktionen des ATM-Access- und die des zentralen Switches, während diese beiden Funktionen in Frankfurt auf zwei Systeme aufgeteilt werden (ASX-200 und Cell-Master). Der Cell-Master dient der Adaption von TK-Anlagen und FDDI-Netz an den ATM-Backbone. Die Anpassung der S_{2M}-Schnittstelle der

TK-Anlage an ATM übernimmt in Rostock das E1-CES-Port-Adapter-Modul des LightStream 1010. Die Datenkommunikation erfolgt in Rostock über das ATM-Netz.

5.5.3 Pilotprojekt des DFN

Ein Pilotprojekt zur Untersuchung der Sprachübertragung über ATM-Netze mit Blick auf die Nutzung des B-WiN für die Sprachübertragung wurde vom DFN-Verein initiiert. Daran sind die Universitäten Köln, Düsseldorf und Münster, die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen sowie das Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen beteiligt. Die Leitung dieses seit dem 01. Juni 1997 laufenden auf eine Dauer von 18 Monaten ausgelegten Pilotprojektes obliegt dem Rechenzentrum der Universität Köln. Abbildung 5.40 zeigt die Topologie der Verbindung zwischen den am DFN-Pilotprojekt beteiligten Hochschulen.

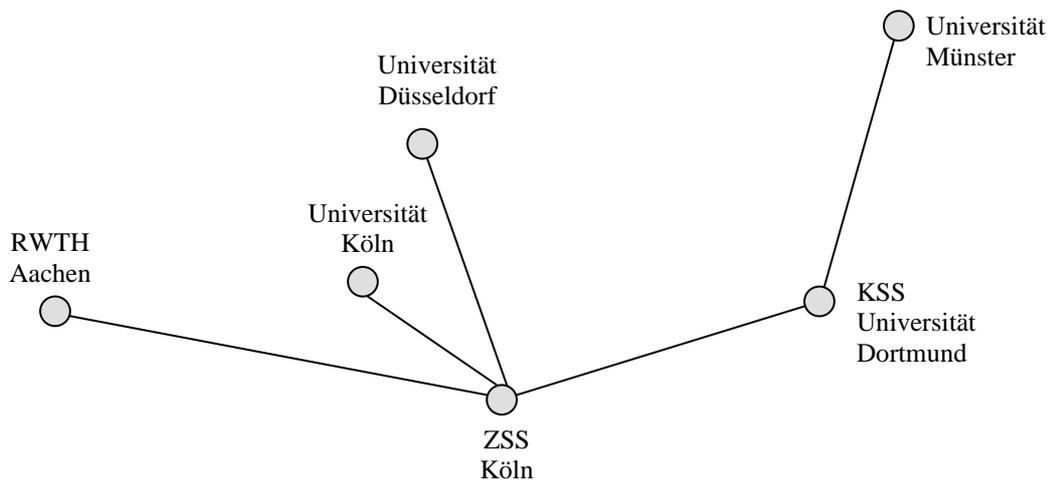


Abbildung 5.40: Am DFN-Pilotprojekt beteiligte Hochschulen [uni-koeln]

Die wesentlichen Ziele dieses Projektes sind:

- Untersuchung der Skalierbarkeit, Managebarkeit und Betriebsstabilität der eingesetzten Technik im Hinblick auf einen B-WiN-weiten Einsatz
- Untersuchung der Interoperabilität mit den im B-WiN eingesetzten GDC-ATM-Switches (Signalisierung, Routing)
- Anbindung von TK-Anlagen unterschiedlicher Hersteller
- Test unterschiedlicher TK-Signalisierungsprotokolle (z.B. QSIG)
- Untersuchung von fortgeschrittenen Verfahren zur Datenreduktion (Sprachpausenerkennung, Kompressionsverfahren (z.B. ADPCM))
- Implementierung des Least Cost Routing (Break-In, Break-Out, Backup, Accounting)

- Management
- Gewinnung von Basisdaten zu einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

Im Pilotprojekt des DFN kommen IGX-Switches des Herstellers Cisco Systems als TK-ATM-Switch zum Einsatz. Sie bieten ein effizientes Queuing im ATM-Bereich, eine effiziente Sprachumsetzung in ATM-Zellen, Verfahren zur Datenreduktion, Echounterdrückung, die Unterstützung verschiedener TK-Signalisierungsprotokolle sowie die Interaktion mit Euro-ISDN an Übergangspunkten zum öffentlichen Netz (Break-In, Break-Out). Abbildung 5.41 zeigt die Anordnung der Netzkomponenten im DFN-Pilotprojekt. [www.dfn] [uni-koeln] [Broc98]

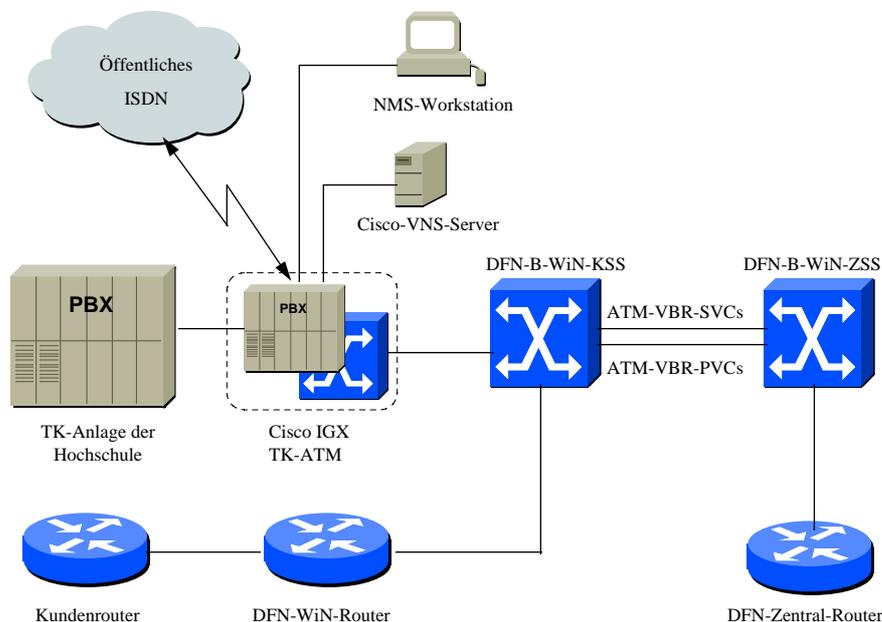


Abbildung 5.41: Anordnung der Netzkomponenten des DFN-Pilotprojektes an einem Standort [uni-koeln]

5.5.4 Interoperabilitätstests Siemens – Cisco

Die Firmen Siemens AG und Cisco Systems beendeten im März 1998 Interoperabilitätstests zwischen einer ATM-Infrastruktur auf der Basis des LightStream 1010 und der TK-Anlage Hicom 300 E erfolgreich. Die Hicom 300 E wurden als ATM- (über STMA) bzw. E1- (über DIUS2) Endgeräte mit ATM-Switches LightStream 1010 verknüpft. Die Kopplung mittels DIUS2-Karte erfolgte auf der Basis des strukturierten Leitungsimulationsdienstes.

6 Realisierung der Kopplung von TK-Anlage und ATM-Switch

Die Kopplung einer TK-Anlage an das ATM-Netz erfolgte mit Hilfe der Komponenten Hicom 300 (Siemens) als PBX und LightStream 1010 (Cisco) als ATM-Switch auf der Basis S_{2M} (Variante 1) im Labor für Kommunikationssysteme des Institutes für Nachrichtentechnik und Informationselektronik an der Universität Rostock.

6.1 TK-Anlage: Hicom 300

Eine Beschreibung der Entwicklung von Telekommunikationsanlagen im allgemeinen wird in [Schl87], [Bind92] sowie [Nold95] gegeben, wobei die Einordnung der PBX Hicom 300 des Herstellers Siemens AG erfolgt.

Die TK-Anlagen der Serie Hicom 300 sind für den Einsatz in Mittel- und Großunternehmen konzipiert. Durch die modulare Struktur lassen sich Lösungen von der Stand-Alone-Anlage zur Sprachkommunikation bis zum unternehmensweiten Netzwerkverbund für Sprach- und Datenübertragung realisieren.

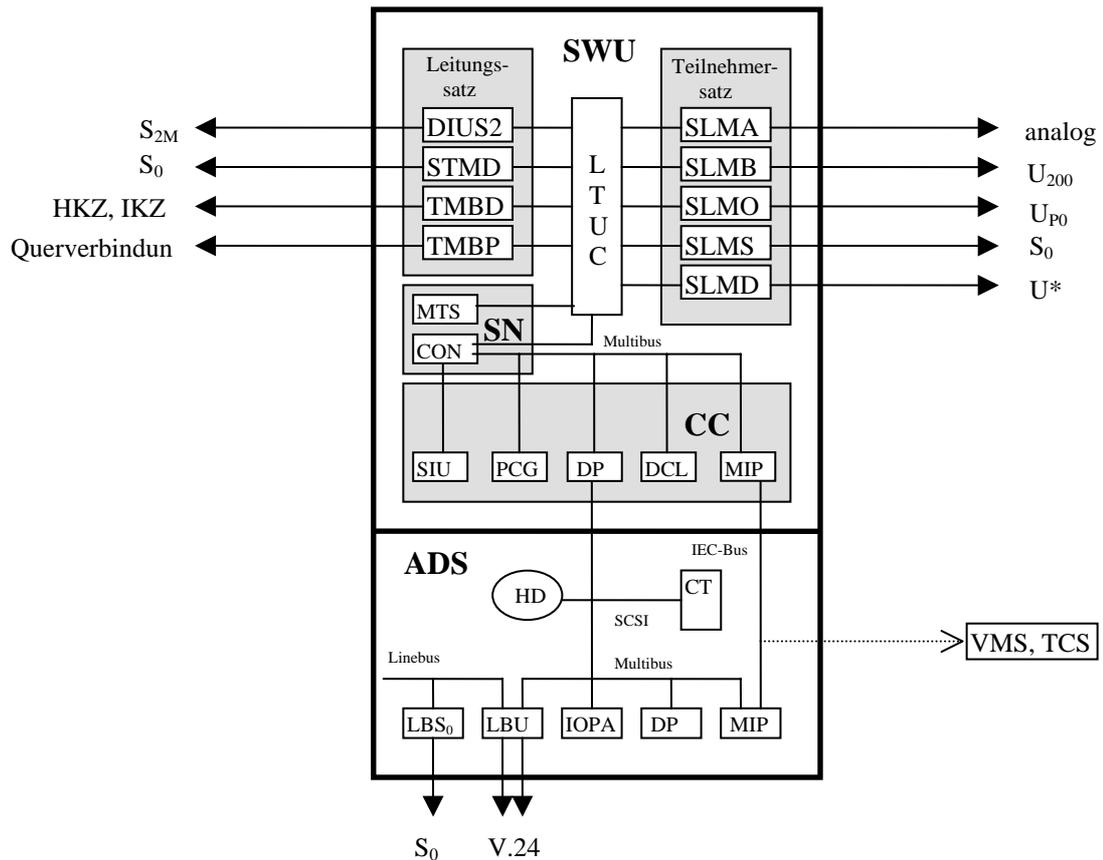


Abbildung 6.42: Struktur der Hicom 300 [Krüg97]

Die wesentlichen Bestandteile der TK-Anlage Hicom 300 sind die Durchschalteinheit (Switching Unit, SWU) sowie integrierte und adaptierte Server. Die Struktur der Hicom 300 mit ihren Funktionsgruppen ist in Abbildung 6.42 dargestellt

Die Switching Unit übernimmt sämtliche Funktionen zur Durchschaltung und zum Transport der Daten und der Sprachinformationen (Kanalvermittlung zwischen den Leitungs- und Teilnehmeranschlüssen). Server sind modulare Einheiten innerhalb der Private Branch Exchange, die durch eigene Intelligenz die jeweils zugeteilten spezifischen Aufgaben erfüllen. Sie verarbeiten und speichern die durch die SWU transportierten Daten und unterstützen den Betrieb der TK-Anlage durch die Bereitstellung von Informationen und Diensten. Es werden integrierte und adaptierte Server unterschieden. Integrierte Server sind in der eigentlichen Private Branch Exchange enthalten; adaptierte Server werden über Adapter mit der TK-Anlage verbunden, um Dienste zur Verfügung zu stellen. Beispiele für Hicom-interne Server sind der Administration and Data Server (ADS), der Voice Mail Server (VMS) sowie der Telecommunications Server (TCS). Typische Endeinrichtungen der Hicom 300 sind

Fernsprechendgeräte, Telematikendgeräte (Faxgerät) und Datenendeinrichtungen (Datenverarbeitungsanlage, LAN).

Detaillierte Informationen zur TK-Anlage Hicom 300, deren Baueinheiten und Funktionsweise finden sich in [Krüg97], [Lan97/2], [Sie94/1], [Sie95/1], [Sie95/2], [Sie96/1], [Bind92], [Schl87], [Jans95], [Hebl93].

Für die Durchführung der Kopplung der Hicom 300 mit dem ATM-Switch LightStream 1010 sind die Leitungssatzbaugruppe DIUS2 (Digital Interface Unit S_{2M}) und eine Teilnehmersatzbaugruppe SLMS (Subscriber Line Modul S_0) erforderlich. Die Baugruppe DIUS2 stellt zwei Primärmultiplexschnittstellen S_{2M} nach Euro-ISDN-Norm bereit, die zum Anschluß der TK-Anlage an das öffentliche ISDN-Netz oder zur Vernetzung mehrerer TK-Anlagen genutzt werden können. Im Rahmen der Kopplung einer Hicom 300 mit dem ATM-Switch LightStream 1010 wird die S_{2M} -Schnittstelle für die Realisierung dieser Verbindung benötigt. Die Baugruppe SLMS³⁴ stellt 8 digitale S_0 -Teilnehmersätze (je 2×64 kbit/s + 16 kbit/s, 4-Draht-Technik) zur Verfügung. Sie wird zum Anschluß von ISDN-Endgeräten ohne eigene Speisung benötigt.

Auf der DIUS2-Karte werden die Signalisierungsdaten (s-Daten) des D-Kanals verarbeitet. Die DIUS2 stellt für den Taktgenerator des Systems einen Referenztakt zur Verfügung, der aus einem der beiden Streckensignale abgeleitet wird.

Wichtige Merkmale der DIUS2 sind:

- Übertragungsrate 2048 kbit/s
- Codierung nach HDB3
- Jedes Streckensignal beinhaltet 30 B-Kanäle, 1 D-Kanal und 1 Synchronisierungskanal pro Strecke
- vieradrige Ausführung der Schnittstelle

Die DIUS2-Karte erzeugt und empfängt E1-Datenströme, deren Eigenschaften in den CCITT-/ITU-T-Empfehlungen [G.703] und [G.704] spezifiziert sind.

³⁴ Da im Labor für Kommunikationssysteme die SLMS-Karte nicht vorhanden ist, wurde die STMD-Karte in Verbindung mit selbstgespeisten ISDN-Endgeräten (z.B. PC mit ISDN-Karte) genutzt.

6.2 Exkurs: Hicom 300 E

Da in den modernen Konzepten für den Ausbau des TK-Netzes der Universität Rostock und der Integration der Sprachübertragung in das ATM-Backbone-Netz der TK-Anlage Hicom 300 E eine zentrale Rolle zukommt, sollen die wichtigsten Merkmale dieser Private Branch Exchange hier vorgestellt werden.

Die PBX Hicom 300 E ist das auf die Hicom 300 folgende ISDN-Kommunikationssystem. Die Hicom 300 E enthält qualitative Verbesserungen, wozu die Sprach-, Daten- und Multimediaintegration, die Möglichkeit der direkten Anbindung an ATM-Netze und die Bereitstellung breitbandiger Datenkommunikationskanäle zu zählen sind. Ein modulares Prozessorkonzept ermöglicht eine flexible Anpassung der PBX Hicom 300 E an sich ändernde Anforderungen bezüglich der Leistung, der Dienstmerkmale, der Ausbaugröße und der Sicherheit.

6.2.1 Multirate Switching

Durch die Zusammenfassung von 6, 24 oder 30 ISDN-B-Kanälen (64 kbit/s) zu H-Kanälen werden breitbandige Datenübertragungskanäle gebildet. Diese Technik der anwendungsorientierten, flexiblen Bandbreitezuteilung wird als Multirate Switching bezeichnet und sorgt für eine Verbesserung der Multimediakommunikation besonders in den Bereichen, die nicht über ATM realisiert werden. Durch die von der ITU-T standardisierten H-Kanäle wird die bisher zwischen S_0 und LAN-/ATM-Technologien bestehende Bandbreitenlücke geschlossen. Die Eigenschaften der drei H-Kanäle sind in Tabelle 6.12 dargestellt.

Bezeichnung	Bitrate	Anzahl der B-Kanäle
H0	384 kbit/s	6
H11	1536 kbit/s	24
H12	1920 kbit/s	30

[Schm96] [Sie97/1] [Sie97/2] [Krüg97] [Schn97]

6.2.2 ATM-Schnittstelle in Hicom 300 E

Die systemimmanente ATM-Interworking Unit (IWU) erlaubt den direkten Anschluß der Hicom 300 E an ein ATM-Netz und damit die Kommunikation mit einer Bitrate von 155

Mbit/s. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, mehrere TK-Anlagen dieses Typs über ein ATM-Backbone zu vernetzen, um effiziente unternehmensweite Kommunikationsinfrastrukturen zu realisieren.

Die Hicom 300 E wird an ein ATM-Netz mittels der ATM-Baugruppe STMA (Subscriber Trunk Module ATM) angeschlossen. Die ATM-Schnittstelle kommuniziert unter Verwendung von Multimode- oder Monomode-Glasfaserkabel mit der Bitrate des STM-1 (155 Mbit/s). Es werden zwei Betriebsarten unterstützt:

– **ATM-Networking**

Mit ATM-Networking lassen sich Hicom 300 E Systeme in ATM-Netze einbinden. Diese Betriebsart ermöglicht somit die Realisierung von ATM-basierten Hicom-Netzen. Die Hicom-Systeme werden über ATM-Festverbindungen gekoppelt. In diesem ATM-Verbund sind die Hicom Networking Funktionen (u.a. CorNet N) nutzbar. Die Kopplung kann sowohl mittels eines ATM-Netzes wie auch direkt (Hicom-zu-Hicom) stattfinden.

Eine STMA kann in der Betriebsart ATM-Networking mittels des Circuit-Emulation-Service- (CES)-Standards bis zu 4 S_{2M} -Verbindungen nachbilden. Jede S_{2M} kann ein individuelles Ziel haben. Im ATM-Netz muß pro S_{2M} -Verbindung (30 B-Kanäle) nur die tatsächlich genutzte Anzahl der B-Kanäle reserviert werden, wodurch eine optimale Nutzung der ATM-Bandbreite erzielt wird.

– **ATM-Interworking**

Mit ATM-Interworking werden Wählverbindungen zwischen ATM und ISDN für Basic-Call unterstützt. Somit werden in einem Hicom-Netz ATM-Verbindungen nur bei Anforderung auf- und abgebaut. Zusätzlich ermöglicht diese Betriebsart die Kommunikation zwischen ISDN- und ATM-Teilnehmern, z.B. für Desktop Video Conferencing (DVC).

Bei ATM Interworking können pro STMA bis zu 120 B-Kanäle geschaltet werden, wobei jeder B-Kanal ein individuelles Ziel haben kann. Das Interworking basiert auf dem Voice-and-Telephony-Over-ATM- (VTOA)-Standard und UNI 4.0 Signalisierung.

Interoperabilität mit ATM-Switch

Die STMA bietet eine standardkonforme ATM-Schnittstelle und stellt somit prinzipiell keine besonderen Anforderungen an den ATM-Switch. Trotzdem sollte die Interoperabilität vorher geprüft werden, falls ein verwendeter ATM-Switch für die STMA noch nicht zertifiziert ist. Folgende Punkte sind generell zu berücksichtigen:

1. Wenn eine Hicom sich auf das ATM-Netz synchronisieren soll, wird zur Taktrückgewinnung ein synchrones ATM-Netz vorausgesetzt. Ansonsten muß die Hicom den Netztakt über eine separate Leitung (z.B. S₀) erhalten.

1. Bei ATM-Interworking wird UNI 4.0 vorausgesetzt.

[Schm96] [Sie97/1] [Sie97/2] [Krüg97] [Vind97] [Schn97]

6.2.3 Weitere Merkmale der Hicom 300 E

Unterschiedliche DV-Infrastrukturen werden über eine integrierte ISDN-Router-Baugruppe an die Hicom 300 E angeschlossen. Eine spezielle Ethernet-Schnittstelle (10 Mbit/s) realisiert den Zugang zu LANs über TCP/IP. Dieser High Speed Access (HSA) kommt unter anderem bei der Fernwartung, für das Netzmanagement und für den Voice Mail Service zur Anwendung.

Neben dem leistungsfähigen firmenspezifischen Protokoll CorNet N stehen andere wichtige Protokolle wie 1TR6, DSS1 und QSIG zur Verfügung. Das Voice Compression Module (VCM) erlaubt die Sprachkompression um den Faktor 4 (pro B-Kanal werden nach der Kompression 16 kbit/s zur Übertragung benötigt). Durch die Least-Cost-Routing-Funktionalität (LCR) wird eine gebühren- und leitungskostenoptimierende Nutzung des privaten Netzes gewährleistet, indem bei externen Gesprächen die günstigsten Übergangspunkte zum öffentlichen Netz ermittelt werden. Die Einbindung von Funkstationen, die nach dem DECT-Standard arbeiten, entspricht dem Wunsch nach Mobilität und Erreichbarkeit der angeschlossenen Teilnehmer. In Verkehrsspitzenzeiten kann das öffentliche Netz zum Aufbau eines zusätzlichen virtuellen privaten Netzes herangezogen werden. Vermittlungsplätze lassen sich zentral oder dezentral anlegen. Weiterhin bietet die Hicom 300 E netzweit komfortable Leistungsmerkmale unter einer einheitlichen Bedienoberfläche, die Möglichkeit der freien Rufnummernvergabe und eine Gebührenerfassung für das gesamte Netz mit zentraler Auswertung.

Eine sanfte Migrationsstrategie ermöglicht die sukzessive Anpassung der TK-Infrastruktur an den sich ändernden Bedarf. Durch die Weiterverwendbarkeit der Baugruppen der Hicom 300 (Endgeräte, Peripheriebaugruppen) im Nachfolgemodell Hicom 300 E werden die bereits von Unternehmen und Institutionen für den Ausbau der Kommunikationsinfrastruktur getätigten Investitionen langfristig geschützt.

[Schm96] [Sie97/1] [Sie97/2] [Krüg97] [Vind97] [Schn97]

6.2.4 Vernetzung von TK-Anlagen Hicom 300 und Hicom 300 E

Die Vernetzung von Siemens-TK-Anlagen am Referenzpunkt Q³⁵ erfolgt über das herstellereigene Vernetzungsprotokoll CorNet N. Dadurch können Leistungsmerkmale, die über die Fähigkeiten der Standards (z.B. QSIG) hinausgehen, innerhalb von homogenen Hicom-Netzen genutzt werden. Mit der Hicom 300 E (Software-Version 1.0) und der Software-Version 3.5 der Hicom 300 wurde das Vernetzungsprotokoll CorNet N um die QSIG-Funktionalität erweitert. Das kombinierte Protokoll wird als CorNet NQ bezeichnet. CorNet NQ verwendet QSIG als Grundlage für die Übertragung von netzübergreifenden Leistungsmerkmalen. Nicht in QSIG enthaltene Funktionalitäten werden als CorNet-N-Informationen in einen QSIG-Übertragungsrahmen verpackt und als QSIG-Protokollinformationen übertragen. Dadurch können TK-Anlagen Hicom über beliebige QSIG-TK-Anlagen-Netze Protokollinformationen austauschen und den Leistungsumfang von CorNet N realisieren. TK-Anlagen anderer Hersteller sind über das neue Protokoll erreichbar, können jedoch lediglich die QSIG-Funktionalitäten in der Zusammenarbeit mit TK-Anlagen Hicom 300 bzw. 300 E nutzen. [Born98]

6.3 ATM-Switch: LightStream 1010

Der LightStream 1010 ist ein Switch der zweiten Generation für die ATM-Vernetzung. Er ist als Workgroup-Switch, Campus/Corporate-Switch und im WAN-Zugang einsetzbar. Mit dem Internetworking Operating System (IOS) existiert eine Plattform, mittels der alle Cisco-Switches in einem Netz integriert werden können.

³⁵ Der Referenzpunkt Q definiert D-Kanal-Protokolle zwischen zwei TK-Anlagen, die über fest geschaltete Leitungen oder private Netzwerke miteinander verbunden sind.

Eine Darstellung der möglichen Koppelnetzstrukturen und -strategien, die in ATM-Switches eingesetzt werden, wird in der thematisch vorangegangenen Studienarbeit [Lan97/2] sowie in [Kyas96], [Pryc96] und [Hein96] gegeben.

Der ATM-Switch des Typs LightStream 1010 ist modular aufgebaut. Er verfügt über zwei getrennte Netzteile und fünf Steckplätze, von denen einer (der mittlere) für den ATM Switch Processor (ASP) reserviert ist. In den verbleibenden vier Slots werden Carrier-Module (CAM) installiert, die ihrerseits je zwei Port-Adapter-Module (PAM) aufnehmen können. Die Module des LightStream 1010 sind hot-swappable, d.h. sie können während des Betriebes entfernt und eingefügt werden.

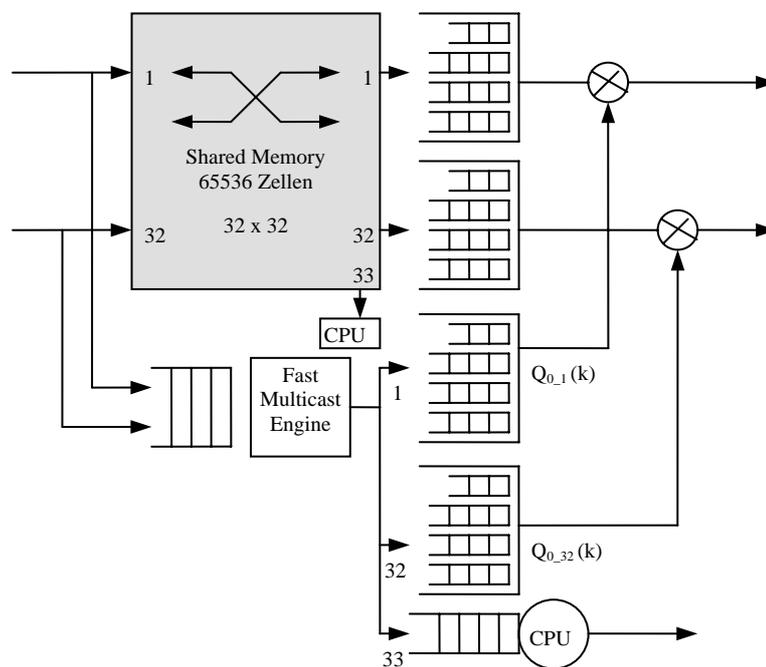


Abbildung 6.43: Prinzip des LightStream-Vermittlungssystems [Lin96]

Den Kern des LightStream 1010 bilden eine Switching Fabric sowie ein zentraler Route-Prozessor in RISC-Architektur (100 MHz R4600). Die Switching Fabric verfügt über 32 duplexfähige ATM-Ports mit einer Geschwindigkeit von je 155 Mbit/s und realisiert eine interne Verarbeitungsgeschwindigkeit von 5 Gbit/s. Die Shared-Memory-Speicherarchitektur der Switching Fabric ist nicht-blockierend. Der LightStream 1010 läßt sich in die Gruppe der ATM-Schalteneinheiten mit zentraler Warteschlange einordnen. Der gemeinsame interne Speicher hat eine Kapazität von 65536 Zellen. Dadurch wird die Zellverlustwahrscheinlichkeit minimiert. Die Zellverlustrate des LightStream 1010 ist kleiner

als 10^{-10} . Der RISC-Prozessor stellt die zentrale Intelligenz zur Verfügung. Abbildung 6.43 zeigt das Prinzip des LightStream-1010-Vermittlungsmechanismus.

Alle definierten ATM-Standards wie UNI 3.0/3.1/4.0, LANE 1.0, IP over ATM (RFC 1483 und 1577), PNNI (Phase 1), ILMI und IISP werden durch dieses Switch-System unterstützt. Dadurch wird eine Kommunikation zwischen ATM-Switches mit unterschiedlichen Routing-Protokollen und damit der Einsatz in einer heterogenen Umgebung ermöglicht.

Das Switch-System LightStream 1010 vermittelt sowohl virtuelle Kanäle (VC) als auch virtuelle Pfade (VP). Es unterstützt VP-Tunneling für Verbindungen, die über öffentliche Netze geführt werden. Der ATM-Switch ermöglicht die Abwicklung der Kommunikation mittels PVC oder SVC. Mit dem LightStream 1010 lassen sich gleichzeitig 32000 Punkt-zu-Punkt- oder 2048 Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen aufbauen.

Der ATM-Switch LightStream 1010 verfügt über fortgeschrittenes Verkehrsmanagement sowie ausgefeilte Signalisierungs- und Routingmechanismen. Er genügt den Anforderungen, die neueste ATM-Forum- und ITU-T-Spezifikationen hinsichtlich des Quality of Service stellen. Der LightStream 1010 unterstützt alle ATM-Verkehrsklassen (QoS-Klassen: CBR, VBR sowie Best-Effort-Klassen: ABR, UBR) sowie alle AAL-Typen. Das Switch-System bietet Mechanismen zur Verkehrsüberwachung, zur Zugangskontrolle (CAC) und zum intelligenten³⁶, prioritätsgesteuerten Verwerfen von Zellen sowie verschiedene Prioritätsebenen.

Ausführliche Informationen zu Verkehrsmanagement und Überlaststeuerung des LightStream 1010 werden in [Lin96] gegeben.

[Scha96] [Habe97] [Götz97] [Cis95/1] [Kere96] [Coov97] [www.cis]

Für die Durchführung der Kopplung der Hicom 300 mit dem LightStream 1010 ist auf seiten des ATM-Switches ein E1-CE-Port-Adapter-Modul erforderlich.

Das E1-Circuit-Emulation-PAM wurde für die Bereitstellung von CBR-Diensten zur Vernetzung von TK-Anlagen oder Multiplexern, die nach dem Zeitmultiplexverfahren arbeiten, konzipiert. Das E1-CE-PAM erlaubt die Nutzung der Datenübertragungsgeschwindigkeit von 2048 kbit/s. TK-Anlagen können mit Hilfe dieses Schnittstellenmoduls direkt mit dem ATM-Switch LightStream 1010 verbunden werden. Das

³⁶ Es werden bei Überlast die ATM-Zellen zuerst verworfen, die Teil unvollständiger Datenpakete sind.

E1-CE-PAM ist kompatibel zur Interoperabilitätsvereinbarung (ATM-Forum-SAA-0032.000 CES Interoperability Specification). Es unterstützt unstrukturierte (Clear Channel) und strukturierte ($n \times 64$ kbit/s) Circuit Emulation Services (CES):

- Unstrukturierte Circuit Emulation Services stellen permanente Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (PVC) über E1-Leitungen zur Verfügung. Dieser Dienst verpackt die gesamte Bandbreite einer E1-Verbindungen in das ATM-Zellformat. Die CBR-Daten eines sendenden Endgerätes werden in ATM-Zellen aufgeteilt und über das ATM-Netzwerk übertragen. Nach dem Passieren des ATM-Netzwerkes werden die ATM-Zellen rückgewandelt in den ursprünglichen CBR-Datenstrom und der Ziel-Endeinrichtung zugestellt.
- Beim strukturierten Circuit Emulation Service verläuft die Übertragung der Nutzdaten in Kanälen mit festgelegter Bandbreite (64 kbit/s). Es sind 31 Zeitschlitze pro E1-Schnittstelle verfügbar. Es können einzelne 64 kbit/s-Kanäle oder alle 31 in einem E1-Rahmen übertragen werden. Die Signalisierung erfolgt kanalbezogen (Channel Associated Signaling, CAS).

Merkmale des Circuit Emulation Service sind die garantierte konstante Bitrate und geringe Laufzeitschwankungen. Für die Umsetzung dieses Dienstes wird der AAL-Typ 1 verwendet.

Die Taktung des E1-CE-PAM kann auf vier verschiedene Arten erfolgen:

1. Adaptiv nach AF-SAA-0032.000
1. SRTS (T1.630, I.363)
1. Synchrone Taktung für CBR-Verkehr
1. Synchronisation auf globalen Netzwerktakt

Für die CBR-Kanalgruppen erfolgt eine dynamische ATM-Adressierung.

[www.cis]

6.4 Konfiguration der LightStream 1010 im Labor für Kommunikationssysteme

Allgemeine Konventionen des ATM-Switches LightStream 1010, die für die Hardware- und Softwareinstallation und -konfiguration bedeutsam sind, werden in Anhang B beschrieben.

Im Labor für Kommunikationssysteme kommen zwei ATM-Switches LightStream 1010 A und B zum Einsatz, wobei die Konfiguration des LightStream 1010 A ausführlich beschrieben

wird, weil dieser die Verbindung zur TK-Anlage bereitstellt. Der LightStream 1010 B ist lediglich zu Testzwecken für eine begrenzte Zeit im Labor für Kommunikationssysteme verfügbar.

Der ATM-Switch LightStream 1010 A im Labor für Kommunikationssysteme verfügt über einen ATM Switch Prozessor (ASP), welcher die zentrale Intelligenz des Switch-Systems bereitstellt (Switching Fabric, RISC-Prozessor, Speicher; s. Abschnitt 6.2). Der ASP hat die interne Adresse ATM 2/0/0 und beinhaltet eine Ethernet-Schnittstelle (10Base-T, Adresse: Ethernet 2/0/0), eine Auxiliary-Schnittstelle, über welche ein Modem zur Fernwartung und -konfiguration angeschlossen werden kann, zwei PCMCIA-Slots, sowie eine Console-Schnittstelle, die das Anschließen eines Rechners als Terminal zur Konfiguration des LightStream 1010 ermöglicht. Das Terminal-Programm arbeitet mit der Console-Schnittstelle auf asynchroner Basis mit den Parametern 9600 Baud, 8 Datenbits, keine Parität, 1 Stopbit (8N1).

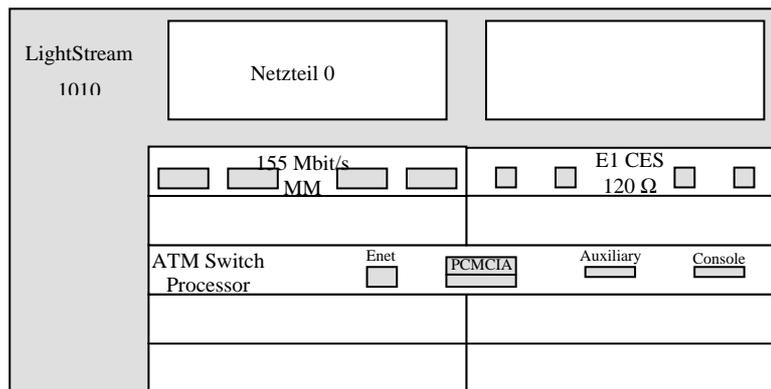


Abbildung 6.44: Hardware des LightStream 1010 A im ComLab

Neben dem ASP verfügt der LightStream 1010 A über ein ATM-Modul 155 Mbit/s Multimode sowie ein E1-PAM 120 Ω für Leitungsemulation (Circuit Emulation Service, CES). Beide PAMs stellen je vier physikalische Schnittstellen bereit. Die ATM-Schnittstellen belegen die Adressen ATM 0/0/0 bis ATM 0/0/3 und die E1-Schnittstellen die Adressen CBR 0/1/0 bis CBR 0/1/3. Die Abbildung 6.44 veranschaulicht den Aufbau des LightStream 1010 A im Labor für Kommunikationssysteme.

Der LightStream 1010 A im Labor für Kommunikationssysteme verfügt über den IOS-Software-Stand 11.2(5).

Der ATM-Switch wurde in das Subnetz 139.30.200.xxx der Universität Rostock (Warnemünde, Haus 8, Ethernet) integriert und erhielt die IP-Adresse 139.30.200.80. Um

Hosts erreichen zu können, die außerhalb dieses Subnetzes liegen, muß dem ATM-Switch die IP-Adresse des Routers (139.30.200.33) bekannt sein. Des weiteren wurden dem LightStream 1010 die IP-Adresse des DNS-Servers (139.30.202.34) und die Domain, in der er sich befindet (e-technik.uni-rostock.de), bekanntgegeben. Diese Kenngrößen wurden über Konfigurationsbefehle eingegeben, die dem Anhang B entnommen werden können.

Der LightStream 1010 A ist durch die Einbindung in das Universitätsnetz in der Lage, Verbindungen zu entfernten Hosts aufzubauen. Außerdem kann zum Zweck der Wartung bzw. Konfiguration über telnet auf den ATM-Switch zugegriffen werden. Daneben werden Systeminformationen über eine http-Schnittstelle bereitgestellt (<http://139.30.200.80>).

Der LightStream 1010 verfügt über vier einstellbare Prioritätsklassen für die Taktquelle. Um eine synchrone Taktverteilung im ATM-Netz zu ermöglichen, wurde die Schnittstelle cbr 0/1/1 als Takteingang mit höchster Priorität (1) festgelegt; die Taktquelle ist die TK-Anlage Hicom 300 (PCG), die über die Schnittstelle cbr 0/1/1 mit dem LightStream 1010 gekoppelt ist. Fällt die konfigurierbaren Taktquellen aus, wird als Taktquelle niedrigster Priorität (5) der Oszillator des LightStream 1010 verwendet.

Ein zweiter ATM-Switch LightStream 1010 B (IP-Adresse 139.30.200.78) wurde im Zusammenhang mit dem LightStream 1010 A für den Aufbau von ATM-PVC-Verbindungen genutzt. Er verfügt über die ATM-Schnittstellen atm 4/0/0 bis 4/0/3 und 4/1/0 bis 4/1/3. Der LightStream 1010 B erhält seine Taktinformation vom LightStream 1010 A, welcher seinen Takt aus dem Empfangssignal der cbr-Schnittstellen (Hicom 300) ableitet.

6.5 Konfiguration der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme

6.5.1 Hardware

Die Abbildung 6.45 zeigt die Konfiguration TK-Anlage Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme. Sie verfügt neben den zentralen Baugruppen über die Karten SLMA (Anschluß analoger Endgeräte), DIUS2 (S_{2M} -Verbindung) und STMD (S_0 -Verbindung). Für den Anschluß von ISDN-Endgeräten ohne eigene Speisung ist eine SLMS-Karte erforderlich, die jedoch im Labor für Kommunikationssysteme nicht vorhanden ist. Eine Zusammenstellung der Hicom-Baugruppen, die im Labor für Kommunikationssysteme installiert sind, wird im Anhang A gegeben.

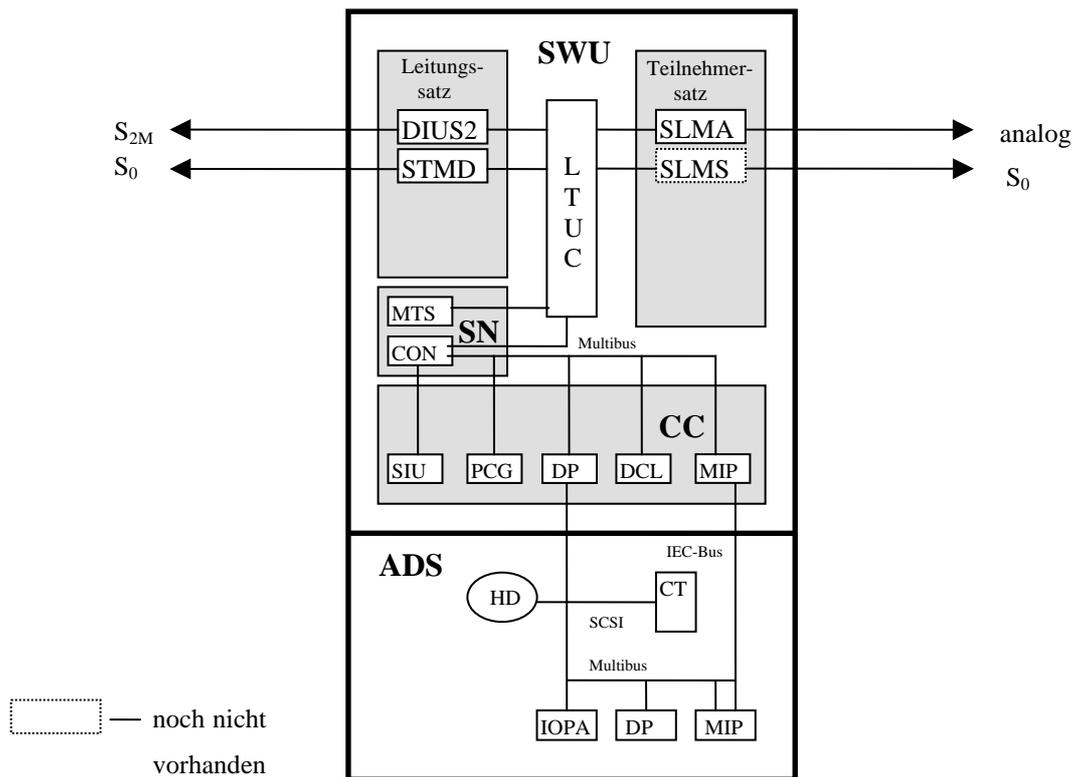


Abbildung 6.45: Konfiguration der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme (Mai 1998)

6.5.2 Software

Die Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme verfügt über den Softwarestand 3.408. Eine Konfiguration der Hicom 300 kann über eine Terminalemulation erfolgen, welches an eine V.24-Schnittstelle der LBU-Karte angeschlossen wird. Sie arbeitet mit der Geschwindigkeit 4800 Baud und den Parametern 7 Datenbits, 1 Paritätsbit (gerade) und 1 Stopbit (7E1). Der Fernzugriff zu Konfigurationszwecken erfolgt über ein Modem mit der Einwahlnummer 498-3584.

Die Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme verfügt über acht S_0 -Ports auf der Baugruppe STMD, wovon vier nach DSS1 und vier nach 1TR6 betrieben werden. Diese acht S_0 -Ports sind wie folgt den Rufnummern zugeteilt (mit MSN):

- Vier S_0 -Anschlüsse nach DSS1: 100...104, 110...114, 120...124, 130...134
- Vier S_0 -Anschlüsse nach 1TR6: 200...204, 210...214, 220...224, 230...234

Die Baugruppe SLMA stellt 16 analoge a/b-Anschlüsse mit den Rufnummern 150...165 bereit. Um eine Verbindung über die Baugruppe DIUS2 aufzubauen, ist als Ausscheidungsziffer eine 9 vorzuwählen.

6.6 Vernetzung der Netzkomponenten im Labor für Kommunikationssysteme

Die TK-Anlage Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme ist über zwei S_{2M} -Leitungen (DIUS2) mit dem ATM-Switch LightStream 1010 verbunden. Über S_0 -Verbindungen (STMD) sind ein Rechner mit dem Videokonferenzsystem ProShare, ein Rechner mit ISDN-Karte sowie die TK-Anlage Teles mit der Hicom 300 gekoppelt (jeweils DSS1). Ein zweiter Rechner, der mit ProShare ausgerüstet ist, ist über S_0 mit der PBX Teles verbunden. Mittels des Videokonferenzsystems ProShare lassen sich multimediale Kommunikationsverbindungen über die Hicom 300 betreiben. Vier analoge a/b-Fernsprechendgeräte sind über die Schnittstellenkarte SLMA an die Hicom 300 angeschlossen. Im Rahmen einer Testgestellung zum Token-Ring-Switching kommen im Labor für Kommunikationssysteme weitere Netzkomponenten, wie ein zweiter LightStream 1010 (B), ein Catalyst 7500, ein Catalyst 5500 und zwei Catalyst 3900 zum Einsatz, die in die Vernetzung einbezogen wurden. Eine zweite TK-Anlage (Octopus 8818)³⁷ wird mit dem ATM-Switch LightStream 1010 über S_{2M} gekoppelt. Diese Struktur, die in Abbildung 6.46 gezeigt wird, läßt sich im Rahmen der vorhandenen Hicom-Schnittstellenkarten erweitern (Anschluß weiterer ISDN-Endgeräte, a/b-Telefone).

³⁷ Daten und Funktionsweise der TK-Anlage Octopus 8818 werden in [Bind92] und [Schl87] dargestellt

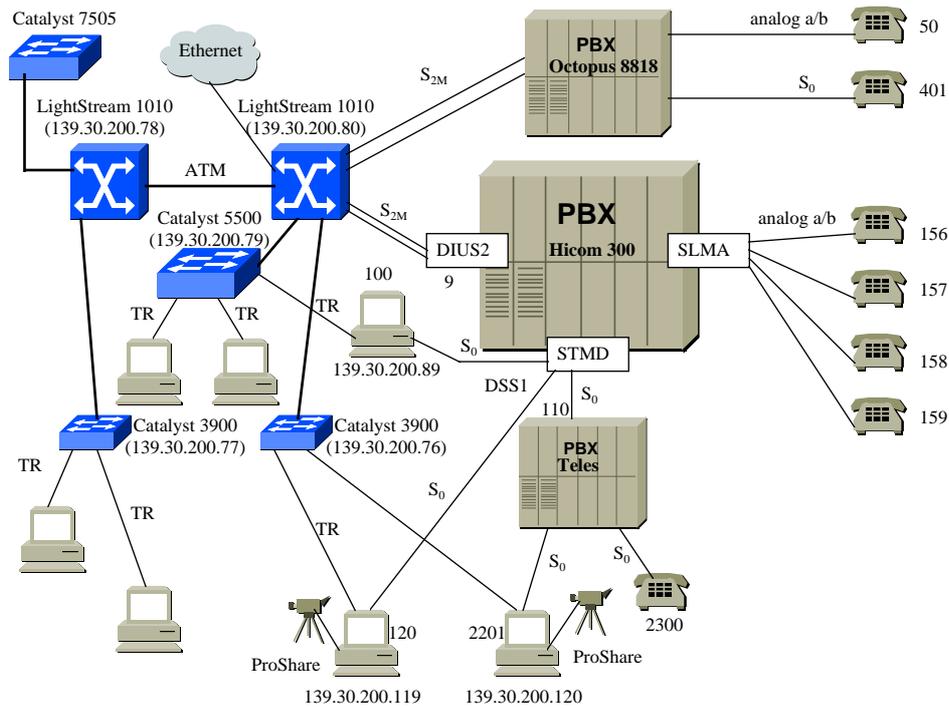


Abbildung 6.46: TK- und Datenvernetzung im ComLab (Mai 1998)

6.7 Nachweis der Funktionalität der Kopplung von Hicom 300 und LightStream 1010 über S_{2M}

Beim Nachweis der Funktionalität steht die Sprachübertragung im Vordergrund, da zur Datenübertragung an der Universität leistungsfähige lokale Rechnernetze, die über den ATM-Backbone gekoppelt sind, zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund wird das TK-Netz der Universität fast ausschließlich für die Sprachübertragung genutzt.

Für andere Institutionen und Unternehmen ist es hingegen vorteilhaft, einzelne Rechnerarbeitsplätze über eine TK-Anlage zu verbinden. Die Hicom 300 bietet mit dem S_0 -Teilnehmeranschluß (über SLMS, STMD) die Möglichkeit, die PBX zur Übertragung multimedialer Informationen (Sprache, Daten, Bewegtbild) zu nutzen. Die B-Kanäle können sowohl einzeln, als auch für Anwendungen mit höherer Bitrate gekoppelt, genutzt werden.

6.7.1 Testphase 1: Insellösung im ComLab

6.7.1.1 ATM-Verbindung mit einem ATM-Switch

Die grundsätzliche Vorgehensweise für die Insellösung im Labor für Kommunikationssysteme (Testphase 1) wurde in Kapitel 4, Abschnitt 4.1.1, beschrieben. An dieser Stelle soll auf die Umsetzung der geplanten Tests eingegangen werden.

Die von der TK-Anlage kommenden S_{2M} -Leitungen werden mit zwei der E1-Schnittstellen (cbr 0/1/0 und cbr 0/1/1) des LightStream 1010 verbunden. Zwei der ATM-Schnittstellen (atm 0/0/2 und atm 0/0/3) werden mittels eines SC-SC-LWL-Verbindungskabels gekoppelt, um eine Schleife zu erhalten. Diese Anordnung zeigt Abbildung 6.47.

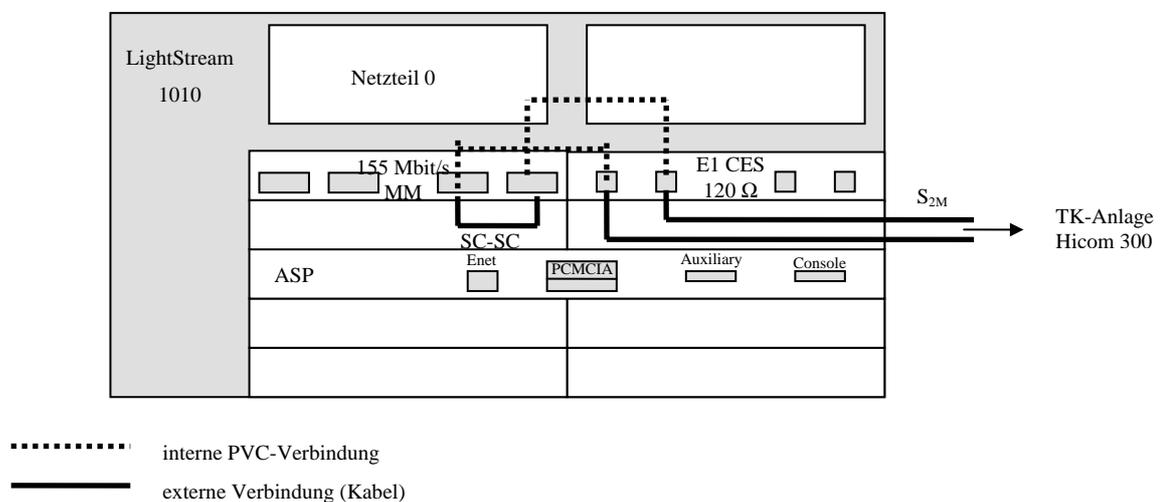


Abbildung 6.47: Konfiguration des LightStream 1010 in Testphase 1

Für die E1-Schnittstellen wird die Betriebsart mit strukturiertem Dienst ($n \times 64$ kbit/s) gewählt. Auf diese Weise kann jeder 64-kbit/s-Kanal des E1-Signals beliebigen virtuellen ATM-Verbindungen zugeordnet werden. Die Taktinformation wird aus dem Netz (von der TK-Anlage) gewonnen und mittels synchroner Taktverteilung im ATM-Netz übertragen, da ein strukturierter Leitungsemulationsdienst eingerichtet wird (s. Kapitel 3, Abschnitte 3.4.5 und 3.4.6). Die Leitungscodierung wird auf HDB3 eingestellt, da dies von der Hicom 300 (DIUS2) unterstützt wird.

Um die Insellösung im Labor für Kommunikationssysteme realisieren zu können wurde das nachfolgend aufgeführte Beispiel ausgeführt.

Das gesamte von der Hicom 300 kommende E1-Signal (Kanäle 1-31 an E1-Schnittstelle cbr 0/1/0) wird als E1-PVC (E1-PVC-Hicom-1) auf dem ATM-PVC mit VPI=3 und VCI=300 abgeschlossen, welcher für den Port atm 0/0/2 konfiguriert wurde und über die Schleife (SC-SC) auf den Port atm 0/0/3 (ATM-PVC mit VPI=4 und VCI=400) geführt wird, wo er auf einen zweiten E1-PVC (Kanäle 1-31; E1-PVC-Hicom-2) abgebildet wird. Das E1-Signal verläßt über die E1-Schnittstelle cbr 0/1/1 den LightStream 1010 und gelangt zur TK-Anlage Hicom 300 (Befehle zur Konfiguration in Anhang B, Konfiguration des LightStream 1010 in Anhang C und [Anlage]).

Die Funktion der Kopplung der S_{2M} -Signale über E1- und ATM-PVC im LightStream 1010 wurde anhand des Verbindungsaufbaus zwischen analogen Endgeräten sowie durch die Verbindung zwischen S_0 -Endgeräten nachgewiesen. Um die Möglichkeit der multimedialen Informationsübertragung zu überprüfen, wurde eine Verbindung zwischen zwei ProShare-Videokonferenz-Endgeräten über S_0 und die S_{2M} -Leitung hergestellt (s. Abbildung 6.46). Die Verbindungsqualität (Sprache bzw. Sprache und Bild) unter Einbeziehung der ATM-Strecke unterscheidet sich nicht von der einer direkten Verbindung (ohne ATM-Netz). Es entstehen keine Qualitätsminderungen durch Jittereinflüsse.

6.7.1.2 Hard-PVC-ATM-Verbindung mit zwei ATM-Switches im Labor für Kommunikationssysteme

Ein zweiter Teil der Testphase im Labor für Kommunikationssysteme beinhaltet die Anbindung der TK-Anlage an einen ATM-Switch LightStream 1010 A (IP-Adresse 139.30.200.80), welcher über zwei SC-SC-Kabel auf ATM-Ebene mit einem zweiten ATM-Switch LightStream 1010 B (IP-Adresse 139.30.200.78) gekoppelt wird.

Die von der TK-Anlage kommenden S_{2M} -Leitungen werden mit den E1-Schnittstellen cbr 0/1/2 und cbr 0/1/3 des LightStream 1010 A verbunden. Intern wird die E1-Schnittstelle cbr 0/1/2 mittels eines E1-PVC mit der Schnittstelle atm 0/0/2 verbunden, wo der E1-PVC auf einem ATM-PVC mit VPI=1, VCI=100 abgeschlossen wird. Analog erfolgt die Verbindung der E1-Schnittstelle cbr 0/1/3 mit der ATM-Schnittstelle atm 0/0/3 (Abschluß auf ATM-PVC mit VPI=2, VCI=200). Die Konfiguration der E1-Schnittstellen hinsichtlich Taktung, Codierung und Art des E1-Dienstes erfolgt genau wie die der E1-Schnittstellen cbr 0/1/0 und cbr 0/1/1 (s. Kapitel 6.7.1.1 und Anhang C). Mittels zweier SC-SC-Verbindungskabel werden die Schnittstelle atm 0/0/2 des LightStream 1010 A mit der Schnittstelle atm 4/0/2 des LightStream 1010 B sowie atm 0/0/3 (A) mit atm 4/0/3 (B) verbunden. Im ATM Switch

LightStream 1010 B wird ein interner ATM-PVC von atm 4/0/2 (VPI=1, VCI=100) nach atm 4/0/3 (VPI=2, VCI=200) geschaltet. Somit entsteht eine Verbindung vom Ausgangsport der DIUS2-Karte der Hicom 300 über den LightStream 1010 A zum LightStream 1010 B und wieder über den ersten ATM-Switch zurück zur DIUS2-Baugruppe (Abbildung 6.48). Die Konfigurationen der beiden ATM-Switches sind in Anhang C und [Anlage] angegeben.

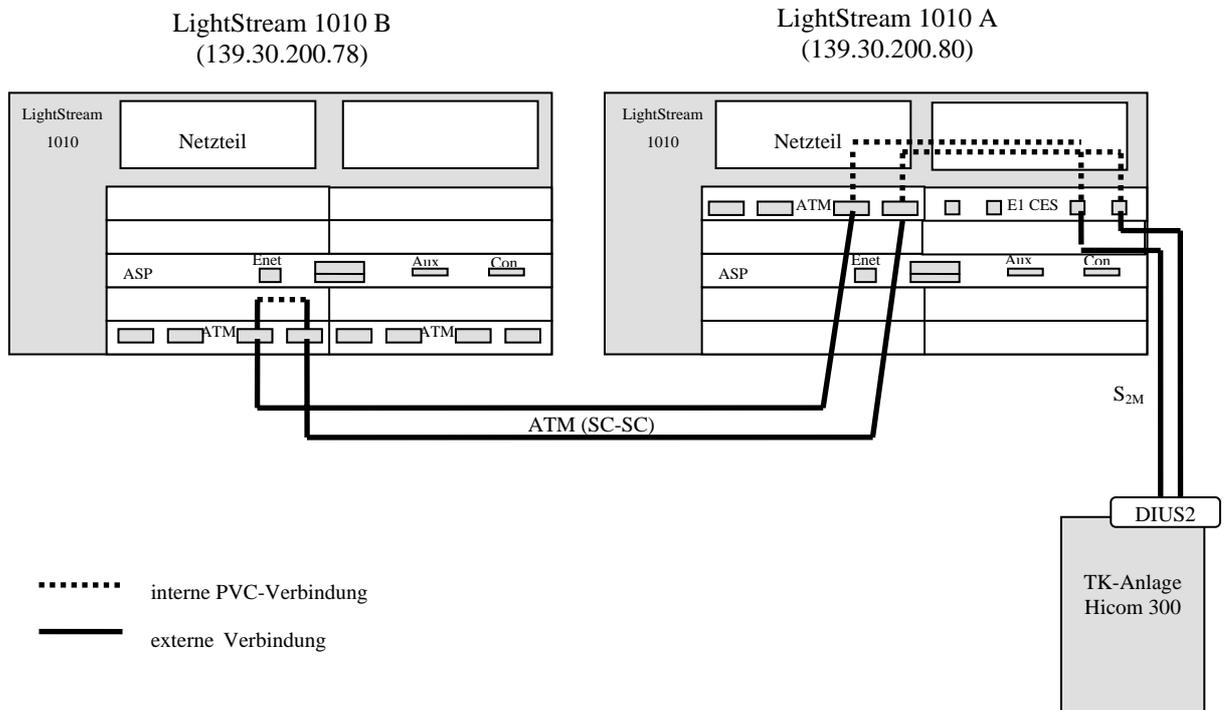


Abbildung 6.48: E1-Verbindung über zwei ATM-Switches

Die Funktion der Kopplung mittels E1- und ATM-PVC über zwei ATM-Switches LightStream 1010 wurde anhand des Verbindungsaufbaus zwischen analogen Endgeräten sowie durch die Verbindung zwischen S₀-Endgeräten nachgewiesen. Die multimediale Informationsübertragung wurde mittels einer Verbindung zwischen zwei ProShare-Videokonferenz-Endgeräten über S₀ und die S_{2M}-Leitung überprüft (s. Abbildung 6.5). Die Verbindungsqualität (Sprache bzw. Sprache und Bewegtbild) unter Einbeziehung der ATM-Strecke unterscheidet sich nicht von der einer direkten Verbindung (ohne Einbeziehung des ATM-Netzes). Es entstehen keine Qualitätsminderungen durch Jittereinflüsse.

6.7.1.3 Soft-PVC-ATM-Verbindung mit zwei ATM-Switches im Labor für Kommunikationssysteme

Soft-PVCs realisieren Verbindungen zwischen ATM-Switches bzw. ATM-Switches und Hosts ohne Signalisierungsunterstützung. Sie besitzen hinsichtlich der voreingestellten

Bandbreite und der QoS-Parameter die gleichen Eigenschaften wie Hard-PVCs. Soft-PVCs sind jedoch nicht einer festen physikalischen Verbindung zugeordnet, so daß Soft-PVC-Verbindungen ein Umschaltung auf eine andere als die ursprüngliche Wegeführung bei Ausfall einer Teilstrecke ermöglichen (Rerouting). Durch den Einsatz von Soft-PVCs werden ATM-Netze fehlertoleranter als bei der Wegeführung über Hard-PVCs.

Um die Reroutingeigenschaften der Soft-PVCs für die E1-Kommunikation zu testen, wird die Einrichtung von Soft-PVC-Verbindungen zwischen den ATM-Switches LightStream 1010 A und B im Labor für Kommunikationssysteme vorgeschlagen. Werden mehr als die erforderlichen zwei physikalischen Verbindungen (SC-SC-Kabel) zwischen den ATM-Switches installiert, kann ein Ausfall einer Verbindung simuliert werden. Dadurch lassen sich die Rerouting-eigenschaften überprüfen.

6.7.2 Weitere Testphasen

Die für die Phasen 2 und 3 vorgesehenen Tests (Verbindungsaufbau zwischen Labor für Kommunikationssysteme und Universitätsrechenzentrum bzw. zu einer entfernten Universität) konnten aus den in Kapitel 4, Abschnitt 4.1, angegebenen Gründen im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht realisiert werden.

Sollten zukünftig die Voraussetzungen für eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Daten- und TK-Vernetzung mit anderen Universitäten bzw. Hochschulen entstehen, können die Tests der Phase 3 in weiterführenden Arbeiten durchgeführt werden. Die Tests der Phase 2 werden mit der Umgestaltung des TK-Netzes der Universität Rostock nicht mehr erforderlich sein, da die Funktion der Kopplung von ATM- und TK-Netz sich zukünftig im täglichen universitätsinternen Sprachverkehr erweisen wird.

6.8 Ergebnis der Tests und Ausblick

Als Ergebnis der Tests im Labor für Kommunikationssysteme hinsichtlich der Kopplung von TK-Anlagen mit einem ATM-Netz wird festgestellt, daß eine qualitativ hochwertige Übertragung von TK-Diensten mittels Leitungsemulation über ATM-Netze möglich ist³⁸. Dabei wurde sowohl die einfache Sprachübertragung als auch die Übertragung von Sprach-

³⁸ Der Betrieb von ATM-Netzen mit Sprach-Daten-Integration über den Leitungsemulationsdienst (z.B. Gesamthochschule Kassel, Universität Frankfurt/Main) bestätigt dies (s. Kapitel 5, Abschnitt 5.5).

und Bewegtbildinformationen (ProShare) von Teilnehmern der TK-Anlagen genutzt. Probleme bei der Verständigung, die durch bei der ATM-Technik kritische Faktoren – wie Verzögerungszeiten und Jitter – entstehen, traten nicht auf.

Eine Leitungsemulation über ein ATM-Netz bedingt die Verwendung von ATM-PVCs. Dies führt zu einer permanenten Belegung von einem Teil der Bandbreite des ATM-Netzes, auch wenn keine Übertragung über die emulierte Leitung stattfindet. Deshalb ist der Bandbreitenbedarf der TK-Dienste und der anderen Nutzer (Datenübertragung) des ATM-Netzes vor der Inbetriebnahme einer Leitungsemulation zu bestimmen um eine unzulässige Verringerung der Performance für den Datenverkehr zu vermeiden.

An den im Labor für Kommunikationssysteme installierten Netzkomponenten (ATM-Switches LightStream 1010, TK-Anlagen Hicom 300 und Octopus 8818) sollen weitere Untersuchungen angestellt werden:

- Protokollanalyse an S_0 - und S_{2M} -Schnittstellen der TK-Anlagen, die über das ATM-Netz (im Labor für Kommunikationssysteme bzw. eventuell über den Universitätsbackbone) gekoppelt sind
- Messungen an den TK-Komponenten hinsichtlich der Laufzeit und des Zellverlustes im ATM-Bereich
- Generierung von ATM-Verkehr (Größenordnung 130-140 Mbit/s) und Messung, ob der priorisierte CBR- (AAL-1-) Dienst die Sprachübertragung unter Lastverhältnissen gewährleistet

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Nachdem die technischen Aspekte einer Umgestaltung des TK-Netzes der Universität Rostock dargestellt wurden, werden wirtschaftliche Gesichtspunkte betrachtet. Die Wirtschaftlichkeit kann nur allgemein beschrieben werden, da konkrete Daten und Informationen zu finanziellen Faktoren sowohl an der Universität als auch bei Anbietern von Netzwerkkomponenten nicht erhältlich waren. Eine ausführliche Kosten-Nutzen-Analyse ist nicht Gegenstand dieser Arbeit und würde deren Rahmen sprengen.

Es werden hier die bisherige Abwicklung der Sprachkommunikation und das Prinzip der zukünftig möglichen Realisierung noch einmal kurz dargestellt, um mögliche Kosteneinsparungspotentiale anschließend herausarbeiten zu können.

7.1 Derzeitige Sprachkommunikation

Die interne Sprachkommunikation wird derzeit über das auf der Basis der TK-Anlagen Hicom 300 arbeitende TK-Netz der Universität Rostock abgewickelt. Die TK-Anlagen sind mittels Festverbindungen³⁹ (S_{0FV} , S_{2MFV}) untereinander vernetzt. Kommende externe Gespräche werden über die jeweilige Hauptanlage über die Unteranlage zum gewünschten Zielteilnehmer geleitet. Gehende externe Gespräche werden von der TK-Anlagen des Teilnehmers direkt ins öffentliche Netz geführt (nicht über die Hauptanlage), da jede TK-Anlage über einen Zugang zum öffentlichen Netz verfügt. Externe Gespräche werden derzeit ausschließlich über öffentliche Netze geführt. Daten zum derzeitigen Gebührenaufkommen der Universität Rostock und zu Mietkosten für Leitungen sind nicht verfügbar.

7.2 Zukünftige Sprachkommunikation

Die interne Sprachkommunikation wird zukünftig weiterhin über das TK-Netz der Universität Rostock abgewickelt. Dieses wird so mit dem ATM-Backbone verknüpft, daß für Standorte, die über einen ATM-Switch verfügen, die Verbindung über das ATM-Netz und nicht mehr über Festverbindungen erfolgt. Kommende externe Gespräche werden über die Haupt- und Unteranlagen zum Zielteilnehmer geschaltet. Gehende externe Gespräche werden in

³⁹ Die internen Festverbindungen werden zum größten Teil auf dem universitätseigenen Glasfasernetz realisiert. Die nicht über Glasfaseranschluß verfügenden Standorte werden mittels gemieteter Festverbindungen an die jeweilige Hauptanlage gekoppelt.

Abhängigkeit von der Entfernung zum Ziel über das öffentliche Netz oder das B-WiN geleitet. Die kostengünstigste Variante ermittelt ein Least Cost Router. Die Anzahl der Zugangspunkte zum öffentlichen Netz wird beschränkt.

Eine ausführliche Darstellung der zukünftig möglichen Netzsituation wird in Kapitel 2, Abschnitt 2.4, sowie in Kapitel 5, Abschnitt 5.2, gegeben.

7.3 Kriterien zur Kostenbeurteilung

Um die gesamte Kostensituation bei der Modernisierung des TK-Netzes beurteilen zu können, sind verschiedene Kostenfaktoren für die derzeitige Variante und zukünftige Möglichkeiten der Sprachkommunikation zu berücksichtigen, die nachfolgend aufgeführt sind:

- Gebühren (für die Nutzung öffentlicher Netze und des B-WiN)
- Mietkosten (für einen Teil der Festverbindungen)
- Betriebskosten (für den Betrieb und die Wartung des Universitätsnetzes)
- Anschaffungskosten (für neue Netzkomponenten)
- Personalkosten

7.4 Bisherige Situation

Das ATM-Backbone-Netz der Universität Rostock ist Landeseigentum. Es fallen daher keine Mietkosten an. Dieses Netz muß betrieben, gewartet und entstört werden, was Kosten verursacht (Personal, Material, Serviceunternehmen). Die TK-Anlagen sind Landeseigentum; die S_{2M}-Festverbindungen befinden sich in überwiegender Anzahl im Besitz des Landes⁴⁰ (keine Mietkosten), die verbleibenden sind von der Deutschen Telekom AG gemietet. Das TK-Netz besitzt eine große Anzahl von Zugangspunkten zum öffentlichen Netz⁴¹, an denen Gebühren (Anschluß- und Gesprächsgebühren) anfallen. Es existiert jeweils eine Personalgruppe zur Betreuung des Datennetzes und des TK-Netzes an der Universität (ohne medizinischen Bereich). Ferngespräche werden über Netze öffentlicher Diensteanbieter (vorwiegend Deutschen Telekom AG) geführt, während die Datenfernübertragung über das B-WiN erfolgt. Die Gebührenberechnung für die Nutzung des B-WiN erfolgt derzeit pauschal

⁴⁰ Festverbindungen, die über das universitätseigene Glasfasernetz geführt werden.

⁴¹ Zugangspunkte zum öffentlichen Netz existieren derzeit an allen TK-Anlagen-Standorten außer MS1 und MS2.

(nicht volumenabhängig). Die Gebühren für die Nutzung öffentlicher Netze werden auf der Basis der Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Anbieters (mit Großkundenrabatt) berechnet.

7.5 Zukünftige Situation

Für die Integration des Sprach- und Datenverkehrs im ATM-Netz existieren zwei Varianten (s. Kapitel 2, Abschnitt 2.4, sowie in Kapitel 5, Abschnitt 5.2). Variantenunabhängig verändern sich einige Kostenfaktoren. Die Anzahl der Zugangspunkte des universitätsinternen TK-Netzes zum öffentlichen Netz wird eingeschränkt, so daß Volumenrabatte mit dem Diensteanbieter des öffentlichen Netzes ausgehandelt werden können, was zu einer Senkung des Gebührenaufkommens in der externen Sprachkommunikation führt. Der Sprach-Fernverkehr wird über das B-WiN geführt. Dieses Angebot wird voraussichtlich eine deutliche Kostenersparnis für die Sprach-Fernverkehrsgebühren bringen. Least Cost Router werden die kostengünstigste Verbindungsführung ermitteln und somit zur Kostensenkung beitragen. Im Rostocker Universitätsnetz werden gemietete Festverbindungen (S_{0FV}) des TK-Netzes, die der Anbindung der Standorte ohne LWL-Verkabelung an die Hauptanlage dienen, weiterhin notwendig sein, da diese Standorte über keinen ATM-Switch verfügen und der Sprachverkehr dieser Standorte nicht im ATM-Netz erfolgen kann⁴².

Da mit einer Sprach-Daten-Integration im ATM-Netz die Trennung zwischen Datennetz und TK-Netz wegfällt, erscheint es sinnvoll, die die Technik betreuenden Gruppen der Universität zu einem Bereich, der sowohl für den Betrieb und die Wartung des TK- als auch des Datennetzes verantwortlich ist, zusammenzulegen. Aus der Zusammenführung des TK- und Datennetzes entsteht eine neue Qualität im Netzbetrieb und im Dienstangebot für die an das Netz angeschlossenen Teilnehmer. Das erforderliche Wissen der Mitarbeiter kann kontinuierlich für eine einheitliche Netztechnik sowohl für die Sprach- als auch die Datenübertragung erweitert werden, um es im Dienst eines reibungslosen Netzbetriebes sicher anwenden zu können. Da spezielle Schulungen für eine gemeinsame Netztechnik genutzt

⁴² Es sind dies die TK-Anlagen-Standorte H6, H7, H16, H17, H18 sowie M6. Die betroffenen TK-Anlagen des Hochschulnetzes sind solche mit wenig Teilnehmern (48 je Anlage), die über S_{0FV} mit der Hauptanlage gekoppelt sind. Die S_{0FV} verursachen gegenüber S_{2MFV} geringe Mietkosten. Die TK-Anlage M6 ist über eine S_{2MFV} mit M verbunden. In der ersten Phase der Umgestaltung des TK-Netzes wird das Netz der Medizinischen Fakultät jedoch nicht berücksichtigt.

werden können, führt dies zu wirtschaftlichem Betrieb und effizienter Wartung des integrierten Netzes.

Nachfolgend werden die wirtschaftlichen variantenspezifischen Aspekte der beiden Vorschläge zur Umgestaltung des Universitätsnetzes diskutiert.

7.5.1 Variante 1: Einsatz von Hicom 300

Neben den variantenunabhängigen Kostenveränderungen sind beim Einsatz von Hicom 300 im Zusammenhang mit der E1-CES-Karte des LightStream 1010 die nachfolgenden Aspekte zu berücksichtigen.

An den TK-Anlagen Hicom 300 sind außer Anpassungen in der Konfiguration keine signifikanten Hardwareveränderungen, die Kosten verursachen, vorzunehmen. Die Hicom 300 können, so wie sie heute bestehen, verwendet werden. Die TK-Anlagen verfügen teilweise heute schon über die erforderliche DIUS2-Karte, die zur Kopplung mit dem ATM-Switch erforderlich ist (s. Kapitel 2, Abbildungen 2.4, 2.5). Die TK-Anlagen, die derzeit über S_{0FV} vernetzt sind und sich an Standorten mit ATM-Switch befinden, müssen mit DIUS2-Karten ausgerüstet werden. Die Hicom 300 sind mit dem Softwarestand 3.6 zu versehen.

Die ATM-Switches LightStream 1010 sind mit E1-CES-Karten auszustatten, welche bisher an keinem Standort vorhanden sind. Die Konfiguration der ATM-Switches ist anzupassen und der Softwarestand auf 11.2.5 des IOS auszubauen⁴³, so daß eine problemlose Zusammenarbeit mit den TK-Anlagen erfolgt.

7.5.2 Variante 2: Einsatz von Hicom 300 E

Der Einsatz von Hicom 300 E führt neben den variantenunabhängigen Kostenveränderungen zu den folgenden erforderlichen Investitionen.

An allen TK-Standorten mit ATM-Switch sind TK-Anlagen Hicom 300 E zu installieren. Die TK-Anlagen Hicom 300 können in ihrer jetzigen Form nicht verwendet werden. Lediglich die vorhandenen Karten (z.B. DIUS2, Teilnehmerorgane) können in den Hicom 300 E genutzt werden. Die nicht mehr benötigten Hicom-300-Schränke werden als Teil der Migrationsvereinbarung (Hicom 300 zu Hicom 300 E) kostenlos entsorgt. An Standorten ohne ATM-Switch werden die Hicom 300 in ihrer derzeitigen Form weiterhin genutzt

⁴³ Eine Unterstützung der CBR-Schnittstellen des LightStream 1010 erfolgt ab IOS 11.2.5.

(Anbindung über bereits bestehende S_{2MFV} bzw. S_{0FV}). Dort ist eine Umstellung auf Euro-ISDN und eine Ausrüstung mit dem Softwarestand 3.6 erforderlich. Soll die Anbindung an das öffentliche Netz an jedem Standort erhalten werden, ist auf jeder TK-Anlage ein LCR einzurichten.

An den ATM-Switches sind bis auf Konfigurationsanpassung keine Veränderungen erforderlich, da zur Kopplung mit der Hicom 300 E ein freier ATM-Port (155 Mbit/s) benötigt wird, der bei den entsprechenden LightStream 1010 vorhanden ist.

7.6 Zusammenfassender Vergleich

Eine Betrachtung der tatsächlichen Kosten ist aufgrund fehlender Informationen zu Gebührenaufkommen, Mietkosten und zu Preisen für die anzuschaffenden Netzkomponenten nicht möglich. Deshalb wird ein allgemeiner Vergleich angestellt.

Gegenüber der derzeitigen Teilung des Netzes der Universität Rostock in TK- und Datenbereich ist eine Integration von Sprach- und Datenverkehr im ATM-Backbone langfristig kostengünstiger. Ein wichtiger Grund für die Integration des Sprachverkehrs in den ATM-Backbone ist die Zusammenfassung der Austrittspunkte aus dem Universitäts-TK-Netz in das öffentliche Netz. Zukünftig wird nicht mehr jede TK-Anlage über gehende Amtsverbindungen verfügen. Die Konzentration des externen gehenden und kommenden Verkehrs ermöglicht einen flexiblen Wechsel des Anbieters (mittels LCR) bei sich ändernder Gebührenstruktur (eventuell tageszeitabhängig) und erlaubt die Nutzung von Großkundenrabatten. Es entfallen die festen Anschlußgebühren für die gehenden Verbindungen ins öffentliche Netz der Unter-Anlagen. Die Sprachfernübertragung wird künftig über das B-WiN (Anbieter DFN) erfolgen, wodurch sich die Kosten für den externen Fernspreverkehr entscheidend verringern werden.

Beim Einsatz der TK-Anlagen Hicom 300 im Zusammenhang mit der E1-CES-Karte im LightStream 1010 sind an den TK-Anlagen wenige Veränderungen vorzunehmen (Software-Update). Die Anschaffung der E1-Karten, der DIUS2-Karten sowie die Anpassung der Software verursachen Kosten.

Die Nutzung von Hicom 300 E stellt mit ihrer ATM-Konnektivität ein höheres technisches Niveau bereit. Es ist bei dieser Variante zu ermitteln, inwieweit die Möglichkeiten dieses technisch hochwertigen Netzes in den universitären Teilbereichen und Standorten tatsächlich benötigt und bei einer Implementation genutzt würden.

Nach Auswertung der Daten und Abbildungen zu den derzeitigen Daten- und Telekommunikationsnetzen der Universität Rostock (s. [Wund97], [Habe97] sowie Abbildungen 2.4 und 2.5 dieser Arbeit) wurden die in Tabelle 7.13 dargestellten Anzahlen von bestehenden S_0 - bzw. S_{2M} -Verbindungen ermittelt. Ein Vergleich mit der zukünftig möglichen Realisierung des Netzes (s. Abbildungen 5.4 und 5.5) ergab, daß im Hochschulbereich acht S_{2M} -Verbindungen über das ATM-Netz geführt werden können, während es im Netz der Medizinischen Fakultät zwei sind. Die S_{0FV} binden kleinere Standorte ohne ATM-Switch an die Hauptanlage an, diese Verbindungen werden im jetzigen Zustand belassen⁴⁴.

	Telekommunikationsnetz des Hochschulbereiches	Telekommunikationsnetz der medizinischen Fakultät
Anzahl gehender ISDN-Anschlüsse	40 S_0 und 6 S_{2M}	16 S_0 und 2 S_{2M}
Anzahl interner Festverbindungen S_{0FV}	26	0
Anzahl interner Festverbindungen S_{2MFV}	10 (+ 1 S_{2MFV} zur Kopplung mit dem TK-Netz der Medizin)	11

Es erscheint sinnvoll, zunächst die Kopplung der TK-Anlagen über das ATM-Netz im Hochschulbereich durchzuführen und zu erproben und erst danach den hinsichtlich der Verfügbarkeit kritischeren medizinischen Bereich einzubeziehen. Die Anzahl abgehender ISDN-Anschlüsse wird sich nicht signifikant verändern; es wird lediglich eine Bündelung auf wenige (drei) Standorte vorgenommen.

Aus heutiger Sicht ist eine schrittweise Umgestaltung des TK-Netzes zu favorisieren. In einem ersten Schritt werden zentrale TK-Anlagen (Rechenzentrum, Universitätshauptgebäude) als Hicom 300 E installiert, um eine Bündelung von Ferngesprächen mit Least Cost Routing in das B-WiN und ins öffentliche Netz vorzunehmen. Die TK-Anlagen der Standorte verbleiben

⁴⁴ Im Zuge eines Neubaus für verschiedene Bereiche der Universität Rostock in der Südstadt (Albert-Einstein-Str.) in den nächsten Jahren werden einige dieser Standorte umziehen, so daß sich langfristige Investitionen an solchen Standorten nicht amortisieren.

als Hicom 300 und werden (an Standorten mit ATM-Switch) in einem zweiten Schritt entweder wie in Variante 1 beschrieben über das ATM-Netz gekoppelt oder zu einem späteren Zeitpunkt auf Hicom 300 E umgerüstet. Die stark belasteten Netzknoten im Universitätshauptgebäude und im Rechenzentrum werden durch die Migration zu Hicom 300 E so ausgelegt, daß sie den anstehenden Verkehr problemlos bewältigen können. Um einen optimalen Netzbetrieb zu gewährleisten, sollten im umgestalteten TK-Netz Verkehrsmessungen durchgeführt werden, damit die bereitgestellte Kanalzahl für die Verbindung der TK-Anlagen dem Bedarf angepaßt werden kann.

Da Investitionen im Bereich der Netztechnik langfristig (Größenordnung > 10 Jahre) geplant und getätigt werden, ist eine genaue Prüfung der zukünftig erforderlichen Leistungsmerkmale im TK- und Datennetz notwendig, um Fehlinvestitionen zu vermeiden. Es scheint deshalb angeraten, eine ausführliche Kosten-Nutzen-Analyse zur Umgestaltung des TK- und Datennetzes der Universität Rostock zu erstellen. Es wird eine Beteiligung von Vertretern des Universitätsrechenzentrums (Verantwortliche für das Datennetz sowie Verantwortliche für das TK-Netz), des Fachbereiches Elektrotechnik und Informationstechnik (Nachrichtenübertragungstechnik), der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Institut für Betriebswirtschaftslehre) und der Verwaltung an einer solchen Arbeitsgruppe vorgeschlagen.

8 Zusammenfassung

Einer der kritischsten Aspekte beim Aufbau und während des Betriebes privater Netze von Institutionen und Unternehmen ist die Übertragung von Sprach- und Dateninformationen über ein gemeinsames Netz. Es werden hohe Qualitätsanforderungen an Corporate Networks sowohl hinsichtlich der Daten- als auch in der Sprachübertragung gestellt. Mit der Technologie des Asynchronous Transfer Mode steht eine leistungsfähige und zukunftssichere Technik für die Sprach-Daten-Integration bereit. Aufgrund des derzeit hohen Kostenaufwandes für ATM-Netztechnik und der längeren Erprobung anderer WAN- und Backbone-Technologien für Corporate Networks, setzen eine Vielzahl von Institutionen und Unternehmen entweder noch auf die traditionelle Trennung von Sprach- und Datennetzen oder auf ältere Vernetzungstechniken für integrierte Sprach-Daten-Netze (z.B. Frame Relay, ISDN). Der Trend in privaten Netzen weist derzeit eindeutig in die Richtung der Sprach-Daten-Integration, um ein einheitliches Netz für alle unternehmensinternen Kommunikationsformen nutzen zu können. Dies beinhaltet den Vorteil, Mitarbeiter, die für die Administration und Wartung des Unternehmensnetzes verantwortlich sind, gezielt und umfassend im Hinblick auf eine einheitliche Netztechnologie ausbilden zu können. Auf diese Weise kann die vorhandene Netzinfrastruktur effizient genutzt werden.

An der Universität Rostock werden derzeit zwei getrennte Netze für die Daten- und die Sprachübertragung betrieben. Das ATM-Backbone-Netz für die Datenübertragung basiert auf einer sternförmigem Lichtwellenleiterverkabelung und aktiver Netztechnik des Herstellers Cisco Systems. Dieses Datennetz teilt sich in die drei Bereiche Hochschulnetz, Verwaltungsnetz und Netz der Medizinischen Fakultät. Das Telekommunikationsnetz arbeitet auf der Grundlage von TK-Anlagen Hicom 300 des Herstellers Siemens AG, die mittels S_{2M} - bzw. S_0 -Festverbindungen gekoppelt sind. Es ist in die Teilbereiche Hochschulnetz und Netz der Medizinischen Fakultät unterteilt. Da die ATM-Technik eine Integration von Sprach- und Datenübertragung erlaubt, soll die Verbindung der TK-Anlagen zukünftig über den ATM-Backbone realisiert werden, um einerseits die Zahl der Austrittspunkte aus dem Universitätsnetz in öffentliche Netze zu verringern (Nutzung verschiedener Dienstanbieter) und andererseits eine Vereinheitlichung der Netzinfrastruktur herbeizuführen.

In der vorliegenden Arbeit wurden zwei grundsätzliche Varianten der Sprachübertragung über das ATM-Netz diskutiert, wobei die Auswahl auf der Basis einer interdisziplinär zu erstellenden detaillierten Kosten-Nutzen-Analyse erfolgen sollte. In der vorliegenden Arbeit

wird eine Lösung vorgeschlagen, in der Knoten mit ATM-Switch schrittweise mit TK-Anlagen Hicom 300 E ausgerüstet werden, wobei zunächst die Hauptknoten (H und H10) berücksichtigt werden, um eine höhere Leistungsfähigkeit für den Übergang ins öffentliche Netz und zum Breitband-Wissenschaftsnetz bereitzustellen. Sollte sich die ATM-Technologie zukünftig weiterhin fest etablieren, kann eine weitere Integration des Sprachverkehrs mit Nutzung von ATM-Funktionalitäten bis zum Arbeitsplatz erfolgen. In diesem Zusammenhang wurden die Sprachübertragung über das B-WiN, welches ebenfalls auf der ATM-Technik basiert, sowie Aspekte des Datenschutzes und der Datensicherheit betrachtet.

Einen Schwerpunkt dieser Arbeit stellte die Bewertung von Hochgeschwindigkeitsnetzen besonders im Hinblick ihrer Nutzung in Corporate Network mit Sprach-Daten-Integration dar. Die Technik des Asynchronous Transfer Mode ist die am besten geeignete. Jedoch sind die Kosten für ATM-Netzkomponenten derzeit im Vergleich zu anderen geeigneten Technologien sehr hoch. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Tatsache, daß Institutionen und Unternehmen, die eine Sprach-Daten-Integration in ihrem privaten Netz vornehmen wollen, bereits über Vernetzungskomponenten verfügen; die ATM-Netztechnik (Switches) müßten jedoch komplett neu erworben werden. Deshalb werden häufig Lösungen favorisiert, bei denen bestehende Netzknotten genutzt werden können, auch wenn die Übertragungsgeschwindigkeit dieser Netze nicht an die des ATM heranreicht (z.B. Frame Relay, ISDN).

Ein weiterer Schwerpunkt der vorliegenden Diplomarbeit lag auf der Realisierung einer Kopplung der TK-Anlage Hicom 300 mit dem ATM-Switch LightStream 1010 auf der Basis einer S_{2M} -Verbindung im Labor für Kommunikationssysteme. Es wurde die Möglichkeit der Übertragung multimedialer Informationen (Sprache und Bewegtbild) ausgehend von einem Teilnehmeranschluß (S_0) der TK-Anlage über das ATM-Netz zu einem anderen Teilnehmeranschluß der TK-Anlage nachgewiesen. Im ATM-Netz wurde zu diesem Zweck eine strukturierte E1-Verbindung emuliert, über die ATM-Verkehr mit konstanter Bitrate (CBR, AAL 1) geführt wurde. Weitere Testphasen sehen vor, die Kopplung beizubehalten und die E1-Verbindung im ATM-Netz der Universität Rostock über mehrere ATM-Switches zu einer weiteren TK-Anlage zu führen bzw. einen Verbindungsaufbau zu einem entfernten Teilnehmer im B-WiN vorzunehmen, um Tests insbesondere hinsichtlich auftretender Verzögerungszeiten absolvieren zu können.

Das Prinzip der Sprach-Daten-Integration in Backbone-Netzen ist auf viele Institutionen und Unternehmen, die über ähnliche Netzkomponenten verfügen, sinnvoll übertragbar. Aufgrund

der Deregulierung des Telekommunikationsmarktes und des gesteigerten Wettbewerbsdrucks der Anbieter von Telekommunikationsdienstleistungen ist es möglich, daß mittelfristig der Aufbau eigener Netzinfrastruktur zur Realisierung eines privaten Netzes kostspieliger ist, als die Nutzung eines von einem Netzbetreiber bereitgestellten Corporate-Network-Dienstes. Dies implizierte den Kostenvorteil, daß ein Unternehmen keine eigenen für die Netzbetreuung verantwortlichen Mitarbeiter ausbilden und beschäftigen brauchte, da die Administration und Wartung durch kompetentes Personal des Anbieters übernommen würde. Diese Entwicklung sollte von solchen Institutionen und Unternehmen beobachtet werden, die mittelfristig eine Integration von TK- und Datendiensten im Backbone-Bereich vornehmen wollen, bisher aber noch keine oder geringe Investitionen in moderne Netztechnik getätigt haben.

Abschließend wird festgestellt, daß die integrierte Übertragung von Sprache und Daten in Corporate Networks langfristig eine Vereinheitlichung der Netzinfrastruktur und eine Senkung der Kosten herbeiführt. Die Nutzung eines einheitlichen Netzes zur Sprach- und Datenübertragung ist daher sowohl vom technischen als auch vom wirtschaftlichen Standpunkt eine sinnvolle Maßnahme, um die Effizienz der Informationsübertragung zu steigern.

Ausblick

Für die weitere Arbeit in der Lehre im Labor für Kommunikationssysteme hinsichtlich moderner Kommunikationssysteme soll das Hauptaugenmerk nicht auf die Anschaffung kostenintensiver Netzkomponenten gerichtet werden, da deren Technologie sehr schnelllebig ist und in immer kürzeren Zeitabständen von neuen Versionen abgelöst wird. Der Schwerpunkt im ComLab soll auf die Anwendung leistungsfähiger Meß- und Analysetechnik gelegt werden, um Protokolle analysieren und auf die Einhaltung internationaler Standards und Normen überprüfen zu können. Diese Vorgehensweise erlaubt eine fundierte Ausbildung auf dem Gebiet moderner Kommunikationssysteme in Verbindung mit einem wirtschaftlichen Umgang mit finanziellen Mitteln bei der Ausstattung des Labors für Kommunikationssysteme. Die Netzkomponenten, die für die im Rahmen der Lehre (z.B. Praktikumsversuche) durchzuführenden Messungen erforderlich sind, sollen von den Partnern aus der Industrie, mit denen die Universität Rostock durch den Partnerschaftsvertrag des Labors für Kommunikationssysteme zusammenarbeitet, leihweise bereitgestellt werden.

9 Literaturverzeichnis

- [Able92] ABLETT, Susan; AKNAI, Peter; MEERMAN, Bram: *SDH – Strategies, Benefits And Technology*. Cambridge: Analysis Publications, 1992
- [Bada95] BADACH, Anatol (Hrsg.): *ATM-Anwendungen: Multimedia-Kommunikation über Datenautobahnen*. Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 1995
- [Bada97] BADACH, Anatol: *Integrierte Unternehmensnetze – X.25, Frame Relay, ISDN, LANs und ATM*. Heidelberg: Hüthig, 1997 (Reihe „Fachwissen Telekommunikation“)
- [Bell98] Bell Laboratories; Lucent Technologies [Hrsg.]: Sprache und Fax über IP. In: *Ingenieur der Kommunikationstechnik* 48 (1998), Nr. 1, S. 21 - 22
- [Bind92] BINDER, Ulrich W. [u.a.]: *Telekommunikations-Anlagen in ISDN-Technik*. Ehningen bei Böblingen: expert, 1992 (Kontakt & Studium Nachrichtentechnik, Band 359)
- [Bock96] BOCKER, Peter: *ISDN – Digitale Netze für Sprach-, Text-, Daten-, Video- und Multimediakommunikation*. 4. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 1996
- [Bois95] BOISSEAU, Marc; DEMANGE, Michel; MUNIER, Jean-Marie: *An Introduction to ATM Technology*. London [u.a.]: International Thomson Computer Press, 1995
- [Born98] BORNHEIM, Markus: Vernetzung von TK-Anlagen – Heterogene Netze auf Basis von QSIG und CorNet NQ. In: *Datacom* 15 (1998), Nr. 4, S. 78 - 80
- [Brau96] BRAUN, Torsten; ZITTERBART, Martina: *Hochleistungskommunikation. Bd. 2: Transportdienste und -protokolle*. München; Wien: Oldenbourg, 1996
- [Broc98] BROCKERS, Frank; CLAUBERG, Axel: Fernsprechen im ATM-Netz. In: *DFN Mitteilungen* 46 (1998), Nr. 3, S. 14-15
- [Cis95/1] CISCO (Hrsg.): *Lightstream 1010*. Product Announcement, Cisco Systems Inc., 1995
- [Cis96/1] CISCO (Hrsg.): *Lightstream 1010 ATM Switch User Guide*. San Jose: Cisco Systems Inc., 1996
- [Cis96/2] CISCO (Hrsg.): *Lightstream 1010 ATM Switch Software Configuration Guide*. San Jose: Cisco Systems Inc., 1996
- [Cis97/1] CISCO (Hrsg.): *Lightstream 1010 ATM Switch PAM Installation Guide*. San Jose: Cisco Systems Inc., 1996
- [Clar96] CLARK, Martin P.: *ATM-Networks: Principles and Use*. New York [u.a.]: Wiley – Teubner, 1996
- [Coov97] COOVER, Edwin R.: *ATM Switches*. Boston; London: Artech House, 1997
- [Dan96/1] DANKERT, Uwe: *Die Integration von Sprache und Daten in Corporate Netzen*. Release 1.0, hrsg. von: Siemens AG, Vernetzungssysteme, München, 1996
- [Dan96/2] DANKERT, Uwe: *Architektur von Corporate Netzen*. (White Paper), Release

- 1.1, hrsg. von: Siemens AG, Vernetzungssysteme, München, 1996
- [Dank97] DANKERT, Uwe: Sprache und Daten in einer Hand – Netz- und Systemmanagement integrieren. In: *Gateway* (1997), Nr. 5, S. 112 - 115
- [Detk98] DETKEN, Kai-Oliver: Durchbruch der 100-Mbit/s-Grenze – Konventionelle und neue High-Speed-Verfahren im Vergleich. In: *Datacom* 15 (1998), Nr. 4, S. 52 - 60
- [DTAG95] DEUTSCHE TELEKOM AG (Hrsg.): Von ATM bis ZZK: Begriffe aus der Telekommunikation. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter Extra* 48 (1995)
- [Ehrl88] EHRLICH, Wolfgang; EBERSPÄCHER, Klaus: Die neue synchrone digitale Hierarchie. In: *Nachrichtentechnische Zeitschrift* 41 (1988), Nr. 10, S. 570-574
- [Floo97] FLOOD, J. E. (Hrsg.): *Telecommunication Networks*. 2. Aufl. London: The Institution of Electrical Engineers, 1997 (IEEE Telecommunications Series 36)
- [Fors97] FORST, Hans-Josef [Hrsg.]: Telekommunikation im Umbruch – VDE-Bezirksverein Frankfurt am Main, Arbeitsgemeinschaft vom 13.2 bis 3.2.1997. Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 1997
- [Froh94] FROHBERG, Wolfgang: Breitbandnetze – STM und SDH. In: SCHULTE, Heinz (Hrsg.): *Telekommunikation. Dienste, Netze wirtschaftlich planen, einsetzen und organisieren*. Augsburg: Interest Verlag, 1994
- [Froi97] FROITZHEIM, Konrad: *Multimedia-Kommunikation*. Heidelberg: dpunkt.verlag, 1997
- [G.703] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION - TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (Hrsg.): *Recommendation G.703: Physical/Electrical Characteristics Of Hierarchical Digital Interfaces*. Genf: ITU-T, 1991
- [G.704] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION - TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR (Hrsg.): *Recommendation G.704: Synchronous Frame Structures Used At 1544, 6312, 2048, 8488 And 44736 kbit/s Hierarchical Levels*. Genf: ITU-T, 1995
- [Geiß95] GEISSLER, Ilona: Grundlagen des ATM – Die Schlüsseltechnologie für das Breitband-ISDN. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter* 48 (1995), Nr. 1, S. 22 - 31
- [Geor96] GEORG, Otfried: *Telekommunikationstechnik: Eine praxisbezogene Einführung*. Berlin [u.a.]: Springer, 1996
- [Göld95] GÖLDNER, Ernst-Heinrich: ATM und Sprache. In: *telcom report* 18 (1995), Nr. 1, S. 38 - 41
- [Götz97] GÖTZKE, Jörn: *Gewährleistung des Quality of Service in ATM-Netzen*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik. Diplomarbeit, 1997
- [Habe97] HABERMANN, Thomas: *Struktur, Netzdesign und Leistungsermittlung des ATM-Backbonenetzes der Universität Rostock*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik. Diplomarbeit, 1997
- [Händ95] HÄNDEL, Rainer; HUBER, Manfred N.; SCHRÖDER, Stefan: *ATM-*

- Networks: Concepts, Protocols, Applications*. 2. Aufl. Bonn [u.a.]: Addison Wesley, 1995 (Electronic Systems Engineering Series)
- [Hase96/1] HASENMÜLLER, Harald: Schnelle – Pakete Sprach-/Datenkommunikation mit Frame Relay. In: *Gateway* (1996), Nr. 5, S. 64 - 70
- [Hase96/2] HASENMÜLLER, Harald: Neue Wege – Interworking zwischen X.25, ATM und Frame Relay. In: *Gateway* (1996), Nr. 10, S. 120 - 123
- [Hebl93] HEBLER, Karl-Ludwig; MÜLLER, Henrik: Zukünftige Aspekte für das ISDN-Kommunikationssystem Hicom 300. In: *Nachrichtentechnik Elektronik* 43 (1993), Nr. 6, S. 270 - 273
- [Hein96] HEIN, Mathias; VOLLMER, Theo (Hrsg.): *Bay Networks ATM LAN Guide*. Köln: FOSSIL-Verlag, 1996
- [Herr97] HERR, Helmut: *Synchrone Digitale Hierarchie – Prinzipien und Anwendungen*. Script zur Sondervorlesung an der Universität Rostock, Siemens AG; München: Öffentliche Kommunikationsnetze, 1997
- [Hnyk94] HNYK, Rüdiger: LAN-Leistungsebenen im Weitbereich wirtschaftlich erschließen. In: *telcom report* 17 (1994), Nr. 3, S. 108 - 111
- [Hoff97] HOFFMANN, Erwin; BADACH, Anatol; KNAUER, Olaf: *High Speed Internetworking – Grundlagen, Kommunikationsstandards, Technologien der Standards der Shared und Switched LANs*. Bonn [u.a.]: Addison Wesley, 1997
- [Hoff98] HOFFMANN, Gertraud; SCHWEIZER-JÄCKLE, Sibylle: ATM im Angebot. In: *DFN Mitteilungen* 46 (1998), Nr. 3, S. 17-18
- [HP97/1] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *A Smoother Ride in the Internetworking Fast Lane*. [o.O.], 1997
- [HP97/2] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor – Mainframe Features*. 8. Aufl. Colorado Springs, 1997
- [HP97/3] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor WAN – User’s Guide*. 8. Aufl. Colorado Springs, 1997
- [HP97/4] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor WAN – Low Speed – User’s Guide*. 8. Aufl. Colorado Springs, 1997
- [HP97/5] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor WAN – High Speed Toolkit – User’s Guide*. 8. Aufl. Colorado Springs, 1997
- [HP97/6] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor LAN – User’s Guide*. 8. Aufl. Colorado Springs, 1997
- [HP97/7] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor ATM – Product Overview*. [o.O.], 1997
- [HP97/8] HEWLETT PACKARD (Hrsg.): *HP Internet Advisor ATM – Technical Specifications*. [o.O.], 1997
- [IK98/1] [Ohne Verfasser]: Einigung zu DFN-Austauschpunkt. In: *Ingenieur der Kommunikationstechnik* 48 (1998), Nr. 1, S. 10
- [Jäge96] JÄGER, Rudolf: *Breitbandkommunikation: ATM, DQDB, Frame Relay: Technologien und Anwendungen für das Corporate Networking*. Bonn;

- Addison-Wesley, 1996
- [Jans93] JANSEN, Rainer; SCHOTT, Wolfgang: *SNMP: Konzepte - Verfahren - Plattformen*. Bergheim: DATACOM, 1993
- [Jans95] JANSEN, Horst (Hrsg.); Rötter, Heinrich (Hrsg.): *Telekommunikationstechnik Fachbildung*. 6. Aufl. Haan-Gruiten: Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer, 1995
- [Kahl92] KAHL, Peter: *ISDN – Das neue Fernmeldenetz der Deutschen Bundespost Telekom*. 4., überarb. u. erw. Aufl. Heidelberg: R. v. Decker's, G. Schenk, 1992 (TTK – R. v. Decker's Taschenbuch Telekommunikation)
- [Kanb91] KANBACH, Andreas; KÖRBER, Andreas: *ISDN – Die Technik*. 2., überarb. Aufl. Heidelberg: Hüthig, 1991
- [Kere96] KEREPESZKI; SEELIG; BACHMANN: *Vernetzungstechniken und Lösungsvorschläge*. hrsg. von: Siemens AG, Vernetzungssysteme, München, 1996
- [Kers95] KERSTEN, Heinrich: *Sicherheit in der Informationstechnik – Einführung in Probleme Konzepte und Lösungen*. 2., völlig überarb. Aufl. München; Wien: Oldenbourg, 1995
- [Kief96] KIEFER, Roland [u.a]: *Digitale Übertragung in SDH- und PDH-Netzen – Grundlagen, Systemtechnik, Meßaufgaben*. Renningen-Malmsheim: expert, 1996 (Kontakt & Studium Nachrichtentechnik, Band 466)
- [Kief97] KIEFER, Roland: *Meßtechnik in digitalen Netzen – Troubleshooting für PDH, SDH, ISDN und ATM*. Heidelberg: Hüthig, 1997 (Reihe „Fachwissen Telekommunikation“)
- [Killa96] KILLAT, Ulrich (Hrsg.): *Access to B-ISDN via PONs*. New York [u.a.]: Wiley – Teubner, 1996
- [Kirs97] KIRSCH, Thomas: Alternative zu X.25 – LAN-Kopplung mit Frame Relay. In: *Gateway* (1997), Nr. 1, S. 45 - 48
- [Kles95] KLESSIG, Robert W.; TESINK, Kaj: *SMDS – Wide Area Data Networking with Switched Multi-megabit Data Service*. London [u.a.]: Prentice Hall, 1995
- [Koch95] KOCH, Gerhard; SPINDLER, Bernhard: ATM: Schlüssel zum „Information-Highway“. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter* 48 (1995), Nr. 4, S. 196 - 205
- [Krüg97] KRÜGER, Torsten: *Netzgestaltung von strukturierten Unternehmen am Beispiel eines Kreditinstitutes*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik. Diplomarbeit, 1997
- [Kyas96] KYAS, Othmar: *ATM-Netzwerke: Aufbau - Funktion - Performance*. 3., aktul. u. erw. Aufl. Bergheim: DATACOM, 1996
- [Lan97/1] LANGE, Christoph: *SDH-Transportsysteme*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik. Kleiner Beleg, 1997

-
- [Lan97/2] LANGE, Christoph: *Kommunikation Hicom 300 und ATM-Netz*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik. Studienarbeit, 1997
- [Laut95] LAUT, Thomas: Frame Relay – ein neues Übertragungsprotokoll im Bereich der Datenkommunikation. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter* 48 (1995), Nr. 11, S. 618 - 630
- [Lin96] LIN, Arthur: *LightStream 1010 Switch Architecture and Traffic Management*. www.cisco.com/warp/public/730/LS1010/lstatm_wp.htm, 1996
- [Loch97] LOCHMANN, Dietmar: *Digitale Nachrichtentechnik*. 2., aktul. u. erw. Aufl. Berlin: Verlag Technik, 1997
- [Lohr97] LOHRUM, Matthias: Verkehrs- und Überlaststeuerung in ATM-Netzen. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter* 50 (1997), Nr. 4, S. 236 - 245
- [Lutz94] LUTZ, Karl Anton: Sprachübertragungsqualität im Kommunikationsnetz von morgen sichern. In: *telcom report* 17 (1994), Nr. 3, S. 112 - 114
- [Mai97] MAI, Peter: Jagd auf schnelle Zellen – Netzwerkanalysatoren für ATM. In: *Gateway* (1997), Nr. 1, S. 95 - 97
- [März97] MÄRZ, Rudolf [u.a.]: *Corporate Networks (II) – Leitfagen zur Qualität der Sprachübertragung*. Frankfurt am Main: Fachverband Kommunikationstechnik im Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e. V. (Hrsg.), 1997
- [Maso96] MASON, Lorne; CASACA, Augusto (Hrsg.): *Broadband Communications - Global Infrastructure for the information age*. London [u.a.]: Chapman & Hall, 1996
- [McDy94] McDYSAN, David E.; SPOHN, Darren L.: *ATM - Theory and Application*. New York [u.a.]: McGraw-Hill, Inc., 1994 (McGraw-Hill Series on Computer Communications)
- [Merc96] MERCER, Robert A.: Overview of Enterprise Network Developments. In: *IEEE Communications Magazine* 34 (1996), Nr. 1, S. 30 - 37
- [Mot93] MOTOROLA (Hrsg.): *The Basics Book Of Frame Relay*. Reading (Massachusetts) [u.a.]: Addison Wesley, 1993 (Motorola University Press)
- [Mot96/1] MOTOROLA (Hrsg.): *Sprachintegration mit Frame Relay*. Darmstadt: Motorola, Geschäftsbereich Informationssysteme 1996
- [Mot96/2] MOTOROLA (Hrsg.): *Frame Relay für Wide Area Networks*. Darmstadt: Motorola, Geschäftsbereich Informationssysteme 1996
- [Niem95] NIEMANN, Frank: Sprache paketweise. In: *Gateway* (1995), Nr. 11, S. 106 - 108
- [Nold95] NOLDEN, Matthias H.: TK-Anlagen. In: SCHULTE, Heinz (Hrsg.): *Telekommunikation. Dienste, Netze wirtschaftlich planen, einsetzen und organisieren*. Augsburg: Interest Verlag, 1995
- [Olda97] OLDACH, Helge: Umstieg mit Bedacht – Mietleitungen versus Frame Relay. In: *Gateway* (1997), Nr. 5, S. 62 - 65

- [Onvu95] ONVURAL, Raif O.: *Asynchronous Transfer Mode – Performance Issues*. 2. Aufl. Boston; London: Artech House, 1995
- [Pfi97] Planungsbüro freier Ingenieure: *Planungsunterlagen zum TK-Netz der Universität Rostock*. Berlin; Rostock, 1997
- [Pryc96] DE PRYCKER, Martin: *Asynchronous Transfer Mode*. München [u.a.]: Prentice Hall, 1996
- [Ramb97] RAMBOLD, Thomas: Alles aus einem Netz. In: *telcom report* 20 (1997), Nr. 2, S. 12 - 15
- [Rath97] RATHGEB, Erwin; WALLMEIER, Eugen: *ATM – Infrastruktur für die Hochleistungskommunikation*. Berlin [u.a.]: Springer, 1997
- [Rede97] REDER, Bernd: Die Hunderter-Klasse – 100 Mbit/s für das lokale Netz. In: *Gateway* (1997), Nr. 5, S. 38 - 43
- [Rosa97] ROSAUER, Bernhard: ATM – Technik und Anwendungen. In: *Deutsche Telekom Unterrichtsblätter* 50 (1997), Nr. 3, S. 140 - 147
- [Scha96] SCHARF, Achim: *ATM ohne Geheimnis*. Hannover: Verlag Heinz Heise, 1996
- [Schl87] SCHLÜTER, Heinz: *ISDN-fähige Kommunikations-Anlagen: Grundlagen – Planung – Installation..* Heidelberg: R.v.Decker's Verlag, 1987 (net-Buch Telekommunikation)
- [Schm96] SCHMÜCKING, Werner; SIEGERT,Brigitte: Private Kommunikationssysteme Siemens. In: ARNOLD, Franz (Hrsg.): *Handbuch der Telekommunikation*. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst, 1989
- [Schn97] SCHNEIDER, Martin: Hicom 300 E – ein Innovationsschub bei TK-Systemen. In: *Ingenieur der Kommunikationstechnik* 47 (1997), Nr. 3, S. 20 - 23
- [Schr96] SCHRAMM, Herbert F. W.: Wo Frame Relay sinnvoll ist – Treffen des DFÜ-Kreises über schnelle Paketvermittlung. In: *Datacom* 13 (1996), Nr. 5, S. 116 - 118
- [Sext92] SEXTON, Mike; REID, Andy: *Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy*. Boston; London: Artech House, 1992 (The Artech House Telecommunications Library)
- [Sie94/1] SIEMENS AG (Hrsg.): *Spitzenkommunikation weltweit mit Hicom 300*. München: Siemens AG (PN VG 4), 1994
- [Sie95/1] SIEMENS AG (Hrsg.): *Hicom 300 - Servicehandbuch. Band 1-3*. München: Siemens AG (Private Kommunikationssysteme), 1995
- [Sie95/2] SIEMENS AG (Hrsg.): *Hicom 300 - Grundsystem Sprachkommunikation*. München: Siemens AG (Private Kommunikationssysteme), 1995
- [Sie96/1] SIEMENS AG (Hrsg.): *Hicom 300 - Consultant-Handbuch. Band 1-3*. München: Siemens AG (Private Kommunikationssysteme), 1996
- [Sie97/1] SIEMENS AG (Hrsg.): *Hicom Report - Der aktuelle Informationsdienst rund um das Kommunikationssystem Hicom 300*. Nr. 11, Frühjahr/Sommer 1997, München: Siemens AG (Private Kommunikationssysteme), 1997

- [Sieg97/2] SIEMENS AG (Hrsg.): *Das neue Telekommunikationssystem Hicom 300 E*. München: Siemens AG (Private Kommunikationssysteme), 1997
- [Sieg93] SIEGMUND, Gerd: *ATM – Die Technik des Breitband-ISDN*. Heidelberg: v. Decker, 1993 (Kommunikation & Technik bei R. v. Decker)
- [Sieg95] SIEGMUND, Gerd: Die SDH-Strukturen. In: CLAUS, Joachim (Hrsg.); SIEGMUND, Gerd (Hrsg.): *ATM-Handbuch*. Heidelberg: Hüthig, 1995
- [Sieg96] SIEGMUND, Gerd: *Technik der Netze*. 3., neubearb. und erw. Aufl. Heidelberg: v. Decker, 1996 (Fachwissen Telekommunikation bei R. v. Decker)
- (Bis 2. Aufl. u. d. T.: Siegmund, Gerd: *Grundlagen der Vermittlungstechnik*)
- [Sieg97] SIEGMUND, Gerd: *ATM – Die Technik: Grundlagen, Netze, Schnittstellen, Protokolle*. 3., neubearb. und erw. Aufl. Heidelberg: Hüthig, 1997 (Fachwissen Telekommunikation)
- [Siem90] SIEMENS AG (Hrsg.): *Digitale Nachrichtenübertragung. Bd.2: Crossconnect- und Multiplextechnik*. Berlin; München: Siemens-AG [Abt. Verl.], 1990
- [Siem94] SIEMENS AG (Hrsg.): *Synchrone Multiplexer (Kurs 6412)*. hrsg. von: Siemens AG, Bereich Öffentliche Kommunikationsnetze; München, 1994
- [Sohl] SOHL, Johann: *Meßtechnik für synchrone Übertragungssysteme*. hrsg. von: Wandel & Goltermann GmbH & Co.; Eningen u.A., [o.J.]
- [Stev94] STEVENS, Richard W.: *TCP/IP Illustrated, Volume 1 – The Protocols*. Reading (Massachusetts) [u.a.]: Addison Wesley, 1994
- [Urs98] URS, Rene: ISDN bleibt die erste Wahl im Netzverbund der Firmen. In: *Computerwoche* (1998), Nr. 2, S. 21 - 22
- [Vind97] VINDEBY, Per: *Hicom 300 E - ATM Connectivity (Phase 1)*. München: Siemens AG, PN, 1997
- [WG96/1] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *OC-3/STM-1-ATM-Analysepaket für DA-30C*. Datenblatt, Eningen u.A., 1996
- [WG96/2] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *E1-ATM-Analysepaket für DA-30C*. Datenblatt, Eningen u.A., 1996
- [WG96/3] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *E3 ATM Analysis Package für DA-30C*. Datenblatt, Eningen u.A., 1996
- [WG96/4] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *ATMSim Applikation für ATM-Simulationen für DA-30C*. Datenblatt, Eningen u.A., 1996
- [WG97/1] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *Meßlösungen für weltweite Kommunikation – Gesamtkatalog 1997*. Eningen u.A., 1997
- [WG97/2] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *ATM Analysis Application v2.0 für DA-30C*. Datenblatt, Eningen u.A., 1997
- [WG97/3] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *Durchblick mit Fenstertechnik – Analysen in PDH, SDH, SONET und ATM*. Eningen u.A., 1997

- [WG97/4] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *Advanced Network Tester – SDH-Version*. Datenblatt, Eningen u.A., 1997
- [WG97/5] WANDEL & GOLTERMANN (Hrsg.): *ATM-Verkehrsgenerierung und -analyse für STM-1, E4, E3, E1 und STS-3c, STS-1, DS-3, DS-1*. Datenblatt, Eningen u.A., 1997
- [Wrig96] WRIGHT, David J.: Voice over ATM: An Evaluation of Implementation Alternatives. In: *IEEE Communications Magazine* 34 (1996), Nr. 5, S. 72 - 80
- [Wund96] WUNDERLICH, Frederick: *ATM – Basistechnik des B-ISDN*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik. Großer Beleg, 1996
- [Wund97] WUNDERLICH, Frederick: *Integration von ATM in bestehende LAN's*. Rostock, Universität, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik. Diplomarbeit, 1997
- [Zimm97] ZIMMER, Marlene: TK-Netz und Internet. In: *Ingenieur der Kommunikationstechnik* 47 (1997), Nr. 6, S. 24 - 25
- [Zitt95] ZITTERBART, Martina: *Hochleistungskommunikation. Bd. 1: Technologie und Netze*. München; Wien: Oldenbourg, 1995

Internetquellen

- [uni-ffm] <http://www.uni-frankfurt.de/netz/atm.html>
- [uni-koeln] <http://www.uni-koeln.de/-clauberg/vortraege/1997/projekt/ppframe.htm>
<http://www.vtoa.uni-koeln.de>
- [uni-ks] <http://www.uni-kassel.de/hrz/netze/dfn01/dfn01.html>
- [www.af] <http://www.atmforum.com>
- [www.ansi] <http://www.ansi.org>
- [www.cell] <http://www.cellware.de/ace/cellace3d.html>
<http://www.cellware.de/systems/cmast.html>
- [www.cis] <http://www.cisco.com>
<http://www-europe.cisco.com>
http://www.cisco.com/univercd/data/doc/cintrnet/prod_cat/pcls1010.htm
http://www.cisco.com/warp/public/730/LS1010/lsatm_wp.htm
http://www.cisco.com/warp/public/730/LS1010/lspam_pa.htm
http://www.cisco.com/warp/public/730/LS1010/tlela_ds.htm
http://www.cisco.com/warp/public/730/LS1010/tlelc_ds.htm
- [www.dfn] <http://www.dfn.de>
- [www.ecma] <http://www.ecma.ch>
- [www.etsi] <http://www.etsi.fr>

[www.hp] <http://www.tmo.hp.com>
[www.iec] <http://www.iec.ch>
[www.ieee] <http://www.ieee.org>
[www.ietf] <http://www.ietf.cnri.reston.va.us>
<http://www.ietf.org>
[www.iso] <http://www.iso.ch>
[www.itu] <http://www.itu.ch>
[www.wg] <http://www.wg.com/da30/>

Anhang A: Technische Daten der Netzkomponenten und Meßsysteme

A.1 ATM-Switch LightStream 1010

Tabelle A.14: Systemspezifikationen des LightStream 1010 [Cis96/1]	
	Beschreibung
Switch- und Prozessorkapazität	5 Gbit/s, verteilter Speicher, nichtblockierende Switching Fabric, Zellpuffer der Größe 65536 ATM-Zellen
Software	Standard: IISP-Protokoll, Option: PNNI-Protokoll
Netzteil	maximal 376 W, Eingangsspannung: 100 bis 240 V / 47 bis 63 Hz (interne Korrektur)
Arbeitstemperatur	0 bis 40°C
Mikroprozessor	RISC-Prozessor R4600, 100 MHz
Speicher	8 MB Flash Memory, 32 MB DRAM 256 kB Boot-EPROM, 128 kB SRAM
Schnittstellentaktung	Selbsttaktung, Netztaktsynchronisation, Taktgewinnung aus dem empfangenen Datenstrom
ASP	ASP-Modul, 32 MB DRAM, 8 MB Flash Memory
CAM	vier Carrier Adapter Module zur Aufnahme von je zwei PAMs
PAM	– PAM mit 4 SDH-STM-1-/ SONET-ST5-3c-Multimode-Lichtwellenleiter-Ports (155 Mbit/s), SC-Verbindungsstecker – PAM mit 4 E1-Leitungsemulations-Ports (2048 kbit/s), RJ-48c-Verbindungsstecker
Managementzugang	Standard Ethernet (IEEE 802.3, 10BaseT, RJ-45) und serielle Ports (25-Pin-EIA/TIA-232-Auxiliary-Port und DB-25-Console-Port) auf dem ASP-Modul
Verbindungen	32000 Punkt-zu-Punkt- oder 2048 Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen, Vermittlung von virtuellen Kanäle (VC) und virtuellen Pfade (VP), VP-Tunneling, PVC, SVC, PING
Signalisierung und Routing	UNI 3.0/3.1/4.0, PNNI (Phase 1), ILMI, IISP, Soft-PVC-Unterstützung, ATM-Access-List, Firewall,

Tabelle A.14: Systemspezifikationen des LightStream 1010 [Cis96/1]	
	Beschreibung
Verkehrsmanagement	<ul style="list-style-type: none"> – Verkehrsüberwachung: Single- bzw. Dual-Mode Leaky-Bucket-Algorithmus – Mehrere Konfigurationen je Verbindung und Port – Mehrere Prioritätsklassen – Alle ATM Verbindungstypen und AALs – Connection Admmision Control (CAC) – CLP-Markierung und Verwerfen / Intelligentes Paket-Verwerfen
Netzwerkmanagement	<ul style="list-style-type: none"> – Status-LEDs – Mehrere Management Information Bases (MIB) – Textbasierte Befehlszeilenschnittstelle – Cisco-IOS-Sicherheitmerkmale: Paßwortabfrage, TACACS, Telnet, TFTP, BOOTP, LAN Emulation Client, RFC 1577 Classial IP over ATM Client
MTBF	2,6 Jahre für die Systemkonfiguration
Management Information Base (MIB)	SNMP MIB II (RFC 1213), Interface Table MIB (RFC1573), AToMIC (RFC 1695), ATM Forum LANE A MIB, ATM PNNI MIB, SONET MIB (RFC 1595), ATM Forum UNI 3.0/3.11 ILMI MIB, DS-3 und E3 MIB (RFC 1407), RMON MIB (RFC 1757), Ethernet MIB (RFC 1398), RS-232 MIB (RFC 1659)
Maximale Entfernung zwischen zwei Stationen	<ul style="list-style-type: none"> – 10BaseT-Ethernet: 100 m – ATM-Multimode-LWL: 2 km – E1-CES-Twisted-Pair: 248,5 m

A.1.1 Port Adapter Modul 155 Mbit/s Multimode

Tabelle A.15: Merkmale des 155-Mbit/s-MM-PAM [Cis97/1]	
	Beschreibung
Ports	Vier 155-Mbit/s-Multimode-LWL-Ports, SC-Verbindungsstecker
Rahmen	Rahmenbildung nach STM-1/STS-3/ATM-Forum

Tabelle A.17: Port-Zustandsanzeige des E1-CES-PAM durch LEDs [Cis97/1]

Zustand des Ports	S1	S2	CD
Roter Alarm aufgrund von Rahmenfehlern	Rot	Rot	Aus
Roter Alarm aufgrund von Zellverlusten	Rot	Rot	Grün
Gelber Alarm	Gelb	Aus	Grün
Blauer Alarm	Aus	Gelb	Grün
Schleife	Grün blinkend	Grün blinkend	Grün

Kontaktbelegung des RJ-48c-Steckers

Tabelle A.18: Signalbelegung des RJ-48c-Steckers [Cis97/1]

Kontakt	Beschreibung
1	Receive Ring / Empfangsrichtung
2	Receive Tip / Empfangsrichtung
3	Keine Verbindung
4	Transmit Ring / Senderichtung
5	Transmit Tip / Senderichtung
6	Keine Verbindung
7	Keine Verbindung
8	Keine Verbindung

A.2 TK-Anlage Hicom 300

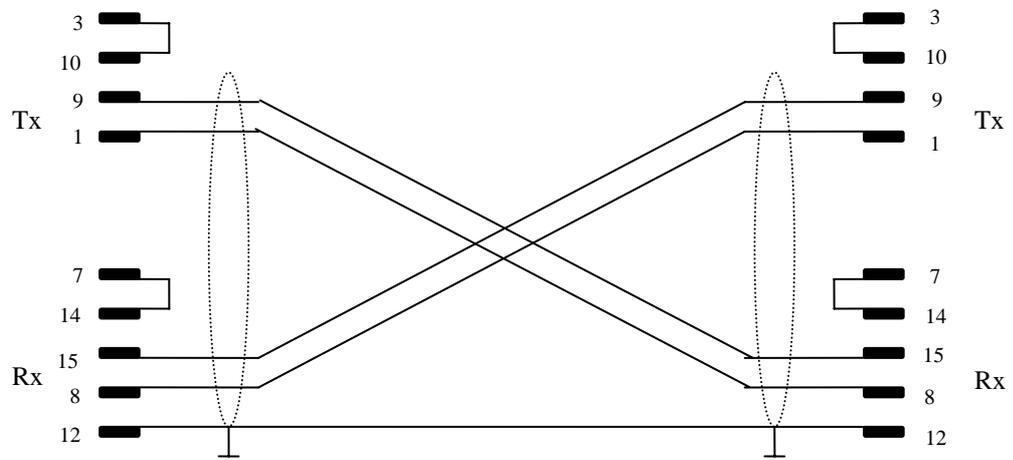
Tabelle A.19: Baugruppen der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme

Baugruppe	Bezeichnung	Beschreibung/Aufgabe
DIUS2	Digital Interface Unit S _{2M}	Baugruppe zur Realisierung von zwei Primärmultiplexschnittstellen (S _{2M} , 2048 kbit/s) für ISDN-Anschluß der TK-Anlage oder zur Kopplung mehrerer TK-Anlagen
STMD	Subscriber Line/Trunk Modul Digital	Bereitstellung von 4 S ₀ -Schnittstellen zum Anschluß an ISDN-DIVO oder -PBX (keine Speisung)
SLMA	Subscriber Line Modul	Baugruppe mit Speise-, Ruf- und

Tabelle A.19: Baugruppen der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme		
Baugruppe	Bezeichnung	Beschreibung/Aufgabe
	Analog	Indikatorschaltung für 16 analoge Teilnehmer
DCL	Data Communication Link	Bindeglied zwischen der Steuerung und den peripheren Anschlußeinheiten LTU bzw. der Serviceeinheit SU für die Signalisierung
DP3DM	Data Processor 386 Dynamic Memory	Zentraler Steuerprozessor der SWU und der Server
IOPA	Input Output Processor	Multifunktionsbaugruppe mit folgenden Funktionen: <ul style="list-style-type: none"> – Ansteuerung von SCSI-Laufwerken – Ankopplung von SCSI-Laufwerken für Test- und Wartungszwecke – Betriebszustands- und Alarmsignalisierung – V.24-Monitor-Schnittstelle zu Steuerungszwecke Baugruppe IOPA steuert den zentralen Datentransfer zwischen Server-Zentralsteuerung und den peripheren Speichern
LTUC	Line Trunk Unit Control	Die Baugruppe LTUC bildet die Schnittstelle zwischen dem Umsetzer für den Signalisierungskanal DCL, dem Koppelfeld und den peripheren Baugruppen des LTU-Rahmens (Steuerung der Leitungsverbindungseinheit LTU).
MAC	Maintenance and Alarm Control	Die Wartungs- und Alarmsteuerung dient der Steuerung der Betriebszustands- und Alarmanzeigen sowie der Abfrage von manuellen Lade- und Startanreizen.
MTS	Memory Time Switch	Das digitale Zeitvielfach ist das Grundelement des Koppelnetzes (SN). Die Funktionen der MTS-Baugruppe sind:

Tabelle A.19: Baugruppen der Hicom 300 im Labor für Kommunikationssysteme		
Baugruppe	Bezeichnung	Beschreibung/Aufgabe
		<ul style="list-style-type: none"> – Ablaufsteuerung – Leistungsempfänger/-treiber – Zeitlagenvielfach – Multiplexer
PCG	Peripheral Clock Generator	Der periphere Taktgenerator versorgt das Koppelnetz (SN), die Peripherie (LTU) und die Serviceeinheit (SU) mit Taktinformation, die von einem Quarzgenerator abgeleitet wird.
SIU	Signaling Unit	Die Signalisierungseinheit versorgt das System mit Hörönen, Ansagen und Music on hold. Auf der SIU befinden sich Hörzeichenempfänger, MFV-Empfänger, Test-Sender und Test-Empfänger.
MIP	Memory Interface Processor	Speicher und Schnittstelle zu den integrierten Servern
LBU	Line Bus Control Unit	Leitungs- und Leitungsbussteuerung; Ankopplung von aktiven Peripheriebaugruppen an DP über V.24-Schnittstellen
DCS		Netzteil; Bereitstellung der Versorgungsspannungen (+/-12V, +/-5V, -48V, -60V) und der Rufspannung (90V AC) aus der Netzspannung

Belegung der 15-poligen Steckerleiste der DIUS2-Karte



A.3 Meß- und Analysesysteme

A.3.1 Wandel & Goltermann: DA-30C

DA-30C-Plattform

DA-30C-Plattform	Bezeichnung	Merkmale
Leistungsfähiger Internetwork-Analysator für die Überwachung, Simulation und Protokollanalyse in Echtzeit: – Performance-Tests – Bridge-/Router- Benchmarking-Tests – Switch-Performance- Tests	DA-30C	– Systemplattform basierend auf Multiport-Dual- Protokollanalystor – Analyse-Pakete für Technologien wie FDDI, HSSI, Fast Ethernet, ATM – Simultane Analyse von zwei gleichen oder verschiedenen Netztopologien
	DA-3x für Windows	– Grafische Bedienoberfläche auf Basis von MS- Windows erleichtert die Bedienung und vereinfacht die Netzüberwachung, Datenerfassung und Decodierung von Protokollen in Echtzeit – Decodierung von Protokollen auf allen sieben OSI-Schichten

DA-30C-Anwendungen

DA-30C-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
Testen und Analysieren von ATM-Netzen (Netzüberwachung, Fehlersuche, Simulation)	OC-3-/STM- 1 UTP Analysepa- ket	– Analyse von ATM-Datenübertragungen über STM-1-/OC-3-Verbindungen bis 155 Mbit/s – Schnittstellenmodule für SONET/SDH und UTP – Voll-Duplex-Analyse der Protokolle der

Tabelle A.21: DA-30C-Anwendungen [WG97/1][WG96/1][WG96/2][WG96/3][WG96/4]		
DA-30C-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
und Testen von Netzkoppelementen; Protokolldecodierung auf allen sieben OSI- Schichten)		<p>höheren Schichten</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sender und Doppel-Empfänger für volle Netzübertragungsrate – Echtzeit-Reassemblierung von ATM-Zellen in Rahmen – Automatische Erkennung (Auto-Discover) von VPI/VCI und ihrer Bandbreitenausnutzung
	DS1-/E1-Analysepaket	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse von ATM-Datenübertragungen über DS1- (1,5 Mbit/s) und E1- (2 Mbit/s) Verbindungen in Echtzeit – Duplex-Analyse der Protokolle der höheren Schichten – Sender und Doppel-Empfänger für volle Netzübertragungsrate – Echtzeit-Reassemblierung von ATM-Zellen in Rahmen – Automatische Erkennung (Auto-Discover) von VPI/VCI und ihrer Bandbreitenausnutzung
	DS3-/E3-Analysepaket	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse von ATM-Datenübertragungen über DS3- (45 Mbit/s) und E3- (34 Mbit/s) Verbindungen in Echtzeit – Duplex-Analyse der Protokolle der höheren Schichten – Sender und Doppel-Empfänger für volle Netzübertragungsrate – Echtzeit-Reassemblierung von ATM-Zellen in Rahmen – Automatische Erkennung (Auto-Discover) von VPI/VCI und ihrer Bandbreitenausnutzung

Tabelle A.21: DA-30C-Anwendungen [WG97/1][WG96/1][WG96/2][WG96/3][WG96/4]		
DA-30C-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
	ATMSim- Applikation	<ul style="list-style-type: none"> – Simulation von realistischem ATM-Datenverkehr – Erzeugung von deterministischem oder zufälligem ATM-Datenverkehr – Zellinjektion und Multiplexen von Daten in Echtzeit
	WG ATM SAR Utility	<ul style="list-style-type: none"> – ATM-AAL-Segmentierung und -Reassemblierung – Detaillierte Statistiken für Zellen, Rahmen und Rahmenverteilung
Testen und Analysieren von LANs (Überwachung, Fehlersuche, Simulation und Testen von Netzkoppelementen; Protokolldecodierung auf allen sieben OSI-Schichten)	100BASE-T-Analysepaket	<ul style="list-style-type: none"> – 10- und 100-Mbit/s-Betrieb – Gleichzeitiges Senden und Empfangen bei voller Netzübertragungsrate – Unterstützung von N-Ways für Autonegotiation – Duplex- und Halbduplex-Emulation – Umfangreiche Netzstatistiken
	100VG-AnyLAN-Analysepaket	<ul style="list-style-type: none"> – 100-Mbit/s-Betrieb (IEEE 802.12) – Senden und Empfangen bei voller Netzübertragungsrate – Test-Training mit Modifikation des Rahmenteils und der Anzahl der zu sendenden Training-Rahmen – Emulation von Endgeräten – Umfangreiche Netzstatistiken
	Ethernet-/Token Ring- und FDDI-Analysepakete	<ul style="list-style-type: none"> – Echtzeitanalyse von Ethernet/Token Ring und FDDI – Decodierung aller wesentlichen LAN- und WAN-Protokolle

Tabelle A.21: DA-30C-Anwendungen [WG97/1][WG96/1][WG96/2][WG96/3][WG96/4]		
DA-30C-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
	SmartMonF	<ul style="list-style-type: none"> – Überwachung und Fehlersuche in FDDI-Netzen – Filterung des Datenverkehrs nach speziellen Ereignissen – Sammeln von Netzstatistiken
	RTBench- Applikation	<ul style="list-style-type: none"> – Bridge-/Router-Benchmark-Tests für Ethernet, Token Ring und FDDI – Messung der Systemparameter im Netz
	STBench- Applikation	<ul style="list-style-type: none"> – Benchmark-Test für Multiport-Ethernet-Switches – Ermöglicht das gleichzeitige Messen von Multiport-Einrichtungen mit mehreren DA-30C
Testen und Analysieren von HSSI/Multi-WAN (Überwachung und Simulation von EIA530-, RS449-, V.35-, X.21- und HSSI-Netzen)	HSSI/Multi-WAN-Analysepaket	<ul style="list-style-type: none"> – Echtzeit-HSSI-Analyse bis zu 52 Mbit/s – Realistische Testbedingungen durch Erzeugen und Empfangen von Verkehrslasten bei voller Übertragungsrate – Hardware-Filter, Protokolldecodierung auf allen sieben OSI-Schichten
Testen und Analysieren von WANs (Überwachung, Fehlersuche und Simulation)	T1-Schnittstellenmodul	<ul style="list-style-type: none"> – Emulation und Netzüberwachung von T1-WANs – Untersuchung von LAN-Protokollen auf WAN-Strecken – Langzeitmessungen an Fractional-T1-Strecken für die Netzplanung
	E1-Schnittstellenmodul	<ul style="list-style-type: none"> – Echtzeitanalyse an 2-Mbit/s-(E1-) Datenströmen – Überprüfung von LAN/WAN-Netzübergangselementen (Gateways) – Protokolldecodierung auf allen sieben OSI-Schichten
	V- und X-	<ul style="list-style-type: none"> – Überwachung von LAN-Protokollen auf WAN-Leitungen

Tabelle A.21: DA-30C-Anwendungen [WG97/1][WG96/1][WG96/2][WG96/3][WG96/4]		
DA-30C-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
	Schnittstellenmodule	<ul style="list-style-type: none"> – Decodierung aller sieben OSI-Schichten in X.21-, V.24-, V.35-, V.36-Netzen
	Frame Relay-Paket	<ul style="list-style-type: none"> – Überwachen, Testen und Analysieren von Frame Relay-Netzen – Langzeit-Erfassung der Netzaktivitäten für die Netzplanung – Emulation von Routern und Switches – Testen der Durchgangsleistung und Verzögerung
	X.25-Anwendungs- und Protokollpaket	<ul style="list-style-type: none"> – Überwachung und Aufzeichnung der Aktivitäten von X.25-Netzen – Ausfilterung bestimmter Rahmentypen – Darstellung von Netzstatistiken und Auslastungen
Analyse und Simulation von ISDN-Signalisierung und -Verkehr	ISDN-Schnittstellenmodule	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse von Daten (B-Kanal) und Signalisierung (D-Kanal) an den ISDN-Schnittstellen 2B+D (Basisanschluß), 30B+D (S_{2M}, E1), 23B+D (T1) – Automatische Triggerung auf den B-Kanal – Automatische B-Kanal-Nachführung – Signalisierungsstatistiken anhand des D-Kanal-Protokolls und der Belegung der B-Kanäle – Test der Einrichtungskonfiguration

A.3.2 Hewlett Packard: Internet Advisor

Internet Advisor-Plattform

Tabelle A.22: Internet Advisor-Plattform [www.hp] [HP97/2]		
Internet Advisor-Plattform	Bezeichnung	Merkmale

<p>Leistungsfähiger Internetwork-Analysator für die Überwachung, Simulation und Protokollanalyse in Echtzeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Performance-Tests – Bridge-/Router- Benchmarking-Tests – Switch-Performance- Tests 	<p>HP Internet Advisor Mainframe</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse-Pakete für LAN-, WAN-Technologien (FDDI, HSSI, Fast Ethernet, ATM) und Internetworking – Grafische Bedienoberfläche auf Basis von MS-Windows (95) erleichtert die Bedienung und vereinfacht die Netzüberwachung, Datenerfassung und Decodierung von Protokollen – Hardware: Pentium-Prozessor, 32 MB RAM, Festplatte bis 3 Gbytes, serielle und parallele Ports, 1,44-MB-Laufwerk, PCMCIA-Slots
--	--	---

Internet Advisor-Anwendungen

Tabelle A.23: Internet Advisor-Anwendungen [www.hp][HP97/8]

Internet Advisor-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
<p>Testen und Analysieren von ATM-Netzen (Netzüberwachung, Fehlersuche, Simulation und Testen von Netzkoppelementen)</p>	<p>HP Internet Advisor ATM</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse von ATM-Datenübertragungen über STM-1-/OC-3-Verbindungen bis 155 Mbit/s – Schnittstellenmodule für SONET/SDH und UTP (STM-1, 155 Mbit/s UTP, E3/DS3, E1/DS1) – Analyse der Protokolle der höheren Schichten – Messing der Bitfehlerrate (BERT) für DS3, STM-1, UTP und E3 – Integrierter Verkehrsgenerator – Durchgangsmessung mittels PING – QoS-Messung: Zellverlustrate – ATM-Zellen-Editor (Einfügen, Löschen von Zellen) – Erstellung von Statistiken – Optischer Leistungsmesser für STM-1-

Tabelle A.23: Internet Advisor-Anwendungen [www.hp][HP97/8]		
Internet Advisor-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
		Schnittstelle
Testen und Analysieren von LANs (Überwachung, Fehlersuche, Simulation und Testen von Netzkoppelementen)	HP Internet Advisor LAN	<ul style="list-style-type: none"> – Untersuchung von Ethernet- und Token-Ring-Netzen (optional Fast Ethernet und FDDI) – Tests von Router und Bridgekonfigurationen
Testen und Analysieren von WANs (Überwachung, Fehlersuche und Simulation)	HP Internet Advisor WAN	<ul style="list-style-type: none"> – Ermittlung der Leitungsausnutzung und des Datendurchsatzes – Erkennung von Konfigurationsproblemen – Erfassung von Übertragungsfehlern – Decodierung des Bitstromes – Erstellung von Statistiken (genutzte Bandbreite, Verkehrsart) – Überwachung, Simulation und Verkehrsgenerierung bei Übertragungsgeschwindigkeiten von 50 bit/s bis 2 Mbit/s – Unterstützung der folgenden physikalischen Schnittstellen: V.24/RS-232, V.36/RS-449, V.35, X.21, ISDN-S₀, E1, T1 – Unterstützung der folgenden Technologien: Frame Relay, X.25, bitorientierte Protokolle (z.B. LAPB, LAPD, HDLC, SDLC, CiscoSLE, RFC 1662, RFC 1663), PPP (synchron und asynchron), ISDN
	HP Internet Advisor	<ul style="list-style-type: none"> – Testwerkzeug zur Analyse von Datenverbindungen mit

Tabelle A.23: Internet Advisor-Anwendungen [www.hp][HP97/8]

Internet Advisor-Anwendungen	Bezeichnung	Merkmale
	WAN – Low Speed	Überragungsgeschwindigkeiten von 50 bit/s bis 64 kbit/s
	HP Internet Advisor WAN – High Speed Toolkit	<ul style="list-style-type: none"> – Testwerkzeug zur Analyse von Datenverbindungen mit Überragungsgeschwindigkeiten von 50 bit/s bis 2048 kbit/s – Unterstützung der folgenden Technologien: HDLC, SDLC, PPP, LAPB, LAPF, SNAP

Anhang B: Einrichtung der Netzkomponenten

B.1 Einrichtung des LightStream 1010

Die Beschreibung der Befehle zur Konfiguration des LightStream 1010 beschränkt sich auf die Einrichtung des LightStream 1010 A. der ATM-Switch LightStream 1010 B wird in analoger Weise entsprechend den Anforderungen (keine CBR-Schnittstellen) konfiguriert

Bevor die Konfigurationsbefehle für den ATM-Switch LightStream 1010 angegeben werden, werden allgemeine Konventionen, die für die Einrichtung des LightStream 1010 bedeutsam sind, beschrieben.

B.1.1 Hardware

Der ATM-Switch LightStream 1010 besteht aus einem Chassis mit fünf Slots für Carrier Module (CAM), von denen das mittlere für den ATM Switch Processor reserviert ist. Außerdem enthält das Gehäuse ein bzw. zwei Netzteile. Jedes der Carrier Module kann je zwei Port Adapter Module (PAM) aufnehmen. Die Port Adapter Module können nach den speziellen Anforderungen des jeweiligen Netzes ausgewählt und installiert werden und stellen die physikalischen Leitungsschnittstellen (z.B. 155 Mbit/s MM-LWL, 622 Mbit/s SM-LWL, 2,048 Mbit/s) bereit. Jeder Port der integrierten PAMs wird über eine Identifikationsnummer angesprochen, die folgendes Format hat:

CAM-Nummer/PAM-Nummer/Port-Nummer

Die CAM-Nummer gibt den Slot an, in dem das betreffende Modul installiert ist (von 0 bis 4, von oben nach unten). Die PAM-Nummer kennzeichnet die Position des PAMs innerhalb des CAMs (0 oder 1, von links nach rechts). Die Port-Nummer identifiziert den physikalischen Port auf einem PAM. Die Numerierung beginnt links mit 0 und hängt von der Anzahl der Ports auf einem PAM ab. Abbildung B.49 illustriert die Adressierung der physikalischen Schnittstellen.

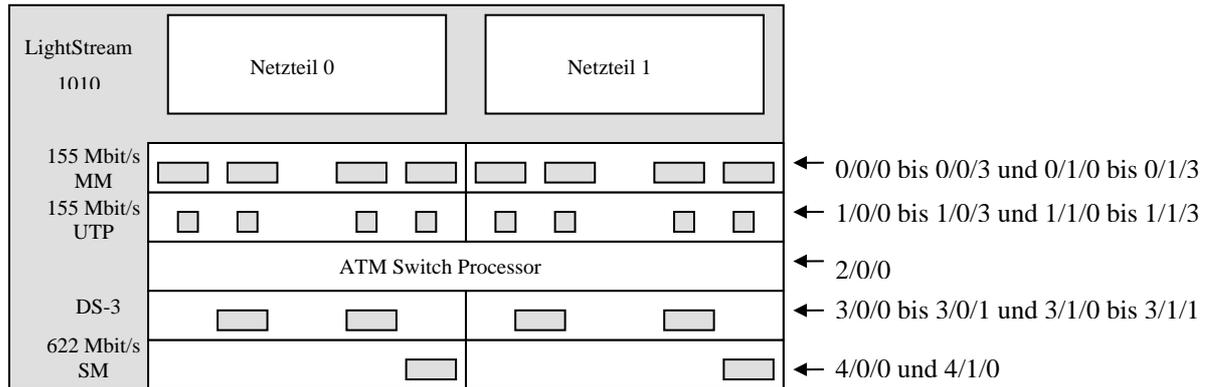


Abbildung B.49: Numerierung der Ports (Beispielkonfiguration) [Cis96/1]

B.1.2 Softwarekonfigurationsmodi

Zum Zweck der Konfiguration der zentralen Eigenschaften und der einzelnen Port Adapter Module verfügt der ATM-Switch LightStream 1010 über eine zeilenorientierte Befehlschnittstelle (Command Line Interface, CLI), welche sechs verschiedene Befehlsmodi kennt. Jede dieser Gruppen stellt einen begrenzten Befehlsvorrat bereit.

Um die Systemsicherheit zu gewährleisten, ist der Zugang zu den Befehlen in zwei Kategorien unterteilt:

- User-EXEC-Mode: Der Befehlsvorrat ist eine Untermenge der Befehle des privileged-EXEC-Modes.
- Privileged-EXEC-Mode: Dieser Modus erfordert ein Paßwort und erlaubt einen Zugang zu Konfigurationsbefehlen, die die Arbeitsweise des LightStream 1010 bestimmen.

Nach dem Login in den LightStream 1010 befindet man sich automatisch im **User-EXEC-Mode**. Die Befehle im User-EXEC-Mode erlauben die Verbindung mit entfernten Switch-Systemen, grundlegende Tests sowie die Ermittlung von Systeminformationen.

Findet der Switch kein gültiges System-Image oder wird die Boot-Routine unterbrochen, begibt sich der LightStream 1010 in den **ROM-Monitor-Mode**. In diesem Betriebszustand können Systemtests durchgeführt werden oder der Switch kann neu gestartet werden.

Der **Privileged-EXEC-Modus** ist paßwortgeschützt und ermöglicht den Zugang zu allen noch verbleibenden Konfigurationsmodi. Außerdem stellt er hochwertige Analyse- und Testbefehle (z.B. debug) bereit.

Der **Global Configuration Mode** erlaubt die Konfiguration von Systemeigenschaften, die den Switch als ganzen betreffen. Die Konfiguration kann vom Terminal aus, aus dem Speicher und über ein Netzwerk erfolgen. Der Global Configuration Mode gestattet den Zugang zu weiteren Konfigurationsbetriebsarten:

- Die Befehle des **Interface Configuration Mode** verändern die Arbeitsweise einzelner Schnittstellen (z.B. ATM, Ethernet).
- Mittels des **Subinterface Configuration Mode** lassen sich logische Schnittstellen in ATM-Netzen (z.B. PVCs) konfigurieren.
- Die Befehle des **Line Configuration Mode** beeinflussen die Betriebsarten von Terminal-Leitungen. Sie werden genutzt, um Verbindungen zu entfernten ATM-Switches herzustellen, Terminalparameter zu verändern und die Konfiguration eines Modems am Auxiliary-Port vorzunehmen.
- Im **Map-List Configuration Mode** wird ein Mapping-Schema mit den Adressen von entfernten Hosts oder Switches erstellt oder bearbeitet.
- Der **Map-Class Configuration Mode** ist geeignet, um QoS-Parameter, die mit SVCs aus dem Mapping-Schema verknüpft sind, zu definieren und zu verändern.
- Die Betriebsarten **ATM Router Configuration Mode** und **ATM Router Node Configuration Mode** beziehen sich auf die Konfiguration des Switches als PNNI-Router.

Abbildung B.50 zeigt die Beziehung der Konfigurationsmodi des LightStream 1010 untereinander.

[Cis96/2]

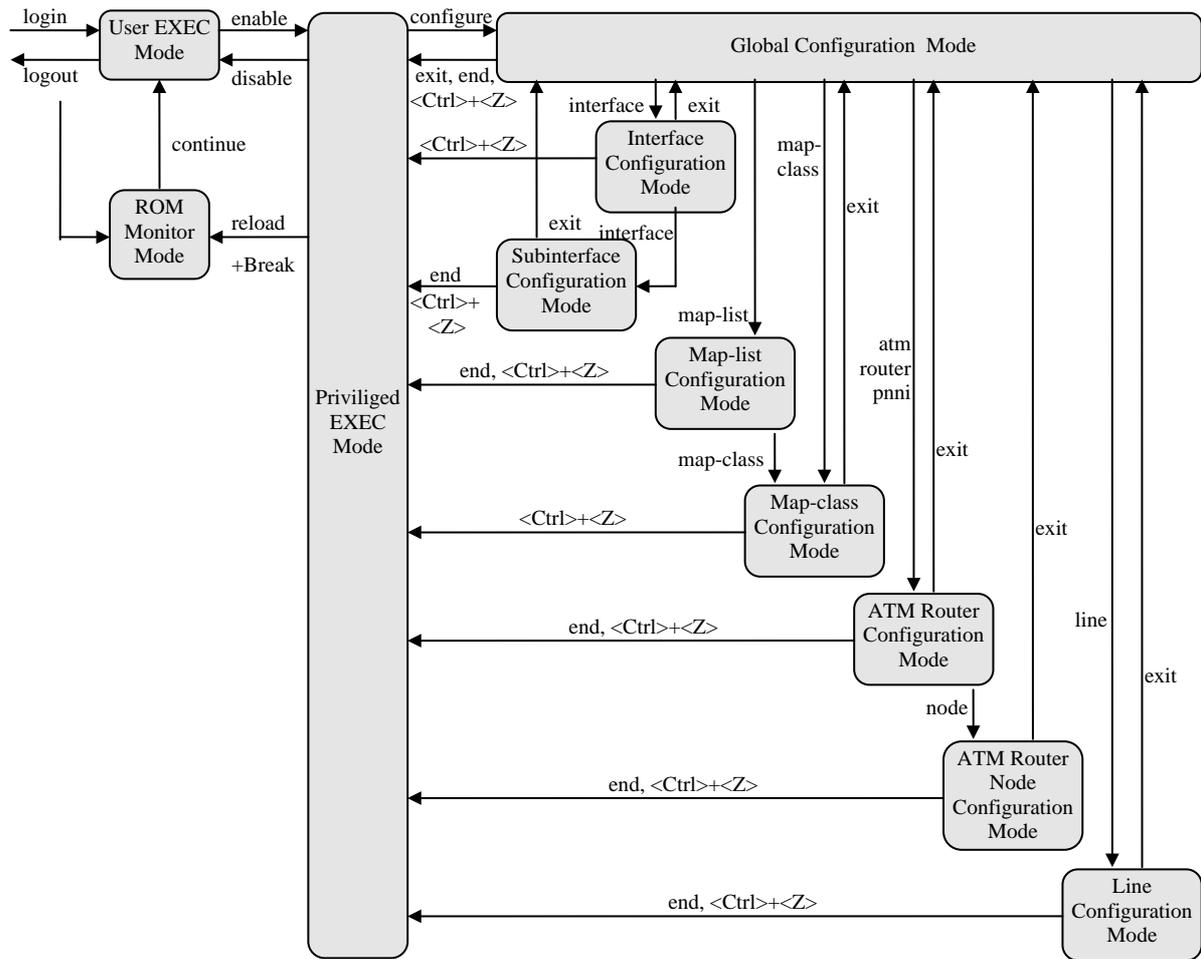


Abbildung B.50: Konfigurationsbetriebsarten des LightStream 1010

B.1.3 Einbindung in das lokale Netzwerk und allgemeine Einstellungen

Aktion	Eingabemodus	Befehl
Bekanntgabe der IP-Adresse	Konfigurationsmodus des Ethernet-Ports: enable (<i>Paßwort</i>); configure; interface ethernet 2/0/0	ip address 139.30.200.80 255.255.255.0
Bekanntgabe der Domain	Globaler Konfigurationsmodus: enable (<i>Paßwort</i>);	ip domain-list e-technik.uni-rostock.de

Aktion	Eingabemodus	Befehl
	configure	
Bekanntgabe des Routers	Globaler Konfigurationsmodus	ip default-gateway 139.30.200.83
Bekanntgabe des DNS-Servers	Globaler Konfigurationsmodus	ip name-server 139.30.202.34
Festlegung des Paßwortes für den Privileged-EXEC-Modus	Globaler Konfigurationsmodus	enable password 0 <i>Paßwort</i>
Festlegung der Taktquelle der höchsten Priorität	Globaler Konfigurationsmodus	network-clock-select 1 cbr 0/1/1

B.1.4 Einrichtung eines ATM-PVC

Aktion	Eingabemodus	Befehl
ATM-Schnittstelle atm 0/0/2		
Einrichtung eines PVC zwischen den ATM-Ports atm 0/0/2, VPI=3, VCI=300 und atm 0/0/3 VPI=4, VCI=400	Konfigurationsmodus der ATM-Schnittstelle 0/0/2: enable (<i>Paßwort</i>); configure ; interface atm 0/0/2	atm pvc 3 300 interface atm 0/0/3 4 400

B.1.5 Einrichtung der E1-Schnittstellen und E1-PVC

Konfiguration der E1-Schnittstellen

Aktion	Eingabemodus	Befehl
Schnittstelle cbr 0/1/0		
Einstellung der Taktquelle	Konfigurationsmodus der E1-Schnittstelle 0/1/0: enable (<i>Paßwort</i>); configure ; interface cbr 0/1/0	ces dsx1clock source network-derived

Tabelle B.26: Konfiguration der E1-Schnittstellen		
Aktion	Eingabemodus	Befehl
Einstellung des Leitungscodes	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces dsx1 linecode hdb3
Einstellung der Rahmencharakteristik	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces dsx1 framing e1_crc_mf_lt
Einschalten der Schnittstelle	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	no shutdown
Einstellung des strukturierten Leitungsemulationsdienstes mit AAL 1	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces aal1 service structured
Einstellung einer synchronen Taktung	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces aal1 clock synchronous

Die Einrichtung der weiteren cbr-Schnittstellen erfolgt analog zu der hier dargestellten Konfiguration.

Einrichtung von E1-PVCs

Tabelle B.27: Einrichtung der E1-PVCs		
E1-PVC von cbr 0/1/0 nach atm 0/0/2		
Zuweisung der Zeitschlitzze zur Verbindung	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces circuit 1 timeslots 1-31
Zuweisung des Namens E1-PVC-Hicom-1	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces circuit 1 circuit-name E1-PVC-Hicom-1
Einschalten des E1-PVC	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	no ces circuit 1 shutdown
Einstellung einer Verbindung von cbr 0/1/0 nach atm 0/0/2 (VPI=3, VCI=300)	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/0	ces pvc 1 interface atm 0/0/2 vpi 3 vci 300
E1-PVC von cbr 0/1/1 nach atm 0/0/3		
Zuweisung der Zeitschlitzze zur Verbindung	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/1	ces circuit 2 timeslots 1-31
Zuweisung des Namens E1-	Konfigurationsmodus	ces circuit 2 circuit-name E1-PVC-

PVC-Hicom-2	von cbr 0/1/1	Hicom-2
Einschalten des E1-PVC	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/1	no ces circuit 2 shutdown
Einstellung einer Verbindung von cbr 0/1/1 nach atm 0/0/3 (VPI=4, VCI=400)	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/1	ces pvc 2 interface atm 0/0/3 vpi 4 vci 400
E1-PVC von cbr 0/1/2 nach atm 0/0/2		
Zuweisung der Zeitschlitz zur Verbindung	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/2	ces circuit 3 timeslots 1-31
Zuweisung des Namens E1- PVC-Hicom-3	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/2	ces circuit 3 circuit-name E1-PVC- Hicom-3
Einschalten des E1-PVC	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/2	no ces circuit 3 shutdown
Einstellung einer Verbindung von cbr 0/1/2 nach atm 0/0/2 (VPI=1, VCI=100)	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/2	ces pvc 3 interface atm 0/0/2 vpi 1 vci 100
E1-PVC von cbr 0/1/3 nach atm 0/0/3		
Zuweisung der Zeitschlitz zur Verbindung	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/3	ces circuit 4 timeslots 1-31
Zuweisung des Namens E1- PVC-Hicom-4	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/3	ces circuit 4 circuit-name E1-PVC- Hicom-4
Einschalten des E1-PVC	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/3	no ces circuit 4 shutdown
Einstellung einer Verbindung von cbr 0/1/3 nach atm 0/0/3 (VPI=2, VCI=200)	Konfigurationsmodus von cbr 0/1/3	ces pvc 4 interface atm 0/0/3 vpi 2 vci 200

Es sind in diesem Anhang ausgewählte Befehle zur Einrichtung des ATM-Switches dargestellt (insbesondere die die Einrichtung der E1-Schnittstellen betreffenden Befehle). Eine ausführliche Beschreibung der Konfiguration eines LightStream 1010 wird in [Cis96/1] und [Cis96/2] sowie in [www.cis] gegeben.

B.2 Einrichtung der Hicom 300

B.2.1 Einrichtung der STMD-Karte

Die acht Anschlüsse der STMD-Karte sind wie folgt eingerichtet (mit MSN):

Vier S₀-Anschlüsse nach E-DSS1: 100...104, 110...114, 120...124, 130...134

Vier S₀-Anschlüsse nach 1TR6: 200...204, 210...214, 220...224, 230...234

B.2.2 Einrichtung der SLMA-Karte

16 analoge a/b-Anschlüsse mit den Teilnehmerrufnummern 150...165

B.2.3 Einrichtung der DIUS2-Karte

Belegung der DIUS2-Karte durch Vorwählen einer 9

Anhang C: Konfigurationen der LightStream 1010

C.1 Ein ATM-Switch LightStream 1010 (139.30.200.80)

```
version 11.2

hostname ls1010

boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin

network-clock-select 1 CBR0/1/0

ip domain-list e-technik.uni-rostock.de

ip domain-name e-technik.uni-rostock.de

ip name-server 139.30.202.34

ip name-server 139.30.8.7

ip name-server 139.30.8.8

interface ATM0/0/2

interface ATM0/0/3

  atm pvc 4 400 interface ATM0/0/2 3 300

interface CBR0/1/0

  no ip address

  ces dsx1 framing E1_CRC_MF_LT

  ces aal1 service Structured

  ces circuit 1 timeslots 1-31 circuit-name E1-PVC-Hicom-1

  ces pvc 1 interface ATM0/0/2 vpi 3 vci 300

interface CBR0/1/1

  no ip address

  ces dsx1 framing E1_CRC_MF_LT

  ces aal1 service Structured

  ces circuit 2 timeslots 1-31 circuit-name E1-PVC-Hicom-2
```

```
ces pvc 2 interface ATM0/0/3 vpi 4 vci 400  
interface Ethernet2/0/0  
ip address 139.30.200.80 255.255.255.0  
ip default-gateway 139.30.200.33  
ip classless  
ip http server
```

C.2 Zwei ATM-Switches LightStream 1010

C.2.1 LightStream 1010 A (139.30.200.80)

```
version 11.2  
hostname ls1010  
boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin  
network-clock-select 1 CBR0/1/0  
network-clock-select 2 CBR0/1/2  
ip domain-list e-technik.uni-rostock.de  
ip domain-name e-technik.uni-rostock.de  
ip name-server 139.30.202.34  
ip name-server 139.30.8.7  
ip name-server 139.30.8.8  
interface ATM0/0/2  
interface ATM0/0/3  
interface CBR0/1/2  
no ip address  
ces dsx1 framing E1_CRC_MF_LT  
ces aal1 service Structured  
ces circuit 3 timeslots 1-31 circuit-name E1-PVC-Hicom-3
```

```
ces pvc 3 interface ATM0/0/2 vpi 1 vci 100
interface CBR0/1/3
no ip address
ces dsx1 framing E1_CRC_MF_LT
ces aal1 service Structured
ces circuit 4 timeslots 1-31 circuit-name E1-PVC-Hicom-4
ces pvc 4 interface ATM0/0/3 vpi 2 vci 200
interface Ethernet2/0/0
ip address 139.30.200.80 255.255.255.0
ip default-gateway 139.30.200.33
ip classless
ip http server
```

C.2.2 LightStream 1010 B (139.30.200.78)

```
version 11.2
hostname ls1010_2
boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin
network-clock-select 1 ATM4/1/3
network-clock-select 2 ATM4/0/2
interface ATM4/0/2
interface ATM4/0/3
atm pvc 2 200 interface ATM4/0/2 1 100
ip default-gateway 139.30.200.33
ip classless
ip http server
```

Die vollständigen Konfigurationen der ATM-Switches sind der Diskette [Anlage] zu entnehmen.

Anhang D: Verkehrswertberechnung für das TK-Netz der Universität Rostock

Eine Verkehrswertberechnung für private TK-Anlagen-Netze wird zum Zweck der Ermittlung der Anzahl der Verbindungsleitungen (Kanäle) zwischen TK-Anlagen bzw. von TK-Anlagen ins öffentliche Netz/B-WiN durchgeführt. Die Grundlage bildet der Sprachverkehr während der Hauptverkehrsstunde.

An dieser Stelle wird ein übersichtliches Beispiel für eine Verkehrswertberechnung angegeben. Nach diesem Muster wurde eine Verkehrswertberechnung für das derzeitige TK-Netz der Universität Rostock (s. Kapitel 2, Abbildungen 2.4 und 2.5) sowie für das zukünftige TK-Netz (s. Kapitel 5, Abbildungen 5.4 und 5.5) durchgeführt. Die vollständige Berechnung ist in [Anlage] angegeben.

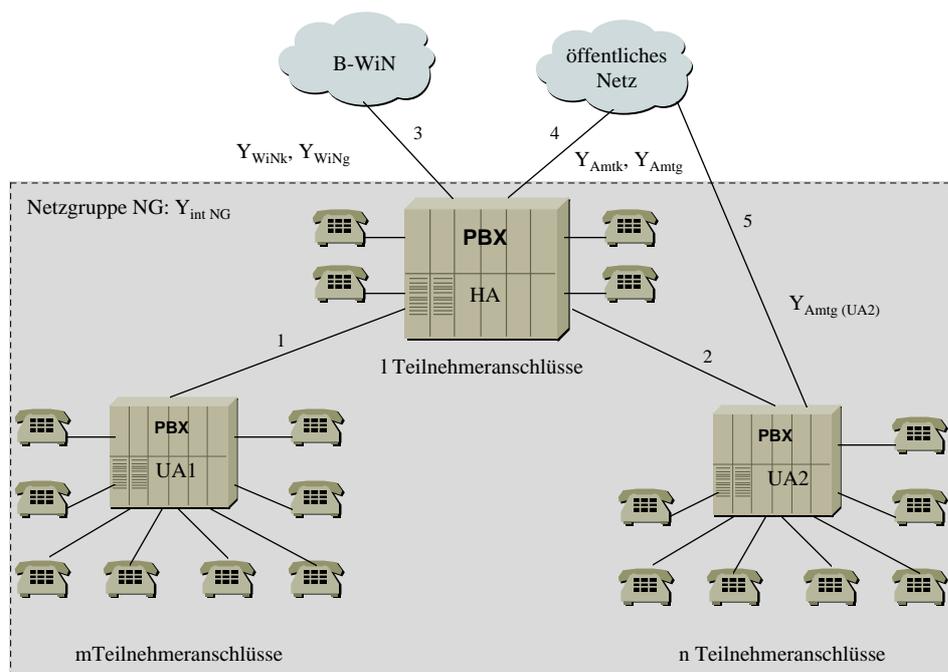


Abbildung D.51: Beispielnetz zur Verkehrswertberechnung

Abbildung D.51 zeigt das der Beispielrechnung zugrundeliegende TK-Netz. Es besteht aus einer Hauptanlage (HA) und zwei Unteranlagen (UA1 und UA2), wobei HA über 1, UA1 über m und UA2 über n Teilnehmer verfügt. Die Anordnung der TK-Anlagen ist sternförmig; HA bildet den Sternpunkt. Der Fernverkehr wird in die Bereiche Amtsverkehr (Bereich innerhalb der Region 50) und B-WiN-Verkehr ($>$ Region 50) unterteilt, da diese Aufteilung des Sprachfernverkehrs an der Universität Rostock eingeführt wird. Den kommenden Amts-

sowie den kommenden und gehenden B-WiN-Verkehr wickeln alle Anlagen über HA ab. Lediglich UA2 verfügt neben HA über eine gehende Amtsverbindung, über die der gehende Amtsverkehr direkt ins öffentliche Netz geführt wird; der gehende Amtsverkehr der UA1 verläuft über HA. Netzgruppeninterner⁴⁵ Verkehr zwischen UA1 und UA2 wird über HA geführt.

Den als Vorgabe erforderlichen Verkehrswerten werden langjährige Erfahrungswerte aus der fernmeldetechnischen Praxis zugrundegelegt. Vereinfachend wird eine gleichmäßige Verkehrsaufteilung im Gesprächsverhalten der Teilnehmer angenommen.

D.1 Verkehrswertberechnung für das Beispielnetz

Vorgaben

Gesamter Verkehrswert jedes Teilnehmers (Y_{Tln}):	0,1 Erl/Tln
Verkehrswert für den gehenden Amtsverkehr pro Teilnehmer (Y_g):	0,01 Erl/Tln
Verkehrswert für kommenden Amtsverkehr pro Teilnehmer (Y_k):	0,01 Erl/Tln
Verkehrswert für den gehenden B-WiN-Verkehr pro Teilnehmer (Y_{wg}):	0,01 Erl/Tln
Verkehrswert für den kommenden B-WiN-Verkehr pro Teilnehmer (Y_{wk}):	0,01 Erl/Tln
Anzahl l der Teilnehmer HA:	1280
Anzahl m der Teilnehmer UA1:	592
Anzahl n der Teilnehmer UA2:	272

Berechnung von Zwischenwerten

Tabelle D.28: Zwischenwerte der Verkehrswertberechnung			
Formel	HA	UA1	UA2
Gesamter Verkehr pro Anlage			
$Y_{ges} = \text{Anzahl der Teilnehmer} \times Y_{Tln}$	128,00 Erl	59,20 Erl	27,20 Erl
Gehender Amtsverkehr pro Anlage			

⁴⁵ Die Netzgruppe besteht aus allen drei TK-Anlagen HA, UA1 und UA2.

Tabelle D.28: Zwischenwerte der Verkehrswertberechnung			
$Y_{Amtg} = \text{Anzahl der Teilnehmer} \times Y_g$	12,80 Erl	5,92 Erl	2,72 Erl
Kommender Amtsverkehr pro Anlage			
$Y_{Amtk} = \text{Anzahl der Teilnehmer} \times Y_k$	12,80 Erl	5,92 Erl	2,72 Erl
Gehender B-WiN-Verkehr pro Anlage			
$Y_{WiNg} = \text{Anzahl der Teilnehmer} \times Y_{wg}$	12,80 Erl	5,92 Erl	2,72 Erl
Kommender B-WiN-Verkehr pro Anlage			
$Y_{WiNk} = \text{Anzahl der Teilnehmer} \times Y_{wk}$	12,80 Erl	5,92 Erl	2,72 Erl
Interner Verkehr der Netzgruppe			
$Y_{int NG} = Y_{ges} - Y_{Amtg,k} - Y_{WiNg,k}$	76,80 Erl	35,52 Erl	16,32 Erl

Berechnung des Verkehrs zwischen den Anlagen

$$HA - UA1: \quad Y_{HA-UA1} = Y_{int NG HA} \times \frac{m}{l+m+n} = 21,21 \text{ Erl}$$

$$HA - UA2: \quad Y_{HA-UA2} = Y_{int NG HA} \times \frac{n}{l+m+n} = 9,74 \text{ Erl}$$

$$UA1 - UA2: \quad Y_{UA1-UA2} = Y_{int NG UA1} \times \frac{n}{l+m+n} = 4,51 \text{ Erl}$$

Berechnung des internen Verkehrs zur Hauptanlage

UA1 – HA:

$$Y_{int NG UA1-HA} = Y_{HA-UA1} + Y_{UA1-UA2} = 25,72 \text{ Erl}$$

UA2 – HA:

$$Y_{int NG UA2-HA} = Y_{HA-UA2} + Y_{UA2-UA1} = 14,52 \text{ Erl}$$

Berechnung des gesamten Verkehrs zur Hauptanlage

UA1– HA:

$$Y_{\text{int ges UA1-HA}} = Y_{\text{int NGUA1-HA}} + Y_{\text{Amtg,k UA1}} + Y_{\text{WiNg,k UA1}} = 49,40 \text{ Erl}$$

UA2 – HA:

$$Y_{\text{int ges UA2-HA}} = Y_{\text{int NGUA2-HA}} + Y_{\text{Amtk UA2}} + Y_{\text{WiNg,k UA2}} = 22,68 \text{ Erl}$$

Ermittlung der Kanalzahlen für die einzelnen Verbindungen

In diesem abschließenden Schritt der Verkehrswertberechnung werden die Verkehrswerte des über eine Leitung fließenden Sprachverkehrs addiert. Mit dem Gesamtverkehrswert pro Verbindung wird aus einer Verkehrswerttabelle (s. [Anlage]), in welcher Verkehrswerte korrespondierenden Kanalzahlen zugeordnet sind, die erforderliche Kanalzahl für die betrachtete Verbindung ermittelt.

Nr.	Verbindung	Formel	Verkehrswert	Kanalzahl
1	UA1 – HA	$Y_{\text{int ges UA1-HA}}$	49,40 Erl	70
2	UA2 – HA	$Y_{\text{int ges UA2-HA}}$	22,68 Erl	38
3	HA – B-WiN	$Y_{\text{WiNg,k HA}} + Y_{\text{WiNg,k UA1}} + Y_{\text{WiNg,k UA2}}$	42,88 Erl	63
4	HA – Amt	$Y_{\text{Amtg,k HA}} + Y_{\text{Amtg,k UA1}} + Y_{\text{Amtk UA2}}$	40,16 Erl	60
5	UA2 – Amt	$Y_{\text{Amtg UA2}}$	2,72 Erl	10

Über Leitung 1 wird der interne Verkehr UA1–UA2 und UA1–HA sowie der kommende und gehende Amts- und B-WiN-Verkehr von UA1 geführt. Über Leitung 2 verläuft der interne Verkehr UA2–UA1 und UA2–HA sowie der kommende und gehende B-WiN-Verkehr und der kommende Amtsverkehr von UA2. Leitung 3 bewältigt den gesamten kommenden und gehenden B-WiN-Verkehr der Netzgruppe. Leitung 4 nimmt den gesamten kommenden und gehenden Amtsverkehr der Netzgruppe mit Ausnahme des gehenden Verkehrs von UA2 auf. Dieser wird über Leitung 5 geführt.

Die ermittelte Kanalzahl gibt die Anzahl der für die entsprechende Verbindung notwendigen 64-kbit/s-Sprachkanäle an, um einen Sprachverkehr mit einer vorgegebenen Hemmung⁴⁶ (im Beispiel $B = 0,1 \%$) zur Hauptverkehrsstunde abwickeln zu können.

Für die Verbindung HA – UA1 werden drei S_{2MFV} benötigt. Da die Berechnungen für die Hauptverkehrsstunde durchgeführt wurden, läßt sich die Verbindung HA – UA2 sinnvoll mit einer S_{2MFV} realisieren, wenn eine höhere als die vorgesehene Blockierungsrate (Hemmung) in der Hauptverkehrsstunde in Kauf genommen wird. Die Verbindungen von der HA zum Amt bzw. zum B-WiN werden mit jeweils zwei S_{2M} dimensioniert. Die gehende Amtsverbindung der UA2 wird mit $5 S_0$ so eingerichtet, das auch in der Hauptverkehrsstunde keine zusätzlichen Blockierungen auftreten.

Der Einsatz von Sprachkompressionsverfahren ermöglicht die Einsparung von Bandbreite für den Sprachverkehr entsprechend dem Kompressionsfaktor.

Für das derzeitige und zukünftige TK-Netz der Universität Rostock wurde analog zur vorgestellten Beispielrechnung eine Verkehrswertberechnung durchgeführt.

⁴⁶ Bei einer Hemmung von $0,1 \%$ wird ein Verbindungswunsch von 1000 aufgrund des Belegungszustandes der erreichbaren Kanäle abgewiesen.

D.2 Standorte der TK-Anlagen der Universität Rostock

D.2.1 TK-Anlagen des Hochschulbereiches

Tabelle D.30: TK-Anlagen des Hochschulbereiches

Bezeichnung	Standort	Adresse
H (HA)	Universitätshauptgebäude	Universitätsplatz
H1	Chemie	Buchbinderstr. 9
H2	Audiovisuelles Zentrum	Vogelsang 12/13
H3	Lehrmethodik	Schröderplatz 3/4
H4	Sprach- und Literaturwissenschaften	August-Bebel-Str. 28
H5	Maschinenbau und Schiffstechnik	Justus-von-Liebig Weg 6-8
H6	Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	Schröderstr. 23
H7	Meeresbiologie	Freiligrathstr. 7/8
H8	Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	Parkstr. 6
H9	Ingenieurwissenschaften	Albert-Einstein-Str. 2
H10	Univertsitätsrechenzentrum	Albert-Einstein-Str. 21
H11	Chemie	Dr.-Lorenz-Weg
H12	Versuchsstation	Satower Str. 48
H13	Jura	Möllner Str. 9
H14	Ingenieurwissenschaften/Jura	Richard-Wagner-Str. 31 (Warnemünde)
H15	Biologie	Wismarsche Str. 8
H16	Allgemeine Verwaltung	Eselföter Str. 5
H17	Physik	August-Bebel-Str. 55
H18	Chemie	Herrmannstr. 14
H19	Sportgemeinschaft	Ulmenstr.

D.2.2 TK-Anlagen der Medizinischen Fakultät

Tabelle D.31: TK-Anlagen der Medizinischen Fakultät		
Bezeichnung	Standort	Adresse
M (HA)	Klinikum	Schillingallee
M1	Frauenklinik	Doberaner Str. 137-139
M2	Neurologie	Gehlsheimer Str. 20
M3	Orthopädie	Ulmenstr. 44-55
M4	Hautklinik	Augustenstr. 80-85
M5	Radiologie	Südring 75
M6	Rechtsmedizin	St.-Georg-Str. 108
MS1	Klinikum (UKK)	Schillingallee
MS2	Klinikum (ZMK)	Schillingallee

Anhang E: Normen und Standards

Im Anhang E sind Standards und Normen verschiedener Standardisierungs- und Normungsgremien zusammengestellt, die den Asynchronous Transfer Mode, die Sprach- und Datenübertragung sowie verwandte Gebiete der Telekommunikationstechnik betreffen.

E.1 ITU-T

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
ITU-T-Empfehlungen der I-Serie: Integrated services digital network		
I.113	Vocabulary of terms for broadband aspects of ISDN	06/1997
I.121	Broadband aspects of ISDN	04/1991
I.122	Framework for frame mode bearer services	03/1993
I.150	B-ISDN asynchronous transfer mode functional characteristics	11/1995
I.211	B-ISDN service aspects	03/1993
I.311	B-ISDN general network aspects	08/1996
I.31x	B-ISDN network requirements – Release 2/3	1995
I.321	B-ISDN protocol reference model and its application	04/1991
I.327	B-ISDN functional architecture	03/1993
I.341	B-ISDN connection types	1995
I.350	General aspects of quality of service and network performance in digital networks, including ISDN	03/1993
I.356	B-ISDN ATM layer cell transfer performance	10/1996
I.35BA	B-ISDN availability performance	1996
I.361	B-ISDN ATM layer specification	11/1995
I.362	B-ISDN ATM adaption layer (AAL) functional description	03/1993

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
I.363.1	B-ISDN ATM adaption layer (AAL) specification: Type 1 AAL	08/1996
I.363.3	B-ISDN ATM adaption layer (AAL) specification: Type 3/4 AAL	08/1996
I.363.5	B-ISDN ATM adaption layer (AAL) specification: Type 5 AAL	08/1996
I.364	Support of the broadband connectionless data bearer service by the B-ISDN	11/1995
I.365.1	B-ISDN ATM adaption layer sublayers: Frame relaying bearer service specific convergence sublayer (FR-SSCS)	11/1993
I.365.2	B-ISDN ATM adaption layer sublayers: Service specific coordination function (SSCF) to provide the connection-oriented network service (CONS)	11/1995
I.365.3	B-ISDN ATM adaption layer sublayers: Service specific coordination function (SSCF) to provide the connection-oriented transport service (COTS)	11/1995
I.365.4	B-ISDN ATM adaption layer sublayers: Service specific coordination function (SSCF) for HDLC applications	08/1996
I.371	Traffic control and congestion control in B-ISDN	08/1996
I.374	Framework Recommendation on „Network capabilities to support multimedia services“	03/1993
I.411	ISDN User-network interfaces – Reference configurations	03/1993
I.413	B-ISDN User-network interface (UNI)	03/1993
I.414	Overview of Recommendations on layer 1 for ISDN- and B-ISDN-customer accesses	03/1993
I.432.1	B-ISDN User-network interface (UNI) – Physical layer	08/1996

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
	specification: General characteristics	
I.432.2	B-ISDN User-network interface (UNI) – Physical layer specification: 155520 kbit/s and 622080 kbit/s operation	08/1996
I.432.3	B-ISDN User-network interface (UNI) – Physical layer specification: 1544 kbit/s and 2048 kbit/s operation	08/1996
I.432.4	B-ISDN User-network interface (UNI) – Physical layer specification: 51840 kbit/s operation	08/1996
I.501	ISDN internetwork interfaces – service interworking	03/1993
I.555	Frame relaying bearer service interworking	11/1993
I.580	General arrangements for interworking between B-ISDN and 64 kbit/s based ISDN	11/1995
I.581	Interworking requirements for B-ISDN	1996
I.610	B-ISDN operation and maintenance (OAM) principles and functions	11/1995
I.sig.2	B-ISDN signaling requirements Release 2	1994
I.sig.3	B-ISDN signaling requirements Release 3	1995
ITU-T-Empfehlungen der F-Serie: Non-telephone telecommunication services ISDN services		
F.811	Broadband connection-oriented bearer (BCOB) service	07/1996
F.812	Broadband connectionless data bearer service (BCDBS)	08/1992
F.813	Virtual path service for reserved and permanent communications	02/1995
ITU-T-Empfehlungen der G-Serie: Transmission systems and media, digital systems and networks		
G.atmta	ATM transport network architecture	1994
G.96x	Access digital section for B-ISDN	1996

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
ITU-T-Empfehlungen der Q-Serie: Switching and signalling		
Q.704	Signalling network functions and messages	07/1996
Q.707	Testing and maintenance	11/1988
Q.782	Message transfer part level 3 (MTP3) Test Specification	1993
Q.921	ISDN user-network interface-data link layer specification	03/1993
Q.922	ISDN data link layer specification for frame mode bearer services	02/1992
Q.931	Digital Subscriber Signalling System No. 1 (DSS 1) - ISDN user-network interface layer 3 specification for basic call control	03/1993
Q.940	ISDN user-network interface protocol for management – General aspects	11/1988
Q.2010	B-ISDN overview – Signaling capability set 1, release 1	02/1995
Q.2100	B-ISDN signaling ATM adaption layer (SAAL)-overview description	07/1994
Q.2110	B-ISDN ATM adaption layer – Service specific connection oriented protocol (SSCOP)	07/1994
Q.2120	B-ISDN meta-signaling protocol	02/1995
Q.2130	B-ISDN signaling ATM adaption layer – Service specific coordination function (SSCF) for support of signaling at the UNI	07/1994
Q.2140	B-ISDN signalling ATM adaption layer – Service specific coordination function (SSCF) at the NNI	02/1995
Q.2144	B-ISDN signaling ATM adaption layer – Layer management for the SAAL at the NNI	10/1995
Q.2210	Message transfer part level 3 functions and messages using	07/1996

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
	the services of ITU-T Recommendation Q.2140	
Q.2500	B-ISDN Network Nodes, introduction and field of application	k. A.
Q.2510	B-ISDN Interfaces on B-ISDN Network Nodes	k. A.
Q.2520	B-ISDN Exchange Node Functions	k. A.
Q.2530	B-ISDN Network Node Connection Types	k. A.
Q.2550	B-ISDN Network Node Performance Design Objectives	k. A.
Q.2610	Usage of cause and location B-ISDN user part (B-ISUP) and DSS2	02/1995
Q.2650	Interworking between Signalling system No. 7 Broadband ISDN user part (B-ISUP) and digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2)	02/1995
Q.2660	Interworking between Signalling system No. 7 Broadband ISDN user part (B-ISUP) and Narrow-band ISDN user part (N-ISUP)	02/1995
Q.2730	Signalling system No. 7 Broadband ISDN user part (B-ISUP) – Supplementary services	02/1995
Q.2761	Functional description of the B-ISDN user part (B-ISUP) of Signalling system No. 7 (SS7)	02/1995
Q.2762	General functions of messages and signals of the B-ISDN user part (B-ISUP) of Signalling system No. 7 (SS7)	02/1995
Q.2763	Signalling system No. 7 B-ISDN user part (B-ISUP) – Formats and codes	02/1995
Q.2764	Signalling system No. 7 B-ISDN user part (B-ISUP) – Basic call procedures	02/1995
Q.2931	Digital subscriber signaling No. 2 (DSS2) – UNI layer 3	06/1997

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
	specification for basic call/connection control	
Q.2951.1	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Direct-Dialling-In (DDI)	02/1995
Q.2951.2	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Multiple Subscriber Number (MSN)	02/1995
Q.2951.3	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Calling Line Identification Presentation (CLIP)	02/1995
Q.2951.4	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Calling Line Identification Restriction (CLIR)	02/1995
Q.2951.5	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Connected Line Identification Presentation (COLP)	02/1995
Q.2951.6	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Connected Line Identification Restriction (COLR)	02/1995
Q.2951.8	Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: Sub-adressing (SUB)	02/1995
Q.2951	Digital subscriber Signalling system No. 2 – User-network	10/1995

Tabelle E.32: ITU-T-Empfehlungen zu B-ISDN und ATM [Clar96] [Händ95] [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
	interface layer 3 specification for point-to-multipoint call/connection control	
Q.2957	Stage 3 description for additional information transfer supplementary services using B-ISDN digital subscriber Signalling system No. 2 (DSS2) – Basic call: User-to-user signalling (UUS)	02/1995
Q.2961.1	Digital subscriber Signalling system No. 2 – Additional traffic parameters: Additional signalling capabilities to support traffic parameters for the tagging option and the sustainable cell rate parameter set	10/1995
Q.2961.2	Digital subscriber Signalling system No. 2 – Additional traffic parameters: Support of ATM transfer capability in the broadband bearer capability information element	06/1997
Q.2971	Digital subscriber Signalling system No. 2 – UNI layer 3 specification for point-to-multipoint call/connection control	10/1995

Tabelle E.33: ITU-T-Empfehlungen zu digitalen Übertragungshierarchien, die zur ATM-Übermittlung genutzt werden [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
ITU-T-Empfehlungen der G-Serie: Transmission systems and media, digital systems and networks		
G.702	Digital hierarchy bit rates	11/1988
G.703	Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces	04/1991
G.704	Synchronous frame structure used at 1544, 6312, 2048, 8488 and 44736 kbit/s hierarchical levels	07/1995

Tabelle E.33: ITU-T-Empfehlungen zu digitalen Übertragungshierarchien, die zur ATM-Übermittlung genutzt werden [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
G.706	Frame alignment and cyclic redundancy check (CRC) procedures relating to basic frame structures defined in Recommendation G.704	04/1991
G.707	Synchronous digital hierarchy (SDH) bit rates	1988
G.708	Network node interface for the synchronous digital hierarchy	03/1996
G.709	Synchronous multiplexing structure	1988
G.751	Digital multiplex equipments operating at the third order bit rate of 34368 kbit/s and the fourth order bit rate of 139264 kbit/s and using positive justification	11/1988
G.773	Protocol suites for Q-interfaces for management of transmission systems	03/1993
G.783	Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks	04/1997
G.784	Synchronous digital hierarchy (SDH) Management	01/1994
G.803	Architectures of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)	03/1993
G.804	ATM cell mapping into plesiochronous digital hierarchy (PDH)	11/1993
G.832	Transport of SDH elements on PDH networks – Frame and multiplexing structures	11/1993
G.955	Digital line systems based on the 1544 kbit/s and the 2048 kbit/s hierarchy on optical fibre cables	11/1996
G.957	Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy (SDH)	07/1995
G.958	Digital line systems based on the synchronous digital	11/1994

Tabelle E.33: ITU-T-Empfehlungen zu digitalen Übertragungshierarchien, die zur ATM-Übermittlung genutzt werden [McDy94] [www.itu]		
	Titel	Jahr
	hierarchy (SDH) for use on optical fibre cables	
G.652	Characteristics of a single-mode optical fibre cable	04/1997
G.653	Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre cable	04/1997
G.654	Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre cable	04/1997
ITU-T-Empfehlung der M-Serie: Maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits Telecommunications management network		
M.3000	Overview of TMN Recommendations	10/1994
M.3010	Principles for a telecommunications management network	05/1996
M.3020	TMN interface specification methodology	07/1995
M.3200	TMN management services: Overview	04/1997
M.3400	TMN management functions	04/1997

Tabelle E.34: ITU-T-Empfehlungen zur Sprachübertragung [www.itu]		
	Titel	Jahr
G.111	Loudness ratings (LRs) in an international connection	03/1993
G.113	Transmission impairments	02/1996
G.114	One-way transmission time	02/1996
G.115	Mean active speech level for announcements and speech synthesis systems	02/1996
G.117	Transmission aspects of unbalance about earth	02/1996
G.151	General performance objectives applicable to all modern	11/1980

Tabelle E.34: ITU-T-Empfehlungen zur Sprachübertragung [www.itu]		
	Titel	Jahr
	international circuits and national extension circuits	
G.152	Characteristics appropriate to long-distance circuits of a length not exceeding 2500 km	11/1980
G.153	Characteristics appropriate to international circuits more than 2500 km in length	11/1980
G.162	Characteristics of compandors for telephony	10/1968
G.164	Echo suppressors	11/1988
G.165	Echo cancellers	03/1993
G.166	Characteristics of syllabic compandors for telephony on high capacity long distance systems	11/1988
G.167	Acoustic echo controllers	03/1993
G.168	Digital network echo cancellers	04/1997
G.171	Transmission plan aspects of privately operated networks	11/1988
G.172	Transmission plan aspects of international conference calls	11/1988
G.173	Transmission planning aspects of the speech service in digital public land mobile networks	03/1993
G.174	Transmission performance objectives for terrestrial digital wireless systems using portable terminals to access the PSTN	06/1994
G.175	Transmission planning for private/public network interconnection of voice traffic	04/1997
G.176	Planning guidelines for the integration of ATM technology into networks supporting voiceband services	04/1997

Tabelle E.35: ITU-T-Empfehlungen zu Daten-Schnittstellen [www.itu]

	Titel	Jahr
V.24	List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)	10/1996
X.21	Interface between Data Terminal equipment and Data Circuit-terminating Equipment for synchronous operation on public data networks	09/1992
X.21 bis	Use on public data networks of Data Terminal Equipment (DTE) which is designed for interfacing to synchronous V-Series modems	11/1988
X.25	Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating Equipment (DCE) for terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit	10/1996

Tabelle E.36: ITU-T-Empfehlungen zu meßtechnischen Aspekten [www.itu]

	Titel	Jahr
O.131	Quantizing distortion measuring equipment using a pseudo-random noise test signal	11/1988
O.132	Quantizing distortion measuring equipment using a sinusoidal test signal	11/1988
O.133	Equipment for measuring the performance of PCM encoders and decoders	03/1993
O.150	General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment	05/1996
O.151	Error performance measuring equipment operating at the primary rate and above	10/1992
O.152	Error performance measuring equipment for bit rates of 64	10/1992

	Titel	Jahr
	kbit/s and N x 64 kbit/s	
O.153	Basic parameters for the measurement of error performance at bit rates below the primary rate	10/1992
O.161	In-service code violation monitors for digital systems	10/1984
O.162	Equipment to perform in-service monitoring on 2048, 8448, 34 368 and 139 264 kbit/s sign	10/1992
O.163	Equipment to perform in-service monitoring on 1544 kbit/s signals	11/1988
O.171	Timing jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the plesiochronous digital hierarchy (PDH)	04/1997
O.181	Equipment to assess error performance on STM-N interfaces	05/1996
O.191	Equipment to assess ATM layer cell transfer performance	04/1997
O.191 Addendum 1	Measurement of error and availability parameters in the Out-of-Service Mode	10/1997

E.2 ATM-Forum

Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
B-ICI	af-bici-0013.000	B-ICI 1.0	09/1993
	af-bici-0013.001	B-ICI 1.1	k. A.
	af-bici-0013.002	B-ICI 2.0 (delta spec to B-ICI 1.1)	12/1995
	af-bici-0013.003	B-ICI 2.0 (integrated specification)	12/1995
	af-bici-0068.000	B-ICI 2.0 Addendum or 2.1	11/1996

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]			
Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
Data Exchange Interface	af-dxi-0014.000	Data Exchange Interface version 1.0	08/1993
ILMI (Integrated Layer Management Interface)	af-ilmi-0065.000	ILMI 4.0	09/1996
LAN Emulation/ MPOA	af-lane-0021.000	LAN Emulation over ATM 1.0	01/1995
	af-lane-0038.000	LAN Emulation Client Management Specification	09/1995
	af-lane-0050.000	LANE 1.0 Addendum	12/1995
	af-lane-0057.000	LANE Servers Management Spec v1.0	03/1996
	af-lane-0084.000	LANE v2.0 LUNI Interface	07/1997
	af-mpoa-0087.000	Multi-Protocol Over ATM Specification v1.0	07/1997
Network Management	af-nm-0019.000	Customer Network Management (CNM) for ATM Public Network service	10/1994
	af-nm-0020.000	M4 Interface Requirements and Logical MIB	10/1994
	af-nm-0027.000	CMIP Specification for the M4 Interface	09/1995
	af-nm-0058.000	M4 Public Network view	03/1996
	af-nm-0071.000	M4 "NE View"	01/1997
	af-nm-0072.000	Circuit Emulation Service Interworking Requirements, Logical and CMIP MIB	01/1997
	af-nm-0073.000	M4 Network View CMIP MIB Spec	01/1997

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]			
Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
		v1.0	
	af-nm-0074.000	M4 Network View Requirements & Logical MIB Addendum	01/1997
	af-nm-test-0080.000	ATM Remote Monitoring SNMP MIB	07/1997
Physical Layer	af-uni-0010.002	Issued as part of UNI 3.1: 44.736 DS3 Mbit/s Physical Layer 100 Mbit/s Multimode Fiber Interface Physical Layer 155.52 Mbit/s SONET STS-3c Physical Layer 155.52 Mbit/s Physical Layer	k. A.
	af-phy-0015.000	ATM Physical Medium Dependent Interface Specification for 155 Mb/s over Twisted Pair Cable	09/1994
	af-phy-0016.000	DS1 Physical Layer Specification	09/1994
	af-phy-0017.000	Utopia	03/1994
	af-phy-0018.000	Mid-range Physical Layer Specification for Category 3 UTP	09/1994
	af-phy-0029.000	6,312 Kbps UNI Specification	06/1995
	af-phy-0034.000	E3 UNI	08/1995
	af-phy-0039.000	Utopia Level 2	06/1995
	af-phy-0040.000	Physical Interface Specification for 25.6 Mb/s over Twisted Pair	11/1995
	af-phy-0043.000	A Cell-based Transmission Convergence Sublayer for Clear Channel Interfaces	01/1996

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]			
Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
	af-phy-0046.000	622.08 Mbit/s Physical Layer	01/1996
	af-phy-0047.000	155.52 Mbit/s Physical Layer Specification for Category 3 UTP	
	af-phy-0053.000	120 Ohm Addendum to ATM PMD Interface Spec for 155 Mbit/s over TP	01/1996
	af-phy-0054.000	DS3 Physical Layer Interface Spec	03/1996
	af-phy-0062.000	155 Mbit/s over MMF Short Wave Length Lasers, Addendum to UNI 3.1	07/1996
	af-phy-0063.000	WIRE (PMD to TC layers)	07/1996
	af-phy-0064.000	E-1 Physical Layer Interface Specification	09/1996
	af-phy-0079.000	155 Mbps over Plastic Optical Fiber (POF)	05/1997
	af-phy-0086.000	Inverse ATM Mux	07/1997
P-NNI	af-pnni-0026.000	Interim Inter-Switch Signaling Protocol	12/1994
	af-pnni-0055.000	P-NNI v1.0	03/1996
	af-pnni-0066.000	PNNI 1.0 Addendum (soft PVC MIB)	09/1996
	af-pnni-0075.000	PNNI ABR Addendum	01/1997
	af-pnni-0081.000	PNNI v1.0 Errata and PICs	07/1997
Service Aspects and Applications	af-saa-0031.000	Frame UNI	09/1995
	af-saa-0032.000	Circuit Emulation	09/1995
	af-saa-0048.000	Native ATM Services: Semantic Description	02/1996

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]			
Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
	af-saa-0049.000	Audio/Visual Multimedia Services: Video on Demand v1.0	01/1996
	af-saa-0049.001	Audio/Visual Multimedia Services: Video on Demand v1.1	03/1997
	af-saa-0069.000	ATM Names Service	11/1996
	af-saa-0088.000	FUNI 2.0	07/1997
Signaling	af-sig-0061.000	UNI Signaling 4.0	07/1996
	af-sig-0076.000	Signaling ABR Addendum	01/1997
Testing	af-test-0022.000	Introduction to ATM Forum Test Specifications	12/1994
	af-test-0023.000	PICS Proforma for the DS3 Physical Layer Interface	09/1994
	af-test-0024.000	PICS Proforma for the SONET STS-3c Physical Layer Interface	09/1994
	af-test-0025.000	PICS Proforma for the 100 Mbit/s Multimode Fibre Physical Layer Interface	09/1994
	af-test-0028.000	PICS Proformat for the ATM Layer (UNI 3.0)	04/1995
	af-test-0030.000	Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer for Intermediate Systems (UNI 3.0)	09/1995
	af-test-0035.000	Interoperability Test Suite for the ATM Layer (UNI 3.0)	04/1995
	af-test-0036.000	Interoperability Test Suites for Physical Layer: DS-3, STS-3c, 100	04/1995

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]

Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
		Mbit/s MMF (TAXI)	
	af-test-0037.000	PICS Proforma for the DS1 Physical Layer	04/1995
	af-test-0041.000	Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer (End Systems) UNI 3.0	01/1996
	af-test-0042.000	PICS for AAL5 (ITU-recommendation)	01/1996
	af-test-0044.000	PICS Proforma for the 51.84 Mbit/s Mid-Range PHY Layer Interface	01/1996
	af-test-0045.000	Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer of Intermediate Systems (UNI 3.1)	01/1996
	af-test-0051.000	PICS for the 25.6 Mbit/s over Twisted Pair Cable (UTP-3) Physical Layer	03/1996
	af-test-0059.000	PICS for ATM Layer (UNI 3.1)	07/1996
	af-test-0060.000	Conformance Abstract Test Suite for the UNI 3.1 ATM Layer of End Systems	06/1996
	af-test-0067.000	Conformance Abstract Test Suite for the SSCOP Sub-layer (UNI 3.1)	09/1996
	af-test-0070.000	PICS for the 155 Mbit/s over Twisted Pair Cable (UTP-5/STP-5) Physical Layer	11/1996
	af-pnni-0081.000	PNNI v1.0 Errata and PICs	07/1997
	af-test-0082.000	PICS for Direct Mapped DS3	07/1997

Tabelle E.37: ATM-Standards des ATM-Forum [Clar96] [www.af]			
Gruppe	Nummer	Titel	Jahr
	af-test-0090.000	Conformance Abstract Test Suite for Signalling (UNI 3.1) for the Network Side	09/1997
Traffic Management	af-tm-0056.000	Traffic Management 4.0	04/1996
	af-tm-0077.000	Traffic Management ABR Addendum	01/1997
Voice & Telephony over ATM	af-vtoa-0078.000	Circuit Emulation Service 2.0	01/1997
	af-vtoa-0083.000	Voice and Telephony Over ATM to the Desktop	05/1997
	af-vtoa-0085.000	(DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64 Kbps Time Slot Trunking Over ATM - Using CES	07/1997
	af-vtoa-0089.000	ATM Trunking Using AAL1 for Narrow Band Services v1.0	07/1997
User-Network Interface (UNI)	af-uni-0010.000	ATM User-Network Interface Specification v2.0	06/1992
	af-uni-0010.001	ATM User-Network Interface Specification v3.0	09/1993
	af-uni-0010.002	ATM User-Network Interface Specification v3.1	1994
	af-uni-0011.000	ILMI MIB for UNI 3.0	k. A.
	af-uni-0011.001	ILMI MIB for UNI 3.1	k. A.

Tabelle E.38: In der Vorbereitungs- bzw. Abstimmungsphase befindliche Standards des ATM-Forum [www.af]		
Gruppe	Arbeitstitel	Jahr

Tabelle E.38: In der Vorbereitungs- bzw. Abstimmungsphase befindliche Standards des ATM-Forum [www.af]		
Gruppe	Arbeitstitel	Jahr
Control Signaling	ATM Inter-Network Interface (AINI)	n.bek.
	Security Addendum	12/1998
	UNI 4.1 Signaling	04/1999
	GSS/B-QSIG Interworking PNNI 1.0 Addendum	09/1998
Joint CS and RA	Interworking Among ATM Networks	n.bek.
	PNNI 2.0	04/1999
LAN Emulation	LANE V2.0 LEC MIB	07/1998
	LANE v2.0 Server-to-server Interface	02/1999
MPOA	MPOA v1.0 MIB	07/1998
Network Management	Enterprise/Carrier Management Interface (M4) Requirements & Logical MIB SVC Function NE View V2.0	n.bek.
	Enterprise/Carrier Network Management (M4) SNMP MIB	07/1998
	M4 Requirements & Logical MIB Network View v2.0	n. bek.
	Carrier Interface (M5) Requirements & CMIP MIB	n. bek.
	Management System Network Interface Security Requirements & Logical MIB	n. bek.
	ATM Access Function Specification Requirements & Logical MIB	n. bek.
Physical Layer	nxDS0 Interfac	n. bek.
	2.4 Gbps Interface	1998
	Addendum to POF af-phy-pof155-0079.000 for Fiber Jack Connector	1998
	Utopia Level 3	1999

Tabelle E.38: In der Vorbereitungs- bzw. Abstimmungsphase befindliche Standards des ATM-Forum [www.af]		
Gruppe	Arbeitstitel	Jahr
	Inverse Multiplexing for ATM Spec. v1.1	n. bek.
	10 Gbit/s Interface	n. bek.
RBB (Residential Broadband)	RBB Architectural Framework	07/1998
	RBB Interfaces Specification	07/1998
Security	ATM Security Specification v1.0	07/1998
Service Aspects & Applications	API Semantic Doc 2.0 for UNI 4.0	11/1998
	H.323 Media Transport over ATM	n. bek.
	FUNI Extension for Multi-Media	n. bek.
	Native ATM Connectionless Requirements	n. bek.
	Java API	n. bek.
	Voice to desktop over ATM v2.0	n. bek.
Testing	Conformance Abstract Test Suite for Signaling (UNI 3.1) for the User Side	07/1998
	Performance Testing Specification	07/1998
	PICS for Signaling (UNI v3.1) - User Side	1998
	Conformance Abstract Test Suite for LANE 1.0 Server	n .bek.
	Conformance Abstract Test Suite for UNI 3.0/3.1 ILMI Registration (User Side & Network Side)	n .bek.
	UNI Signaling Performance Test Suite	n. bek.
	Interoperability Test Suite for PNNI v1.0	11/1998
	Interoperability Test Suite for LANE v1.0	n. bek.
	PICS for Signaling (UNI v3.1) Network Side	n. bek.

Tabelle E.38: In der Vorbereitungs- bzw. Abstimmungsphase befindliche Standards des ATM-Forum [www.af]

Gruppe	Arbeitstitel	Jahr
	Introduction to ATM Forum Test Specification v2.0	09/1998
	Conformance Abstract Test Suite for SSCOP v2.0	07/1998
Voice and Telephony over ATM	ATM Trunking Using AAL2 for Narrowband	n. bek.
	Low Speed CES	n. bek.
Traffic Management	Traffic Management 5.0	12/1998
Wireless ATM	WATM Spec 1.0	4-5/1999

E.3 ETSI

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]

	Titel	Jahr
Draft prEN 301 029-7 Edition 1.1.1	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling System No.7; B-ISDN User Part (B-ISUP); Part 7: ATM end system address for calling and called party	04/1997
I-ETS 300 291	Network Aspects (NA); Functional specification of Customer Administration (CA) on the Operations System/Network Element (OS/NE) interface	01/1995
ETS 300 298-1 Edition 2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Part 1: B-ISDN ATM functional characteristics	10/1996
ETS 300 298-2 Edition 2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Part 2: B-ISDN ATM layer specification	10/1996
Draft prETS 300 298-3	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Basic characteristics and functional specification of ATM; Part 3: Protocol	12/1996

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
	Implementation Conformance Statement (PICS) proforma	
ETS 300 300 Edition 2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Synchronous Digital Hierarchy (SDH) based user network access; Physical layer User Network Interfaces (UNI) for 155 520 kbit/s and 622 080 kbit/s Asynchronous Transfer Mode (ATM) B-ISDN	04/1997
ETS 300 337 Edition 2	Transmission and Multiplexing (TM); Generic frame structures for the transport of various signals (including Asynchronous Transfer Mode (ATM) cells and Synchronous Digital Hierarchy (SDH) elements) at the ITU-T Recommendation G.702 hierarchical rates	06/1997
ETS 300 349	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) specification - type 3/4	02/1995
I-ETS 300 353	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) specification - type 1	04/1995
Draft prI-ETS 300 353 Edition 2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) specification - type 1	12/1996
Draft prETS 300 399-4	Frame relay services; Part 4: Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Frame relay bearer service	04/1995
ETS 300 428	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) specification - type 5	08/1995

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
ETS 300 436-1	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP); Part 1: Protocol specification	11/1995
Draft prETS 300 436-2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP); Part 2: Protocol Implementation Conformance Statement (PICS) proforma specification	04/1997
ETS 300 437-1	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Coordination Function (SSCF) for support of signalling at the User-Network Interface (UNI); Part 1: Specification of SSCF at UNI	11/1995
ETS 300 437-2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Co-ordination Function (SSCF) for support of signalling at the User-Network Interface (UNI); Part 2: Protocol Implementation Conformance Statement (PICS)	08/1996
ETS 300 438-1	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Co-ordination Function (SSCF) for support of signalling at the Network Node Interface (NNI); Part 1: Specification of SSCF at NNI	11/1995

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
ETS 300 438-1/C1	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Co-ordination Function (SSCF) for support of signalling at the Network Node Interface (NNI); Part 1: Specification of SSCF at NNI	06/1996
Draft prETS 300 438-2	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Service Specific Co-ordination Function (SSCF) for support of signalling at the Network Node Interface (NNI); Part 2: Protocol Implementation Conformance Statement (PICS)	04/1997
I-ETS 300 464	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); ATM layer cell transfer performance	02/1996
Draft prETS 300 469	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); B-ISDN management architecture and management	08/1995
Draft prETS 300 478	Network Aspects (NA); Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over Asynchronous Transfer Mode (ATM); Framework and protocol specification at the User-Network Interface (UNI)	04/1995
Draft prETS 300 478-2	Network Aspects (NA); Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over Asynchronous Transfer Mode (ATM); Framework and protocol specification at the User-Network Interface (UNI); Part 2: Connectionless Network Access Protocol (CLNAP) Protocol Implementation Conformance Statement (PICS) proforma	12/1995
Draft prETS 300	Network Aspects (NA); Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over Asynchronous Transfer Mode (ATM);	04/1995

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
479	Network Node Interface (NNI) specification; Part 1: Specification	
Draft prETS 300 479-2	Network Aspects (NA); Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over Asynchronous Transfer Mode (ATM); Network Node Interface (NNI) specification; Part 2: Connectionless Network Interface Protocol (CLNIP) Protocol Implementation Conformance Statement (PICS) proforma	12/1995
ETS 300 647	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling ATM Adaptation Layer (SAAL); Layer Management for the SAAL at the Network Node Interface (NNI)	01/1997
ETS 300 742	Transmission and Multiplexing (TM); Physical layer User Network Interface (UNI) for 2 048 kbit/s Asynchronous Transfer Mode (ATM) signals	04/1997
Draft prETS 300 818	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Retainability performance for B-ISDN switched connections	12/1996
Draft prETS 300 820-1	Asynchronous Transfer Mode (ATM); Configuration management information model for the X-type interface between Operation Systems (OSs) of a Virtual Path (VP)/Virtual Channel (VC) cross connected network	12/1996
Draft prETS 300 821	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Support of the High Level Data Link Control (HDLC)	12/1996
ETR 117	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM) Signalling ATM Adaptation Layer (AAL) requirements	12/1993

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
ETR 122	Network Aspects (NA); Connectionless Broadband Data Service (CBDS) over Asynchronous Transfer Mode (ATM)	03/1994
ETR 149	Network Aspects (NA); Interworking between Metropolitan Area Networks (MANs) and Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks	11/1994
ETR 155	Asynchronous Transfer Mode (ATM); Operation Administration and Maintenance (OAM) functions and parameters for assessing performance parameters	02/1995
ETR 156	Asynchronous Transfer Mode (ATM)	10/1995
ETR 161	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN)	02/1995
ETR 180	Asynchronous Transfer Mode (ATM)	04/1995
ETR 262	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Asynchronous Transfer Mode (ATM); Video On Demand (VOD) network aspects	01/1996
ETR 264	Connectionless Broadband Data Service (CBDS); Asynchronous Transfer Mode (ATM); CBDS over ATM - complementary information to ETS 300 479	01/1996
ETR 282	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Signalling requirements for Video On Demand (VOD) and multimedia interactive services	08/1996
ETR 286	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN); Applicability of Narrowband Integrated Services Digital Network (N-ISDN) supplementary services to B-ISDN services	01/1996
ETR 326	Transmission and Multiplexing (TM)	11/1996
ETR 360	Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN);	05/1997

Tabelle E.39: ETSI-Standards zu ATM und B-ISDN [Clar96] [www.etsi]		
	Titel	Jahr
	Support of multipoint communications in Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks	
TCRTR 005	Network Aspects (NA); Transport of ATM cells over various transmission systems including cell based systems	03/1992
TCRTR 014 Edition 2	Transmission and Multiplexing (TM); Harmonisation of transport network architecture and protocol reference model for the transport of Asynchronous Transfer Mode (ATM) cells [ETR 249 (1996)]	04/1996

Tabelle E.40: ETSI-Standard zur Sprachkommunikation [www.etsi] [März97]		
	Titel	Jahr
ETS 300 283	Planning of loudness rating and echo values for Private networks digitally connected to the public network	09/1994

E.4 ANSI

Tabelle E.41: ANSI-Standards zu ATM [McDy94] [www.ansi]		
	Titel	Jahr
T1.511-1994	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN ATM Layer Cell Transfer - Performance Parameters	1994
T1.624-1993	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN UNI: Rates and Formats Specification	1993
T1.627-1993	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN ATM Layer Functionality and Specification	1993
T1.629-1993	American National Standard for Telecommunications – B-	1993

Tabelle E.41: ANSI-Standards zu ATM [McDy94] [www.ansi]		
	Titel	Jahr
	ISDN ATM Adaption Layer 3/4 Common Part Functionality and Specification	
T1.629-1993	American National Standard for Telecommunications – Broadband ISDN - ATM Adaptation Layer 3/4 Common Part Functions and Specification	1993
T1.630-1993	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN Adaption Layer for Constant Bit Rate Services Functionality and Specification	1993
T1.630-1993	American National Standard for Telecommunications – Broadband ISDN - ATM Adaption Layer for Constant Bit Rate Services Functionality and Specification	1993
T1.633-1993	American National Standard for Telecommunications – Frame Relaying Bearer Service Interworking	1993
T1.634-1993	American National Standard for Telecommunications – Frame Relaying Service Specific Convergence Sublayer (FR-SSCS)	1993
T1.635-1994	American National Standard for Telecommunications – Broadband ISDN - ATM Adaptation Layer Type 5, Common Part Functions and Specification	1994
T1.636-1994	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN Signaling ATM Adaptation Layer - Overview Description	1994
T1.637-1994	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN ATM Adaptation Layer - Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP)	1994
T1.638-1994	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN Signaling ATM Adaptation Layer - Service Specific Coordination Function for Support of Signaling at the User-	1994

Tabelle E.41: ANSI-Standards zu ATM [McDy94] [www.ansi]		
	Titel	Jahr
	to-Network Interface (SSCF at the UNI)	
T1.645-1995	American National Standard for Telecommunications – Telecommunications - B-ISDN Signaling ATM Adaptation Layer - Service Specific Coordination Function for Support of Signaling at the Network Node Interface (SSCF at the NNI)	1995
T1.646-1995	American National Standard for Telecommunications – Broadband ISDN - Physical Layer Specification for User-Network Interfaces Including DS1/ATM	1995
T1.652-1996	American National Standard for Telecommunications – B-ISDN Signaling ATM Adaptation Layer - Layer Management for the SAAL at the NNI	1996
T1.662-1996	American National Standard for Telecommunications – Broadband ISDN - ATM End System Address for Calling and Called Party	1996
X3.299-1997	American National Standard for Telecommunications – Information Technology - High-Performance Parallel Interface - Mapping to Asynchronous Transfer Mode (HIPPI-ATM)	1997

Tabelle E.42: ANSI-Standards zur für die ATM-Übertragung geeigneten Digitalhierarchie SONET [www.ansi]		
	Titel	Jahr
T1.105-1988	American National Standard for Telecommunications – Digital Hierarchy Optical Rates and Formats Specification	1988
T1.106-1988	American National Standard for Telecommunications – Digital Hierarchy Optical Interface Specifications, Single	1988

Tabelle E.42: ANSI-Standards zur für die ATM-Übertragung geeigneten Digitalhierarchie SONET [www.ansi]		
	Titel	Jahr
	Mode	
T1.105-1991	American National Standard for Telecommunications – Digital Hierarchy Optical Rates and Formats Specifications (SONET)	1991
T1.102-1991	American National Standard for Telecommunications – Digital Hierarchy- Electrical Interfaces	1991
T1.210-1993	American National Standard for Telecommunications – Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P)- Principles of Functions, Architectures and Protocols for Telecommunication Management Network Interfaces	1993
T1.204-1989	American National Standard for Telecommunications – Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P)-Lower Layer Protocols for Interfaces between Operations Systems and Network Elements	1989
T1.208-1989	American National Standard for Telecommunications – Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P)- Upper Layer Protocols for Interfaces between Operations Systems and Network Elements	1989
T1.214-1990	American National Standard for Telecommunications – Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P)- Generic Network Model for Interfaces between Operations Systems and Network Elements	1990
T1.215-1990	American National Standard for Telecommunications – Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P)- Fault Management Messages for Interfaces between Operations Systems and Network Elements	1990

E.5 Bell Communication Research (Bellcore)

Tabelle E.43: ATM-bezogene Bellcore-Dokumente [Händ95] [www.bell]		
	Titel	Jahr
SR-TSY-000857	Preliminary Special Report on Broadband ISDN Access	12/1987
FA-NWT-001109	B-ISDN Transport Network Framework Generic Criteria	12/1990
TA-NWT-001110	Broadband ISDN Switching System Generic Requirements	k. A.
FA-NWT-001111	Broadband ISDN Access Signaling Framework Generic Criteria for Class II Equipment	k. A.
TA-NWT-001112	Broadband ISDN User to Network Interface and Network node Interface Physical Layer Generic Criteria	8/1992
TA-NWT-001113	Asynchronous Transfer Mode (ATM) and ATM Adaption layer (AAL) Protocols Generic Requirements	k. A.
TA-NWT-001114	Generic Requirements for Operations Interfaces Using OSI Tools: Broadband ATM Network Operations	k. A.
TA-TSV-001238	Generic Requirements for SMDS on the 155,520 Mbit/s Multi-Services Broadband ISDN Inter-Carrier Interface (B-ICI)	12/1992
TA-NWT-001248	Generic Requirements for Operations of Broadband Switching Systems	k. A.
TA-TSV-001408	General Requirements for Exchange PVC Cell Relay Service	k. A.
SR-TSY-001453	Vendor Responses to Bellcore Request for Information (RFI 88-04) on Broadband ISDN	k. A.
SR-NWT-002071	B-ISDN Industry Forum – Visuals From Presentations	08/1991
SR-NWT-002076	Report on the Broadband ISDN Protocols for Providing SMDS and Exchange Access SMDS	09/1991
SR-NWT-002480	Broadband Switching System (BSS) Technical Analysis Description	11/1993

Tabelle E.43: ATM-bezogene Bellcore-Dokumente [Händ95] [www.bell]		
	Titel	Jahr
GR-2837	ATM Virtual Path Functionality in SONET Rings - Generic Criteria (a module of TSGR, FR-440)	10/1996
GR-929-ILR	Reliability and Quality Measurements for Telecommunications Systems (RQMS)	05/1997
OOC-1005.1	Media Pulse/ATMsoft Network Management System	06/1996
COR-CS1.1	Case Study: Bringing the Benefits of ATM Technology to the Corporate World	08/1996
OOC-1004	Q.port (TM) ATM Signaling Software	10/1995
GR-376-CORE	Generic Operations Interfaces Using OSI Tools: Network Data Collection (a module of OTGR, FR-439)	09/1996
OOK-CS7	Case Study - Quantifying The Business Value of ATM and Cell Relay	01/1997
GR-2897	Generic Requirements for ATM Network Level CMIP Information Model Usage	12/1996
GR-2842	ATM Service Access Multiplexer Generic Requirements	11/1996
SR-3330	Cell Relay Service Core Features	12/1996
GR-1431-CORE	Common Channel Signaling Network Interface Specification (CCSNIS) Supporting Broadband Services	11/1996
SR-3337	Ordering and Provisioning Carrier-to-Carrier ATM Interconnections	01/1996
GR-1111-CORE	Broadband Access Signaling Generic Requirements	10/1996
GR-1417-CORE	Broadband Switching System SS7 Generic Requirements	10/1996
GR-1248-CORE	Generic Requirements for Operations of ATM Network Elements (NEs)	08/1996
GR-1114-CORE	Generic Operations Interface Requirements: ATM	09/1996

Tabelle E.43: ATM-bezogene Bellcore-Dokumente [Händ95] [www.bell]		
	Titel	Jahr
	Information Model	
GR-436-CORE	Digital Network Synchronization Plan	06/1996
GR-2891-CORE	SONET Digital Cross-Connect Systems with ATM Functionality - Generic Criteria (a module of TSGR, FR-440)	06/1996
GR-1100-CORE	Bellcore Automatic Message Accounting Format (BAF) Requirements	04/1996
GR-2878-CORE	Generic Requirements for CCS Nodes Supporting ATM High-Speed Signaling Links (HSLs)	11/1995
GR-1115-CORE	BISDN Inter/Intra-Carrier Interface (B-ICI) Generic Requirements	12/1995
SR-3648	ATM/IDLC Architecture Study	09/1995
GR-2845-ILR	Generic Requirements for the ATM Network and Element Management Layers - Issues List Report	08/1994
GR-1117-CORE	Generic Requirements for Exchange PVC CRS CNM Service	06/1994
GR-1113-CORE	Asynchronous Transfer Mode (ATM) Adaptation Layer (AAL) Protocols	07/1994
GR-2901-CORE	Video Transport Over Asynchronous Transfer Mode (ATM) Generic Requirements	05/1995
GR-2848-CORE	Broadband Multi-services User-Network Interface Generic Requirements	06/1994
GR-2845-CORE	Generic Requirements for the ATM Network and Element Management Layers	06/1994
GR-1113	Asynchronous Transfer Mode (ATM) & ATM Adaptation Layer (AAL) Protocols	k. A.

Tabelle E.43: ATM-bezogene Bellcore-Dokumente [Händ95] [www.bell]		
	Titel	Jahr
TA-TSV-001118	Broadband Inter-Switching System Interface and Networking Generic Requirements	07/1993
TR-TSV-001064	SMDS Generic Criteria on Operations Interfaces - SMDS Information Model and Usage	12/1993
TR-NWT-001112	Broadband ISDN User to Network Interface and Network Node Interface Physical Layer Generic Criteria	06/1993

E.6 IETF

Tabelle E.44: ATM-bezogene Standards der IETF [www.ietf]		
	Titel	Jahr
RFC 1483	MultiProtocol Encapsulation Over ATM	k. A.
RFC 1577	Classical IP Over ATM	k. A.
Draft	Supplemental ATM Management Objects	02/1997
Draft	Definitions of Textual Conventions and OBJECT- IDENTITIES for ATM Management	01/1997
Draft	Definitions of Tests for ATM Management	06/1997
Draft	Managed Objects for Controlling the Collection and Storage of Accounting Information for Connection-Oriented Networks	11/1996
Draft	Managed Objects for Controlling the Collection and Storage of Accounting Information for Connection-Oriented Networks	01/1997
Draft	Definitions of Managed Objects for the SONET/SDH Interface Type	08/1996
Draft	Accounting Information for ATM Networks	11/1996

E.7 ECMA

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
Private Telekommunikationssysteme		
ECMA-102	Rate Adaptation for the Support of Synchronous and Asynchronous Equipment Using the V. Series Type Interface on a PCSN, 2nd edition	07/1987
ECMA-106	PTN - Signalling Protocol at the S Reference Point - Circuit Mode Basic Services (SSIG-BC), 3rd edition	12/1993
ECMA-123	In-Band Parameter Exchange in Private Pre-ISDN Networks Using Standard ECMA-102, 2nd edition	06/1990
ECMA-133	Reference Configurations for Calls Through Exchanges of Private Telecommunication Networks	04/1989
ECMA-134	Method for the Specification of Basic and Supplementary Services of Private Telecommunication Networks	04/1989
ECMA-135	Scenarios for Interconnections Between Exchanges of Private Telecommunication Networks	04/1989
ECMA-142	Private Integrated Services Network (PISN) – Circuit mode 64 kbit/s bearer services – Service description, functional capabilities and information flows (BCSD), 2nd edition	06/1997
ECMA-143	Private Integrated Services Network (PISN) – Circuit mode bearer services – Inter-Exchange Signalling Procedures and Protocol (QSIG-BC), 3rd edition	06/1997
ECMA-148	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Identification Supplementary Services (ISSD), 3rd edition	06/1997
ECMA-155	Private Integrated Services Network (PISN) – Addressing, 2nd edition	06/1997
ECMA-156	PTN - Signalling at the S Reference Point – Generic Keypad	06/1993

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
	Protocol for the Support of Supplementary Services (SSIG-KP), 2nd edition	
ECMA-157	PTN – Signalling Protocol at the S Reference Point – Identification Supplementary Services (SSIG-ID), 2nd edition	06/1993
ECMA-161	PTN – Signalling at the S Reference Point – Generic Feature Key Management Protocol for the Control of Supplementary Services (SSIG-FK), 2nd edition	06/1993
ECMA-163	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Name Identification Supplementary Services (NISD), 3rd edition	09/1997
ECMA-164	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Name Identification Supplementary Services (QSIG-NA), 3rd edition	09/1997
ECMA-165	Private Integrated Services Network (PISN) – Generic Functional Protocol for the Support of Supplementary Services – Inter-Exchange Signalling Procedures and Protocol (QSIG-GF), 3rd edition	06/1997
ECMA-173	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Diversion Supplementary Services (CFSD), 2nd edition	06/1997
ECMA-174	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-exchange Signalling Protocol – Call Diversion Supplementary Services (QSIG-CF), 2nd edition	06/1997
ECMA-175	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Path Replacement Additional Network Feature (ANF-PRSD), 2nd edition	09/1997
ECMA-176	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange	09/1997

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
	Signalling Protocol – Path Replacement Additional Network Feature (QSIG-PR) , 2nd edition	
ECMA-177	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Transfer Supplementary Service (CTSD) , 2nd edition	09/1997
ECMA-178	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Call Transfer Supplementary Service (QSIG-CT) , 2nd edition	09/1907
ECMA-185	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Completion Supplementary Services (CCSD), 2nd edition	06/1997
ECMA-186	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-exchange Signalling Protocol – Call Completion Supplementary Services (QSIG-CC), 2nd edition	06/1997
ECMA-191	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Offer Supplementary Service (COSS), 2nd edition	06/1997
ECMA-192	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Call Offer Supplementary Service (QSIG-CO), 3rd edition	06/1997
ECMA-193	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Do Not Disturb and Do Not Disturb Override Supplementary Services (DND (O)SD), 2nd edition	06/1997
ECMA-194	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Do Not Disturb and Do Not Disturb Override Supplementary Services (QSIG-DND (O)), 3rd edition	06/1997

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
ECMA-202	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Intrusion Supplementary Service (CISD), 2nd edition	06/1997
ECMA-203	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Call Intrusion Supplementary Service (QSIG-CI), 3rd edition	06/1997
ECMA-211	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Advice of Charge Supplementary Services (AOCSD), 2nd edition	06/1997
ECMA-212	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Advice of Charge Supplementary Services (QSIG-AOC), 2nd edition	06/1997
ECMA-213	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Recall Supplementary Service (RESD), 2nd edition	06/1997
ECMA-214	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Recall Supplementary Service (QSIG-RE), 2nd edition	06/1997
ECMA-215	Private Integrated Services Network (PISN) – Cordless Terminal Mobility (CTM) – Inter-Exchange Signalling Protocol - Cordless Terminal Incoming Call Additional Network Feature (QSIG-CTMI), 2nd edition	09/1997
ECMA-216	Private Integrated Services Network (PISN) – Cordless Terminal Mobility (CTM) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Cordless Terminal Location Registration Supplementary Service (QSIG-CTLR), 2nd edition	09/1997
ECMA-220	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Call Interception	06/1997

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
	Additional Network Feature (ANF-CINTSD), 2nd edition	
ECMA-221	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Call Interception Additional Network Feature (QSIG-CINT), 2nd edition	06/1997
ECMA-224	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Transit Counter Additional Network Feature, 2nd edition	06/1997
ECMA-225	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Transit Counter Additional Network Feature (QSIG-TC), 2nd edition	06/1997
ECMA-226	PISN – Mapping Functions for the Employment of Dedicated Circuit Mode Connections as Inter-PTNX Connections (MAPPING-CM-STATIC)	06/1995
ECMA-232	Private Integrated Services Network (PISN) – Profile Standard for the Connection of Radio Paging Equipment (RPE) to a PISN	12/1995
ECMA-233	Private Integrated Services Network (PISN) – Cordless Terminal Mobility (CTM) – Inter-Exchange Signalling Protocol - Cordless Terminal Outgoing Call Additional Network Feature (QSIG-CTMO), 2nd edition	09/1997
ECMA-241	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Message Waiting Indication Supplementary Service (MWISD), 2nd edition	09/1997
ECMA-242	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Message Waiting Indication Supplementary Service (QSIG-MWI), 2nd edition	09/1997
ECMA-243	Private Integrated Services Network (PISN) – Cordless Terminal Mobility (CTM) – Inter-Exchange Signalling	09/1997

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
	Protocol – Cordless Terminal Authentication Supplementary Services (QSIG-CTAU), 2nd edition	
ECMA-244	Private Integrated Services Network (PISN) – Mapping Functions for the Employment of a Circuit Mode Basic Service and the Supplementary Service User-to-User Signalling as a pair of On-demand Inter-PINX Connections (Mapping-UUS)	06/1996
ECMA-245	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – PINX Clock Synchronization (SYNC-SIG), 2nd edition	09/1997
ECMA-250	Private Integrated Services Network (PISN) – Specification, Functional Model and Information Flows – Common Information ANF (ANF-CMNSD)	12/1996
ECMA-251	Private Integrated Services Network (PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Common Information ANF (QSIG-CMN)	12/1996
ECMA-252	Broadband Private Integrated Services Network (B-PISN) – Inter-PINX Signalling – Transit Counter ANF (B-QSIG-TC)	12/1996
ECMA-253	Private Integrated Services Network (PISN) – Mapping Functions for the Employment of 64 kbit/s Circuit Mode Connection with 16 kbit/s Sub-multiplexing (Mapping/16)	12/1996
ECMA-254	Broadband Private Integrated Services Network (B-PISN) – Inter-Exchange Signalling Protocol – Generic Functional Protocol (B-QSIG-GF)	12/1996
ECMA-261	Broadband Private Integrated Services Network (B-PISN) – Service Description – Broadband connection oriented bearer services (B-BCSD)	06/1997
Computer Supported Telecommunications Applications (CSTA)		

Tabelle E.45: Standards der ECMA zu privaten Telekommunikationssystemen [www.ecma]		
	Titel	Jahr
ECMA-179	Services for Computer Supported Telecommunications Applications (CSTA) Phase I	06/1992
ECMA-180	Protocol for Computer Supported Telecommunications Applications (CSTA) Phase I	06/1997
ECMA-217	Services for Computer Supported Telecommunications Applications (CSTA) Phase II	12/1994
ECMA-218	Protocol for Computer Supported Telecommunications Applications (CSTA) Phase II	12/1994
Sicherheitsaspekte		
ECMA-205	Commercially Oriented Functionality Class for Security Evaluation (COFC)	12/1993
ECMA-206	Association Context Management including Security Context Management	12/1993
ECMA-219	Authentication and Privilege Attribute Security Application with Related Key Distribution Functions – Part 1, 2 and 3, 2nd edition	03/1996
ECMA-235	The ECMA GSS-API Mechanism	03/1996
ECMA-97	Local Area Networks – Safety Requirements, 2nd edition	12/1992
ECMA-271	Extended Commercially Oriented Functionality Class for Security Evaluation (E-COFC)	

E.8 Weitere Standardisierungsorganisationen

Neben den Organisationen, deren Standards zu ATM, Sprach- und Datenübertragung sowie verwandten Gebieten der Telekommunikationstechnik in dieser Arbeit aufgeführt sind, existieren weitere Institutionen, die sich mit der Normung von Telekommunikationstechnologien befassen:

- ISO [www.iso]
- IEC [www.iec]
- IEEE [www.ieee]

Diese Organisationen veröffentlichen Dokumente zu Problemen der Standardisierung auf dem Gebiet des Asynchronous Transfer Mode, der Telekommunikationstechnik sowie zu Fragen der Meß- und Analysetechnik.

Erklärung

Ich erkläre, diese Arbeit selbständig angefertigt und die benutzten Unterlagen vollständig angegeben zu haben.

Rostock, 31. Mai 1998