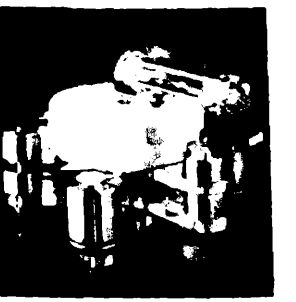
taschenbuch der telekom praxis 2001

Bernd Seiler

Die monatlich erscheinende Fachzeitschrift für Technik und Betrieb der Telekommunikation

telekom praxis



11/2000

Schiele & Schön

Das Wissen für morgen. Heute bei uns.

Fachverlag
Schiele & Schön GmbH
Berlin

Postfach 61 02 80
D-10924 Berlin

Telefon (030) 25 37 52 – 23
Telefax (030) 2 51 72 48
E-Mail service@schiele-schoen.de

www.telekom-praxis.de

Wir schicken Ihnen gern ein kostenloses Probeheft.

taschenbuch der telekom praxis 2001

38. Jahrgang

Herausgeber:
Dipl.-Ing. Bernd Seiler

Schiele & Schön · Berlin

Herausgeber: Dipl.-Ing. Bernd Seiler
Eschenweg 6
64397 Modautal
Tel. 06254/94 23 16

Verantwortlich für die Redaktion: Dipl.-Ing. Bernd Seiler. Für die sachliche Richtigkeit der Beiträge sind namentlich genannte Autoren verantwortlich, die auch spezielle Fragen nach Möglichkeit beantworten. Die Beiträge aus dem Bereich der Deutschen Telekom AG müssen nicht mit deren Ansichten übereinstimmen.

Für die in diesem Buch enthaltenen Angaben wird keine Gewähr hinsichtlich der Freiheit von gewerblichen Schutzrechten (Patente, Gebrauchsmuster, Warenzeichen) übernommen. Auch in diesem Buch wiedergegebene Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen dürfen nicht als frei zur allgemeinen Benutzung im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung betrachtet werden. Die Verletzung dieser Rechte im Rahmen der geltenden Gesetze ist strafbar und verpflichtet zu Schadenersatz.

ISBN 3 7949 0657 8, ISSN 0082-1764
© 2001 Fachverlag Schiele & Schön GmbH, Markgrafenstr. 11, 10969 Berlin. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet, dieses Buch oder Teile daraus in irgendeiner Form zu vervielfältigen. Printed in Germany.
Druck und Bindung: Boschdruck, Landshut

COMMUNICATIONS
SERVICES
MOBILE
SYSTEMS
CAPITAL

www.marconi.com

Marconi plc ist internationaler Anbieter von optischen Breitbandnetzen und liefert die Schlüsseltechnologien für das New Public Network sowie für das Internet. Wir beschäftigen weltweit 49.000 Mitarbeiter und verfügen über Vertriebskanäle in mehr als 100 Ländern. Mit dem Erwerb des Produktbereiches Öffentliche Netze von Bosch Telecom und der amerikanischen FORE Systems erweitert Marconi seine Produktpalette mit leistungsfähiger Access- und Funktechnik, bewährtem Netzwerkmanagement sowie innovativen Lösungen für die Vernetzung auf der Basis von Ethernet und ATM. Darüber hinaus bietet Marconi eine ausgezeichnete Service- und Vertriebsinfrastruktur im zentraleuropäischen Markt. Marconi plc mit Sitz in London wird an der Londoner Börse gehandelt und ist im FTSE-100-Index aufgeführt.

MARCONI COMMUNICATIONS –
New Public Network

Marconi ist ein weltweit führender Anbieter von Hochleistungskommunikationslösungen für öffentliche und private Netze. Unser Unternehmen blickt auf eine lange Geschichte voller Innovationen und technologischen Errungenschaften zurück. Wir gehören zu den weltweit am schnellsten wachsenden Firmen im Markt für Breitbandkommunikation. Unsere Lösungen tragen dazu bei, die Übertragungskapazität und Geschwindigkeit des Internet zu erhöhen.

Im Marktsegment öffentliche Netze sind wir bei der optischen Vernetzung und Zugangssystemen weltweit führend. Wir liefern eine verlässliche Basis für die Vernetzung im Kern des Internet und bieten zudem öffentlichen Netzbetreibern eine Lösung für Glasfaser bis zum Kunden.

Für Betreiber privater Netze bieten wir ein breites Portfolio von Lösungen für die Vernetzung auf Basis von Ethernet und ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Marconi

Vorwort zum 38. Jahrgang

„Es ist nicht alles Gold was glänzt", mahnten während der deutschen UMTS-Lizenzversteigerung Branchenkenner und Analysten. Ob sich das prognostizierte Wachstum des Mobilfunk-Massenmarktes infolge der milliardenschweren Belastungen um Jahre hinauszögern wird oder ob - wie von anderer Seite behauptet - andere Player aufgrund verzerrter Marktbedingungen das Rennen machen werden, bleibt abzuwarten. Eines scheint indes gewiß. Dieser Vorgang hat auch für einen heiß umkämpften Wirtschaftsbereich die Grenzen rationalen Handelns aufgezeigt.

Ferner zeigt dieses Beispiel einmal mehr, daß Entwicklungen schon lange nicht mehr allein technologiegetrieben sind, sondern immer stärker von wirtschaftlichen und von (markt)politischen Einflüssen geprägt werden. Angesichts der Vielzahl von Variablen versuchen die Marktteilnehmer, gestärkt durch Kooperationen oder Fusionen, mit neuen Strategien veränderte Wertschöpfungsketten dauerhaft und möglichst „ressourcenschonend" zu besetzen. Während sich die Ziele, die Konvergenz von Sprache und Daten auf einer IP-basierten Plattform bei möglichst uneingeschränkter Mobilität zu erreichen, einander annähern, bestehen hinsichtlich des einzuschlagenden „Königswegs" zum Teil gravierende, bei genauer Betrachtung vielfach jedoch nachvollziehbare Differenzen.

Der überwiegende Teil der diesjährigen Beiträge versucht, auf diese fundamentalen Fragen aus aktueller und kompetenter Sicht Antworten zu geben. Beispielhaft sei die weitere Entwicklung der mobilen Kommunikation, der Vergleich verschiedener Netzplattformen sowie der Überblick über den Stand der IP-Technologien und -Services genannt. Nicht minder interessante Themen aus den Bereichen der Diensteentwicklung, der Netzsynchronisation sowie der mechanischen Aufbausysteme runden den vorliegenden Jahrgang ab.

Wir hoffen, mit der breitgestreuten Auswahl ein weiteres Mal dem Interesse unserer Leserschaft zu entsprechen und freuen uns über Anregungen sowie konstruktive Kritik.

Abschließend geht unser Dank für die gute und erfolgreiche Zusammenarbeit an unsere Autoren, die Pressestellen der involvierten Unternehmen sowie an die Mitarbeiter des Verlags.

Modautal, im November 2000 Bernd Seiler

Inhaltsverzeichnis

Wireless Internet Value Chain
Die neue Wertschöpfungskette des „Wireless Internet" 1-15
(Helmut Löw)
Überblick 1
Herausforderung Marktdynamik 1
Die Chance 2
UMTS - das Netzwerk der Zukunft 4
Die neue Wertschöpfungskette des Wireless Internet 5
Die Bausteine zusammensetzen: Dienste und Anwendungen 6
Endgeräte und Applikationen 7
Servicebüros 9
Portale 10
Content Provider 10
Middleware 11
Systemintegratoren 11
Die Bausteine zusammensetzen:
das Netzwerk des Wireless Internet 12
Die Entwicklung von Breitband-Mobilfunktechnologien 13
Paketbasierter Netzwerk-Backbone 13
Drahtlose Access Gateways 14
Das IP-Intranet 14
Internet Customer Care Center 15
Zusammenfassung 15
Schrifttum 15

UMTS: Ein Standard für die globale
Mobilkommunikation der Zukunft 16-33
(Laszlo Szabo)
Einführung 16
Von GSM über GPRS und EDGE zu UMTS 16
Was sind 3G-Technologien? 18
Besonderheiten von UMTS 19
Der Funkzugang in UMTS 20
Die Architektur des UMTS-Kernnetzes 23
Architektur der UMTS-Dienste 25
UMTS für neue und bestehende Netzbetreiber 27
Terminals für UMTS 30
Schlußbemerkungen 31
Verwendete Abkürzungen 32
Schrifttum 33

Quante
A 3M Company

Flexibilität hat einen Namen

UMUX 1500

Als einer der führenden Anbieter von aktiven und passiven Netzkomponenten, steht Quante für Kompetenz, internationale Verbindungen und konsequente Kundenorientierung.

Der **UMUX 1500** ist ein universeller Multiplexer für den Einsatz in Sprach- und Datennetzen. Verschiedenste Schnittstellen, Multiplex- und Cross-Connect-Funktionen in einem Gerät.

- POTS
- ISDN
- G.703
- x.21
- 10 base T
- V5.x
- STM 1

www.quante.de

Aspekte zur Sicherheit mobiler Kommunikation 34-46
(Peter Elmer/Michael Klingele)
Die Ziele der mobilen Kommunikation ... 34
WAP als Chance zur Öffnung des Unternehmens ... 34
WAP-Terminal ... 35
WAP-Gateway ... 36
Content-Server ... 36
Auswahl des anzubietenden Content 36
WAP-Design ... 37
Die WAP-Protokoll-Architektur ... 38
Application Layer Environment (WAE) ... 38
Wireless Session Protocol (WSP) ... 39
Wireless Transaction Protocol (WTP) ... 39
Wireless Security Layer (WTLS) ... 39
Wireless Datagram Protocol (WDP) ... 39
Bearers ... 40
Sicherheits-Mechanismen im WAP-Standard ... 40
Das WTLS-Protokoll ... 40
WTLS-Klassen ... 41
Public-key Exchange ... 41
Encryption und Message Authentication (MAC) ... 43
Certificates und die Certification Authority ... 43
Das WAP Identity Module ... 44
Interoperabilität zwischen Endgeräten und
WAP-Gateway-Produkten ... 44
Mögliche Unterscheidungskriterien bei der Systemauswahl ... 45
Fazit ... 45
Schrifttum ... 46

Varianten des Teilnehmeranschlusses:
Gibt es eine optimale Strategie? ... 47-60
(Wolfgang Aicher/Christian Drewes)
Einführung ... 47
Kupfergebundener Kundenzugang ... 48
Powerline Communications (PLC) ... 48
Zugang über das Kupferdoppeladernetz: xDSL-Technologien ... 48
Zugang über das CATV-Netz ... 49
Drahtloser Kundenzugang ... 51
Allgemeines zu drahtlosen Alternativen ... 51
Ortsfester Teilnehmeranschluß ... 53
Mobile Alternativen ... 55
Trends der Funktechnolgie ... 57
Zusammnefassung und Wertung ... 58
Vergleich: xDSL-WLL ... 58
Einordnung des Kabelnetzes ... 59
Einordnung des Mobilfunknetzes ... 59
Hybride Lösungen als Optimierungsstrategie ... 60
Schrifttum ... 60

Denn je mehr Menschen moderne Telekommunikation entdecken, umso mehr wollen sie nutzen.

Das Zeitalter der grenzenlosen Kommunikation ist schon lange angebrochen. An jedem Ort wollen die Menschen moderne Telekommunikation nutzen. Dabei sind die Menschen so unterschiedlich wie die Orte, von denen sie miteinander in Kontakt treten. Deswegen entwerfen und realisieren wir Lösungen, die für Sie massgeschneidert sind. Welche Art von Anwender Sie auch sind und welche Ansprüche Sie auch haben: Alcatel liefert Komplettlösungen und Dienstleistungen für Netzbetreiber, Diensteanbieter, Unternehmen und private Haushalte – von digitalen Netzen bis zu Telefonen und Handys. Als Architekt des Internets entwirft und realisiert Alcatel schlüsselfertige Komplettlösungen mit einem einmaligen, globalen Management-System. So verlieren unsere Kunden nie den Anschluss. Interressiert? Näheres erfahren Sie unter www.alcatel.de

ALCATEL

ARCHITECTS OF AN INTERNET WORLD

Ein universelles Netz für Internet und Multimedia
Gibt es die perfekte Plattform? 61-78
(Olaf Ziemann)
Anwendungen für TK-Netze und BK-Netze 62
TK- und BK-Netz als digitale Diensteplattform 67
Vergleich der Netztechnologien bei verschiedenen Anwendungen 69
Größe der Anschlußbereiche 71
Vielfachzugriff und IP 73
Der Markt für neue Dienste 75
Chancen für Netze und Nutzer 76
Schrifttum 78

ADSL, nur eine Revolution im Internet? 79-85
(Werner Reinhold/Harald Walz)
Einleitung 79
Die Anwendungen im Überblick 81
Die Technik im Überblick 83
Zusammenfassung 84

HFC-Netze, neue Dienste und deren Infrastrukturbedarf 86-104
(Wolfgang Schmid)
Einleitung 86
Sprachdienste auf ausgebauten HFC-Netzen 87
Kabeltelefonie 87
Element-, Netz- und Servicemanagement 88
Dienstequalität am Beispiel Kabeltelefonie 89
Daten- und integrierte Sprachdienste auf HFC-Netzen 91
Schmalband-Netzzugang 91
Breitband-Netzzugang 92
Voice over IP 95
Voice Trunking 95
Integrierter VoIP-Dienst 97
Das Servicemanagement Center 98
Videodienste 99
Digitales Verteilfernsehen 99
Interaktive digitale Videodienste 100
Video over IP 101
Zusammenfassung 104

Umbau von Kabelfernsehnetzen zu Multimedia-Plattformen 105-127
(Reinhold Müller)
Entwicklungspotentiale der Breitbandverteilnetze 105
450-MHz-Technik 105
Konzepte zur Frequenzbereichserweiterung 106
Wirtschaftliche Randbedingungen 107
Resultierende Konzeptauswahl 108
Pilotprojekt Berlin 108
Netzkonfiguration und Systemdaten
„HFC 862 MHz mit Rückkanaltechnik" 109
Ausbauabsichten und Leistungsmerkmale 109

Fit für die Zukunft.

Als weltweiter Anbieter für Systemlösungen der Tele- und Datenkommunikation ist KRONE mit Access*NET* ein kundenorientierter Partner von der Netzplanung bis zur Inbetriebnahme. Das Produktportfolio umfaßt Erzeugnisse der Verbindungs- und Verteiltechnik für Kupfer- und Glasfaser-basierte Zugangsnetze.

Neben umfangreichen und
zehnten weltweit
Anschlußtechniken für alle Anwendungen
existierender und künftiger Kommunikations-Infrastrukturen konzentriert sich
KRONE auf Innovationen, die
troffene Produktleistungen
Anwendungsvorteilen
entwickelt Lösungen für optimale
Netzsicherheit.

Produkte, die in den Verteilpunkt
auch die Modernisierung und
bestehender Netze garantie
kompletten Verteilersysteme; flexible und
anwendungsorientierte Netzübergabepunkte runden
das Spektrum ab.

Nehmen Sie Kontakt auf und lassen Sie sich
neuesten Entwicklungen informieren.

KRONE GmbH
Beeskowdamm 3-11
14167 Berlin
Telefon (030) 84 53-14 22
Telefax (030) 84 53-14 12
e-mail vertneb@krone.com
Internet http://www.krone.com

KRONE

Ihre Netze – Unsere Stärke!

Netzarchitektur und Kurzbeschreibung des Systems ... 109
Übergeordnete BK-Verstärkerstelle ... 113
Eingangsschnittstellen des Systems in der üBKVrSt ... 115
Ausgangsschnittstellen des Systems in der üBKVrSt ... 115
Versorgung von alten 450-MHz-Linien ... 117
Ringstruktur zwischen üBKVrSt und bBKVrSt ... 117
Benutzerseitige BK-Verstärkerstelle ... 117
Nahbereichsversorgung der bBKVrSt ... 118
BK-Anschlußbereich ... 121
Bildung der Serving Area ... 121
Glasfaser-Verstärkerpunkte 862 MHz (Fiber-Nodes) ... 122
Koax-Verstärkerpunkte 862 MHz ... 123
Verzweigungskabelnetz (C-/D-Linien) ... 124
Fernspeisekonzept ... 125
Zusammenfassung ... 125
Verwendete Abkürzungen ... 126

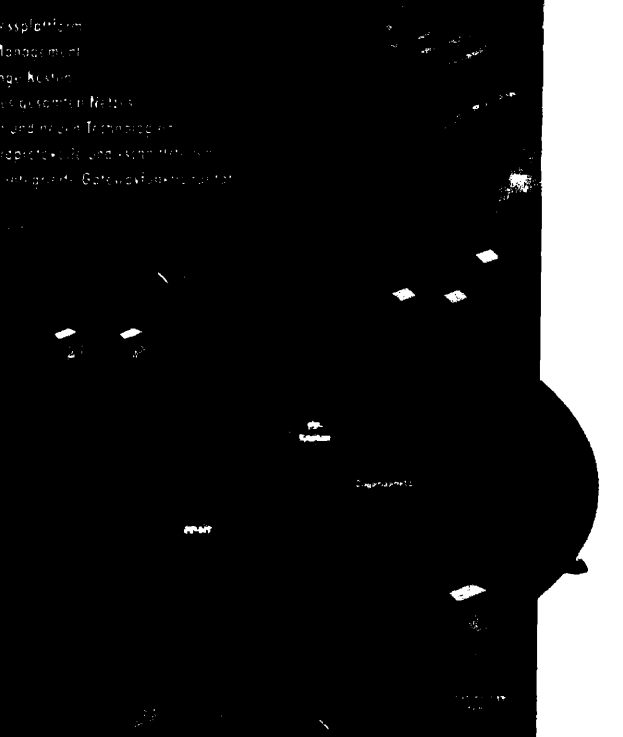
Element-Management-System für HFC-Kabelfernsehanlagen ... 128-142
(Udo Conradi)
Einleitung ... 128
NMS/EMS ... 129
Systemübersicht ... 129
CATVisor ... 130
EMS-Server ... 131
HFC-Netzwerk-Controller ... 132
EMS-Explorer ... 132
BK-Commander ... 133
EMS-Voyager ... 134
SNMP-Wizard ... 134
Netzelemente ... 134
üBKVrSt ... 135
bBKVrSt ... 135
OVrP ... 136
KVrP ... 136
Netzwerkkommunikation ... 136
Modulfunktionen ... 137
Meldungen ... 140
Betrieb ... 141
Fehlermanagement ... 141
Konfigurationsmanagement ... 141
Gerätemanagement ... 142
Definitionen ... 142

Richtfunk im Access- und Transportnetz ... 143-160
(Walter Bourdon)
Einführung ... 143
Grundlegende Aspekte der Richtfunkübertragung ... 144
Funk-Ausbreitungsphänomene und deren Einfluß auf die Qualität ... 144
Einfluß von Systemeigenschaften auf die Netzdichte ... 145
Frequenznutzung ... 146

IP Breitband-Technologie der Zukunft im Teilnehmerzugangsnetz

Pure Packet ... ist eine paketbasierende Multiservice-Zugangsplattform, die neue und traditionelle Sprach- Datendienste über eine einzige xDSL-Leitung vereint. Diese IP/MPLS*-basierende Plattform wandelt den Sprach- und Datenverkehr in Pakete um, die dynamisch und effizent die gesamte Bandbreite der Anschlußleitung nutzen.

- **Multiservice** - Breitband Accessplattform
- **Dynamisches Bandbreiten-Management**
- **Ein Netz, viele Dienste** geringe Kosten
- **Transparenz und Kontrolle** des gesamten Netzes
- **Integration** von bestehenden und neuen Technologien
- **Kompatibilität** durch Standardisierung
- **Ersatz von TK-Anlagen** durch

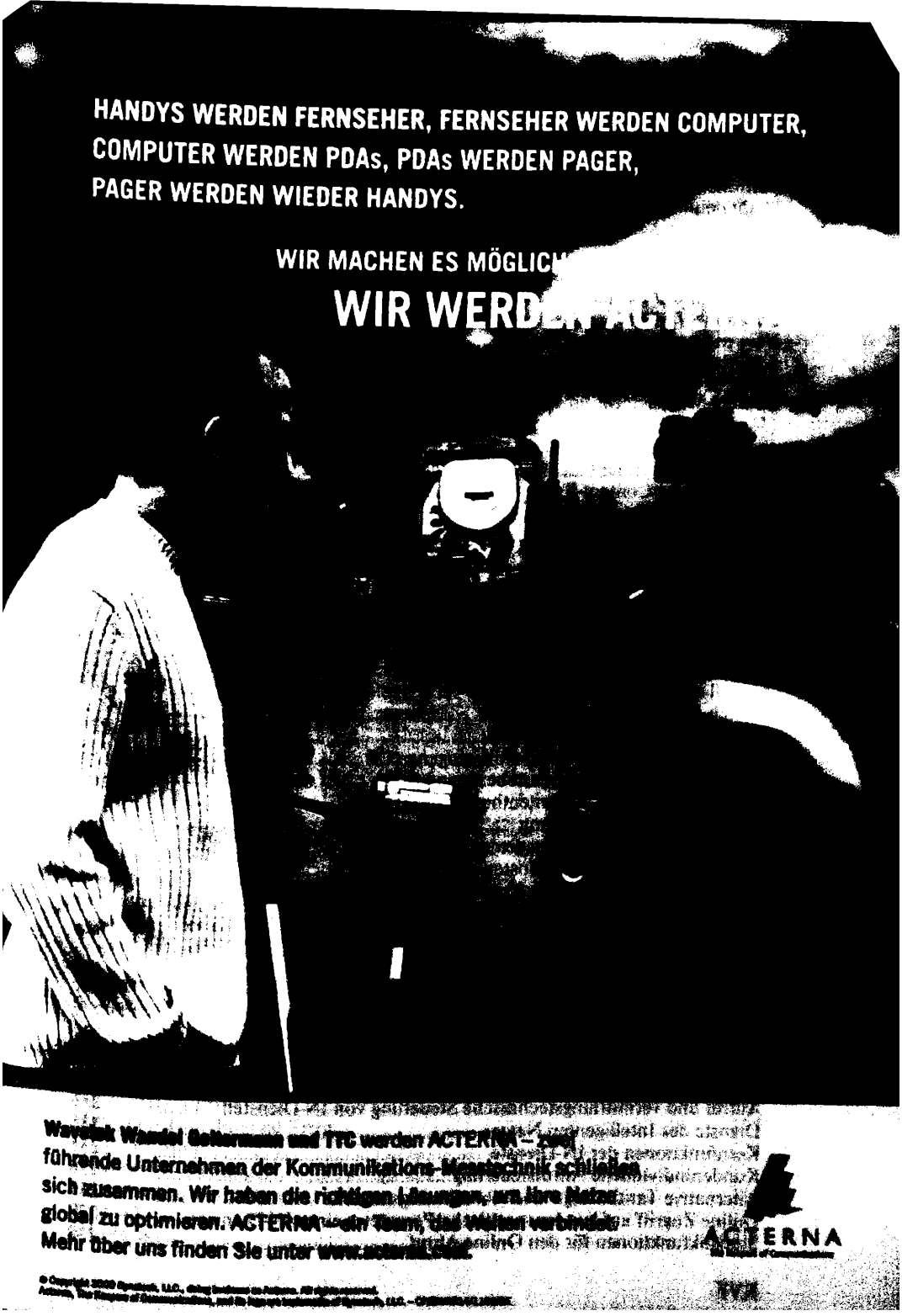


Quant Netzwerke GmbH • Frankenring 1A • 30855 Langenhagen
Tel.: +49 511 74 01 92-99 • Fax: +49 511 74 01 92-100
netzwerke@quant.de • http://www.quant.de

Standardisierung ... 149
Netzmanagement ... 149
Richtfunk in den Netzstrukturen ... 150
Richtfunk in Transportnetzen ... 150
P-MP-Richtfunk im Accessbereich zum Teilnehmer ... 152
Frequenzbänder für P-MP-Systeme ... 152
P-P-Richtfunk im Accessbereich ... 153
Realisierte Richtfunk-Systeme ... 154
Beispiele für Punkt-zu-Punkt-Richtfunksysteme ... 154
Punkt-zu-Multipunkt-Systeme ... 156
Zukünftige Systemlösungen ... 158
Zusammenfassung ... 159
Verwendete Abkürzungen ... 159
Schrifttum ... 160

Das Gigabit-Wissenschaftsnetz ... 161-174
(Heiko Sturmhöfel)
Einleitung ... 161
Ein Netz für die Wissenschaft ... 162
Vom WIN zum G-WIN ... 162
Anforderungen an das Gigabit-Netz ... 164
Die G-WIN-Realisierung ... 165
Netztopologie ... 165
Technikauswahl ... 168
Qualitäts- und Netzmanagement ... 171
Zusammenfassung und Ausblick ... 173

Neue IP Transportplattformen - Technologien, Modelle und Services ... 175-211
(Peter Lugert/Roger Wenner)
Einführung ... 175
Anforderungen an eine moderne IP-Plattform ... 176
Allgemeine Anforderungen ... 176
Anforderungen an die Netzarchitektur ... 177
Analyse derzeit verfügbarer IP-Transporttechnologien ... 178
IP-Switching-Architekturmodelle ... 179
Overlay-Modell ... 179
Peer-Modell ... 181
Flow-driven IP Switching Type ... 183
Topologie-driven IP Switching Type ... 184
Overlay-versus-Peer-Modell am Beispiel MPOA und MPLS ... 184
Multiprotocol Label Switching (MPLS) ... 185
Grundlegendes MPLS-Konzept ... 187
MPLS-basierende Virtual Private Networks ... 189
MPLS-basierendes Traffic Engineering (TE) ... 192
IP-QoS-Modelle, Services und Mechanismen ... 194
Vergleich grundlegender IP-QoS-Modelle ... 194
Integrated Services Model (IntServ) ... 195
Differentiated Services Model (DiffServ) ... 196


HANDYS WERDEN FERNSEHER, FERNSEHER WERDEN COMPUTER,
COMPUTER WERDEN PDAs, PDAs WERDEN PAGER,
PAGER WERDEN WIEDER HANDYS.
WIR MACHEN ES MÖGLICH
WIR WERDEN ACTERNA
Wavetek Wandel Goltermann und TTC werden ACTERNA – zwei führende Unternehmen der Kommunikations-Messtechnik schließen sich zusammen. Wir haben die richtigen Lösungen, um Ihre Netze global zu optimieren. ACTERNA – ein Team, das Welten verbindet. Mehr über uns finden Sie unter www.acterna.com.
ACTERNA

IP-Serviceklassen (IP QoS/Cos) entsprechend dem DiffServ-Ansatz ... 1
Definition Serviceklassen ... 1
Methoden und Mechanismen ... 2
Service Level Agreement (SLA) ... 2
Definition ... 2
SLA-Geltungsbereich ... 2
SLA-Monitoring ... 2
Zusammenfassung ... 2
Verwendete Abkürzungen ... 2
Schrifttum ... 21

Content-Management für Multimedia-Dienste ... 212-22
(Jürgen Lohr)
Einleitung ... 21
Content-Management ... 21
Synergetische Content-Plattform ... 21
Content- und Dienste-Portfolio ... 21
Content-Portfolio ... 21
Dienste-Portfolio ... 21
Standard-Contentprozeß ... 21
Allgemeines Modell ... 21
Funktionelles Modell Content-Management-Plattform ... 21
Modell einer contentbezogenen sCP ... 22
Modell einer plattformbezogenen sCP ... 22
Modell einer dienstebezogenen sCP ... 22
Betrieb ... 22
Betreiberlösungen für sCP ... 22
Betreiberlösung für die plattformbezogene sCP ... 22
Betreiberlösung für die dienstebezogene sCP ... 22
Betreiberlösung für die contentbezogene sCP ... 22
Haftung und Gewährleistung ... 22
Nutzen eines Content-Managements ... 22
Content-Akquisition und -Kosten ... 22
Kosteneinsparungen bei der Content-Aufbereitung ... 22
Kundenbindung und Reichweitenerhöhung ... 22
Verwendete Abkürzungen ... 22

Intelligentes Netz ... 229-246
(Bernd Zopf)
Einleitung ... 22
Grundlagen des Intelligenten Netzes ... 23
Physische Implementierung und Komponenten des IN ... 23
Das Basic Call State Model (BCSM) ... 23
Aufruf und vermittlungstechnische Steuerung von IN-Diensten ... 23
Dienste des Intelligenten Netzes ... 23
Kernfunktionen der IN-Dienste ... 23
Kundenindividuelle Anrufsteuerung ... 23
Alternative Tarifierungs- und Abrechnungsmodelle ... 23
Online-Zugriff auf kundenspezifische Parameter eines IN-Dienstes ... 23
Statistikfunktionen für den Online-Abruf ... 23

Typische IN-Dienste ... 239
Diensteentwicklung mit Service Creation Tools ... 241
IN-Infrastrukturanwendungen ... 242
Rufnummernportabilität mit IN ... 242
Screening von Call by Call-Gesprächen ... 243
Two Layer IN-Ansatz ... 244
Zusammenfassung und Ausblick ... 245

Verbesserte Netzsynchronisation mit Rubidiumoszillatoren und GPS ... 247-262
(Gerhard Hübner)
Vorwort ... 247
Rubidiumoszillatoren - Stabilität direkt vom Elektron ... 247
Ein wenig Physik ... 248
Funktionsweise ... 249
Eigenschaften ... 251
Anwendung in der Netzsynchronisation ... 253
Navigationssysteme und Zeit ... 255
Das Satelliten-Navigationssystem GPS ... 255
Signalstruktur ... 257
Stabilität und wie man sie verschlechterte ... 257
Der GPS-Zeitempfänger ... 258
Nutzen für die Netzsynchronisation ... 261

Synchronisation des T-Nets ... 263-278
(Werner Weis)
Vorwort ... 263
Begriffe und Definitionen ... 264
Anforderungen der Dienste ... 265
Allgemeine Beschreibung des Aufbaus ... 266
Takterzeugung PRC ... 267
Taktverteilebene 1 ... 267
Taktverteilebene 2 ... 268
Taktverteilebene 3 ... 268
SDH-Übertragungswege des Taktnetzes ... 268
Kettenschaltung von SDH-Netzelementen ... 269
Takttransport über PDH ... 271
SSU2000e ... 271
Messen der Taktqualität ... 272
Time Interval Error ... 273
Maximum Time Interval Error ... 273
Time Deviation ... 274
Frequenzabweichung ... 274
Verfügbarkeit des Taktnetzes ... 275
Ausblick ... 277
Schrifttum ... 278

Verhalten von lösbaren LWL-Verbindungen bei hohen optischen Leistungen – Der High-Power-Stecker 279-293
(Andreas Mittelstädt)
Einleitung 279
Das WDM-System 280
Leistung, Leistungsdichte und Laserklassen 281
Verhalten der Stecker bei hohen Leistungen 282
Ausfallbegutachtung 282
Ursachenbestimmung 285
Organische Kontamination 286
Die richtige Materialwahl 286
Die Oberflächenparameter 287
Die Polierqualität 289
Der Faserversatz 289
Mechanische Tests 290
Steckerkonstruktion und Merkmale 290
Anforderungen an den Konfektionierungsprozeß 291
Hinweise für den Anwender 292
Zusammenfassung 292
Verwendete Abkürzungen 293
Schrifttum 293

LWL-Kabelmanagement in Netzwerkschränken 294-304
(Olaf Triebe)
Einleitung 294
Anforderungen an Mechaniken im LWL-Zugangs- und Verteilnetz 294
LWL-Abschlußeinheit 2HE 19 Zoll metrisch 296
Aufbau allgemein 296
Mechanischer Aufbau 297
Glasfasermanagement 299
Steckverbinderfeld 299
Patchkabelmanagement 300
Allgemein 300
Patchkabelablagefach 1HE 300
Patchkabel-Systemführung 301
Verteilerkonsole für LWL-Kabel 302
Zusammenfassung 303

Gesamtinhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1991-2000 305-316

Bezugsquellennachweis der Telekommunikation 317

Inserentenverzeichnis zum Anzeigenteil 324

Wireless Internet Value Chain
Die neue Wertschöpfungskette des „Wireless Internet"

Von Helmut Löw

Helmut Löw, Jahrgang 1961, ist bei Nortel-Dasa für die Positionierung und Vermarktung von Kunden- sowie marktsegmentspezifischen Netzwerklösungen für den öffentlichen Netzbetreibermarkt verantwortlich.

1 Überblick

Der Markt der Mobilkommunikation (Wireless Communication) durchläuft einen Wandel. Die Mobilfunknutzer von morgen verlangen mehr als nur Sprachdienste. Aus dem Zusammenwachsen von Mobilfunktechnologie und Internet ergeben sich für die Betreiber von Mobilfunknetzen ungeheure Möglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen.

In diesem Beitrag werden die Komponenten der neuen Wertschöpfungskette des Wireless Internet vorgestellt und das Vorgehen beschrieben, mit dem die Service Provider im Mobilfunkbereich aufgrund dieser „Wireless Internet Value Chain" von neuen Technologien und Allianzen profitieren können. Darüber hinaus werden Lösungen und Technologien skizziert, wie sie auf der „International Wireless Internet Conference" am 19. Juni 2000 von Nortel Networks in Paris vorgestellt wurden. Dazu gehören die Software „e-mobility* Acceleration" und die neue „IP Mobility"-Technologie von Nortel Networks.

2 Herausforderung Marktdynamik

Die zwei weltweit am schnellsten wachsenden Technologiesektoren - Mobilfunk und Internet - unterliegen einem raschen und dramatischen Wandel. Beide Märkte sind nicht nur sehr dynamisch, sondern sie verschmelzen auch zu-

nehmend miteinander. Die daraus resultierenden Marktbedingungen stellen bedeutende Herausforderungen für die Service Provider im Festnetz und im Mobilfunknetz dar. Herausforderungen, die aber auch mit großen Geschäftsmöglichkeiten verbunden sind.

Herausforderung Nr. 1: der zunehmende Wettbewerb für Mobiltelefonie

Die Renditen der Netz- und Servicebetreiber im Bereich der Mobilfunktelefonie sind stark unter Druck. Obwohl die Anzahl der Netzteilnehmer stetig steigt und damit der Sprachverkehr und die gesamte Nutzung der Netze zunehmen, drückt der harte Wettbewerb auf die Preise. Um wettbewerbsfähig bleiben zu können und das Abwandern von Kunden auf ein Minimum zu reduzieren, müssen die Mobilfunkbetreiber ihre Serviceangebote differenzieren und umsatzstarke Teilnehmer gewinnen und an sich binden.

Herausforderung Nr. 2: Der Erfolg des Internet verändert das Verhalten der Verbraucher

Die intensive Nutzung des Internet verändert das Verhalten der Menschen - von der sozialen Kommunikation (via E-Mail und Online Chat) über das Einkaufsverhalten (Online-Shopping) bis hin zur Art und Weise, in der wir uns informieren (Search Engines, Informationsdienste usw.). Um der wachsenden Nachfrage seitens der Mobilfunkteilnehmer gerecht zu werden, erfaßt die Internet-Revolution nun auch den Mobilfunksektor.

Herausforderung Nr. 3: die Konvergenz von Festnetz und Mobilfunk im Internet

Die bahnbrechende Konvergenz der Mobilfunkkommunikation mit dem Internet erfordert eine Änderung des aktuellen Geschäftsmodells für Mobilfunkbetreiber und die Schaffung einer neuen Wertschöpfungskette für das Wireless Internet.

3 Die Chance

Durch das Zusammenwachsen der beiden Technologien Mobilfunk und Internet ergeben sich lukrative neue Umsatzchancen für Mobilfunkbetreiber, Service Provider und Content-Portale. Dieses neue, offene Marktumfeld schafft die Grundlage für neue Dienste, neue Allianzen und Partnerschaften und ein neues Umsatzmodell, mit denen die Anbieter ihre Kunden weiter an sich binden, neue Teilnehmer gewinnen und ihre Rentabilität verbessern können.

Nach Angaben der Yankee Group sehen Netzbetreiber mobile Internet-Dienste als eine Möglichkeit, um ihre Netze zu differenzieren und um eine Bindung an die eigene Marke zu schaffen. Datendienste sind die Chance auf eine stärkere Nutzung pro Teilnehmer und auf zusätzliche Einnahmequellen [1].

Durch die Einführung drahtloser Internet-Dienste können die Mobilfunkbetreiber ihr Serviceangebot und ihre Geschäftsmodelle deutlich erweitern (siehe Bild 1). Das abgebildete Modell ist in der Internet-Branche weitverbreitet und hat wichtige Auswirkungen auf die Mobilfunkbetreiber. Der traditionelle Umsatzmix der Anbieter (hauptsächlich monatliche Grundgebühr + Nutzungsgebühren) wird sich in der Internet-Welt von morgen radikal verändern. In Zukunft werden die Betreiber auch Umsätze aus der Nutzung von Datendiensten und Content, durch E-Commerce und Werbung sowie durch Mehrwertdienste wie virtuelle private Netze (VPNs) und Quality-of-Service-Garantien erzielen.

Die Strategies Group prognostiziert für den Umsatz mit mobilen Datendiensten in den USA zwischen 1999 und 2004 ein jährliches Wachstum von 30 % [2]. Für die letzten beiden Jahre dieses Prognosezeitraums wird mit einem erheblichen Anstieg des Umsatzes mit Serviceangeboten gerechnet, weil das Wachstum bei den schmalbandigen Diensten nachlassen wird und statt dessen immer mehr Teilnehmer teurere breitbandige Angebote nutzen werden. Für Mobilfunkbetreiber bedeutet das eine enorme Chance.

Die Analysten der Yankee Group sind derselben Ansicht: „Eine Strategie, die sich praktisch ausschließlich auf Sprachdienste beschränkt, ist für Betreiber, die den Massenmarkt ansprechen, völlig in Ordnung. Anbieter, die jedoch nicht in die Datendienste von morgen investieren, laufen Gefahr, sich auf Dauer selbst aus dem High-End-Bereich des Marktes auszugrenzen."

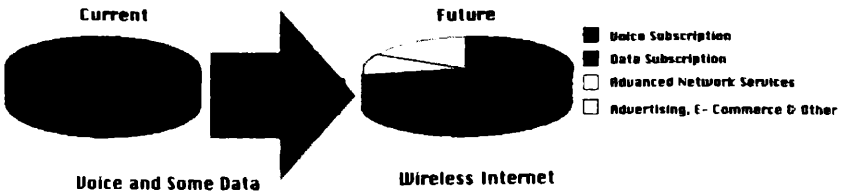


Bild 1: Das Geschäftsmodell eines Mobilfunkbetreibers. Das veränderte Geschäftsmodell enthält neue Umsatzquellen. Sprachdienste sind heute noch immer die Haupteinnahmequelle. Durch die weitere stürmische Entwicklung des Internets ergeben sich in Zukunft jedoch neue Umsatzquellen, die von mehreren Teilnehmern in der Wertschöpfungskette angeboten und genutzt werden können, z. B. von Mobilfunkportalen, Content Providern und Servicebüros.

In einer von Nortel Networks in Auftrag gegebenen Studie der Yankee Group zum Thema Wireless Internet wird in den nächsten fünf Jahren in den USA eine erhebliche Nachfrage nach drahtlosen Internet-Diensten prognostiziert (Bild 2). Im Detail rechnet die Studie allein in den USA bis Ende 2004 mit einem Marktvolumen von 6,6 Mrd. Dollar für Wireless Internet-Dienste. Mit dem anhaltenden Internet-Boom geht auch der Aufschwung des Wireless Internet einher: In den USA wird mit einem Anstieg der Teilnehmerzahlen von derzeit 3 Mio. auf über 50 Mio. gerechnet, weltweit gehen die Prognosen bis 2004 von mehr als 300 Mio. Nutzern aus. Medienunternehmen und Mobilfunk-Diensteanbieter können auch mit neuen Umsatzchancen durch Mobile Commerce, Werbung und Content rechnen, die sich aus dem veränderten Verbraucherverhalten ergeben.

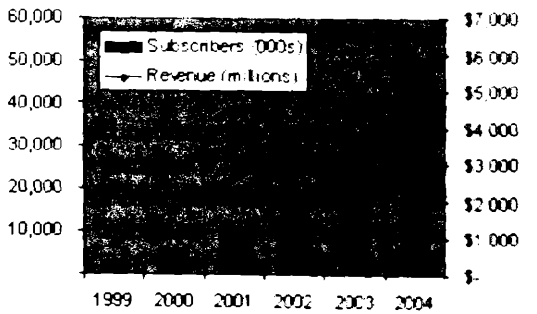


Bild 2: Entwicklung der Teilnehmer- und Umsatzzahlen im drahtlosen Internet (Prognose). Eine Studie der Yankee Group zum Wireless Internet sagt bis Ende 2004 in den USA ein Marktvolumen von 6,6 Mrd. Dollar für drahtlose Internet-Dienste und einen Anstieg der Teilnehmerzahlen von derzeit 3 Mio. auf über 50 Mio. voraus. (Quelle: Yankee Group, September 1999)

4 UMTS – das Netzwerk der Zukunft

Bis zum Jahr 2003 wird es in Europa 450 Mio. Mobilfunknutzer, davon mindestens 100 Mio. Wireless-Internet-User, geben. Das Mobilfunknetz der Zukunft wird nicht mehr auf dem heutigen GSM-Standard, sondern auf dem UMTS, dem Universal Mobile Telecommunications System, basieren, der die Übertragung breitbandiger, datenorientierter Multimediadienste im Wireless Internet unterstützt. Die Schätzungen für den europäischen Wireless-Infrastruktur-Markt belaufen sich auf über 70 Mrd. Dollar bis zum Jahr 2003 (Zahlen von Nortel Networks, Stand Mai 2000). Die großen Anbieter von Infrastrukturlösungen für Mobilfunknetze wie Nortel Networks haben dieses Potential erkannt und tätigen große Investitionen in die Entwicklung der sogenannten3G-Netze (Mobilfunknetz der dritten Generation).

Die Vergabe der UMTS-Lizenzen in Europa hat im Jahr 2000 begonnen. Bei der Lizenzvergabe scheint sich das Versteigerungsverfahren, in dem die Lizenzen an die meistbietenden Netzwerkbetreiber öffentlich versteigert werden, zu etablieren. Die Lizenzbedingungen verlangen oft einen raschen Aufbau der UMTS-Netze, verbunden mit Mindestversorgungsanforderungen. So begann z.B. die Versteigerung der Lizenzen in Deutschland am 31. Juli 2000. Die Lizenzbedingungen verlangen, daß bis zum 31.12.2003 eine Versorgung von mindestens 25% der Bevölkerung mit UMTS-Diensten gewährleistet wird. Bis Ende 2005 erhöht sich dieser Wert dann auf 50%. Der Herausforderung, die sich aus der Größe der Projekte und dem zeitlich nahezu parallelen Aufbau der UMTS-Netze ergibt, ist nur durch eine enge Kooperation der UMTS-Netzbetreiber mit den Anbietern von kompletten UMTS-Netzwerklösungen zu begegnen.

5 Die neue Wertschöpfungskette des Wireless Internet

Die neue Wertschöpfungskette des Wireless Internet (Bild 3) spiegelt die Entstehung neuer Wettbewerbskräfte und eines neuen wirtschaftlichen Umfelds wider. In der Vergangenheit besetzten die Mobilfunkbetreiber die gesamte Wertschöpfungkette, da ihnen das Netz gehörte und sie zugleich als Service Provider den einzig verfügbaren Dienst, die Telefonie, vermarkteten. Im Zuge der Internet-Revolution verlangen die Anwender heute aber zahlreichere und leistungsfähigere Dienste sowie neue Inhalte. Um diesen veränderten Erwartungen gerecht zu werden, muß man die Wertschöpfungskette im Mobilfunkbereich ausweiten und weiterentwickeln.

Mit dem Erfolg des Internets haben sich auch zahlreiche neue Dienste, Service Provider und Geschäftsmodelle entwickelt. Die neue Wertschöpfungskette für das Wireless Internet umfaßt auch neue Anbieter, die über das erforderliche Know-how verfügen, um drahtlose Internet-Dienste anzubieten. Dem Mobilfunkbetreiber gehört nicht mehr die gesamte „Value Chain". Statt dessen muß er sich heute mit anderen Content und Service Providern zusammentun, um den Teilnehmern einen maximalen Gegenwert für ihr Geld zu bieten.

Mit der richtigen Kombination aus Netzwerkelementen, Diensten, Anwendungen und Professional Services läßt sich für alle beteiligten Parteien eine erfolgreiche Wireless Internet-Lösung implementieren. Zwischen Mobilfunkbetreibern, Service Providern, Ausrüstern, Industrie, Servicebüros, Systemintegratoren, Anbietern von Endgeräten, Endverbrauchern und der Wissenschaft müssen Partnerschaften aufgebaut werden. Wenn jede Partei dabei ihr

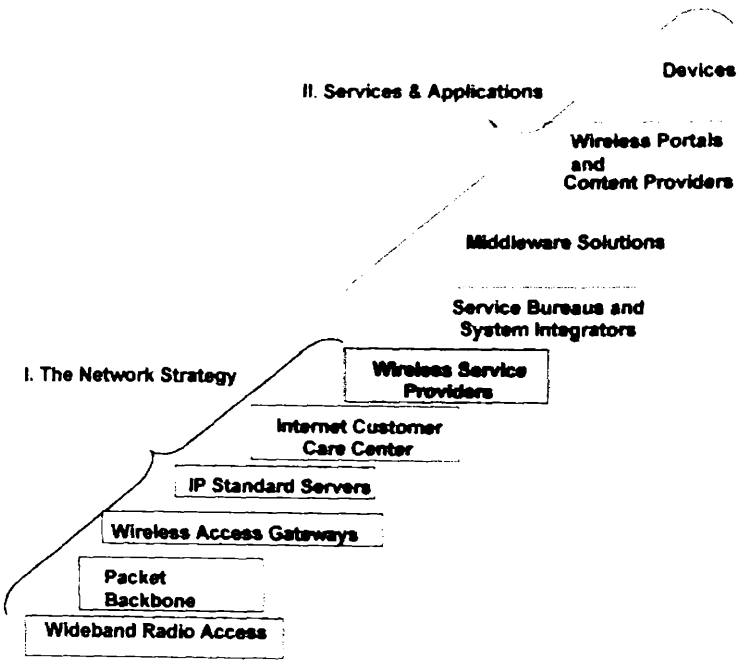


Bild 3: Die neue Wertschöpfungskette des drahtlosen Internets. Die Kombination dieser Schlüsselelemente sorgt für die erfolgreiche Umsetzung einer Wireless-Internet-Lösung. Jede Partei bringt dabei ihr Know-how ein, so daß neue Dienste und Anwendungen in Echtzeit und mit einem verringerten Risiko angeboten werden können.

Know-how im Sinne einer erfolgreichen Umsetzung des drahtlosen Internets einbringt, reduziert sich das Risiko, und es können innovative Anwendungen in Echtzeit bereitgestellt werden.

6 Die Bausteine zusammensetzen: Dienste und Anwendungen

Viele Elemente der neuen Wertschöpfungskette des drahtlosen Internets beziehen sich direkt auf Dienste und Anwendungen. Die Anbieter entwickeln heute die innovativen neuen Geräte und die neuen Content-Welten, die erforderlich sind, um die steigenden Ansprüche der Internet-Nutzer zu erfüllen. Nur mit einer Kombination aus Servicebüros, Middleware-Lösungen, Mobilfunkportalen, Geräten und Netzwerkkomponenten ist eine Migration zu dieser neuen Wertschöpfungskette des Wireless Internet möglich.

6.1 Endgeräte und Applikationen - Wie sehen die Endgeräte von morgen aus und was sind die „Killer Applications" der Zukunft?

Heute wird eine breite Palette von Geräten und Endgeräten produziert, mit denen die Dienste und Anwendungen des Wireless Internets unterstützt werrden. Die Anzahl dieser Geräte nimmt zwar ständig zu, aber der echte Renner hat sich bisher aus diesem Angebot nicht herauskristallisiert. Allerdings ist sicher, daß die Nachfrage nach einem drahtlosen E-Mail-Zugang groß sein wird - besonders bei den mobilen Profinutzern. Darüber hinaus wird Sprache eine dominierende Anwendung bleiben. Nach Meinung vieler Beobachter haben Aktienhandel und Reise- oder Navigationsdienste das Potential, so etwas wie „Killer Applications", also Anwendungen mit großen Umsatzbeiträgen zu werden.

Eine potentielle Killer-Anwendung wurde von Nortel Networks auf der „International Wireless Internet Conference" von Nortel Networks in Paris am 19. Juni 2000 vorgestellt. Die „IP Mobility"-Lösung integriert das Internet Protocol (IP) in drahtgebundene und drahtlose (mobile) Netze. Privat- und Geschäftskunden erhalten dadurch jederzeit und überall einen Zugang zum Internet. IP Mobility ermöglicht dem Anwender ein freies "Roaming" zwischen drahtgebunden und mobilfunkgestützten IP-Netzen und damit einen flexiblen Internetzugang unter Beibehaltung von anwenderspezifischen Inhalten. Von unterwegs kann somit auf das Internet zugegriffen, E-Mails, Dokumente, Grafiken und Videos können versendet und/oder empfangen werden. Selbst Telefongespräche und e-Business-Transaktionen sind gleichzeitig und „wireless" durchführbar, ohne die Verbindung zum Inter- oder Intranet zu verlieren.

Eine weitere vielversprechende Wireless Internet-Lösung ist die „e-mobility* Acceleration"-Software von Nortel Networks. Mit dieser Software können Service Provider künftig Wireless Internet-Dienste und andere Datendienste mit Übertragungsraten anbieten, die mit denen der heute üblichen Festnetzmodems vergleichbar sind bzw. diese sogar übertreffen. e-mobility* Acceleration wurde speziell für mobile Büroanwendungen entwickelt, wie z. B.: Zugang zum Unternehmens-Intranet, Versand und Empfang von E-Mails, „Download" von großen Dateien wie PowerPoint und „Surfen" im Internet mit bis zu 25mal höherer Geschwindigkeit als bei anderen kabellosen Datenlösungen, die heute zur Verfügung stehen. Die Kombination aus dateispezifischer Datenkompression und -optimierung dient dazu, die heutigen kabelgebundenen Büroanwendungen auch für kabellosen Einsatz nutzbar zu machen. Damit werden Internet-Zugänge und andere Datendienste in kabellosen 2G-Netzen - unabhängig von der Funkschnittstelle - mit effektiven Datenraten von mehr als 56 kbit/s möglich.

In welcher Form sich das Wireless Internet bei den Benutzern durchsetzen wird, hängt hauptsächlich davon ab, welche Dienste und Anwendungen nachgefragt werden. E-Mail, Smartphones und der Intranet-Zugang werden dabei sicher eine wichtige Rolle spielen. Es ist nicht zu erwarten, daß Mobiltelefone oder PalmPilots unsere Desktop- oder Notebook-PCs in absehbarer Zeit ersetzen werden. Geschäftsreisende werden unterwegs für Tabellenkalkulationen oder das Erstellen von Berichten wohl kaum WAP-fähige Geräte benutzen. Viel wahrscheinlicher ist, daß professionelle Mobilfunkanwender ihre Arbeits-PCs durch kleinere, handlichere Geräte mit eingeschränktem Funktionsumfang ergänzen, über die sich unterwegs schnell und einfach per Mobilfunk auf bestimmte wichtige Intranet- oder Internet-Daten zugreifen läßt. Zum Beispiel werden Benutzer ihre WAP-Mobiltelefone eher dazu benutzen, die Eingangs-Mailbox nach Nachrichten zu durchforsten, als die seitenlangen Nachrichten damit zu lesen und zu beantworten. Sie werden ferner die Tageskurse der fünf für sie interessantesten Börsenwerte abrufen, statt die genaue Analyse jeder Aktie abzufordern.

Die Yankee Group geht davon aus, daß 2004 66 % der Mobilfunknutzer ein Browser-fähiges Mobiltelefon besitzen werden [3]. Da WAP-Handys den Zugriff auf Informationen auch außerhalb der Reichweite von drahtgebundenen Netzwerk- und Einwahlverbindungen ermöglichen, dürften sie in Zukunft auch ein breites Angebot von neuen WAP-basierten Anwendungen stimulieren. Hierzu zählen beispielsweise E-Commerce-Geschäfte, Bankdienstleistungen, Wetter- und Verkehrsinformationen, Nachrichten und Informationsdienste, Karten- und Navigations-Services, Benachrichtigungen, Call Management und Unified Messaging.

Je nach ihren persönlichen oder beruflichen Bedürfnissen werden die Benutzer selbst entscheiden, welches Endgerät für sie das richtige ist. Will ein Anwender ein einziges Gerät für Sprach- und Datenübertragungen und ist er bereit, einen kleinen Bildschirm mit beschränkten grafischen Möglichkeiten zu akzeptieren, ist das Mobiltelefon möglicherweise die richtige Wahl. Benutzer, die dagegen eher einen mobilen Rechner mit einer ortsunabhängigen Netzanbindung für PC-Anwendungen benötigen, werden sich eher für einen Laptop-, Handheld- oder Palmtop-PC entscheiden. Die unterschiedlichen Geräte ergänzen sich gegenseitig, und beide Gerätetypen sind für eine erfolgreiche End-to-End-Lösung im Wireless Internet von Bedeutung.

Egal, welches Gerät schließlich dominieren wird: IDC erwartet, daß ab 2001 insgesamt mehr mobile Informationsgeräte als Desktop-PCs abgesetzt werden (Bild 4).

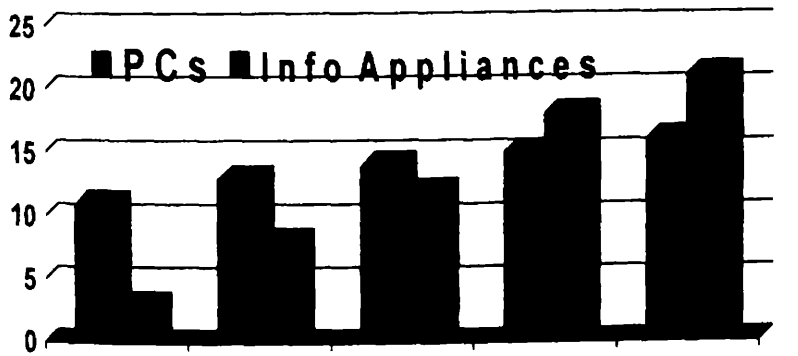


Bild 4: Verkaufszahlen in den USA (in Mio.). Nach Angaben der International Data Corporation (IDC) wird der Absatz von Informationsgeräten (z. B. Smartphones, eBooks oder Autoradios mit Text-to-Speech-Funktionalität) ab 2001 den von PCs überflügeln.

6.2 Servicebüros

Servicebüros entwickeln offene Plattformen, die sämtliche Arten von Daten so formatieren und konvertieren, daß sie als Kommunikationsdienste an jede Art von Endgerät übermittelt werden können. Mit Hilfe von Servicebüros können die Betreiber von Mobilfunknetzen ihren Kunden schnell und flexibel leistungsfähige und maßgeschneiderte Dienste ohne großes Risiko bereitstellen. Als Mehrwert bieten Servicebüros den Carriern beispielsweise flexible Billing-Services und die Möglichkeit, Contents und Dienste in mehreren Sprachen einzurichten.

Mit diesem Konzept können Netzbetreiber ihren Kunden einen Zugang zu einer Reihe von Diensten anbieten, die sich leicht an die speziellen Bedürfnisse der Kunden anpassen lassen: Internet, Messaging der nächsten Generation, E-Commerce und Informationsdienste. Diese Informationen sind auf den unterschiedlichsten Geräten verfügbar, und zwar wann und wo der Kunde dies wünscht: auf Handys, Pagern, PDAs, Notebooks und Faxgeräten.

Servicebüros stellen die Verbindung zwischen dem Teilnehmer, dem Content und den Services des Mobilfunkportals her, indem sie die Anwendungsprogramm-Schnittstelle (API) des Content Providers nehmen und sämtliche erforderlichen Anpassungen durchführen.

6.3 Portale

Die Yankee Group definiert ein Portal als Netzwerk-Site, an der eine Reihe unterschiedlicher Internet-Kommunikations-, Commerce- und Content-Dienste für eine große Anzahl von Besuchern zentral zusammengefaßt, präsentiert und angeboten werden. Populäre Portale wie Yahoo oder AOL unterscheiden sich von herkömmlichen Internet-Sites, weil sie speziell für eine große Besucherzahl (mehrere Millionen Besucher täglich) und eine intensive Nutzung (hohe Anzahl von Pageviews) ausgelegt wurden. Portale bieten eine Reihe von Diensten und Anwendungen an, die dafür sorgen sollen, daß die Besucher nicht einfach schnell zur nächsten Site weiterklicken, sondern länger auf der Site verweilen und auch häufiger wiederkommen.

Zu den Zusatzangeboten eines Portals gehören beispielsweise kostenlose Nachrichten, elektronische Gelbe Seiten, E-Mails, Chat Rooms, individuell angepaßter Content, Finanzdienstleistungen, Online-Shops, Community-Angebote und der Internet-Zugang.

Mobilfunkportale bauen auf den vorhandenen Stärken des Internets in den Bereichen Kommunikation und Handel auf, um auf intelligente Weise Inhalte für eine Reihe verschiedener mobiler Endgeräte anbieten zu können. Dabei kann das Portal die Inhalte selbst erzeugen oder von anderen Content Providern übernehmen. Das Angebot muß speziell für die Mobilfunkwelt aufbereitet werden. Zu den Diensten, die auf diese Weise angeboten werden können, gehören beispielsweise Unified Messaging und der mobile elektronische Handel („M-Commerce").

6.4 Content Provider

Im drahtgebundenen Internet existieren Portale und unterschiedlichste Content-Angebote, die langsam auch ihren Weg in die Welt des Mobilfunks finden. Im Wireless Internet können die Kunden von verschiedenen Geräten auf Inhalte zugreifen und sind dabei nicht mehr an ihren Schreibtisch gebunden. Die Content Provider werden in Zukunft eine rasch wachsende Kundenbasis versorgen, die die verschiedensten Geräte und Luftschnittstellen nutzt.

Content Provider wie Großhändler, Sender, Nachrichtenagenturen (z. B. CNN und Reuters) und Finanzinstitute werden bei der Bereitstellung von mobilen Inhalten über Mobilfunkportale eine zentrale Rolle spielen. Sie schaffen neue Nischen im Endgerätemarkt und positionieren sich mit Hilfe ihrer Markenbekanntheit für den Zeitpunkt, an dem drahtlose Internet-Geräte allgegen-

wärtig sein werden. Content Provider wollen Markeninformationen anbieten, auf die Kunden von jedem beliebigen Ort aus zugreifen können. Ihr Ziel ist es, eine möglichst hohe „Stickiness" (Verweildauer eines Besuchers auf und Häufigkeit seiner Rückkehr zu einer bestimmten Website) zu erzielen, d. h., die Mobilfunkportale sollen so ausgelegt werden, daß die Benutzer lange dort verweilen und häufig wiederkommen. In Zukunft wird man mit Hilfe spezieller Tools auch Portale schaffen, die Inhalte direkt auf den drahtlosen Internet-Geräten anbieten.

6.5 Middleware

Gemäß der Definition der „International Middleware Association" operieren Middleware-Produkte zwischen der Anwendungslogik und dem zugrundeliegenden physischen Netzwerk, um verteilte Rechnersysteme zu unterstützen. Middleware ist beispielsweise für die Aufrechterhaltung der Netzwerksicherheit, für das Zusammenspiel unterschiedlicher Netze, Betriebssysteme und Datenformate, für die Unterstützung von Transaktionen und für den Zugriff auf häufig inkompatible Datenquellen zuständig.

Middleware erleichtert die Übertragung von Content von Mobilfunkportalen durch Filterung (Verringerung der Auflösung, Palettenanpassung), Datenkompression und das Umfunktionieren von Inhalten (z. B. Protokollumwandlung von HTML zu DHTML). Middleware-Partner stellen eine wichtige Verbindung zwischen dem mobilen Endgerät, dem zugrundeliegenden Netzwerk und den Inhalten dar. Sie müssen daher in die Entwicklung und den Start neuer mobiler Internet-Dienste eng eingebunden werden.

6.6 Systemintegratoren

Für manche Mobilfunkbetreiber kann es von Vorteil sein, wenn sie bei der Entwicklung eines End-to-End-Angebots für das Wireless Internet mit einem Systemintegrator zusammenarbeiten oder die gesamte Entwicklung an einen Systemintegrator abgeben. Besonders für kleinere Betreiber mit weniger Erfahrung im Datensektor kann dies eine geeignete Lösung sein. Mobilfunkbetreiber können sich so in einem sehr wettbewerbsintensiven Markt, in dem Time-to-market, also die schnelle Marktpräsenz, entscheidend ist, von anderen Anbietern unterscheiden.

Systemintegratoren verfügen über solides Know-how in den Bereichen Back Office, Customer Care, Billing und anderen Elementen der Wertschöpfungs-

kette. Diese Spezialisten können somit ein wichtiger Bestandteil einer schlüsselfertigen Wireless Internet-Lösung sein.

7 Die Bausteine zusammensetzen: das Netzwerk des Wireless Internet

Die Betreiber von Mobilfunknetzen sind hervorragend positioniert, um als Service Provider für drahtlose Multimediadienste den Mobilfunkkunden in einem wachsenden Markt Sprach- und Datenkommunikationsdienste anbieten zu können. Um die Chancen und das Potential, die das Wireless Internet bietet, optimal nutzen zu können, müssen die Betreiber wissen, welche Elemente erforderlich sind, um diese neue Netzwerk- und Servicestrategie zu unterstützen.

Während Mobilfunk-Datendienste boomen, und der IP-Datenverkehr stetig zunimmt, werden sich die heutigen Mobilfunknetze in Zukunft zu einer neuen Architektur hinentwickeln - einer Architektur, die zuverlässig, skalierbar, verwaltbar und komplett IP-tauglich ist. In der neuen Welt der mobilen IP-Dienste wird ein paketbasiertes drahtloses Internet (Wireless Internet Packet-Based Network - WIPN) der Standard sein.

Die WIPN-Architektur besteht aus einem paketbasierten Kernnetz, das für eine IP-Anwendungsarchitektur optimiert ist. Das erfordert die Entwicklung hin zu einer einheitlichen paketbasierten Architektur für Sprach- und Datenverkehr mit verteilten Zugangs-, Transport-, Routing-/Switching- und Steuerungsfunktionen:

- Sprachverkehr wird im gesamten Netz in Paketform übertragen. Mit zunehmendem Netzwerkdatenverkehr nimmt dabei die Anzahl der physischen Netzwerkelemente und -verbindungen ab. Die Gesamtkosten für Netzwerkeinrichtungen sinken dadurch ebenfalls.

- Dienste wie Sprache, Daten, Mobilitätsmanagement und neue IP-Dienste werden zunehmend auf Serverplattformen angeboten. Das führt zu sinkenden Netzwerkgesamtkosten, und neue Dienste und Anwendungen werden schneller marktreif.

Das paketbasierte Netzwerk des Wireless Internet senkt die Kosten der Netzbetreiber für die Bereitstellung von Sprachdiensten und optimiert das Netz für die End-to-End-Übertragung von Daten. Sprache und Daten werden in einem einzigen Netzwerk zusammengefaßt, was wiederum niedrigere Kosten und mehr Leistung bedeutet. Die Entwicklung eines WIPN führt auch bei den Betriebskosten für Sprach- und neue IP-Anwendungen zu Einsparungen.

Für die Einrichtung eines paketbasierten Netzwerks für das Wireless Internet ist eine Wertschöpfungskette aus fünf zentralen Elementen erforderlich. Das sind: die Entwicklung von Breitband-Mobilfunktechnologien, ein paketbasierter Netzwerk-Backbone, drahtlose Access Gateways, eine Standard-Serverarchitektur auf der Grundlage des Internet-Protokolls und ein Internet Customer Care Center.

7.1 Die Entwicklung von Breitband-Mobilfunktechnologien

Entwicklung und Umsetzung von Breitband-Mobilfunktechnologien entlasten die Netzzugänge, die zur Zeit noch einen Flaschenhals bilden, und bereiten den Boden für vielfältige neue Wireless Internet-Angebote. Folgende Entwicklungen werden dabei eine Rolle spielen:

- In GSM-Netzen werden die Technologien GPRS (General Packet Radio Service) und später auch EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) Übertragungsraten ermöglichen, die zwischen 56 kbit/s (der heutigen Standardgeschwindigkeit für Modems in Festnetzen) und 384 kbit/s liegen.
- In CDMA-Netzen wird der Umstieg auf 1xRTT Datenraten von bis zu 144 kbit/s per Funk ermöglichen.
- Bei TDMA-Netzen macht der Einsatz von GPRS/EDGE-Endgeräten Übertragungen mit bis zu 384 kbit/s möglich und sorgt zudem noch für mehr Performance beim Endverbraucher.
- Und schließlich gibt es noch die Funkstandards der dritten Generation. Zu diesen 3G-Technologien gehören Global CDMA und UMTS, die mehr Sprachdichte bieten und in bestimmten Netzwerkumgebungen Übertragungsraten von bis zu 2 Mbit/s ermöglichen.

7.2 Paketbasierter Netzwerk-Backbone

Das Aufkommen paketbasierter Netze wird die Effizienz im Betrieb von Netzwerken erhöhen, Kosten senken und die Rentabilität der Netze steigern. Um diese Vorteile erzielen zu können, müssen Service Provider sich auf eine einheitliche Netzwerkarchitektur für Sprach- und Datenübertragung umstellen. Auch die End-to-End-Übertragung von Sprache in Paketform wird zu mehr Effizienz und steigender Rentabilität beitragen, weil auf diese Weise die Anzahl der Netzwerkelemente und -verbindungen zurückgeht. Dadurch werden

Netzwerkkapazitäten freigesetzt, die sich für die Umsetzung umsatzstarker neuer Datendienste nutzen lassen.

Spezielle Circuit Gateways sorgen dafür, daß die auf Leitungsvermittlung basierenden Netze von heute zu paketbasierten Netzwerken werden. Diese Gateways wandeln den TDM-Verkehr in das IP- und ATM-Format um und fungieren als Schnittstelle zwischen der leitungsvermittelten TDM-Welt und den paketvermittelten Netzen.

7.3 Drahtlose Access Gateways

Drahtlose Gateway-Knoten für den Netzzugang (Wireless Access Gateways - WAG) dienen als Schnittstelle zwischen den Basisstationen und dem neuen paketbasierten Backbone. Die WAGs werden ebenfalls durch mehr Effizienz im Betrieb und durch niedrigere Kosten zu einer verbesserten Rentabilität auf seiten des Service Providers beitragen.

Die WAGs bündeln Funktionen auf einer paketbasierten Plattform, die bisher vom Basisstations-Controller (BSC) oder vom IWF-/Paket-Gateway übernommen werden. Das bringt mehr Kapazität und einen höheren Datendurchsatz im drahtlosen Internet.

7.4 Das IP-Intranet

Durch eine offene Anwendungs- und Dienstearchitektur werden die Betreiber von Mobilfunknetzen in die Lage versetzt, die Entwicklung neuer und immer leistungsfähigerer Dienste und Steuerungsfunktionen auf IP-basierte Standard-Serverplattformen zu übertragen. Sprach-/HLR-/Mobility-Server werden die Aufgaben von herkömmlichen MSCs (Mobile Switching Centers/Mobilvermittlungsstellen) übernehmen und zur Senkung von Wartungs- und anderen Kosten beitragen. Neue IP-basierte Datendienste wie E-Mail, persönliche Kommunikationsportale, Application Hosting oder Intranetzugang lassen sich auf diese Weise problemlos in einem drahtlosen Netz anbieten, so daß sich hier neue Umsatzchancen und Möglichkeiten für neue Geschäftsmodelle eröffnen. Über das IP-Intranet lassen sich neue Dienste außerdem nahtlos für das Internet, für Portale und Servicebüros bereitstellen.

7.5 Internet Customer Care Center

Flexiblere Back-Office-Systeme im Stil des Internets werden ebenfalls zu mehr Effizienz im Wireless Internet beitragen. Durch die Konsolidierung von Service- und Managementfunktionen in Stadtnetzen (MANs) und Weitverkehrsnetzen (WANs) können die Netzbetreiber zusätzliche Einsparungen in den Bereichen Betrieb, Administration, Wartung und Provisioning realisieren. Das Back Office des drahtlosen Internets bietet ein leistungsstarkes Management für IP-Teilnehmerdienste, optimiertes Netzwerkmanagement, neue Möglichkeiten in puncto Billing, Serveradministration und Data Mining sowie einen erweiterten Customer Service für Sprach- und Datendienste. Integrierte Quality-of-Service-Funktionen ermöglichen ferner Service Level Agreements (SLA) für wichtige Kundensegmente und ein differenziertes Preisgefüge für Premium Services.

8 Zusammenfassung

Die Implementierung der neuen Wertschöpfungskette für das drahtlose Internet erfordert einen Paradigmenwechsel auf seiten der Mobilfunkbetreiber, der auch neue und neuartige Anbieter mit einbezieht. Wenn die Mobilfunkbetreiber ihren Umstieg auf die neuen Technologien planen, ist es entscheidend, daß sie sich dabei für die richtigen Partner entscheiden. Diese müssen kompetent genug sein, um die erfolgreiche Implementierung einer drahtlosen End-to-End-Internetlösung zu gewährleisten.

9 Schrifttum

[1] The Yankee Group, Next Generation Data: Now for the Rollout, Juli 1999, Ausgabe 3, Nr. 23
[2] The Strategies Group, U.S. Mobile Data Marketplace: Juni 1999
[3] Yankee Group Conference, Mobile Net: The Next Generation of Wireless, November 1999

UMTS:
Ein Standard für die globale Mobilkommunikation der Zukunft

Von Laszlo Szabo, Paris/Stuttgart

Dr. Laszlo Sabo, Jahrgang 1948,
ist Leiter des Kompetenz-Centers
für Mobilfunk von Alcatel
in Stuttgart und Paris

1 Einführung

Der Ausbau der Mobilfunknetze ist eine der größten Herausforderungen, der sich die Netzbetreiber in den kommenden Jahren stellen müssen. Die steigende Anzahl der Teilnehmer und der zunehmende Bedarf an mobiler Datenkommunikation erfordern immer mehr Bandbreite und höhere Übertragungsraten, als es die derzeitigen Mobilfunknetze bieten können. Deshalb müssen diese dem erhöhten Kapazitätsbedarf angepaßt werden. Hierfür stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung: Neben GPRS (General Packet Radio Service) und EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) wird vor allem das Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) eine neue Ära im Mobilfunk einläuten. Als ein mobiles System der dritten Generation (oder 3G) wird es weltweit dem Massenmarkt mobile Multimedia-Dienste zugänglich machen.

UMTS ist eines der von der International Telecommunications Union (ITU) ausgewählten Systeme für mobile Datenkommunikation mit hohen Übertragungsraten. Das Ziel der Initiative „International Mobile Telecommunications 2000" (IMT2000) ist es, daß sich alle Systeme in Richtung eines einheitlichen Netzes entwickeln, neue Dienste für bestehende und zukünftige Kunden anbieten sowie ein breites Spektrum an Dienstleistungen bereitstellen können.

2 Von GSM über GPRS und EDGE zu UMTS

Derzeit ermöglicht das GSM-Netz den Mobilfunkteilnehmern den Sprachverkehr oder die Übertragung kurzen Textmeldungen und verwaltet Übergaben

und Roaming. Dazu sind spezielle Einrichtungen notwendig, die in den Festnetzen nicht eingesetzt werden: Vermittlungsstellen für Mobilfunknetze, spezielle Datenbanken und Steuerungsfunktionen. Diese GSM-Einrichtungen umfassen im wesentlichen zwei Subsysteme, das Basisstation-Subsystem (Base Station Subsystem, BSS) und das Netzvermittlungs-Subsystem (Network Subsystem, NSS).

Das BSS besteht aus einer Basisstationssteuerung (Base Station Controler, BSC) und den einzelnen Basisstationen (Base Transceiver Station, BTS). Diese müssen im Versorgungsbereich flächendeckend positioniert sein, damit das Handy ständig Verbindung zum Netz hat. Die Mobilfunkvermittlungsstellen (Mobile Switching Center, MSC) und die Teilnehmerdatenbanken (Visitor Location Register, VLR; Home Location Register, HLR) bilden das NSS oder Kernnetz.

Basierend auf dieser Netzarchitektur, kann das Mobilfunknetz mit den nachfolgend beschriebenen 3G-Techniken zur Multimedia-Plattform ausgebaut werden: mit GPRS auf bis zu 160 kbit/s, mit EDGE auf bis zu 384 kbit/s und schließlich mit UMTS auf bis zu 2 Mbit/s.

GPRS: Dieses System arbeitet paketvermittelt, was für den mobilen Zugang attraktiv ist, weil nur dann Bandbreite in Anspruch genommen wird, wenn Daten übertragen werden. Dies ist eine für Funknetze neue Funktion, die die Integration neuer logischer Netzelemente wie SGSN (Serving GPRS Support Node) und GGSN (Gateway GPRS Support Node) in das GSM-Netz erforderlich macht. Diese beiden Einrichtungen ermöglichen den Übergang zu anderen Datennetzen, z. B. zum Internet. Als Schnittstelle zur Funkbasisstation erfaßt und registriert SGSN neue GPRS-Teilnehmer in seinem Sendebereich, empfängt und sendet Datenpakete von den Teilnehmern und an diese und verwaltet deren Standortdaten. GGSN sendet und empfängt Datenpakete von SGSN oder externen Datennetzen und aktualisiert das Standortverzeichnis mit Weginformationen über die aktuelle Route des Mobilfunkteilnehmers. Die Daten werden über das GPRS-Backbone zunächst zum Ziel-SGSN und dann zum Mobiltelefon weitergeleitet.

EDGE: EDGE bedient sich eines neuen Modulationsverfahrens (8-PSK) an der Luft- oder Funkschnittstelle, das die Bandbreite gegenüber GPRS bis zum Faktor 3 effizienter ausnutzt. Auf diese Weise ist ein paketvermittelter Datenverkehr bis zu 48 kbit/s auf jedem GSM-Funkkanal

möglich. Das Zusammenfassen aller acht Kanäle steigert die Bitrate bis auf 384 kbit s. Die Einführung einer anderen Modulationsart erfordert neue Sender und Empfänger (Plug and Play Receiver) an den Basisstationen (BTS). Eine weitere Herausforderung stellt die Abwicklung der durch EDGE erzeugten höheren Verkehrsströme zwischen der Basisstation und dem Base Station Controller über die Abis-Schnittstelle dar. Mit EDGE läßt sich das Funknetz auf zweierlei Weise neu gestalten. Entweder wird das Verfahren mit 2G-Subsystemen kombiniert - das führt zum Enhanced GPRS Mode (E-GPRS) - oder mit 3G-Subsystemen, was das EDGE Radio Access Network (ERAN) ergibt. In diesem Fall muß der BSC durch einen Radio Network Controller ersetzt werden, an den die Basisstationen über die Iub-Schnittstell angeschlossen werden. Die 3G-Standardisierung von ERAN erfolgt unter dem Namen UWC-136.

Während GPRS in Mobilfunknetzen zum Einsatz kommt, bleibt abzuwarten, ob und wie die Netzbetreiber EDGE einführen werden.

3 Was sind 3G-Technologien?

ITU-R (International Telecommunications Union Radio) definiert eine Technologie als 3G entsprechend den Anforderungen, die in der IMT2000 (International Mobile Communications bei 2 000 MHz mit 2 000 kbit/s im Jahr 2000) festgelegt sind. Ganz allgemein bedeutet das, daß 3G dem Massenmarkt Sprach- und breitbandige Multimedia-Dienste anbieten muß. Von mehr als zehn Systemvorschlägen hat die ITU-R folgende ausgewählt:

UMTS wird von dem 3GPP-Gremium standardisiert, in dem ETSI SMG, die japanischen ARIB- und TTC-Komitees, die koreanische TTA und das nordamerikanische T1P1-Komitee (mit T1A TR46) vertreten sind. Daneben beschäftigte sich die ETSI SMG sowohl mit der GSM-Phase 2+, zu der Leistungsmerkmale wie CAMEL, GPRS, SIMtoolkit und AMR gehören, als auch mit der Weiterentwicklung des GSM-Kernnetzes (GSM Map) für die Anforderungen der dritten Generation. Spezielles Augenmerk gilt hier dem Bemühen, durch die Weiterentwicklung von GSM eine Kompatibilität mit dem UMTS-Kernnetz zu erreichen.

CDMA2000, festgelegt durch das Gremium 3GPP2, ist eine Weiterentwicklung des cdmaOne-Standards mit zwei Funkmodi: einem auf der Basis der parallelen Verwendung dreier benachbarter cdmaOne-Carrier (Multi-carrier Approach),

der andere auf der Basis der Verwendung des dreifachen Spektrums für die Codespreizung (Direct Spread Approach).

UWC-136 basiert auf der Weiterentwicklung von GSM/GPRS zu EDGE und dem Einsatz von IP bis hin zur Funkstation (Node B). EDGE bietet gegenüber GPRS eine größere Bitrate pro Verbindung. Die Kombination der Technologien ermöglicht UWC-136 den Einsatz als Overlaynetz zu GSM-, cdmaOne- und D-AMPS-Netzen. Es stellt also eine einfache Lösung dar, um 2G-Mobilfunknetze auf breitbandige Paketdatendienste hochzurüsten, was vorrangig den D-AMPS-Netzbetreibern entgegenkommt.

Probleme der Harmonisierung

Ein wesentliches Ziel von IMT2000 war, einen einzigen weltweiten Mobilfunkstandard zu schaffen. IMT2000 sollte den Streit der Hauptakteure um den Mobilfunkstandard - GSM, D-AMPS, cdmaOne und PDC- beenden. Der Standard ist zwar im Vergleich zur zweiten Generation besser harmonisiert, jedoch bleiben immer noch zwei Technologien im Einsatz: CDMA (UMTS und cdma2000) und TDMA (UWC-136).

Zu erwähnen ist, daß auch keine vollständige Übereinkunft zwischen den CDMA-Vorschlägen erzielt wurde. Zwar gibt es durchaus eine gewisse Harmonisierung zwischen UMTS- und cdma2000-Funkparametern, jedoch ist die Signalverarbeitung unterschiedlich (Inherited MAP Form für UMTS und IS-41 für cdma2000).

Mit einer höheren Komplexität der Endgeräte, die für einen weltweiten Einsatz mehrere Standards beherrschen müssen, ist das Scheitern einer weitergehenden Harmonisierung zu bezahlen.

4 Besonderheiten von UMTS

UMTS basiert auf einer Infrastruktur, die sich im wesentlichen aus zwei Teilen zusammensetzt, die über eine serienmäßige Iub-Schnittstelle miteinander verbunden sind: dem UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN) und dem Kernnetz (Core Network). Das Funknetz UTRAN besteht aus den Basisstationen, die jetzt Knoten B genannt werden, und dem Radio Network Controller. Das Kernnetz entspricht dem GSM Network Subsystem.

Aufbauend auf dieser technischen Grundlage, verfügt UMTS über drei wesentliche Eigenschaften:

- eine neue *Funkzugangstechnik*, die Spitzenbitraten bietet, die deutlich über denen von GSM und anderen Systemen der zweiten Generation liegen;
- die *Konvergenz von Fest- und Mobilfunknetz*, öffentlichem und privatem Netz sowie eine entsprechende Konvergenz von Sprach- und Datenkommunikation, die die Unterscheidung zwischen diesen Netzarten und -diensten verringern und zum Markteintritt neuer Diensteanbieter führen;
- eine *flexible Dienstearchitektur*, mit der die Netzbetreiber die von den UMTS-Normen gebotenen Dienstekapazitäten nutzen können, um innovative Dienste für Endanwender aufzubauen; eine Schlüsselkomponente ist der virtuelle private Haushalt.

4.1 Der Funkzugang in UMTS

Die UMTS-Funkschnittstelle umfaßt in ihrer Definition die beiden Betriebsarten TDD (Time Division Duplexing) und FDD (Frequency Division Duplexing) (Bild 1).

UTRA FDD beruht auf einem Direct Sequence CDMA-Schema (DS-CDMA). Es ist für die Einbeziehung von Mechanismen, z. B. zeitmultiplexe Pilot Channels und asynchroner Betrieb, ausgelegt, die für die Erhöhung der Systemkapazität über die von bestehenden DS-CDMA-Systemen (z. B. IS-95) angebotene Systemkapazität hinaus sinnvoll sind. Die Funkparameter (Übertragungsleistung und Träger-Bitraten) in der Betriebsart FDD wurden festgelegt, um die flächendeckende Einrichtung von UTRA-Netzen zu erleichtern. Für FDD sind zwei Träger erforderlich: einer für den Uplink und einer für den Downlink.

UTRA TDD ist für den Einsatz in Gebieten mit hoher Verkehrsdichte ausgelegt und optimiert. Es stellt in solchen „Hot Spots" Dienste mit hohen Bitraten bereit. Im TDD-Modus werden zur Aufrechterhaltung der Orthogonalität zwischen Benutzern (d. h. der Möglichkeit, daß Kunden dieselbe Frequenzressource gemeinsam nutzen können, ohne sich gegenseitig zu stören) zwei Mechanismen eingesetzt. Diese beruhen auf Zeit- und Code-Multiplexing. Damit ist die Realisierung von Multiuser-Detektoren möglich, was die Betriebsart TDD robuster gegen Störungen durch andere Benutzer macht.

Bestimmte Funkparameter, z. B. die Trägerbandbreite (5 MHz), die Chiprate (3,84 Mchip/s) und die Quadrature Phase Shift Keying-Modulation (QPSK), sind den Betriebsarten TDD und FDD gemeinsam. Jedoch sind im TDD-Modus Trägerraten von 2,048 Mbit/s möglich, während die höchste Trägerrate für FDD bei 384 kbit/s liegen wird.

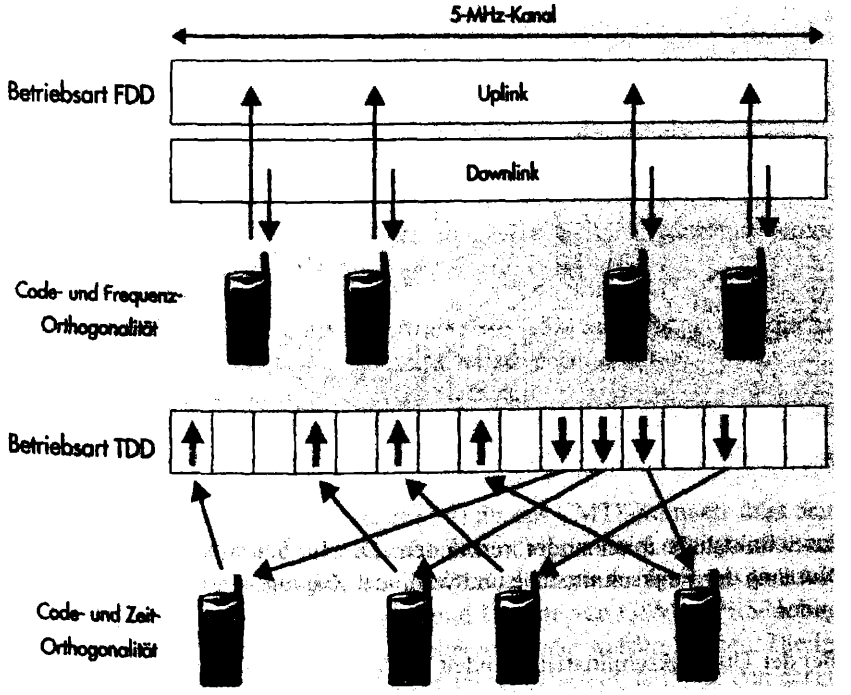


Bild 1: Betriebsarten FDD und TDD

Die Merkmale der UMTS-Funkschnittstelle lassen diese geradezu als ideal zur Erfüllung der Anforderungen von Netzbetreibern und Endkunden erscheinen. Die beiden Modi ermöglichen einen Einsatz sowohl in paarigen als auch im unpaarigen Spektren (wie IMT2000-Kernband) und unter verschiedenen Umgebungsbedingungen, indem auf die jeweils am besten geeignete Betriebsart geschaltet wird. In einem paarigen Spektrum läßt sich in jedem Teil des Spektrums parallel eine Sperre zuordnen.

Bild 2 zeigt die Architektur des UTRAN. Sämtliche erdgebundenen Schnittstellen beruhen derzeit auf ATM.

Das UMTS-Terminal kommuniziert über die Funkschnittstelle (Uu) mit dem UTRA-Zugangsnetz. Das Zugangsnetz besteht aus den bereits erwähnten Basisstationen (Knoten B), die über die Iub-Schnittstelle mit einem Radio Network Controller (RNC)verbunden sind. Ein RNC steuert üblicherweise mehr als einen dieser Knoten. Sämtliche RNC in einem Zugangsnetz sind über die

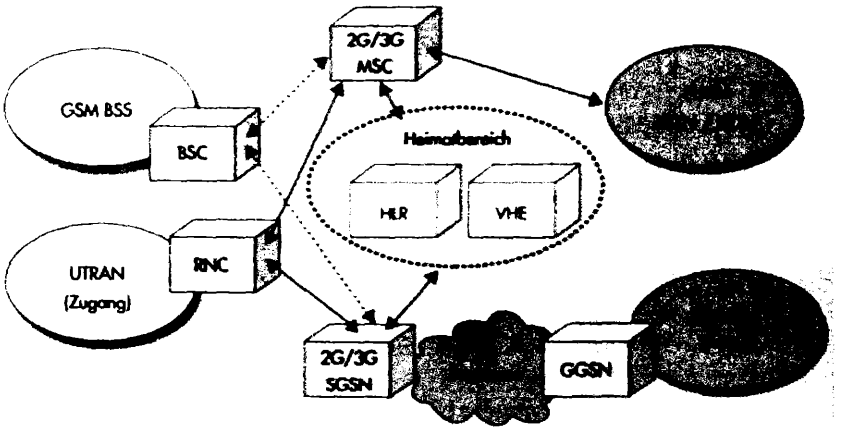


Bild 2: UTRAN-Architektur

Iur-Schnittstelle miteinander verbunden. Die Iur-Schnittstelle optimiert die Nutzung der Funkschnittstelle und verbindet Zugangs- und Kernnetze miteinander.

Bei der Uu-Funkschnittstelle handelt es sich um eine offene Schnittstelle. Es werden Anstrengungen unternommen, vollständig offene Schnittstellen zwischen sämtlichen Netzelementen festzulegen. Eine offene Iu-Schnittstelle, wie die GSM-A-Schnittstelle, würde zu mehr Wettbewerb im Infrastrukturmarkt führen. Da das System jedoch für den Einsatz in Europa, Asien (einschließlich Japan) und den USA ausgelegt ist, wo die Kernnetze unterschiedlichen Entwicklungspfaden folgen, ist hier eher mit einem Satz standardisierter Schnittstellen denn mit einer einzigen Schnittstelle zu rechnen. Diese Diversifizierung muß unter Umständen noch weiter ausgedehnt werden, weil sich die Kernnetze für leitungsvermittelte Dienste möglicherweise gänzlich von denen für paketvermittelte Dienste (z. B. Multimedia- und IP-bezogene Dienste) unterscheiden.

Eine offene Iub-Schnittstelle gibt den Betreibern von UMTS-Netzen die Möglichkeit, Knoten-B- und RNC-Geräte verschiedener Hersteller „zu mischen und anzupassen". Wegen des proprietären Betriebs- und Wartungskonzepts der Systeme sind diese Möglichkeiten in der Realität nicht vorhanden.

4.2 Die Architektur des UMTS-Kernnetzes

Während die Einführung der CDMA- und ATM-Technologie klar zwischen GSM- und UMTS-Funkzugang differenziert, ist die Architektur des Kernnetzes als Weiterentwicklung des aus dem GSM-Netz bekannten Subsystems ausgelegt, was ein problemloses Zusammenspiel beider Netze ermöglicht.

Die Architektur des UMTS-Kernnetzes und seine Weiterentwicklung werden durch zwei Prinzipien geleitet:

- durch die Forderung, die Investitionen in GSM zu schützen und die Architektur des Subsystems des GSM-Netzes beizubehalten;
- durch die intensive Nutzung der Paketvermittlungstechnologie, insbesondere von IP, um von dessen geringeren Betriebskosten zu profitieren.

Die erste 3GPP-Spezifikation (Ausgabe 99) für das UMTS-Kernnetz folgt dem GSM-/GPRS-Hybridmodell, das sowohl Technologien der Leitungs- als auch der Paketvermittlung verwendet (Bild 3). Dies ist die am wenigsten risikobehaftete Lösung, da sämtliche Erfahrungen und Dienste von GSM-/GPRS-Netzen für die neue UMTS-Funkschnittstelle weiterverwendet werden können. Die Iu-Schnittstelle wird dann in zwei logische Bereiche eingeteilt: Iu-PS für den paketvermittelten Verkehr und Iu-Cs für den leitungsvermittelten Verkehr. Diese Option wird voraussichtlich als erste standardisiert und umgesetzt.

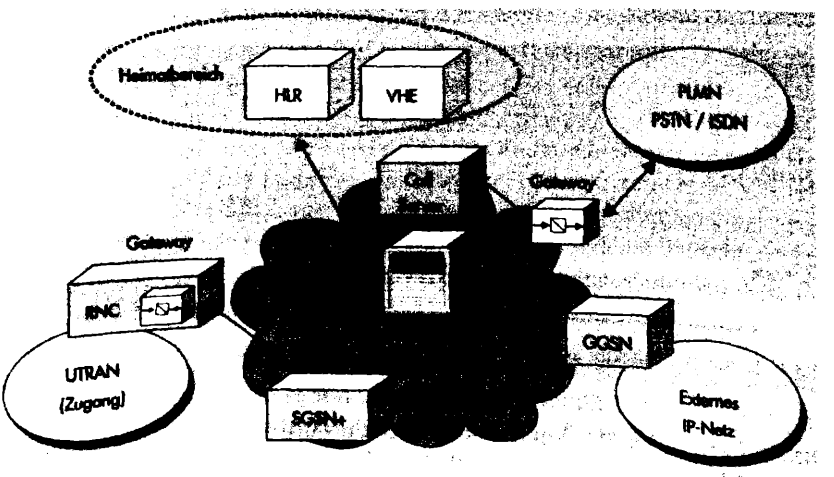


Bild 3: Architektur des Kernnetzes für die „Zwei-Bereichs"-Lösung

Parallel zu diesem Hybridansatz sind Netzbetreiber und Hersteller mit der Festlegung der Spezifikationen für die Ausgabe 2000 beschäftigt, die sich auf eine weiterentwickelte Architektur auf der Basis eines einzigen IP-Netzes für den gesamten Verkehr beziehen. Diese neue Auslegung geht davon aus, daß die derzeitigen Probleme von IP, insbesondere im Zusammenhang mit der Dienstqualität, gelöst werden.

Es gibt mehrere Gründe für diesen Ansatz: Im Laufe der kommenden Jahre wird das Kernnetz angesichts des erwarteten Wachstums des Datenverkehrs für dessen Abwicklung optimiert. IP ist hier die beste Lösung, da ein großer Teil des Datenverkehrs durch Internet-Dienste erzeugt wird. Sobald es möglich ist, Sprache mit guter Qualität über das IP zu lenken (VoIP), wäre zur Unterstützung sämtlicher Anwendungsarten nur noch ein Netz erforderlich. Würden auch Mobilfunknetze auf IP beruhen, könnten Mobilfunk- und Festnetze dieselben Netzressourcen nutzen.

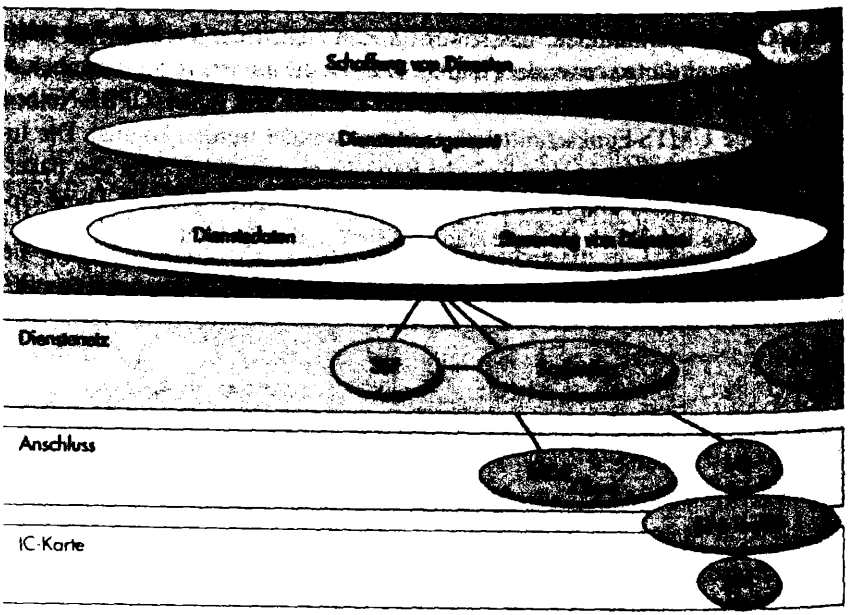


Bild 4: Kernnetzarchitektur unter Verwendung der „One-Plan"-Lösung

Die Architektur für die „Ein-Bereichs"-Option wurde vor dem Hintergrund der angestrebten Abwanderung aus GPS und der Vereinheitlichung mit Festnetzdiensten sowohl aus GPRS- als auch von VoIP-/Multimedia-Netzen abgeleitet.

Bild 4 faßt den von Alcatel an das 3GPP unterbreiteten Vorschlag einer vollständigen IP-Option zusammen.

4.3 Architektur der UMTS-Dienste

Sämtliche Systeme der dritten Generation sind für einen intensiven Datentransport ausgelegt, um so dem Endkunden ein breites Dienstespektrum bieten zu können. Um den Erfolg dieser Dienste und damit den der Mobilfunksysteme der dritten Generation zu garantieren, setzt sich Alcatel für die folgende Strategie ein:

- Erreicht werden soll ein ausgewogenes Verhältnis zwischen einer „standardisierten" Welt, die eine Interaktion der Systeme erlaubt, und der Flexibilität, die zur Stimulation von Innovationen und Kreativität im Dienstbereich erforderlich ist.

- Schaffung einer neuen Dienstearchitektur, die einen Zugriff auf sämtliche Kern- und Funknetzkomponenten zuläßt. Diese muß die Unterschiede zwischen den Transportinfrastrukturen (funk- oder leitergebunden) aufheben, um, unabhängig vom Aufenthaltsort des Kunden, dieselben Dienste zu ermöglichen. Dies ist besonders wichtig im Hinblick auf die Interaktion zwischen 2G und 3G. Die Architektur muß unabhängig von der verwendeten Funktechnologie sein, jedoch deren Leistungsfähigkeit und die Handgeräte berücksichtigen.

Die UMTS-Standards werden die „klassischen Telekommunikationsdienste" (z. B. Sprache, Notrufe, Short Message Service, Fax und Internet-Zugang) unter anderem durch einen Managementprozeß, genannt VHE (Virtual Home Environment), ergänzen. Mit VHE findet der Endkunde immer dieselbe Umgebung (Dienste, „Look and Feel" usw.) vor, sei er nun in seinem PLMN (Public Land Mobile Network) zu Hause oder unterwegs im Bereich eines anderen PLMN, unabhängig von dem von ihm verwendeten Anschluß. Die Dienste werden grundsätzlich durch VHE-Server im angestammten Netz des Endkunden bereitgestellt.

Wie die UMTS-Dienste konkret aussehen werden, hängt von vielen Randbedingungen ab, beispielsweise von Gestaltung und Handhabung der Endgeräte, Tarifstruktur, Verfügbarkeit des Netzes oder Qualität der Dienste. Um dennoch eine Vorstellung davon zu bekommen, hat Alcatel ein Klassifizierungssystem für Mobilfunkdienste entwickelt, auf dessen Basis die Entwicklung bei

den Diensten, bei den Endgeräten sowie an der Schnittstelle Mensch/Gerät vorangetrieben wird. Es umfaßt folgende Punkte:

- *Gesprächsunterstützung*: Dazu gehören die Bereitstellung von Mobilität im Netz (bezogen auf den Teilnehmer, das Endgerät und die Dienste), die Sicherheit, die Gebührenerfassung sowie Zusatzdienste, die beispielsweise das Intelligente Netz (IN) erzeugt. Diese Dienste funktionieren nur im Verbund, davon sind viele für die Teilnehmer unsichtbar.

- *Persönliche Kommunikationsdienste* sind Telekommunikationsdienste für die Verständigung von Mensch zu Mensch, also Sprach- und Videodienste. Neben dem normalen Telefongespräch zählen hierzu auch die Kommunikation über Bildtelefon, Videokonferenzen, Telefonkonferenzen, Anrufbeantworter und vieles mehr. Die wichtigsten Geräte auf der Teilnehmerseite sind persönliche Mobiltelefone, die Sprache und Bilder übertragen.

- *Computer-Kommunikationsdienste* eröffnen den Zugang zu Diensten wie Aus- und Weiterbildung, interaktiven Spielen, Internet, Intranet, teamorientierten Anwendungen, Anwendungs-Sharing, E-Commerce, Online-Shopping, Online-Banking. Das wichtigste Gerät auf Teilnehmerseite ist ein Laptop-PC. Der Netzzugang erfolgt über eine eingebaute Mobilkommunikationskarte (PCMCIA-Karte) oder über eine verdrahtete Schnittstelle zu einem mobilen „Sprach"-Gerät.

- *Informationsabfragedienste* wählt der Teilnehmer nach seinem Bedarf aus („on demand"). Abrufbar sind Zeitungen, Zeitschriften, Wettervorhersagen, Börseninformationen, Fahrpläne, Einträge in Verzeichnisse/Nachschlagewerke oder Videospiele und Music-Clips.

- *Automatische Dienste* wird UMTS in einer breiten Palette ermöglichen. Hierzu gehören zum Beispiel Televerkehrsdienste, Ferndiagnose- und Überwachungsdienste. UMTS-Terminals werden deshalb eine selbstverständliche Komponente in Autos, Überwachungskameras oder sonstigen Einrichtungen sein.

- *Anwendungsbezogene Dienste*: UMTS ermöglicht es dem Teilnehmer, sein Diensteprofil direkt zu ändern. Außerdem muß jeder die Möglichkeit haben, Anwendungen zu entwickeln, die auf UMTS laufen können. Diese Anwendungen sind gedacht für eine geschlossene Teilnehmergruppe. Es kann sich etwa um firmeninterne Anwendungen handeln, zu

denen die Mitarbeiter standortunabhängig Zugang haben, oder sie werden von einem Diensteanbieter öffentlich zugänglich gemacht.

Um ein breites Spektrum an Diensten der dritten Generation zu realisieren und um die zügige Entwicklung und Einrichtung neuer und innovativer Dienste zu gewährleisten, hat Alcatel eine neue Dienstearchitektur erstellt. Diese beruht auf Technologien wie dem Intelligent Network (CAMEL - Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic), Smart Cards und Smart Phones, SIM-Werkzeugen, drahtlosen Anwendungsprotokollen, Mobile Agents, Java usw. zusammen mit speziellen Steuerungs- und Signalverarbeitungs-Servern in den Terminals und dem Kernnetz. Weiterentwickelte Varianten dieser Technologien werden miteinander kombiniert, um eine gemeinsame Plattform für ein neues Diensteangebot zu erstellen, die auf dem vorhandenen Expertenwissen von Alcatel sowie auf der für die Schaffung intelligenter Netzdienste entwickelten Plattform beruht.

Diese UMTS Service Creation-Plattform (Bild 5) bietet eine gemeinsame Umgebung für das Erstellen von Applikationen und für das Bereitstellen neuer Dienste, die von der Mischung verschiedener Komponententechniken profitiert. Sie bietet eine übergreifende Steuerung der Dienste sowie eine benutzerfreundliche Schnittstelle, die dem Netzbetreiber die Entwicklung neuer und innovativer Dienstekonzepte, die Simulation ihrer Funktion mit entsprechenden Werkzeugen, den Test auf dem Zielnetz sowie die Einrichtung über das gesamte UMTS- (und GSM-)Netz ermöglicht.

5 UMTS für neue und bestehende Netzbetreiber

Unmittelbar nach der Vergabe der UMTS-Lizenzen haben die Netzbetreiber mit dem Aufbau ihrer neuen Mobilfunknetze begonnen. Abhängig davon, ob sie bereits über eine GSM-Mobilfunkinfrastruktur verfügen, ergeben sich unterschiedliche Vorgehensweisen, um schnell Endkunden mit multimedialen Diensten zu versorgen.

Wie bei allen 3G-Technologien, sind bei der Einführung von UMTS folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Da die Einrichtung eines Mobilfunknetzes aufwendig ist und sich die Paketdatendienste erst noch durchsetzen müssen, werden die 3G-Netze in den meisten Ländern über längere Zeit nur Industrie- und Ballungsgebiete abdecken. Auf der anderen Seite sind Mobilfunkkunden an eine landesweite Abdeckung gewöhnt und werden diesen Komfort nicht im

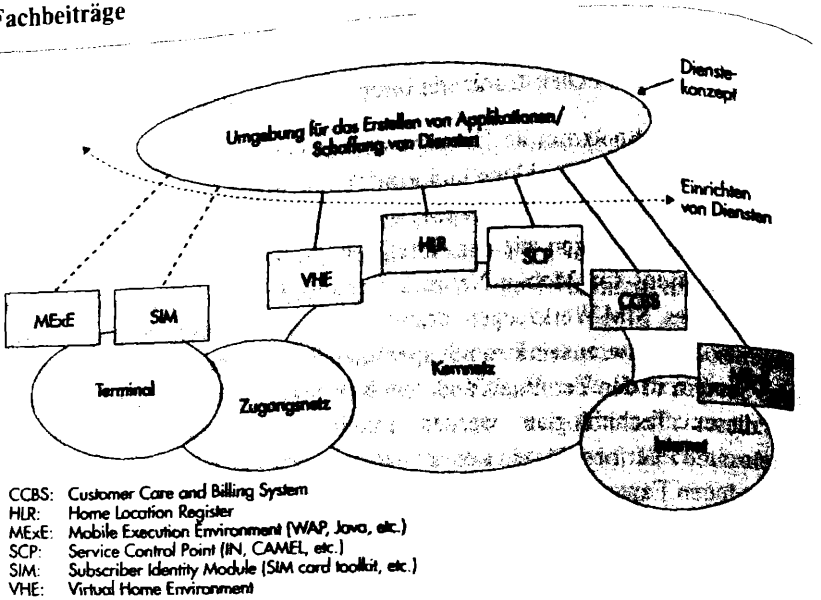


Bild 5: Der Ansatz von Alcatel für die Schaffung neuer UMTS-Dienste

Tausch gegen Geräte der dritten Generation mit einer reduzierten Mobilität aufgeben, selbst wenn diese Multimedia-Dienste angeboten werden. Die einzige Lösung für dieses Problem der Netzabdeckung besteht in der Interoperabilität zwischen Netzen der zweiten und dritten Generation.

- Echte 3G-Dienste, die die gesamte Leistung der neuen Funkschnittstelle ausschöpfen, werden nur im Bereich der 3G-Abdeckung zur Verfügung stehen. In den anderen Gebieten sind bis auf weiteres lediglich Dienste möglich, die die Technologie der zweiten Generation bietet.

Für einen neuen Netzbetreiber ist die Entscheidung klar: Er wird von vornherein sein Gesamtnetz ausschließlich mit UMTS-Komponenten aufbauen. Dual-Mode/Dual-Band-Betrieb von GSM und UMTS sowie Roaming-Abkommen mit GSM- und/oder UMTS-Netzbetreibern gewährleisten optimale Funkabdekkung.

Bei Unternehmen, die bereits ein GSM-Netz betreiben, erfordert die Einführung von UMTS vorrangig den Aufbau einer neuen Funkinfrastruktur. Das Kernnetz kann eventuell durch die Evolution des GSM-Netzes entstehen. Aus Kostengründen werden voraussichtlich in den meisten Ländern zunächst große Städte mit viel Industrie und Verwaltungen mit UMTS abgedeckt. Um in den restlichen Gebieten ebenfalls vergleichbare Dienste anbieten zu können,

kann ein vorhandenes GSM-Netz mit EDGE-Einrichtungen hochgerüstet werden. Dieses Szenario, bei dem EDGE und UMTS zusammenwirken, ist das wahrscheinlichste für GSM-Netzbetreiber, die beide Lizenzenbesitzen und ein entsprechendes Netz aufbauen. Für die Realisierung gibt es unterschiedliche Wege:

- *Zunächst EDGE, danach UMTS*
  In dichtbesiedelten Gebieten wird das vorhandene GSM-Netz mit EDGE-Einrichtungen zur Marktentwicklung hochgerüstet, später erfolgt der Aufbau eines UMTS-Netzes zur Kapazitätserhöhung und zur Bereitstellung von Multimedia-Diensten mit Bitraten über 384 kbit/s. Diese Vorgehensweise spart in der Anfangsphase Investitionen.

- *Neues UMTS-Netz für Multimedia-Dienste*
  Eine schnelle landesweite beziehungsweise regionale Bereitstellung der Dienste ist mitentscheidend für den Marktanteil eines Netzbetreibers. Durch nationales Roaming mit einem etablierten GSM-Netz läßt sich dieses Ziel kurzfristiger und kostensparender in der Anfangsphase erreichen. Allerdings ergeben sich in den Gebieten, die nur durch das GSM-Netz abgedeckt sind, Einbußen in der Verfügbarkeit und Qualität der Dienste. Dafür können aber in räumlich begrenzten Gebieten schon frühzeitig echte Multimedia-Dienste angeboten werden. Netzbetreiber, die diese Vorgehensweise wählen, könnten die Triebfeder für die zügige Ausbreitung von UMTS werden.

- *EDGE für Multimedia-Dienste*
  Das bestehende GSM-Netz wird in den meisten Gebieten durch die Einführung von EDGE-Einrichtungen ausgebaut. In den restlichen, verkehrsreicheren Netzbereichen erfolgt ebenfalls der Einsatz von EDGE, aber unter Verwendung der für die dritte Mobilfunkgeneration reservierten Frequenzbänder. Dieses Szenario setzt natürlich voraus, daß der GSM-Betreiber auch eine UMTS-Lizenz besitzt und UWC-136 als 3G-Standard benutzt. Durch die einheitliche Verwendung von EDGE ergeben sich Vereinfachungen an der Luftschnittstelle, dafür kann aber der Netzbetreiber keine Highend-Multimedia-Dienste anbieten, die hohe Bitraten wie beispielsweise 2 Mbit/s in Innenräumen erfordern.

  Die Einführung von Paketdatendiensten geschieht bei GSM über den Zwischenschritt GPRS. Hierdurch bietet sich für den Netzbetreiber, den Diensteanbieter und für den Endkunden die Möglichkeit, Erfahrungen mit Paketdatendiensten zu sammeln. GPRS öffnet also den Markt für die Einführung von Multimedia-Diensten der dritten Mobilfunkgeneration.

6 Terminals für UMTS

Obwohl UMTS von den technischen Standards her weitgehend spezifiziert ist, gibt es in bezug auf die Terminals der dritten Generation bisher kaum konkrete Aussagen der Hersteller. Die 3G-Netze werden in den meisten Ländern über längere Zeit als Insellösung nur Industriegebiete und Großstadträume abdecken. Damit ein reibungsloser Übergang von der Insellösung zur Flächenabdeckung gewährleistet ist, empfiehlt sich eine enge Verflechtung von UMTS- und GSM-Netzen. Mit Endgeräten im Dual-Mode- bzw. Dual-Band-Betrieb sowie durch Roaming muß dann der reibungslose Übergang zwischen den GSM- und UMTS-Netzen gleicher und unterschiedlicher Netzbetreiber gewährleistet werden. 3G-Terminals müssen also mehrere Technologien gleichzeitig unterstützen (z. B. GSM-/UMTS-Handys müssen sowohl TDMA als auch CDMA beherrschen).

Die Klärung der Frage, wie UMTS-Terminals aussehen und über welche Leistungsmerkmale sie verfügen könnten, ist Aufgabe von Markt- und Trendforschern, Produktentwicklern und Designern. Alcatel hat dazu auf Messen bereits einige Studien vorgestellt - allerdings nur, um Richtungen zu zeigen, keinesfalls jedoch, um konkrete Modelle zu präsentieren. Das Teenager Multimedia Concept (Bild 6) beispielsweise ist ein Mehrdienste-Handy für Jugendliche. Über ein berührungssensitives Display lassen sich durch Tastendruck Musikstücke aus dem Internet herunterladen, E-Mails verschicken und läßt sich im Internet surfen. Über eine Bluetooth-Verbindung werden eine winzige Videokamera und separate Kopfhörer an das Gerät angeschlossen, wodurch der Bildaustausch über das Telefon so selbstverständlich wie ein normales Gespräch wird.

Das E-Payment Concept (Bild 7) ist ein Zusatzteil für ein Mobilfunktelefon, das über eine drahtlose Bluetooth-Verbindung funktioniert. Zielgruppe hierfür sind Personen ohne festen Arbeitsplatz, z. B. Außendienstmitarbeiter, die ihren Arbeitsalltag mit der Aktentasche im Auto, im Flughafen oder im Hotel verbringen. Das Gerät sieht aus wie eine Brieftasche und enthält wie diese Fächer für Kredit- und Scheckkarten. Zusätzlich verfügt es über ein Display, einen Tastenblock und ein SmartCard-Lesegerät, womit sämtliche E-Commerce-Aktionen per Katalog, Telefon oder Internet über ein Web-Portal oder einen Sprachserver sicher bezahlt werden.

Solche und ähnliche Produkte werden in der UMTS-Welt die mobile Kommunikation prägen. Allerdings wird UMTS auch weit weniger spektakuläre Möglichkeiten bieten. Die Übertragungsraten von 2 Mbit/s gelten zunächst für

Bild 6: Alcatel-Studie Teenager Multimedia Concept

städtische Gebiete und hier im quasi-stationären Betrieb. Besitzer von Notebooks mit integrierten UMTS-Karten dürften sich darüber freuen, wenn sie an ihrem temporären Arbeitsplatz auch große Dateien schnell per Mobilfunk empfangen und versenden können. Verfolgt man dieses Konzept weiter, könnte es die Datenkommunikation ganzer Bürogebäude abwickeln.

Gerade die Entwicklungen bei den Endgeräten werden mit ausschlaggebend für die Nachfrage der UMTS-Dienste sein.

7 Schlußbemerkungen

Im Laufe der vergangenen zwei Jahre hat das UMTS-Konzept eine gewaltige Weiterentwicklung erfahren. Zugrunde liegen das ETSI-Übereinkommen über eine Dual Mode-Schnittstelle (einschließlich FDD und TDD), die Integration in die Standards für die dritte Generation sowie die Entschlossenheit vieler Normungsorganisationen zur engeren Zusammenarbeit im 3GPP mit dem Ziel der Festlegung eines gemeinsamen UMTS-Systems.

Netzbetreiber und Komponentenhersteller müssen sich nun über die Festlegung eines künftigen einheitlichen Kernnetzes mit IP-Technik auf der Basis

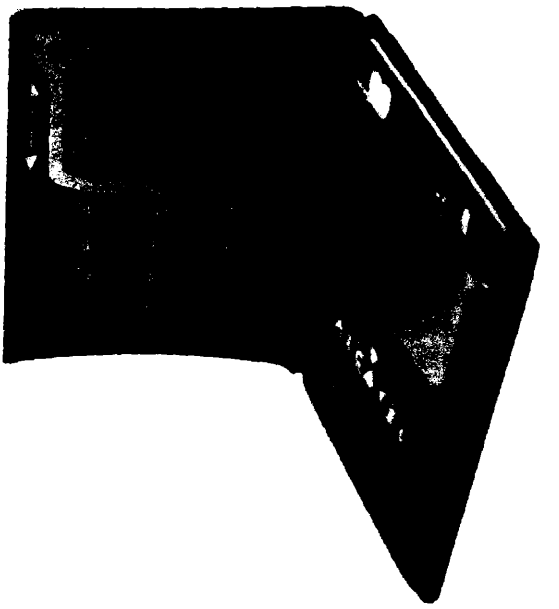


Bild 7: Alcatel-Studie E-Payment Concept

der für die Spezifikationen der Ausgabe 2000 geplanten UMTS-Architektur als Alternative zum klassischen „Zwei-Bereich"-Ansatz einigen.

Die erwarteten Resultate sind stabile Spezifikationen für eine Funkschnittstelle, welche die Vorzüge der CDMA-Technologie voll ausschöpft, sowie für ein Kernnetz, das den problemlosen Übergang zu einer gemischten Leitungs-/Datenlösung oder einer vollständigen IP-Lösung erleichtert. Grundlage sind die Erfahrungen mit GSM, das derzeit von mehr als 50 Prozent der Mobilfunkkunden weltweit genutzt wird. In der gegenwärtigen Festlegung hat UMTS sämtliche erforderlichen Merkmale, um einmal international so erfolgreich zu sein, wie es GSM heute ist.

8 Verwendete Abkürzungen

3GPP	Third Generation Partnership Project
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
ANSI	American National Standards Institute
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
BSC	Base Station Controller
CAMEL	Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic
CDMA	Code Division Multiple Access

D-AMPS	Digital Advanced Mobile Phone System
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ERAN	EDGE Radio Access Network
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplexing
GGSN	Gateway GPRS Service Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
MAP	Mobile Application Part
NSS	Network Subsystem
PLMN	Public Land Mobile Network
RNC	Radio Network Controller
SGSN	Serving GPRS Support Node
TDD	Time Division Duplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VHE	Virtual Home Environment
VoIP	Voice over IP
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access

9 Schrifttum

[1] Breyer, Stephane et al.: Eine globale Ansicht des UMTS-Systems. Telekom Rundschau, 3/1999, Stuttgart

[2] Channing, I.: Das Internet in der Tasche. NewsLink, 1. Quartal 2000, Stuttgart 2000

[3] Haberland, B.: UMTS-Demonstrationssystem.Telekom Rundschau, 4. Quartal 1998, Stuttgart

[4] http://www.alcatel.de/telecom/mobilfunk/gsm_ind.htm

[5] http://www.alcatel.com/telecom/rcd/netsol/operator/mobile/

[6] http://www.etsi.org

[7] http://www.umts-forum.org/

Aspekte zur Sicherheit mobiler Kommunikation

Von Peter Elmer und Michael Klingele, Bad Homburg

Peter Elmer, Jahrgang 1968
ist als Technical Consultant
bei der Nokia GmbH, Nokia Internet
Communication, tätig.

Dipl.-Ing. (FH) Michael Klingele,
Jahrgang 1968, ist ebenfalls bei
Nokia als E-Business Consultant
beschäftigt.

1 Die Ziele der mobilen Kommunikation

Das Bedürfnis, zu möglichst jedem Zeitpunkt von jedem beliebigen Ort bestimmte Informationen abrufen zu können, steigt stetig. Der Anwender möchte schnell und bequem auf Daten zugreifen, und man erwartet dabei die gleichen Sicherheitsstandards wie in der drahtgebundenen Kommunikation. Das Wireless Application Protocol (WAP) definiert die Familie von Übertragungsprotokollen, die die drahtlose mobile Kommunikation ermöglichen. Teile dieser Protokoll-Familie sind die Spezifikationen von Wireless Transport Layer Security (WTLS) und von Wireless Application Protocol Identity Module Specification (WIM). Auf diese beiden Spezifikationen möchten wir mit diesem Beitrag näher eingehen und weiterhin einen Leitfaden darstellen, welche Kriterien für ein Design einer E-Business-Lösung angelegt werden können.

[redacted]AP als Chance zur Öffnung des Unternehmens

[redacted]obile Kommunikation mit Hilfe der WAP-Protokoll-Familie hat die Zielgabe, dem Anwender interaktiv Zugriff auf dynamische Inhalte zu ermöglien. WAP soll keine weitere Möglichkeit bieten, statische Inhalte über ein obiles Medium darzustellen. Die Anwendung, im Taxi mit dem WAP-Mobilefon im Web „mal eben so zu browsen", wird sicherlich die Ausnahme bleien. Hingegen stellt die Information, daß der gewünschte Zug verspätet am

Bahnhof abfährt, eine Erleichterung und wichtige Information für einen Reisenden dar. Die Inhalte müssen für die Darstellung auf diesem Terminal speziell angepaßt werden. Eine DIN-A4-Seite mit dem Protokoll der letzten Vorstandssitzung auf einem 5 cm × 5 cm großem Display zu lesen, ist nicht die bequemste Art, den Inhalt zu erfassen. Man wird sich das Protokoll unterwegs zufaxen lassen, z. B. auf die Rufnummer des Mobiltelefons, um es dann an einem beliebigen Faxgerät (z. B. bei Ankunft im Hotel) ausdrucken zu lassen. Es ist daher zu unterscheiden, ob statische oder sich ändernde Inhalte dargestellt werden sollen. Statische Inhalte mit großem Umfang über mobile Dienste anzubieten, wird nicht die Hauptzielrichtung der Entwicklung sein. Dazu reichen die vorhandenen Dienste aus, jedoch bieten sich große Möglichkeiten, dynamische Daten über mobile Netze zur Verfügung zu stellen.

Im weiteren verwenden wir den Begriff Terminal, um die Endgeräte zu benennen, und den Begriff Content benutzen wir als Synonym für die darzustellenden Inhalte auf dem Terminal. Die Umsetzung der WAP-Protokolle zu den im Internet verwendeten TCP/IP-Protokollen erfolgt durch das WAP-Gateway. Die Terminals kommunizieren im Gegensatz zur Telephonie nicht direkt miteinander. Eine solche Kommunikation kann über Software, die auf einem Content-Server eingesetzt wird, aufgebaut werden.

Bild 1: WAP-Struktur

1.1.1 WAP-Terminal

Die zur Verfügung stehenden Endgeräte schränken die „Sicht" auf die Inhalte ein. Es kommt der Quadratur des Kreises gleich, Kompromisse zwischen Mobilität und Ergonomie zu finden. Die Anzeigen der Terminals können nicht ergonomisch optimal groß sein, und die Eingaben werden immer über eine Tastatur oder einen Touch-Screen erfolgen, die weniger Komfort bieten als stationäre Endgeräte.

1.1.2 WAP-Gateway

Das WAP-Gateway bildet die Schnittstelle zwischen den drahtlosen und den drahtgebundenen Netzwerken. Hier finden die nötigen Umsetzungen der protokoll- und die terminalspezifischen Anpassungen für die Darstellung auf den Terminals statt.

1.1.3 Content-Server

Mit Content beschreiben wird die Inhalte und Dienste, die über das WAP-Gateway dem Terminal zur Verfügung gestellt werden. In einer modular gestalteten Lösung werden die Inhalte unabhängig von ihrer Darstellung gespeichert. Die Darstellung wird von eigenständigen Modulen übernommen, die auf die Fähigkeiten der Terminals angepaßt werden können, ohne den Inhalt verändern zu müssen.

1.2 Auswahl des anzubietenden Content

Der Zugriff auf den Fahrplan der Bundesbahn „wap.hafas.de" ist ein Beispiel für den interaktiven Zugriff auf dynamische Daten. Ein übersichtliches Menü führt den Anwender schnell zur Möglichkeit, Abfahrts- und Zielbahnhof einzutragen. Der gewünschte Zeitpunkt der Ankunft oder der Abfahrt kann ebenfalls festgelegt werden. Das System sucht anschließend die möglichen Verbindungen in der Datenbank und stellt sie in Form einer Liste zur Auswahl. Die Einzelheiten einer Verbindung können ebenfalls angezeigt werden. Eine weitere WAP-Anwendung wird durch einen Deutsch/Englisch-Übersetzungsdienst angeboten, der unter „dict.leo.org/wap" zu finden ist. Der eingegebene Begriff wird in englischer und deutscher Sprachbedeutung vom System akzeptiert und die jeweilige Übersetzung angezeigt.

Zur Zeit wird für eine Reihe von Anwendungen ein Zugriff über ein WAP-Gateway angeboten, und viele weitere sind in der Vorbereitungsphase (z. B. bieten Banken den Zugriff auf das Girokonto und erlauben den An- und Verkauf von Wertpapieren). Die Entwickler und Entwicklerinnen dieser Anwendungen können ihre Erfahrungen in Foren austauschen und werden dabei von den Herstellern der WAP-Gateway-Produkte unterstützt.

1.2.1 WAP-Design

Entscheidend für den Erfolg des angebotenen mobilen Dienstes ist eine ganzheitliche Betrachtung des Kommunikationsweges. Eine Trennung der inhaltlichen Ebene (Content) von der darstellenden Ebene (Presentation) ist anzustreben.

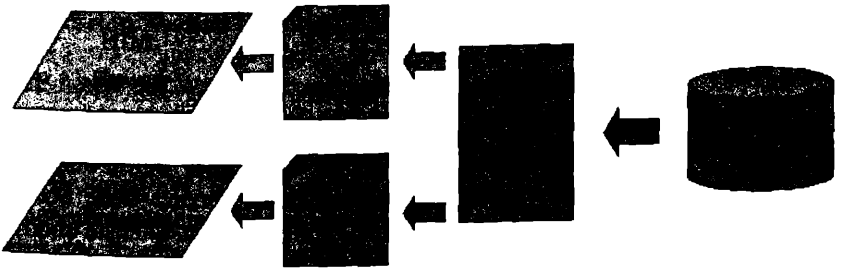


Bild 2: WAP-Design

Der Content wird durch dynamische Daten gebildet. Die Darstellung dieser Daten erfolgt auf Terminals, die nicht einheitlich gestaltet sind. An der Trennlinie zwischen Content- und Presentation-Ebene müssen flexible Software-Schnittstellen die Daten an die auf die Terminal-Eigenschaften spezialisierten „Style Sheets" übergeben. Durch Einführung dieser Übergabe-Schnittstellen kann eine Steuerung erfolgen, so daß, je nach anfragendem Terminal-Typ, die passende Presentation-Layer-Software die Aufbereitung der Daten übernimmt.

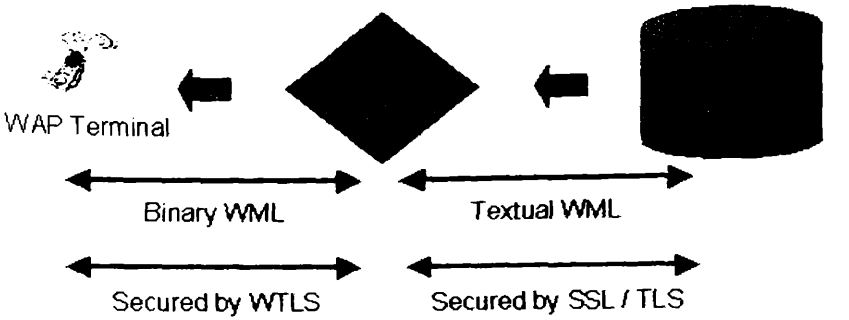


Bild 3: WAP-Gateway

Der Zugriff auf die Datenquelle sollte mit wenig manuellen Eingaben am Terminal möglich sein. Die Bedienerführung sollte durch ein Menü erfolgen, das nicht zu viele Optionen bietet. Die Verwendung von festgelegten Lesezeichen

hat eine große Bedeutung. Bei der Benutzung eines stationären Web-Browsers können auch lange Zeichenfolgen als Zieladresse eingegeben werden. Dies möchte man jedoch an einem mobilen Terminal vermeiden. In jedem Fall sollte der angebotene Dienst den interaktiven Charakter des mobilen Zugriffs unterstützen. Ein Beispiel hierfür kann die Unterstützung bei der Eingabe von Suchbegriffen durch kurze Auswahllisten sein.

2 Die Wap-Protokoll-Architektur

Die WAP-Architektur liefert eine ausbaubare Umgebung für die Anwendungsentwicklung von mobilen Kommunikationsendgeräten. Dies wurde durch ein mehrschichtiges Design des gesamten Protokoll-Stacks erzielt. Jede Schicht greift auf die darüberliegende über definierte Schnittstellen zu. Dienste und Anwendungen können über diese Schnittstellen auch direkt auf eine Schicht zugreifen, ohne die Dienste der benachbarten Schicht in Anspruch zu nehmen. Das Modell in Bild 4 stellt die WAP-Architektur der Internet-Protokoll-Architektur gegenüber.

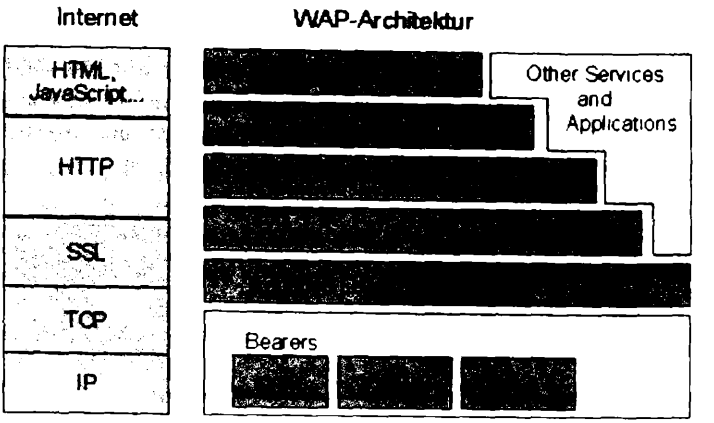


Bild 4: WAP-Architektur im Vergleich zur traditionellen Internet-Architektur

2.1 Application Layer Environment (WAE)

WAE ist die Umgebung für generelle Anwendungen, basierend auf World Wide Web (WWW) und mobiler Telekommunikationstechnik. Die grundlegende Aufgabe der WAE ist das Einrichten einer interoperationellen Umgebung, auf der Anwendungen, unabhängig von der mobilen Plattform, effizient und sinn-

voll von Betreibern und Dienstanbietern implementiert werden können. Die WAE verfügt über eine Mikro-Browser-Umgebung, welche die Funktionen für WML, WMLScript, Wireless Telephony Application (WTA, WTAI) und Inhaltsformate bietet.

2.2 Wireless Session Protocol (WSP)

WSP liefert der WAE zwei verschiedene Sitzungsdienste, einen verbindungsorientierten (connection-oriented) und einen verbindungslosen (connectionless). Der verbindungsorientierte Dienst läuft über das Wireless Transaction Protocol (WTP), der verbindungslose über einen sicheren oder nichtgesicherten Datenpaketdienst (WDP). Die Protokolle sind für Träger mit schmalen Bandbreiten und relativ langen Verzögerungen optimiert.

2.3 Wireless Transaction Protocol (WTP)

WTP nutzt das Wireless Datagram Service Protocol (WDP) und ist ein vereinfachtes transaktionsorientiertes Protokoll, passend für mobile Terminals. Das Protokoll ist so aufgebaut, daß es die Möglichkeiten der darunterliegenden Sicherungsschicht WTLS effizient wahrnehmen kann. Es besteht aber auch die Möglichkeit, den Wireless Datagram Service direkt zu nutzen.

2.4 Wireless Security Layer (WTLS)

WTLS ist ein Sicherheitsprotokoll, basierend auf dem Industriestandard Transport Layer Security (TLS) des traditionellen Internets (TLS ist die standardisierte Form des proprietären Secure Socket Layer (SSL)). Das WTLS wird nachfolgend näher beschrieben.

2.5 Wireless Datagram Protocol (WDP)

WDP ist das Transportprotokoll in der WAP-Architektur, das über den unterschiedlichen Datenträgerdiensten der Netzwerktypen liegt. Als Transportprotokollschicht bietet WDP einen konsistenten Dienst gegenüber den oberen Schichten der WAP-Architektur an. Gleichzeitig kann es transparent mit den verschiedenen Datenträgern kommunizieren. Diese Konsistenz wird durch eine Adaption der trägerspezifischen Funktionen erreicht.

2.6 Bearers

Die WAP-Protokolle wurden für die Verwendung mit einer Vielzahl verschiedener Trägerdienste konzipiert. Darunter fallen z. B. SMS, CSD (Circuit-Switched Data) und Packed Data-Dienste. Die einzelnen Datenträger variieren in bezug auf den Qualitätsgrad des Dienstes. Jeder Dienst wird durch Parameter wie Datendurchsatzrate, Fehlerrate und Verzögerungsverhalten charakterisiert. Die WAP-Protokolle kompensieren diese unterschiedlichen Qualitätsgrade. Die WDP-Spezifikation enthält eine Liste mit unterstützten Trägerdiensten und den genutzten Funktionen, die den höheren WAP-Protokoll-Schichten zur Verfügung gestellt werden. Diese Liste wird mit der Weiterentwicklung des mobilen Marktes kontinuierlich ergänzt. So wird erwartet, daß sich die Möglichkeiten von WAP mit Einführung von GPRS und dem kommenden Mobilfunkstandard UMTS vergrößern werden.

3 Sicherheits-Mechanismen im WAP-Standard

3.1 Das WTLS-Protokoll

Die mobile Kommunikation unterliegt den gleichen Sicherheitsanforderungen wie die traditionelle Internet-Kommunikation. Die im Internet verbreiteten Standards haben ihre Entsprechung in den WAP-Protokollen gefunden. An dieser Stelle soll das WTLS-Protokoll (Wireless Transport Layer Security) in seiner im WAP-Standard 1.2 definierten Form näher erläutert werden. Diese Version des Standards war zum Manuskriptzeitpunkt noch nicht vollständig in den am Markt erhältlichen Produkten implementiert.

Das WTLS-Protokoll stellt Applikationen und höheren Protokollen Dienste zum Aufbau von gesicherten Ende-zu-Ende-Verbindungen zur Verfügung. Es ist in seiner Funktionsweise an die TLS-1.0-Spezifikationen angelehnt und auf die Bedürfnisse eines schmalbandigen Übertragungsweges mit relativ langen Antwortzeiten hin optimiert. Der Standard beschreibt Definitionen für verbindungsorientierte und für verbindungslose Trägerdienste. Die Implementation des WTLS für den Aufbau einer WAP-Kommunikation ist optional. Die Hersteller sind nicht verpflichtet, bei der Implementierung eines WAP-Protokoll-Stacks diese Sicherungsschicht ebenfalls zu berücksichtigen.

Hauptziele bei der Sicherung des Übertragungsweges sind, die folgenden Funktionen bereitzustellen:

- Datenintegrität (Unveränderlichkeit);
- Privatsphäre (verhindern von Mitlesemöglichkeiten durch Dritte);
- Authentizität (die Identität des Gegenübers eindeutig überprüfen).

Der WTLS-Standard beschreibt die Funktionen in allgemeiner Art. Es werden keine konkreten Implementationsvorgaben gemacht. Der Standard listet zum Beispiel die mathematischen Algorithmen auf, die zur Verschlüsselung verwendet werden können. Die Auswahl der zu implementierenden Algorithmen bleibt dem Implementierenden überlassen.

3.2 WTLS-Klassen

Die zu implementierenden Funktionen sind in Klassen eingeteilt. Jede Klasse hat Elemente, die enthalten sein müssen (in der Tabelle als „M" für „mandatory" markiert) und andere, die optional implementiert werden können (in der Tabelle als „O" für „optional" dargestellt). Schon heute sind einige Funktionen des WTLS-Protokolls in Produkten implementiert. Andere werden in der nächsten Zeit am Markt erhältlich sein.

Funktion	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Public-key exchange	M	M	M
Server Certificates	O	M	M
Client Certificates	O	O	M
Shared-secret handshake	O	O	O
Compression	-	O	O
Encryption	M	M	M
MAC	M	M	M
Smart Card Interface	-	O	O

Tabelle 1: WTLS-Klassen

3.2.1 Public-key Exchange

Der Austausch von Schlüsseln, die für jeden zugänglich und lesbar sind, muß in jeder WTLS-Implementation berücksichtigt werden. Dieser Schlüsselaustausch dient dem Aufbau einer gesicherten, mobilen Datenverbindung über einen ungesicherten Verbindungsweg. Hierbei kommen mathematische Algorithmen zum Einsatz. Welche Algorithmen verwendet werden, bleibt dem implementierenden Unternehmen freigestellt. Zum Zeitpunkt der Erstellung diese Dokumentes sind Implementationen in Terminal- und WAP-Gateway-Systemen von RSA und Diffie-Hellmann am Markt erhältlich. Beide Verfahren erlauben die Ein-

richtung eines gemeinsamen „Geheimnisses" über eine ungesicherte Verbindung. Auf die Interoperabilität zwischen den Herstellern der Terminals und der WAP-Gateway-Software gehen wir am Ende dieses Beitrags ein.

Zu Beginn der Kommunikation müssen beide Teilnehmer die zur Verwendung kommenden Verschlüsselungs-Algorithmen abgleichen und sich gegenseitig authentisieren. Diese Phase wird „WTLS-Handshake" genannt und ist mit einem Internet Key Exchange (IKE) vergleichbar. Der zur Verwendung kommende Verschlüsselungs-Algorithmus wird über den Austausch von „hello"-Nachrichten festgelegt. Der initiierende Teilnehmer der Verbindung schlägt der Gegenseite alle ihm verfügbaren Methoden vor (in Bild 5 „challenge" genannt) und erhält daraufhin eine Antwort, die die von ihm ausgewählte Methode benennt. In der „hello"-Nachricht werden Zufallszahlen übertragen, die zum Beispiel Elemente aus einer Diffie-Hellmann-Gruppe sein können. Diese Zufallszahlen stellen den Ausgangswert für die im weiteren zu berechnenden Schlüssel dar - das „pre-master-secret". Durch dessen Rückübertragung authentisieren sich die Partner gegenseitig, denn die initiierende Stelle vergleicht das empfangene „pre-master-secret" mit seinem selbstgenerierten.

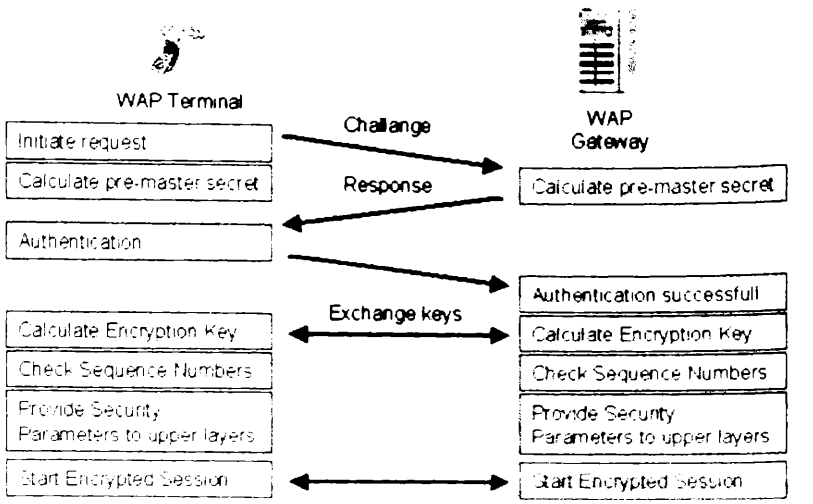


Bild 5: Key-Exchange

Auf beiden Seiten werden im Anschluß daran ein privater und ein öffentlicher Schlüssel erzeugt. Die zu verwendende Länge der Schlüssel in Bits wird ebenfalls in diesem „Handshake" festgelegt. Der öffentliche Schlüssel wird zur Ge-

genseite übertragen und kann zur Authentifizierung genutzt werden. Der private Schlüssel verbleibt bei der erzeugenden Stelle und wird gesichert abgespeichert. Alle Nachrichten werden mit Sequenznummern versehen, um zu verhindern, daß Dritte sich als Absender einer Nachricht darstellen können.

Eine weitere Möglichkeit, eine gemeinsame Ausgangsbasis zur Schlüsselberechnung zu bilden, besteht im manuellen Vereinbaren eines „Geheimnisses" (pre-shared secret). Ob dieses „shared secret" verwendet wird, liegt in der Entscheidungsfreiheit der Implementation. Das manuelle Verteilen von komplexen Schlüsselwörtern ist jedoch keine leichte Aufgabe. Daher wird die Verwendung von Diffie-Hellmann- oder RSA-Algorithmen dieser Lösung vorgezogen.

3.2.2 Encryption und Message Authentication (MAC)

Es müssen verschiedene Verfahren zu Verschlüsselung und Message Authentication in allen WTLS-Implementationen berücksichtigt werden. Eine genaue Übersicht ist im WTLS-Standard 1.2 dargestellt (www.wapforum.org).

3.2.3 Certificates und die Certification Authority

Es können auch Zertifikate nach Definition X.509 (Digital Certificates - im folgenden kurz CA genannt) zur gegenseitigen Authentisierung verwendet werden. Ein CA nach X.509 ist die Verbindung eines öffentlichen Schlüssels mit einer Identität. Eine unabhängige Instanz bestätigt mit der Unterschrift ihres öffentlichen Schlüssels, daß der CA-Inhaber auch wirklich die Person ist, die mit dem öffentlichen Schlüssel des CA assoziiert ist. Eine solche Certification Authority kann im Unternehmen selbst aufgebaut oder eine nicht zum Unternehmen gehörende Instanz sein. Ist die Certification Authority eine Instanz des Unternehmens, kann sie sich selbst gegenüber einer weiteren CA authentisieren. In diesem Falle bürgt die externe CA für die Vertrauenswürdigkeit der zu zertifizierenden CA. Dieser Schritt ist jedoch nicht zwingend vorgeschrieben. Eine CA, deren Vertrauenswürdigkeit nicht durch Dritte bestätigt ist, kann an ihre Nutzer „self-assigned certificates" ausgeben. Es bleibt in jedem Fall immer dem Benutzer überlassen, ob er ein angebotenes Zertifikat annimmt und damit der Gegenstelle vertraut. Mit dem Aussprechen des Vertrauens ist die Voraussetzung für den Aufbau einer verschlüsselten Verbindung gegeben.

Zum Manuskriptzeitpunkt waren bereits Methoden nach WTLS-Klasse 2 in WAP-Gateway-Produkte implementiert und am Markt erhältlich. Bei dieser

Server-Authentifizierung wird das Server-CA zum Terminal übertragen. Der Nutzer kann eigenständig entscheiden, ob er das CA akzeptiert oder ablehnt. Eine Identifizierung des Terminals gegenüber dem Server mit Hilfe von Zertifikaten wird mit der Einführung von WIM-Implementationen möglich sein.

3.3 Das WAP Identity Module

Die Client-Authentisierung gegenüber dem Server nach WTLS-Klasse 3 benötigt die Implementierung des WAP Identity Module (WIM). Die WIM-Spezifikation des WAP-Standards 1.2 definiert das Speichern von WAP-Sicherheitsinformationen im mobilen Terminal. Die Benutzer-Informationen, wie etwa das persönliche Zertifikat und der private Schlüssel, sind in einem separaten, angriffsicheren und gekapselten Token wie Smart Card oder SIM Card hinterlegt. Diese an die Person gebundenen Informationen können zur digitalen Signatur und zur Ver- und Entschlüsselung von persönlichen Transaktionsdaten verwendet werden. Die im Token gespeicherten Informationen verlassen das Token nicht beim Ausführen dieser Funktionen.

Wird zum Beispiel eine digitale Unterschrift ausgeführt, so wird dem WIM vom Terminal ein mathematischer Wert übergeben, der die Nachricht repräsentiert (der Wert wird im Terminal nach einem der im Standard angeführten Hash-Verfahren ermittelt). Innerhalb des WIM wird nun diese Repräsentanz mit dem privaten Schlüssel verschlüsselt, und der errechnete Wert wird an das System zur Versendung übergeben. Die WIM-Spezifikation sieht vor, daß einige Informationen, die auf der WIM in Form von Dateien gespeichert sind, nur nach manueller Eingabe eines PIN-Codes durch den Anwender oder die Eigentümerin des WIM für die Benutzung durch Applikationen freigeschaltet werden können. Im Beispiel der digitalen Unterschrift würde dies bedeuten, daß erst nach Eingabe dieser PIN der die Nachricht repräsentierende Wert an das WIM übergeben wird. Der Standard sieht weiterhin vor, daß in keinem Falle der PIN an das WAE-Protokoll übergeben werden darf.

Es gibt verschiedene Alternativen der Implementierung des WIM-Konzeptes im mobilen Terminal. Zum Manuskriptzeitpunkt im Juli 2000 war jedoch noch keine der Implementierungen am Markt erhältlich.

4 Interoperabilität zwischen Endgeräten und WAP-Gateway-Produkten

Die Interoperabilität zwischen Endgeräten unterschiedlicher Hersteller sollte Ziel jeglicher Implementation des WTLS-Standards sein. Der Standard ist of-

fen gehalten und läßt zum Beispiel die Auswahl freigestellt, welcher „public-key exchange"-Algorithmus unterstützt wird. Der Hersteller kann in diesem Fall zum Beispiel zwischen RSA und Diffie-Hellman wählen oder beide implementieren. Bei der Entwicklung der Terminals stellt sich die Problematik, daß der Umfang der Software und die damit verbundene nötige Rechenleistung in Konkurrenz zur gewünschten Mobilität des Terminals stehen. Eine Lösungsmöglichkeit für diese Aufgabe bietet die Entwicklung von leistungsfähigen und flexiblen WAP-Server- und WAP-Gateway-Produkten. Diese Software-Lösungen kommen auf leistungsfähigen Hardware-Plattformen zum Einsatz. Hier stehen genügend Ressourcen zur Verfügung, um unterschiedliche Mechanismen zu implementieren. Da der Standard im Beispiel des „public-key exchange" vorsieht, daß das Terminal die zur Verwendung kommenden Kommunikationsparameter vorschlägt, ist nur ein WAP-Gateway nötig, das die vorgeschlagenen Parameter ebenfalls aus einer Fülle an Funktionen auswählen kann.

5 Mögliche Unterscheidungskriterien bei der Systemauswahl

Als Unterscheidungsmerkmal für die am Markt erhältlichen WAP-Gateway-Produkte eignet sich beispielsweise die Fähigkeit, mit vielen unterschiedlichen Terminals eine gesicherte Verbindung aufzubauen. Durch den schnellen Wechsel der Terminal-Generationen bekommt die Auswahl der WAP-Gateway-Software einen entscheidenden Charakter. Ein Produkt, das nur einen der möglichen Algorithmen unterstützt, ist daher weniger geeignet, Teil einer unternehmensweiten mobilen E-Business-Lösung zu sein. Es würde eventuell große Gruppen von Terminals von der Nutzung der Dienste ausschließen, und das Unternehmen würde den Kreis seiner möglichen Kunden verkleinern.

Versäumnisse in der Testphase bezüglich der Interoperabilität und mangelnde Flexibilität des Herstellers, sein WAP-Gateway-Produkt zu erweitern und zu pflegen, können Auswirkungen auf die Geschäftsentwicklung des Unternehmens haben.

5.1 Fazit

Die entscheidenden Schritte eines Unternehmens, sich dem mobilen E-Business zu öffnen, werden in der Planungsphase gemacht. Die Trennung der Inhalte von ihrer Darstellungsebene, die Definition von unternehmensweiten Sicherheitsstandards und deren Berücksichtigung bei der Realisierung der E-Business-Lösung sollten die wesentlichen Elemente der Planung sein. Die in

der WAP-Spezifikation 1.2 angeführten Sicherheitsstandards WTLS und WIM sollten die Grundlage für eine gesicherte mobile Kommunikationsinfrastruktur bilden.

Die Risiken und der mögliche Schaden durch den Mißbrauch von persönlichen Daten lassen sich nur schwer monetär bewerten. Eine weitere Hauptaufgabe bei der Planung eines mobilen Kommunikationskonzeptes kann jedoch auch darin liegen, die nötigen Kosten für eine sichere Lösung den möglicherweise entstehenden Kosten eines erfolgreichen Angriffs auf die Infrastruktur gegenüberzustellen. Die durch den Markt geforderte permanente Flexibilität eines Anbieters wird dauerhaft zu erreichen sein, wenn interne Strukturen und Abläufe im Design der E-Business-Infrastruktur widergespiegelt werden. Der organisatorische Aufbau sowie die vorhandenen Prozesse und Abläufe sollten ebenfalls bei der Auswahl der zum Einsatz kommenden Produkte für die Errichtung der Infrastruktur berücksichtigt werden.

Der Erfolg eines Unternehmens und seiner E-Business-Lösung wird entschieden vom Design, von den Leistungsfähigkeiten der zum Einsatz kommenden Produkte im sicherheitstechnischen Bereich und vom Grad bestimmt werden, in dem die entstehende Lösung mit den notwendigen organisatorischen Veränderungen im Einklang stehen wird.

6 Schrifttum

[1] www.wapforum.org:
Wireless Application Protocol Specification 1.2 (5. November 1999)
Wireless Transport Layer Security Specification (5. November 1999)
Identity Module Specification (5. November 1999)

[2] Doraswamy, N., Harkins D.: IPSec. The new security Standard for the Internet. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA (1999)

Varianten des Teilnehmeranschlusses: Gibt es eine optimale Strategie?

Von Wolfgang Aicher und Christian Drewes

Dr.-Ing. Wolfgang Aicher und Dr.-Ing. Christian Drewes
sind bei Infineon Technologies in München
für Emerging Products bzw. Advanced Concepts zuständig.

1 Einführung

Im wesentlichen getrieben durch den Internet-Boom, steigen die erforderlichen Datenraten und -kapazitäten immer schneller an. Werden zusätzlich neue Applikationen wie MPEG-4-Videokodierung populär, sind es die Anwendungen, die die Technologie treiben und nicht umgekehrt. In diesem Zusammenhang sind die Video-Telefone ein oftmals strapaziertes Beispiel: Ihre Technologie war in den 70er Jahren verfügbar, aber wo sind sie heute? Einige der heutigen und zukünftigen Schlüsselanwendungen mit den zugehörigen Datenraten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Application	DS data rate	US data rate
TV/video broadcast	1.5 bis 6 Mbit/s/channel	0 bit/s
Interactive video, games	64 kbit/s bis 6 Mbit/s	9,6 bis 64 kbit/s
Internet (WWW, FTP, Telnet)	9.6 kbit/s bis >10 Mbit/s	9,6 bis 128 kbit/s
Video conferencing, home office	384 kbit/s bis 2 Mbit/s	384 kbit/s bis 2 Mbit/s
Internet server	9,6 kbit/s bis 384 kbit/s	64 kbit/s bis 1,5 Mbit/s

Tabelle 1: Dienste und deren Übertragungsraten

Zur Bereitstellung der hohen erforderlichen Bandbreiten existiert mittlerweile eine Vielzahl von mehr oder weniger stark konkurrierenden Technologien, beispielsweise

- xDSL (Digital Subscriber Line);
- CATV (Cable Television);
- PLC (Powerline Communications);

- WLL (Wireless Local Loop);
- Mobile Technologien (GSM, künftig UMTS).

Welche Technologie sich als überlegen erweist, hängt sowohl von den Produktgruppen als auch von örtlichen Randbedingungen ab, und es ist die eigentliche technische Herausforderung - im besonderen für neue Netzbetreiber -, die billigste und effizienteste Zugangstechnologie zu entwickeln und bereitzustellen.

2 Kupfergebundener Kundenzugang

2.1 Powerline Communications (PLC)

Betrachtet man die Powerline-Aktivitäten, so ist es heute noch fraglich, ob PLC ein ernstzunehmender Kandidat für den breitbandigen Kundenzugang wird. Hier sind noch Grundsatzuntersuchungen zu leisten, speziell was die elektromagnetische Verträglichkeit, aber auch was die Sicherheit betrifft. Schließlich müssen auch die tatsächlich erreichbaren Bandbreiten genauer studiert werden. Können diese Basisprobleme gelöst werden, werden PLC-Technologien sehr attraktiv, schlicht durch die Tatsache, daß das Energieversorgungsnetz bereits fast bis in jedes Zimmer existiert.

In diesem Beitrag liegt der Fokus auf heute verfügbaren Zugangstechnologien bzw. auf Technologien, bei denen heute bereits absehbar ist, daß sie zukünftig vorhanden sein werden (wie UMTS). Aus den genannten Gründen wird daher eine tiefergehende Untersuchung von PLC nicht unternommen.

2.2 Zugang über das Kupferdoppeladernetz: xDSL-Technologien

Eingedenk der Tatsache von weltweit mehr als 800 Mio. verlegten Kupferdoppeladern stellen DSL-Technologien eine attraktive Möglichkeit dar, im Bereich des Massenmarktes Kunden breitbandig anzubinden. Dies gilt naturgemäß im besonderen Maße für die ehemaligen Monopolisten. Mittlerweile gibt es unter der Vielzahl von DSL-Typen fast jede denkbare Kombination an Hinkanal- (downstream, DS) und Rückkanal- (upstream, US) Datenraten, wobei jede Technologie ihre eigenen Vor- und Nachteile, wie Datenrate, Reichweite, Leistungsbedarf usw. aufweist. In Tabelle 2 sind die gängigsten xDSL-Varianten dargestellt, ebenso wie der verwendete Leitungscode und die benötigte Bandbreite.

Einhergehend mit der Vielzahl an DSL-Varianten und der kontinuierlich wachsenden Anzahl installierter Systeme, werden Fragen der spektralen

DSL-System	Einführung	Modulation	Datenrate [bit/s]		Frequenzbereich
			DS	US	
DSL (ISDN)	1986	2B1Q, 4B3T	160 k	160 k	0-80 (120) kHz
HDSL	1991	2B1Q	768 k	768 k	20-400 kHz
SDSL	1996	2B1Q, CAP	1,544; 2,048 M	1,544; 2,048 M	20-400 kHz
ADSL	1993	CAP, DMT	32 k-12 M	32 k-1 M	20 kHz-1,1 MHz
RADSL	1993	CAP, DMT	32 k-7 M	32 k-1 M	20 kHz-1,1 MHz
VDSL	1995	CAP, DMT	13-52 M	1,5-2,3 M	300 kHz-30 MHz
ADSL.lite	1997	CAP, QAM, DMT	1 M	128 k	35 kHz-500 kHz

Tabelle 2: Kenndaten von DSL-Systemen

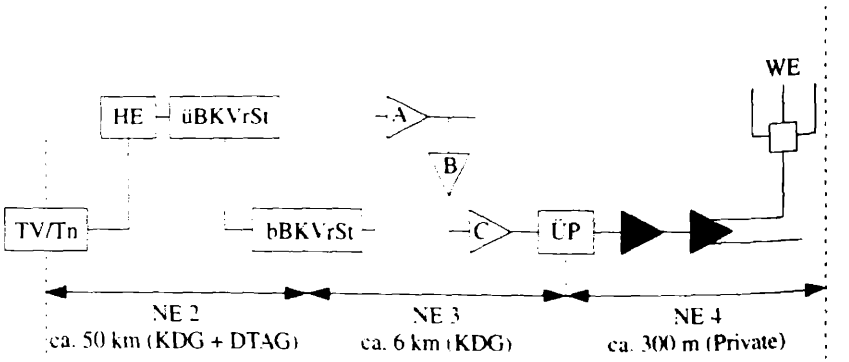
Kompatibilität der unterschiedlichen Systeme zu einer maßgeblichen Herausforderung. Die „spektrale Verschmutzung" einer Verbindung durch andere xDSL-Systeme kann zur Konsequenz haben, daß sogar Netze hoher Qualität nur anteilsmäßig mit ADSL- oder VDSL-Systemen beaufschlagt werden können.

Während ISDN- und HDSL-Systeme mit Echokompensation sich als relativ robust gegenüber Nahnebensprechstörern (near-end crosstalk, NEXT) erweisen, so ist die Kombination von ADSL- und VDSL-Systemen innerhalb desselben Kabelverbundes deutlich kritischer [1].

In Netzwerken mit einer existierenden hohen DSL-Dichte könnte es auch durchaus als sinnvoll erscheinen, ADSL zu vermeiden und den Schwerpunkt auf den Einsatz von VDSL zu legen. VDSL bietet nicht nur die beste „Performance", es ist auch ein hohes Maß an Flexibilität bezüglich symmetrischer bzw. asymmetrischer Übertragung gegeben. Zudem gibt es keinerlei Restriktionen hinsichtlich der gleichzeitigen Bereitstellung von POTS- oder ISDN-Diensten.

2.3 Zugang über das CATV-Netz

Das deutsche Kabelnetz wurde seinerzeit Schritt für Schritt von einem 300-MHz-System auf ein 450-MHz-System ausgebaut (Bild 1). Kapazitätsengpässe zum einen und die Absicht, zusätzliche digitale Kanäle bereitzustellen, sind die treibenden Kräfte dafür, einen Ausbau auf 862 MHz voranzutreiben [5]. Das 450-MHz-Netz wurde in ausgereifter Technologie mit teilweise integriertem Netzmanagement ausgebaut. Das Management erstreckt sich auf den Netzbereich von der Kopfstation (Headend, HE) bis zum sog. C-Verstärker. Allgemein lassen sich vier Netzebenen unterscheiden:



NE 1: Produktion
NE 5: Kundeninstallation

Bild 1: Struktur des deutschen BK-Netzes

- Netzebene 1 definiert die Verbindung zwischen dem Studio (Produktion) und der TV/Tn-Schaltstelle der Deutschen Telekom.

- Netzebene 2 beschreibt den Anteil zwischen der TV/Tn-Schaltstelle und dem benutzerseitigen BK-Verstärker, inklusive der nötigen Satellitenstrecke.

- Netzebene 3 ist die Verbindung zwischen dem benutzerseitigen BK-Verstärker und dem Übergabepunkt.

- Netzebene 4 ist der eigentliche Anschluß des Kunden vom Übergabepunkt zur Wohneinheit.

Die Anschlußverkabelung innerhalb der Wohneinheit des Kunden wird oft als Netzebene 5 bezeichnet; hier finden häufig unterschiedlichste Kabeltypen Verwendung, was zu Fehlanpassungen und damit auch zu potentiellen Übertragungsproblemen führt.

Die Deutsche Telekom benutzte für den Netzausbau in der Regel die folgenden Kabeltypen (in Klammern die typischen Reichweiten)

- tkx (ca. 1 200 m)
- skx (ca. 600 m)
- qkx (ca. 400 m)

Im Zuge der bereits erfolgten bzw. bevorstehenden Veräußerung von Teilen des Kabelnetzes durch die Deutsche Telekom werden derzeit Aufrüstungs-Szenarien eingehend untersucht und die jeweiligen Kosten abgeschätzt.[1]

Die Deutsche Telekom AG selbst sieht im wesentlichen drei mögliche Angebotslinien auf dem Breitbandkabel:

- Kabel-TV (reine Programmverteilung analog und digital ab 2000),
- IP-Telefonie,
- Internet-Access.

Zusätzliche Angebote wie Tele-Learning, Tele-Working und Tele-Medizin finden derzeit noch keine Berücksichtigung. Private Anbieter sehen beispielsweise interaktives TV oder auch Datendienste als potentielle Anwendungen.

Der Ausbau des Netzes läßt sich grundsätzlich in zwei Schritte unterteilen:

- zusätzliche Nutzung des Frequenzbereiches von 450 MHz bis 862 MHz;
- Implementierung eines Rückkanals im Frequenzbereich zwischen 5 MHz und 65 MHz.

Die Kosten für eine derartige Aufrüstung werden grob auf 300 DM bis 400 DM geschätzt; vergleichbare Überlegungen stellte auch British Telecom für Westminster Cable an (100 £ bis 130 £ pro Verbindung).

3 Drahtloser Kundenzugang

3.1 Allgemeines zu drahtlosen Alternativen

Während sich xDSL-Systeme hauptsächlich für die traditionellen Telekommunikationsgesellschaften mit entsprechender Infrastruktur eignen, bietet sich für neue Betreibergesellschaften, die auf keine eigene flächendeckende Infrastruktur zurückgreifen können, die Erschließung des Zugangsnetzes über Funk an (WLL - Wireless Local Loop). Solche drahtlosen Systeme erlauben es recht schnell, neue Teilnehmer an ein Kommunikationsnetz anzubinden. Aus diesem Grund ist auch keine langfristige Planung erforderlich, da spontan reagiert werden kann, sollte die Teilnehmerdichte steigen.

[1] Den Umbau von BK-Netzen zu Multimedia-Plattformen beschreibt der Beitrag von Reinhold Müller auf den Seiten 105-127 dieser Ausgabe.

Drahtlose Systeme haben zudem den Vorteil, daß sie - zumindest prinzipiell - eine gewisse Mobilität unterstützen können - angefangen vom tragbaren Endgerät, das unabhängig von der aktuellen Position, ob Biergarten oder Büro, eine Datenverbindung aufbauen kann, während der man sich allerdings nicht bewegen darf, bis hin zum voll mobilen Einsatz in sehr schnell fahrenden Fortbewegungsmitteln.

In Bild 2 ist eine Übersicht über die Evolution verschiedener bidirektionaler Funksysteme gezeigt. Ihr gegenübergestellt sind stellvertretend für die Entwicklung der Mikroelektronik Eckdaten der jeweils aktuellen DRAM-Technologie (Dynamic Random Access Memory).

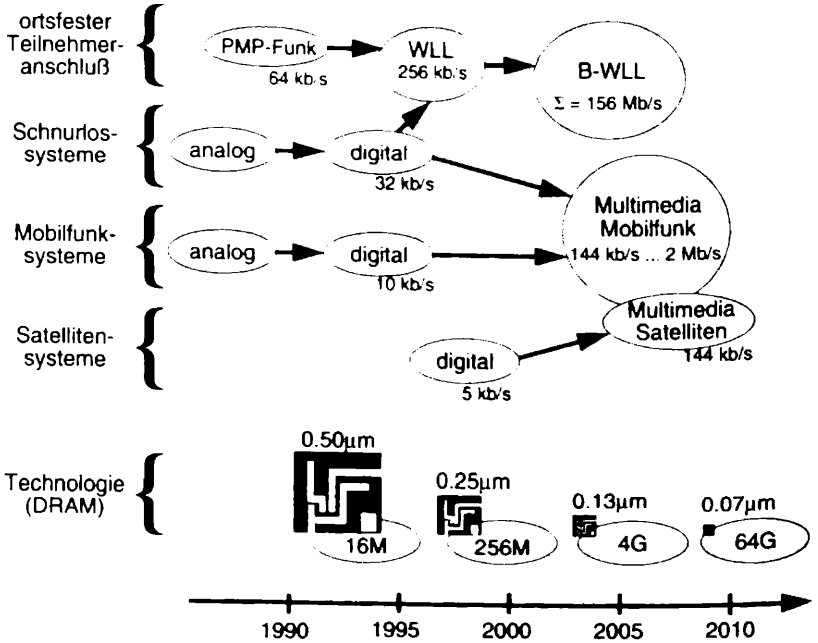


Bild 2: Evolution der Funksysteme zum interaktiven Teilnehmeranschluß, verglichen mit der Evolution der Mikroelektronik

Die gewaltigen Leistungssteigerungen der Mikroelektronik wurden bereits 1965 von Gordon Moore vorhergesagt, indem er, basierend auf einer Extrapolation der Daten seit 1959, eine jährliche Verdoppelung der Transistoren integrierter Schaltungen für die nächsten zehn Jahre prophezeite. 1975 korrigierte Moore seine damalige Aussage etwas, hin zu einer Verdoppelung in nur mehr als eineinhalb Jahren [3]. Trotz seines nun 35jährigen Bestehens ist dieses

empirisch gewonnene „Gesetz" immer noch gültig, sowohl für Speicherbausteine als auch für Mikroprozessoren, und es wird erwartet, daß dies auch noch mindestens die nächsten zehn Jahre so bleibt. Es ist besonders zu betonen, daß ohne diese enormen Entwicklungen in der Mikroelektronik und der Produktion mikroelektronischer Schaltungen und Bausteine breitbandige Datenübertragungen weder sinnvoll noch möglich wären, da einerseits die Anwendungen fehlen würden und andererseits die Rechenleistung für eine Datenübertragung im Megabit-pro-Sekunde-Bereich gar nicht vorhanden wäre. Die Evolution der Mikroelektronik ist demnach eine notwendige Bedingung für die breitbandige digitale Datenübertragung. Dies gilt für kein Übertragungssystem mehr als für den Mobilfunk, wo die jeweilige Mikroelektroniktechnologie immer bis an ihre Grenzen ausgereizt wird.

3.2 Ortsfester Teilnehmeranschluß

Die heute verbreiteten breitbandigen Funksysteme können in zwei Gruppen eingeteilt werden (neben den Richtfunksystemen): Zum einen gibt es die terrestrische Fernsehverteilung mit Reichweiten von einigen zehn bis hundert Kilometern. Die digitale Fernsehverteilung ist als DVB (Digital Video Broadcast) standardisiert. DVB enthält neben einer Koaxial- und einer Satellitenkomponente auch die terrestrische Verteilung (DVB-T). Die andere Gruppe umfaßt drahtlose lokale Rechnernetze (LANs - Local Area Networks) mit Reichweiten bis zu einigen zehn Metern. Die Hauptanwendungen dieser Systeme sind digitale Datenübertragung und digitaler Dateitransfer.

Teilnehmeranschlußsysteme sind dabei prinzipiell den drahtlosen LANs recht ähnlich. In Bild 3 ist ein entsprechendes Szenario gezeigt. Der Zuführungsbereich kann natürlich auch mit einer Richtfunkverbindung überbrückt werden.

Um mit drahtgebundenen Systemen konkurrenzfähig zu bleiben, müssen diese folgende Anforderungen erfüllen:

- niedrige Kosten bzw. entsprechender Mehrwert bei höheren Kosten als bei Kupfermodems,
- eine gesamte Systemkapazität von einigen Mbit/s, die nach Möglichkeit flexibel auf die einzelnen Teilnehmer verteilt werden kann,
- bandbreiteneffiziente Übertragungsverfahren,
- die Unterstützung verschiedenster Dienste und Anwendungen,
- eine einfach erweiterbare Architektur im Falle steigender Kapazitätsanforderungen.

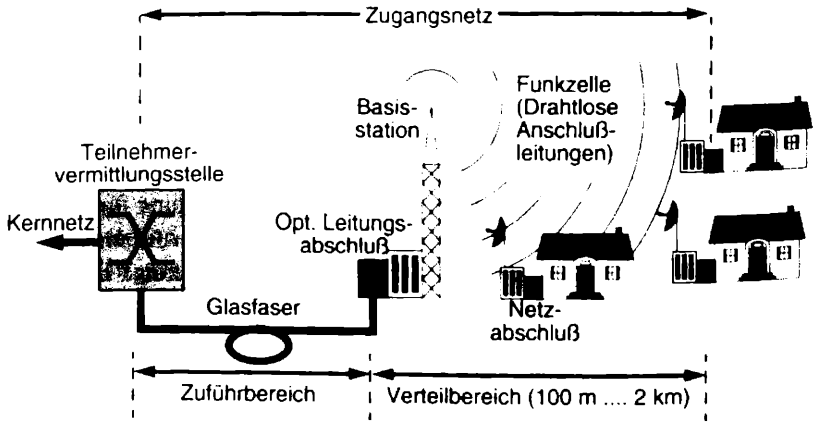


Bild 3: Szenario eines breitbandigen drahtlosen Teilnehmeranschlusses

Aktuelle und zukünftige WLL-Systeme

Heutige Systeme basieren auf einer Punkt-zu-Multipunkt-Struktur, bei der jeder Teilnehmer seine eigene feste Datenrate, beispielsweise 2 Mbit/s, zur Verfügung hat. Flexiblere Systeme, die auf ATM oder IP basieren, sind jedoch in Entwicklung. Prinzipielle Nachteile heutiger Systeme sind die mangelnde Ausfallsicherheit bei schlechten Übertragungsbedingungen und die noch geringen Datenraten im Vergleich zu kabelgebundenen Lösungen.

Ein System, mit dem es möglich ist, breitbandig Daten zu übertragen, ist das Local Multipoint Distribution System (LMDS). LMDS ist eine Evolution von Multichannel Multipoint Distribution System (MMDS), das ursprünglich zur analogen Fernsehverteilung („wireless cable") eingesetzt wurde. Die ersten digitalen Systeme führten dann zu LMDS, das auch als „wireless HFC" bezeichnet wird. Ursprünglich sollte LMDS die Übertragung MPEG-kodierter Videosignale unterstützen. Die Datenrate betrug ca. 40 Mbit/s bei einem Trägerabstand zwischen 8 und 27 MHz. Durch einen schmalbandigen Rückkanal wird ein gewisses Maß an Interaktivität möglich. In der Zwischenzeit sind in den USA von der FCC 1,3 GHz in der Gegend um 30 GHz für LMDS versteigert worden. In diesem Bereich ist es möglich, eine Übertragungskapazität von mindestens 2 Mbit/s bereitzustellen. Typische LMDS-Anwendungen enthalten nun alle möglichen interaktiven Dienste.

Seit kurzem werden WLL-Systeme auch vom IEEE standardisiert (IEEE 802.16). Die anfängliche Zielgruppe bilden dabei kleine und mittlere Unter-

nehmen, die gern einen breitbandigen Anschluß (zwischen 2 Mbit/s und 156 Mbit/s) an beliebige breitbandige Kernnetze haben möchten. Das 802.16-System wird ebenfalls in der 30-GHz-Region arbeiten, auch wenn der Standard generell den Betrieb zwischen 10 und 60 GHz unterstützt.

In Europa werden WLLs innerhalb ETSI standardisiert (BRAN - Broadband Radio Access Networks). BRAN umfaßt neben dem LAN-System HIPERLAN auch HIPERaccess (High Performance Radio Access). HIPERaccess soll drahtlose IP- und ATM-Kommunikation mit 25 Mbit/s für kleine Unternehmen und Privathaushalte unterstützen.

Es sei an dieser Stelle noch eine Bemerkung zu CDMA-WLLs (Code Division Multiple Access) gestattet: Auf diese Systeme muß dann zurückgegriffen werden, wenn in einem nicht lizenzierten Frequenzband gearbeitet wird, beispielsweise bei 2,4 GHz. Ein wichtiger zu klärender Punkt ist die Zuverlässigkeit solcher Systeme (z. B. für Notrufe). Da eine ausfallsichere Systemdimensionierung hier aufgrund der komplexen und mitunter sehr starken Störumgebung nahezu unmöglich ist, wird ein derartiges System, wenn überhaupt, nur als breitbandige Ergänzung zu anderen Systemen wie POTS angeboten werden. Ein anderer kritischer Punkt ist der Bandbreitenbedarf der CDMA-Systeme. Um eine ausreichende Ausfallsicherheit zu erzielen, muß der Spreizfaktor genügend groß sein, aber dies geht dann natürlich auf Kosten der maximal übertragbaren Datenrate. So lange ein Betreiber auf lizenzierte Frequenzbänder zurückgreifen kann, sind nicht bandspreizende Verfahren vorzuziehen.

3.3 Mobile Alternativen

Echte Mobilität bieten nur die Mobilfunksysteme, deren erste, analoge Generation Anfang der 80er Jahre eingeführt wurde. Seit Ende der 80er wurden diese in immer größerem Maße von digitalen Systemen der zweiten Generation abgelöst, deren wichtigster Vertreter das europäische GSM (Global System for Mobile communications) ist. Mit ihnen ist es neben der normalen Telefonie möglich, schmalbandige Datendienste bis etwa 10 kbit/s abzuwickeln. Diese ersten digitalen Systeme werden momentan hin zu breitbandigeren Systemen weiterentwickelt, welche die Übertragung paket- und leitungsorientierter Dienste bis 171,2 kbit/s (GPRS - General Packet Radio Service) oder 384 kbit/s erlauben (EDGE - Enhanced Data Rate for GSM Evolution). Systeme der dritten Generation (3G), in Europa unter dem Begriff UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services) bekannt, sollen weltweit einsetzbar sein und - ein Defizit bisheriger Mobilfunksysteme - noch größere

Datenraten zur Verfügung stellen: von 144 kbit/s bei voller Mobilität bis hin zu 2 Mbit/s bei eingeschränkter Mobilität. Zudem sollen diese Systeme mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung auch eine Satellitenkomponente aufweisen [2].

3G-Systeme erweitern dabei den Horizont bisheriger Mobilfunksysteme. Die übertragene Information wird nicht mehr fast ausschließlich Sprache sein, sondern ganz allgemein digitale oder digitalisierte Daten bis zu einer maximalen Rate von 2 Mbit/s. Die kurzfristige Perspektive ist freilich davon noch etwas entfernt. So wird man überaus froh sein, wenn die ersten 3G-Systeme mit 384 kbit/s funktionieren. Zusätzlich werden 3G-Systeme die Datenrate flexibel von der aktuellen Geschwindigkeit der Endgeräte abhängig machen können - je langsamer, um so mehr Daten.

Durch die vor kurzem in großem Stil abgelaufenen Lizenzversteigerungen für 3G besteht allerdings die Gefahr, daß sich nur die etablierten Netzbetreiber durchsetzen und sich dadurch relativ teure Preise für den Endkunden ergeben können (weil die Konkurrenz durch Neueinsteiger fehlt und weil sich die riesigen Investitionen rechnen müssen). Für die Betreiber ist es jedoch fast zur Pflicht geworden, bei den Lizenzauktionen erfolgreich zu sein, da es inzwischen bei weiten Kreisen den Anschein hat, 3G sei das zur Zeit einzige zukunftssichere High-Tech-Gebiet, und die Investition in einen Betreiber ohne 3G-Lizenzen könnte ein finanzielles Risiko sein. Im Endeffekt werden so Staatsschulden auf Kosten der Mobilfunkteilnehmer abgebaut.

Die enorme wirtschaftliche Bedeutung von 3G wird auch durch den komplexen Standardisierungsprozeß verdeutlicht. Die weltweiten Standardisierungsbestrebungen zielen neben der erwähnten höheren Datenrate auch auf eine weltweite Kompatibilität der Systeme hin. Dem Wildwuchs der Systeme zweiter Generation soll ein Ende gesetzt werden. Unter dem Mantel der ITU-Bemühungen zu IMT-2000 (International Mobile Telecommunications bei 2 000 MHz mit 2 000 kbit/s im Jahr 2000) wird versucht, die verschiedenen regionalen 3G-Aktivitäten zu harmonisieren. Es kristallisierten sich dabei fünf Systeme heraus:

- IMT-DS (Direct Spread): UMTS-FDD
- IMT-MC (Multi Carrier): cdma2000
- IMT-TC (Time Code): UMTS-TDD, TDD-SCDMA
- IMT-SC (Single Carrier): EDGE
- IMT-FT (Frequency Time): DECT

Die ersten drei Systeme entstanden innerhalb zweier 3G-Partnerschaften (3GPP und 3GPP2), die aus den Standardisierungsgremien TIA, T1 (beide USA), ETSI (Europa), ARIB (Japan), TTA (Korea) und CWTS (China) entsprangen. Darunter sind die beiden UMTS-Vorschläge, die ebenso wie EDGE eine Evolution von GSM sind, das amerikanische cdma2000 - eine Weiterentwicklung des jetzigen cdmaOne oder IS-95 - und das chinesische TDD-SCDMA, das aufgrund seiner Ähnlichkeit gemeinsam mit dem TDD-Modus von UMTS unter IMT-TC zusammengefaßt ist. ETSI und UWCC (USA) einigten sich darauf, gemeinsam das von GSM weiterentwickelte EDGE als IMT-SC zu unterstützen. Damit wird gleichzeitig das amerikanische IS-136 in die GSM-Familie integriert. Die Aufnahme des europäischen DECT-Standards (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) sollte sich bei der Entwicklung mobiler Nebenstellenanlagen als vorteilhaft erweisen. Die Aufnahme aller fünf Standards in IMT-2000 vereinfacht den Pfad für etablierte Betreiber, in Richtung 3G zu gehen, und sollte genügend Wege für neue Betreiber öffnen.

Trotz der deutlich höheren Datenraten der Funksysteme der dritten Generation werden diese mit kabelgebundenen Anschlußtechniken bei weitem nicht mithalten können. Aus diesem Grund wird bereits seit einiger Zeit über Systeme der vierten Generation nachgedacht, die in Europa teilweise unter der Bezeichnung MBS (Mobile Broadband System) bekannt sind und Datenraten bis 156 Mbit/s unterstützen sollen. Diese Systeme werden aber voraussichtlich eher drahtlosen LANs als bisherigen Mobilfunksystemen ähnlich sein.

3.4 Trends der Funktechnologie

Die trotz der Harmonisierungsbemühungen immer noch unterschiedlichen Mobilfunkstandards erfordern die Entwicklung von Endgeräten, die mehr als nur ein System unterstützen, um die technische Voraussetzung für eine wirklich globale Erreichbarkeit zu bilden. Diese Multistandardgeräte sind eine logische Weiterentwicklung der Multibandgeräte, welche dieselbe Signalverarbeitung, also denselben Standard unterstützen, jedoch auf unterschiedlichen Frequenzbändern arbeiten. GSM wird beispielsweise in drei verschiedenen Frequenzbändern angeboten - 900 MHz, 1800 MHz und, in Amerika, 1900 MHz. Der momentane Stand der Technik besteht aus Endgeräten, die drei Frequenzbänder unterstützen und zwei verschiedene Standards. Eine Schlüsselrolle bei der Implementierung zukünftiger 3G-Systeme kommt dem Software Defined Radio (SDR) zu [4]. Das Konzept von SDR ist es, rekonfigurierbare und programmierbare Einheiten gemeinsam mit Hardwarebeschleunigern zu implementieren, um sich, möglicherweise nur durch Austausch der SIM-Karte, auf die verschiedensten

Luftschnittstellen adaptieren zu können. Dabei soll beileibe nicht alles Software-mäßig verarbeitbar sein (wie bei Software Radio). SDR basiert auf dem Einsatz rekonfigurierbarer Hardware, die speziell auf die Gegebenheiten der Mobilfunkübertragung zugeschnitten ist und somit wesentlich effizienter implementiert werden kann als reine Software. SDR erfordert den Einsatz sehr schneller Analog-Digital-Wandler, gleichbedeutend mit der Verschiebung der Analog-Digital-Grenze hin zu höheren Frequenzen, um möglichst breitbandige Signale empfangen zu können. Zudem ist man bestrebt, möglichst viel Signalverarbeitung digital zu implementieren und auch die verbleibenden analogen Teile in CMOS-Technologie zu realisieren.

Sobald leistungsfähige SDR-Systeme einigermaßen erschwinglich sind, wird der Weg für eine weitere Technologie geebnet, die Mehrfachantennensysteme oder adaptiven Antennen. In ihrer leistungsfähigsten Form benötigen solche Antennensysteme einen Empfänger für jede einzelne Antenne samt einer gemeinsamen Signalverarbeitung. Während heute bei Basisstationen bereits relativ einfache Mehrfachantennensysteme genutzt werden, ist deren Einsatz in Endgeräten bis auf einige primitive Ausnahmen noch Zukunftsmusik. Der Vorteil adaptiver Antennen liegt in einer deutlich reduzierten Empfindlichkeit auf die starken Schwankungen des Mobilfunkkanals, einer gezielten Ausleuchtung von Gebieten mit hohem Datenverkehr, der Unterdrückbarkeit von Störsignalen und, daraus resultierend, einer Erhöhung der gesamten Systemkapazität.

Die wichtigste Basistechnologie für den Mobilfunk ist aber nach wie vor die Mikroelektronik, ohne deren rasante Weiterentwicklung weder SDR noch adaptive Antennen möglich werden. Zudem stellt das mobile Telefon mit die härtesten Randbedingungen an die Verlustleistung der involvierten integrierten Schaltungen und, da es das weltweit meistverkaufte mikroelektronische Erzeugnis ist, an den Preis, der eine direkte Folge der Chipfläche ist - und das alles bei einem Signalverarbeitungsaufwand, der (zur Zeit noch) schneller steigt als die Leistungsfähigkeit der Mikroelektronik.

4 Zusammenfassung und Wertung

4.1 Vergleich: xDSL-WLL

Die wesentlichen Vorteile der xDSL-Technologien sind in der Ausfallsicherheit, der Servicequalität sowie der weitgehenden Existenz von Standards zu sehen; im besonderen kann auf ein existierendes und gut ausgebautes Netz zugegriffen werden. Letzteres ist für ehemalige Monopolisten ein spezieller

Vorteil, da diese ohne zeitraubendes Unbundling-Procedere Kunden auch entsprechend schnell breitbandig versorgen können.

Alternative Netzbetreiber setzen zur raschen Kundengewinnung häufig zunächst auf WLL-Technologien, um dann in einer Migration parallel und komplementär den leitungsgebundenen Netzausbau voranzutreiben. Dies kann sowohl durch den Aufbau eigener Infrastruktur als auch unter Nutzung entsprechender Unbundling-Verfahren geschehen und als mittelfristige Strategie gesehen werden. Ebenso ist sehr gut denkbar, xDSL-Technologien in großen, funktechnisch erschlossenen Gebäuden als Gebäude-Verteillösung einzusetzen und anstelle des Hauptverteilers den Gebäudeverteiler anzugehen. Im Zuge zunehmender DSL-Dichte ist es dann eine weitergehende Aufgabe der Standardisierungsgremien, das Problem der spektralen Kompatibilität zu entschärfen.

4.2 Einordnung des Kabelnetzes

Der Wert des Kabelnetzes besteht im direkten Kundenzugang und den theoretisch hohen Datenraten, die in HFC-Netzen (Hybrid Fibre Coax) möglich sind. Die Aufrüstung des Netzes ist jedoch in Hinsicht auf die Rückkanalfähigkeit zum einen und auf die Einführung neuer Dienste zum anderen teuer; zudem stellt das Kabelnetz durch die regionale Aufteilung eine örtlich begrenzte Insellösung dar und kann somit nach seiner Veräußerung durch die Deutsche Telekom als Ergänzung zu bestehenden Anschlußtechniken gesehen werden, nicht aber als Lösung mit bundesweiter Flächendeckung.

4.3 Einordnung des Mobilfunknetzes

Trotz der großen Euphorie hinsichtlich der weitgehenden Möglichkeiten, die 3G-Systeme wie UMTS bieten, werden vermutlich die heutigen GSM-Netze nur langsam substituiert. Des weiteren ist die Vision von nur einem Endgerät immer und überall stark vom Erfolg von Integrationskonzepten hinsichtlich des Festnetzes und des Mobilnetzes abhängig, einschließlich einer durchdachten und attraktiven Tarifierung. Gelingt dann allerdings die tatsächliche Realisierung von breitbandigen Diensten im Mobilfunknetz (d.h. einige 100 kbit/s), so ist dies ein weiterer Meilenstein in der Informationstechnologie.

4.4 Hybride Lösungen als Optimierungsstrategie

Es lassen sich im wesentlichen drei Typen von Netzbetreibern unterscheiden: ehemalige Monopolisten, alternative Netzbetreiber mit voller Flächendekkung und vollem Leistungsangebot (Full Service Provider) und alternative Netzbetreiber mit eingeschränkter räumlicher Verbreitung und/oder eingeschränktem Produktportfolio. Für letztgenannte ist es durchaus denkbar, für nur eine Produktgruppe und einen Zielmarkt auf nur eine genau passende Technologie zu setzen. Auch die ehemaligen Monopolisten können einen „Flickenteppich" im Teilnehmeranschluß weitgehend vermeiden, da sie über ein gut ausgebautes Kupferanschlußnetz verfügen und damit den Kundenzugang bereits haben.

Hingegen sind alternative Netzbetreiber, die bundesweit ein umfassendes Leistungsangebot bereitstellen, in aller Regel auf hybride Lösungen angewiesen. Es müssen daher, da eben kein einheitliches Anschlußnetz verfügbar ist, flexible Lösungen für verschiedene Kundengruppen und verschiedene örtliche Gegebenheiten erarbeitet und angeboten werden.

Zusammenfassend gilt es für die meisten Anbieter, komplementäre Lösungen anzubieten, die speziell auf die jeweilige Zielgruppe, die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und die zur Verfügung stehenden Basistechnologien zugeschnitten sind. Den eierlegenden Wollmilchsau-Teilnehmeranschluß als solchen wird es nie geben. Jeder Anbieter muß für sich sowohl die jeweils richtige Mischung aus verschiedenen Systemen finden als auch den optimalen Abgleich von Kosten und Leistungsfähigkeit.

5 Schrifttum

[1] Aicher, W.; Zimmermann, S.: xDSL Technologien: Theoretische und praktische Aspekte zu den Begrenzungen der Übertragungstechnik. taschenbuch der telekom praxis 2000, Hrsg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön. 1999

[2] The Evolution of TDMA to 3G. Special issue of IEEE Pers. Commun. 6 (1999) 3 (Juni)

[3] Moore, G. E.: Progress in digital integrated electronics. IEEE IEDM 75 Tech. Dig., S. 11-13. Dec. 1975

[4] Software Radio. Special Issue of IEEE Pers. Commun. 6 (1999) 4 (Aug.)

[5] Asfar, E.; Seidenberg, J.: Von BK 450 nach HFC 862 - Umwandlung der Kabelfernsehnetze in moderne Telekommunikationsnetze. taschenbuch der telekom praxis 2000, Hrsg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön. 1999

ttp

Ein universelles Netz für Internet und Multimedia
Gibt es die perfekte Plattform ?

Von Olaf Ziemann

Dr. Olaf Ziemann,
Jahrgang 1965,
ist im Technologiezentrum (T-Nova)
der Deutschen Telekom AG
im Bereich „Optische Zugangsnetze" tätig.

Für die meisten Experten der Telekommunikationsbranche steht es außer Frage, daß der Ausbau der heutigen Netze zu Plattformen für breitbandigen Zugang zum Internet und für Multimediaanwendungen möglich und notwendig ist. Welches aber in den nächsten Jahren die dominierenden Anwendungen sein werden und vor allem, welches Netz dafür die ideale Grundlage bietet, ist Gegenstand äußerst kontroverser Diskussionen, die oftmals die technische Grundlage außer acht lassen. Sowohl Vertreter der Festnetze, von erdgebundenen, satellitengestützten oder auch auf Stratosphärenplattformen basierenden Funknetzen als auch die Protagonisten der Datenübertragung auf Stromleitungen versprechen konkurrenzlos preiswerten breitbandigen Zugang zum weltweiten Datennetz. Obwohl alle diese Technologien durchaus einzelnen Kunden Datenraten von mehreren Mbit/s zur Verfügung stellen können, bieten nach Ansicht des Verfassers nur Telefonnetze (TK) und Fernsehverteilnetze (BK) ausreichend Kapazität, um dies auch für viele Millionen Kunden gleichzeitig realisieren zu können.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht zu zeigen, welche Vor- und Nachteile TK- und BK-Netze für breitbandige Massenanwendungen bieten und warum das perfekte Netz nicht existieren kann. Die unterschiedlichen Anwendungen wie Videodienste und IP-Anwendungen und ihre Auswirkungen auf die Netze werden beleuchtet. Die besondere Struktur des deutschen Telekommunikationsmarktes wird ebenfalls betrachtet. Schließlich wird gezeigt, daß der Erfolg der neuen Dienste weniger von der Wahl der Plattform abhängt als davon, daß

dem Verbraucher universelle Schnittstellen und Endgeräte angeboten werden können. Dieser Beitrag diskutiert die Thematik aus rein technischer Sicht. Unterschiedliche Marketingstrategien und der Einfluß der Regulierung können durchaus gegen die Wahl einer - vom technischen Standpunkt gesehen - optimalen Lösung sprechen.

1 Anwendungen für TK-Netze und BK-Netze

Um so unterschiedliche Plattformen wie TK, BK oder Funk tatsächlich vergleichen zu können, kommt man nicht umhin, bestimmte Annahmen für die Dienste zu machen. Dieser Artikel soll sich nicht an der Diskussion beteiligen, ob ATM noch notwendig ist oder ob IP die universelle Lösung für alle Anforderungen darstellt. Hier sollen lediglich allgemeine Anforderungen an Bitrate und Diensteklassen betrachtet werden. Dazu werden die Anwendungen in fünf Klassen eingeteilt: herkömmliche Telefonie, Internet-Telefonie, digitales Verteilfernsehen, geschaltetes Fernsehen und Video on Demand.

Herkömmliches Telefon

Das klassische, analoge Telefon und ISDN werden über die Kupfer-Doppeladern des TK-Netzes realisiert. Im Kernnetz wird rein digital vermittelt und transportiert, derzeit hauptsächlich über fest geschaltete Kanäle. Ob zukünftig die Vermittlungsknoten durch IP-Knoten ersetzt werden, ist ohne Bedeutung für die Kundenanschlußleitung. Wichtig ist nur, daß das IP-Protokoll so weit verbessert wird, daß eine Echtzeitübertragung mit maximal zulässiger Verzögerung auch bei hoher Netzauslastung garantiert werden kann.

Der überwiegende Teil der privaten Internetnutzer verwendet für den Zugang die Telefonleitung bis zum Einwahlrechner seines Providers, dessen Anbindung sich meist in der Vermittlungsstelle befindet. Für das Zugangsnetz bedeutet dies, daß heute der Internetzugang im wesentlichen zusätzlichen Telefonverkehr bedeutet.

Internet-Telefonie

Unter Internet-Telefonie werden im allgemeinen zwei völlig unterschiedliche Konzepte verstanden. Zunächst geht es darum, daß sich ein Kunde über seinen Internetzugang, der über den herkömmlichen Telefonanschluß realisiert ist, in einen Serviceknoten einwählt, der die Sprache in einen IP-Datenstom umwandelt und in das Internet einspeist. Ist der Angerufene auch ein her-

kömmlicher Internetnutzer, erfolgt die Übertragung auf seinen Rechner ebenfalls über seinen Telefonanschluß. Bild 1 zeigt das Prinzip.

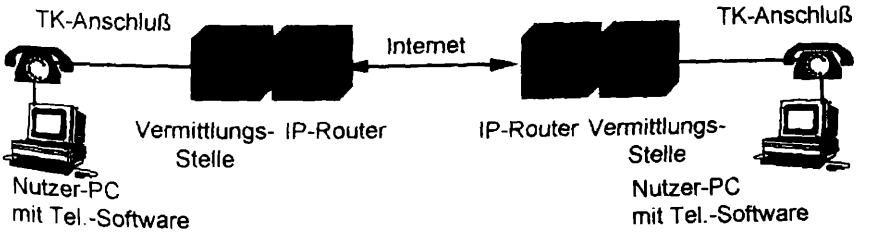


Bild 1: Internet-Telefonie über Telefon

Für den Kunden ergibt sich der Preisvorteil daraus, daß zwei Ortsgespräche plus Transport durch das Internet meist günstiger sind als ein Ferngespräch. Dies spiegelt aber nicht unbedingt einen tatsächlich technisch bedingten Effizienzgewinn wider, so daß diese Variante nur als Nischenlösung anzusehen ist. In jedem Fall wird die Kapazität der herkömmlichen Telefonvermittlung belegt.

Die „echte" Internet-Telefonie kommt ohne klassische Telefonvermittlung aus. Der Nutzer hat einen direkten IP-Anschluß, wobei das verwendete Netz primär ohne Bedeutung ist. Die Sprachdaten werden mit IP übertragen. An die Stelle der klassischen Vermittlung tritt das Routing. Entscheidend ist lediglich, daß ausreichend Netzkapazität zur Verfügung steht und die Einhaltung einer maximalen Verzögerung garantiert wird. Bild 2 zeigt das Prinzip. Sowohl bei Internet-Telefonie über vermittelte Leitungen als auch bei echter Internet-Telefonie kann einer der beiden Teilnehmer immer auch ein normaler Telefonanschluß sein, der dann über ein Gateway erreicht wird (ebenfalls in Bild 2 dargestellt).

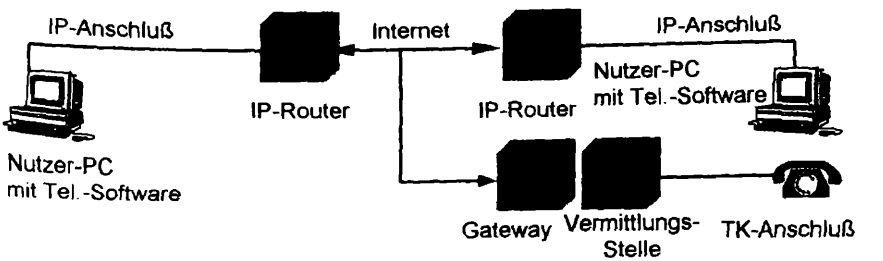


Bild 2: Echte Internet-Telefonie (oben) und Gateway zum Telefonnetz (unten)

Firmen, die beispielsweise über eine feste Datenleitung an das Internet angebunden sind, können diese Variante bereits heute nutzen. Die bessere Effizienz erreicht dieses Verfahren durch den Wegfall der Vermittlungseinheiten und durch

bessere Kapazitätsauslastung. Dennoch sollte nicht verschwiegen werden, daß für einen breiten Einsatz im Massenmarkt weder die heute vorhandene Netzkapazität und die Qualität der aktuell verwendeten Protokolle noch die effiziente Möglichkeit der fairen Abrechnung des entstandenen Aufwandes ausreichen. Diese Probleme können aber innerhalb weniger Jahre gelöst werden.[1]

Digitales Verteilfernsehen

Ein digitaler Fernsehkanal benötigt im Schnitt 2 Mbit/s Datenrate, um VHS-Qualität zu erreichen. Für bessere Qualität, bis hin zu HDTV, werden wesentlich höhere Datenraten benötigt. Im weiteren soll zur Vereinfachung immer ein Wert von 2 Mbit/s pro Kanal angenommen werden. Im Frequenzbereich eines herkömmlichen analogen Fernsehkanals, der eine Breite von 8 MHz aufweist, läßt sich mit unterschiedlichen Methoden eine wesentlich größere Bitrate übertragen (theoretisch bis ca. 30 Mbit/s). Typisch sind zwischen vier und acht digitale Programme pro Frequenzkanal. Der Hauptgrund für die Einführung des digitalen Verteilfernsehens ist also die bessere Ausnutzung des Frequenzspektrums. Dazu kommt eine störsichere Übertragung. Da die Mehrzahl der Fernsehgeräte heute noch keine digitalen Programme verarbeiten kann, benötigt der Nutzer einen Umwandler (Set-Top-Box), der das digitale in ein analoges Signal umwandelt. Gegebenenfalls ergänzt man den Service mit einem Steuerkanal über die Telefonleitung. Damit kann z. B. die Bezahlung über den Austausch eines Entschlüsselungskodes realisiert werden. Bild 3 zeigt das Prinzip.

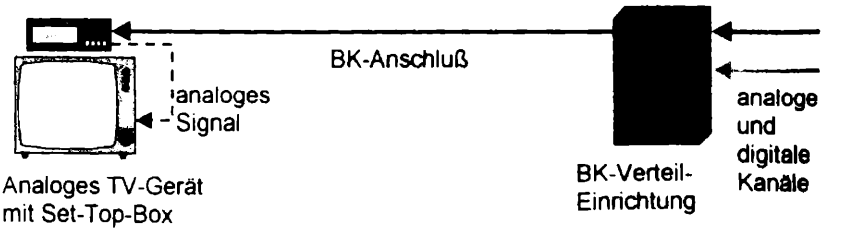


Bild 3: Digitales Verteilfernsehen

Bisher werden für digitales Verteilfernsehen praktisch ausschließlich der Satellit und das BK-Netz genutzt, da sie ausreichend freie Frequenzbereiche zur Verfügung stellen. Jeder Kunde erhält das komplette Angebot (gegebenenfalls verschlüsselt) und wählt seinen gewünschten Kanal aus. Dieses System ist um

[1] Auf dieses Thema geht der Beitrag von Peter Lugert und Roger Wenner in dieser Ausgabe des „taschenbuch der telekom praxis" näher ein.

so effizienter, je mehr Kunden an einen Zugangspunkt angeschlossen sind (beispielsweise einige 100 Mio. Kunden pro Satellit). Die Zahl der insgesamt verfügbaren Kanäle ist, bedingt durch die Eigenschaften des Übertragungskanals, immer limitiert, wenn sie auch mit der Entwicklung neuer Techniken ständig weiter steigt.

Verteilfernsehen mit SDV

Beim Switched Digital Video (SDV), also beim geschalteten Digitalfernsehen, benötigt der Nutzer einen breitbandigen Anschluß an die Vermittlungsstelle (mindestens 2 Mbit/s, je nach gewünschter Bildqualität). Dort liegen alle angebotenen Programme digital vor. Über einen Rückkanal, der über denselben Zugang realisiert werden kann, aber nur eine kleine Bitrate benötigt, wählt der Kunde sein gewünschtes Programm aus, das dann auf seine Leitung geschaltet wird, wie Bild 4 illustriert.

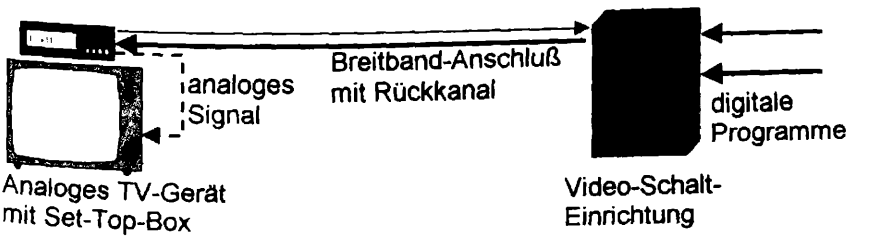


Bild 4: Digitales geschaltetes Fernsehen

Die Dimensionierung der Schalteinrichtung ist von der Größe des zu versorgenden Bereiches (der Zahl der zu versorgenden Nutzer) abhängig. Die zur Auswahl stehenden Programme könnten die bereits heute angebotenen Fernsehkanäle, natürlich digitalisiert, und beliebige zusätzliche Angebote sein. Im Prinzip ist die Anzahl der möglichen Programme unbegrenzt, da der Übertragungskanal immer nur durch das gerade angeforderte Programm belegt wird. Die Set-Top-Box beim Kunden entspricht im wesentlichen der in Bild 3, da sie lediglich das Signal an das analoge Endgerät anpaßt. Sollte sich dieses Prinzip schnell durchsetzen, würden in wenigen Jahren Fernsehgeräte die Set-Top-Box-Funktion enthalten.

Der Nachteil dieses Prinzips besteht darin, daß am Beginn der Nutzung relativ viele der verhältnismäßig aufwendigen Schalteinrichtungen aufgebaut werden müssen, um flächendeckende Nutzung zu ermöglichen. Je mehr das Angebot an digitalen Kanälen wächst und je größer der Prozentsatz der Nutzer wird,

um so effizienter ist das SDV-Prinzip, zumal es mit weiteren Diensten gekoppelt werden kann, wie der nächste Punkt zeigt.

Video on Demand

Beim Video on Demand (VoD), also Fernsehen auf Bestellung, wählt der Kunde nicht einen bestimmten Kanal, sondern einen beliebigen Film aus, der beispielsweise auf einem Videoserver gespeichert ist. Bild 5 demonstriert diesen Dienst.

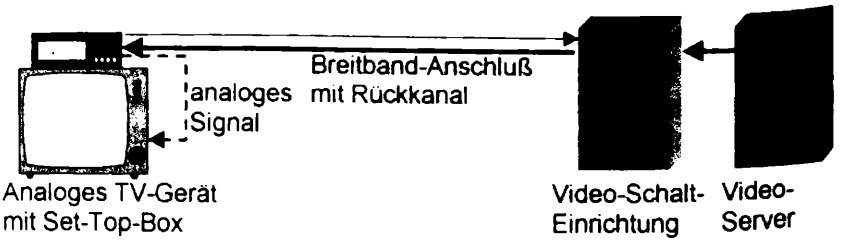


Bild 5: Digitales Fernsehen auf Bestellung

Wie leicht zu erkennen ist, kann ein SDV-Angebot einfach für VoD erweitert werden, wenn in der Vermittlungsstelle der Videoserver ergänzt wird. In der Praxis wird man lokal immer nur die am häufigsten angefragten Inhalte speichern und selten nachgefragte Angebote auf wenigen zentralen Speichern ablegen. Die Tatsache, daß Festplattenspeicher alle drei Jahre im Preis um den Faktor 10 sinken, macht VoD zunehmend interessant.

Breitbandiger Internetzugang

Neben SDV und VoD ist allgemein der direkte breitbandige Zugang zum Internet, also ohne die Nutzung des herkömmlichen vermittelten Telefons, zunehmend interessant. Noch ist das Internet für die Übertragung qualitativ hochwertiger Videosignale nicht ausgelegt. Zukünftige Standards werden aber auch solche Anwendungen erschließen. Daneben gibt es vielfältige Dienste für die Verknüpfung von Rechnern, den Transport von Dateien und multimediale Anwendungen wie den elektronischen Einkauf oder Videokonferenzen. In jedem Fall ist der Zugang zum Internet elementarer Bestandteil jedes zukünftigen Telekommunikationsangebots.

Übersicht über die Anwendungen

Tabelle 1 stellt noch einmal das angenommene Diensteszenario zusammen, die notwendigen Datenraten downstream (zum Kunden) und upstream (vom

Kunden) und die Besonderheit der Anwendungen werden genannt. Es sei darauf hingewiesen, daß es sich hierbei nur um eine Auswahl aus Sicht des Autors handelt.

Anwendung	Datenrate (Richtwerte) downstream/upstream	Besonderheit
Telefon	144 kbit/s/144 kbit/s	gilt für ISDN
Internet-Telefon	64 kbit/s/64 kbit/s	Echtzeitbetrieb nötig
digitales Verteil-Fernsehen	2 Mbit/s je Kanal/ schmalbandiger Rückkanal	jeder Teilnehmer erhält alle Programme; Set-Top-Box erforderlich
SDV	2 Mbit/s je Kunde/ schmalbandiger Rückkanal	jeder Teilnehmer erhält sein Programm; Set-Top-Box erforderlich; Schalteinheit in der Vermittlungsstelle
VoD	2 Mbit/s je Kunde/ schmalbandiger Rückkanal	jeder Teilnehmer erhält sein Programm; Set-Top-Box erforderlich; Schalteinheit und Videoserver in der Vermittlungsstelle
Internet	je nach Anwendung von kbit/s bis Mbit/s	Video und Sprachanwendungen erfordern Echtzeitbetrieb

Tabelle 1: Netzanforderungen verschiedener Dienste

2 TK- und BK-Netz als digitale Diensteplattform

Der folgende Abschnitt soll zeigen, wie TK- und BK-Netze für die oben aufgelisteten Anwendungen aufgerüstet werden können. Im wesentlichen sind die Konzepte dafür vergleichbar. Kernelemente sind folgende Komponenten:

- Im Kernnetz werden die Vermittlungsstellen über breitbandige Glasfaserleitungen miteinander verbunden und an die Einspeisepunkte der verschiedenen Dienste angekoppelt. Bereits heute sind die meisten Vermittlungsstellen untereinander mit Glasfaserkabeln verbunden, so daß ggf. freie Fasern genutzt werden können. Mit Wellenlängenmultiplex (WDM) werden auch die zukünftig benötigten hohen Datenraten bewältigt werden können.

- In den Vermittlungsstellen werden optische Kopfstationen (OKS) aufgebaut, die die Datenströme ins Zugangsnetz einspeisen bzw. die Daten von den Kunden zusammenfassen.

- Ein Glasfaser-Zubringernetz verteilt die Daten weiter in Richtung zum Kunden. An entsprechenden Zugangspunkten befinden sich optische Netzeinheiten (ONE).

- Der letzte Abschnitt zum Kunden wird üblicherweise über die bestehen-

den Leitungen realisiert. Dazu werden die Daten in nicht genutzte Frequenzbereiche der Kabel transformiert. Sowohl an den ONE als auch beim Kunden sind dafür spezielle Wandler nötig (Modem). Im BK-Netz erfolgt die Aufrüstung auf 862 MHz Bandbreite. Dazu ist im wesentlichen der Austausch der Verstärker (rückkanalfähig) und passiver Elemente notwendig.[2]

Vor allem die Positionierung der ONE entscheidet über Kosten und Leistungsfähigkeit derartiger Plattformen. Je näher sich die ONE beim Kunden befindet, um so größer ist die verfügbare Bandbreite, da einerseits die Übertragungslänge für die verbleibende Kupferleitung sinkt, andererseits auch weniger Kunden je ONE versorgt werden müssen. Allerdings steigt die Anzahl der aufzubauenden Komponenten. Den größten Aufwand verursacht die Notwendigkeit, die ONE mit einer Glasfaser anzuschließen und mit Strom zu versorgen. Die Bilder 6 und 7 zeigen den prinzipiellen Aufbau der beiden Netze. Dabei wurde angenommen, daß sich die ONE im KVz (Kabelverzweiger) bzw. am C-Verstärker befindet.

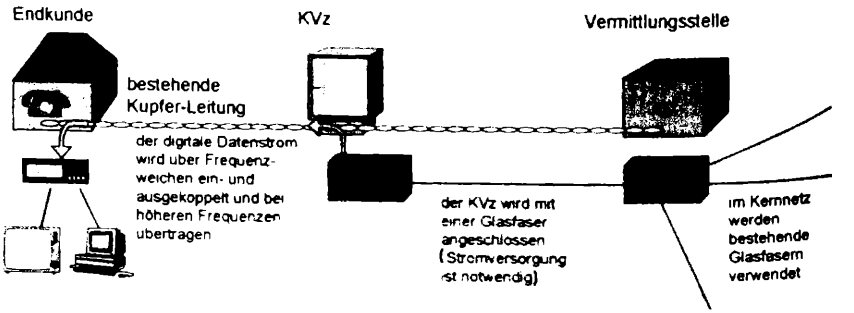


Bild 6: Digitales Breitbandnetz bei Benutzung der Telefonleitungen

Für die breitbandige Kommunikation auf Telefonleitungen stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) und SDSL (Symmetrical Digital Subscriber Line) stellen Datenraten bis zu 8 Mbit/s zum Kunden und 640 kbit/s vom Kunden bzw. 2 Mbit/s in beiden Richtungen zur Verfügung ([1]). Die Reichweite der Systeme erlaubt die Versorgung der meisten Kunden direkt von der Vermittlungsstelle. VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line) ermöglicht bis zu 25 Mbit/s in beiden Richtungen, hat aber eine wesentlich kürzere Reichweite. Von den Kabelver-

[2] Siehe auch denBeitrag von Wolfgang Schmid sowie den Beitrag von Reinhold Müller in dieser Ausgabe.

zweigern ist die Versorgung fast aller Teilnehmer mit 25 Mbit/6 Mbit/s downstream/upstream möglich. Man beachte, daß jeder Telefonkunde seine eigene Leitung besitzt. Wenn also das Transportsystem aus ONE und OKS ausreichend dimensioniert ist, kann jeder Teilnehmer gleichzeitig die volle Kapazität seiner Leitung ausschöpfen.

Für die Nutzung der Koaxialleitungen zeigt Bild 7 den Aufbau eines HFC-Systems (Hybrid Fiber Coax). Hier wurde angenommen, daß die Glasfaser bis zu den C-Verstärkern ausgebaut wird, die bezüglich des Anschlußbereichs in etwa den KVz entsprechen.

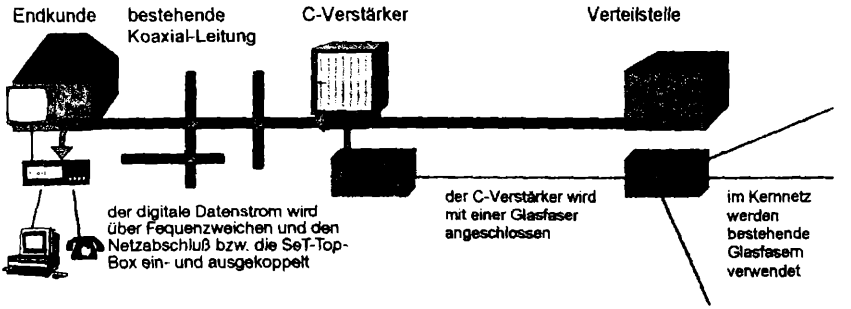


Bild 7: Digitales Breitbandnetz bei Benutzung der Koaxialleitungen

Der prinzipielle Aufbau ist vergleichbar, allerdings stellt das Koaxialkabelnetz ein Baumnetz dar. Das bedeutet, daß sich die Leitungen vielfach verzweigen. An einen typischen C-Verstärker sind etwa 100 Haushalte angeschlossen (vergleichbar mit den rund 200 Haushalten pro KVz). Nutzen alle diese Haushalte die digitalen Dienste, muß die im Kabel verfügbare Datenrate von einigen 100 Mbit/s auf alle Nutzer aufgeteilt werden. Die Kapazität eines Koaxialkabels liegt zwar deutlich über der einer Telefonleitung, die Gesamtkapazität pro C-Verstärker ist aber geringer als die eines KVz. Für Verteildienste eignet sich das Baumnetz hervorragend, da sowieso jeder Teilnehmer das gleiche Signal erhält. Für Internet, SDV oder VoD ist das Sternnetz besser geeignet, da jeder Teilnehmer mit seinem separaten Datenstrom versorgt wird.

3 Vergleich der Netztechnologien bei verschiedenen Anwendungen

In Tabelle 2 werden die Leistungsfähigkeiten von BK-Netz und TK-Netz unter den oben gemachten Annahmen gegenübergestellt.

Anwendung	TK-Netz	BK-Netz	Bemerkung
Telefon	vorhanden	mit Modem praktisch ohne Einschränkung	-
Internet-Telefon	realisierbar	realisierbar	-
digitales Verteil-Fernsehen	wenige Kanäle möglich	mit bis zu 200 neuen Kanälen	unabhängig von der Größe des Versorgungsbereiches
SDV	realisierbar für fast alle Nutzer	realisierbar mit Einschränkungen	Engpässe bei großen BK-Netzen und vielen Nutzern
VoD	realisierbar für fast alle Nutzer	realisierbar mit Einschränkungen	-
Internet	realisierbar	realisierbar	-

Tabelle 2: Vergleich von BK- und TK-Netz für verschiedene Anwendungen

Das TK-Netz hat dort Vorteile, wo es um nutzerspezifische Datenübertragung geht, also bei SDV, VoD und Internet, da jeder Teilnehmer eine eigene Leitung besitzt. Folgendes Rechenbeispiel soll dies verdeutlichen.

- An einen KVz sind 200 Nutzer angeschlossen. Jeder Nutzer erhält eine VDSL-Leitung mit 25 Mbit/s Kapazität. Die Gesamtkapazität beträgt dann 5 000 Mbit/s.

- An einen C-Verstärker sind im Mittel etwa100 Nutzer angeschlossen. Zur digitalen Informationsübertragung (ohne Verteildienste) stehen je nach Gesamtbelegung des Frequenzbereichs 10 bis 30 Kanäle mit je 8 MHz zu Verfügung, die jeweils 38 Mbit/s erlauben. Damit beträgt die Gesamtkapazität 380 bis 1 148 Mbit/s. Wären alle Nutzer gleichzeitig aktiv, könnte jeder etwa 4 bis 10 Mbit/s erhalten. Bei einer als mittelfristig zu betrachtenden Penetration von ca. 30 % tatsächlicher Dienstenutzer wäre die Kapazität bei hundertprozentiger Gleichzeitigkeit für ein Teilnehmer-Cluster von 100 Nutzern etwa vergleichbar. In den Innenstadtbereichen mit deutlich größeren Nutzerzahlen pro C-Verstärker müßte die Glasfaserstruktur für diesen Anspruch näher zum Kunden gebracht werden.

Sollen digitale Programme verteilt werden (Bedarf 2 Mbit/s pro Kanal), kann jeder VDSL-Nutzer theoretisch 12 Programme erhalten (bei kompletter Belegung der Kapazität). Für die BK-Nutzer stehen dagegen dank der Baumstruktur bis zu 150 Programme zur Verfügung. Hier zeigt sich das entscheidende Problem bei der Diskussion um die Dimensionierung der Netze, ebenso wie beim Vergleich der Vorteile. Je nach Annahme unterschiedlichen Nutzerverhaltens und des Prozentsatzes der Breitbandkunden kommt man zu völlig un-

terschiedlichen Ergebnissen. Nimmt man einen hohen Anteil von Verteildiensten an und nur wenige Nutzer von interaktiven Diensten oder aber nur kurze Nutzungszeiten, hat das BK-Netz Kapazitätsvorteile. Nimmt man dagegen überwiegend interaktive Dienste mit hohen Datenraten, langen Nutzungszeiten und vielen Teilnehmern an, ist das TK-Netz besser geeignet. Bild 8 zeigt ein Beispiel für die Nutzung der Frequenzbereiche im BK-Netz.

Bisherige Überlegungen gehen jedoch davon aus, daß der größte Teil der neu geschaffenen Kapazität tatsächlich für digitale Verteildienste genutzt wird. Für interaktive Nutzung soll nur ca. 150 bis 200 Mbit/s Gesamtkapazität bereitgestellt werden. Im folgenden Abschnitt wird gezeigt, daß gerade die Kapazitätsbeschränkung in einem Baumnetz, verbunden mit der Struktur des Netzes, zu Problemen führen kann.

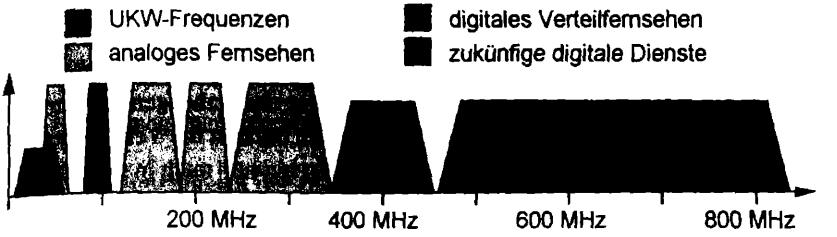


Bild 8: Mögliche Frequenznutzung im BK-Netz

4 Größe der Anschlußbereiche

An einen C-Verstärker bzw. an einen KVz sind im Mitteletwa gleich viele Haushalte angeschlossen. Allerdings ist die Verteilung der Kundenzahlen im Telefonnetz viel homogener. Maximal 400 Haushalte sind pro KVz angeschlossen, während es an einem C-Verstärker auch einige tausend sein können, wie Bild 9 schematisch verdeutlicht.

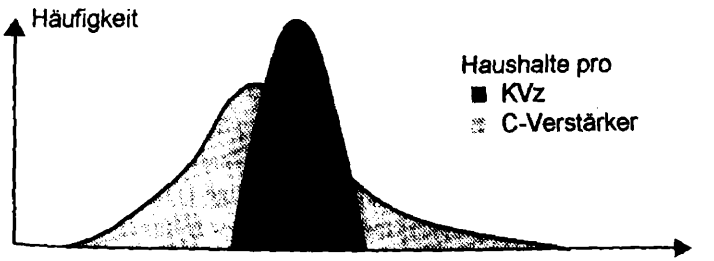


Bild 9: Schematische Verteilung der Haushalte an KVz und C-Verstärker

Für den Aufbau der Netze hat das unterschiedliche Konsequenzen. Es soll angenommen werden, daß die Dichte der Haushalte, die Interesse an den neuen Diensten haben, in etwa gleich und am Anfang erst einmal niedrig ist. Im BK-Netz bedeutet das, daß an C-Verstärkern mit sehr vielen angeschlossenen Haushalten sehr schnell relativ viele potentielle Kunden auftreten. Hier lohnt es sich, die aufwendige Technik möglichst bald anzuschließen. An C-Verstärkern mit nur wenigen angeschlossenen Haushalten ist es vergleichsweise unwahrscheinlich, daß Breitband-Interessenten auftreten.

Im TK-Netz bedeutet die gleiche Situation, daß verhältnismäßig schnell an allen KVz Interessenten auftreten, aber an jedem KVz nur relativ wenige. Das hat zur Folge, daß schon am Anfang des Netzausbaus ein hoher technischer Aufwand nötig ist. Bei steigender Anzahl von interessierten Kunden und steigenden Nutzungszeiten und Bitraten, wie sie durch sich etablierende Anwendungen zu erwarten sind, ändert sich die Situation grundlegend. An C-Verstärkern mit mehreren tausend Haushalten übersteigt der Bedarf schnell die Kapazität des Koaxialkabels, da ja alle Teilnehmer das Kabel gemeinsam nutzen. Um weiter alle Kunden bedienen zu können, müssen die Versorgungsbereiche aufgeteilt werden. Auf der anderen Seite treten nun auch in sehr kleinen C-Verstärker-Bereichen Interessenten auf, so daß mehr oder weniger alle Verstärkerpunkte aufgerüstet werden müssen.

Für das TK-Netz sieht die Situation jetzt günstiger aus. Bereits in der Anfangsphase mußten alle KVz aufgerüstet werden. Der Anschluß weiterer Kunden erfolgt relativ gleichmäßig, da die maximale Zahl der Haushalte pro KVz begrenzt ist. Da jeder Haushalt über eine eigene Leitung angeschlossen ist, treten keine Kapazitätsengpässe auf. Gegebenenfalls muß das Glasfaser-Zubringersystem aufgerüstet werden. Die Glasfaser bietet dafür aber eine fast unbegrenzte Kapazität.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das BK-Netz deutlich günstiger für die Versorgung weniger Kunden in großen Anschlußbereichen geeignet ist, aber bei starker Nutzung der Breitbanddienste in Kapazitätsengpässe gelangen kann. Diese treten im TK-Netz aufgrund der homogeneren Struktur kaum auf, allerdings ist ein hoher Anfangsaufwand nötig. Bei Vollausbau sind sowohl im TK- als auch im BK-Netz etwa 200 000 Punkte anzuschließen. Auch die Übertragungstechnik ist ähnlich komplex, so daß sich der technische Aufwand vergleichen läßt. In beiden Netzen gibt es vielfältige Überlegungen zur Reduktion des technischen Aufwands, insbesondere in der Anfangsphase. Dazu gehören die Idee des Zusammenfassens mehrerer C-Verstärker oder KVz zu aktiven Breitbandzugängen und die Fernspeisung der Elektronik mit elek-

trischer Energie. Auch hier sind keine prinzipiellen Unterschiede in den technischen Konzepten vorhanden.

5 Vielfachzugriff und IP

Viel Beachtung findet auch die Frage, ob das BK-Netz mit seiner Baumstruktur besser an das Internet-Protokoll angepaßt ist als das sternförmige TK-Netz. Dazu muß man bedenken, daß in beiden Fällen verschiedene Probleme zu lösen sind. Zunächst stellen die Nutzer Quellen dar, die mehr oder weniger zufällig Daten erzeugen. Es wird vorkommen, daß mehrere Nutzer zur gleichen Zeit senden. In einem Sternnetz werden die Daten im zentralen Knoten (hier also in der Vermittlungsstelle) zusammengefaßt. Dort treten dann Kollisionen auf. In einem Baumnetz kommt es bereits auf dem Kabel zur Kollision, d. h., die Sendesignale überlagern sich und sind natürlich nicht mehr auswertbar.

Das Netzmanagement hat in beiden Architekturen folgende Aufgaben zu lösen:

- Zusammenfassen der zufällig gesendeten Datenpakete (Multiplexen),
- Management der Kapazität, also Begrenzung der Summe aller Einzeldatenströme auf die maximale Bitrate der weiterführenden Leitung,
- Kontrolle des Zugriffs auf das gemeinsame Kabel im Baumnetz bzw. Vermeidung von Kollisionen beim Multiplexen im Sternnetz.

Bild 10 zeigt dies schematisch für Stern- und Baumstruktur.

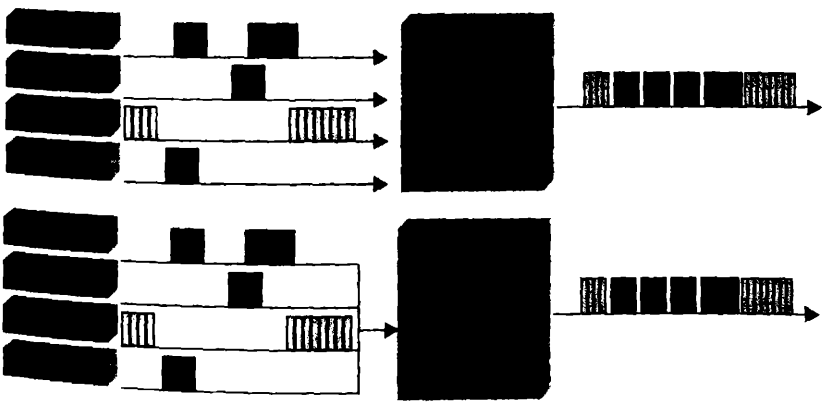


Bild 10: Multiplexen der Nutzer-Daten im Sternnetz (oben) und im Baumnetz (unten)

In einem Sternnetz gibt es prinzipiell verschiedene Möglichkeiten, diese Aufgabe zu lösen. Zum Beispiel teilt man jedem Nutzer bei Bedarf Zeitschlitze zu, in denen er senden darf (diese müssen keinesfalls gleichmäßig verteilt sein). Damit kommen dann die Pakete schon „sortiert" in der Vermittlungsstelle an und müssen nur noch auf die gemeinsame Leitung geführt werden. Die zweite Möglichkeit besteht darin, für jeden Nutzer einen Zwischenspeicher (Puffer) in der Vermittlungsstelle bereitzuhalten. Senden mehrere Teilnehmer gleichzeitig Daten ab, werden diese erst einmal gespeichert und dann nacheinander abgerufen. Erst wenn ein Puffer voll ist, wird dem Teilnehmer eine Überlastsituation signalisiert, damit er das Senden abbricht.

In Baumnetzen entfällt die Möglichkeit der Pufferspeicherung, da gleichzeitiges Senden bereits auf dem Kabel zu Kollisionen und damit automatisch zum Zerstören der Signale am Empfänger führt. In jedem Fall ist eine Zugriffssteuerung notwendig. Dabei ordnet man jedem Teilnehmer entweder Zeitschlitze, Frequenzbereiche oder auch bestimmte Codes zu. Bei der Zeitschlitz-Zuordnung ist auch die Funktion des Multiplexens gleichzeitig erfüllt. Bei Zuordnung getrennter Frequenzen (Kanäle) oder Codes erfolgt das Multiplexen wie im Sternnetz (jede Frequenz bildet dann eine Art virtuelle Leitung).

Für Internet-Anwendungen verzichtet man derzeit noch auf Kontrolle der Aktivität der Sender. Vielmehr läßt man Kollisionen zu, die festgestellt werden. Die Teilnehmer werden dann nach Abwarten bestimmter unterschiedlicher Verzögerungszeiten erneut versuchen, die Daten zu übertragen. Zum Übertragen von Datenpaketen ist dies optimal. Der technische Aufwand ist sehr gering, da das zentrale Kapazitätsmanagement entfällt. Dafür gibt es keine Garantie für eine konstante Bitrate oder für die Einhaltung einer Verzögerungszeit. Vor allem bei zunehmender Auslastung steigt die Anzahl der Kollisionen und damit die Wartezeit bis zur erfolgreichen Übertragung. Bei hoher Netzlast führen die häufigen Wiederholungen zur Blockade.

In Richtung zum Kunden ist die Situation etwas anders. Hier sind die Datenpakete schon „sortiert". Beim BK-Netz können sie einfach weitergegeben werden, und jeder Nutzer entnimmt sich seine Daten (ggf. durch Codierung vor fremden Zugriff geschützt). Beim TK-Netz müssen die Daten durch Demultiplexen aufgeteilt werden, allein schon durch die niedrigere Bitrate auf der Kupferleitung bedingt. Bild 11 und Bild 12 zeigen diesen Vorgang.

Auch hier wird wiederum klar, daß bestimmte Vor- oder Nachteile von BK- und TK-Netz immer auf spezifischen Annahmen beruhen. Für ein Netz mit der Möglichkeit zur Verwaltung der Bandbreite ist in jedem Fall ein Protokoll

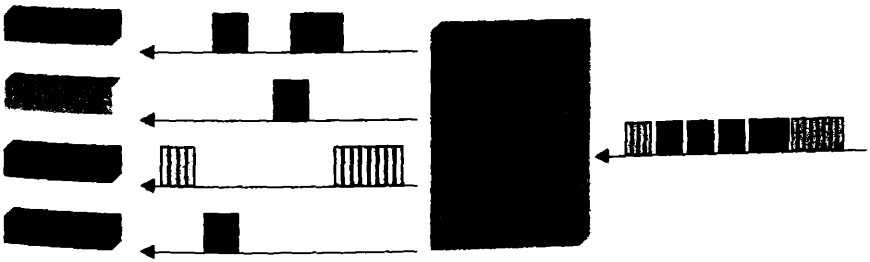


Bild 11: Demultiplexen der Nutzer-Daten im Sternnetz

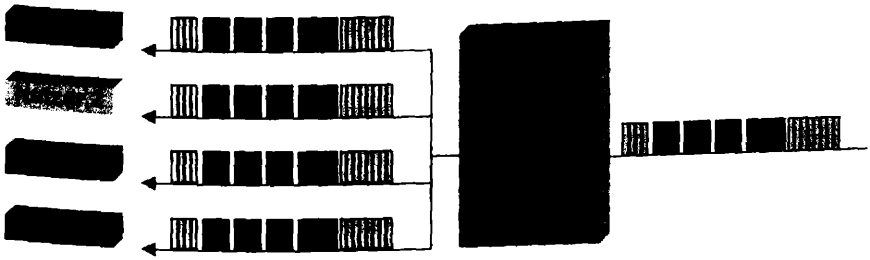


Bild 12: Verteilung der Nutzer-Daten im Baumnetz

zur Verteilung der Ressourcen (Vielfachzugriffsprotokoll) notwendig. Im Sternnetz können die Multiplexfunktion und der Zugriff auf die Leitung getrennt werden. Im Baumnetz erfolgt dies in einem Schritt, erfordert aber die gleiche Funktionalität, wenn auch mit spezifischen Anforderungen an die Übertragungstechnik.

6 Der Markt für neue Dienste

Deutschlands Telekommunikationsnetze sind sehr gut ausgebaut. Die Kabelqualität und die gute Strukturierung der Netze mit Zugangsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Netzebenen erlauben die Nutzung mit qualitativ hochwertigen Anwendungen.

Im Bild 13 wird das Potential für die verschiedenen Anwendungen gezeigt. Von den ca. 40 Millionen privaten Haushalten in Deutschland haben fast alle einen Telefonanschluß. Ungefähr zwei Drittel der Haushalte sind an das BK-Netz angeschlossen, wovon wiederum ca. 2/3 tatsächlich Nutzer sind. Der größere Teil der Kunden mit BK-Anschluß dürfte auch einen TK-Anschluß besitzen, so daß die Zahl der BK-Kunden ohne Telefonanschluß nicht sehr groß ist. Betrachtet werden sollen hier nur die Gruppen von Haushalten mit TK-Abschluß bzw. sowohl mit TK- als auch mit BK-Anschluß.

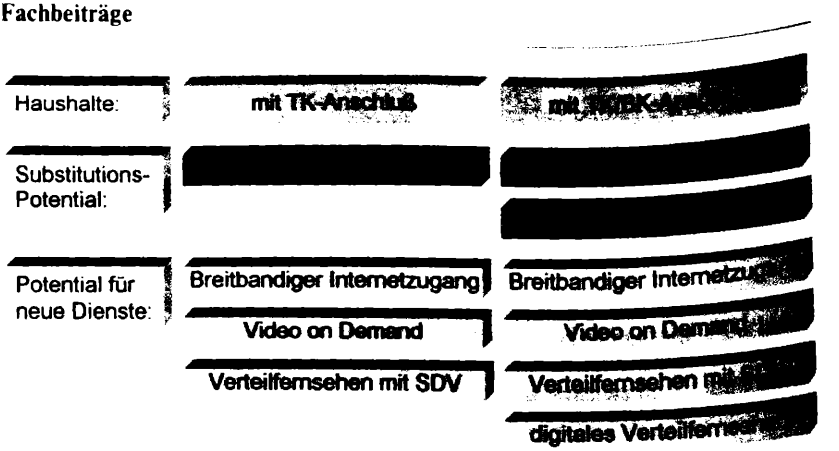


Bild 13: Struktur von TK- und BK-Markt für neue Anwendungen

Bild 13 bedarf einiger Erläuterungen zu den gemachten Angaben. Für den Nutzer spielt es letztlich keine Rolle, ob der Telefondienst über eine herkömmliche Vermittlungsstelle oder über IP abgewickelt wird, außer es gibt deutliche Kostendifferenzen (gleiche Qualität und Verfügbarkeit vorausgesetzt). Dies gilt auch für die Realisierung des Telefons über Modem bei Koaxialanschlüssen. Somit kann angenommen werden, daß diese Dienste für den herkömmlichen Telefonanschluß als Ersatz dienen können.

Darüber hinaus können viele neue Dienste angeboten werden. Digitales Fernsehen als reiner Verteildienst kann nur über Koaxialkabel realisiert werden, da die Bandbreite der Telefonleitung dafür zu klein ist. Alle anderen Dienste, also breitbandiger Internetzugang, SDV oder VoD, können über beide Netze realisiert werden. Dabei muß beachtet werden, daß eine Plattform, die VoD ermöglicht, immer auch SDV zuläßt und daß eine SDV-Plattform den digitalen Verteildienst im Prinzip überflüssig macht, da sich jeder Kunde seinen gewünschten Kanal selbst auswählen kann. Tatsächlich hat also das TK-Netz gegenüber dem BK-Netz keinerlei technische Beschränkungen. Für die Realisierung auf dem TK-Netz muß nur eine Entwicklungsstufe weiter oben eingestiegen werden, nämlich mit dem aktiven Verteiler in der Vermittlungsstelle. Langfristig hat dabei das TK-Netz den Vorteil der höheren Netzkapazität.

7 Chancen für Netze und Nutzer

Im vorliegenden Beitrag sollte gezeigt werden, daß BK- und TK-Netz ein großes Potential für zukünftige Multimediaanwendungen aufweisen. Aufgrund der un-

terschiedlichen Netztopologien und Anschlußzahlen gibt es je nach Anwendungsszenario für beide Netze Vor- und Nachteile. Das BK-Netz eignet sich hervorragend zur Integration neuer digitaler Verteildienste und ist mit gewissen Einschränkungen auch für interaktive Multimediaanwendungen aufrüstbar. Dabei ist der Aufwand bei der Einführung des Dienstes mit zunächst wenigen Kunden und begrenztem Versorgungsgebiet relativ gering. Das TK-Netz erweist sich als besser geeignet, wenn viele Kunden spezifisch mit großen Datenmengen interaktiv versorgt werden sollen. Eine Plattform für geschaltetes Fernsehen ermöglicht ein unbegrenztes Angebot an digitalen Programmen und läßt sich für Video on Demand und breitbandigen Internetzugang ausbauen. Der Anfangsaufwand ist relativ groß, wird bei flächendeckendem Ausbau aber vergleichbar mit dem Aufwand für den Ausbau des BK-Netzes.

Eine sehr wichtige Rolle für den Erfolg zukünftiger Angebote wird die Bündelung von Diensten haben. Wie Marktanalysen zeigen [2], haben die Nutzer vor allem ein Interesse daran, alle Dienste aus einer Hand zu bekommen. Hier hat das BK-Netz gewisse Vorteile, denn Telefon und digitales Verteilfernsehen lassen sich schnell realisieren. Beim TK-Netz erfordert ein Komplettangebot automatisch den Aufbau einer SDV-Plattform, einschließlich der Endgeräte beim Nutzer. Wenn von vornherein SDV und VoD als Massenprodukt eingeführt werden sollen, hat das TK-Netz gleiche Marktchancen. Dann dürfte sich auch der Vorteil auswirken, daß mit dem TK-Netz Nutzer erreicht werden können, die bisher keinen Zugang zum kabelgebundenen Fernsehen haben. Wie in allen Märkten spielen natürlich Faktoren wie gesetzliche Bestimmungen, Standardisierung, Interessen internationaler Firmenzusammenschlüsse, Werbung und Preispolitik eine bestimmende Rolle. Nicht automatisch wird sich die technisch optimale Lösung durchsetzen.

Für den Nutzer wäre in jedem Fall eine Lösung optimal, die auf die Koexistenz von TK- und BK-Breitbandnetzen setzt. Gelänge es, für beide Netze die gleichen Schnittstellen und Standards durchzusetzen, könnte der Kunde die Anschlußart je nach Verfügbarkeit und Qualität wählen. Rein technisch ist es sogar denkbar, eine Set-Top-Box an beide Netze anzuschließen. Dann würde z. B. das BK-Netz ausschließlich für Verteildienste und das TK-Netz für interaktive Anwendungen genutzt werden.

Als letzter Punkt soll die offene Problematik der Gebäudeverkabelungen angesprochen werden. Sowohl im TK- als auch im BK-Netz ist hier mit Problemen bei der Qualität der vorhandenen Netze zu rechnen (siehe z. B. [3,4]). Andererseits bietet der optimierte Ausbau der Gebäudenetze die Möglichkeit für erhebliche Kosteneinsparungen und völlig neue Anwendungen (Gebäude-

überwachung und -Automatisierung). In den Gebäuden erschließen sich neue Märkte ebenso wie ein Anwendungsfeld für neue Technologien, z. B. optische Polymerfasern oder breitbandige Funklösungen.

8 Schrifttum

[1] Krisor, P.: Die „xDSL-Technologie" als Motor für multimediale Anwendungen. Telekommunikationskongreß 1998, 18.06.98, Hotel Adlon, Berlin

[2] Quayle, J. A., E. E. Harstead, P. C. Becker: The Bundled Full Service (Broadband) Residential Market: Structure, Strategies and Solutions. NOC 2000, Stuttgart, 05.-08.06.2000, S. 102-109

[3] Bartusch, D., B. Cieplicki, M. Driebe, G. Gräter, G. Jankowski, K. Karasch, P. Kruse, W. Leitsmann, S. Rehberg, P. Sarnow, M. Wunsch, O. Ziemann: Infrastrukturelle Voraussetzungen für die Telekommunikation in Mietwohnungen. Bericht der gemeinsamen Arbeitsgruppe Deutsche Telekom AG, NL Berlin, und Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V. (BBU), Juli 1999

[4] Ziemann, O.: Infrastruktur-Konzepte für zukunftsichere Gebäude. Kongreß Wohnungswirtschaft und Telekommunikation, Düsseldorf, 29.11.1999

ADSL, nur eine Revolution im Internet?

Von Werner Reinhold und Harald P. Walz, Köln

Dipl.-Ing. Werner Reinhold, Jahrgang 1966, ist im Vertrieb Deutschland der Siemens AG in München tätig.
Harald P. Walz, Jahrgang 1962, ist Leiter des Vertriebes im Bereich Information and Communications Networks" der Siemens AG in der Zweigniederlassung Dortmund.

1 Einleitung

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) beschleunigt die digitale Datenübertragung wesentlich. Der Einstieg in diese neue Technik bringt auch mittelständischen Unternehmen wirtschaftlichen Nutzen, u. a. durch verbesserte Kommunikationsprozesse und zusätzlich durch die Eröffnung neuer Geschäftsmöglichkeiten. Für eine richtige Entscheidung ist der betriebliche Mehrwert unter Einbeziehung vorhandener Lösungen und der Infrastruktur zu analysieren.

Der Markt diktiert immer mehr die Anforderungen bezüglich Innovations- und Reaktionsgeschwindigkeit. Neue Arbeitsformen und Kommunikationstechnologien und ein immer aufwendiger gestaltetes Informationsangebot im Internet erfordern höchste Datentransferraten. Die analoge Modemtechnologie ist weitestgehend an ihre Grenzen gestoßen, neue digitale Übertragungstechnologien werden gefordert (Bild 1).

Hierbei ist nicht mehr eine Investition in eine Glasfaser-Neuverkabelung die einzige Möglichkeit! Mit ADSL steht nun die Lösung zur Bewältigung des immer stärker ansteigenden Datenstromes vor der Tür. Die extrem hohen Übertragungsgeschwindigkeiten werden auf Basis der seit Jahrzehnten für Telefonverbindungen installierten Zweidraht-Kupferleitungen erzielt. Das bedeutet, daß in jedem Unternehmen bis hin zu fast jedem Privathaushalt die leitungstechnische Voraussetzung bereits geschaffen ist.

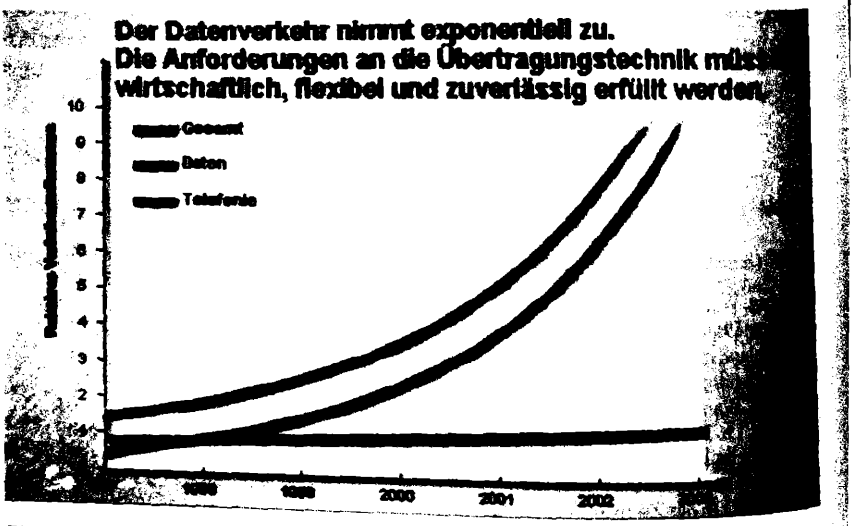


Bild 1. Prognostiziertes Verkehrswachstum

Was ist die Innovation bei ADSL?

Im Gegensatz zur ebenfalls digitalen ISDN-Technologie werden die Datenströme asymmetrisch aufgeteilt. Dies entspricht in fast allen Anwendungen dem Bedarf der Anwender. Für Anfragen werden üblicherweise Steuerbefehle abgesetzt („upstream"), um entsprechend dann voluminöse Daten abzurufen („downstream"). Dies berücksichtigt ADSL mit einer Priorisierung der Datenrate zum Anwender hin. In Verbindung mit revolutionär neu geschaffenen Übertragungsalgorithmen werden so Übertragungsraten von bis zu 8 Mbit/s „downstream" erreicht. Das entspricht dem 125fachen einer ISDN-Verbindung.

Der Entwicklung von Innovationen und neuen Geschäftsmöglichkeiten sind fast keine Grenzen mehr gesetzt, denn eine wesentlich schnellere Datenübertragung bringt nicht nur Zeit- und Kostenersparnis, sondern auch Innovationen und neue Geschäftsmöglichkeiten. Im Consumerbereich wird u. a. der Verkauf von aufwendiger Software oder von Musik-Files (MPEG 3) zum Brennen auf CD über Internet erst bei schneller Datenübertragung wirtschaftlich. Ebenfalls zeigen sich neue Aspekte in den Bereichen Filiallösungen, Teleworking, Schulung und in vielen weiteren datenorientierten Diensten und Leistungen. Man stelle sich nur die Veränderung in den Handelsstrukturen vor, wenn die Kunden alle diese Geschäfte nur noch im Netz abwickeln.

Hinter den Kulissen muß die Infrastruktur an die neuen Anforderungen angepaßt werden. Um z. B. die hohen Datenraten von ADSL im Internet nutzen zu

können, ist die Anbindung der ISP (Internet Service Provider) an das weltweite Computernetz WWW entsprechend mit hoher Bandbreite zu realisieren. Die Betreiber öffentlicher Netze benötigen flexible Netzinfrastrukturen, um die neuen Anwendungen schnell und kostengünstig einzuführen[1].

Auch für die PC-Industrie wird ein Umsatzwachstum erwartet, denn wenn ADSL breit am Markt eingeführt wird, muß entsprechende Prozessorleistung zur Verfügung stehen.

2 Die Anwendungen im Überblick

ADSL ist für das Internet prädestiniert. Die Asymmetrie der Datenübertragung entspricht den Anforderungen der meisten Anwender, die Informationen möglichst schnell zu erhalten (download). Auch wer derzeit die schnellsten verfügbaren Internetzugänge nutzt, kann mit den oftmals erschreckend langsamen Übertragungszeiten nicht zufrieden sein. Mit der Performance von ADSL entstehen völlig neue Märkte und Anwendungen und eine höhere Akzeptanz im Kundenbereich.

Teleshopping- und *E-Commerce*-Anbieter werden den Kunden ihre Waren in Videoqualität zeigen können. Die Zeiten, wo das Recherchieren und Anschauen des Produktangebotes ähnlich teuer wie das Produkt selbst ist, sind dann vorbei. Suchergebnisse werden sekundenschnell präsentiert, die Waren können mit 3-D-Animation realistisch betrachtet werden. Software und Musik können direkt per „download" verkauft werden. Auch wird mit ADSL eine ernsthafte Konkurrenz zum digitalen Fernsehen und zum Videoverleih entstehen. Videoprovider im Internet stehen bereits in den Startlöchern.

Innovative Filialkonzepte profitieren ebenfalls in hohem Maße von ADSL. Entscheidende Kosten- und Zeitvorteile sind im Bereich der LAN-to-LAN-Verbindungen zu erzielen. Unternehmen in Zentral- und Filialstruktur kennen die Probleme der zentral geführten Datenbanken. Diese Lösungen sind zwar in der Anschaffung günstiger und einfacher zu administrieren, der Zugriff auf die Daten gestaltet sich jedoch oftmals zeitkritisch. Die bisher genutzten Festverbindungen (z. B. S_0 oder S_{2M}) sind relativ teuer und im Verhältnis zur 24 h/Tag-Anmietung schlecht ausgelastet. Ganz anders stellt sich die Kostensituation bei ADSL dar. Hierbei fallen im Wählverfahren nur dann Kosten an, wenn die Leitung auch wirklich genutzt wird. Eine bis dato übliche Übertragung hoher Datenmengen in der Nacht ist nicht mehr notwendig, Betriebs-

1 Siehe Beitrag von Peter Lugert und Roger Wenner in dieser Ausgabe.

Bild 2. Beispiel für Teleworking-Lösungen

konzepte können professionell auf die tatsächlichen Bedürfnisse abgestimmt werden, die Filiale verfügt immer über aktuelle Daten und kann damit schneller auf neue Situationen reagieren.

Teleworking-Lösungen werden noch attraktiver. Immer stärker greift die Strategie, Arbeitsplätze zu den Mitarbeitern zu bringen, entweder in Teleworking-Centern oder im Homeoffice. Hierbei ist es besonders wichtig, daß Daten wie etwa große CAD-Dateien oder Grafiken von zentralen Servern eines Intranets (internes Firmennetz) schnell bereitstehen. Entscheidende Vorteile ergeben sich bei Recherchetätigkeiten. Kunden werden ohne Wartezeiten bedient. Interne Abstimmprozesse werden durch den Einsatz von Application Sharing erleichtert. Hierbei können Dateien gleichzeitig während eines Telefonats mit den Kollegen in der Zentrale gemeinsam auf beiden PCs bearbeitet werden (Bild 2).

Im *Schulungs- und Studienbereich* liegen weitere Potentiale. Neue Unterrichtsformen und Anwendungen wie etwa Schulung per Videokonferenz über den PC werden optimiert oder gar erst ermöglicht. Bei dieser Art der Videoübertragung ist es in erster Linie wichtig, daß die Schüler oder Studenten die Informationen mit hoher Qualität und Güte downstream empfangen können. Begleitendes Material zum Unterricht kann direkt mitgesendet werden. Pilotprojekte (z. B. an der Universität Münster) haben gezeigt, daß solche Konzepte sehr bereitwillig angenommen werden und höchst positiv verlaufen.

Das Ende von überfüllten Hörsälen in Hochschulen zeichnet sich ab. Fernuniversitäten erwarten von ADSL ebenfalls neue Impulse.

3 Die Technik im Überblick

XDSL (X-Digital Subscriber Line) ist die Technologie zur Realisierung breitbandiger Angebote über die bereits millionenfach installierte, zweiadrige Telefonanschlußleitung (letzte Meile). Das X steht dabei für die unterschiedlichen Übertragungsarten. Das A in ADSL steht für asymmetrisch. Das bedeutet, daß Daten mit unterschiedlicher Datenrate empfangen bzw. gesendet werden. Downstream (in Empfangsrichtung) können, abhängig von Qualität und Länge der Leitung, bis zu 8 Mbit/s erzielt werden. Upstream (in Senderichtung) sind Datenraten bis zu 800 kbit/s möglich.

Für ADSL wird ein spezielles Modem benötigt. Die Installation der Komponenten erfolgt per Plug and Play-Technik. Auf gewohnten Telefonkomfort muß nicht verzichtet werden. Der ISDN-Basisanschluß oder der traditionelle analoge Telefonanschluß (POTS) wird aus dem Signal mit einem Splitter ausgekoppelt, so daß gleichzeitig(!) hohe Datenübertragung und uneingeschränkte Telefonie (mit zwei B-Kanälen) stattfinden können.

SDSL bietet als symmetrischen Verfahren in beiden Übertragungsrichtungen eine Datentransferrate von bis zu ca. 2 Mbit/s.

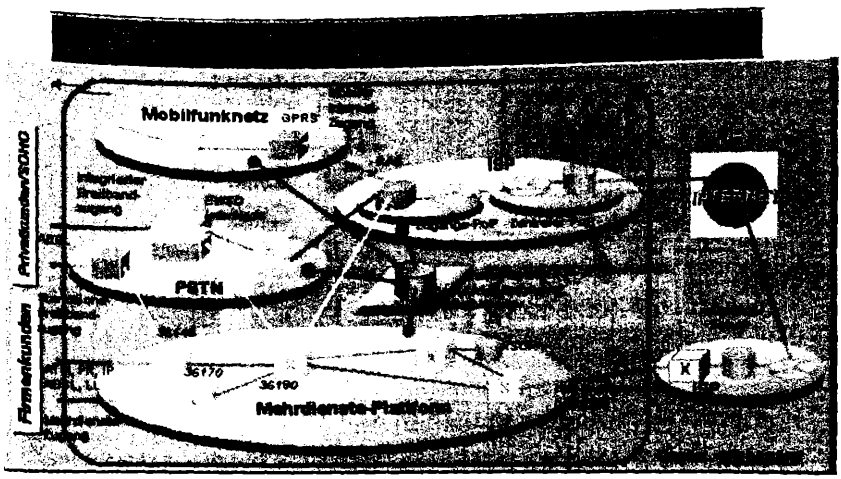


Bild 3

VDSL (Very-high-bit-rate-Digital Subscriber Line) als nächste Generation des digitalen Breitbandzuganges befindet sich noch im Versuchsstadium. Entsprechend der ADSL-Technologie erfolgt die Kanalaufteilung ebenfalls asymmetrisch, allerdings bei nochmals wesentlich höheren Übertragungsraten. Voraussetzung hierfür ist ein Hybridnetz, bestehend aus Kupfer- und Glasfaserleitungen.

Verfügbarkeit: In Deutschland wurden ADSL und darauf aufbauende Anwendungen bereits zur CeBIT '99 u. a. von den großen Carriern vorgestellt oder angekündigt. Für Einzelanwendungen wird z. B. das Paket T-DSL von der deutschen Telekom angeboten. Dies umfaßt den gleichzeitig nutzbaren ISDN-Zugang, das ADSL-Modem und den POTS/ISDN-Splitter und bietet Übertragungsraten von downstream 768 kbit/s und upstream 128 kbit/s. Die maximale Geschwindigkeit von 8 Mbit/s steht in erster Linie für Geschäftskunden mit den Produkten T-InterConnect und T-ATM zur Verfügung (Bild 3).

4 Zusammenfassung

ADSL ist die Zukunftstechnologie für den schnellen Datenaustausch und bietet im kommerziellen Bereich viele neue Perspektiven. Leider ist ADSL zur Zeit noch nicht flächendeckend und nur zu einem relativ hohen Preis verfügbar. Hier ist aktuell ein ähnlicher Wettbewerb wie heute in der Sprachkommunikation zu erwarten. Dann wird ADSL, parallel zu dem weiter ansteigenden

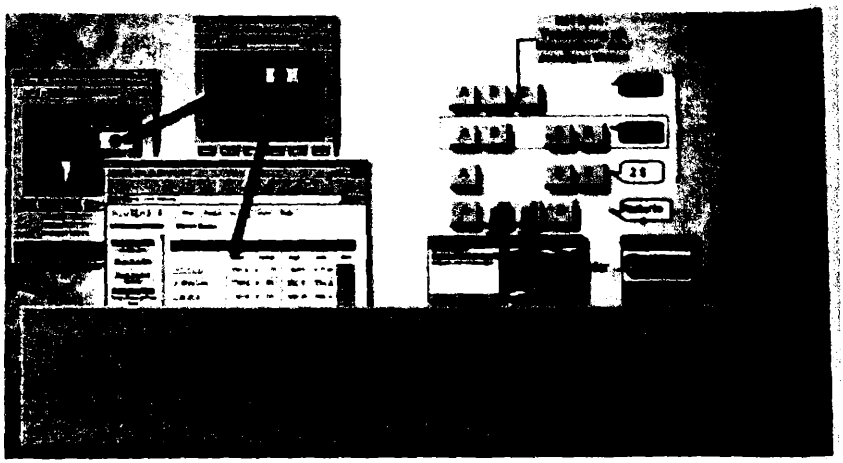


Bild 4

ISDN-Volumen, im Business- und im Homebereich eine rasante Verbreitung finden und viele Anwendungen revolutionieren. Das Internet wird seine Position als globaler, weltweit immer verfügbarer Marktplatz weiter ausbauen. Mit dieser wachsenden Akzeptanz verändern sich vorhandene Vertriebsstrukturen, und neue Firmen entstehen. Teleshopping, Teleworking und Fernuniversitäten werden immer mehr als selbstverständliche Leistungen genutzt werden und unsere Informationsgesellschaft prägen. Es lohnt sich, diese Geschäftsmöglichkeiten zu prüfen und, darauf aufbauend, eigene Ideen zu entwickeln und wirtschaftlich umzusetzen (Bild 4).

ttp

HFC-Netze, neue Dienste und deren Infrastrukturbedarf

Von Wolfgang Schmid, Stuttgart

Dipl.-Ing. Wolfgang Schmid,
Jahrgang 1949, ist bei
Alcatel SEL AG
verantwortlich für das Produktmanagement
im Bereich Cable Access.

1 Einleitung

Die Kabelnetzbetreiber stehen am Anfang einer neuen Ära. Hat man sich in der Vergangenheit hauptsächlich mit der Verteilung von TV- und Audio-Programmen befaßt, rücken jetzt, dank verfügbarer Netzausbaukonzepte, interaktive Dienste in den Vordergrund.[1]

Der mit dem Netzausbau einhergehende Rückwegausbau ermöglicht es, die HFC-Netzplattform um weitere, aus kommerzieller Sicht hochinteressante interaktive Dienste zu erweitern.

Die nicht unerheblichen Investitionen für die Umwandlung eines Fernsehverteilnetzes zu einem Multimedianetz lassen sich nur durch eine umfassende Diensteerweiterung rechtfertigen. Im Vordergrund stehen hier vor allem Sprach- und Datendienste in Form eines PSTN- oder VoIP-Technikansatzes, Datendienste in Form eines breitbandigen Internetzugangs und Videodienste in Form von interaktivem Fernsehen bis hin zu Video on Demand (VoD).

Anhand dieses Beitrages soll speziell auf den Infrastrukturbedarf dieser Dienste eingegangen werden

1 Wie eine HFC-Netzplattform vom klassischen Kabelfernsehnetz zur Multimedia-Netzplattform ausgebaut werden kann, wird im Beitrag „Umbau von Kabelfernsehnetzen zu Multi-Media-Plattformen" von Reinhold Müller in diesem Taschenbuch detailliert behandelt.

2 Sprachdienste auf ausgebauten HFC-Netzen

Die wohl wichtigste Rolle bei der Diensteerweiterung auf HFC-Netzen spielen die Sprachdienste. Hier können auf fundierter Basis aufgrund eines bekannten Angebots und Teilnehmerverhaltens die Geschäftsmodelle ohne hohes kommerzielles Risiko entwickelt werden.

Es wird in diesem Beitrag speziell auf zwei Ansätze eingegangen, den klassischen Ansatz in Form von „Switched Telephony" als unabhängige Dienstepplattform und den Internet-Ansatz mit „Voice over IP" unter dem Gesichtspunkt der integrierten Daten- und Sprachdienste (Abschnitt 3).

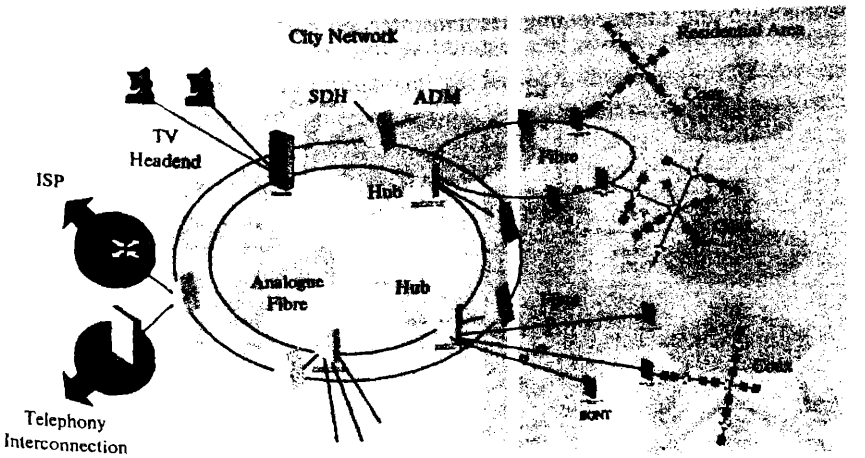


Bild 1: HFC-Netzwerkarchitektur für die Diensteerweiterung

2.1 Kabeltelefonie

Bei dem PSTN-Ansatz, bekannt unter den Begriffen Kabeltelefonie und Cablephone, wird im wesentlichen die HFC-Netzplattform mit technischen Einrichtungen an der Kopfstelle (Headend) durch einen Anschlußknoten (Access Node) erweitert. Auf der Teilnehmerseite stehen als Netzabschluß verschieden ausgebildete Geräte, sog. Koaxialkabel-Netzabschlüsse (Coaxial Network Termination, CNT), mit einer Vielzahl von Teilnehmerschnittstellen zur Verfügung. Details dieser Lösung sind in Bild 2 dargestellt. Der Access Node wird vorteilhaft am Ort einer Vermittlungsstelle untergebracht. Da dies jedoch bei HFC-Netzen nicht unbedingt als gegeben oder realisierbar vorausgesetzt werden kann, ist die Anbindung des Access Nodes über 2-Mbit-Verbindungen ggf.

über eine SDH-Infrastruktur, wie in Bild 1 angedeutet, der wohl am häufigsten anzutreffende Fall. Bild 2 verdeutlicht überdies die für eine interaktive Diensteerweiterung vorteilhaft anzuwendende Netztopologie in Form von Ringstrukturen mit Netzübergangsmöglichkeiten an Kopfstellen und Verteilzentralen.

Auf Teilnehmerseite unterscheidet man im wesentlichen zwei Ansätze, den Netzabschluß in Form eines Gerätes mit einer oder mehreren POTS-Schnittstellen oder einer ISDN-Schnittstelle, verpackt in einem Wandgehäuse für Innen- und Außenmontage, oder den Netzabschluß mit einer Vielzahl von POTS- oder ISDN-Schnittstellen (30 bis 40), verpackt in einem Baugruppenträger und einem Wandschrank zum Einsatz in Technikräumen bei Mehrfamilienhäusern und Einbeziehung des hausinternen Kupferdoppeladernetzes.

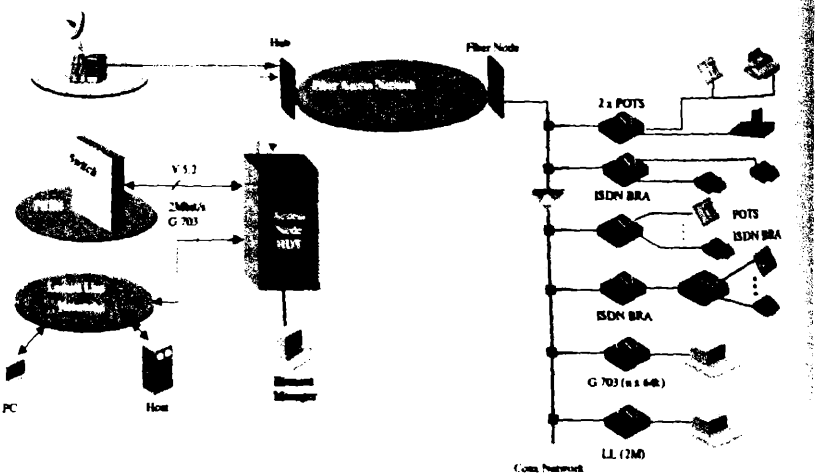


Bild 2: Kabeltelefonie-Diensteerweiterung

2.2 Element-, Netz- und Servicemanagement

Die bisher vorgestellten Komponenten sind für einen Betrieb unabdingbar. Im folgenden wird auf Systemaspekte bezüglich der Verfügbarkeit und des Betriebens eingegangen. Die zuverlässige und technisch einwandfreie Bereitstellung eines Dienstes ist letztendlich für den Erfolg oder Mißerfolg eines Dienstes im Dienstemix eines HFC-Netzes verantwortlich.

Für den Betrieb eines im weitesten Sinne interaktiven Dienstes auf „pay per event"-Basis ist einerseits ein integriertes Netzmanagement-System erforderlich.

Was ist darunter zu verstehen? In bezug auf seitherige Kabelfernsehnetze ist hier das Management der einzelnen Netzelemente der HFC-Netzplattform zu verstehen, ergänzt um das Netzmanagement bei Mehrwegeführung im Zubringerbereich. Hinzu kommt außerdem das Management für die servicespezifischen Netzkomponenten; im Falle der Kabeltelefonie sind es der Netzabschluß und der Anschlußknoten und deren Verknüpfung im Netzmanagement mit den Informationen der Netztopologie. Nur durch diese Integration können zeitlich adäquate Entstörung und rechtlich unantastbare Einzelgesprächsabrechnung gewährleistet werden.

Als Basis für die Kundenbetreuung ist ein Servicemanagement-System unabdingbar. Es ist einerseits mit den Netzkomponenten des betreffenden Dienstes über das Netzmanagement-System verbunden und andererseits über entsprechende Daten und Sprachschnittstellen mit Kunden, Banken, Installations- und Entstördiensten. Das Zusammenwirken der verschiedenen Einrichtungen ist in Bild 3 dargestellt.

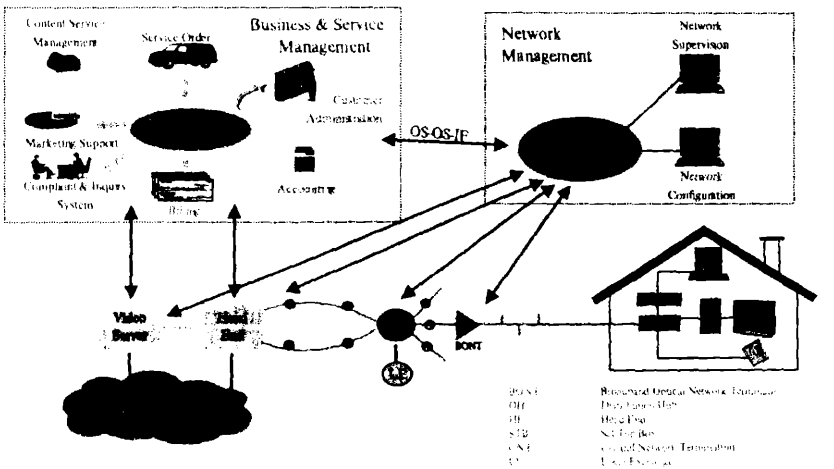


Bild 3: Element-, Netzwerk- und Servicemanagement

2.3 Dienstequalität am Beispiel Kabeltelefonie

Der Begriff Dienstequalität oder englisch „Quality of Service" (QoS) bezeichnet die technisch einwandfreie Verfügbarkeit eines Dienstes für den Endnutzer.

Für den hier beschriebenen Fall der Erweiterung von Sprachdiensten auf HFC-Netzen muß diese Thematik vertieft werden, da bei Rundfunkdiensten

dem Endteilnehmer üblicherweise eine monatliche Gebühr abverlangt wird. Bei der Erweiterung des Diensteangebotes auf HFC-Netzen dürfen aus wettbewerbsrelevanten Gesichtspunkten regulatorische Aspekte nicht außer acht gelassen werden. Ein für die Belange des Infrastrukturbedarfs wesentliches Thema besteht in diesem Zusammenhang in der Diensteverfügbarkeit und in den daraus abzuleitenden technischen und organisatorischen Notwendigkeiten.

Themen, die hier eine wesentliche Rolle spielen, sollen kurz angesprochen werden.

- Qualitätsanforderungen an die Technik
  (Ausfallwahrscheinlichkeit, Geräteredundanz):
  In diesem Zusammenhang ist einerseits die Ausführung der Geräte zu sehen. Unter dem Begriff „Carrier Class" versteht man z. B. Geräte mit gedoppelter Stromversorgung und gedoppelten Bussystemen. Andererseits werden einfach Geräte gedoppelt oder mit „1-zu-n"-Redundanz über eine Schaltmatrix im Fehlerfall ersatzgeschaltet.

- Anforderungen an die Netzinfrastruktur (Wegeredundanz):
  Der wohl am meisten gefürchtete Fehlerfall ist der Kabelbruch, häufig verursacht durch Baggerarbeiten. Die in den Fernnetzen übliche Mehrwegeführung wird heute üblicherweise auch im Anschlußliniennetz in Form von Ringstrukturen verwendet, insbesondere dann, wenn (wie im Falle von HFC-Netzen) eine Servicebündelung vorliegt.

- Energieversorgung
  (Notstromversorgung, Fernspeisung, Batteriepufferung):
  In Mitteleuropa wird dieser Thematik kein großer Stellenwert beigemessen, da üblicherweise Fernmeldedienstgebäude über Batteriepufferung und Notstromversorgung verfügen und da außerdem die Ausfallsicherheit der Netzversorgung durch das Verbundnetz der Energieversorger sehr hoch ist. Anders sieht es z. B. in Nordamerika aus, wo durch überwiegende Luftverkabelung und große Häufigkeit von Wirbelstürmen ein mehrstündiger, ja sogar tagelanger Netzausfall auftreten kann. Hier werden die Einspeisepunkte der HFC-Netze mit Notstromversorgungen versehen, bestehend aus Gasturbine, Reservetank, Generator und Fernspeisenetzteil mit Batteriepufferung.

- Fehlereingrenzung (Element- und Netzmanagement):
  Um in einem weitverzeigten HFC-Netz (Regionalbereich) im Fehlerfall eine durchschnittliche Entstörzeit von unter zwei Stunden einhalten zu

können, darf die Fehlerlokalisierung nur im Minutenbereich liegen, damit dem Entstörpersonal eine angemessene Zeitspanne bleibt.

- Fehlerbehebung
  (Servicemanagement, Steuerung des Entstörpersonals):
  Der Steuerung und Information des Servicepersonals kommt eine wesentliche Rolle bei einer zeitkritischen Entstörung zu. Systemkomponenten wie GPS-Zielführung und mobile Datenübertragung zum Zweck der Fehlerinformation und des Ersatzteilmanagements sind hier zwingend notwendig.

- Betriebspersonal
  (Betriebskonzept, Personalstärke, Organisation):
  Der Grad der Serviceverfügbarkeit ist ebenfalls ein Maßstab. Eigen- oder Fremdpersonal, der Einsatz von lokal vertrautem Personal des Handwerks, 24-Stunden-Service und der daraus resultierende Personalbedarf sowie deren Einsatzplanung stellen Kabelnetzbetreiber von Multiservice-HFC-Netzen vor neue Aufgaben, die sich durch ein Servicemanagement relativ einfach beherrschen lassen.

- Kundeninformation (Servicemanagement):
  Eine rechtzeitige Kundeninformation, z. B. bei vorbeugender Wartung oder vor einer Umstrukturierung des Programmangebotes, läßt sich einfach über E-Mail oder Sprachdienste durch das Servicemanagement-System erledigen.

Die hier angesprochenen Themen sind für Sprachdienste relevant, insbesondere dann, wenn auch Life Line Service im Sprachdiensteportfolio mit enthalten ist. Adäquate Gesamtsystemlösungen müssen in diesem Zusammenhang Länder und Netzbetreiber individuell in Abhängigkeit von den regulatorischen Randbedingungen entwickeln.

3 Daten- und integrierte Sprachdienste auf HFC-Netzen

3.1 Schmalband-Netzzugang

Heute benutzen mehr als 95 % der Internet-Teilnehmer analoge oder digitale Modemtechnologie wie POTS bzw. ISDN, um sich über das Kupferdoppelademetz an das Internet anzuschließen.

Bei diesem Dienst wählen sich die Teilnehmer in einen sogenannten ferngesteuerten Anschlußknoten oder Remote Access Node (RAN) ein, der den Benutzer erkennt und den Zugang zum Netz des Dienstanbieters ermöglicht.

Zum Einsatz dieses Dienstes auf HFC-Netzen benötigt man den Netztopologien und dem Übertragungsverhalten speziell angepaßte Netzelemente. Auf der Teilnehmerseite ist dies ein sog. Kabelmodem nach DOCSIS- oder DVB-Standard, auf der Headend-Seite ein Cable Modem Termination System (CMTS) nach DOCSIS-Standard oder ein Interaktiver Netzwerk-Adapter (INA) nach dem DVB-Standard. Diese Netzelemente stellen über Ethernet-Schnittstellen die Verbindung zum vorgenannten RAN her. Die wesentlichen Aufgaben des CMTS bzw. INA sind die Steuerung der Systemelemente (Kabelmodems) im Netz, die physikalische Anpassung der Einrichtung an die HFC-Übertragungsmedien sowie die Herstellung der Schnittstelle zum RAN. Bild 4 zeigt eine Netzwerkübersicht und verdeutlicht, welche Netzelemente für Datendienste, unabhängig von der Technologie des Anschlußnetzes, genutzt werden und welche als Systemeinheit dem jeweiligen Übertragungsmedium des Anschlußnetzes Rechnung tragen.

Während anfänglich der RAN nur für die Benutzer-Authentisierung zuständig war und ein Router die Verbindung der Netzeinrichtung mit dem Wide Area Network (WAN) herstellte, unterstützen die heutigen integrierten Lösungen der RANs die sogenannten AAA-Dienste (Authorisierung, Authentisierung und Accounting) und eben auch das Routing mit einer Anzahl von Internet Routing-Protokollen.

3.2 Breitband-Netzzugang

Den Netzzugang über ISDN- oder Analog-Modems in Verbindung mit der Kupferdoppelader als Übertragungsmedium bezeichnet man üblicherweise als Schmalbandzugang. Die ADSL-Technologie und Kupferdoppeladern oder die Kabelmodem-Technologie und HFC-Netze bieten dem Teilnehmer die Möglichkeit des Breitband-Netzzugangs und, damit verbunden, die Nutzung von Breitbanddiensten. Netzbetreiber werben mit der Möglichkeit eines Breitband-Netzzugangs, aber was bedeutet „Breitband" oder „High Speed"?

Auf Kupfernetzen bieten die meisten Netzbetreiber ihre Dienste mit Übertragungsraten zwischen ISDN und Leased Line Services mit 2 Mbit/s an (128/200/384/768/1544 kbit/s); auf HFC-Netzen kann das Diensteangebot in Verteilrichtung mit wesentlich höheren Bitraten realisiert werden. Detail

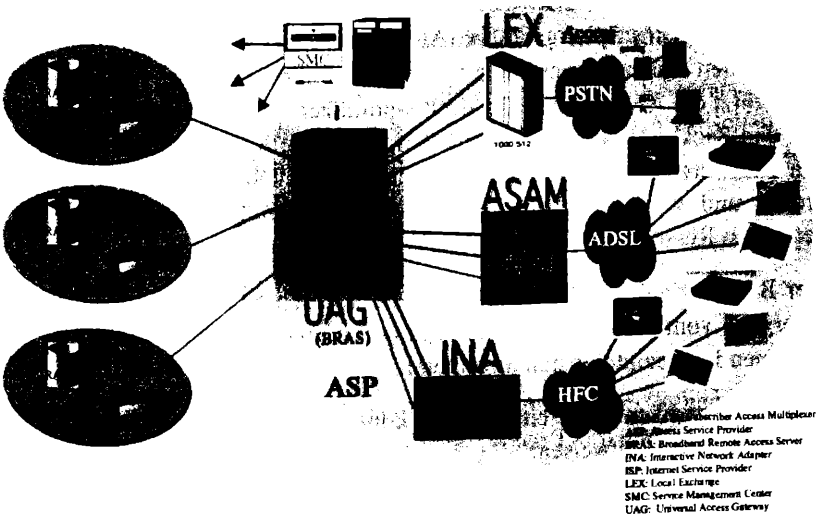


Bild 4: High Speed Access-Gesamtsystemlösung

zu Down- und Upstream-Bitraten sind standardabhängig in Tabelle 1 dargestellt.

Downstream- und Upstream-Bitraten

Standard	Downstream Mbit/s	Bandbreite Modulation	Upstream Mbit/s	Bandbreite Modulation
DVB (Inband)	38	8 MHz / QAM 64	0,256	0,2 MHz/DQPSK
	52	8 MHz/QAM 256	1,544	1 MHz/DQPSK
			3,088	2 MHz/DQPSK
			6,176	4 MHz/DQPSK
DVB (Out of Band)	1,544	1 MHz/DQPSK		
	3,088	2 MHz/DQPSK		
DOCSIS	27	6 MHz / QAM 64	0,32	0,3 MHz/QPSK
	42	6 MHz/QAM 256	0,64	0,6 MHz/QPSK
			1,28	1,2 MHz/QPSK
EuroDOCSIS	38	8 MHz / QAM 64	2,56	2,5 MHz/QPSK
	52	8 MHz/QAM 256	5,12	5,2 MHz/QPSK

Tabelle 1: Standardabhängige Bitraten

Wenn das Backbone-Netz jedoch nicht die erhöhten Datenraten des Anschlußnetzes befriedigen kann, ist der Breitbandnetzzugang des Endteilnehmers keine konkurrenzfähige Lösung für World Wide Web-(WWW-)Anwendungen. Um diese Problematik in den Griff zu bekommen, wird der Breitband

Remote Access-Server (BRAS) mit hochbitratigen Backbone-Verbindungen (≤ 155 Mbit/s)ins Spiel gebracht. Als Grundfunktionalität bietet der BRAS die gleichen Leistungsmerkmale wie der „Schmalband-RAS" (NB-RAS). Er unterstützt die AAA-Dienste für Breitbandnutzer. Bevor die Breitbandteilnehmer den Backbone-Netzzugang erhalten, findet die Authentisierung statt, werden Ressourcen aufgrund einer abgeschlossenen Dienstevereinbarung zugeordnet und wird dafür gesorgt, daß die Abrechnung entsprechend den genutzten Ressourcen erfolgt.

Der BRAS erlaubt es den Diensteanbietern, ihren Kunden einen gleitenden Übergang vom Schmalband-Wählzugang mit zugeordnetem Internet-Service zu neuen Breitbanddiensten anzubieten.

Um Breitbanddienste bereitstellen zu können, muß ein BRAS folgende Leistungsmerkmale aufweisen:

- Skalierbarkeit, um Zehntausende von PVCs und PPP-Sessions zu terminieren;
- Interoperabilität mit einer Vielzahl von ASAMs, CMTSs und INAs;
- Flexibilität zur Unterstützung von ATM- und FR-basierten Dienste-Architekturen;
- Einfaches Internetworking zwischen Layer-2- und Layer-3-Diensteanbietern.

Aus Sicht des Breitbandteilnehmers funktioniert das in Bild 4 dargestellte Modell folgendermaßen:

- Der Teilnehmer leitet eine PPP-Session unter Nutzung von username@domain.net-Informationen mit dem BRAS ein.
- Der BRAS extrahiert den Domain-Namen vom Login-Benutzernamen, stellt den Domain-Namen zur Authentisierung bereit und leitet dann die Teilnehmernutzinformation zu dieser Domain.
- Als Alternative kann der Benutzer durch seine MAC-Adresse authentisiert und zu einer personifizierten Web-Page geführt werden. Von hier kann der Benutzer ein Ziel auswählen.
- Der BRAS kann IP-Adressen von einem lokalen IP-Adreßpool zuordnen oder hat den RADIUS-Server der ausgewählten Domain verfügbar, um die IP-Adresse über Proxy Mode zuzuordnen.

- Der Teilnehmer ist befugt, die Ressourcen wie etwa Bandbreite entsprechend seinem „Service Level Agreement" (SLA) zu nutzen.
- Der BRAS löst die Abrechnungsfunktion des RADIUS-Servers aus, um die Session entsprechend den Vereinbarungen des SLA zwischen Teilnehmer und Diensteanbieter einerseits und Netzbetreiber andererseits abrechnen zu können.
- Ist die Session beendet, wird der RADIUS-Server vom BRAS informiert, um die Abrechnung fertigzustellen.

3.3 Voice over IP

Mit Voice over IP (VoIP) werden verschiedene Anwendungsformen der Internet-Telefonie bezeichnet, die vom einfachen „Voice Trunking" über IP bis hin zur nahtlosen PSTN- und VoIP-Integration und zu fortschrittlichen Intelligent Network-(IN-)Leistungsmerkmalen führen.

Es werden nachfolgend einige VoIP-Dienste, deren Funktionalität und die hierfür notwendigen Netzwerkelemente beschrieben.

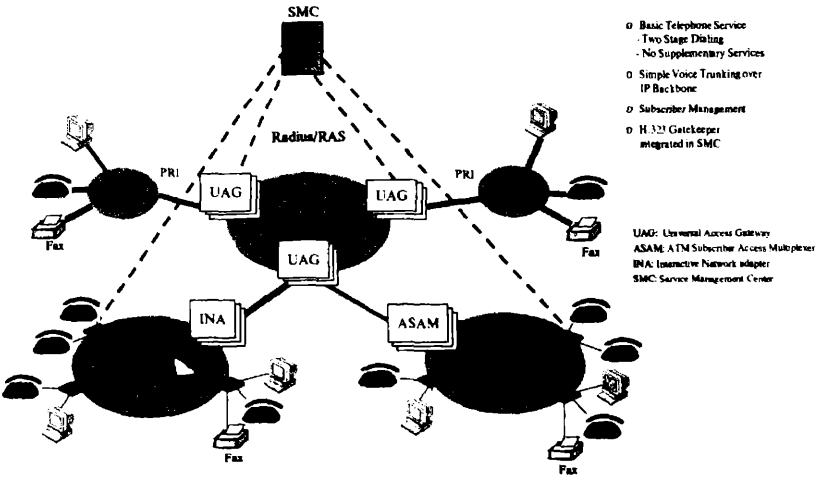


Bild 5: Voice over IP-Basisdienste

3.3.1 Voice Trunking

Bild 5 zeigt, wie VoIP als Basisdienst von einem Internet-Diensteanbieter oder Internet Service Provider (ISP) als Dienst angeboten werden kann. Der ISP

benutzt einen NB-RAS und das Service Management Center (SMC), um Ferngespräche anbieten zu können. Diese Kombination der Einrichtungen wird auch als Universal Access Gateway (UAG) bezeichnet.

Telefongespräche von einer Ortsvermittlungsstelle sind an den Point of Presence (POP) über eine ISDN-Primärschnittstelle (PRI) angeschlossen. Der Gatekeeper im SMC erkennt den Anrufenden, gibt die Verbindung zum Zielport frei, übersetzt die Rufnummer in eine Zielport-IP-Adresse und beginnt die Abrechnungsdaten zu sammeln. Als nächstes werden die eingehenden Sprachdaten in IP-Pakete umgewandelt und über das IP-Backbone-Netz geroutet. Das Ziel-UAG übersetzt die IP-Pakete in ISDN-Mode und ruft die angeschlossene Teilnehmervermittlungsstelle. Aus Sicht des Teilnehmers wird zum Gesprächsaufbau ein zweistufiges Wählverfahren benutzt:

- Der rufende Teilnehmer wählt die lokale Rufnummer des VoIP-Gateways.
- Das Gateway beantwortet den Ruf und startet den Benutzererkennungsprozeß durch die Kontaktierung des Gatekeepers.
- Der Gatekeeper überprüft die Zugangsberechtigung aufgrund der rufenden Telefonnummer oder in einem anderen Betriebsmode durch die Abfrage eines Paßwortes und einer PIN-Nummer.
- Wenn der Zugang berechtigt ist, gibt das Access Gateway einen zweiten Wählton, und der rufende Teilnehmer wählt die Telefonnummer des anzurufenden Teilnehmers.
- Der Gatekeeper benutzt die Zieltelefonnummer, um den Ziel-Gatekeeper ausfindig zu machen. Ist dieser gefunden, wird die IP-Adresse des Ziel-Gateways an das Ausgangs-Gateway übertragen.
- Das Ausgangs-Gateway routet das H.323-Gespräch über das IP-Netz. Das Ziel-Gateway verbindet das Gespräch mit der zugehörigen Teilnehmervermittlungsstelle.
- Beide Gateways generieren Gesprächszeitdaten und senden diese Informationen zum SMC.

Diese einfache Applikation ist für ISPs gut geeignet, um Sprach- und Faxdienste im Rahmen ihres Internet-Zugangsportfolios anzubieten. Zu Beginn kann ein ISP seinen Kunden günstige Fern- oder internationale Gespräche ohne große Investitionen anbieten. Zu einem späteren Zeitpunkt können dann komplexere Sprachdienste sowie die Sprach-Daten-Integration nachgerüstet werden.

3.3.2 Integrierter VoIP-Dienst

Fügt man der in Bild 6 gezeigten Netzkonfiguration ein Call Signalling Gateway (CSG) hinzu, so erlaubt dies dem ISP, komplexere VoIP-Dienste anzubieten. Durch das CSG läßt sich die Schnittstelle zwischen IP-Netzwerk und PSTN über eine viel kostengünstigere T1/E1-Schnittstelle anstatt über die vorgenannte Primärschnittstelle (PRI) herstellen.

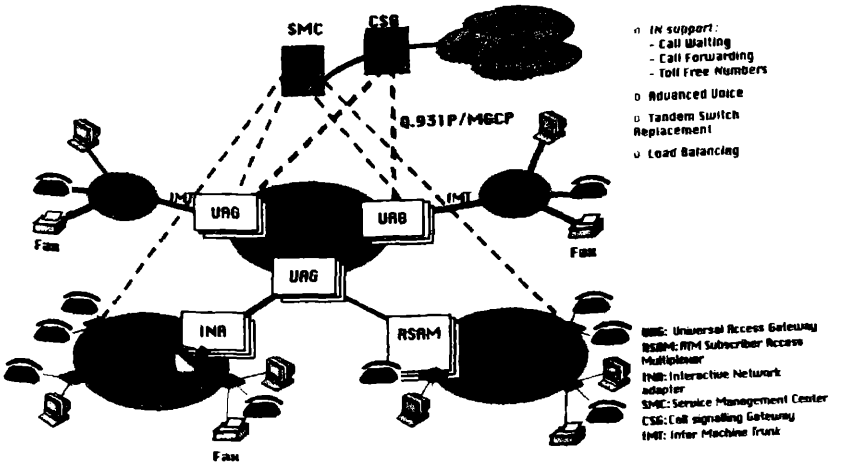


Bild 6: Voice over IP, Intelligent Network Integration

Aus Sicht des Nutzers ist es jetzt möglich, über ein einstufiges Wählverfahren eine Verbindung aufzubauen.

- Der Teilnehmer wählt nur die Zielnummer (wie im PSTN üblich).
- Der Ruf wird an das zugehörige Gateway geroutet; das Gateway erkennt den Benutzer anhand seiner Rufnummer.
- Das Gateway setzt den Gatekeeper mit der Zielnummer in Kenntnis und fordert die Ziel-IP-Adresse an.
- Der Gatekeeper benutzt die Zieltelefonnummer, um den Ziel-Gatekeeper zu finden. Als Abschluß dieser Prozedur wird die IP-Adresse vom Ziel-Gateway an das rufende Gateway übertragen.
- Das Ausgangs-Gateway leitet das H.323-Gespräch über das IP-Netz. Das Ziel-Gateway stellt die Verbindung zum PSTN her.

- Beide Gateways generieren Gesprächsdauer-Aufzeichnungen und senden diese an das SMC zur Rechnungsstellung.

Weiter fortgeschrittene Intelligent Network-Leistungsmerkmale können in den VoIP-Service durch Erweiterung des SMC integriert werden.

3.3.3 Das Servicemanagement Center

Eines der wichtigsten Netzelemente für den VoIP-Dienst bildet das Servicemanagement Center. Es wird deshalb an dieser Stelle etwas genauer auf dessen Funktionalität eingegangen. Bild 7 zeigt die ganze Breite der Leistungsmerkmale eines SMC. Das SMC weist eine graphische Benutzerschnittstelle auf, die es dem Serviceanbieter erlaubt, neue Teilnehmer einzurichten, neue Dienste zu generieren und Abrechnungsdaten einfach und schnell zu generieren. Das SMC bietet auch Proxyfähigkeit, so daß Serviceanbieter das SMC in existierende RADIUS-basierte Authentisierungs-, Abrechnungs- und Rechnungserstellungsplattformen integrieren kann. Das SMC verfügt über die H.323-VoIP-Gatekeeper-Funktionalität und unterstützt alle AAA-Funktionen (Authentisierung, Autorisierung, Accounting).

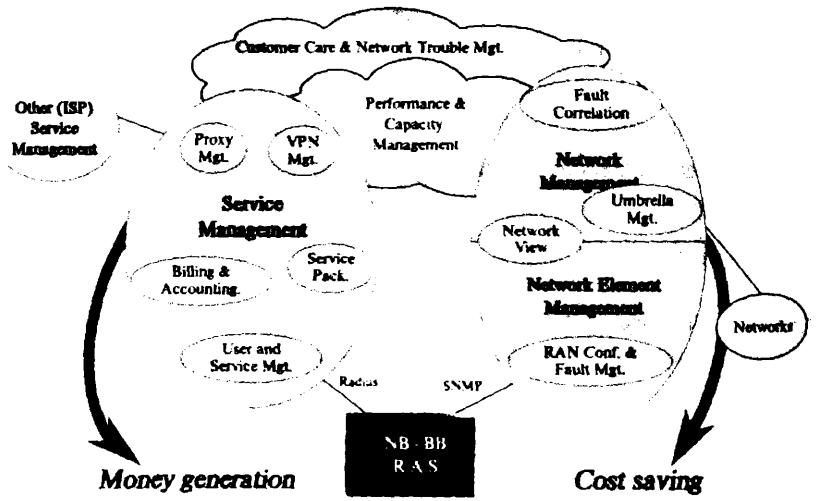


Bild 7: Management interaktiver Dienste

Das SMC stellt überdies extensive Management-Unterstützung für Virtuelle Private Netze (VPNs) zur Verfügung, inklusive Port-Management, IP-Pool-Managment, Quality of Service Routing, Profilzuweisung und Teilnehmeran-

sichten. Als wesentliches Leistungsmerkmal sind hier die VPN-Tools zu nennen, die mehrere UAGs als einheitliche Ressource behandeln und die Operatorsicht des Zugangsnetzes wesentlich vereinfachen.

4 Videodienste

Die wohl interessanteste Rolle bei der Diensteerweiterung auf HFC-Netzen spielen die Videodienste. Gemeint ist hier nicht der Zugriff auf Video-Informationen über das Internet, sondern die Evolution des Digitalen Fernsehens vom reinen Verteilfernsehen, wie es heute anzutreffen ist, bis hin zu Video on Demand mit Videorecorder-Funktionalität, bereitgestellt in einer Set-top-Box oder von der Netzplattform.

Die Unsicherheit im Geschäftsmodell im Vergleich zu Sprachdiensten sowie die Unterschiede der Inhaltequalität im Vergleich zwischen Europa und den USA machen eine Prognose bezüglich der interaktiven Diensteevolution sehr schwer, da einerseits durch Vorleistungen für das digitale Verteilfernsehen bereits große Investitionen getätigt wurden und andererseits das Free-TV durch regulatorische Bestimmungen ein hervorragendes Programmangebot bereithält. Auf den für das digitale Verteilfernsehen geschaffenen Fakten lassen sich die nachfolgend beschriebenen interaktiven Videodienste darstellen.

4.1 Digitales Verteilfernsehen

Dieser Dienst steht heute weltweit zur Verfügung, basiert zum größten Teil auf dem DVB-Standard und ist als Free-TV und Pay-TV realisiert. Die für diesen Dienst notwendige Geräteausstattung zeigt Bild 9. Auf der Headend-Seite sind Einrichtungen zum Empfang digitaler Satellitenprogramme sowie Einrichtun-

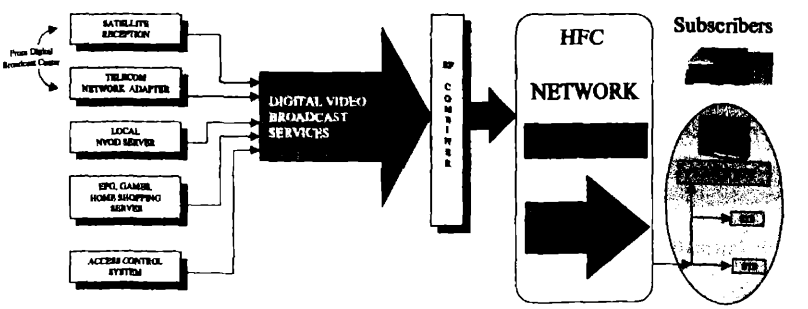


Bild 8: Digitales Verteilfernsehen

gen zum Empfang der digitalen Programme über Telekommunikationsnetze zu installieren. Lokale Server, elektronische Programmführer oder „Electronic Program Guide" (EPG) sowie Conditional Access-Systeme bilden die Ergänzung für Pay-TV-Dienste. Die Set-Top-Box beim Teilnehmer dient zur Dekodierung und Aufbereitung der digitalen Signale sowie zur Autorisierung über Conditional Access-Systeme im Fall von Pay-TV. Diese Systeme sind derzeit service- oder netzbetreiberindividuell. Eine für standardisierte Dienste und Netzbetreiber übergreifende Lösung ist bisher nicht etabliert.

4.2 Interaktive digitale Videodienste

Der Weg vom reinen digitalen Verteilfernsehen zum interaktiven Fernsehen bedingt das Vorhandensein eines Rückweges. Er wurde anfangs mit Modems und Wählverbindungen des PSTN realisiert, was aber über Feldversuchscharakter nie hinauskam.

Mit einem ausgebauten, rückwegtauglichen HFC-Netz steht eine aus technischer und kommerzieller Sicht hervorragende Plattform für einen Dienstemix zur Verfügung. Die für interaktive Videodienste notwendige Gerätetechnik ist in Bild 9 dargestellt.

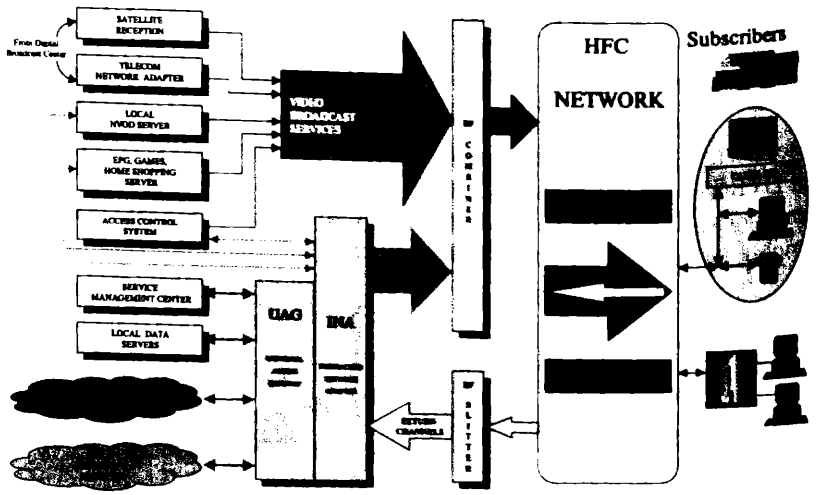


Bild 9: Interaktive digitale Diensteplattform

Wesentliche Ergänzungen zum digitalen Verteilfernsehen sind auf der Headend-Seite die Einspeisung von diensteunabhängigen Informationen des Netz-

betreibers wie etwa eine eigene Programmzeitschrift (Electronic Program Guide), die intelligente Verknüpfung von Internet und Fernsehen mit einem High Speed Internet-Zugang sowie die Bereitstellung von Video Content auf lokalen Servern. Der Interaktive Netzwerk-Adapter (INA) stellt, wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben, die Schnittstelle zwischen Headend-Einrichtungen und dem HFC-Netz her. Auf Teilnehmerseite sind Set-top-Boxen mit separatem „Out of Band-" oder Inband-Empfänger für Steuer-, Sprach- und Datensignale sowie mit einem entsprechenden Rückweg-Modem notwendig. Der DVB-Standard bietet in diesem Zusammenhang den großen Vorteil, daß auf einer Netzplattform der Dienstemix aus Sprach-, Daten- und Videodiensten realisiert werden kann. So ist z. B. der Interaktive Netzwerk-Adapter für Video, Sprach- und Datendienste das universelle Gerät als Schnittstelle zu den servicespezifischen Komponenten des Headends. Besonders vorteilhaft läßt sich in diesem Zusammenhang die Diensteerweiterung von Sprachdiensten, wie im Abschnitt 3 beschrieben, zu interaktiven Videodiensten darstellen.

4.3 Video over IP

4.3.1 Diensteevolution

Die Verknüpfung von Bild-, Video- und Sprachinformationen wird heute schon über das Internet praktiziert. Mit Video over IP ist hier jedoch an die Integration der Video-Verteildienste in die interaktiven Dienste gedacht, d. h. auch an eine sehr breitbandige, unsymmetrische teilnehmerindividuelle Verbindung zwischen Headend und Endeinrichtung.

Dies stellt für einen Netzbetreiber aus kommerzieller Sicht derzeit den wohl interessantesten und vielversprechendsten Weg dar. Auf der Headend-Seite wird aus dem gesamten Diensteangebot ein teilnehmerindividuelles Servicebündel auf IP-Basis zusammengestellt und über das breitbandige HFC-Netz dem Teilnehmer bereitgestellt.

Damit dieses Szenario Wirklichkeit werden kann, bedarf es im Standardisierungsbereich erhebliche Anstrengungen, um einerseits den Investoren Investitionssicherheit zu geben, andererseits einen horizontalen wettbewerbsfähigen Markt zu schaffen, der die Finanzierbarkeit der Plattformkosten unterstützt,

4.3.2 Standardisierungsaktivitäten

Hat man sich in der Vergangenheit überwiegend mit der Standardisierung der Plattform für das digitale Verteilfernsehen befaßt, so richten sich die zukünftigen Aktivitäten mehr auf Inhalte und Dienste, d. h. der Schwerpunkt der Ar-

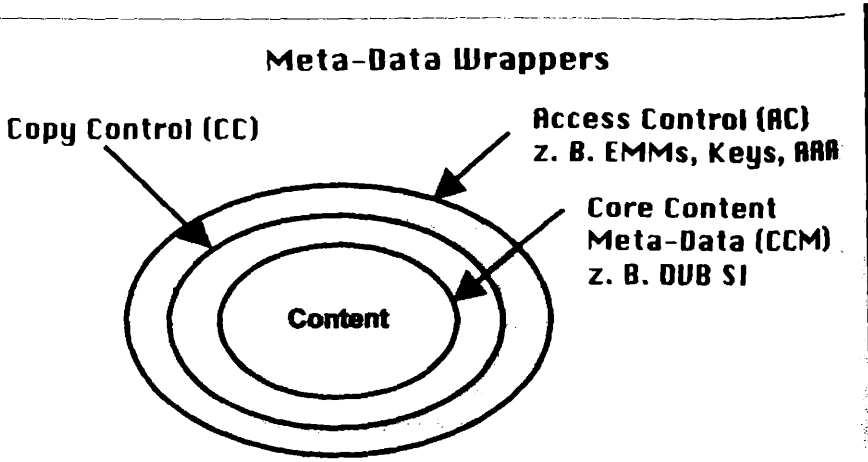


Bild 10. Inhaltsbezogene Standardisierungsaktivitäten

beiten wird sich, entsprechend dem Informationsmodell, von der physikalischen Ebene hin zur Protokoll- und Applikationsebene verlagern.

Ein Schwerpunktthema des Applikationsbereiches wird der Thematik der Inhalte gewidmet sein. Die inhaltsbezogenen Aktivitäten lassen sich sehr anschaulich anhand eines Schalenmodells darstellen (Bild 10). Den Kern des Modells bilden die Inhalte wie z. B. Video-, Film- oder Audio-Content, Spiele, E-Mail, bzw. Daten, Text, Sprache und Grafiken im weitesten Sinne. In welcher Form und zu welchen Zweck die Inhalte vorliegen, wird durch die sogenannte Core Content Meta-Data (CCM) spezifiziert. Die nächste Ebene dient dem Schutz der Inhalte vor nicht rechtmäßigem Gebrauch, d. h. in erster Linie dem Kopierschutz. Die äußere Schale des Modells bezieht sich im weitesten Sinne auf Authentisierungs-, Autorisierungs- und Abrechnungsfragen. Dieser Schalenbereich wird schwerpunktmäßig von den AAA-Funktionalitäten geprägt. Die gesamten inhaltsbezogenen Aktivitäten lassen sich unter dem Begriff Meta-Data Wrapper zusammenfassen.

Das zweites Schwerpunktthema der Applikationsebene bezieht sich auf den Dienstebereich und kann in zwei Themenkreise, der Service-Typisierung und Service-Charakterisierung unterteilt werden. Zur Verdeutlichung dieser Thematik sollen einige Beispiele angeführt werden. Zunächst werden folgende Dienste Typen betrachtet:

- Plain old Broadcast Services (POB)
- Voice over IP,

- On-Demand Services,
- Transactional Services (in Kombination mit POB und On-Demand, Diensten).
- E-Commerce, E-Business und E-Services

Eine der wohl interessantesten Verbindungen dürfte die Kombination von Broadcast-Diensten und E-Commerce sein. Was hier speziell auf der E-Diensteseite gemeint ist, soll anhand der Begriffsdefinition (Bild 11) verdeutlicht werden.

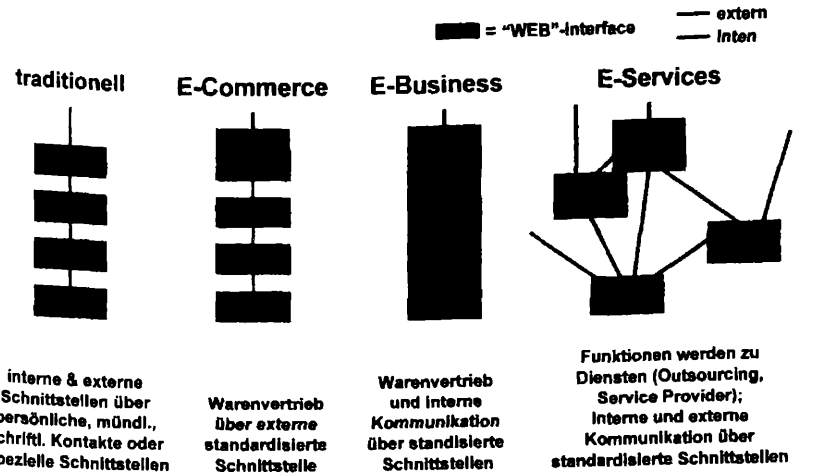


Bild 11. Terminologie der E-Dienste

Sowohl Anforderungen bei der Kombination der einzelnen Dienste (Service Aggregation) als neuen Dienst als auch die Ad-hoc-Aggregation während der Nutzung eines Dienstes stellen Unterthemen dar.

Im Bereich der Dienstetypisierung wird man sich hauptsächlich mit nachfolgenden Themen befassen:

- Kodierung von Audio-, Video- und Datenkomponenten
- Signalisierung
- Quality of Service
- Zuverlässigkeit
- Benutzer-Massenmarkt

- Rechtliche Aspekte

Eine Zusammenfassung der für die nächste Zeit wichtigsten Themen zur Standardisierung einer integrierten Daten-, Sprach- und Videoplattform stellt Bild 12 dar.

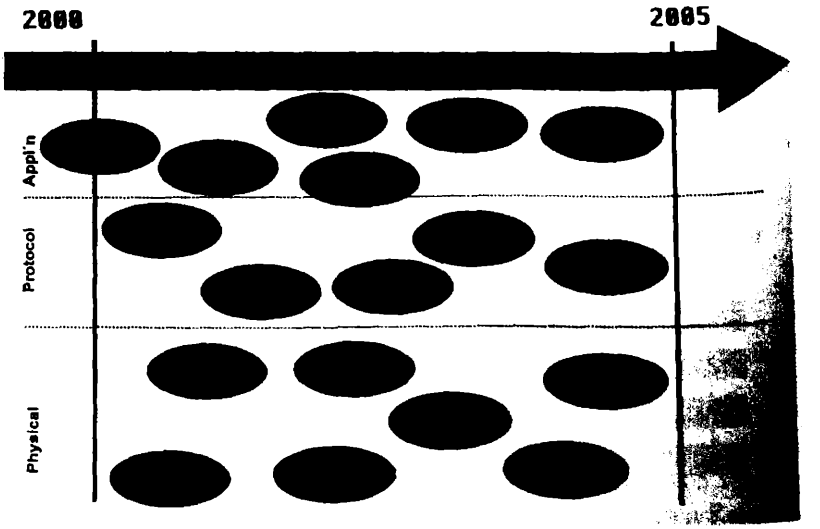


Bild 12. Standardisierungsaktivitäten für zukünftige interaktive Daten-, Sprach- und Videodienste

5 Zusammenfassung

Mit der Erweiterung der HFC-Netzplattform in Verbindung mit dem Rückwegausbau und der kommerziell risikoarmen Einführung von Sprach- und Datendiensten durch Kabeltelefonie oder über Kabelmodem mit integrierten VoIP-Diensten wird eine Vermarktungsplattform geschaffen, die es ermöglicht, die Integration von Video, Sprache und Daten weiter voranzutreiben. Dieser Weg wird die Verschmelzung von Telekommunikations-, Computer- und Fernsehwelt fördern und ein heute noch nicht abzusehendes Diensteportfolio für das zukünftige „Home Infotainment Center" bereitstellen.

Umbau von Kabelfernsehnetzen zu Multimedia-Plattformen

Von Reinhold Müller, Darmstadt

Reinhold Müller, Jahrgang 1950,
ist im Zentralbereich Netzinfrastruktur
der Deutschen Telekom AG tätig und
für die BK-Übertragungstechnik
verantwortlich.

1 Entwicklungspotentiale der Breitbandverteilnetze

1.1 450-MHz-Technik

Die Breitbandverteilnetze (BVN) wurden bis etwa 1986 mit der sogenannten 300-MHz-Technik ausgebaut. Von 1987 an stand die noch heute anzutreffende, hochzuverlässige und auf 450 MHz erweiterte Nachfolgetechnik zur Verfügung, mit der sich die vorhandene Infrastruktur, d. h. das Koaxialkabelnetz und vor allem die vergrabenen passiven Abzweiger- und Verteilerbauteile, ohne kostenaufwendige Änderungen weiter nutzen ließen. Der weitaus größere Teil der heutigen Netze wurde vom genannten Zeitpunkt an mit dieser Technik errichtet. Sie brachte neben einer ca. 50prozentigen Kapazitätsaufstockung bereits einen zweigeteilten Rückkanalbereich unterhalb von 47 MHz mit, der zur Übertragung von Netzmanagement- und Dienstleitungssignalen sowie von Schmalband-Daten und zwei analogen TV-Kanälen vorgesehen war. Bis auf wenige Ausnahmen innerhalb früherer Pilotprojekte wurde dieser Rückkanalbereich mangels realisierbarer Diensteangebote allerdings nur für die systeminternen Anwendungen genutzt. Durch eine uneingeschränkte Austauschbarkeit dieser Technik zwischen acht Herstellern auf Baugruppenebene wird sich eine Vielzahl von Netzen auch weit bis in das nächste Jahrzehnt weiterbetreiben lassen, obwohl seit ca. fünf Jahren keine neuen Geräte mehr lieferbar sind.

1.2 Konzepte zur Frequenzbereichserweiterung

In den Jahren 1994 bis 1998 wurden in mehreren Untersuchungen Konzepte zur Erweiterung des Frequenzbereiches einschließlich interaktiver Dienste erstellt. Dabei stand die Betrachtung folgender Konzeptvarianten im Vordergrund:

- *606-MHz-Koaxialtechnik:*

  Mit dieser Technik wären nur 17 neue Kanalplätze und damit etwa eine gleich große Kapazitätserweiterung wie beim Übergang von der 300- zur 450-MHz-Technik möglich gewesen. Von diesen 17 Kanalplätzen hätte man jedoch zwei wegen störender Resonanzstellen, herrührend von den nur bis 450 MHz spezifizierten Koaxialkabeln, und weitere vier Kanäle mit Rücksicht auf die vorhandenen Videorecorder nicht oder zumindest nur eingeschränkt belegen können. Durch den schmalbandigen Rückkanalbereich und die fehlende Möglichkeit der Netzsegmentierung wäre auch nur eine minimale Interaktivität möglich gewesen. Der Ersparnis von hohen Netzausbaukosten (keine zusätzlichen Glasfasern erforderlich) steht der heute nicht mehr akzeptierbare Nachteil gegenüber, daß mit der reinen Verteilstruktur des Koaxialnetzes keine zur Hybrid Fiber Coax-(HFC-)Lösung konkurrenzfähige Netzplattform für Individualdienste darstellbar ist.

- *862-MHz-Koaxialtechnik:*

  Wie bereits bei der 606-MHz-Technik, wird unter diesem Konzept der Austausch der 450-MHz-Komponenten gegen ein 860-MHz-System in bereits bestehenden, unter reinen Verteilaspekten geplanten Kabelfernsehnetzen verstanden. Dieser international durchaus verfolgte Technikansatz hätte unter den vorstehend genannten Voraussetzungen jedoch weder die Linearitätsanforderungen der Strecke erfüllen noch die für den bis zu 300 m langen passiven Netzteil erforderlichen hohen Ausgangspegel am C-Verstärker (CVr) in den bestehenden BK-Netzen bereitstellen können.

- *Gf-Overlay-System:*

  Dieses bereits vor ca. zehn Jahren angedachte System sollte nur den zusätzlichen Frequenzbereich oberhalb von 470 MHz mit einem parallel zum Koaxialnetz installierten Glasfasersystem zu jedem BK-Verstärkerpunkt (BKVrP) übertragen. In den Verstärkerpunkten war ein zusätzlicher C-Verstärker für den UHF-Bereich vorgesehen, dessen Ausgangssignal mit dem des vorhandenen 450-MHz-CVr zusammengeschaltet worden wäre. Für diesen Ansatz hätten seinerzeit die weitere Nutzung

der vorhandenen, noch relativ neuen 450-MHz-Technik, die Erweiterungsmöglichkeit der privaten Verteilanlagen mit einer entsprechenden Splittbandtechnik, minimale Unterbrechungszeiten bei der Umrüstung und die Bereitstellung eines eigenen breitbandigen Rückkanalbereiches für jeden Verstärkerpunkt mit dem Gf-System gesprochen. Extrem nachteilig hätten sich dagegen die hiermit verbundenen hohen Tiefbaukosten für die Anbindung jedes Verstärkerpunktes (VrP) ausgewirkt.

- *HFC-System 862 MHz:*

  Dieser wenn auch unter anderen netztechnischen Voraussetzungen international verfolgte Technikansatz vereinigt mit der Kaskadierung eines Gf-Systems mit einem aus hintereinandergeschalteten Koaxialverstärkern bestehenden Netzsegments die wesentlichen Vorteile der vorgenannten Lösungen. Mit dieser erst durch die Fortschritte der Bauelementetechnologie möglich gewordenen Realisierung erhält der umrüstende Netzbetreiber den größten planerischen und wirtschaftlichen Handlungsspielraum für den Umbau zur Multimedia-Plattform. Mit der in Abhängigkeit von der Anzahl angeschlossener Kunden vorzunehmenden Netzsegmentierung kann der Netzausbau den verschiedenen Bedürfnissen von Verteil- und Individualangeboten entsprechend skaliert werden. Verlangt die Erweiterung eines Verteilangebotes nach einer Frequenzaufstockung, läßt sich die für kundenindividuelle Dienste erforderliche Bandbreite mit Hilfe einer sukzessiv erweiterbaren Netzsegmentierung durch Nutzung des „Raumvielfachs" bewerkstelligen. Ebenso vorteilhaft sind die freizügige Gestaltbarkeit breitbandiger Rückkanäle, die Reinvestition der vorhandenen Koaxtechnik (z. T. schon mehr als 13 Jahre alt) sowie die weitgehende Reduzierung von Tiefbaukosten durch die Versorgung mehrerer Koax-Verstärkerpunkte von einem „Optischen VrP" (OVrP), der im internationalen Sprachgebrauch auch als „Fiber Node" (FN) bezeichnet wird.

1.3 Wirtschaftliche Randbedingungen

Betrachtet man zunächst nur die reinen Technikkosten bei der Umrüstung der vorhandenen BVN, stellt man fest, daß diese bei einer hybriden Netzlösung bei optimaler Gestaltung nur geringfügig höher als bei einer rein koaxialen Lösung sind. Dabei bleibt unberücksichtigt, daß eine hybride Lösung ungleich flexibler und leistungsfähiger ist und daß dadurch kein sinnvoller Vergleich mit reinen Koaxlösungen möglich ist.

Je nach ausgewähltem Technikkonzept wird der größte Kostentreiber durch den jeweils erforderlichen Tiefbauanteil bestimmt. Dieser wird bei dem ausgewählten HFC-Konzept durch die Anbindbarkeit von bis zu 3×3 koaxialen VrP an einen FN entscheidend minimiert. Dies leuchtet ein, da mit weiter nach außen vorangetriebenem Gf-Ausbau der Tiefbauanteil aufgrund der vielfachen Verästelungen der Hauptkabellinien naturgemäß überproportional ansteigen würde. Müßte man die Glasfaser bis zu jedem letzten BKVrP der Hauptkabellinien führen, würden sich die Tiefbaukosten etwa um den Faktor 5 erhöhen. Bei Verlegung der Glasfaser bis zum Kunden wäre sogar mit nochmals verdreifachten Aufwendungen zu rechnen.

1.4 Resultierende Konzeptauswahl

Die Auswahl eines geeigneten Umbaukonzeptes für bestehende Kabelfernsehnetze hängt - wie bereits angedeutet - entscheidend vom absehbar notwendigen Dienstespektum ab, das angesichts des Wettbewerbs mit anderen Plattformen vom Kunden nachgefragt wird. Eine Kapazitätserweiterung durch alleinige Ausdehnung des Frequenzbereiches macht nur für reine Verteilangebote Sinn. Im Gegensatz hierzu erfordern interaktive Dienste (individuelle Videoangebote, Homeshopping, Internetzugang etc.) eine Segmentierung der baumstrukturierten, koaxialen Verteilnetze und damit die Bildung von kleinen Versorgungsbereichen (Serving Area bzw. Cluster) sowie die Anbindung dieser Serving Area mit Gf-Systemen an die benutzerseitige BK-Verstärkerstelle (bBKVrSt). Die Anforderungen an das Gesamtkonzept hinsichtlich Übertragungskapazität, Interaktivität (Rückkanal) und Minimierung der Tiefbaukosten führten zur Favorisierung des HFC-Systems 862 MHz. Der erste Test dieses Systems läuft derzeit im Rahmen eines Pilotprojektes in Berlin. Weitere Projekte sind in Planung.

2 Pilotprojekt Berlin

In Berlin wird derzeit im eingeschränkten Rahmen eines Pilotprojektes eine Frequenzbanderweiterung des BK-Netzes von 450 MHz auf 862 MHz mit einer HFC-Lösung erprobt. Die Größe des auszuwählenden Gebietes sollte ursprünglich etwa 500 000 WE betragen. Für ca. 1 000 Kunden sollte die Bidirektionalität mit einem breitbandigen Rückkanal hergestellt werden. Als Ausbaugebiete waren zunächst der Bereich rund um Berlin-Mitte mit einer übergeordneten BK-Verstärkerstelle (üBKVrSt) in der Gotlindestraße und acht bBKVrSt und das Messegelände Berlin vorgesehen. Insgesamt sollten et-

wa 1 500 BKVrP umgerüstet werden. Das vorhandene Breitbandverteilnetz sollte in Serving Areas mit einer Größe von zunächst jeweils ca. 2 000 Wohneinheiten (WE) segmentiert werden. Inzwischen wurde das Ausbaugebiet vergrößert, und für alle Kunden wurde ein breitbandiger Rückkanal vorgesehen.

Die Erkenntnisse und technischen Weiterentwicklungen, die sich aus dem Pilotprojekt Berlin bisher ergaben, sind bereits in die Entwicklung der Serientechnik eingeflossen

3 Netzkonfiguration und Systemdaten „HFC 862 MHz mit Rückkanaltechnik"

3.1 Ausbauabsichten und Leistungsmerkmale

Die Breitbandverteilnetze sollen auf einen Frequenzbereich bis 862 MHz erweitert und mit einem breitbandigen Rückkanal ausgestattet werden. Es bestehen Überlegungen, bis zum Jahr 2005 Netzbereiche mit ca. 70 % der angeschlossenen WE umzubauen und neben den bisherigen analogen und digitalen Verteildiensten auch interaktive und neue digitale Dienste anzubieten. Wie das in Bild 1 dargestellte Kanalraster zeigt, lassen sich mit dem neuen System 13 zusätzliche PAL-Kanäle im UHF-Band übertragen. Die 25 zusätzlichen, im Pegel abgesenkten Digital-Kanäle wurden mit Rücksicht auf Aussteuerbarkeit und Störabstände im Bereich von 606 bis 806 MHz angesiedelt. Auf Basis des unterstellten Digital Video Broadcasting-(DVB-)Standards bedeutet dies bei 64QAM eine Zusatzkapazität von ca. 1 Gbit/s, die man beliebig auf digitale Verteil- und Individualangebote aufteilen könnte. Mit Hilfe fortschreitender Netzsegmentierung ließe sich die für den schnellen Internetzugang, Video on Demand und andere individuelle Dienste erforderliche Bandbreite im Hinblick auf konkurrierende Netzplattformen (xDSL) nochmals um ein Vielfaches erhöhen.

3.2 Netzarchitektur und Kurzbeschreibung des Systems

Ausgangspunkt für die Architektur ist der bereits in Bild 2 dargestellte, vierstufige Netzaufbau mit BK-Verteilstelle (BKVtSt), üBKVrSt, bBKVrSt und BKVrP. Wurde diese Netzgestaltung in der Vergangenheit maßgeblich durch die realisierbaren Reichweiten der eingesetzten, überwiegend analog arbeitenden Übertragungssysteme bestimmt, so bietet die moderne optische CATV-Technik im 1 550-nm-Bereich durch den Einsatz mehrfach kaskadierter optischer Verstärker heute die Möglichkeit, selbstheilende Doppelringstrukturen mit Umfangslängen von 60 km und mehr aufzubauen und damit die Anzahl

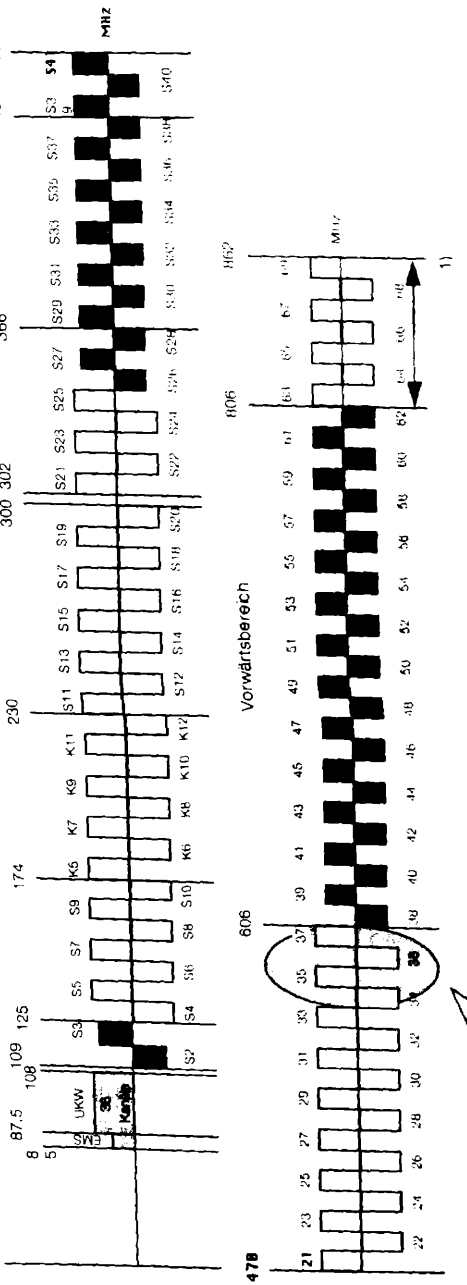


Bild 1: Kanalraster 862 MHz

der üBKVrSt und die Aufwendungen für die Signalaufbereitung und -einspeisung deutlich zu verringern.

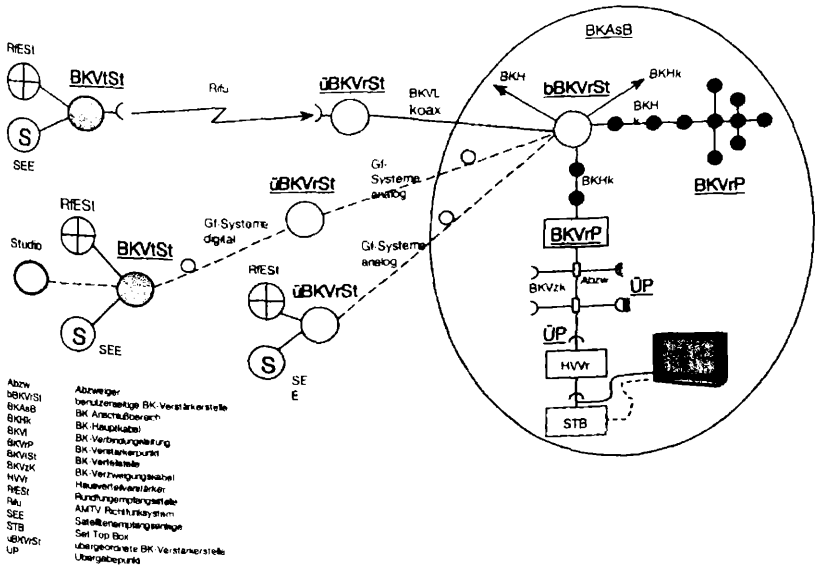


Bild 2: Aufbau bisheriger Breitbandverteilnetze (BVN)

Die Zusammenführung und Einspeisung der Inhalte erfolgt ähnlich dem bisherigen Konzept gemäß Bild 3 in den übergeordneten BK-Verstärkerstellen. Oberhalb der üBKVrSt werden bis auf weiteres die eingeführten Heranführungssysteme zur Anbindung an die BK-Verteilstellen genutzt. Von der üBKVrSt wird das BK-Band mittels Glasfaser-Übertragungssystemen zu den benutzerseitigen BK-Verstärkerstellen übertragen In den bBKVrSt erfolgt die optische Verstärkung und Verteilung des BK-Bandes. Von dort wird es weiter zu den Fiber-Nodes im Anschlußbereich übertragen, an die wiederum die dreifach kaskadierten Koax-VrP angeschlossen sind. Von den Verstärkerpunkten bis zum Kunden wird das vorhandene passive Verzweigungskabelnetz (C-/D-Netz) genutzt, dessen Übertragungseigenschaften im UHF-Bereich nicht durch entspechende Spezifikation gesichert und daher mit speziellen Maßnahmen (Pegelerhöhung am CVr) mit einer ausreichenden Sicherheit erreicht werden können.

Wegen der erforderlichen hohen Diensteverfügbarkeit werden die bBKVrSt über die erwähnten Glasfaser-Doppelringe an die üBKVrSt angeschlossen. Bei Faserunterbrechungen sorgen optische Umschalter für die schnelle Wiederherstellung der Signalverteilung über den Ersatzweg. Mit Hilfe des Netzmana-

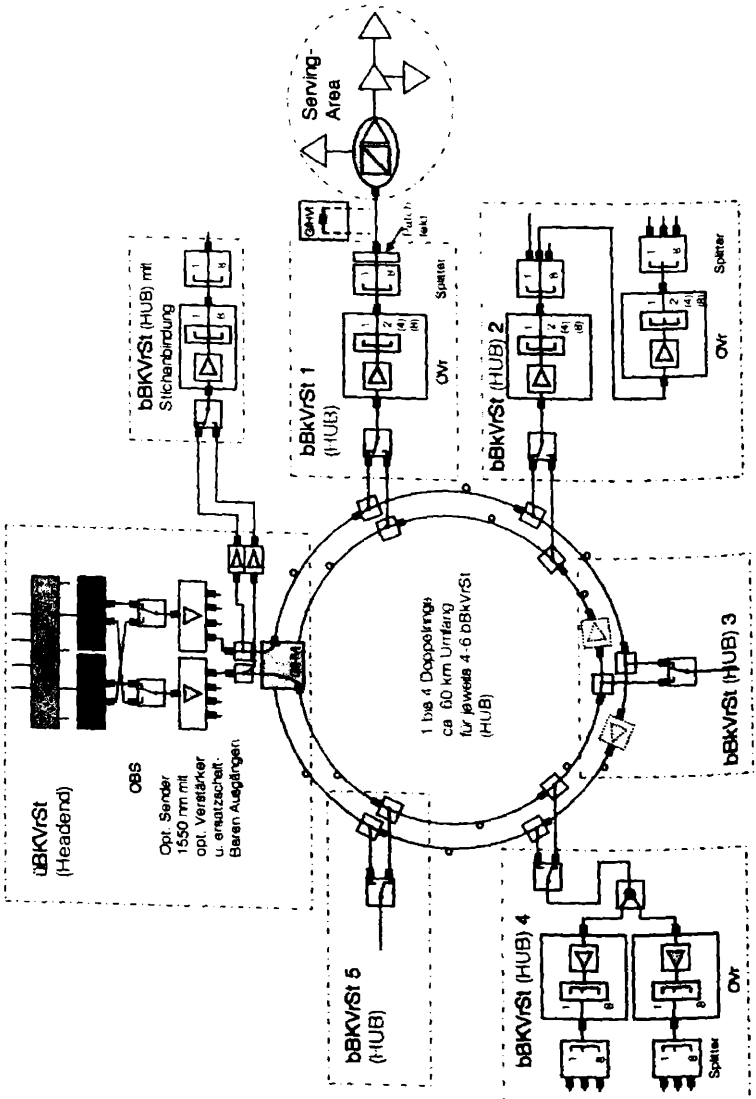


Bild 3: Architektur des 850-MHz-Systems

gementsystems (NMS) läßt sich eine Umschaltung auch gezielt vornehmen[1]. Zusätzlich zur Ersatzwegeführung sind die zentralen Einrichtungen der üBKVrSt aufgrund ihrer großen Fehlerwirkbreite redundant ausgeführt und mit zusätzlichen Umschaltern versehen.

3.3 Übergeordnete BK-Verstärkerstelle

Das HFC-Konzept ermöglicht die Zusammenfassung von kleineren üBKVrSt zu größeren Einheiten. Aus heutiger Sicht könnte unter Beachtung wirtschaftlicher und medienpolitischer Gesichtspunkte die Anzahl der ca. 1 100 üBKVrSt im Bundesgebiet auf etwa 400 bis 500 reduziert werden.

In der übergeordneten BK-Verstärkerstelle erfolgt nach Bild 4 die Einspeisung der verschiedenen Serviceinhalte (TV/PAL-, Ton-, DVB-, andere Digitalsignale und ein Teil der kundenindividuellen Signale). Diese Breitbandsignale werden auf einen Koppler aufgeschaltet, der die Optischen Breitbandsender (OBS) speist. Die optischen Signale aus den OBS werden über optische Schalter geführt, in den nachgeschalteten optischen Verstärkern verstärkt und mit möglichst hohen Pegeln auf die Glasfasern der einzelnen Ringe verteilt. Der OBS ist als Schlüsselelement von hybriden Glasfaser-/Koaxialnetzen anzusehen, das ganz entscheidend auf die erreichbare Signalqualität, die Kaskadierbarkeit optischer Verstärker und den Aufwand der übrigen Komponenten und damit auf die Wirtschaftlichkeit und den Erfolg Einfluß nimmt[2].

Der Interaktive Netzwerk-Adapter (INA) ist eine komplexe technische Einrichtung, mit der die kundenindividuellen DVB-Signale entsprechend den Kundenanforderungen standardgerecht aufbereitet, die Kabelmodems der Kunden gesteuert und die für die Kommunikation erforderlichen Rückkanäle gemanagt werden[3]. Der INA wird zunächst nur in der üBKVrSt eingesetzt. Mit Zunahme des Verkehrsaufkommens (Datenmenge und Gleichzeitigkeit) kann es bei Überschreiten der maximalen Verkehrslast in Zukunft erforderlich werden, den INA in die bBKVrSt zu verlagern. Die kundenindividuellen DVB-Signale (Narrowcast) aus dem INA werden mit optischen Sendern in den 1 550-nm-Bereich umgesetzt, die nicht den hohen Anforderungen des OBS ge-

1 Auf das Elementmanagementsystem für HFC-Netze geht der nachfolgende Beitrag von Udo Conradi ein.

2 Die Anforderungen an optische Breitbandsender wurde bereits im *taschenbuch der telekom praxis*, Ausgabe 1998, Seite 262-280, in einem Beitrag von Jürgen Seidenberg beschrieben.

3 Siehe auch Beitrag HFC-Netze, neue Dienste und deren Infrastrukturbedarf von Wolfgang Schmid in dieser Ausgabe.

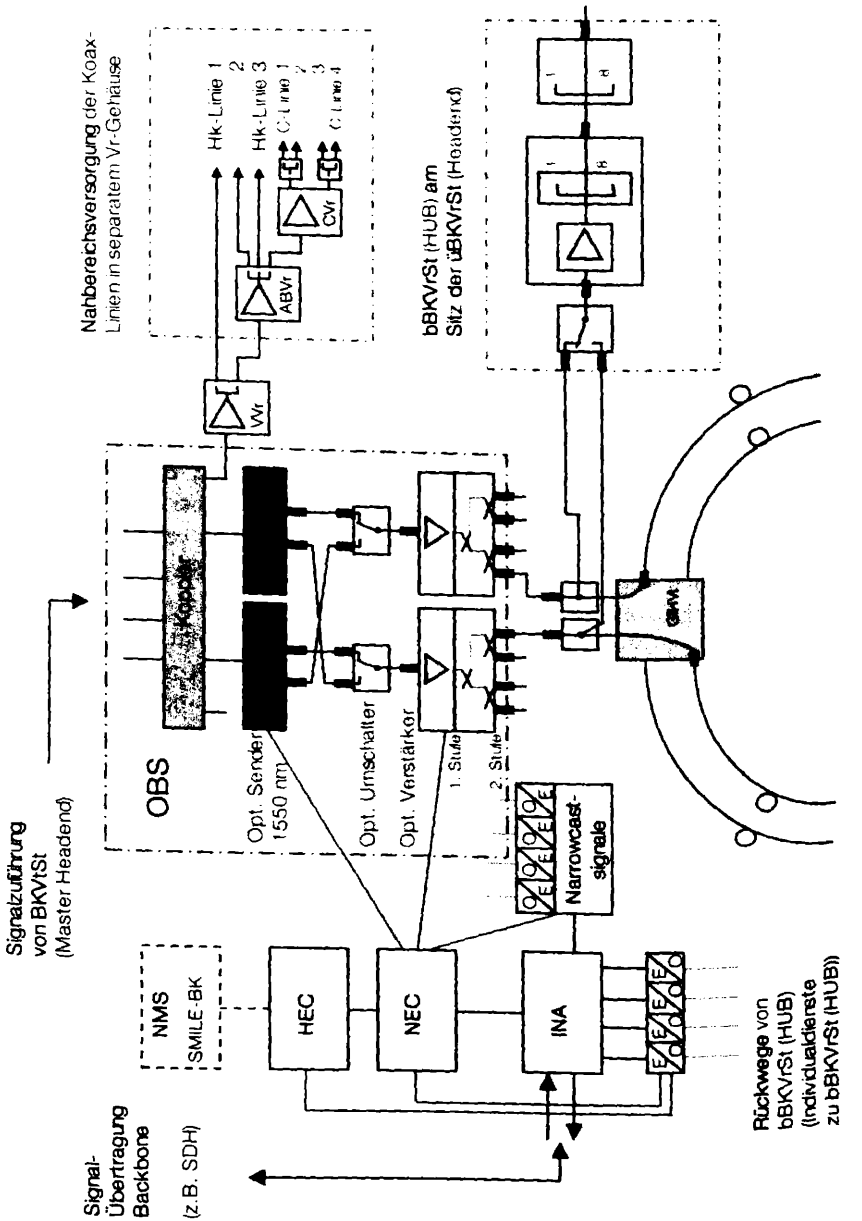


Bild 4: Übergeordnete BK-Verstärkerstelle

nügen müssen, und anschließend in die den optischen Verstärkern nachgeschalteten optischen Verteiler eingeschleift.

3.3.1 Eingangsschnittstellen des Systems in der üBKVrSt

Die am Standort der üBKVrSt bereitgestellten Programme werden als ein Breitbandsignal im Frequenzbereich von 87,5 bis 862 MHz auf einen Eingang des Kopplers (Bild 5) aufgeschaltet. Zusätzlich sind drei weitere breitbandige Eingänge am Koppler für die Aufschaltung von Signalen auf freie Plätze im Kanalraster im Frequenzbereich von 87,5 bis 862 MHz vorgesehen.

Dies gilt jedoch nur für Signale, die an diesem Standort kanalselektiv aufbereitet bzw. mit einer entsprechenden Technik zugeführt werden. Bei der Aufschaltung zusätzlicher breitbandig herangeführter Signale ist durch geeignete Selektionsmittel eine Rauschakkumulation zu verhindern.

Dem Koppler können je nach Bedarf Entzerrer für die Innenverbindungskabel vorgeschaltet werden. Die vier HF-Eingänge des Kopplers lassen sich beliebig mit Eingangsverstärkern bestücken. Zusätzlich werden die Pilotfrequenz 80,15 MHz, NMS-Vorwärtsdaten und Telemetriedaten für ein Wobbelsystem eingespeist. Die Regelung der HFC-Technik erfolgt mit 610 MHz (D610 = Mittenfrequenz des ersten DVB-Kanals oberhalb 606 MHz). Die Pilotfrequenz 80,15 MHz dient nur noch als Hilfsgröße zur Beurteilung des Übertragungsbandes.

3.3.2 Ausgangsschnittstellen des Systems in der üBKVrSt

Der Koppler enthält folgende Ausgänge:

- 2 Ausgänge (ohne Band I) zum Anschalten der optischen Breitbandsender,
- 2 Ausgänge (mit Band I) zur Anschaltung von einzelnen 450-MHz-Koaxtrassen oder analogen Gf-Systemen zur Versorgung alter 450-MHz-Netze bzw. Teilen davon,
- 1 Ausgang (ohne Band I) zur Anschaltung eines Verstärkers zur Nahbereichsversorgung (Anschaltung eines AB-Verstärkers (ABVr)) und von C-Verstärkern,
- 1 Meßausgang und
- 1 Ausgang für die Anschaltung eines Meßsystems.

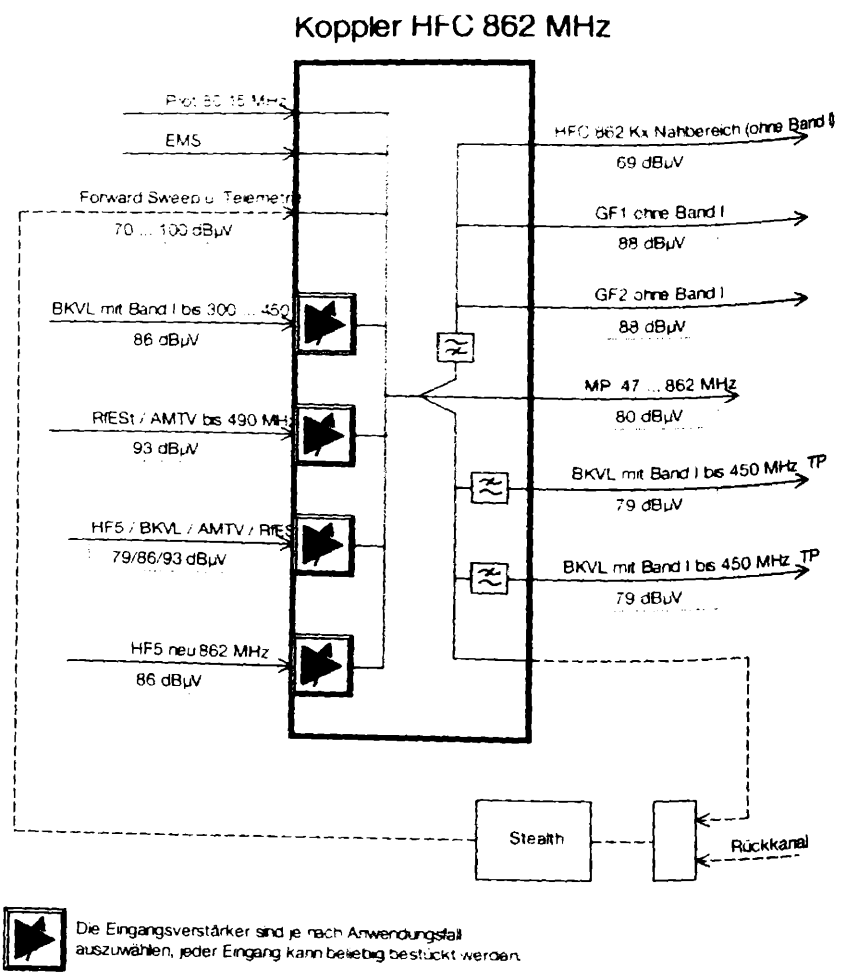


Bild 5: Koppler in der üBKVrSt

Jeder der beiden OBS enthält einen Haupt- und einen Ersatzausgang. Die Ausgänge der OBS werden mit optischen Schaltern über Kreuz auf die nachfolgenden optischen Verstärker geschaltet. Insgesamt stehen somit maximal acht optische Ausgänge zur Verfügung, mit denen bis zu vier Glasfaser-Ringe versorgt werden können. Je Gf-Ring werden zwei Ausgänge benötigt, einer für Betrieb und einer für Ersatz, wobei Betriebs- und Ersatzweg entgegengesetzt betrieben werden. Die Ausgangspegel sind der Netztopologie entsprechend für eine Reichweite (= Ringumfang) von ca. 60 km und zur Anschaltung von

vier bis sechs bBKVrSt in einem Ring ausgelegt (Bild 3). Somit lassen sich mit vier Ringen bis zu 24 bBKVrSt von einer üBKVrSt speisen. Darüber hinaus sind auch Stichanbindungen einzelner bBKVrSt möglich. Zur endgültigen Festlegung der Netzstruktur muß deren Realisierbarkeit mit einem speziell dafür entwickelten Planungstool überprüft werden.

3.3.3 Versorgung von alten 450-MHz-Linien

Mit der Umrüstung auf 862 MHz besteht die Notwendigkeit, vorübergehend die 450-MHz-Teilnetze, die erst später umgerüstet werden, mit dem bisherigen 450-MHz-Band unter Einschluß des Bandes I (47 bis 68 MHz) zu versorgen. Dazu sind in der üBKVrSt zwei Kopplerausgänge für BK-Verbindungsleitungen (BKVL) vorgesehen. Bei Anschaltung von Sendeverstärkern 450 MHz mit Kopplern vom Typ 2 (450-MHz-Technik) können bis zu 16 BKVL-Glasfasersysteme angeschlossen werden.

3.4 Ringstruktur zwischen üBKVrSt und bBKVrSt

Die Anbindung der bBKVrSt erfolgt - wie bereits angedeutet - über Glasfaserkabel in Ringstrukturen an die üBKVrSt. In der Ringstruktur können in der Hauptversorgungsrichtung bis in die bBKVrSt maximal drei optische Verstärker und in der Ersatzversorgungsrichtung maximal vier optische Verstärker kaskadiert werden. Im Falle der Ersatzschaltung wird daher eine etwas geringere Signalqualität in Kauf genommen. Die Auskopplung aus dem Ring übernehmen asymmetrische optische Abzweiger. Die bBKVrSt werden über optische Umschalter an beide Versorgungsrichtungen angeschaltet. Die Reichweite im Ring hängt vom verfügbaren optischen Budget (z. B. 13 oder 16 dB), von Faserdämpfung, Anzahl und Art der optischen Abzweiger und von den Eigenschaften der optischen Umschalter ab. Die Realisierbarkeit der Netzkonfiguration muß mit Hilfe des Planungstools überprüft werden. Die optischen Verstärker und die optischen Abzweiger des Ringes gehören immer zum Netzelement der jeweiligen bBKVrSt.

3.5 Benutzerseitige BK-Verstärkerstelle

In den heutigen BVN sind im Bundesdurchschnitt vier bBKVrSt an eine üBKVrSt angebunden. Mit dem HFC-Konzept können die Versorgungsbereiche kleinerer bBKVrSt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zusammengefaßt werden, so daß bBKVrSt mit Versorgungsbereichen von mindestens 15 000 an-

geschlossenen WE entstehen. Andererseits sollte ein Höchstwert von 30000 angeschlossenen WE nicht überschritten werden. Bestehende bBKVrSt mit mehr als 30000 WE sollen dennoch unverändert bleiben. Nach Abschätzungen ließe sich die Anzahl der bBKVrSt auf ca. ein Drittel der heutigen Anzahl reduzieren.

In den bBKVrSt (Bild 6) sind optische Verstärker mit maximal acht Ausgängen eingesetzt, die über optische Verteiler die erforderlichen Systempegel für die Versorgung der Fiber-Nodes bereitstellen. Je nach erforderlichem optischem Budget sind für kurze Gf-Längen (bis 3 km) optische Verteiler mit 16 Ausgängen, für mittlere Längen (bis 7 km) mit 12 Ausgängen und für größere Längen (bis ca. 12 km) mit acht Ausgängen vorgesehen. Für Reichweiten über 12 km kann es bei der Zusammenlegung kleinerer bBKVrSt auch erforderlich werden, Verteiler mit vier Ausgängen einzusetzen. Die Reichweiten und Einsatzgrenzen müssen ebenfalls mit einem Planungstool überprüft werden. Beispiele für die Planung der Gf-Anschlußlinien mit den einzelnen Komponenten und dem verfügbaren optischen Budget sind in Bild 7 für unterschiedliche Anschlußlängen dargestellt.

In den als Fusionskoppler ausgeführten optischen Verteilern lassen sich bei Bedarf auch hier noch kundenindividuelle Signale (Narrowcast) in der optischen Ebene auf freie Kanalplätze einspeisen. Diese zusätzliche Systemlast ist beim Summenmodulationsgrad des Breitbandsignals (Broadcast) im OBS zu berücksichtigen.

Sollte die Anzahl der optischen Ausgänge nicht ausreichen, ließe sich bei ausreichendem optischem Budget entweder ein Zweifachverteiler an den optischen Schalter anschalten oder hinter den ersten ein weiterer optischer Verstärker kaskadieren. Voraussetzung hierfür ist, daß die maximal zulässige Kaskade von drei optischen Verstärkern in der Hauptversorgungsrichtung und von vier optischen Verstärkern in Ersatzversorgungsrichtung auch hier nicht überschritten wird.

3.5.1 Nahbereichsversorgung der bBKVrSt

Zur Nahbereichsversorgung der bBKVrSt wird ein Fiber-Node anstelle des alten Koax-Verstärkerpunktes eingesetzt. Der Fiber-Node (mit optischem Transceiver) ist an einen Ausgang des optischen Verteilers mit der höchsten Verteildämpfung (z. B. Verteiler 16fach) anzuschalten. Damit können bis zu zwei BK-Hauptkabellinien, bei Einsatz eines ABVr bis zu fünf BK-Hauptkabellinien (oder drei BK-Hauptkabellinien und zwei CVr) für den Nahbereich angeschlossen werden. Der optische Transceiver und der ABVr sind im Systemgestell der

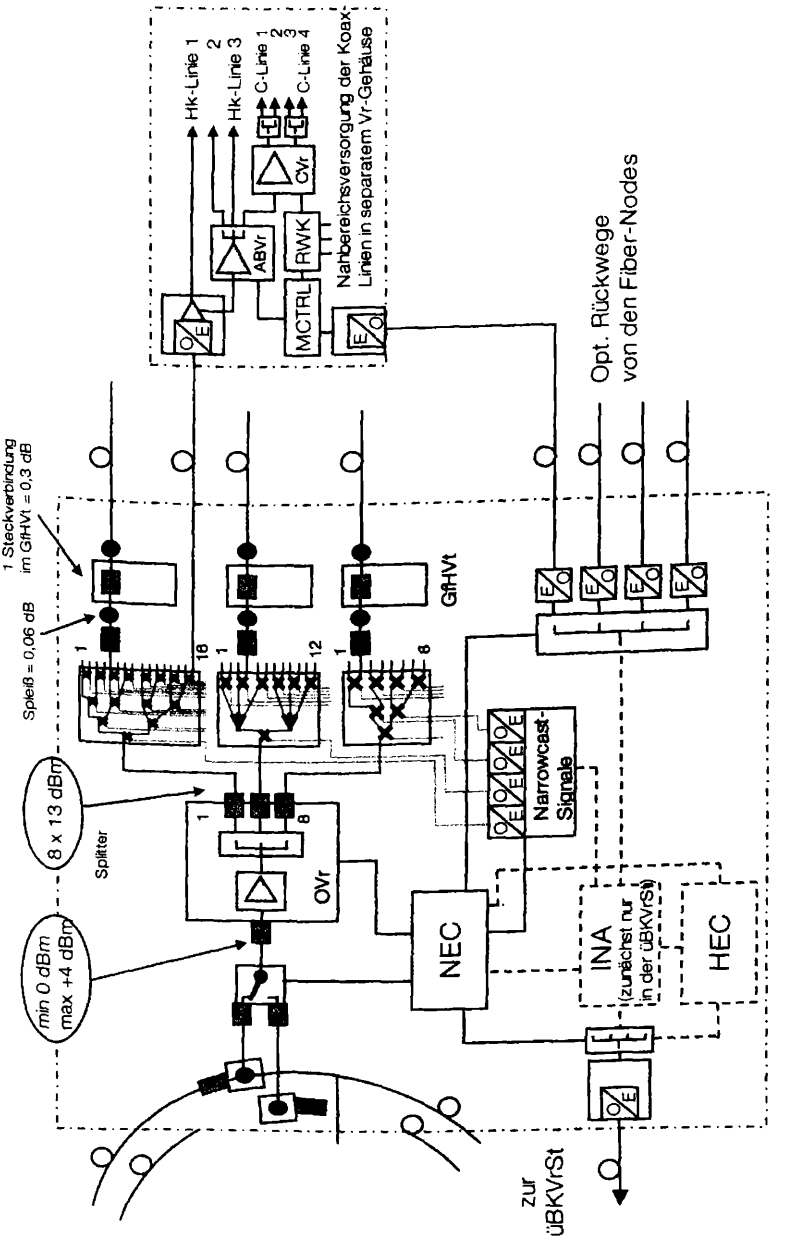


Bild 6: Benutzerseitige BK-Verstärkerstelle

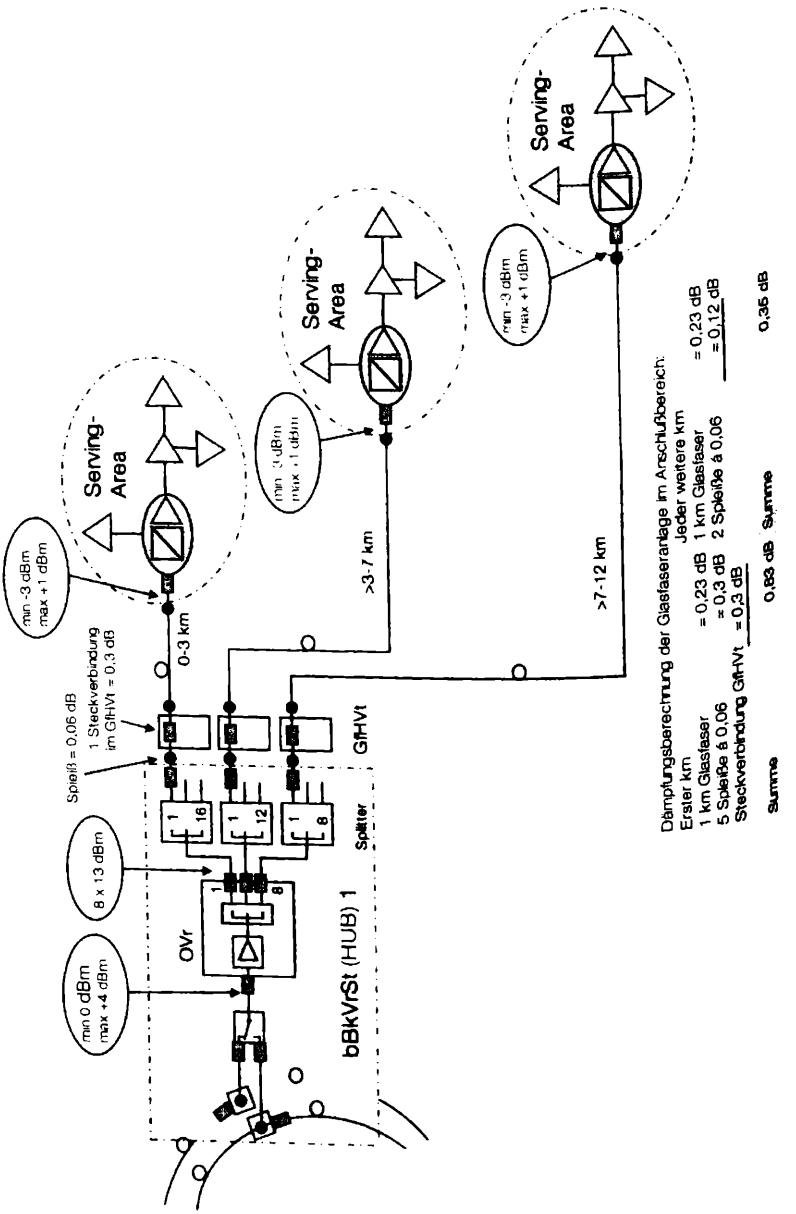


Bild 7: Übertragungstechnische Realisierung der Netzsegmentierung

bBKVrSt einsetzbar. Werden zur Nahbereichsversorgung C-Verstärker gebraucht, sind alle Baugruppen dieses Fiber-Nodes (optischer Transceiver, ABVr und CVr) in ein Verstärkergehäuse einzusetzen. Die zur Nahbereichsversorgung vorgesehenen CVr können nicht in das Systemgestell der BkVrSt eingebaut werden. Man muß sie aufgrund der hohen Störstrahlungsanforderungen separat in einem Verstärkergehäuse unterbringen.

3.6 BK-Anschlußbereich

3.6.1 Bildung der Serving Area

Die mit 450-MHz-Technik ausgebauten Hauptkabellinien müssen aufgrund der technischen und dienstebezogenen Randbedingungen segmentiert und in kleine Versorgungsbereiche (Serving Areas bzw. Cluster, siehe Bild 8) eingeteilt werden. Mittelpunkt einer „Serving Area" ist ein Glasfaserverstärkerpunkt (Fiber-Node), der mit vier Glasfasern an die jeweilige bBKVrSt angebunden wird (eine Faser für Vorwärtsübertragung, eine für Netzmanagementsystem und Rückkanal, zwei Fasern Reserve).

Von einem Fiber-Node können nach mehreren Richtungen maximal drei Koax-Verstärkerfelder kaskadiert werden. Ein Fiber-Node bildet mit den zugehörigen Koax-Verstärkerpunkten eine Serving Area. Die Kundenzahl je Serving Area soll derzeit ca. 1 000 anschließbare WE betragen.

Unter folgenden Randbedingungen werden die Serving Areas, beginnend am Ende der Hauptkabellinie, abgegrenzt und die Standorte der Fiber-Nodes festgelegt:

- Die Standorte der Fiber-Nodes im Anschlußbereich werden auf Basis der 1 000-WE-Grenze festgelegt.
- Beginnend vom Ende der Linie, ist möglichst die Dreierkaskade der Koax-Verstärkerpunkte einzuhalten. Der Fiber-Node wird dann im vierletzten VrP der Linie eingesetzt.
- Erkennbare Neubaugebiete sind entsprechend den Flächennutzungsplänen der jeweiligen Kommune zu berücksichtigen.

Wird bei Einhaltung der Dreierkaskade eine Serving Area größer als 1 000 WE, dann können am Standort des Fiber-Nodes mehrere optische Transceiver (optischer Empfänger mit optischem Rückkanalsender) in einen Verstärkerpunkt eingebaut werden. Zwei dieser optischen Transceiver passen bei Bedarf in ein Verstärkergehäuse (Aluminiumdruckguß-Gehäuse). Wird ein dritter oder gar

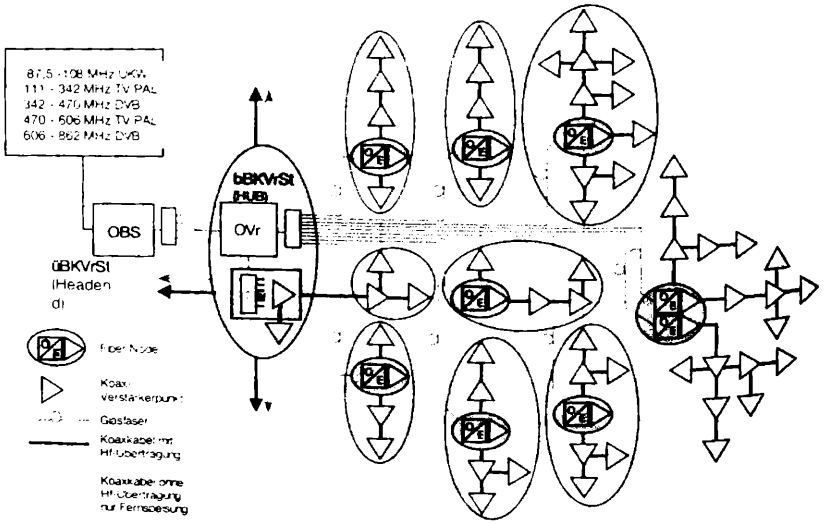


Bild 8: Netztechnische Clusterbildung

vierter optischer Transceiver erforderlich, so ist ein Doppel-Kabelverzweiger aufzustellen, in dem zwei Verstärkergehäuse untergebracht werden können.

3.6.2 Glasfaser-Verstärkerpunkte 862 MHz (Fiber-Nodes)

Die Fiber-Nodes mit den dazugehörenden Koax-Verstärkern 862 MHz sind in der üblichen BK-Modulbauweise ausgeführt, so daß sie ohne größeren Änderungsaufwand der bestehenden Kabelanlage in die vorhandenen BK-Verstärkergehäuse eingebaut werden können. Die vorhandene Stromversorgung (24 V/3 A) im Gehäuse kann weiterverwendet werden. Diese Lösung spart im Vergleich zur uneingeschränkten Neuinstallation nicht nur Kosten, sondern reduziert u. a. auch die Unterbrechungszeiten während der Umrüstung beträchtlich.

In jedem dieser Fiber-Nodes können minimal zwei und maximal fünf Ausgänge mit gleichem Pegel (90/96 dBµV) zur Versorgung von Hauptkabellinien (A- und B-Linien) und zur Ansteuerung von C-Verstärkern (maximal zwei CVr) bereitgestellt werden (Bild 9). Der im optischen Empfänger integrierte koaxiale Vorverstärker stellt zwei Ausgänge (Pegel 90/96 dBµV) und einen Abzweigausgang zur Verfügung. Die beiden Ausgänge mit 90/96 dBµV können entweder zur Versorgung von zwei Hauptkabellinien oder von einer Hauptkabellinie und einem CVr oder von zwei CVr genutzt werden. Werden

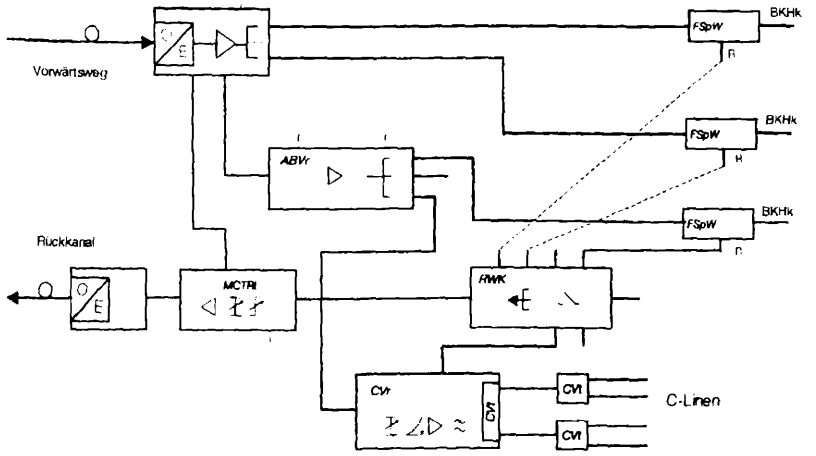


Bild 9: Blockdarstellung des „Fiber-Node"

mehr Ausgänge 90/96 dBµV benötigt, ist ein AB-Verstärker mit drei Ausgängen 90/96 dBµV einzusetzen, der an den Abzweigausgang des Vorverstärkers angeschaltet wird. Bei Bestückung mit zwei CVr stehen also maximal noch drei Ausgänge für HK-Linien zur Verfügung. Diese drei Ausgänge können z. B. für eine weiterführende A-Linie und zwei B-Linien oder eine A-Linie, eine B-Linie und die ankommende A-Linie genutzt werden. In der ankommenden A-Linie müssen die Verstärker in ihrer Übertragungsrichtung gedreht werden.

3.6.3 Koax-Verstärkerpunkte 862 MHz

Die Komponenten der Koax-Verstärkerpunkte 862 MHz sind ebenfalls in BK-Modulbauweise ausgeführt. Verstärkung und Schräglage der Streckenverstärker reichen aus, um die Kabeldämpfung der maximal zulässigen Verstärkerfeldlängen (mit Koax-Kabel 1skx 586m, mit Kabel 1qkx 412m) auszugleichen. Die Entzerrungsfunktion ist integraler Bestandteil des Streckenverstärkers. Die Entzerrung erfolgt durch steckbare Entzerrer in 3-dB-Schritten. Feinentzerrt (3 dB) wird über Stellglieder im Verstärker. Je nach Technikkonzept ist hier auch eine Alternative mit Steckentzerrern in 1-dB-Schritten möglich.

Von jedem dieser Verstärkerpunkte werden wie beim Fiber-Node minimal zwei und maximal fünf Ausgänge beim Einsatz von ABVr zur Versorgung von Hauptkabellinien (A- und B-Linien) und zur Ansteuerung von C-Verstärkern (maximal zwei CVr) bereitgestellt. Von einem Koax-Verstärker-

punkt können maximal drei Hauptkabellinien versorgt werden, wenn zwei CVr eingesetzt sind.

Die C-Verstärker sind in bezug auf Ausgangspegel und den Preemphase-Verlauf auf die erwarteten Dämpfungen der erdverlegten, nicht für den UHF-Bereich spezifizierten Abzweiger und der C-/D-Verzweigungskabel ausgelegt (Bild 10). Bis 446 MHz entspricht der Ausgangspegel dem des 450-MHz-CVr Typ II.

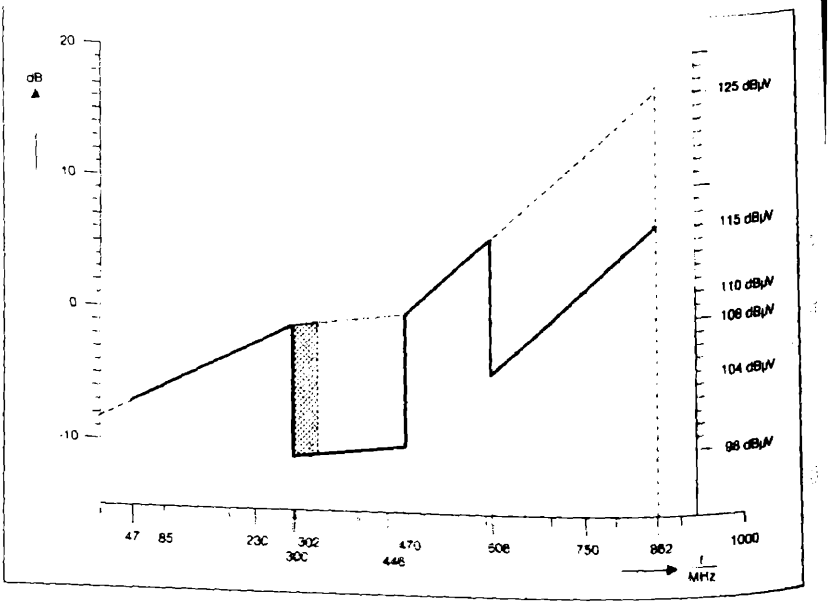


Bild 10: Ausgangspegel und Preemphaseverlauf des CVr

3.6.4 Verzweigungskabelnetz (C-/D-Linien)

Die passiven Netzteile (Verzweigungskabelnetz) wurden mit Material ausg baut, das überwiegend noch bis 450 MHz, in den letzten Jahren aber auch b 862 MHz spezifiziert wurde. Hier ist aufgrund statistischer Erhebungen davo auszugehen, daß sich das passive Verzweigungskabelnetz (C-/D-Linien) au grund der erwähnten Pegelkorrektur zu über 90 % für den Frequenzbereich b 862 MHz nutzen lassen wird. In den übrigen Fällen muß bei Bedarf der ei oder andere Abzweiger ermittelt und gezielt ausgetauscht werden.

4 Fernspeisekonzept

Durch die Umrüstung der bestehenden 450-MHz-Netze auf 862 MHz muß auch die bestehende Fernspeisung überarbeitet werden. Dabei ist zu prüfen, ob die Einspeisepunkte optimal ausgelastet sind. Werden neue EVU-Einspeisepunkte erforderlich, sind sie vorzugsweise an den Standorten der Fiber Nodes aufzubauen. In diesen Fällen ist für den Fiber Node immer die maximale Leistungsaufnahme von 94 W zu planen. In den übrigen Fällen ist zu prüfen, ob z. B. in einem Fernspeiseabschnitt ein neuer EVU-Anschluß eingeschnitten werden kann. Die Verlegung vorhandener EVU-Anschlüsse sollte vermieden werden. Die Koax-Verstärkerpunkte sollten vorzugsweise von den Standorten der Fiber-Nodes mit EVU-Anschluß aus ferngespeist werden.

5 Zusammenfassung

Die heutigen Breitbandverteilnetze wurden mit einer auf Kupfer-Koaxial-Technik basierenden Baumstruktur mit verschiedenen Heranführungsmedien und Einspeisetechniken realisiert. In den zunächst in einer 300-MHz-Technik ausgeführten BVN begann ab 1987 die Umrüstung mit 450-MHz-Technik. Neue Netze wurden bis etwa 1998 von vornherein mit der 450-MHz-Technik ausgebaut.

Die Forderung nach mehr Übertragungskapazität führte bereits 1994 zu Technikkonzepten, die auch interaktive Dienste berücksichtigten und die in den Folgejahren mehrfach der absehbaren Entwicklung angepaßt wurden. Im Rahmen der Untersuchungen wurde u. a. nachgewiesen, daß die rein koaxiale Umrüstung (z. B. Austausch der aktiven Komponenten gegen eine 606-MHz-Technik) und damit die alleinige Ausdehnung des Frequenzbereiches nur für die Vergrößerung von Verteilangeboten Sinn gemacht hätte. Im Gegensatz zu reinen Verteildiensten erfordern interaktive Dienste (individuelle Videoangebote, Homeshopping, Internetzugang, IP-Telefonie etc.) eine Segmentierung der baumstrukturierten, koaxialen Verteilnetze und die Anbindung der entstandenen Koax-Inseln (Cluster) mit leistungsfähigen Glasfaserübertragungssystemen in Vorwärtsrichtung. Daneben ist ein leistungsfähiger Rückkanal aufzubauen, der die inzwischen stabilisierten Normenanforderungen für die Endgeräte (Set-Top-Boxes, Kabelmodems) realisieren kann.

Das auszuwählende Technikkonzept mußte also zum einen den Gegebenheiten der bestehenden koaxialen Netzinfrastruktur Rechnung tragen und zum anderen neben der Frequenzbereichserweiterung auch die uneingeschränkte Angebotserweiterung im interaktiven Bereich ermöglichen.

Die hier beschriebene Hybrid-Fiber-Coax-Technik mit einem Frequenzbereich bis 862 MHz und breitbandigem Rückkanal erfüllt die Anforderungen an die Übertragungskapazität, die erforderliche Interaktivität sowie die generelle Fähigkeit zur Umgestaltung der vorhandenen Breitbandverteilnetze umfassend.

In den Bk-Anschlußbereichen werden die Koax-Inseln (Cluster bzw. Serving Area) über Glasfaserübertragungssysteme an die bBKVrSt (HUB) sternförmig angeschlossen, während die bBKVrSt mit Ringstrukturen an die üBKVrSt (Headend) angebunden wird. Die Einspeisung der verschiedenen Dienste erfolgt grundsätzlich in der üBKVrSt. Je nach weiterem Netzausbau bzw. fortschreitender Dienstepenetration lassen sich schmalbandige, kundenindividuelle Dienstesignale (Narrowcast) bei Bedarf auch auf optischer Ebene in der bBKVrSt, d. h. faseroptimiert und effizient für kleinere Kollektive, auf freie Plätze im Kanalraster einfügen.

Für die neue Netzplattform wird auch ein neues, weitaus leistungsfähigeres Netzmanagementsystem (NMS) eingesetzt, das die vielfältigen Anforderungen einer integrierten Diensteplattform sowie zeitgemäße betriebliche Ansprüche unterstützen bzw. abdecken kann. Im Bereich der einzelnen Netzelemente (Koax-VrP, Fiber Node, bBKVrSt und üBKVrSt) kommen z. Z. firmenspezifische Elementmanagementsysteme (EMS) zum Einsatz. Oberhalb dieses EMS arbeitet das System künftig mit einem gemeinsamen Standard, der den weiteren Ausbau bis hin zum Service-Management gestattet.

6 Verwendete Abkürzungen

ABVr	AB-(Strecken-)Verstärker, Einsatz in A- und B-Linie
bBKVrSt	benutzerseitige BK-Verstärkerstelle (HUB)
BK	Breitband-Kommunikation
BKHk	BK-Hauptkabellinie (A- und B-Linie)
BKVL	BK-Verbindungslinie
BKVrP	BK-Verstärkerpunkt
BKVtSt	BK-Verteilstelle (Master Headend)
BKVzk	BK-Verzweigungskabellinie (C- und D-Linie)
BVN	Breitbandverteilnetz
BVr	Verstärker zum Abzweig aus ABVr (450-MHz-Technik)
CVr	C-Verstärker zur Versorgung der C-Linien
DVB	Digital Video Broadcasting
EMS	Element Management System
Esp	Einspeisepunkt
EVU	Elektroversorgungsunternehmen
Ez	Entzerrer
FN	Fiber Node (= Glasfaser-Verstärkerpunkt)
FspGt	Fernspeisegerät

GfHVt	Glasfaserhauptverteiler
HEC	Head End-Controller
HFC	Hybrid Fiber Coax (862 MHz, rückkanalfähig)
HK	Hauptkabel (-Linie)
HUB	Netzschwerpunkt
INA	Interaktiver Netzwerk-Adapter
Koax	Koaxial (-kabel/-technik/...)
Kpl	Koppler
KxVrP	Koax-Verstärkerpunkt
MCTRL	Modulcontroller
Narrowcast	schmalbandige, kundenindividuelle Kanäle
NEC	Netzelement-Controller
NMS	Netz-Management-System
OBS	Optischer Breitbandsender
OspGt	Ortsspeisegerät
OVr	Optischer Verstärker
PAL	Phase Alternation Line
PHB	Planungshandbuch
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RWK	Rückwegkoppler
Serving Area	kleiner Versorgungsbereich
SMILE-BK	Betriebslenkungssoftware
StrVGt	Stromversorgungsgerät
üBKVrSt	übergeordnete BK-Verstärkerstelle (Headend)
Vbk	Verbindungskabel (konfektionierte HF-Verbindungskabel)
VrP	Verstärkerpunkt
VVr	Vorverstärker
WE	Wohneinheit

Element-Management-System für HFC-Kabelfernsehanlagen

Von Udo Conradi, Hildesheim

Udo Conradi, Jahrgang 1947,
ist bei der Fa. Teleste GmbH in
Hildesheim im Bereich der Systementwicklung
von Kabelfernsehsystemen tätig.

1 Einleitung

Die Integration neuer, interaktiver Dienste in Kabelfernsehnetzen mit der Erweiterung der Bandbreite auf 862 MHz und die Installation eines Rückwegs erfordern ein Umdenken beim Betrieb dieser Anlagen. Galt bisher die Meinung, daß der Zuschauer die sicherste und beste Störungsmeldeeinrichtung ist, so verlangen die interaktiven Dienste eine ständige Funktionsüberwachung und einen Nachweis der Verfügbarkeit des Netzes. Der Netzbetreiber muß ggf. nachweisen, daß aufgetretene Unterbrechung und Dienstebeeinträchtigungen nicht durch seine Anlage verursacht wurden. Hierbei sind wirtschaftliche Gründe auf beiden Seiten ausschlaggebend.

Ein Element-Management-System (EMS) steuert und kontrolliert die Funktionalität aller Elemente eines Netzwerks, die für den Transport von Verteilsignalen und interaktiven Services benötigt werden. Das EMS kann rechtzeitig Warnungen, Alarme oder Meldungen erzeugen, die einen gezielten, vorausschauenden Einsatz des Servicepersonals aktivieren.

Für den Betrieb eines EMS muß das Netz interaktiv sein. Das heißt, es ist der Rückweg erforderlich. Über einen EMS-Vorwärts- und Rückkanal kommunizieren die Transponder der Netzwerkelemente über den HFC-Netzwerk-Controller (HNC) mit dem EMS-Server.

Teleste hat mit der Entwicklung des Element-Management-Systems CATVisor ein Werkzeug geschaffen, das sowohl die Belange von großen BK-Anlagen mit einem übergeordneten Netzwerk-Management-System (NMS) erfüllt als auch von kleineren Netzbetreibern zur Betreuung der Kabelfernsehanlagen einge-

setzt werden kann. Mit dem CATVisor-System wird die Verfügbarkeit eines Kabelfernsehnetzes entsprechend den Anforderungen eines modernen Telekommunikationsnetzes erhöht.

Insbesondere bietet das System für den Betreiber von Kabelfernsehanlagen die nachfolgenden Vorteile:

- übersichtliche Anzeige des aktuellen Netzzustandes im Explorer;
- umfangreiche Filterfunktionen zur Ermittlung von Primäralarmen;
- genaue Ortsbeschreibungen der Netzwerkelemente zur schnellen Ermittlung von Störungsorten;
- elektronische Einstellung der Übertragungsparameter und Lesen der Betriebszustände mit dem Commander, auch aus der Ferne;
- netzausfallsichere, redundante Speicherung der Stationsdaten;
- Plug & Play mit Rückspeicherung eingestellter Übertragungsparameter;
- Überwachung der Übertragungsparameter mit Warnungen bei Grenzwertverletzungen zur prophylaktischen Fehlererkennung;
- Autokonfiguration bei der Installation neuer Verstärkerpunkte;
- Führung von Inventarlisten mit Auswertung der elektronischen Modultypenschilder;
- statistische Auswertung von Betriebszuständen;
- Upgradefähigkeit durch Software-Download.

2 NMS/EMS

Oftmals werden die Begriffe NMS und EMS nicht deutlich voneinander getrennt. Aufgabe eines NMS ist es, alle Funktionen im Zusammenhang mit dem Netzwerk zu verwalten (Bild 1). Das EMS (Element-Management-System) bietet Funktionen auf Element- und Netzwerkebene.

3 Systemübersicht

Die Systemübersicht in Bild 2 zeigt die einzelnen Netzebenen als Hierarchien. Für jede Netzebene sind bestimmte Übertragungsparameter in einer Bezugskette, sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung, gefordert. Besonders zu beachten ist, daß in der Verteilrichtung die Signale an jedem Netzknoten auf die einzelnen Netzsegmente verteilt werden. In der Rückwärtsrichtung

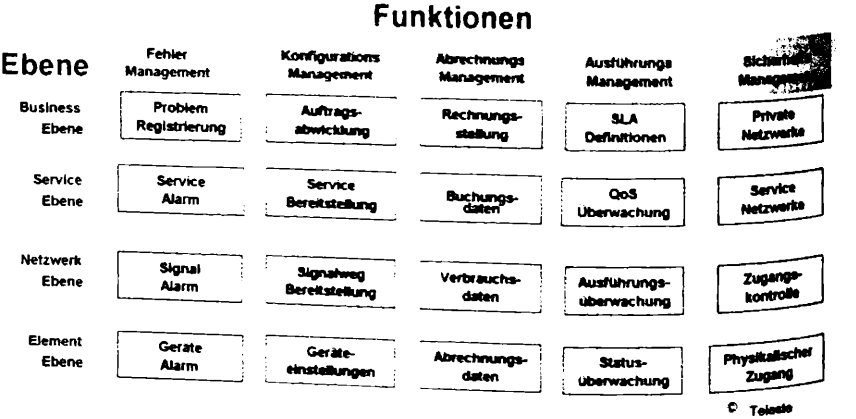


Bild 1: Management-Funktionen

akkumulieren sich jedoch alle Signale an jedem Netzknoten. Das erfordert besondere Maßnahmen, um Störungen und unerlaubte Eingriffe von Dritten einzugrenzen und deren Wirkbreite zu begrenzen.

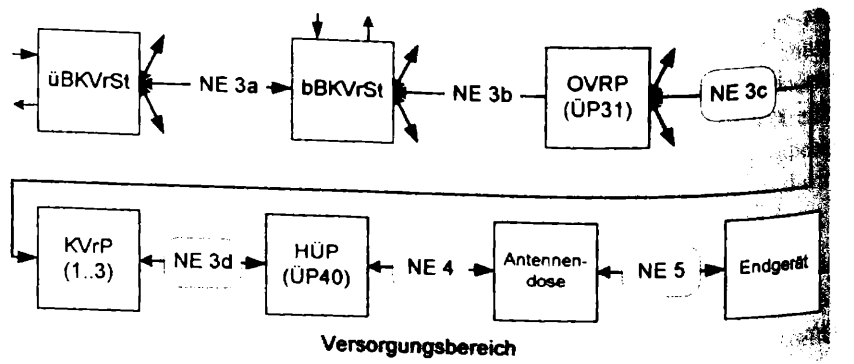


Bild 2: Netzhierarchie

4 CATVisor

CATVisor ist der Name eines Systems, das sich aus mehreren Komponenten zusammensetzt. Der Aufbau des EMS-Systems CATVisor von Teleste ist in Bild 3 dargestellt.

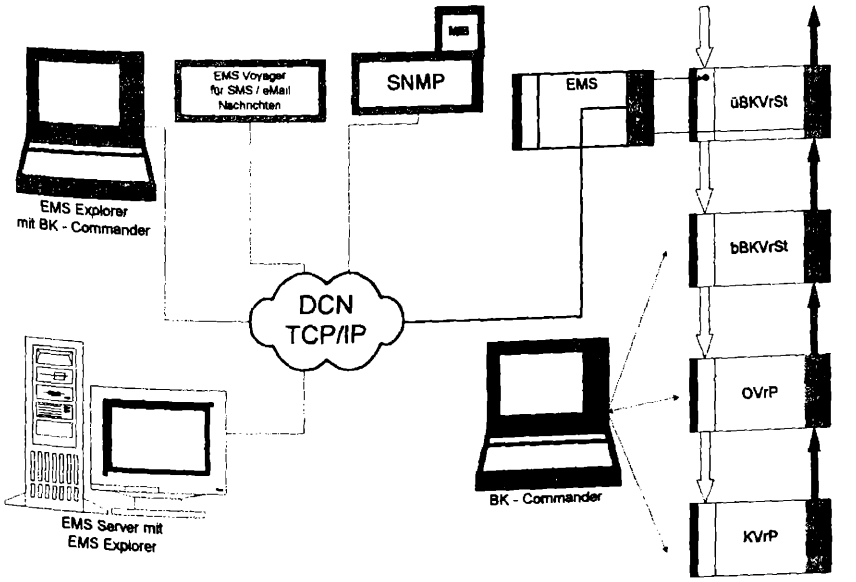


Bild 3: Aufbau des EMS-Systems CATVisor

4.1 EMS-Server

Kern des EMS ist der EMS-Server, der eine Datenbank für das gesamte Kabelfernsehnetz darstellt und jedes Netzelement mit der Stationsbezeichnung und den integrierten Modulen verwaltet. Basierend auf einem PC mit dem Betriebssystem Windows NT™, können in diesem Server gleichzeitig mehrere Prozesse ablaufen. Dazu gehören:

- Steuerung und Überwachung der Kommunikation mit allen Netzelementen;
- Verwaltung aller Netzelemente und der integrierten Module;
- Konfiguration und Speicherung der Bestandsdaten von Standorten;
- Darstellung des Netzzustandes über den CATVisor-Explorer gleichzeitig auf mehreren kontaktierten PCs;
- Weitermeldung selektierter Meldungen und Alarme an andere Systeme;
- Bildung von statistischen Zusammenstellungen.

4.2 HFC-Netzwerk-Controller

Der Netzwerk-Controller ist das Interface zwischen dem Server und den Stationstranspondern im HFC-Netzwerk. Über die Datenträgerfrequenzen (vorwärts 85 bis 87,5 MHz und rückwärts 7 bis 21 MHz) kommuniziert der HNC zyklisch mit allen Netzwerkelementen und fragt dabei den Betriebszustand ab. Mehrere HNC können parallel im Netzwerk auf unterschiedlichen Frequenzen betrieben werden. Jedes HNC-Modul ist für eine Gruppe von maximal 255 Netzwerkelementen zuständig.

4.3 EMS-Explorer

Mit dem CATVisor-Explorer kann man in der Netzstruktur einzelne Netzelemente anwählen und den Betriebszustand betrachten. Meldungen und Alarme werden durch gelbe oder rote Flaggen an den Ikonen der Netzelemente angezeigt. Anhand der hierarchisch angeordneten Netzelemente kann man an den Farben die höchste Ebene eines Fehlers und damit den Primäralarm leicht erkennen. Über den „Element Viewer" wird der Commander aufgerufen, der mit seinen Funktionen den Zugriff auf alle lokalen Befehle und Anzeigen erlaubt (Bild 4).

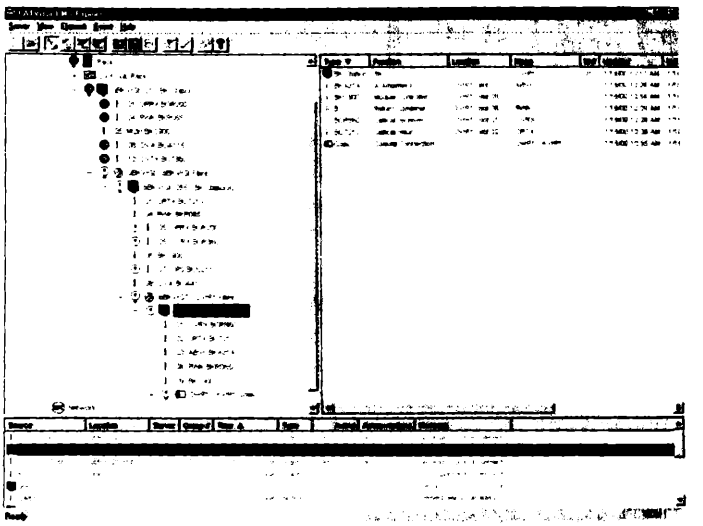


Bild 4: Darstellung von Alarm- und Betriebszuständen im EMS-Explorer

Der Explorer ist ein Programmteil im EMS-Server. Bei einer Verbindung zu diesem Server kann auch von jedem anderen Standort der Explorer auf einem

PC gestartet werden. Beliebige Arten von Verbindungen sind möglich, z. B. Standard-DFÜ-Verbindung über eine Modemleitung, GSM-Verbindung oder jede andere Datenverbindung.

4.4 BK-Commander

Mit dem BK-Commander steht ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem die Betriebswerte eines Verstärkerpunktes betrachtet und verändert werden können. Übersichtlich werden im Modulbaum alle lokalen Module und der generelle Betriebszustand angezeigt. Nach der Auswahl eines Moduls stehen die unterschiedlichen Funktionen in Form von Karteikarten zur Verfügung. Generell sind darauf die nachfolgenden Funktionen verfügbar:

- *Status:*
  zeigt den aktuellen Meldungszustand des entsprechenden Moduls an.
- *Parameter:*
  zeigt den Betriebszustand und die zugehörigen Justiermöglichkeiten an (Bild 5).

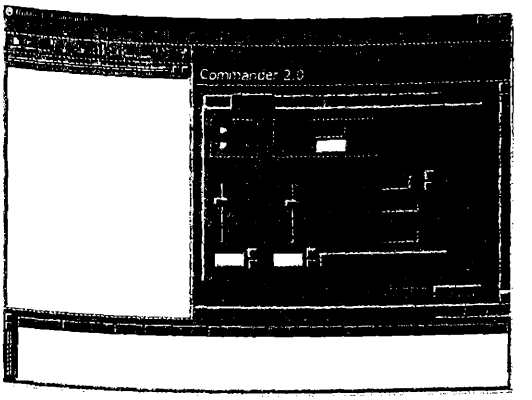


Bild 5: Darstellung von Betriebsparametern im Commander

- *Einstellungen:*
  zeigt die Konfiguration des Moduls an.
- *Reparaturprotokoll:*
  zeigt in zehn Zeilen mit Datum, einem vierstelligen Reparaturnamen und einem vierstelligen Namenscode den Lebenslauf des Moduls an. Außerdem ist in einem freien Feld ein Eintrag mit 100 ASCII-Zeichen möglich (Notizzettel).

- *Eigenschaften:*
  elektronisches Typenschild; zeigt die bei der Produktion eingetragenen modulspezifischen Kennungen an (Bild 6).

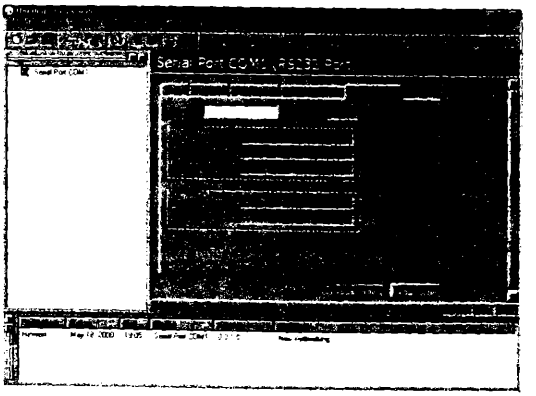


Bild 6: Darstellung von Produkteigenschaften im Commander

4.5 EMS-Voyager

Der EMS-Voyager ist eine Einrichtung im EMS-Server, mit der Meldungen an andere Übertragungssysteme übergeben werden. Vorzugsweise werden Alarme durch eine SMS an ein GSM-Gerät weitergegeben. Diese Funktion erlaubt automatisches Benachrichtigen des Servicepersonals.

4.6 SNMP-Wizard

Diese Einrichtung im EMS-Server erzeugt aus Alarmen und Meldungen SNMP-Informationen, die in anderen Netzwerk-Management-Systemen weiterverarbeitet werden.

5 Netzelemente

Die Struktur der Kabelfernsehanlage wird durch Netzelemente dargestellt, die hierarchisch angeordnet sind (Bild 7). Jedem Netzelement sind bestimmte Funktionen zugeordnet, die an ihren Ein- und Ausgängen überwacht werden. Im Fehlerfall werden die Netzelemente gemeldet, die an ihren Meßstellen unzulässige Abweichungen aufweisen.

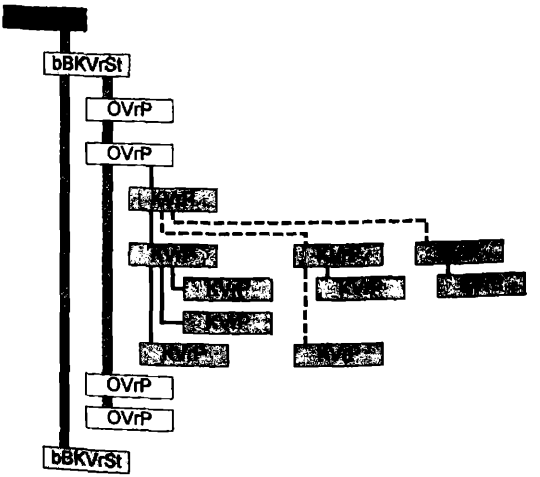


Bild 7: Hierarchie von BK-Netzelementen

5.1 üBKVrSt

Die höchste Hierarchiestufe bildet die übergeordnete **BK**-Verstärkerstelle (üBKVrSt). Sie ist die Quelle des Verteilsignals. Alle nachfolgenden Netzelemente werden von ihr versorgt. Der Rückweg endet hier. Die Betriebssicherheit dieser Station wird durch Doppelung und Bildung redundanter Einheiten erhöht. Jede dieser Einheiten bildet ein Netzelement, das einzeln überwacht wird und im Fehlerfall die Versorgung des gesamten Systems übernehmen muß. Für die redundante Versorgung von angeschlossenen bBKVrSt stehen gedoppelte Ausgänge für separate Trassen zur Verfügung.

5.2 bBKVrSt

Die regionale Verteilung des Breitbandsignals wird durch die benutzerseitige **BK**-Verstärkerstelle (bBKVrSt) realisiert. Zwischen der üBKVrSt und der bBKVrSt können Entfernungen bis zu 100 km liegen. Der Rückweg wird in dieser Station zusammengefaßt und zur üBKVrSt übertragen. Er kann auch ganz oder teilweise auf andere Medien übergeleitet werden. Um die Versorgung dieser Station sicherzustellen, wird meist eine redundante Versorgungsstrecke zwischen üBKVrSt und bBKVrSt installiert. Diese Versorgungsstrecke führt über eine separate Trasse, so daß die Anschlußleitungen die Form eines Ringes haben, physikalisch aber als Stern anzusehen sind.

5.3 OVrP

Ein Versorgungsbereich (Cluster, serving area) wird über einen optischen Verstärkerpunkt (OVrP) angeschlossen. Für jede Übertragungsrichtung steht zu jedem OVrP eine Glasfaser bereit. Die Vorwärts- und die Rückwegeinheit bilden jeweils an den Ein- und Ausgängen ein überwachtes Netzelement. Für die Überwachung des Vorwärtsweges werden im Eingang das optische Signal und der Pilot sehr genau gemessen. Bei Verletzung der tolerierbaren, engen Grenzwerte wird eine Warnung oder ein Alarm gesendet. Ausgänge werden durch einen Breitband-Detektor überwacht. Der Ausfall des HF-Signals wird bei spezifizierten Abweichungen sicher erkannt und signalisiert.

Der Rückweg wird durch die Kommunikation des EMS-Systems überwacht. Alle Stationen werden zyklisch aufgerufen, ihren Betriebsstatus zu melden. Antwortet eine Station nicht in dem vorgesehenen Zeitfenster, wird eine Warnung oder ein Alarm erzeugt. Vorgesehen ist auch die Überwachung der Fernspeiseströme und bestimmter Temperaturwerte. Weichen die aktuellen Meßwerte von den limitierten Grenzwerten ab, wird eine Warnung oder ein Alarm erzeugt.

5.4 KVrP

Einem OVrP können bis zu drei koaxiale Verstärkerpunkte KVrP nachgeschaltet werden. Der OVrP stellt dafür bis zu vier Ausgänge bereit. Bei einer Feldlänge von 412 m kann damit durch einen OVrP eine Fläche von ca. 1250 m x 1250 m versorgt werden, wenn in jeder Richtung drei KVrP kaskadiert werden.

Auch im KVrP bilden Vorwärts- und Rückwegeinheit jeweils an den Ein- und Ausgängen ein überwachtes Netzelement. Für die Überwachung des Vorwärtsweges wird im Eingang der Pilot sehr genau gemessen. Bei Verletzung der tolerierbaren, engen Grenzwerte wird alarmiert. Ausgänge werden durch einen Breitband-Detektor überwacht. Diese Detektoren sind wegen der endlichen Genauigkeit nur als relativ grobe Indikatoren benutzbar. Der Ausfall des HF-Signals wird bei größeren Abweichungen jedoch sicher erkannt und signalisiert.

6 Netzwerkkommunikation

Die Transponder der Netzelemente kommunizieren über Datenträger mit dem HNC (Bild 8).

Das Übertragungsprotokoll basiert auf den Definitionen der „Society of Cable Telecommunications Engineers" (SCTE). Diese Definitionen wurden für eine

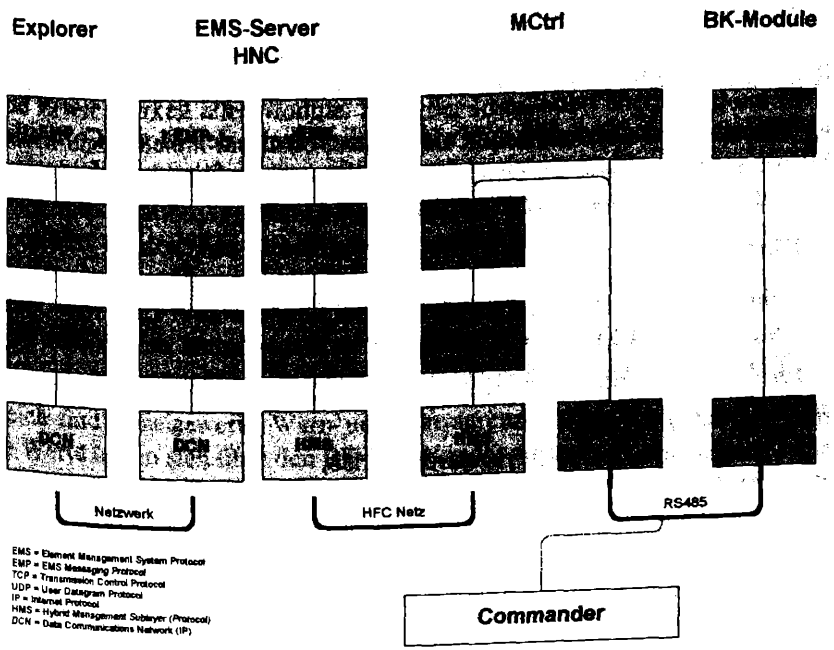


Bild 8: Elemente der Netzwerkkommunikation

komfortable Kommunikation mit einigen Leistungsmerkmalen, z. B. mit der Benutzung der IP-Adressierung, ergänzt.

Für jedes Modul in einem Netzwerkelement steht eine separate IP-Adresse zur Verfügung. Dabei können maximal 63 Module pro Netzelement angemeldet sein. Die letzten 6 Bit der Adresse kennzeichnen das ausgewählte Modul. Die Adressenvergabe erfolgt im Netzelement automatisch und richtet sich nach der eingestellten Modulposition.

7 Modulfunktionen

Umfangreiche, spezielle Modulfunktionen erlauben über den BK-Commander den Zugriff zu und die Veränderung von lokalen Werten in jedem Element. Eingestellte Werte können im Backup-Speicher des Station Memory (SMem) gespeichert werden. Nach einem Modulwechsel können durch das Zurückladen die eingestellten Konfigurationswerte wieder benutzt werden („Plug & Play").

Die Modulfunktionen werden über den BK-Commander gesteuert und sind selbsterklärend. Nach dem Anschluß des BK-Commanders und der Auswahl ei-

Rückwegschalter:

Im Rückwegkoppler ist für jeden Eingang ein Schalter angeordnet, mit dem das Rückwegsignal um 10 dB gedämpft oder ausgeschaltet werden kann. Die Dämpfung oder Abschaltung eines Weges wird als Warnung gemeldet. Mit der 10-dB-Dämpfung lassen sich eingekoppelte Störsignale eingrenzen, ohne den Übertragungsweg vollkommen zu unterbrechen.

Inventory-Daten:

In jedem Gerät sind Inventory-Daten gespeichert. Neben den fabrikseitig eingestellten Daten wie Hersteller, Typ und Seriennummer läßt sich auch ein eigener Text mit bis zu 100 Zeichen netzausfallsicher speichern.

Reparaturdaten:

In jedem Modul können zehn Einträge für Reparaturdaten netzausfallsicher gespeichert werden. Neben dem Datum stehen zwei Felder mit je vier Zeichen (ASCII) für den Reparaturcode und den Reparaturnamen zur Verfügung.

Software-Download:

Die Software in einem Modul besteht aus zwei separaten Programmteilen:

- BIOS-Software,
- Applikations-Software.

Die BIOS-Software kann nur fabrikseitig über einen speziellen Adapter gespeichert oder ausgetauscht werden. Sie enthält Grundfunktionen wie etwa die Kommunikations-Software, die für alle anderen Operationen notwendig ist. Die Applikations-Software kann über den BK-Commander ausgetauscht werden und enthält alle modulspezifischen Funktionen.

Standortdaten:

Im MCtrl werden die standortspezifischen Daten wie Kommunikationsadresse, Anschrift, Strukturnummer, HF-Quelle und Stromversorgungsquelle gespeichert. Bei der Installation müssen diese Daten generiert werden, um diesen VrP im EMS-Server anzumelden. Fehlende Standortdaten werden als Warnung signalisiert, und die LED „Modul" am MCtrl leuchtet gelb.

8 Meldungen

Bei Störungen oder Ausfällen werden Meldungen an den zentralen Server gesendet. Hier bleibt die Meldung solange aktiv, bis der Meldegrund beseitigt ist oder die Meldung quittiert wurde.

Alarme:

Betriebszustände, die zum Ausfall eines Übertragungssignals führen, verursachen einem Alarm.

Warnungen:

Betriebszustände, die zum Ausfall des Übertragungssignals führen könnten, verursachen eine Warnung (Erreichen von Grenzwerten).

Meldungen:

Änderungen des Betriebszustandes ohne Einfluß auf das Übertragungssignal erzeugen eine Meldung (Beispiel: Gerätedeckel wird geöffnet).

9 Betrieb

Der Betrieb der Kabelfernsehanlage wird mit dem Element-Management-System übersichtlich dargestellt. Im Elementfenster des EMS-Explorers werden die Betriebszustände aller angemeldeten Netzwerkelemente, die vom EMS-Server verwaltet werden, mit farbigen Ikonen markiert. Jedes Element, das sich in einem irregulären Betriebszustand befindet, markiert den entsprechenden Netzzweig farbig. Durch den hierarchischen Aufbau der Netzstruktur kann man den Ort einer Fehlerursache dadurch leicht erkennen. Nach entsprechender Auswahl kann das Element selektiert und mit dem Commander zur genaueren Untersuchung geöffnet werden.

9.1 Fehlermanagement

Der aktuelle Betriebszustand der Kabelfernsehanlage wird im Ereignisfenster dargestellt. Durch Filterung können Fehlermeldungen selektiert oder ausgeblendet werden. Die optionale Software-Funktion „Voyager" leitet Signalisierungen z. B. durch eine SMS an das Servicepersonal weiter.

Alle fehlerhaften Betriebszustände werden vom System aufgenommen und angezeigt, bis die entsprechende Gutmeldung den Alarm beendet.

9.2 Konfigurationsmanagement

Bei der Installation von Netzwerkelementen ist darauf zu achten, daß die entsprechenden Geräte die richtige Orts- und Adreßbezeichnung erhalten. Auf diese Weise lassen sich alle Geräte über den Explorer wiederfinden und von einer zentralen Station aus konfigurieren.

Alle Konfigurationsdaten werden sowohl lokal im Stationsspeicher als auch in einer Datei auf dem Servicegerät gespeichert. Es ist also möglich, Konfigurationen wieder zu rekonstruieren.

9.3 Gerätemanagement

Jedes Gerät im Kabelfernsehnetz trägt ein elektronisches Typenschild, das den Typ, die Seriennummer und den Geräte- und Software-Stand enthält. Außerdem kann jedem Gerät noch ein individueller Name mit zehn Zeichen gegeben werden. Dem EMS-Server sind alle Netzwerkelemente und die darin enthaltenen Module mit ihren Typenschildern bekannt. Mit einer Druckfunktion können die Typenschilder als ASCII-Datei zur weiteren Verarbeitung (auch als Excel-Datei) exportiert werden. Jederzeit ist dadurch eine Inventur oder die Suche nach bestimmten Modultypen oder Geräteständen möglich.

10 Definitionen

EMS	Element-Management-System
EMS-Netzelement	Funktionseinheit der Kabelfernsehanlage mit definierten Eingangs- und Ausgangsschnittstellen. Ein Netzelement kann ein einzelnes Modul oder eine Funktionsgruppe von Modulen sein. Ein Netzelement ist durch einen eigenen EMS-Transponder gekennzeichnet.
EMS-Transponder	Der EMS-Transponder ist das Kommunikationsinterface eines EMS-Netzelements.
INA	Interaktiver Netzabschluß (Gerät zum Ein- und Auskoppeln der Dienstsignale)
Ingress Noise	Eingekoppeltes Fremdgeräusch
Netzebene	Übertragungsabschnitt des Kabelfernsehnetzes, der Funktionseinheiten miteinander verbindet (z. B. eine üBKVrSt mit einer bBKVrSt)
NMS	Netzwerk-Management-System
Redundanzbetrieb	Automatische Aktivierung von Reservegeräten und/oder parallelen Übertragungswegen, die bei einem Ausfall des Hauptübertragungsweges den Betrieb aufrechterhalten
Rückkanal	Übertragungskanal, der durch seine Frequenz, Bandbreite, Pegel und Modulation gekennzeichnet ist und im Rückweg übertragen wird
Rückweg	Physikalische Eigenschaft des Kabelfernsehnetzes, entgegen der Verteilrichtung Signale zu übertragen
Versorgungsbereich (Serving Area, Cluster)	Versorgungsbereich, der durch eine Zu- und Rückleitung mit einer Zentrale (bBKVrSt) verbunden ist und zwischen 500 und 1 500 Wohnungseinheiten (WE) mit Signal versorgt

Richtfunk im Access- und Transportnetz
Einsatzpotential und Entwicklungstendenzen

Von Walter Bourdon, Backnang

Dipl.-Ing. Walter Bourdon
Jahrgang 1941, ist bei der
Marconi Communications GmbH
für Fragen der Standardisierung und
des Systemdesigns im Funkbereich
zuständig.

1 Einführung

Die weltweite Liberalisierung und Deregulierung der Telekommunikation hat den Wettbewerb wesentlich gefördert, wenn nicht erst ermöglicht. Der Wettbewerb der Netzbetreiber führte zu einer vermehrten Nutzung des Übertragungsmediums Richtfunk, sowohl im Transportnetz als auch im Accessbereich mit dem Netzzugang zum Teilnehmer („letzte Meile"). Hierbei gilt aber der Grundsatz, daß die Quality of Service (QoS) eines Netzes für jedes Übertragungsmedium gleich ist (Ausnahme: im Mobilfunk).

Die weiterhin starke Zunahme des Datenverkehrs auf der Basis IP-(Internet-Protokoll-)gestützter Dienste, die entweder in reinen IP-Netzen, in ATM-Netzen oder in SDH-Netzen übertragen werden, wird die bisherigen Netzarchitekturen (vermittelnde Netze, circuit switched, $n \times 64$ kbit/s) verändern. Die Netzarchitektur, die sich in Zugangs- und Transportnetz aufteilen läßt, wird sich weiter differenzieren und den Anforderungen neuer Dienste anpassen.

Darüber hinaus wird es immer wieder Sondernetze geben, die kostenoptimiert an spezielle Erfordernisse angepaßt sind, wie die Beispiele Mobilfunknetz, TV-Mod- und Leitungsnetz und das weite Feld der Corporate-Netze zeigen. In allen Netzebenen wird die Richtfunkübertragungstechnik im weitesten Sinne eingesetzt. Beim Netzbetreiber DTAG mit einem sehr gut ausgebauten Maschennetz auf der Basis von Glasfaser im Transportnetz und/oder Kupfer im Zugangsnetz hat der Richtfunk natürlich einen ganz anderen Stellenwert als

bei den neuen Netzbetreibern, die den Richtfunk sowohl im Transportnetz als auch im Zugangsnetz in großem Umfang einsetzen. Besonders der Richtfunk im Zugangsbereich ist durch die schnelle und kostengünstige Installation und den am direkten Bedarf der Teilnehmer orientierten Netzausbau ein hervorragendes Übertragungsmedium, um im Wettbewerb bestehen zu können. Für die neuen Netzbetreiber ist er somit neben entbündeltem Netzzugang von großer Bedeutung, um die „letzte Meile" zum Teilnehmer überbrücken zu können.

In den Netzen der Mobilfunkbetreiber, mit Ausnahme von T-D1, ist der Richtfunk auf Grund der oben genannten Merkmale das wichtigste Übertragungsmedium zur Anbindung der Mobilfunk-Basisstation (BTS) an die zentralen Netz-Controller (BCE).

Mit der Einführung der 3. Generation des Mobilfunks (UMTS), dem Auf- und Ausbau der Netze der neuen Netzbetreiber auf der Basis IP und dem Entstehen von größeren Metropolitan-LAN-Netzen wird die Anwendung von Richtfunk einen weiteren großen Schub erhalten.

2 Grundlegende Aspekte der Richtfunkübertragung

2.1 Funk-Ausbreitungsphänomene und deren Einfluß auf die Qualität

Die Übertragungsqualität und die Verfügbarkeit sind durch ITU-T-Empfehlungen (ITU-T G.821 für PDH-Übertragung, ITU-T G.826, ITU-T G.828 für SDH-Übertragung und ITU-T G.827 und andere ITU-T Empfehlungen) festgelegt. Aus den vorgenannten Empfehlungen sind von ITU-R entsprechende Empfehlungen für die Richtfunkübertragung (F.696, F.697 für PDH-Übertragungsqualität, F.1397, und F.1491 für die SDH-Übertragungsqualität und F.557, F.695 für die Verfügbarkeit) abgeleitet worden. Dadurch ist eine von den Übertragungsmedien unabhängige Netzqualität für die internationalen Strecken und die sich anschließenden nationalen Übertragungsabschnitte bis zum Teilnehmer definiert. Dies bedeutet, daß der Richtfunk in allen Netzen zumindest die gleiche Übertragungsqualität wie die leitergebundenen Übertragungsmedien haben muß.

Bezüglich der Verfügbarkeit läßt der Richtfunk wesentlich einfachere und damit kostengünstigere Netzstrukturen zu, da keine Zweiwegeführung notwendig ist. Der Richtfunk braucht im Bedarfsfall nur eine einfache Geräteredundanz. Der Funkweg selbst kann im Vergleich zu leitergebundenen Übertragungsabschnitten nicht für längere Zeit ausfallen.

Übertragungsqualität und Verfügbarkeit einer Richtfunkverbindung werden durch sehr kurze, zeitvariable funkspezifische Ausbreitungsvorgänge (Mehrwege- und Regenschwund) beeinflußt. Folgende zeitvariable Vorgänge führen zu Mehrwegeschwund (Fading) auf der Funkstrecke zwischen Sender und Empfänger:

- Reflexion am Boden und/oder an Luftschichten mit starker Temperatur- und/oder Feuchtedifferenz (auch Duct-Bildung);
- Reflexion an Wasseroberflächen und an sehr feuchten Bodenschichten;
- Änderungen der regionalen Wetterlage (Warmluft/Kaltluft), die zu den o. g. Vorgängen führen können.

Durch die genannten Einflüsse wird das gesendete Signal auf mehreren Funkpfaden zum Empfänger übertragen. Im Empfänger kommt es zu einer Überlagerung dieser in Größe, Laufzeit und damit Phasenlage unterschiedlichen Signale. Dies führt zu zeitvariablen Verzerrungen des Amplituden- und Phasenfrequenzgangs des zu regenerierenden Signals und damit in Extremfällen zum Ausfall der Verbindung durch zu starke Verzerrungen und/oder zu geringem Empfangspegel des Signals.

Durch geeignete Maßnahmen wird die Einhaltung der vom Netzbetreiber abgeleiteten, für den jeweiligen Streckenabschnitt nach ITU-R-Empfehlungen festgelegten Übertragungsqualität und Verfügbarkeit gewährleistet. Im Falle von Mehrwegeausbreitung garantieren dies digitale adaptive Entzerrer im Richtfunkempfänger und Raum- und/oder Frequenz-Diversity im Zusammenhang mit einer sorgfältigen Funkstreckenplanung [1, 2] durch Berücksichtigung einer Schwundreserve. Die Mehrwegeausbreitung ist besonders unterhalb von 10 GHz auf Funkfeldern mit einer Länge von >25 km zu beachten, da hier die geforderte Übertragungsqualität die bestimmende Größe ist. Oberhalb von 10 GHz hat der Regen mit zunehmender Frequenz einen nennenswerten Einfluß auf die Verfügbarkeit. Dadurch wird die mögliche Funkfeldlänge begrenzt, so daß nur noch Funkfelder mit einer Länge von <20 km bei z. B. 18 GHz und 4 km bei 38 GHz realisierbar sind. Dies gilt z. B. für die in Deutschland auftretende Regenintensität von etwa 42 mm/h bei einer Verfügbarkeit von 99,998 % eines Jahres. Die geforderte Verfügbarkeit wird durch Einplanung einer Schwundreserve [2] gewährleistet.

2.2 Einfluß von Systemeigenschaften auf die Netzdichte

Die Anzahl der möglichen Richtfunkstrecken in einem vorgegebenen Gebiet hängt im wesentlichen von folgenden Parametern ab:

- Richtcharakteristik der eingesetzten Sende- und Empfangsantennen;
- Breite der Sende- und Empfangsselektion bei festgelegter Übertragungskapazität (z. B. 115 Mbit/s; STM-1);
- verwendetes Modulationsverfahren (Anzahl der Modulationszustände);
- Gleich- und Nachbarkanalstörfestigkeit der Systeme untereinander;
- automatische Sendeleistungsregelung.

Mit diesen Parametern wird die Spektrumseffizienz und damit die mögliche Dichte eines Richtfunknetzes bestimmt.

Die Anwendung digitaler Signalverarbeitung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung und Fertigung eines kostengünstigen und spektrumseffizienten Richtfunkübertragungssystems.

Der Einsatz automatischer Sendeleistungsregelung (engl. Automatic Transmit Power Control (ATPC)) zwischen Sender und Empfänger einer Strecke erlaubt die Reduktion der Sendeleistung in sehr großen Zeitprozentsätzen (98 % eines Monats/Jahres) auf ein Maß (15 dB bis 20 dB reduzierte Leistung), das ausreicht, um die Übertragungsqualität und die Verfügbarkeit während dieses Zeitraumes zu gewährleisten. Dies bedeutet, daß die Gesamtstörleistung im betrachteten Gebiet um den Regelumfang der Sendleistungsregelung jedes Richtfunksystems reduziert ist, so daß damit eine etwa dreifach höhere Anzahl von Strecken bei sonst gleichen Systemparametern realisiert werden kann.

2.3 Frequenznutzung

Die belegbare Frequenzbandbreite pro Funkübertragungssystem ist weltweit durch das technisch-wirtschaftlich nutzbare Frequenzspektrum stark begrenzt. Das verwendbare Spektrum muß deshalb, je nach Frequenzbereich, von vielen Funkdiensten gleichzeitig benutzt werden, um ausreichende Übertragungsmöglichkeiten (Kapazität) zur Verfügung zu stellen. Hierbei sind die Dienste mit ihren unterschiedlichen, zum Teil gegensätzlichen technischen Anforderungen zu berücksichtigen. Der Frequenzbedarf hat in den letzten Jahren sehr stark zugenommen, wobei die Mobilfunkdienste, der Feste Funkdienst (Richtfunk) und der Feste Funkdienst über Satelliten einen besonders hohen Zuwachs hatten und auch in Zukunft noch haben werden.

Durch die historisch gewachsene Nutzung des Spektrums sind die einmal festgelegten Kanalanordnungen in den durch ITU-R definierten Frequenzbändern praktisch festgeschrieben und können nur in Ausnahmefällen neu definiert werden. Dies erfordert beim Einsatz neuer Funksysteme die Einhaltung bestehender Kanalraster. Ein Überblick über die Frequenzraster und Fre-

quenzbänder, die international für Richtfunk zur Nutzung empfohlen werden, ist in der Empfehlung ITU-R F.746 [3] dargestellt. Durch die Nutzung beider Polarisationen zur Übertragung unabhängiger Signale ist eine Verdoppelung der Übertragungskapazität realisierbar. Bild 1 verdeutlicht dies.

Beim sogenannten ACAP-System (Adjacent Channel Alternate Polarized) wird der benachbarte Kanal kreuzpolar belegt, beim CCDP-System (Co-Channel Dual Polarized) wird derselbe Kanal kreuzpolar genutzt. Damit ist beim CCDP-System eine Verdoppelung der Übertragungskapazität pro Kanal gegenüber dem ACAP-System möglich.

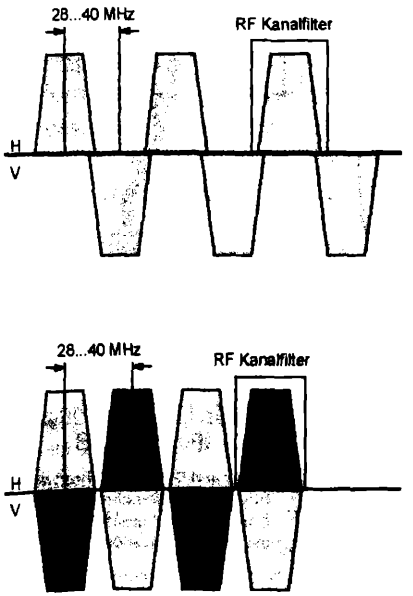


Bild 1: Nachbarkanal- und Gleichkanalbetrieb (Prinzip)

Werden parallel verlaufende Funkfelder über getrennte Antennen betrieben, kommt es infolge von Mehrwegeausbreitungsvorgängen zu großen Pegelunterschieden zwischen den Empfangssignalen der verschiedenen Empfänger. Dies erfordert eine zusätzliche spektrale Entkoppelung zwischen benachbarten Kanälen.

Die Installation von parallel verlaufenden Funkfeldern, die an getrennten Antennen betrieben werden, hat in den letzten Jahren sehr stark zugenommen, da jetzt mehrere Netzbetreiber Funkfelder in benachbarten Frequenzkanälen be-

treiben. Früher war dies nicht der Fall, da nur die Deutsche Bundespost als alleiniger Nutzer der Frequenzen für Richtfunksysteme aufgetreten ist.

Damit der CCDP-Betrieb [2] unter Einhaltung des QoS realisiert werden kann, wird die nicht ausreichende Entkoppelung der beiden kreuzpolar übertragenen Signale durch einen XPIC (Cross Polarization Interference Canceller) entscheidend verbessert. Der XPIC [4] ist auf der Empfangsseite beider Richtfunksysteme, die auf derselben Frequenz ihre Signale übertragen, installiert (Bild 2).

Die digitale Signalverarbeitung in Sender und Empfänger ist die entscheidende Technologie, um den CCDP-Betrieb wirtschaftlich realisieren zu können.

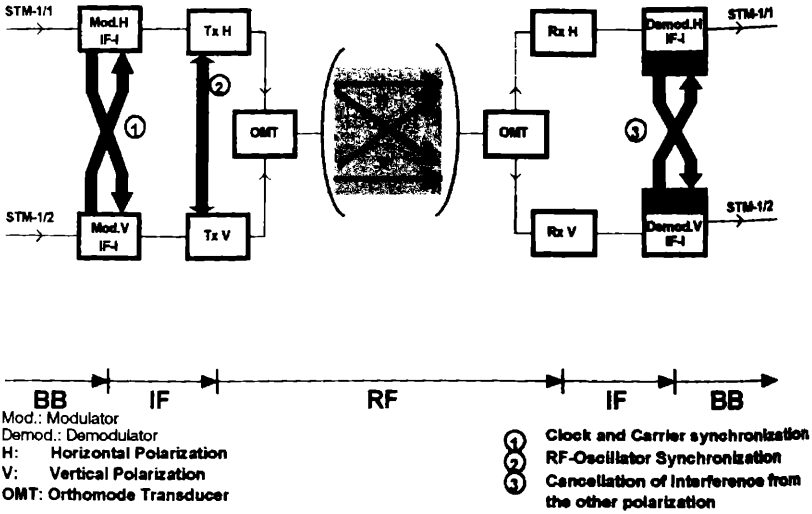


Bild 2: Prinzipielle Funktion der Übertragung auf beiden Polarisationen und Anwendung des XPIC

Zur Zeit werden CCDP-Systeme in zunehmendem Maße mit etwa 30 MHz bis 40 MHz Kanalabstand in den Frequenzbereichen unterhalb von 15 GHz in Transportnetzen eingesetzt. In den Frequenzbereichen oberhalb von 15 GHz wird in naher Zukunft ebenfalls der Einsatz von CCDP-Systemen zur Diskussion stehen, da mit der Installation von Mobilfunksystemen der 3. Generation (UMTS) gegenüber den GSM-Netzen mit einem erheblichen Mehrbedarf an Übertragungskapazität zu rechnen ist.

Im Accessbereich mit den relativ kleinen Entfernungen zwischen Teilnehmer und Zugangsknoten ist der Einsatz der XPIC-Funktion nur dann notwendig,

wenn bei Frequenzabständen von 28 MHz und STM-1-Übertragung auch Modulationsverfahren mit 128 Zuständen verwendet werden müssen. Bei Systemen mit z. B. 16-QAM (56 MHz) ist dies nicht notwendig, da die Kreuzpolarisationsentkoppelung oberhalb von 18 GHz trotz Regen ausreichend bleibt. Dies gilt auch für die Nutzung beider Polarisationen in Punkt-zu-Multipunkt-(P-MP-)Systemen, die ausschließlich im Teilnehmerzugangsbereich eingesetzt werden. Bei diesen Systemen [5] sind Mehrwegeausbreitungsphänomene bei Frequenzen unterhalb von 15 GHz durch die kleinen Entfernungen zwischen der Terminal-Station (TS) und der Central Radio Station (CRS) nicht relevant für die Systemauslegung. Bei den Frequenzen oberhalb von 18 GHz ist die Regendämpfung die systembestimmende Größe, um die geforderte Verfügbarkeit der Verbindung einhalten zu können. Auf Grund der zellularen Architektur eines Zugangsnetzes, das mit P-MP-Systemen realisiert ist, bestimmt die Gesamtstörleistung am Eingang eines Empfängers wesentlich dessen Einsatzmöglichkeiten [6, 7, 8].

2.4 Standardisierung

Die Standardisierung von Telekommunikationssystemen wird weltweit und besonders in Europa durch ETSI zum Vorteil aller, auch der Anwender, durchgeführt. Für Richtfunksysteme ist dafür die Working Group ETSI TM4 zuständig, die sowohl den Punkt-zu-Punkt-(P-P-) als auch den P-MP-Bereich standardisiert hat. In den Frequenzbereichen 3 GHz bis 15 GHz sind für Transportnetze ETSI-Standards (EN) in Anwendung. Für den Accessbereich gibt es ENs in den Frequenzbereichen oberhalb 15 GHz bis 59 GHz. Die Standards umfassen Systeme mit einer Übertragungskapazität von $n \times 64$ kbit/s (PDH) bis $4 \times$ STM-1 (SDH). Für die jeweiligen Antennen der genannten Systeme sind ebenfalls ENs definiert worden.

2.5 Netzmanagement

Ein wesentlicher Bestandteil moderner Telekommunikationsnetze ist das Netzmanagement. Ohne dieses Führungsmittel ist ein kostenoptimierter, wirtschaftlicher Betrieb eines Gesamtnetzes nicht mehr denkbar.

Da der Richtfunk Bestandteil dieses Netzes ist, sind die einzelnen Richtfunksysteme als Netzelemente in das Netzmanagement eingebunden und können über ihre Managementschnittstellen (QD2, aber auch andere) zentral überwacht und im Bedarfsfall gesteuert werden. Die Richtfunknetzelemente können genauso wie alle anderen Netzelemente, z. B. Multiplexer oder Leitungsgeräte der Glasfaserübertragungstechnik, durch das Netzmanagement

behandelt werden. Dies gilt für P-P- und für P-MP-Richtfunksysteme, gleichgültig, ob sie Teil eines SDH-Netzes (meist im Transportbereich) oder Teil eines PDH-Netzes sind. Die notwendigen Protokolle und Applikationen sind auch für den Richtfunk in den QD2-Spezifikationen festgelegt und werden vom zentralen Netzmanagementsystem NSÜ von Marconi Communications z. B. im Netz der DTAG angewendet. Andere Netzbetreiber haben QD2 ebenfalls übernommen, so daß ein offener „Quasi-Standard" entstanden ist.

3 Richtfunk in den Netzstrukturen

In den letzten Jahren hat sich ein erheblicher Wandel vor dem Hintergrund einer vollständigen Liberalisierung und Deregulierung der Telekommunikation vollzogen. Der Aufbau neuer Netze wird sich am kurzfristigen und mittelfristigen Bedarf orientieren müssen, um die notwendigen großen Investitionen durch einen ausreichenden Kapitalrückfluß rechtfertigen zu können. Letzteres gilt vor allem für die neuen Netzbetreiber, die praktisch über keine vergleichbaren physikalischen Netze wie die Telekom verfügen. Dies gilt besonders für den Accessbereich. Eine besondere Stellung hat in diesen Zusammenhang der Aufbau der Mobilfunknetze erlangt, da die dazugehörige Netzinfrastruktur sich an den funkspezifischen Gegebenheiten der Mobilfunknetzabdeckung orientieren mußte. In Bild 3 sind die prinzipiellen Einsatzbereiche der Richtfunktechnik im Verbund mit den anderen Übertragungstechniken dargestellt.

3.1 Richtfunk in Transportnetzen

Der Richtfunk ist in allen Netzebenen im Einsatz. Im Transportbereich kommt er dort zum Zuge, wo die wirtschaftlich realisierbare obere Transportkapazität von STM-4 (in einigen Fällen auch STM-16 als Vielkanalsystem) ausreichend ist und die topographischen und topologischen Gegebenheiten den Einsatz von Glasfaser unwirtschaftlich machen. Die Richtfunksysteme sind so konfiguriert, daß die Integration in ein SDH-Netz als vollwertiges Netzelement realisierbar ist. Die Schnittstellen zum Netzmanagement (QD2) entsprechen denen der anderen SDH-Netzelemente. SDH-Richtfunksysteme sind somit ohne weiteres als Verbindungselemente, z. B. zwischen Add-Drop-Multiplexern, in einem SDH-Ring einsetzbar (Bild 3).

Auf den Ausläufern von Transportnetzen sind Richtfunksysteme auf Grund der Möglichkeiten der Geräteersatzschalttechnik als Stichstrecken sehr wirtschaftlich einsetzbar. Die Funkstrecke selbst ist physikalisch nie längere Zeit unterbrochen. Im Kurzstreckenbereich oberhalb von 15 GHz kommt meistens eine 1+1-Heißreserve zum Einsatz. Unterhalb von 15 GHz wird eine

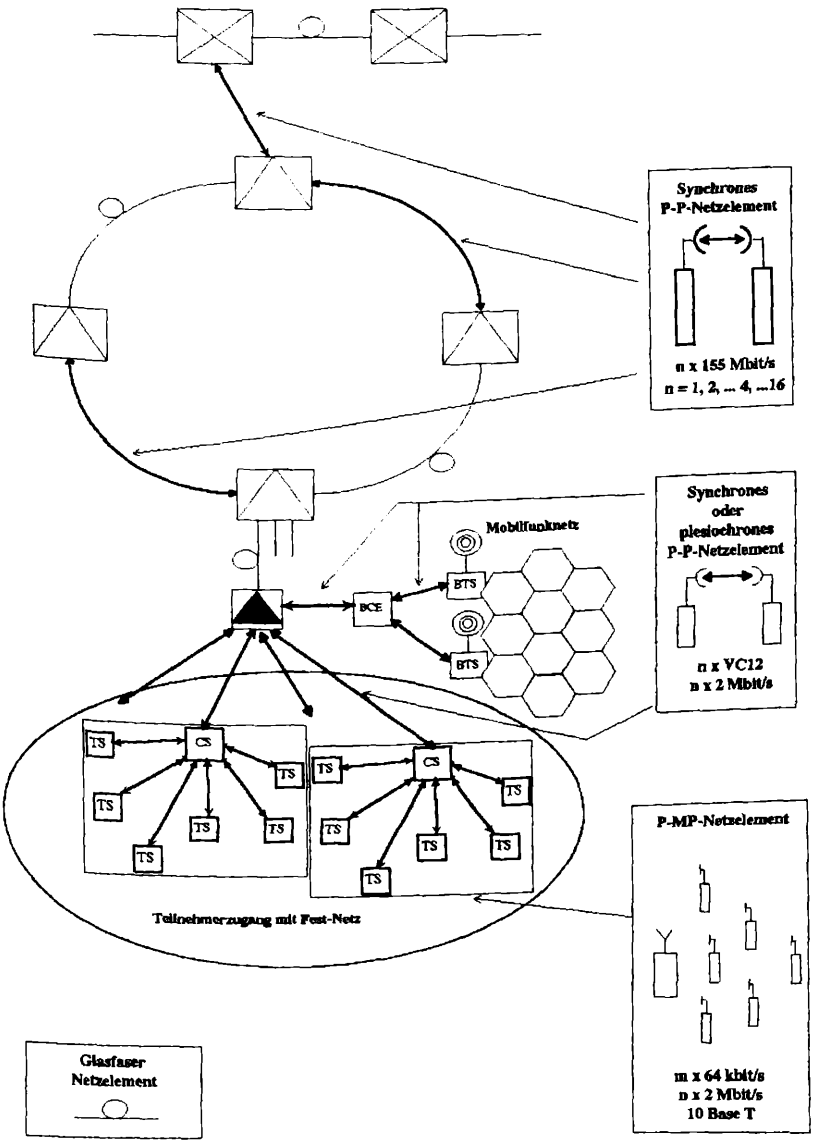


Bild 3: Einsatz von Richtfunk im Transport- und Access-Netz

N+1-Geräteersatzschalttechnik verwendet (besonders bei Mehrkanalsystemen). Bei dieser Technik werden mehrere Übertragungssignale durch einen Ersatzkanal geschützt. Der Ersatzkanal wird bei Ausfall eines Kanals von N Betriebskanälen automatisch ohne Bitfehler umgeschaltet.

Auf diese Weise erfüllen die SDH-Richtfunksysteme hinsichtlich Übertragungsqualität selbst die hohen Forderungen, die gerade durch die ATM-Übertragung gestellt werden.

Wie aus Bild 3 ersichtlich, werden PDH-Richtfunksysteme meist in den Zubringern zu den Basisstationen (BTS) der Mobilfunknetze mit Kapazitäten von $n \times 2$ Mbit/s eingesetzt. Die verwendeten Frequenzbereiche für derartige Systeme liegen meistens oberhalb von 13 GHz, bedingt durch die relativ kurzen Entfernungen zwischen BTS und BCE (Basic Controller Equipment, Bild 3).

3.2 P-MP-Richtfunk im Accessbereich zum Teilnehmer

Wie oben erwähnt, hat im Netzbereich zum Endkunden (Access-Netz, „Letzte Meile") die P-MP-Richtfunktechnik [5] ein sehr stark zunehmendes Anwendungsfeld gefunden, das besonders neuen Netzbetreibern die Möglichkeit gibt, den Teilnehmer direkt zu erreichen. Mit dieser P-MP-Technik können alle Dienste, zum Beispiel Sprache, Daten, Leased Lines, und multimediale Dienste abhängig von der benötigten Übertragungskapazität des Teilnehmers zwischen der Terminal Station und der Central Station (CS) transportiert werden. Hierbei wird der für den Funkweg wirtschaftliche Ansatz eines Sternnetzes angewendet, bei dem von einem zentralen Punk, der CS, über ein Vielfachzugriffsverfahren die Verbindung auf Anforderung zum Teilnehmer der TS aufgebaut wird. Die CS verwendet in der Regel eine Sektorantenne, die in einem relativ großen Azimutwinkel (z. B. 90°) sendet bzw. empfängt. Die TS benutzen dagegen, wie beim P-P-Richtfunk, stark bündelnde Antennen.

Die grundsätzliche Architektur einer Zelle (z. B. Sektor) eines P-MP-Systems zeigt Bild 4.

3.3 Frequenzbänder für P-MP-Systeme

In Deutschland sind dies das 2,6-GHz-, das 3,5-GHz- und ein Teil des 26-GHz-Bandes, die für den direkten Teilnehmerzugang („WLL-P-MP-Richtfunk") unter ausschließlicher Verwendung der P-MP-Technik zugewiesen wurden. In einigen CEPT-Ländern ist noch der Frequenzbereich 10,5 GHz für den P-MP-Richtfunk vorgesehen, dafür steht der 2,6-GHz-Bereich in Deutschland nur bis 2008 zur Verfügung. Das Kanalraster (Abstand der einzelnen zugewiese-

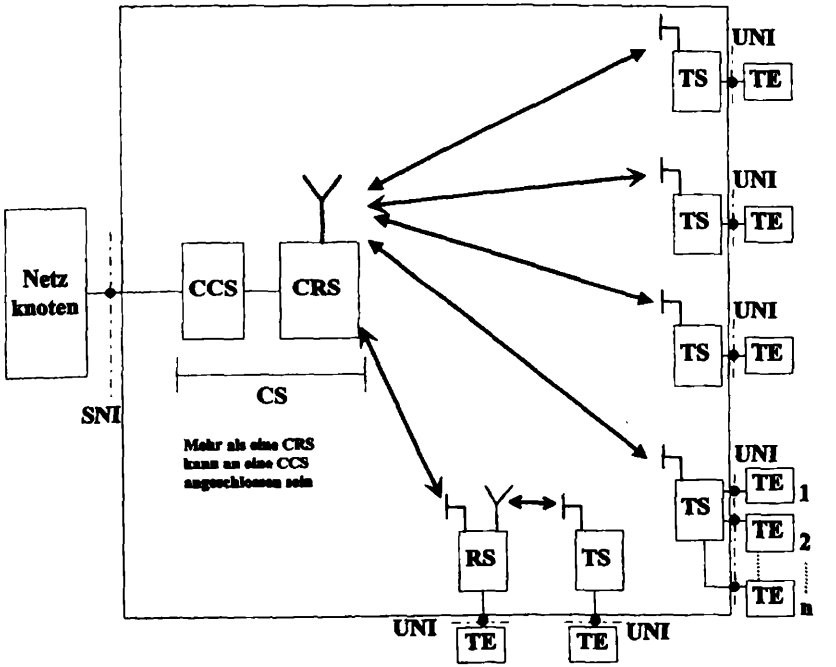


Bild 4: Architektur einer Zelle eines P-MP-Systems (SNI Service Node Interface, UNI User Node Interface, TE Teilnehmereinrichtung, TS Terminal Station, RS Relais Station, CS Central Station, CCS Central Controller Station, CRS Central Radio Station)

nen Frequenzkanäle) beträgt für die Zuweisung durch die Regulierungsbehörden der einzelnen Länder in den Bändern 2,6 GHz und 3,5 GHz 14 MHz ($4 \times 3{,}5$ MHz). Im 26-GHz-Band ist in den meisten Ländern ein Kanalabstand von 28 MHz vorgesehen.

Um einen relativ störungsfreien Betrieb zu ermöglichen, ist jeweils ein Kanalabstand (14 MHz oder 28 MHz) als sogenanntes Guard-Band (Schutzband) zwischen den Kanälen der verschiedenen Netzbetreiber desselben Versorgungsgebietes zumindest in der ersten Aufbauphase der Systeme vorgesehen.

3.4 P-P-Richtfunk im Accessbereich

Im Accessbereich werden auch P-P-Systeme eingesetzt, vor allem dann, wenn die notwendige Übertragungskapazität Bitraten von wesentlich mehr als 10 Mbit/s zum Teilnehmer erfordert. Dies ist bei größeren Firmen der Fall oder wenn die CS der einzelnen Zellen an einen Netzknoten angeschlossen werden

müssen. Da die Entfernungen im Accessbereich relativ kurz sind (<20 km), werden meist Richtfunksysteme mit einer Kapazität von 34 Mbit/s oder 155 Mbit/s (STM-1) oberhalb 13 GHz eingesetzt.

4 Realisierte Richtfunk-Systeme

4.1 Beispiele für Punkt-zu-Punkt-Richtfunksysteme

Bei Systemen im Transportbereich in den Frequenzbereichen unterhalb von 13 GHz, insbesondere bei Systemen mit Kapazitäten von $n \times$ STM-1, wird noch die bekannte Installation kompletter Funkanlagen innerhalb von Betriebsräumen realisiert (Bild 5). Diese Funkanlagen sind über Hohlleiter mit

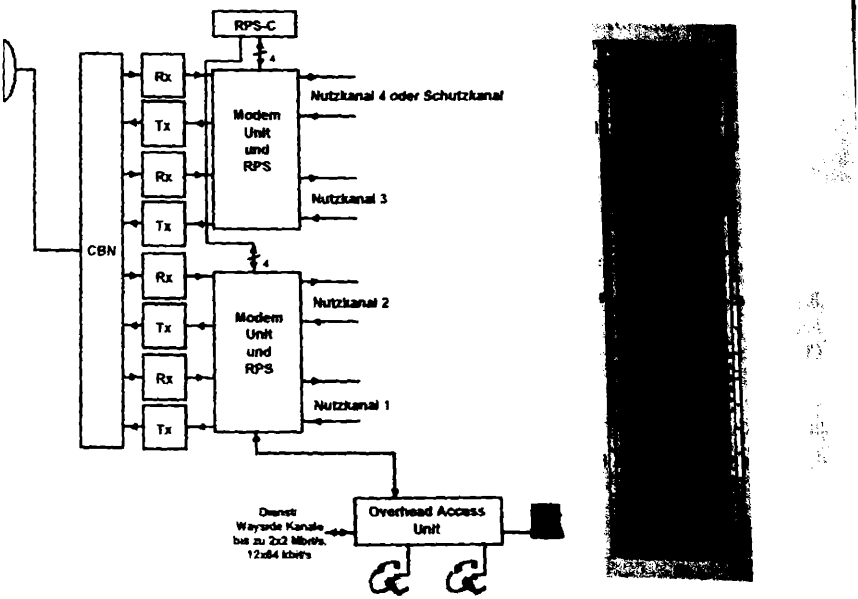


Bild 5: Typisches Richtfunksystem im Transportnetz mit n × STM-1. Konfiguration 4+0 oder 3+1 in ETSI-Bauweise (Rx Empfänger, Tx Sender, CBN Channel Branching Network, RPS Radio Protection Switch)

der außen auf einem Turm montierten Antenne verbunden. Je nach Anforderungen und Reichweiten kommen unterschiedliche Antennentypen zum Einsatz (Bild 6). Mit solchen Anordnungen können z. B. im Frequenzbereich 6,8 GHz bis zu 16-STM-1-Signale über eine einzige Antenne und ein gemeinsames Hohlleitersystem unter Nutzung beider Polarisationen mit XPIC übertragen werden. Dabei nutzt man einen oder mehrere dieser Datenströme als

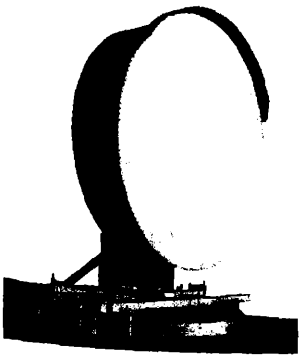


Bild 6: Hochleistungs-Parabolantenne: Frequenzbereich: 4 GHz bis 13 GHz, Durchmesser: 1,2 m bis 4,0 m

Ersatzkanal, um die Verfügbarkeit der Gesamtanlage zu erhöhen. Die Umschaltung erfolgt im Bedarfsfalle völlig unterbrechungs- und bitfehlerfrei. Die zur Umschaltung erforderlichen Einrichtungen sind integraler Bestandteil der Gerätetechnik.

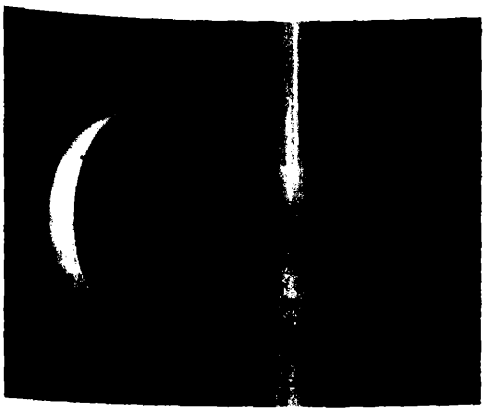


Bild 7: Typische Weitverkehrsanlage STM-1 in Split-Bauweise; Außeneinheit mit integrierter 0,3-m-Antenne

Sind geringere Übertragungsraten gefordert (z. B. 1 × STM-1), findet man im Transportbereich unterhalb von 15 GHz zunehmend auch die sogenannte Split-Variante. Hierbei befindet sich der datenratenabhängige Teil innerhalb der Betriebsräume, der frequenzabhängige Teil des Senders und Empfängers liegt nahe an der Antenne oder sogar mit der Antenne integriert im Außenbereich (Bild 7). Dies hat den Vorteil, daß die Verbindung zwischen Innen- und Außeneinheit im Zwischenfrequenzbereich mit einem kostengünstigen und leichter zu verlegenden Koaxialkabel erfolgen kann. Im Vergleich zu den hochkapazitiven Anlagen sind diese Versionen erheblich kompakter (Bild 8).

Bild 8: Typische Weitverkehrsanlage STM-1 in Split-Bauweise: Inneneinheit (STM-1)

Im Accessbereich müssen in der Regel nur relativ kurze Funkfelder realisiert werden. Hierfür werden in den Frequenzbereichen oberhalb von 15 GHz heute fast ausschließlich Split-Varianten verwendet. Entscheidend für die Auswahl der Bauform ist die Kompaktheit dieser Variante im Außenbereich (Bild 9) und - zu einem noch höheren Grad - im Innenbereich (Bild 8).

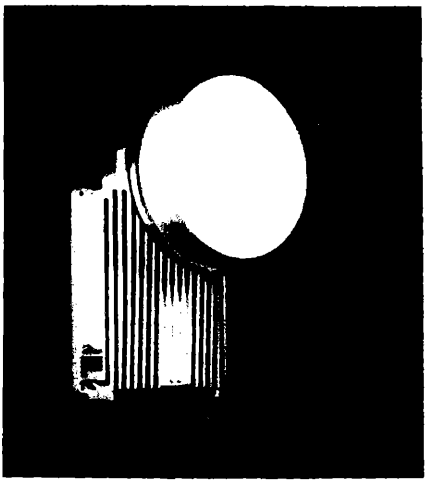


Bild 9: Typische Kurzstreckenanlage (>15 GHz) STM-1 in Split-Bauweise; Außeneinheit mit integrierter 0,3-m-Antenne

4.2 Punkt-zu-Multipunkt-Systeme

Die P-MP-Systeme [5] im Accessbereich sind im wesentlichen durch ihre unterschiedliche Struktur der CS und der TS gekennzeichnet. Die Antenne und der RF-Teil (Sender/Empfänger) sind in der Regel integrale Bestandteile der Geräteeinheit im Außenbereich (Bild 10). Der Abdeckungsbereich der Antenne der CS liegt zwischen 300 und 900 (Sektorantenne), so daß mit z. B. vier Sektorantennen und damit vier Sender/Empfänger), die unterschiedliche Polarisationen verwenden, ein 360°-Winkelbereich abgedeckt werden kann. Außen- und Inneneinheit der CRS (Bild 10) sind durch Koaxialkabel verbunden. In der CCS (Central Controller Station) befinden sich die Konzentratoren, gegebenenfalls mit V.5- bzw. ATM-Schnittstellen, die Netzmanagement-Schnittstellen und

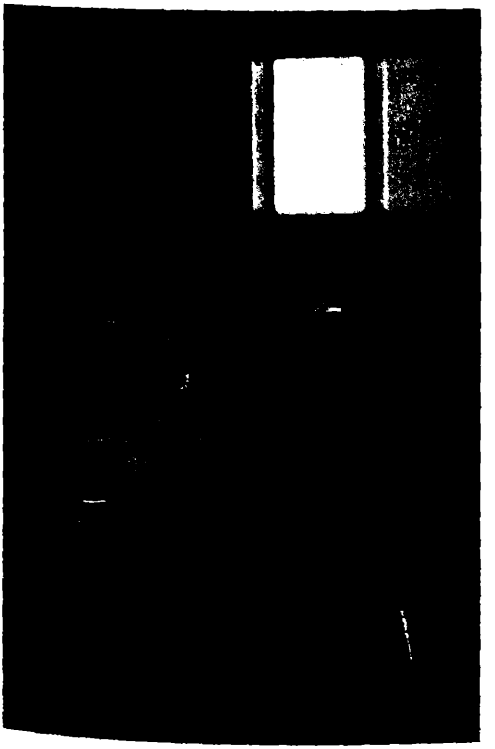


Bild 10: Central-Radio-Station DMS 26, Außeneinheit mit integrierter Planar-Antenne, drei Sektoren dargestellt, und Inneneinheit im Gestell

die Netzknotenschnittstellen (SNI) mit z. B. STM-1-Übertragungskapazität zur Anbindung der CS an das Access-/Transportnetz über P-P-Richtfunk oder Glasfaser (GF). Die CS verfügt natürlich über eine lokale Netzmanagementschnittstelle, über die die CS bei Inbetriebnahme konfiguriert und im Bedarfsfall lokal gemanagt werden kann. Über diese Schnittstelle ist auch eine sehr detaillierte Überwachung aller Funktionen und Baugruppen einschließlich der Registrierung und Auswertung von Ausbreitungsvorgängen auf den einzelnen Verbindungen zu den TS möglich. Alle an eine CS angebundenen TS werden über das Netzmanagement oder die lokale Managementschnittstelle konfiguriert, überwacht und gesteuert.

Beim P-MP-System der Firma Marconi Communications GmbH, das FDMA [5] als Zugriffsverfahren einsetzt, besteht zwischen jeder TS und der CS der Zelle eine physikalisch und logisch eigenständige Verbindung. Alle Verbindungen können deshalb in allen Parametern getrennt voneinander konfiguriert und somit den Gegebenheiten und Erfordernissen nach Kapazität, Dienst, QoS, Störumfeld der angeschlossenen Teilnehmer sowie Lage der TS

angepaßt werden. Die TS ist bezüglich des RF-Teiles im Außenbereich mit Ausnahme der Antennencharakteristik, die bei der TS eine hohe Richtwirkung hat (sehr schmale Hauptkeule), ähnlich aufgebaut wie in der CS (Bild 10). Die Richtcharakteristik der Antenne der TS ist mit der von P-P-Systemen im 26-GHz-Frequenzbereich vergleichbar.

Die Struktur der TS im Innenbereich (Bild 11) und die Schnittstellen zum Teilnehmeranschluß der TS sind naturgemäß völlig verschieden von der CS. In der TS können alle gängigen Teilnehmer-Schnittstellen installiert werden.

Bild 11: Inneneinheit der Terminal-Station DMS 26

5 Zukünftige Systemlösungen

Der stark zunehmende Datenverkehr des Internets wird einen starken Ausbau der Netze auf der Basis von IP und/oder ATM erfordern. Diese Zunahme des Telekommunikationsaufkommens ist aber nur möglich, wenn die Kosten bzw. Preise für die Nutzung weiter zurückgehen.

Dieses zunehmende Verkehrsaufkommen kann nur dann bewältigt werden wenn die Effizienz neuer Systemlösungen, besonders im Accessbereich, sowoh durch neue Techniken im leitergebundenen Bereich als auch durch neue Techniken im Funkbereich wesentlich verbessert wird. Dies verlangt eine immer intensiver werdende Frequenznutzung bei gleichzeitiger Erhöhung der Zugangskapazität zum Teilnehmer. Erreichbar wird dies u.a. durch sogenannte statistisches Multiplexen auf dem Funkweg (Shared Medium) bei gleichzeitig konsequenter Nutzung der Möglichkeiten der Asymmetrie des Datenverkehrs Mit der Einführung von UMTS werden die Zubringer-Funksysteme noch mehr als bisher den Anforderungen dieses Dienstes angepaßt sein müssen.

6 Zusammenfassung

Der Richtfunk, sowohl als P-P-System als auch als P-MP-System, hat in den letzten Jahren eine nicht erwartete Einsatzentwicklung erfahren. Diese Entwicklung hat sich auch in einer wesentlich verbesserten Übertragungstechnologie des P-P-Richtfunks im Transportnetz- und Accessbereich widergespiegelt. Die neuen Einsatzmöglichkeiten des Richtfunks im Zugangsbereich durch die P-MP-Technologie werden sich in den nächsten Jahren weiter vergrößern, besonders forciert durch die Netzbetreiber, die keine leitergebundene Infrastruktur besitzen. Das Zusammenwachsen der Dienste (Multimedia) wird ein übriges dazu beitragen.

7 Verwendete Abkürzungen

ATM	Aynchronous Transfer Mode
ATPC	Automatic Transmit Power Control
BB	Basisband
BCE	Basic Controller Equipment
BTS	Base Station (im Mobilfunknetz)
CCS	Central Controller Station
CEPT	Conférence Europeén des Administrations des Postes et des Télécommunications
CDMA	Code Division Multiple Access
CRS	Central Radio Station
CS	Central Station
ERC	European Radiocommunications Committee
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDMA	Frequency Division Multiple Access (Zugriffsverfahren)
GF	Glasfaser
IF	Intermediate Frequency (Zwischenfrequenz)
IP	Internet Protocol
ITU-R	International Telcommunications Union - Radiocommunications Sector
ITU-T	International Telcommunications Union - Standardisation Sector
LOS	Line of sight (Funksichtverbindung)
NSÜ	Netzmanagementsystem (Hersteller Marconi Communications)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
P-MP	Punkt-zu-Multipunkt (Point-to-Multipoint)
P-P	Punkt-zu-Punkt (Point-to-Point)
QAM	Quadratur-Amplitudenmodulation (*N* Zahl der Zustände)
QoS	Quality of Service
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
RF	Radio-Frequenz
RX	Empfänger
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
TDMA	Time Division Multiple Access (Zugriffsverfahren)
TS	Terminal Station
TX	Sender
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
XPIC	Cross Polarization Interference Canceller

8 Schrifttum

[1] Glauner, M. (1989): Considerations for the planning of digital Radio Relay systems limited by interference and noise. Second European Conference on Radio-Relay systems (2nd ECRR), April 1989, Abano Terme-Padua, Italy, S 154-161

[2] Glauner, M., Biester, M. (1996): Error performance prediction based on ITU-T Recommendation G.826 in ACDP and CCDP SDH-Radio-Relay systems impaired by multipath propagation. Fifth European Conference on Radio-Relay systems (5th. ECRR), May 1996, Bologna, Italy, S 169-175

[3] Recommendation ITU-R F.746 (1997): Radio-frequency channel arrangements for radio-relay systems

[4] Herbig, G.-P. (2000): A Single-Chip Equalizer/XPIC for Square- & Cross-QAM. Seventh European Conference on Radio-Relay systems (7th. ECRR), September 2000, Dresden, Germany

[5] Petry, H.-P. (1996): Design aspects of next generation broadband flexible fixed radio access systems. Fifth European Conference on Radio-Relay systems (5th. ECRR), May 1996, Bologna, Italy, S 51-56

[6] Bollmann, A., Glauner, M., Cichon, D. (1996): Link capacity and cellular planning aspects for a point to multipoint fixed access system. Fifth European Conference on Radio-Relay

[7] Glauner, M. (1998): Algorithmic planning of link decoupling in a FDM point-to-multipoint system equipped with technical advanced features. Sixth European Conference on Radio-Relay systems (6th. ECRR), June 1998, Bergen, Norway, S. 183-189

[8] Glauner M. (2000): Cell Planning in FDMA and TDMA Fixed Cellular Networks. Seventh European Conference on Radio-Relay systems (7th. ECRR), September 2000, Dresden, Germany

Das Gigabit-Wissenschaftsnetz

Von Heiko Sturmhöfel, Darmstadt

Dipl.-Ing. Heiko Sturmhöfel,
Jahrgang 1963, ist bei der
Deutschen Telekom in Darmstadt
für die Gestaltung von Kundennetzen
verantwortlich.

1 Einleitung

Dieser Beitrag ist der Beschreibung des Gigabit-Wissenschaftsnetzes in Deutschland gewidmet, das am Anfang des 21. Jahrhunderts eines der modernsten in seiner Art und Leistungsfähigkeit auf der Welt darstellt.

Schwerpunktmäßig soll hier die Umsetzung der Anforderungen zur Bereitstellung und zum Betrieb dieses Netzes im Hinblick auf die zu realisierende Transportplattform näher dargestellt werden.

Ausgangspunkt für die Realisierung bildete der zwischen dem DFN-Verein und der Deutschen Telekom AG am 18.10.99 geschlossene Vertrag über die Bereitstellung eines SDH/WDM-Dienstes für das „Gigabit-Wissenschaftsnetz" (G-WIN). Die erste Stufe zum Aufbau des Backbone des G-WIN wurde Anfang Juni 2000 fertiggestellt, wobei die Errichtung aller Backbone-Standorte bis Oktober 2000 abgeschlossen war.

Diese gigabitfähige Transportplattform wurde somit in weniger als einem Jahr errichtet. Ausgehend von dem Neuheitsgrad der eingesetzten Technologien, die gerade im Bereich der optischen Übertragung auf vorhandener, für diese Bitraten nicht optimierter Glasfaserinfrastruktur an die Grenzen des physikalisch Machbaren gingen, stellte die Netzrealisierung nicht nur technisch-technologisch, sondern auch hinsichtlich Realisierungszeitraum und Qualität für die Deutsche Telekom eine Herausforderung dar.

1.1 Ein Netz für die Wissenschaft

Anfang der 80er Jahre wurde von den Kultusministern der BRD erkannt, daß nur durch eine gemeinsame Strategie aller Bundesländer die kommunikative Infrastruktur der Wissenschaft in Deutschland vorangebracht werden kann. Ziel war es, allen Einrichtungen gleiche Ausgangspositionen im absehbaren Kommunikationszeitalter zu verschaffen und privilegierte Inselbildungen wie in den USA und deren erste Ausprägungen in Deutschland zu verhindern. Anfang 1984 wurde aus diesem Grund der Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes (DFN-Verein) von elf Institutionen als Selbsthilfeeinrichtung der Wissenschaft gegründet. Anfang 1997 hatte der DFN-Verein rund 400 Mitglieder. Der DFN-Verein hat seinen Sitz in Berlin. Seit 1990 ist das Deutsche Forschungsnetz (DFN) das Kommunikationssystem für die deutsche Wissenschaft, das vom DFN-Verein betreut und weiterentwickelt wird. Das Deutsche Forschungsnetz verbindet lokale, hochschulinterne und regionale Rechnernetze miteinander und sichert den Verbund dieser Netze mit anderen internationalen Wissenschaftsnetzen. Es ermöglicht seinen Nutzern, uneingeschränkt mit der Forschungswelt zu kommunizieren. Zentraler Bestandteil des Deutschen Forschungsnetzes ist das Wissenschaftsnetz WIN. Dieses zuverlässige private Datenübertragungsnetz wird der Wissenschaft über den DFN-Verein bundesweit zu günstigen Pauschalentgelten angeboten.

1.2 Vom WIN zum G-WIN

Basierend auf dem gemeinschaftlichen Ansatz, allen universitären Einichtungen gleiche Chancen im Hinblick auf die zukünftigen Kommunikationsherausforderungen zu geben, wurde 1990 das erste Wissenschaftsnetz (WIN) von der Deutschen Telekom dem DFN-Verein übergeben. Es basierte auf der X.25-Technik mit Zugangsgeschwindigkeiten von 64 kbit/s bis hin zu 2 Mbit/s. Zur damaligen Zeit ging man davon aus, daß die ersten 2-Mbit/s-Zugänge wohl erst in weiter Zukunft geschaltet würden. Die Realität überflügelte aber sehr schnell alle Erwartungen sowohl der Wissenschaft als auch der Telekom (Bild 1).

Der rasante Zuwachs des Internets machte bald eine neue Plattform zwingend notwendig. Als logische Migrationstufe wurde 1996 dem DFN-Verein ein flächendeckendes ATM-Netz mit Zugangsgeschwindigkeiten von 2 Mbit/s bis zu 155 Mbit/s bereitgestellt. Erstmals befand sich bei dieser Ausschreibung die Deutsche Telekom AG im universitären Bereich im Wettbewerb mit namhaften Carriern. Um eine weitergehende Flächendeckung zu erreichen, wurde das B-WIN bald um die Gemeinschaftsanschlußpakete (GAP) erweitert. Die-

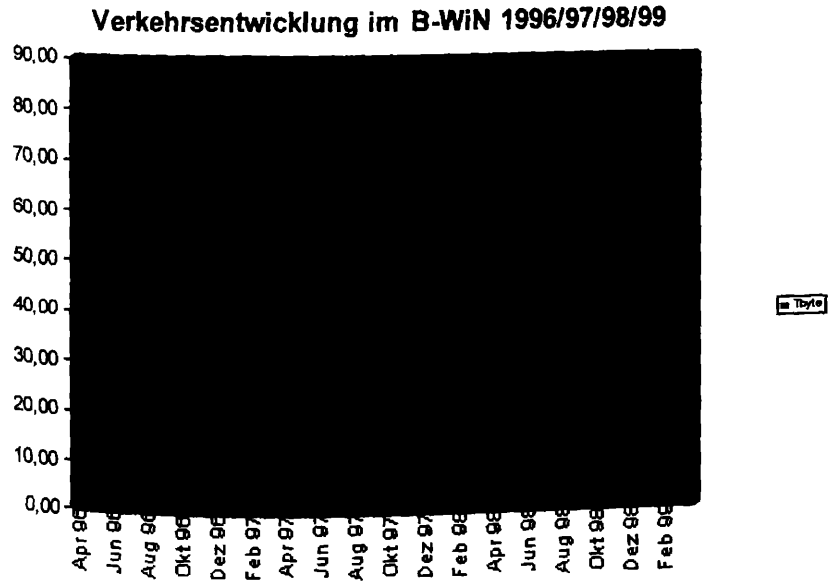


Bild 1: Verkehrsentwicklung im B-WIN

se GAPs ermöglichten es Anwendern, mit Zugangsgeschwindigkeiten von 64 kbit/s bis zu 34 Mbit/s an den B-WIN-Anschlüssen der großen Universitäten zu partizipieren und diese besser auszulasten. Einige Eckpunkte des Breitband-Wissenschaftsnetzes (B-WIN) sind:

- Kommunikationsplattform für 550 Einrichtungen (Universitäten, Hochschulen, Fachhochschulen usw.);
- 700 000 Wissenschaftler und Studenten nutzen B-WIN;
- Potential ca. 2,2 Millionen;
- größtes kundenexklusives ATM-Netz der Welt;
- Anschlüsse bis 155 Mbit/s;
- Backbone bis 622 Mbit/s (Mitte '99).

Auch dieses Produktionsnetz mit seinen hohen Qualitätsanforderungen geriet früher als erwartet an die Grenzen der Leistungsfähigkeit. Bild 2 zeigt eine Grafik zur Veranschaulichung der rasanten Bandbreitenentwicklung im B-WIN.

Bereits seit 1998 wurde deshalb in Gigabit-Testbeds die Technologie für zukünftige Gigabit-Netze erprobt. Eine logische Schlußfolge war 1999 die europaweite Ausschreibung des Gigabit-Wissenschaftsnetzes (G-WIN) des DFN-Vereins. Vorbild war das US-amerikanische Internet 2 (Abilane) mit jedoch

wesentlich höheren Qualitätsstandards. Im Gegensatz zu „Abilane" soll das G-WIN nicht nur für Forschungszwecke, sondern auch als Wirknetz aller Mitglieder des DFN-Vereins genutzt werden.

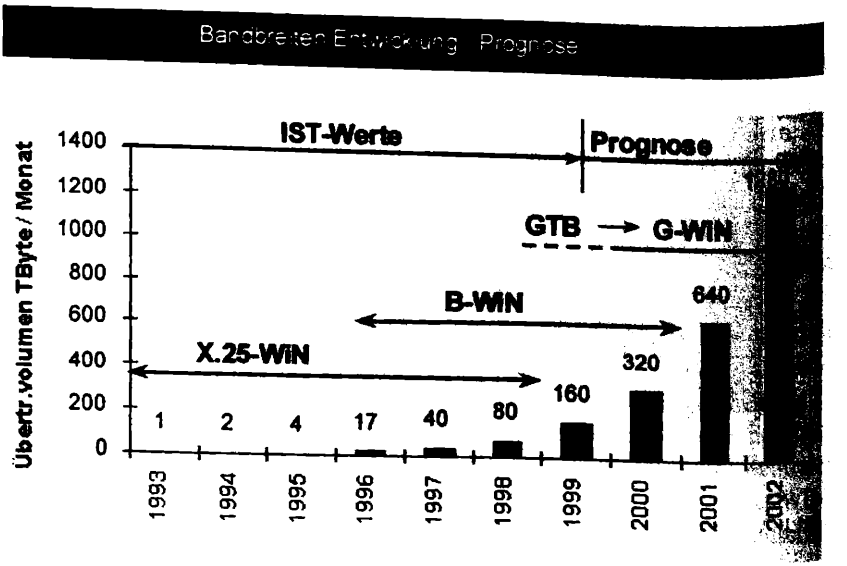


Bild 2: Übertragungsvolumen-Prognose B-WIN/G-WIN

2 Anforderungen an das Gigabit-Netz

Grundsätzlich zielte die Anforderung für das 1999 europaweit ausgeschriebene G-WIN auf die Bereitstellung einer hochqualitativen Transportplattform ab, die schwerpunktmäßig die Backbone-Verbindungen zwischen den leistungsstarken IP-Routern des DFN-Vereins im Übertragungsbereich von 622 Mbit/s bis 10 Gbit/s sicherstellen soll. Damit bekundete der DFN-Verein klar den Wechsel von einem bisher ATM-basierenden Backbone hin zur Realisierung des IP-Backbones unter derzeitiger Nutzung des technologischen Ansatzes zur Übertragung von IP-Verkehr über POS (Packed over SONET).

Eng verknüpft mit der rein technologischen Fähigkeit der Plattform, hochbitratigen Verkehr zu übertragen, stand dabei die Forderung nach Abdeckung eines Bandbreitenwachstums mit einem Faktor von 2,2 p.a. über die gesamte Vertragslaufzeit. Damit stellt die im G-WIN zu realisierende Übertragungskapazität mit ca. 2 500 STM-1-Äquivalenten bis zum Jahr 2004 eine zur Zeit einmalige

Größe im Rahmen eines kundenindividuellen Netzes der Telekom dar und zeigt, welche Entwicklungen sich im Bereich der benötigten Bandbreiten abzeichnen.

Neben den festgeschalteten breitbandigen Übertragungswegen für die IP-Router wurde ferner die Forderung nach einem Schaltdienst für flexibel zu terminierende Verbindungen innerhalb des Backbones im Bereich von 2 Mbit/s bis 34 Mbit/s gestellt. Dieser Schaltdienst, im weiteren als Punkt-zu-Punkt-Dienst bezeichnet, dient in erster Hinsicht dazu, den Nutzern des G-WINs über den IP-basierenden Dienst hinaus Übertragungskapazität für Datenübertragung von zum Beispiel ATM-basierenden Diensten und Echtzeitanwendungen flexibel zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus werden für Forschungszwecke bzw. noch zu definierende Anwendungen einzelne transparente, hochbitratige optische Kanäle im Verlauf der Vertragslaufzeit an ausgewählten Standorten bereitgestellt.

In Fortsetzung der schon im B-WIN bekannten Forderung nach hoher Netzgüte ist dem Qualitätsmonitoring der dritte Hauptschwerpunkt bei der Realisierung dieses Netzes gewidmet. So ist im Rahmen des Backbones für alle Übertragungsleistungen ein Netz-Monitoring gefordert, das on line im Sinne eines Customer Network Management (CNM) vor allem der Qualitätsüberwachung durch den DFN-Verein selbst dient. Für wie wichtig das Leistungsmerkmal Qualitätsmonitoring durch den DFN-Verein angesehen wird, zeigt die Anforderung, daß die Gewährleistung der lesenden Network-View mit der Verfügbarkeit eines hochbitratigen Übertragungsweges gleichgestellt wird.

Die Übertragungswege zur Anschaltung der Nutzer des G-WINs wurden in einem gesonderten Teil der Ausschreibung zum G-WIN behandelt. Unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit und des Wettbewerbes kamen dort für die Bereitstellung dieser Leistungen mehrere Carrier bzw. Netzanbieter zum Zuge. Daraus abgeleitet wurde aber auch schon im Teil 1 der Ausschreibung die betriebliche Forderung an den Lieferer des Backbones gestellt, die Entstörung auch für diese Übertragungswege verantwortlich zu koordinieren und im Rahmen der technischen Möglichkeiten in die Überwachung bzw. in das Management des Backbones mit einzubeziehen.

3 Die G-WIN-Realisierung

3.1 Netztopologie

Die Kommunikationslösung besteht aus vermaschten Glasfaserverbindungen, die je nach Verkehrsstruktur durch Einsatz von WDM-Technik mit mehreren

Wellenlängen genutzt werden, sowie daran angeschalteter SDH-Technik zur Bereitstellung der geforderten Schnittstellen.

Innerhalb des G-WIN ist das Backbone ausgerichtet auf die geforderten Ausprägungen:

1. Übertragungsnetz für den IP-Verkehr mit SDH- und WDM-Technik;
2. serviceorientiertes Netz für P2P- Verbindungen über SDH-Technik.

Um der gestellten Aufgabe gerecht zu werden, kommt ein zweistufiger Ansatz zum Tragen:

1. *Das G-WIN-Kernnetz, Level 1, wird als Kundennetz auf dem WDM-Backbone der Deutschen Telekom realisiert.*

   Die Verfügbarkeit der Übertragungswege wird dabei durch den konstruktiven Aufbau und durch entsprechende betriebliche Verfahren und Regelungen innerhalb der Telekom sichergestellt.

   Bild 3 zeigt eine Variante der Vermaschung der Level-1-Standorte. Die tatsächliche Realisierung differiert in Abhängigkeit von der aktuellen Beauftragung durch den DFN-Verein.

2. *Dem DFN-Verein wird eine dedizierte WDM-/SDH-Plattform zur Anbindung an das Übertragungsnetz (Backbone) der Deutschen Telekom zur Verfügung gestellt.*

Um eine hohe Verfügbarkeit der Anbindungen der G-WIN-Knoten an das übertragungstechnische Backbone der Telekom sicherzustellen, wurde bei der technischen Konzeption des G-WIN-Access sehr viel Wert auf Redundanz und Sicherheit gelegt. Bei den meisten Standorten handelt es sich vor allem um Führungen innerhalb großer Ortsnetze, in denen man erfahrungsgemäß, bedingt durch Bauttätigkeiten o. ä., immer mit Störungen an den Glasfaserverbindungen rechnen muß. Die WDM-Systeme werden deshalb grundsätzlich auf zwei getrennten Wegen angebunden, und alle Übertragungswege sind mit automatischer Ersatzschaltung realisiert. Die eingesetzte Technik zwischen Kundenstandort und Telekom-Netzstandort ist darüber hinaus kundenexklusiv.

In Bild 4 ist die grundsätzliche Anbindung eines Level-1-Backbone-Standortes des DFN-Vereins an das Netz der Telekom dargestellt. Der Access eines Level-2-Backbone-Standortes an das Netz der Telekom unterscheidet sich davon lediglich darin, daß in den ersten Ausbaustufen des G-WINs aufgrund des geringeren Bandbreitenbedarfes für diese Standorte die Übertragung rein SDH-basierend erfolgt (Bild 5).

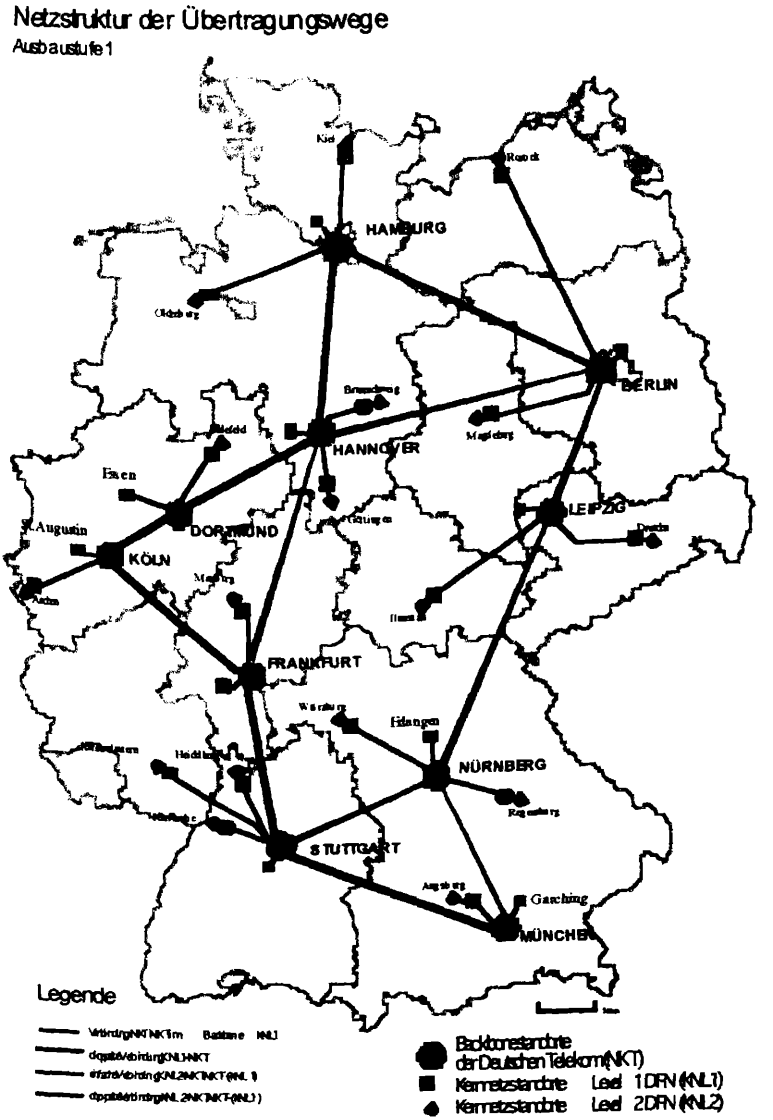


Bild 3: Netzstruktur

Jeder Level-2-Backbone-Standort des DFN-Vereins ist mit einem zugehörigen Level-1-Standort nach dem Prinzip des „single-homing" verbunden. Die Anbindung der Level-2-Standorte an die Level-1-Knoten wird dabei durch kun-

denindividuelle SDH/WDM-Übertragungswege, die über disjunkte Führungen an den jeweiligen Level-1-Standort angebunden sind, realisiert. Auch hier ist durch automatisierte Ersatzschaltemechanismen eine hohe Verfügbarkeit der Verbindungen zwischen den Hierarchien Level 1 und Level 2 sichergestellt. Die Realisierung mit SDH- oder WDM-Technik auf diesen Übertragungsstrecken ist bedarfsgesteuert und richtet sich nach der jeweiligen Ausbaustufe des G-WIN. Im Endausbau werden nahezu alle Standorte von Level 2 via WDM-Technik mit den Level-1-Standorten verbunden sein.

3.2 Technikauswahl

Grundsätzlich können Bandbreiten in den geforderten Dimensionen des G-WIN nur mit einem aus einer Kombination von SDH- und WDM-Technik bestehenden Übertragungsnetz realisiert werden. Dabei muß die eingesetzte WDM-Technik zur Gewährleistung der gestellten Anforderungen in der zweiten Ausbaustufe eine Übertragung von 10 Gbit/s pro Kanal gewährleisten. Dies hat Auswirkungen auf die Auswahl der einzusetzenden Glasfaserinfrastruktur besonders im Hinblick auf die für diese Übertragungsbandbreiten relevanten Grenzwerte der auftretenden Polarisationsmodendispersion (PMD) der Glasfaser. Zur effizienten und kostengünstigen Produktion der Übertra-

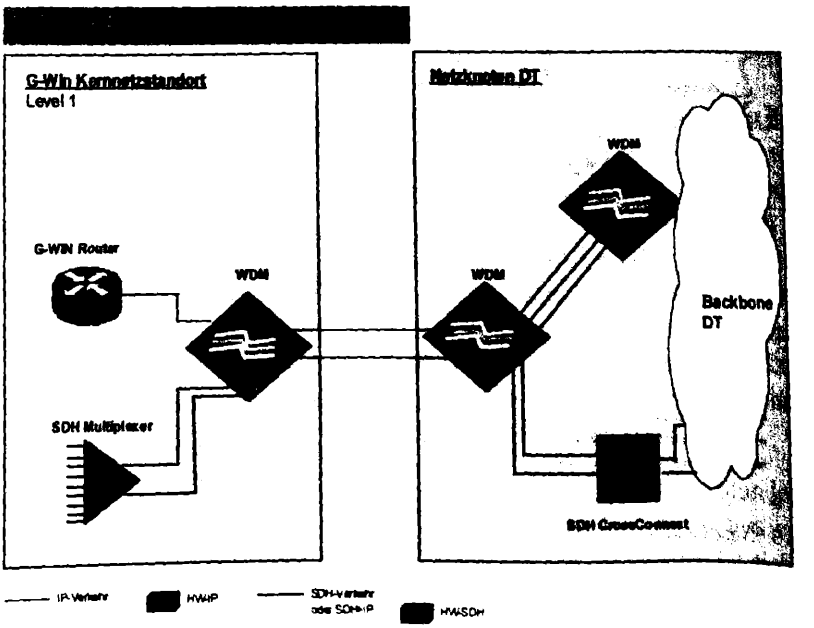


Bild 4: G-WIN-Access an Netzknoten der Telekom

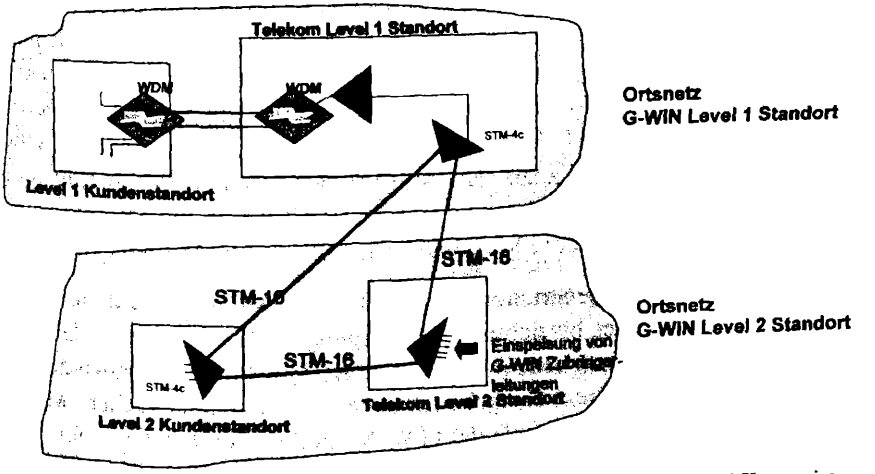


Bild 5: Prinzipielle Anschaltung eines Level-2-Knotens an den zugehörigen Level-1-Knoten im G-WIN-Backbone (Ausbaustufe ⇒ SDH-Anbindung)

gungskapazitäten im Weitverkehrsbackbone kommen hier Übertragungssysteme führender Weltmarktanbieter zum Einsatz, die auf einer Faser bis zu 80 optische Kanäle mit 2,5 oder 10 Gbit/s übertragen können.

Wesentlich für die Technikauswahl im Bereich der einzusetzenden SDH-Technik war die Anforderung, am IP-Routerinterface Datenströme zu liefern, die eine größere Kapazität haben, als sie der größte virtuelle Container (VC-4) in der SDH-Hierarchie bereitstellen kann. Zur Realisierung dieser Forderung wurden SDH-Systeme ausgewählt, die in der Lage sind, die Bandbreiten STM-4 und größer im Modus „Contiguous Concatenation" zu übertragen.

Um die Terminierung der Übertragungsfähigkeit im Gigabit-Bereich vor allem für die weiteren Ausbaustufen zu gewährleisten, war es erforderlich (erstmalig im Bereich der Telekom), WDM-Übertragungstechnik auch in der Kundenlokation (Einrichtungen des DFN-Vereins) aufzubauen. Dem schon genannten zweistufigen Ansatz gemäß wurden die via WDM-Backbone der Telekom realisierten Verbindungen vom Backbonestandort der Telekom zum Kundenstandort Level 1 (DFN) mit WDM-Technik verlängert, die lediglich „Short-Range"-Anforderungen erfüllen müssen.[1]

[1] siehe auch den Beitrag von Norbert Hahn und Holger Schmidt im „taschenbuch der telekom praxis", Ausgabe 2000, Seite 122ff.

Je nach Ausbaustufe des Netzes werden die Nutzbandbreiten direkt am WDM-System (F2-seitig) oder zwecks Demultiplexing am nachgeschalteten SDH-Knoten (ADM-16) übergeben. Die WDM-basierte Anbindung der Kundenlokationen an das Netz der Telekom ermöglicht damit eine Terminierung einer Übertragungskapazität von 256 STM-1-Äquivalenten pro Backbonestandort bei reiner Auslegung auf 2,5-Gbit/s-Kanäle. Bei Aufrüstung der WDM-Systeme auf eine Übertragungsleistung von 10 Gbit/s pro Kanal erhöht sich die gesamte in die Kundenlokation terminierbare Kapazität sogar auf 1024 STM-1-Äquivalente.

Bedingt durch die analoge Struktur des optischen WDM-Layers, sind die Vorteile eines digitalen Netzes hinsichtlich Übertragungsqualität und deren Überwachung nicht ohne zusätzlichen Aufwand gegeben. Um die Übertragungsqualität der am WDM-System direkt übergebenen Datenströme zu überwachen, werden deshalb in der ersten Ausbaustufe des G-WINs an der Schnittstelle in den Kundenlokationen Transponder eingesetzt, die, basierend auf der ITU-T-Empfehlung G.975, nach dem Prinzip des sogenannten Forward Error Correction (FEC) arbeiten und in einem Zusatzrahmen das B1-Byte des RSOH (Regenerator Section Overhead) der zu übertragenden SDH-Signale auswerten.[2] Bei den ebenfalls in der Vertragslaufzeit noch bereitzustellenden transparenten optischen Kanälen steht kein SDH-/SONET-Signal zur Verfügung. Hier sollen dann künftig in Abhängigkeit vom Fortschritt bei der internationalen Standardisierung und der Verfügbarkeit bei den Herstellern für das Qualitätsmanagement im optischen Layer die Weiterentwicklungen des FEC-Verfahrens, beispielsweise der „Digital-Wrapper" oder ähnliches, implementiert werden.

Mit den dem WDM-System nachgeschalteten SDH-Knoten erfolgt auch die Realisierung der Übertragungsleistungen für den „Punkt-zu-Punkt"-Dienst, die per Netzmanagement vom Netzmanagmentzentrum aktiviert werden. Generell sind alle Schnittstellen auf einem separaten Übergabeverteiler im Technikschrank des Kunden abgreifbar. Zum Aufbau von derart hochbitratiger Übertragungstechnik und von WDM-Systemen (10-Gigabit-fähig) in Technikschränken in einer Kundenlokation ist anzumerken, daß es sich hierbei um besonders sensible technische Einrichtungen handelt und daß auch Installation und Verlegung der Glasfaserinfrastruktur in räumlich engen Technikschränken besondere Anforderungen an die Einhaltung der gesetzten physikalischen und technischen Parameter stellen.

[2] Siehe auch Beitrag von Hans Osenberg im „taschenbuch der telekom praxis", Ausgabe 2000, S. 111 ff.

3.3 Qualitäts- und Netzmanagement

Betrieb und Netzwerkmanagement für das gesamte G-WIN-Backbone (Teil Übertragungsplattform) werden zentral von der Deutschen Telekom realisiert. Die Qualitätsparameter des Backbones und sämtlicher Zugangsleitungen werden an sieben Tagen der Woche, rund um die Uhr, vom Netzmanagement-Center überwacht. Um den Anforderungen nach flexibler Netzlastverteilung, schneller Abdeckung von Bandbreitenzuwächsen und schnellen Schaltzeiten gerecht zu werden, wurde ein speziell auf diese Anforderungen zugeschnittenes Webportal entwickelt, das G-WIN Integrated Online Service Management (GIOVANA).

3.3.1 GIOVANA - eine neue Dimension für den Dialog zwischen Kunden und Carrier

Ziel der Entwicklung dieses Systems war es, den Informationsaustausch zwischen Telekom und DFN-Verein auf eine zeitgemäße Stufe zu heben und Informationen mit hoher Effizienz und Zeiteinsparung in die Betriebsplattform zu integrieren. Mit dem System GIOVANA wurde ein Webportal geschaffen, das den Kunden in das Workflow-System einbezieht und damit eine „Online"-Kommunikation mit der Betriebsplattform des Carriers in den Prozessen des Orderings, der Bestandsführung, des „Troubleticketings" und der Qualitätsdatenaufzeichnung ermöglicht.

3.3.2 Das VPN im Netzmanagementsystem

Das Network Operation Center (NOC) des DFN-Vereins erhält zur Qualitäts- und Netzdatenüberwachung auch einen lesenden Zugriff auf das Netzmanagementsystem des G-WINs. Die Netzsicht bezieht sich dabei ausschließlich auf die im Rahmen des G-WINs genutzten Netzelemente, Baugruppen und Verbindungen.

Um diese Netzsicht zu gewährleisten, war es erforderlich, die gesamte eingesetzte Übertragungstechnik zwischen Kundenlokation und Telekomstandort in das Netzmanagement und darüber hinaus in das Kundennetzmanagement einzubinden. Das war unter anderem ein weiterer Grund, in diesem Bereich nur einen einzigen Lieferanten zu beauftragen. Als einer der ersten Kunden der Telekom erhält damit der DFN-Verein ein Kundennetzmanagementsystem, in dem Netzdaten aus WDM- und SDH-basierender Übertragung verarbeitet und integrativ dargestellt werden. Im Rahmen des Qualitäts- und Netzmanagements sind im G-WIN zwei Schwerpunktbereiche definiert bzw. vertraglich vereinbart:

1. hochverfügbares Online-Monitoring des Netzes
2. Statistik/Protokolldaten und Reporting durch den Carrier

Echtzeitdaten:

Eine wesentliche Forderung im Qualitäts- und Netzmangement ist die Überwachung der zur Leistungserbringung relevanten Eigenschaften aller für den DFN-Verein betriebenen Verbindungen. Das bedeutet, daß ein Zugriff für den Kunden auf die Daten des Netzmanagementsystems in „Echtzeit" erforderlich ist. Damit sind grundsätzliche Informationen über den Zustand aller dem Kunden DFN-Verein zugeordneten Ressourcen abrufbar. Zu den Ressourcen gehören die Netzknoten, logische/physikalische Ports sowie SDH-/PDH-Pfade.

Die darzustellenden Daten umfassen dabei im

Configuration-Management (CM):	Anzeige der verfügbaren Ressourcen und ihres administrativen Zustands;
Fault-Management (FM):	Zustand der Ressourcen (Up, Down);
Performance-Management (PM):	Zählerwerte lt. G.826.

Protokolldaten:

Neben dem Echtzeitzugriff wird dem Kunden auch ein Zugriff auf alle zurückliegenden servicebezogenen Ereignisse mindestens der jeweils letzten zehn Tage ermöglicht. Darüber hinaus werden diese Daten auch für die Erstellung der monatlichen Reports durch die Telekom benutzt.

Inhalt:

Die Protokolldaten enthalten prinzipiell alle Zustandsänderungen der in Echtzeit dargestellten Daten. Es werden insbesondere damit also Ausfälle, Neu- und Abschaltungen sowie der Verlauf der Performance-Werte der kundenbezogenen Ressourcen dokumentiert. Einen zentralen Stellenwert für die Qualitätsüberwachung des Netzes nehmen dabei Auswertung und Protokollierung der Bitfehlerraten ein. So enthalten die Protokolldateien neben Informationen über Art der Ereignisses (z. B. LOS, connected, UP), betroffene Ressource(n) usw. auch die Werte über die Bit Error Rate (BER) bzw. Performance-Management-Daten nach ITU-T-Empfehlung G.826. Eine Überschreitung der maximal zulässigen und vertraglich vereinbarten Bitfehlerrate für die Backbone-Verbindungen wird somit protokolliert und ausgewertet.

Bild 6 zeigt den strukturellen Aufbau des Netzmanagementsystems für das G-WIN. Grundsätzlich ist es funktional nach dem Layering der ITU-T-Recommendation M.3010 strukturiert und enthält die Steuerung der Netzelemente SDH-Multiplexer (Ebene STM-4 und STM-16) und WDM-Systeme, die als Access-Technik G-WIN zum Netz der Telekom im Rahmen der „Single Ven-

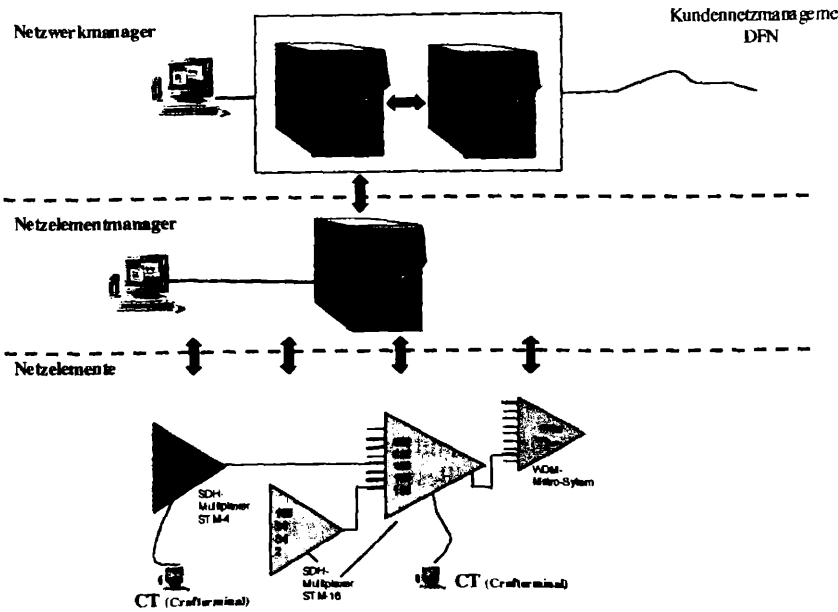


Bild 6: Struktureller Aufbau des G-WIN-Netzmanagementsystems

dor"-Lösung realisiert sind. Das Kundennetzmanagement ist über eine proprietäre Schnittstelle an den Netzwerkmanager angeflanscht und erzeugt die Daten bzw. Darstellungen im Rahmen der durch den Kunden genutzten Ressourcen. Durch geeignete Sicherheitsmechanismen und nutzerspezifische Einstellungen im Netzmanagementsystem ist gewährleistet, daß der Zugriff auf die Daten nur lesend erfolgt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Der DFN-Verein erhält mit dem im Sommer 2000 übergebenen Netz eine State-of-the-Art-Kommunikationsinfrastruktur, die zusammenfassend folgende Leistungsmerkmale aufweist:

- Abdeckung des wachsenden Bandbreitenbedarfes mit Faktor 2,2 p. a. durch entsprechende Backbone-Dimensionierung und Einsatz von WDM-Technologie bis in die Kundenlokation;
- Migration von SDH-Bandbreiten mit 155 Mbit/s zu Bandbreiten von 2,5 und 10 Gbit/s pro Kanal innerhalb der Vertragslaufzeit;
- Verbindung der 27 Kernnetzstandorte via SDH-/WDM-Technik;
- gesicherter Access des G-WIN-Backbones an das Netz der Telekom;

- gesicherte Anbindung jedes Level-2-Standortes an den jeweiligen vorgegebenen Level-1-Standort;
- Einsatz von WDM-/SDH-Technik entsprechend dem neusten Stand der Entwicklung (Übertragung von VC4-4c; VC4-16c);
- Sicherstellung eines hochflexiblen Punkt-zu-Punkt-Dienstes (P2P) mit Bandbreiten von 2 und 34 Mbit/s mit einer Schaltzeit innerhalb einer Stunde nach Auftragseingang;
- hohe Dienstgüte und Verfügbarkeit (MTBF, BER usw.) des gesamten Netzes durch Überwachung 24 Stunden und 7 Tage in der Woche durch das Netzmanagementcenter der Telekom;
- Möglichkeit des Qualitätsmonitorings durch den Kunden durch Einsatz eines „Customer Network Managementsystems" (CNM);
- neuartiges Webportal für IV-gestützten Workflow zwischen DFN-Verein und Telekom (Beauftragungs-/Bestands- und Troubleticket-System).

In Summe bietet dieses Netz den Anwendern eine Kommunikationsplattform, die aus heutiger Sicht für die Kommunikationsbedürfnisse der Wissenschaft in Forschung und Lehre und die Entwicklung von hochkomplexen Anwendungen auf diesem Sektor eine ideale Basis und einen angemessenen Spielraum gewährt. Es ist damit im Bereich der Kommunikationsinfrastruktur nicht nur ein Netz geschaffen worden, das nach dem Grundsatz „höher, weiter, schneller" operiert, sondern ein hochqualitatives Kundennetz, das genau den Vorsprung sicherstellt, den die Wissenschaft wiederum benötigt, um ihre Forschungstätigkeit auf anspruchsvollem Niveau fortzuführen.

Für das G-WIN wird im Jahre 2004 ein monatliches Übertragungsvolumen von ca. 6 000 TB (Terabytes) prognostiziert. Das bedeutet, umgerechnet auf die Bandbreite eines Sprachkanals mit 64 kbit/s, ein Volumen von $750 \cdot 10^{12}$ Sprachkanälen. Dennoch kann man aber jetzt schon sicher sein, daß auch dieses Netz gegen Ende der Vertragslaufzeit, hervorgerufen durch die Wechselwirkung zwischen zunehmendem Bandbreitenbedarf in der Informationsgesellschaft auf der einen Seite und Möglichkeiten machbarer und bezahlbarer Bandbreiten seitens der Kommunikationsanbieter auf der anderen Seite, an seine Grenzen gelangen wird. Dann werden wieder neue, über das jetzige Maß hinausgehende Anforderungen an eine Kommunikationsinfrastruktur für die Wissenschaft zu stellen sein. Statistiken für das monatliche Übertragungsvolumen werden dann möglicherweise die Einheit PB (Petabyte) ausweisen.

ftp

Neue IP-Transportplattformen – Technologien, Modelle und Services

Von Peter Lugert und Roger Wenner, Darmstadt

Dipl.-Ing. Peter Lugert, Jahrgang 1965, und
Dipl.-Ing. Roger Wenner, Jahrgang 1963,
sind bei der Deutschen Telekom AG
im Zentralen Betrieb Netzinfrastruktur
in der Entwicklung von Strategien
zur Bereitstellung neuer IP-Transportnetze tätig.

1 Einführung

Für die derzeitigen Internet-Transportplattformen der Internet Service Provider (ISP) werden exponentiell steigende Verkehrszuwächse erwartet, die nur mit einem beschleunigten Ausbau der Transportkapazitäten im IP-Bereich zu bewältigen sind. Struktur und Kapazität des darunterliegenden Übertragungsnetzes mit neuen optischen Systemen (Wellenlängenmultiplex, optische Cross-Connectoren usw.) werden zunehmend durch den Bandbreitenbedarf des Internet-Bereiches bestimmt. Überaus leistungsfähige IP-Netzknoten im Giga- bzw. Terabitbereich müssen in einem redundanten, skalierbaren Netzdesign kosten- und nutzungseffektiv eingesetzt werden. Multiprotocol Label Switching (MPLS) als vereinheitlichte Basistechnologie für IP-Switching ermöglicht durch das Einbringen von Layer-2-Strukturen eine Vielzahl neuer IP-Transportdienste.

Zur Unterstützung von IP-Service-Klassen mit differenzierbaren Übertragungsgüten können zusätzliche Mechanismen eingebracht werden. Neben ausreichenden Paketdurchsatz-Kapazitäten bestimmen die Eigenschaften der Routing-Protokolle und die Skalierbarkeit aller Mechanismen und Funktionalitäten die tatsächliche Eignung der IP-Systemtechnik. Dabei ist die Vereinfachung komplexer Funktionen der Schlüssel zum Erfolg.

2 Anforderungen an eine moderne IP-Plattform

2.1 Allgemeine Anforderungen

ISPs stehen den kontinuierlichen Herausforderungen gegenüber, ihre IP-Netzwerke dem rasanten Wachstum von Verkehrsaufkommen (z. B. um den Faktor 2 in 6 bis 12 Monaten), den Kundenanschlußzahlen und der Netzgröße durch regionale und internationale Ausdehnung anzupassen. Zum Austausch von Informationen mit anderen Netzen ist ein permanenter Ausbau der „Peering"-Verbindungen vorzusehen.

Gleichzeitig muß neben dem klassischen Internetverkehr für den Privatkundenbereich („Massenmarkt") den zunehmenden Qualitätsanforderungen der Geschäftskunden (z. B. Finanz- oder Automobilbranchen, Behörden usw.) beim Transport ihres IP-basierenden Intranet- bzw. Extranet-Verkehrs (LAN-zu-LAN-Kommunikation) Rechnung getragen werden. Neben den obligatorischen Garantien von erhöhter Sicherheit und Verfügbarkeit müssen jetzt auch differenzierbare IP-Service-Klassen bzw. Quality of Service (IP QoS) angeboten werden. Neue IP-basierende Realtime-Applikationen, wie Voice over IP (VoIP) oder Video over IP erfordern Pakettransportqualitäten mit optimierten Übertragungsgüten wie niedrige Paketverlustraten und geringe Verzögerungen bzw. Laufzeitschwankungen. Dazu müssen Netzwerkmechanismen eingebracht werden, die für entsprechend gekennzeichnete Pakete verbesserte Übertragungsparameter auch im Fall von eventueller Netzwerküberlast in Hauptverkehrszeiten garantieren. Optional kann dem Geschäftskunden ein periodischer Service-Nachweis (Monitoring/Reporting) angeboten werden, der die Einhaltung eines vereinbarten Service Level Agreements (SLA) des Kundenanschlusses dokumentiert. Die Planungsabteilungen der ISPs fordern die Generierbarkeit von Verkehrsmatrizen mit Quelle-/Zielbeziehungen und Möglichkeiten, Netzressourcen wie Leitungskapazitäten durch Verkehrsflußsteuerung (Traffic Engineering) effektiver auszunutzen. Das Betriebspersonal der Network Operation Center (NOC) möchte neben verbesserten Netzwerkmanagement-Tools für Provisioning, Fault, Performance, Statistik und Trouble Shouting möglichst einfache und einheitliche Netzkonfigurationen, wobei kundenindividuelle Service-Funktionalitäten nur an den entsprechenden Kundenschnittstellen konfiguriert werden sollten (Service Creation Point).

Primäre Anforderungskriterien:

- Migrierbarkeit einer bestehenden IP-Infrastruktur ohne riskante, unkontrollierbare Service-Unterbrechungen, wobei eventuelle Umbaumaßnahmen minimiert sein sollten;

- integrierte Netzinfrastruktur für den öffentlichen Internet-Verkehr und Intranet-Funktionalität für eine große Anzahl (z. B. > 1 000) von Virtual Private Networks mit Unterstützung einer hohen Anzahl (z. B. > 10 000) an Lokationen pro Kunden-VPN; Realisierbarkeit internationaler IP-VPNs;
- Einsatz von „Carrier Class"-Technologien mit hoher Skalierbarkeit in allen Funktionsbereichen und Möglichkeiten zur Anwendung von Traffic Engineering;
- differenzierbare Serviceklassen mit definierter Güte;
- Integration der bestehenden bzw. zukünftiger Technologien und Netze im Zugangsbereich (Remote Dial-up für PSTN/ISDN, GPRS/UMTS, xDSL, Festverbindungen 622 Mbit/s, ATM- und FR-Netzübergänge usw.);
- Anschluß an ein DWDM-basiertes Übertragungsnetz mit STM-16c und STM-64c, (2,5 und 10 Gbit/s), zukünftig STM256c (40 Gbit/s) POS bzw. POF (Packet-over-Fiber).

2.2 Anforderungen an die Netzarchitektur

Netzstruktur:

Die Netzstruktur des IP-Backbones muß so ausgelegt sein, daß höchste Stabilität und Verfügbarkeit der IP-Transportplattform gewährleistet sind. Um Ausfällen von Knoten (Netzelemente) und Kanten (Leitungen) zu begegnen, sind Knoten- und Leitungsredundanz unausweichlich. Damit diese wirkungsvoll eingesetzt werden, müssen die gedoppelten Knoten in seperaten Sicherheits- bzw. Brandabschnitten aufgebaut sein und es muß auf eine konsequent disjunkte Leitungsführung (inkl. Hauszuführung und Fernablaufpunkte) geachtet werden. Durch Halblastbetrieb der gedoppelten Knoten und Kanten ist im Störfall ausreichend Kapazität frei, um maximal 50 % des durch „Rerouting" betroffenen Verkehrs aufzunehmen. Die Leitungstopologie des Netzwerks sollte so konzipiert sein, daß

- möglichst Leitungsdreiecke entstehen, die je zwei direkt verbundene Lokationen über eine dritte Lokation absichern,
- Regionalisierungen des Backbones möglich sind und
- Bündelung von Leitungen (d. h. parallele Leitungsführung) vermieden werden.

Point of Presence-(PoP-)Design:

Auf Basis der Netzstruktur ergeben sich die äußeren Rahmenkriterien (Verbindungs- und Anschlußleitungen) für das PoP-Design. Unter Berücksichtigung der eingesetzten Knotentechnik (Gesamtdurchsatz, Portdichte, Redundanz) muß je nach Technikauswahl für die geeignete Auslegung des PoP-Interconnection Points (Medium, Schnittstellentyp usw.) die PoP-Struktur so aufgebaut werden, daß

- eine Dopplung der Knoten,
- die Skalierbarkeit der Backbone-Ebene (Anzahl Trunk-Leitungen) und
- die Skalierbarkeit der Aggregierungsebene (Anschluß- und Zugangsnetz)

gewährleistet sind.

Dabei müssen sowohl die Eigenschaften der dynamischen Routing-Protokolle berücksichtigt werden wie Redundanzkonzepte für

- die Routing-Mechanismen selbst,
- den SNMP-Management- und Terminalzugang und
- die PoP-Infrastruktur (Strom, Kühlung, Takt, Datum/Zeitquelle usw.).

3 Analyse derzeit verfügbarer IP-Transporttechnologien

Mitte der 90er Jahre brachte das IP-over-ATM- bzw. IP-over-FR-Modell vielen Netzbetreibern akzeptable Lösungsansätze, um ausreichenden IP-Paketdurchsatz, differenzierbare Service-Klassen und Möglichkeiten für Traffic Engineering zu realisieren. Darüber hinaus erwarten diese Netzbetreiber Kosteneinsparungspotentiale durch die Zusammenfassung von Internet-Verkehr und Sprache, Daten und Video auf einer gemeinsamen ATM/FR-Plattform („Verkehrs-Multiplexgewinn durch Service-Multiplex"). In den letzten sechs Jahren wurde von Router- und Switch-Herstellern eine Reihe von neuen IP-Switching-Technologien entwickelt, um den o. g. Wachstums-, Qualitäts- und Funktionsanforderungen einen Schritt voraus zu sein. Im folgenden Abschnitt werden in einer Technologieanalyse die zwei wichtigsten Architekturansätze für IP-Switching erläutert und anhand einiger technologischer Attribute bzw. Eigenschaften gegenübergestellt.

Diese sind das Overlay- und das Peer-Modell, die gegenüber dem klassischen IP-Router-Netzwerk Layer-2-Protokollstrukturen (Switching) und deren Services einbringen. Die weitere Unterscheidung nach den „flow-driven" (verkehrsflußgesteuert) und „topology-driven" (netztopologiegesteuert) geprägten

Ansätzen zeigt die essentiellen Funktionsblöcke, Protokoll- und Adressierungsebenen. Allein daraus werden die Komplexität, die ggf. damit verbundenen Grenzen von protokoll- und systemimanenter Skalierbarkeit und auch der Aufwand für Operating und Trouble Shooting sichtbar.

Im zweiten Teil dieses Abschnitts wird kurz die derzeit bedeutendste Technologie für große ISPs, die MPLS-Technologie, vorgestellt, und deren grundlegende Mechanismen als Basis für neue IP-basierende MPLS-Applikationen, wie VPN und Traffic Engineering, werden skizziert.

3.1 IP-Switching-Architekturmodelle

3.1.1 Overlay-Modell

Das Overlay-Modell [2] für IP-Switching besteht aus der IP-Ebene (Layer 3) und einer separaten ATM- oder FR/X.25-Ebene (Layer 2), ohne daß eine Interaktion (Interworking) zwischen Layer 3 (L3) und den sogenannten verbindungsorientierten Non-Broadcast-Multi-Access-(NBMA-)Technologien auftritt. Im einfachsten Szenario, dem IP-over-PVC-Modellansatz, muß das Betriebspersonal die notwendigen Verbindungskonfigurationen zwischen L3 und L2 manuell durchführen. Intelligentere Technologien wie etwa Multiprotocol over ATM (MPOA) automatisieren zumindest die L3/L2-Adreßzuordnung zwischen beiden Ebenen für einen „SVC Shortcut Path", was aber noch keine direkte Kopplung (Interworking) der Signalisierung, des „Routings" oder der Sichtweisen der Netztopologie bedeutet.

Die wesentlichen Eigenschaften des Overlay-Modells lassen sich wie folgt zusammenfassen (s. Bild 1).

Klassische IP-Router mit ATM/FR-Schnittstellen oder auch als IP-Instanz in ATM/FR-Systeme integriert, tauschen auf Basis von IP-Adressen, Netztopologie und IP-Routing-Protokollen (Interior/Exterior Gateway Protocol, I/EGP) ständig Informationen aus, während gleichzeitig und völlig separat klassische ATM/FR-„Switche" über ATM/FR-Signalisierung und L2-Routing miteinander kommunizieren. Bei Verwendung eines dynamischen Routing-Protokolls im Layer 2 (z. B. PNNI bei ATM) existieren sogar zwei völlig voneinander getrennte Sichtweisen der Netztopologie.

Die Systemrealisierung des Overlay-Modells ist auf den ersten Blick unkompliziert und von Systemherstellern einfach zu implementieren, da bereits IP- und ATM-Systemelemente fertig entwickelt, kostengünstig verfügbar und mit standardisierten Protokollen verwendet werden. Jedoch bestehen Dopplungen

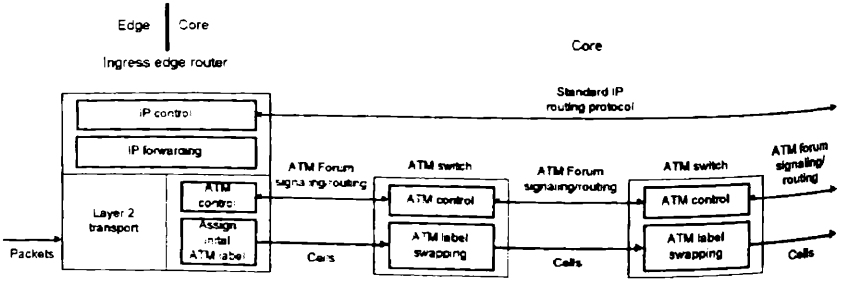


Bild 1: IP-over-ATM/PVC Overlay-Modell

von benötigten Funktionen derart, daß zwei unabhängige Adreßräume (L2, L3) verwaltet und durch zwei unabhängige Routingprotokolle unterstützt werden müssen.

Skalierungsgrenzen limitieren die Einsatzmöglichkeiten je nach Netzgröße und Bandbreite:

- „n^2-Problem" (genauer: $(n(n-1)/2)$ · PVCs, wobei n gleich Anzahl Netzknoten) für die benötigten „Default"-Pfade bei Vollvermaschung, z. B. Anzahl PVCs pro Schnittstelle oder pro Knoten;
- ATM-Lösungsansätze mit automatisch etablierten und „gerouteten" unidirektionalen Multipoint-to-Point-Trees (MPTs) statt Vollvermaschung einfacher Point-to-Point PVCs zeigen je nach Implementierung ebenfalls systembedingte Grenzen, wie den begrenzten VCI/VPI-Wertebereich beim VP-Merging oder die z. Zt. noch technologiebedingte Bandbreitenbegrenzung von AAL5-Chips größer 622 Mbit/s beim VC-Merging;
- erhöhtes Aufkommen an Routing-Protokoll-Updates bei PVC-Vollvermaschung wegen hoher Anzahl an Peering-Verbindungen zu Nachbar-Routern erhöht die Prozessorbelastung in der Control Plane;
- zentrale Server/Router-Funktionalitäten weisen generell Performance- und Skalierungslimitierungen auf (Paketdurchsatz, Anzahl Peering-Verbindungen, Routing Performance, IP-VPN-Support usw.);
- IP-Routing-Instanzen innerhalb der IP-Switching-Systeme sind ggf. nicht „durchsatzperformant" (vgl.: Tendenz/Bedarf geht in Terabitbereich).

Zuvor genannte Eigenschaften und Problembereiche treten mehr oder weniger immer beim Transport des verbindungslosen Internet-Protokolls (L3) auf, wenn dieses über verbindungsorientierte L2-Protokolle bzw. über Non-Broad-

cast Multi-Access-(NBMA-)Technologien im Overlay-Modell transportiert wird. Die daraus resultierende Motivation zur Suche nach bzw. Entwicklung von alternativen Architekturmodellen führte zum integrierten und damit optimierten L3/L2 -Ansatz wie dem des nachfolgend vorgestellten Peer-Modells.

3.1.2 Peer-Modell

Das Peer-Modell [2] für IP-Switching verwendet allein die IP-Adressierung im Layer 3 und im wesentlichen die herkömmlichen, standardisierten IP-Routing-Protokolle (z.B. OSPF [19], ISIS [30], BGP [4]) der IP-Ebene. Es existieren keinerlei separate, netzweit eindeutige L2-Adressen und keinerlei zusätzliche L2-Routing-Protokolle zur Steuerung der L2-Ebene. Lediglich ein zusätzliches Steuerungsprotokoll ist notwendig, um IP-Verkehr in die L2-Pfade zu mappen und die Zuordnung im Netz bekanntzugeben (Allokation, Distribution). Ein typischer Repräsentant des Peer-Modells ist Multi Protocol Label Switching (MPLS) [17], auf das Abschnitt 3.2 näher eingeht. MPLS basiert im wesentlichen auf der Tag-Switching-Architektur der Fa. Cisco. Das Internet Engineering Task Force (IETF) sah Ende 1996 die Notwendigkeit, einen einheitlichen Standard für MPLS als Basistechnologie zu beschreiben. Allen bis dahin proprietären IP-Switching-Technologien war der o.g. „integrierte Architekturansatz von L3-Routing und L2-Switching" gemeinsam.

Konzept des „integrierten Routing und Switching"-Peer-Modells (Bild 2):

- Generierung von IP-Routing-Tabellen auf Basis der Netztopologiesicht (Link State Database) durch Verwendung von Standard-IP-Routing-Protokollen; Berechnung der optimalen Routen auf Basis der geringsten Hop-Anzahl und Eintrag in die IP-Forwarding-Tabelle (Shortest Path First, SPF).

- Verknüpfung (Binding) der IP-Adreßinformationen (L3) mit Path/Label Identifier (L2) am Netzrand (Edge). Belegung (Allokation) und Verteilung (Distribution) der Pfad/Label-Binding-Informationen (L3/L2) an alle beteiligten Netzknoten durch ein zusätzliches Signalisierungsprotokoll in der Control Plane; Ersatz der IP-Routing-Einträge in der Forwarding-Tabelle durch vereinfachte Pfad/Label-Einträge (In/Out-Pfad/Label per In/Out-Interface) in der Forwarding-Information-Tabelle der Netzknoten. Innerhalb des Netzes werden L2-Pfade mit gemeinsamen IP-Header-Informationen zusammengeführt, um das bei Overlay-Netzen typische „n^2-Problem" durch eine Path/Label-Merging-Funktionalität zu entschärfen (Anzahl der L2-Pfade steigt linear).

- Die Übermittlung (Forwarding) der L2-„enkapsulierten" IP-Pakete von Eingangs- zu Ausgangsschnittstelle innerhalb der Backbone-Router erfolgt auf Basis des vereinfachten Label-Swapping-Verfahrens (Switching), vergleichbar dem bei ATM, FR oder X.25.

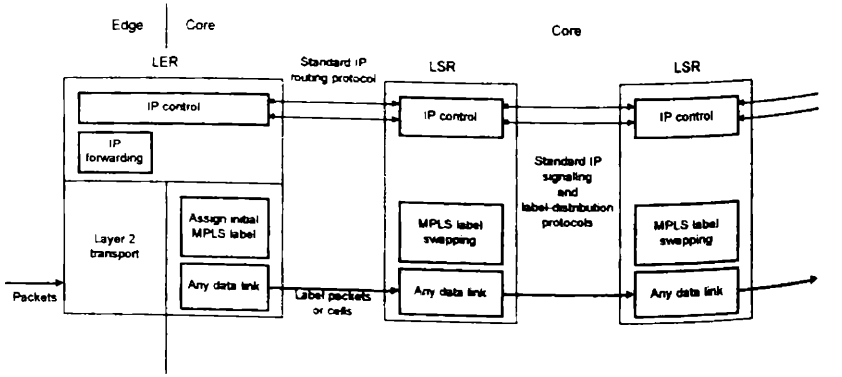


Bild 2: Peer-Modell

Eigenschaften des Peer-Modells:

- Layer-3-Routing (Verteilung der Routinginformation) und Layer-2-Forwarding bzw. Switching (Pakettransport) sind getrennt.
- Jeder IP-Switching-Knoten verwendet wie bei klassischen IP-Router-Netzwerken IP-Routing-Protokolle (OSPF, ISIS, BGP usw.). Damit existiert, im Gegensatz zum Ovelay-Modell, auch nur eine Sichtweise der Netztopologie, die der IP-Ebene (L3).
- Der IP-Pakettransport erfolgt je nach Implementierung durch zell- oder paketbasierende „Enkapsulierung" auf Basis des Layer-2-Switching- bzw. -Forwarding, z.B. MPLS/PPP, MPLS/ATM, MPLS/FR.
- Verwendung eines speziellen Steuerungssprotokolls ist notwendig, um IP-Verkehr in Layer-2-Pfade zu mappen, Path/Label Identifier zu belegen und zu verteilen.
- Path- bzw. Label-Merging wird für die Bildung von unidirektionalen Multipoint-to-Point-Trees technologiebedingt unterstützt.
- Ein Default-L2-Pfad entspricht immer dem eigentlichen IP-gerouteten Kommunikationsweg (Shortest Path), da allein das IP-Routing-Protokoll diesen als kürzesten (Lowest Hop Count) und damit besten Weg (Least Cost) zum Ziel berechnet hat.

- Ein explizierter L2-Pfad wird manuell oder vom Netz automatisch etabliert und entspricht nach den Regeln des Traffic Engineerings normalerweise nicht dem IP-„gerouteten" Kommunikationsweg, wird aber immer auf dem Shortest Path oder direkt am Zielknoten terminiert. Der explizite L2-Pfad ist auch nicht mit dem „SCV-Shortcut Path" des Overlay-Modells vergleichbar, erfüllt aber auch wie dieser die ihm auferlegten Voraussetzungen in der Wegewahl durch das Netz. Damit sind die Voraussetzungen für Traffic Engineering wie bei klassischen Layer-2-Netzen gegeben, hierbei jedoch mit integriertem und damit optimiertem Routing.

- Der Austausch von IP-Routing-Protokoll-Updates (L3) erfolgt trotz der virtuellen L2-Vollvermaschung wie in klassischen IP-Netzen immer zwischen leitungstechnisch benachbarten IP-Switching-Knoten (Peering). Der logische Informationsfluß erstreckt sich jedoch von jedem einzelnen Router über alle IP-Netzelemente hinweg, d. h., nach jedem Routing-Update bestimmt jeder Router für sich die eigene Sicht der Geamtnetzstruktur und errechnet daraus seine optimale Routing-Tabelle.

Peer-Modelle bzw. IP-Switching-Varianten werden nach ihrem Flow- und Topology-Driven-Lösungsansatz unterschieden.

3.1.2.1 Flow-driven IP Switching Type

Für ankommende spezifizierte IP-Flows (L3) werden je nach konfiguriertem Triggerkriterium bandbreite- und gütedefinierte „SVC-Shortcut Pathes" (L2) zwischen Quelle und Ziel etabliert. IP-Flows sind durch eine Sequenz von IP-Paketen definiert, die die gleiche IP-Header-Information wie etwa Source und Destination Address, Protocol Type, Port-Nummer usw. aufweisen. Die ersten Pakete eines IP-Flows werden generell durch die per Default PVC-verbundenen IP-Instanzen geroutet, so daß der durch Klassifizierung und Verbindungsaufbau zeitverzögerte "Shortcut Path" den Rest des IP-Flows auf Layer 2 weitertransportiert bzw. switched (Redirect). „Shortcut Pathes" sind typischerweise Soft Sate, was einen Verbindungsabbruch nach einem definierten Zeitraum des Nichtbenutzens automatisch erzwingt (Time out unless refreshed).

Nachteile des Flow-driven-Ansatzes:

- Zeitverzögerungen (Run Time Overhead) des benötigten Shortcut Pathes durch den signalisierten, d. h. vermittelten Pfadaufbau in Layer 2 überlastet ggf. unkontrolliert den Default-Pfad für gerouteten IP-Verkehr.

- Der Ansatz eignet sich nicht zur Anwendung in Core-Netzwerken großer ISPs, da aufgrund der großen Anzahl individueller IP-Flows eine hohe Prozessor-Last in der Control Plane (Redirect bzw. Flow-setup Messages) erzeugt und sehr schnell systemimmanente Skalierungsgrößen ein Begrenzungsproblem darstellen.

3.1.2.2 Topologie-driven IP Switching Type

IP-Switching-Architekturen, die auf Basis von Topology-driven-Lösungsansätzen konzipiert sind, arbeiten mit der IP-Netztopologie, die allein durch IP-Routing-Protokolle (z. B. OSPF, ISIS, BGP) erzeugt werden. Neue L2-Pfad/Label-Identifier werden mit IP-Zieladreßpräfixen assoziiert, im System allokiert und an alle IP-Switching-Instanzen der Routing-Domäne verteilt. Sobald sich die Netztopologie verändert, werden automatisch zusätzliche Layer-2-Pfade etabliert, um die IP-Konnektivität für die hinzugekommenen IP-Instanzen (z. B. neue IP-Netzelemente, zusätzliche IP-Kundenanschlüsse) herzustellen. Topology-driven-L2-Pfade bleiben so lange aktiv, bis eine Änderung in der Netztopologie erfolgt.

Vorteile des Topologie-driven-Ansatzes:

- Der gesamte IP-Verkehr wird von Beginn an in L2-Pfaden über das Netz „geswitched".

- Alle benötigten L2-Pfade sind nach Aktivierung der IP-Instanzen „ready for use". Es enstehen keine zusätzlichen Verzögerungen (Run Time Overhead).

- Die Anzahl der Layer-2-Pfade steigt linear proportional zur Anzahl der bestehenden IP-Routing-Einträge in der Forwarding Table.

- Durch den generellen Einsatz von unidirektionalen Multipoint-to-Point Trees (z. B. zellbasierendes VP- bzw. VC-Merging oder paketbasierendes Frame/Label-Merging) wird ein hoher Aggregationsgrad von individuellen IP-Flows erreicht.

3.1.3 Overlay-versus-Peer-Modell am Beispiel MPOA und MPLS

Ein typischer Vertreter des Overlay-Modells für IP-over-ATM ist Multiprotocol over ATM (MPOA) [1,18], das hier wegen seiner Bedeutung im ATM LAN-Umfeld, aber auch in modifizierter Form im ATM-WAN-Bereich als be

kannt vorausgesetzt und nachfolgend zum Technologie- bzw. Modell-Vergleich mit MPLS herangezogen wird (Tabelle 1).

3.2 Multiprotocol Label Switching

Multiprotocol Label Switching (MPLS) etablierte sich sehr schnell als die vom IETF spezifizierte Basis-Technologie für IP-Switching mit den Zielen, Durchsatz, Skalierbarkeit und eine Vielfalt neuer Transportservices in Internet-Netzwerken zu ermöglichen. Einerseits integriert MPLS die reine Paketübermittlung (Forwarding Plane) durch verbindungsorientierte Layer-2-Strukturen auf Basis des sehr vereinfachten Label Swapping Paradigmas, indem allein das Layer-3-IP-Routing (Control Plane) die Layer-2-Pfade durch das Netz bestimmt. Andererseits werden bei MPLS die Forwarding- und Control-Komponenten derart separiert, daß sich die Interaktion beider Ebenen allein auf die Aktualisierung der Forwarding-Tabelle begrenzt (s. Bild 3).

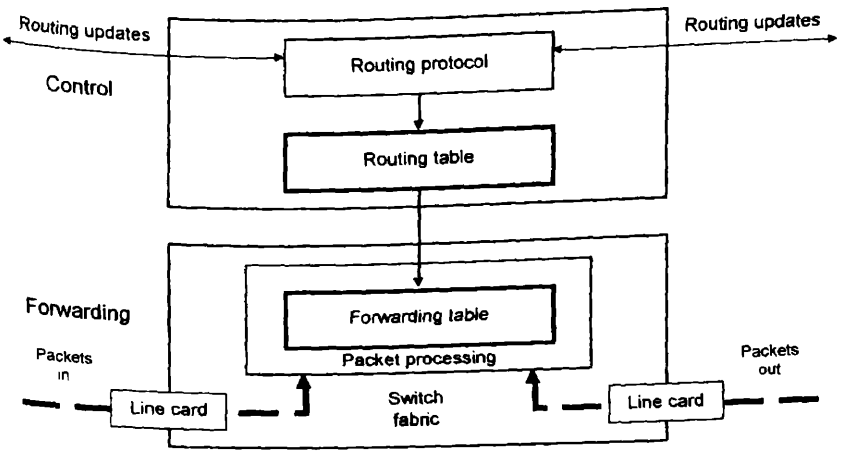


Bild 3: Komponenten der Routing-Funktion: Control und Forwarding

Durch die Separierung ergeben sich zwei wesentliche Vorteile:

- In der komplexeren Control Plane werden eine Reihe neuer Netz- und Routing-Services durch Softwaremodifikation leicht ermöglicht, ohne gleichzeitig Änderungen in dem Pakettransport-Mode zu verursachen.
- Das vereinfachte Label-Swapping-Verfahren in der Forwarding Plane erlaubt den Einsatz von schnellen ASIC-Chips für einen überaus leistungsfähigen Pakettransport im Terabitbereich.

Attribute/Eigenschaften	MPOA (ATM-Forum)	MPLS (IETF)
Einsatzbereich	LAN (Campus). WAN (für ATM SP)	WAN (für ISP)
Routing-Instanzen	Virtuelles Routing durch zentrale Route-Server	Dezentrales Routing in Label Switched Routers (LSR)
Modell	Overlay-Modell	Peer-Modell
Adressierung	L2/L3 separiert: IP und ATM	Nur L3: derzeit IPv4. Verwendet direktes IP-to-VC-Mapping
Address Resolution (IP-to-ATM)	Ja, für SVC	Nein
IP-Routing-Potokolle (OSPF, ISIS, BGP)	IP (unicast und multicast)	IP (unicast und multicast)
ATM-Forum-Protokolle	Ja, notwendig, z. B. für PNNI	Nein, nicht notwendig. Bei zellbasierenden Verfahren parallel möglich (Ships in the Night-Ansatz)
Switched Path Establishment	Flow-driven	Topology-driven (optional Flow- und Reservation-driven möglich)
Zusätzliche Server-Funktionen, Steuerungsmechanismen bzw. Signalisierungsprotokolle	NHRP und zentrale Server-Funktionalitäten (Address Resolution, Broadcast usw.)	Nur dezentrale Ansätze: LDP und optional modifiziertes RSVP oder CR-LDP für Traffic Engineering (TE)
Netz- bzw. Systemkomponenten	Switches; spezielle: Hosts, Edge Devices und Route Server	Modifizierte Router and Switches
Native ATM Service Support	Ja, optional	Paketbasierend: nein; Zellbasierend: ja, als koexistierendes Add-on
Short Cut Path und IP Routed Path Topologien sind identisch	Nein	Ja; Bei Traffic Engineering meist nein
Data Path Selection	PNNI	Dynamic IP Routing und optional explizites Routing
Skalierbarkeit	Begrenzung: zentrales Routing	Gut: dezentrales, hierarchisches Routing; zellbasierend: Probleme durch fixen Zell-Header (fixe VPI/VCI-Werte)
Single Point of Failure	Route Server	Nein
Performance	Begrenzungen im Megabit-Bereich: Edge Device, Route Server, ATM-AAL5-Chip	Paketbasierend: quasi unbegrenzt bis Terabit-Bereich; zellbasierend: Probleme durch Zell Interleaving
Zusätzlicher Service Support	IP/L3-Transport, IP VPN (Server), ATM QoS, kein TE/ATM, kein IP QoS (DiffServ)	IP/(L3) Transport, IP Multicast, IP VPN (basierend auf BGP/MPLS), IP QoS (DiffServ), Traffic Engineering/MPLS
Realisierungsbeispiele	MPOA: VIVID von Newbridge; modifiziertes MPOA: CSI von Newbridge	Framebasierend: MPLS von Cisco, Juniper, Nortel, Pluris usw.; zellbasierend: MPLS/ATM von Cisco, IP-Navigator von Ascend oder ARIS von IBM,...

Tabelle 1: Übersichtsvergleich MPOA versus MPLS

In MPLS-Netzen können sogenannte Terabit-Router auch im Label Swapping Mode arbeiten, was einer deutlichen Entlastung der Control Plane entspricht und wertvolle Prozessorleistung für die eigentlichen Aufgaben, wie optimale Routen-Berechnung, Gewährleistung schneller Routing-Konvergenz, Bereitstellung neuer Netz- und Kunden-Services usw. freigibt. Im IETF ist IPv4 das derzeit bevorzugte L3-Protokoll, das von MPLS als WAN-Technologie unterstützt wird. Generell kann es für unterschiedliche Netzwerk-(L3-)Protokolle wie IPv6, IPX, AppleTalk, DECnet, CLNP erweitert werden (Multiprotokoll-Transport). MPLS erscheint im OSI-Referenzmodell zwischen Link-Layer (L2) und Netzwerk-Layer (L3) und agiert als verbindungsorientiertes „Shim Layer"-Protokoll, um einerseits durch Verwendung von L3-Routing IP-geroutete Verbindungen für IP bereitzustellen und andererseits für sich selbst beliebige Link Layer Services des Layer 2 (z. B. PPP, ATM, FR, Ethernet usw.) zu verwenden. MPLS basiert auf der Idee des topologiegesteuerten Peer-Modells und eliminiert Probleme, die mit dem einfachen (PVC-Vollvermaschung) oder meist auch Flow-driven- (SVC Shortcut-Pfade) IP-Overlay-Modell einhergehen.

3.2.1 Grundlegendes MPLS-Konzept

MPLS-Namenskonventionen:

Router oder Switches mit integrierten IP-Routing-Instanzen, die auch MPLS unterstützen, nennt man **Label Switched Router** (LSR). Ingress-LSR-Knoten, die am Netzrand (Edge), also zwischen IP- und MPLS-Domäne, IP-Pakete in Upstream-Richtung mit einem zusätzlichen Label-Header versehen (Label Push) oder im Egress-LSR-Knoten in „Down-Stream"-Richtung ankommenden MPLS-Paketen wiederum Labels entfernen (Label Pop), werden hier vereinfacht Label Edge Router (LER) genannt. Label Switched Pathes (LSP) sind Layer-2-Pfade, die durch das Zusammenreihen einzelner zusammengehöriger Label-Pfadsegmente zwischen LER/LSR-Knoten durch das MPLS-Netz (Edge-Core-Edge) entstehen.

MPLS-Mechanismen:

LER- und LSR-Netzknoten verwenden, wie klassische IP-Routernetze, Standard-IP-Routing-Protokolle (ISIS, OSPF, BGP) und damit entsprechende Mechanismen zur Generierung von IP-Routing-Tabellen bzw. IP-Forwarding-Tabellen mit Routing-Einträgen, wie Adreß-Präfix oder Next-Hop-Link für den Shortest Path. Bei MPLS werden die IP-Forwarding-Tabellen der LER/LSR-Netzelemente um Label-Einträge erweitert und in der Label Infor-

mation Base (LIB) allokiert. Die Control Plane mit MPLS-Funktionalität sorgt für einheitliche Label-Werte zwischen benachbarten MPLS-Netzknoten.

Am Ingress-LER (IP/MPLS-Netzrand) erfolgen Zuordnung und Verknüpfung von ankommenden IP-Paketen mit einem gemeinsamen Outgoing-Label derart, daß eine Klassifizierung in Gruppen mit gleichen Forwarding-Kriterien (z. B. gleiche IP-Header-Informationen, meist identische Ziel-Adreßpräfixe) in Form von Forwarding Equivalent Classes, FEC, als zusätzliche Service-Option möglich ist. Ein eigens für MPLS konzipiertes Label Distribution Protokoll (LDP) [14] allokiert, signalisiert und verteilt die FEC/Label-Binding-Informationen an alle beteiligten Netzknoten.

Liegen alle Informationen zwischen Quell- und Zielnetzknoten vor, wird der IP-Forwarding-Eintrag in allen an der IP-Kommunikation betroffenen LSR-Netzelementen durch den vereinfachten Label-Swapping-Eintrag ergänzt bzw. quasi ersetzt, da dieser gegenüber dem IP-Forwarding bevorzugt wird. Erst wenn alle Informationen von Edge zu Edge verteilt wurden, spricht man von einem etablierten Label Switched Path (s. Bild 4).

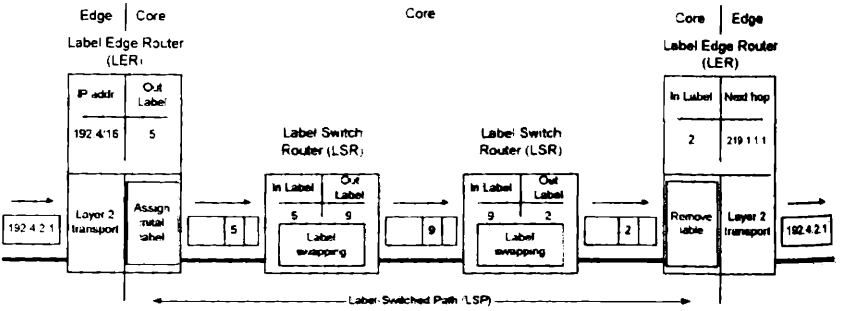


Bild 4: MPLS Control/Forwarding Plane

MPLS-Header:

Der MPLS-Shim Header ist gemäß IETF MPLS Draft "Multiprotocol Label Switching Architecture" [17] mit einer festen Länge von 32 Bit beschrieben und ist am lokalen Netzelement eindeutig. Bei PPP als Layer-2-Protokoll wird der in Bild 5 dargestellte Shim Header verwendet.

Alternativ wird bei ATM oder FR als Layer-2-Protokoll der Label-Wert im VPI/VCI-Feld des ATM-Headers oder im DLCI-Feld des Frame Relay Headers integriert. Je nach Implementierung gehen dabei gegenüber der ur-

sprünglichen Spezifikation Informationen, wie CoS-Feld oder Label-Stack-Kennzeichnung verloren. Bei einer zellbasierenden MPLS-Systemrealisierung (Multilayer Switching mit integriertem IP-Routing und Cell Switching) ist es generell problematisch, differenzierte IP-Serviceklassen gemäß IETF DiffServ Model zu unterstützen. Ggf. sind dazu mehrfache, d. h. pro Serviceklasse überlagerte Multipoint-to-Point-Trees notwendig (d. h. ein MPT per Serviceklasse), die protokoll- und systemimmanente Skalierungsgrenzen aufweisen können (z. B. maximaler ATM-VPI/VCI-Wertebereich).

Beim paketbasierenden MPLS-Ansatz können die Experimental-Bits (also die eigentlichen Experimental-Bits) [15] im MPLS Shim Header wie die Precedence-Bits des IPv4 Header (siehe Bild 11, Abschnitt 4.1.2) verwendet werden. Das birgt damit zumindest keine protokollimmanenten Skalierungslimitierungen.

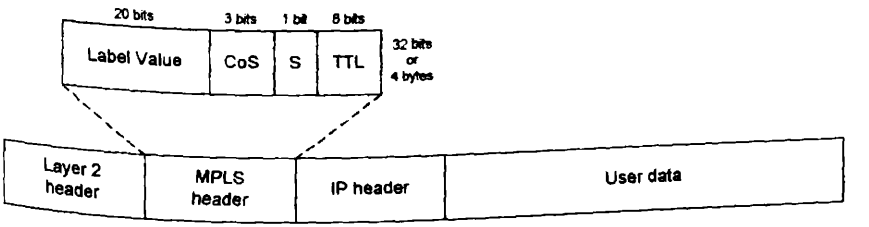


Bild 5: Struktur des „MPLS Shim Headers"

Der MPLS Shim Header bei Verwendung von PPP als L2-Protokoll besteht aus folgenden Feldern:

Bit 0-19: Eigentlicher Label-Wert (20 Bit), gültig zwischen zwei MPLS-Knoten;

Bit 20-22: Experimental Bits (3 Bit) verwendbar für Class of Service (CoS);

Bit 23 Stack (1 Bit), Kennzeichnung Ende eines Label-Wertes bei Label Stacking;

Bit 24-31: TTL (Time-to-life-)Feld (8 Bit), unterstützt konventionelle IP-TTL-Funktionalität, wie „Traceroute" usw.

3.2.2 MPLS basierende Virtual Private Networks

Ziel eines Virtual Privat Networks (VPN) [5] ist es, die Standorte eines privaten, unternehmensinternen Intranets oder eines unternehmensübergreifenden

Extranets über ein IP-Backbone eines ISPs zu verbinden und dabei unabhängig von dem jeweiligen ISP den vollen IP-Adreßraum (d. h. 2^{32} Bits) innerhalb des VPN nutzen zu können. Dieses Ziel läßt sich mit verschiedenen Lösungsansätzen realisieren:

- ATM/Frame Relay
- IPSec [25]
- Tunnelprotokolle wie das Layer 2 Tunneling Protocol (L2TP) [13] oder Generic Routing Encapsulation (GRE) [11]
- MPLS-basierende VPN [9]

Im folgenden wird die MPLS-VPN-Realisierung der Firma Cisco als Beispiel einer netzwerkbasierenden IP-VPN-Lösung beschrieben. Dabei ist unter netzwerkbasierend zu verstehen, daß der VPN Service Creation Point (SCP) im Label Edge Router liegt und nicht wie bei verschiedenen anderen Varianten auf dem Customer Premises Equipment (CPE). Dies hat den Vorteil, daß der Kunde auf seiner CPE keine besonderen Funktionen zur Unterstützung des VPNs bereitstellen muß. Man spricht dann auch von einem integrierten IP-VPN-Modell.

Um ein VPN zu etablieren, ist es erforderlich, die jeweiligen Standorte an die Label Edge Router (VPN-SCP) anzuschalten, so daß die LERs die Routing-Informationen des Kundennetzes innerhalb des VPN verteilen können. Zwischen den einzelnen Label-Edge-Routern wird MPLS als Layer-2-Protokoll verwendet, das, wie bereits in Abschnitt 3.2 dargestellt, LSPs durch das Netz generiert. Der Transport eines IP-Pakets über ein solches Netz geschieht durch das Voranstellen eines MPLS-Labels.

Soll nun ein VPN realisiert werden, ist eine zusätzliche Identifikationsinformation notwendig, die eindeutig festlegt, zu welchem VPN das zu transportierende Paket gehört. Zu diesem Zweck wird ein weiteres Label zwischen IP-Paket und MPLS-Label eingefügt. Die Aneinanderreihung mehrerer Labels wird als Label Stack bezeichnet. Der prinzipielle Durchlauf eines IP-Paketes durch die MPLS-basierende IP-Plattform ist in Bild 6 dargestellt.

Im LER, also am VPN-SCP, erfolgt die Unterscheidung der VPNs, mit Hilfe von „VPN Routing and Forwarding"-(VRF-)Tabellen. Jedem VPN ist eine VRF-Tabelle zugeordnet, die alle Routing- und Forwarding-Daten der einzelnen VPN-Standorte enthält.

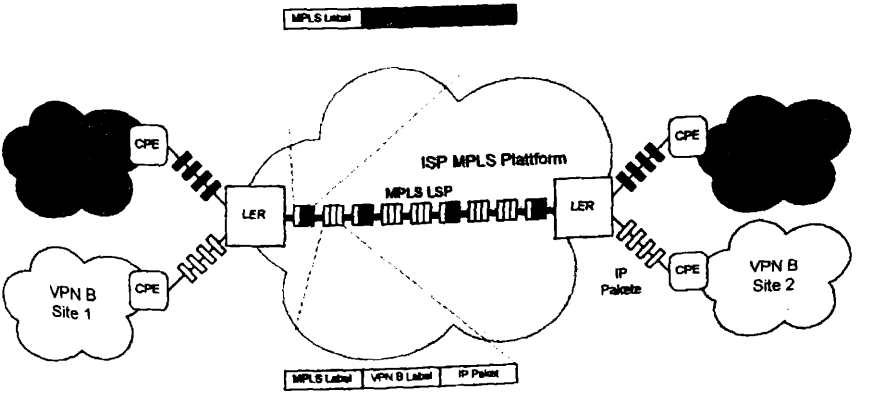


Bild 6: MPLS-basierende VPN; Forwarding

Geht man davon aus, daß mehrere VPNs überlappende Adreßbereiche oder sogar den gleichen, jeweils privaten IP-Adreßbereich verwenden, ist es notwendig, ein weiteres Kriterium zur Differenzierung der VPNs zu bilden. Dieses Kriterium ist ein Route Distinguisher (RD), der zusammen mit der privaten IP-Adresse die VPN-IPv4-Adresse umfaßt. Die VPN-IPv4-Adresse ist Teil der VRF-Tabelle, die nur noch durch die Routinginformation zur VPN-Ziellokation (BGP-Next-Hop-Adresse), den Label für das VPN und den MPLS-Label zu ergänzen ist.

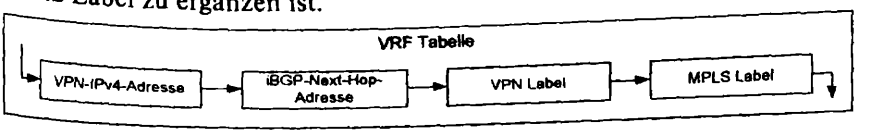


Bild 7: Inhalt der VRF-Tabelle

Die LERs müssen zum Einrichten der VRF-Tabellen verschiedene Routing-Mechanismen unterstützen. Innerhalb des Backbones, also zwischen LER und LER, wird hierzu eine besondere Variante des BGPv4-Protokolls, „Multiprotocol Extensions for BGPv4" (MP-iBGP) [16],verwendet. Dieses Routingprotokoll ermöglicht es, IP-VPN-Labels in BGPv4 zu übertragen. Außerhalb des Backbones, d. h. zwischen LER und dem Kunden-VPN-Standort, können neben statischen Routen z. B. dynamische Routingprotokolle wie RIPv2 [24], OSPF [19], eBGPv4 [4] oder ISIS eingesetzt werden.

Eine weitere Vertiefung der hier beschriebenen Zusammenhänge würde den Rahmen dieses Beitrags überziehen. An dieser Stelle wird auf weiterführende Literatur im Schrifttumverzeichnis sowie auf Informationen der Hersteller verwiesen.

3.2.3 MPLS-basierendes Traffic Engineering (TE)

Definition und Ziele von Traffic Engineering

Herkömmliche IP-Router-Netzwerke nutzen die verfügbare Bandbreite der physikalischen Verbindungsleitungen (Trunks) nicht effizient. So können dort neuralgische Verkehrsüberlastsituationen (Congestion Points) entstehen, wo viel Verkehr ins Internet (Peering-Points, z. B. internationale Leitungen in die USA) fließt oder aufgrund der Netzstruktur eine geringere Anzahl Hops zu bevorzugten Routen führen, auch wenn unausgelastete parallele Routen mit nur einem Hop mehr existieren. Solche „Netzschieflasten" sind mit derzeitigen Intradomain-Routingprotokollen wie OSPF und ISIS nur bedingt zu beherrschen.

Ziel und Zweck von Traffic Engineering ist es, die in einem IP-Netzwerk verfügbaren Ressourcen (Bandbreiten, Netzknoten) besser zu nutzen und dem Netzwerkoperator im zentralen Netzwerkmanagement Mechanismen und Werkzeuge zur „Verkehrsflußsteuerung" des verbindungslosen IP-Verkehrs in die Hand zu geben.

Damit können schrittweise folgende Einzelziele von TE-Möglichkeiten erreicht werden:

- Generierung von Verkehrsmatrizen (inkl. Quelle-Zielbeziehung);
- Verkehr an überlasteten Knoten und Verbindungsleitungen vorbeiführen (Vermeidung von Congestion Points);
- gleichmäßigere Auslastung der Netzressourcen und damit indirekte Erhöhung der Ressourcen-Effizienz bei gleichbleibender Übertragungsgüte;
- Gezielte Unterstützung von Übertragungsparametern einzelner Serviceklassen (z. B. delayabhängiges Routing);
- Link- und Path-Protection; kurze Umschaltezeiten für z. B. besonders „geschützten Verkehr".

MPLS unterstützt gegenüber den Overlay-Modellen (z. B. IP/ATM) einen in Layer 3 integrierten Traffic-Engineering-Ansatz, der das Routing für IP-Verkehr derart optimiert, daß die gesetzten Ressourcen-Anforderungen („Constraints") bei gegebener Backbone-Kapazität und -Topologie eingehalten werden. Mit anderen Worten, MPLS-basierendes TE unterstützt „Constrained-based Routing (CBR)", bei der exakt der kürzeste TE-MPLS-Pfad (Macroflow) berechnet wird, der den Ressourcen-Anforderungen (wie Bandbreite, Medium, Delay, Prioritäten) der darin aggregierten bzw. geführten MPLS-Ver-

kehrsflüsse (Microflows) gerade noch entspricht. Bild 8 zeigt als Beispiel einen mit Traffic Engineering errechneten Traffic Trunk (TE-LSP), der in der Regel, völlig unabhängig vom IGP Shortest Path (Least Cost Routing), zwar über eine meist größere Anzahl von Hops, dafür aber über potentiell weniger verkehrsbelastete Routen durch das Netz führt. Dabei kann es durchaus sein, daß der TE-MPLS-Pfad segmentweise, z. B. hinter dem letzten Congestion Point, direkt auf dem Shortest Path liegt, d. h. dieser IGP-Route folgt.

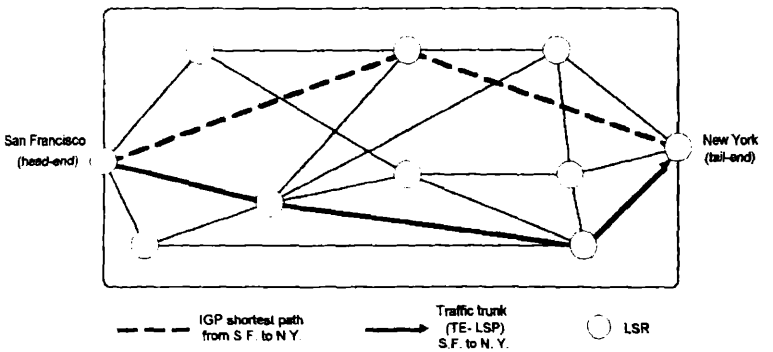


Bild 8: Traffic Engineering Path versus IGP Shortest Path

Das IETF definiert im RFC 2702 [22] sogenannte unidirektionale Traffic Trunks, die je nach Quellenursprung auch „TE Tunnels", „TE-LSPs", „LSP Tunnels" oder einfach nur LSPs genannt werden. Traffic Trunks sind meist mehrere über LDP etablierte „normale LSPs", die wiederum mit einem zusätzlichen, gemeinsamen äußeren TE-Label (Label Stack) versehen sind. Völlig separat, aber innerhalb der IP Control Plane, allokiert und verteilt ein weiteres MPLS-TE-Signalisierungsprotokoll das entsprechende „Label Binding". Üblicherweise wird ein Traffic Trunk zwischen Eingang (Head-End) und Ausgang (Tail-End) eines Netzwerkes definiert. Die Endpunkte können aber auch in Abschnitten oder Bereichen (z. B. Backbone, Regionaler Backbone) des MPLS-Netzwerkes liegen. Der Traffic Trunk umfaßt den gesamten Verkehr, der zwischen diesen Endpunkten verläuft. Wird eine Differenzierung von IP-Serviceklassen vorgenommen, können Traffic Trunks je Serviceklasse definiert werden.

Es bestehen zwei grundsätzliche Möglichkeiten, im Bedarfsfall IGP Routing Shortest Path-Routen durch Verkehrssteuerung von Traffic Trunks zu umgehen:

- Manuelle Verkehrsführung der Traffic Trunks per Hand (Operator) durch Konfiguration von expliziten Pfaden - auf Basis der aktuellen Netztopologie und Verkehrsstatistik entscheidet der Netzoperator, nach welchem Verkehrsmodell Traffic Trunks geroutet werden. Geeignete Off-line-Simulations-Tools ermöglichen eine netzweit globale Optimierung.
- Automatische Verkehrsführung der Traffic Trunks durch Konfiguration der Generierungsparameter und Attribute des MPLS-TE-Signalisierungsprotokolls (Control Plane) der MPLS-Knoten - auf Basis der aktuellen Netztopologie, Verkehrsauslastung und der gesetzten Beschränkungen (Constraints) berechnet der MPLS-Netzknoten am Eingang (Head-End) selbständig die geeignete Wegewahl für die Traffic Trunks (Constrained-based path selection algorithm). Erweiterungen zu Standard-IGP-Routing-Protokollen wie OSPF und ISIS werden derzeit in IETF-Arbeitsgruppen spezifiziert, um zusätzliche Informationen für TE über das Netz zu verteilen. Diese Informationen sind z. B. maximale Bandbreiten, Bandbreitenreservierungen, Prioritätsstufen, Default-TE-Metriken, Ressource-Klassen usw.

Die automatische Etablierung der MPLS-basierenden Traffic Trunks erfolgt, wie oben bereits erwähnt, durch ein zusätzliches, für MPLS Traffic Engineering optimiertes Signalisierungsprotokoll. Dazu sei nur kurz erwähnt: Es gibt im IETF folgende zwei Ansätze:

- Resource Reservation Protocol (RSVP) mit „Extensions" zum ursprünglich spezifizierten RFC 2205 (unterstützt von Cisco und Juniper) und
- Constraint Routing - Label Distribution Protocol (CR-LDP) mit Verbesserungen zur Etablierung von Control-driven LSPs (unterstützt von IETF MPLS).

4 IP-QoS-Modelle, Services und Mechanismen

4.1 Vergleich grundlegender IP-QoS-Modelle

Das grundsätzliche Servicemodell, das bisher in einem IP-Netzwerk bereitgestellt wurde, enthielt nur eine einzige Serviceklasse: „Best Effort". Unabhängig vom Typus des IP-Verkehrs (Daten, Voice, Video, ...) wurden dabei die IP-Pakete nach der Methode „first come, first serve" transportiert. Für die reine Übertragung von Daten ist dies ausreichend, nicht aber für Applikationen, die definierte Anforderungen hinsichtlich Laufzeitverzögerung (Delay), Schwankungen der Laufzeit (Jitter) oder Bandbreite haben. Da aber gerade Voice,

Mulimedia und andere Real-Time-Anwendungen zunehmend an Gewicht gewinnen, ist es unabdingbar, den jeweils spezifischen Anforderungen gerecht zu werden. Aus diesem Grund war es erforderlich, basierend auf dem bereits existierenden IP-Netzwerkmodell, Erweiterungen hinsichtlich der Unterstützung von Quality of Service einzuführen. Die IETF erarbeitete aus diesen Anforderungen zwei Modelle, das

- Integrated Services Model [1, 28] und das
- Differentiated Services Model [1, 6].

deren RFCs unter „http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html" und „http://www.ietf.org/html.charters/intserv-charter.html" abgerufen werden können.

4.1.1 Integrated Services Model (IntServ)

Das Integrated Services Model (IntServ) beschreibt die Möglichkeit, Datenpakete mit bestimmten, absoluten Qualitätsstufen zu transportieren, wobei die Kundenapplikation diese selbst auswählen kann. In diesem Modell kennt dabei jeder Hop die QoS-Anforderungen des jeweiligen IP-Flows. Um dies zu gewährleisten, müssen u. a. bestimmte Rahmenbedingungen erfüllt werden:

- Jedes Netzelement (Router usw.) im Übertragungsweg muß die Mechanismen (Klassifizieren, Queuing usw.) bereitstellen, um „Quality of Service" produzieren zu können.

- Es muß weiterhin ein Protokoll implementiert sein, das die QoS-Anforderungen des IP-Flows den beteiligten Netzelementen mitteilt und ggf. QoS-Managementinformationen zwischen Netzelement und Applikation austauschen kann. Alternativ kann das auch manuell auf jedem Netzelement konfiguriert werden; dies ist aber eine Variante, die keinesfalls skaliert.

Die erste Randbedingung, d. h. der Mechanismus zur Bereitstellung der IntServ-Serviceklassen, wird mit folgenden Funktionen erfüllt:

- Admission Control: Überprüfen der Ressourcen
- Klassifizierung: Identifiziert und wählt eine Serviceklasse
- Scheduler: Bereitstellen der QoS

Diese Funktionen sind Bestandteil der IntServ-Komponente, Traffic Control, die notwendig ist, um die Ressourcen zum Bereitstellen der geforderten QoS zu steuern und zu überwachen.

Neben dieser sind zusätzlich die Komponenten Setup-Protokoll zur dynamischen Ressourcen-Reservierung und die Flow-Spezifikation, d. h., ein Flow entspricht einer Folge von Paketen der gleichen Quelle/Senke-Beziehung und gleicher QoS, zu beachten.

In Bild 9 sind die Zusammenhänge im Überblick nochmals grafisch dargestellt.

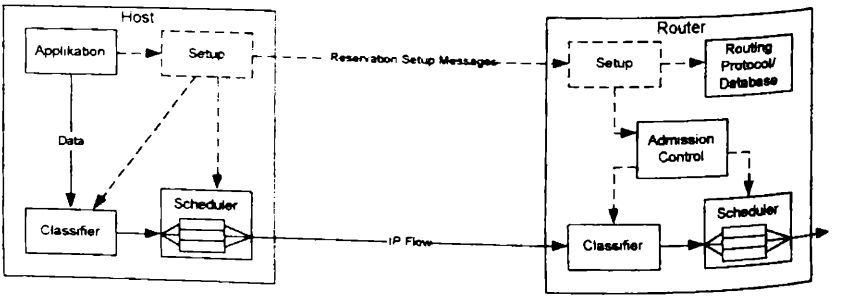


Bild 9: IntServ-Modell

Die bereits erwähnten IntServ-Serviceklassen werden in drei Typen unterteilt:

- Guaranteed Service (GS) nach RFC2212 [26];
- Controlled Load (CL) nach RFC 2211 [27];
- Best Effort.

RSVP

Die zweite Randbedingung, also ein geeignetes Signalisierungsprotokoll, das die QoS-Anforderungen des IP-Flows den beteiligten Netzelementen mitteilt, wurde mit dem Resource ReSerVation Setup Protocol (RSVP) spezifiziert: RFC 2205[23].

4.1.2 Differentiated Services Model (DiffServ)

Neben dem Best Effort FIFO Service des bisherigen Internet, das keine QoS-Garantien erlaubt, und dem IntServ/RSVP-Modell mit absoluten QoS-Garantien gibt es noch als dritte Variante das Differentiated Services Model (DiffServ) [6]. Dieses Modell hat gegenüber dem IntServ-Modell den Vorteil, daß es auch in großen Netzen skaliert. Folgende Eigenschaften führen zu diesem Vorteil:

- keine Signalisierung pro Flow;
- mehrere Flows können einer Serviceklasse zugeordnet werden;

- Klassifizierung am Edge Router oder der CPE entkoppelt DiffServ von der Applikation;
- einfache Realisierung der Serviceklassen im Core-Netzwerk;
- unterstützt Virtual Privat Networks.

Die Nachteile sind:

- Edge/CPE erfordern eine leistungsstarke Klassifizierung auf Paketbasis.
- DiffServ kann keine absoluten Bandbreiten, Delay- oder Jitter-Garantien bereitstellen, da die Bandbreiten je Klasse nicht Flow-(Microflow-)bezogen sind, sondern sich auf den Summenstrom aller Flows einer Klasse (Macroflow) beziehen.

Im DiffServ-Modell werden IP-Pakete am Edge oder CPE klassifiziert und verschiedenen Serviceklassen zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt über das Feld Differentiated Services Code Point (DSCP) im IPv4-Header. Jede Serviceklasse wird nun durch einen oder mehrere Codepoints indiziert. Die Unterscheidung der Serviceklassen untereinander wird durch die Einstellungen der jeweiligen QoS-Mechanismen (siehe Bild 10) generiert. Somit muß zu jedem QoS-Mechanismus der entsprechende Codepoint der jeweiligen Serviceklasse zugeordnet werden. Man bezeichnet die Wirkung dieser Funktionen je Codepoint auch als Per Hop Behaviour (PHB) [20]. Die Funktionen wirken dabei gleichermaßen für IP- und MPLS-Pakete

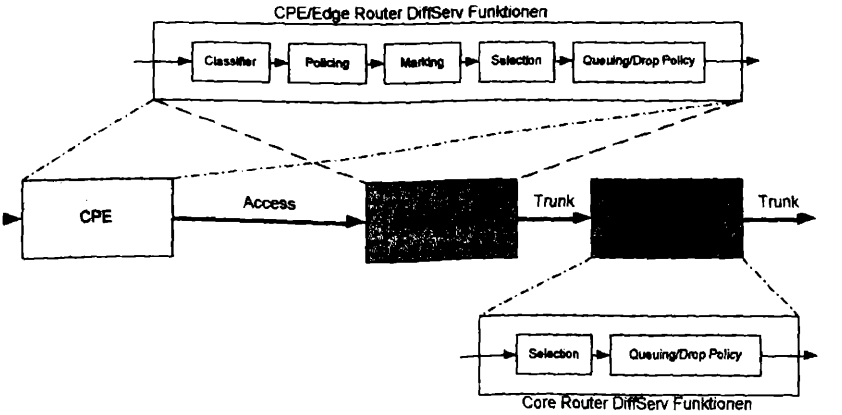


Bild 10: DiffServ-Funktionen

Im Zusammenhang mit DiffServ werden grundsätzlich zwei Typen von QoS-Klassen bereitgestellt:

- Expedited Forwarding (EF) [7]
  für Klassen, die hohen Anforderungen hinsichtlich Delay, Jitter und Bandbreite genügen müssen und somit hohe Priorität genießen, und

- Assured Forwarding (AF) [8]
  für Klassen, die sich in der zulässigen Paketverlustrate oder dem Delay, aber auch in der Bandbreite unterscheiden.

In Abschnitt 4.2 wird diese Thematik praxisorientiert weiter vertieft.

Die Codepoints, die wesentlicher Bestandteil des DiffServ-Modells sind, werden zur Zeit im Type of Service Byte des IPv4-Headers abgebildet. In Bild 11a sind im oberen Teil die ToS-Byte-Aufteilung entsprechend RFC 791 und im unteren Teil der Bereich der DiffServ-Codepoints dargestellt.

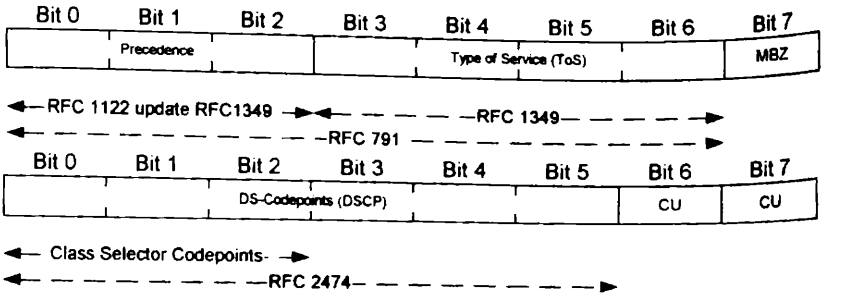


Bild 11a: Struktur des ToS-Byte (IPv4) und der DS-Codepoints im IPv4-Header

Bild 11b zeigt die Belegung der einzelnen Bits im ToS-Byte [10, 12, 21, 29].

Bits 0-2	Precedence
Bit 3	0 = Normal Delay
	1 = Low Delay
Bit 4	0 = Normal Throughput
	1 = High Throughput
Bit 5	0 = Normal Reliability
	1 = High Reliability
Bits 6-7	Reserved for Future Use

	Precedence
111	Network Control
110	Internetwork Control
101	CRITIC/ECP
100	Flash Override
011	Flash
010	Immediate
001	Priority
000	Routine

Bild 11b: Bitbelegungen im ToS-Byte

Die Bits 0 bis 2 des ToS-Bytes werden als Precedence bezeichnet, sie sind gleichbedeutend mit den Class Selector Codepoints im DiffServ-Modell.

4.2 IP-Serviceklassen (IP QoS/Cos) entsprechend dem DiffServ-Ansatz

4.2.1 Definition Serviceklassen

Basierend auf dem in Abschnitt 4.1.2 erläuterten DiffServ-Modell, soll nun eine mehr praxisorientierte Beschreibung der Serviceklassen und der damit verbundenen Themen vorgestellt werden.

Das neue Servicemodell umfaßt mehrere Serviceklassen, deren Definitionen sich im wesentlichen durch die Ausprägung folgender Merkmale voneinander abgrenzen:

- Bandbreite;
- Laufzeitverzögerungen (Delay);
- Laufzeitschwankungen (Jitter);
- Paketverlustrate (Packet Loss);
- Priorität.

Zusätzlich ist auch eine Unterscheidung nach öffentlichem IP-Verkehr (Internet) oder privatem IP-Verkehr (Intranet) innerhalb eines VPN möglich.

Die Anwendung obengenannter Merkmale in einem Servicemodell könnte dann wie folgt aussehen:

- VoiceService: priorisierter Verkehr, vorwiegend Sprache (Voice over IP) und Real-Time-Anwendungen, die geringen Delay und Jitter erfordern;
- DelayService: relative Bandbreitengarantie, optimiert auf minimalen Delay, nicht aber auf Paketverluste;
- LowLossService: relative Bandbreitengarantie, optimiert auf minimalen Paketverlust, nicht aber auf Delay oder Jitter;
- Best Effort: minimale Bandbreitengarantie.

Den hier beschriebenen Serviceklassen muß nun ein (ggf. mehrere) Codepoint(s) zugewiesen werden, damit jeder Router/Switch die Pakete der Klasse entsprechend behandeln kann. Diese Codepoints sind dabei gleichbedeutend mit den möglichen Bitkombinationen, die sich aus den Precedence-Bits im IPv4-Header ergeben.

4.2.2 Methoden und Mechanismen

Es stellt sich nun die Frage, wie die einzelnen IP-Pakete den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Serviceklassen zugeordnet werden und was die Mechanismen sind, die letztendlich für die unterschiedliche Behandlung und somit für die Differenzierung der Serviceklassen benötigt werden. In Bild 12 sind diese Mechanismen [1, 3] hinsichtlich Funktion, Einsatzort und Auswirkung dargestellt.

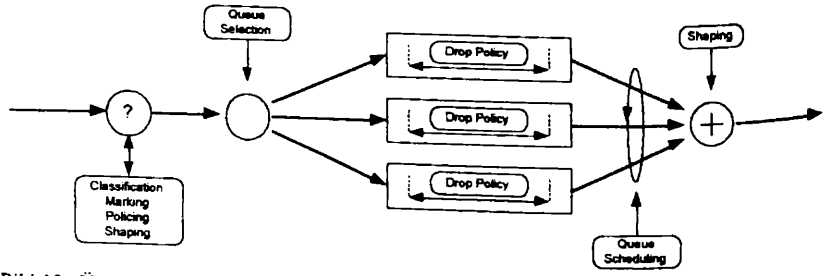


Bild 12: Übersicht der QoS-Mechanismen

Klassifizierung/Markieren (Marking)

Die entscheidende Funktion zum Einordnen eines IP-Paketes in eine Serviceklasse ist die Klassifizierung. Hierbei werden bestimmte Informationen aus dem IP-Paket als Entscheidungskriterium für die Zuordnung zu einer Klasse ausgewertet. Diese Kriterien im IP-Header können zum Beispiel die IP Source/Destination Address, das nächsthöhere Protokoll (z. B. TCP, UDP, ICMP, ...) oder die bereits bestehende Codierung im DS-Byte sein. Zusätzlich sind eine Vielzahl weiterer Kriterien auswertbar, wie in Bild 13 dargestellt.

Ergänzend zu den oben aufgeführten Möglichkeiten kann aber auch jeglicher Verkehr, der eine Schnittstelle passiert, einer einzelnen Serviceklasse zugeordnet sein. In diesem Fall wäre somit die Schnittstelle selbst das Kriterium.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß eine Klassifizierung an verschiedenen Stellen einer Übertragungsstrecke notwendig sein kann. Erforderlich ist diese Funktion aber immer am Übergabepunkt des Kundennetzes zum Service Provider. Dieser Übergabepunkt wird auch als **QoS Service Creation Point** (QoS-SCP) bezeichnet.

Die unmittelbare Aktion einer Klassifizierung ist das Markieren jedes IP-Paketes mit dem definierten und erforderlichen Codepoint. Zur Verdeutlichung

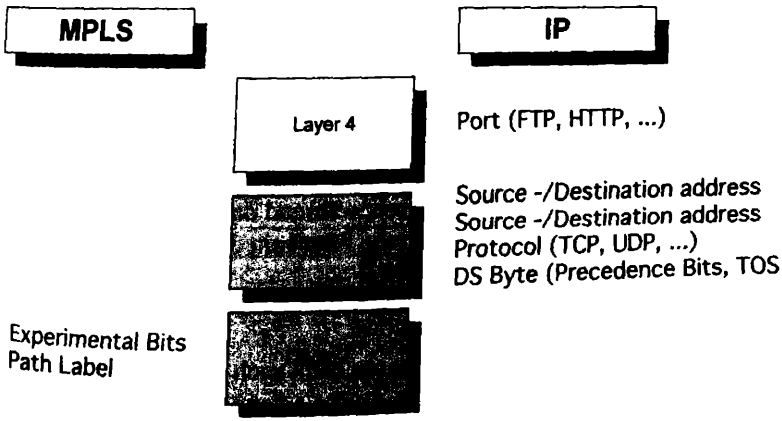


Bild 13: Entscheidungskriterien zur Klassifizierung

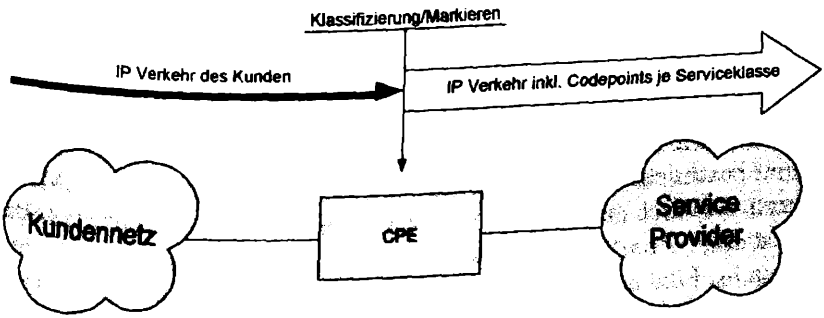


Bild 14: Übergabepunkt zum Service Provider

werden anhand von Tabelle 2 beispielhaft die jeweiligen Kriterien den Codepoints und somit den Serviceklassen zugewiesen. So könnte beispielsweise eine Serviceklassenzuordnung nach Tabelle 2 zwischen Kunden und ISP vereinbart werden.

Kriterium	Serviceklasse	Codepoint
RTP, RTCP	Voice-Klasse	7 (dezimal) = 111 (binär)
TCP (WWW)	Delay-Klasse	5 (dezimal) = 101 (binär)
TCP (FTP, Telnet)	Low Loss-Klasse	3 (dezimal) = 011 (binär)
UDP	Best Effort	0 (dezimal) = 000 (binär)

Tabelle 2: Beispiel einer Zuordnungstabelle der Serviceklassen

Die Zuweisung der Codepoints zu den Klassen ist dann eindeutig im Gesamtnetz des ISP gültig.

Statt der hier verwendeten Precedence könnten natürlich genauso die Type of Service Bits (ToS) oder das DS-Byte insgesamt verwendet werden. Entscheidend ist dabei, ob das IP-Paket des Kunden noch weiter enkapsuliert werden muß, d. h., ob zum Beispiel Tunnelprotokolle (L2TP, L2F, ...) oder auch MPLS verwendet werden. Wird MPLS verwendet, ist zu beachten, daß hier nur drei Experimental-Bits als definierte CoS-Bits des MPLS Shim Headers nur insgesamt acht Codepoints zulassen, während das DS-Byte grundsätzlich 64 Codepoints ermöglichen würde (siehe Abschnitt 3.2.1).

Bandbreitenbegrenzung (Policing)

Parallel zum Klassifizieren und Markieren kann auch eine Bandbreitenbegrenzung durchgeführt werden, die, bezogen auf die Serviceklassen, die verfügbare Bandbreite limitiert. Diese Funktion hat somit eine direkte Auswirkung auf die tatsächlich belegbare Bandbreite je Klasse auf einer Anschlußleitung. Diese Bandbreiten haben eine große Bedeutung für das Produktmarketing und sind wesentlicher Bestandteil eines Service Level Agreements.

Queue-Selection/-Scheduling

Die Funktionen Queue-Selection/-Scheduling sowie die im nachfolgenden Abschnitt beschriebene Funktion Drop Policy sind die entscheidenden Mechanismen, die durch ihre Realisierung die Merkmale jeder einzelnen Serviceklasse festlegen. Zum Thema „Queuing" wäre hier eine eigene Abhandlung notwendig. Eine Beschränkung auf die unseres Erachtens wichtigsten Varianten genügt, wobei Detailbeschreibungen in der einschlägigen Literatur zu finden sind.

Klassenbezogenes Queuing/Scheduling

Bei dieser Variante wird ein Class based Weighted Fair Queuing (CBWFQ) eingesetzt. Hierbei werden mehrere „Queues" am Ausgang eines Interfaces definiert und mit einem Queue-Selector, d. h. einer Precedence, versehen. Basierend auf diesem Queue-Selector, werden die einzelnen IP- oder MPLS-Pakete den Queues entsprechend ihrer Serviceklasse zugeordnet. Am Beispiel von Tabelle 2 würde sich das Schema nach Bild 15 ergeben.

Bei der Queue-Definition wird jeder einzelnen Queue eine Bandbreiteanteil, bezogen auf die Leitungsbandbreite, zugeteilt und durch das Ausleseverfahren (Scheduling) geregelt. Diese Bandbreite entspricht einer Mindestbandbreite, die dieser Serviceklasse im Überlastfall zur Verfügung steht. Im Normalbetrieb

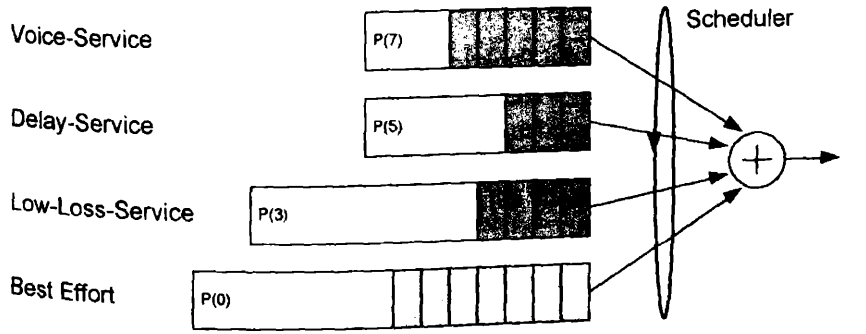


Bild 15: Queuing-Schema

könnte somit ein als „Best Effort" deklarierter Verkehr seine Mindestbandbreite und weitere freie Bandbreitekapazitäten bis hin zur Leitungsbandbreite belegen. Erst dann, wenn soviel Verkehr auf der Schnittstelle ankommt, daß diese nicht mehr in der Lage ist, den Verkehr abzuführen, d. h. wenn die maximal belegbare Bandbreite (Leitungsbandbreite) ausgeschöpft ist, werden die tatsächlich belegten Kapazitäten jeder Serviceklasse nach und nach bis auf die jeweilige Mindestbandbreite reduziert. An dieser Stelle ist erkennbar, daß erst bei Überlastsituation eine Bandbreitenbegrenzung eintritt und der Bandbreitenparameter seine Wirkung auf den Übertragungsdurchsatz zeigt. Das gleiche gilt auch für die im nächsten Abschnitt beschriebene Drop Policy. Kurzgefaßt bedeutet dies: Im Normalbetrieb unterscheiden sich die Serviceklassen im Rahmen ihrer Beeinflussung durch QoS-Funktionen nicht. Erst dann, wenn eine Überlast auftritt, werden die Funktionen wirksam und verändern die Charakteristik der einzelnen Pakete entsprechend den geforderten Merkmalen.

Kombination aus prioritäts- und klassenbezogenem Queuing/Scheduling

Eine Abwandlung der bereits beschriebenen CBWFQ-Varianten ist ihre Ergänzung mit einem Priority-Queuing-Verfahren (PQ), d. h. zu einem Priority Queuing Class based Weighted Fair Queuing (PQCBWFQ). Bei diesem Verfahren wird eine Queue des CBWFQ als PQ deklariert und mit einem veränderten Ausleseverfahren belegt. Ein IP-Paket in dieser Queue kann damit vorrangig gegenüber den Paketen anderer Serviceklassen und Queues transportiert werden. Dies würde bedeuten, daß PQ-Verkehr jeglichen Verkehr anderer Klassen verdrängen könnte. Aus diesem Grund kann ebenfalls die Priority Queue in der Bandbreite begrenzt werden. Die Auswahl der Queues bei PQCBWFQ entspricht exakt dem Verfahren bei CBWFQ.

Drop Policy

Die Drop Policy umfaßt die Funktion Random Early Detection (RED) in der Variante Weighted **RED** (WRED). Hierbei kann für verschiedene Klassen ein WRED-Profil definiert werden, mit dem festgelegt wird, bei welcher Queue-Auslastung Pakete einer Serviceklasse verworfen werden, um eine Überlastsituation an einer Schnittstelle aufzuheben. Als Beispiel könnte sich das Schema nach Bild 16 ergeben.

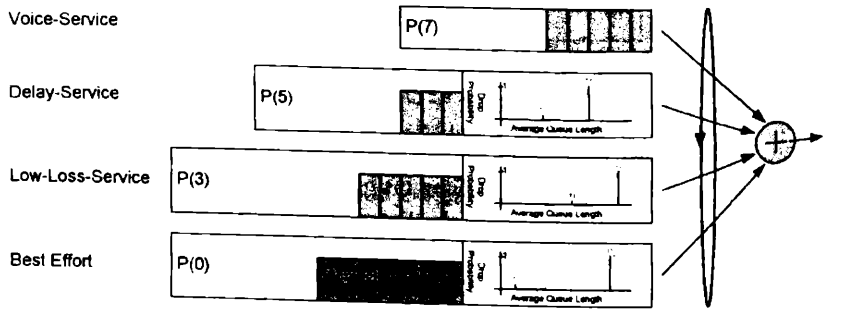


Bild 16: Queuing-Schema und WRED

Das Verwerfen von „Überlast-Paketen" erfolgt nach einer Drop-Probability-Kurve, also einer Wahrscheinlichkeitskurve, die innerhalb voreingestellter Queue-Auslastungsgrenzen vorgegeben ist. Die obere Grenze bestimmt dabei der Auslastungsgrad, von dem an 100 % der Pakete verworfen werden. Er begrenzt somit auch angenähert die Queue-Tiefe, d. h. den maximal möglichen Delay. Die untere Grenze beschreibt den Auslastungsgrad, bei dem erstmals mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Pakete verworfen werden. Der wesentliche Vorteil von WRED liegt in der Leistungssteigerung bei TCP-Verkehr, bei dem im Falle von hartem Verwerfen ohne RED die der TCP-Mechnismus die momentan belegte Bandbreite stark reduzieren würde, wohingegen ein „sanftes" Verwerfen mit RED auch eine Reduzierung der Bandbreite bedeutet, die durch den TCP-Mechanismus optimierte Reduzierung aber deutlich geringer bleibt. In o. g. Beispiel wird für Voice kein WRED aktiviert, da Voice-Verkehr TCP als Transportprotokoll nicht verwendet. Im Beispiel wäre ein hartes Verwerfen, d. h. „Tail Drop", zu verwenden, damit die durch diese Queue erzeugte Laufzeitverzögerung und der Jitter möglichst in minimalen Grenzen bleiben (Jitteroptimierung). Auch die Funktion RED wirkt erst in Überlastsituationen.

4.3 Service Level Agreement (SLA)

4.3.1 Definition

Ein Service Level Agreement (SLA) ist das Regelwerk, in dem die wesentlichen Bestandteile der vom ISP gegenüber dem Kunden zu erbringenden Leistungen beschrieben sind. Im Detail sind hier u. a. Informationen über die erforderlichen Services hinsichtlich Bandbreite und die zugesicherten „Garantien" für Delay, Jitter und ggf. Paketverluste (Loss) enthalten. Auch die Zuordnung (Mapping) der IP-Pakete des Kunden zu den einzelnen Serviceklassen nach den unter dem Abschnitt 4.2.2 „Klassifizierung ..." beschriebenen Kriterien ist Bestandteil eines SLA und auch die Darstellung der relevanten Bezugspunkte, d. h. der eigentliche Geltungsbereich des SLA.

4.3.2 SLA-Geltungsbereich

Hose Model

Wie bereits bei der Beschreibung des DiffServ-Modells dargestellt, können keine absoluten Servicegarantien realisiert werden. Da im DiffServ-Modell keine expliziten Pfade pro Kunden und Serviceklasse beschrieben sind und diese Funktionalität gerade aus Skalierungsgründen nicht gewünscht wird, ist es nicht möglich, absolute Bandbreitengarantien entsprechend den gewünschten Bandbreiten pro Klasse einer VPN-Lokation („Site") durch das gesamte Netz zu gewährleisten. Bild 17 verdeutlicht das an einem Virtual Private Network (VPN).

„Site" 2 von VPN A kann entsprechend seiner Anschlußleitung und der bereitgestellten Bandbreiten pro Serviceklasse in das Netz zu Site 1 Verkehr senden, gleiches gilt für Site 3. Angenommen, Site 2 und 3 würden jeweils mit 1,5 Mbit/s einer bestimmten Serviceklasse zu Site 1 senden, Site 1 hätte aber nur eine Anschlußleitung von 2 Mbit/s (E1) zur Verfügung, so würde es zu einer Überlastung der Anschlußleitung von Site 1 kommen. An der überlasteten Schnittstelle zu Site 1 würden nun die Queuing- und Drop-Mechanismen entsprechend den Einstellungen des SLA von Site 1 wirken. Zusammengefaßt bedeutet dies, daß die in einem SLA angegebenen Bandbreiten dem entsprechen, was in das Netz hineingesendet werden darf. Diese entsprechen aber nur im Idealfall dem, was tatsächlich auf der entfernt gelegenen VPN-Lokation ankommt. Dennoch können „lokale" Garantien mit hohen Wahrscheinlichkeitswerten, abhängig vom VPN-Design und bezogen auf die Mindestbandbreite je Serviceklasse, erreicht

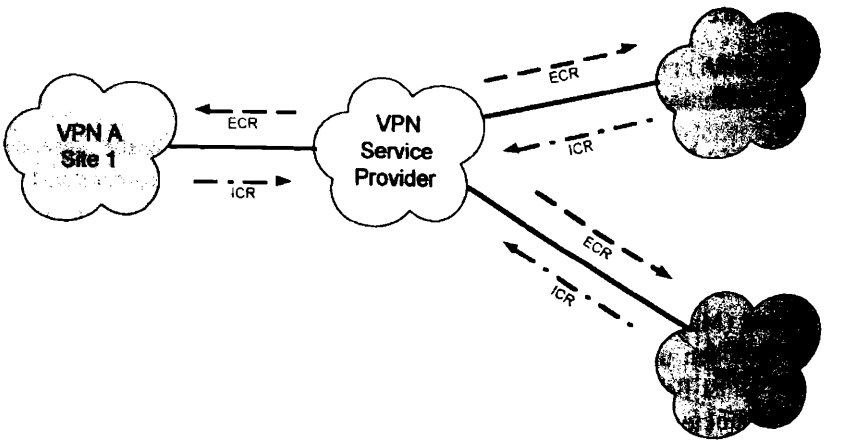


Bild 17: Hose Model

bzw. vereinbart werden. Diese Mindestbandbreite bezieht sich auf der Empfangsseite dabei immer auf zusammengefaßte, d. h. aggregierte Verkehrsströme der gleichen Serviceklasse. Daher sind in der Regel Ende-zu-Ende-bezogene Bandbreitengarantien von Einzelverbindungen (z. B. Site 2 nach Site 1) nicht möglich.

Delay Definition Model

Noch kritischer wird die Betrachtung der Qualitätsparameter Delay und Jitter. Beide Werte sind von einer ganzen Reihe von Größen und Funktionen abhängig, die auch in einem entsprechenden Delay-Modell (am Beispiel der Firma Cisco) für jeden Router bzw. Leitungsabschnitt zu berücksichtigen wären (Bild 18). Nachfolgend sind die wichtigsten Größen kurz erläutert:

- Decision Delay: beschreibt die erforderliche Zeit, die der Router/Switch benötigt, um die notwendige Routing- bzw. Switching-Entscheidung, d. h. das Ausgangsinterface, festzulegen. Diese Größe kann je nach verwendeter Hardware lastabhängig sein.
- Queuing Delay: umfaßt die Zeit, in der sich ein Paket in der Queue aufhält. Dieser Wert wird bestimmt durch die Größe der Queue sowie die Einstellung einer Drop Policy (RED).
- Transmit Buffer Delay: ist die Größe der Ausgangs-Queue, deren Füllstand als Schalter für die Aktivierung der verschiedenen vorgelagerten Queues (CBWFQ) zu sehen ist.

- Serialization Delay: ist die Zeit, die benötigt wird, ein Paket bestimmter Größe mit einer bestimmten Leitungsgeschwindigkeit auszulesen. Dieser Wert ist besonders für schmalbandige Anschlußleitungen oder ATM/FR-PVCs von großer Bedeutung.
- Propagation Delay: ist vom Übertragungsmedium abhängig. Bezogen auf eine Glasfaser, beträgt dieser Wert ca. 2/3 der Lichtgeschwindigkeit, das entspricht 6 ms pro 1000 km.

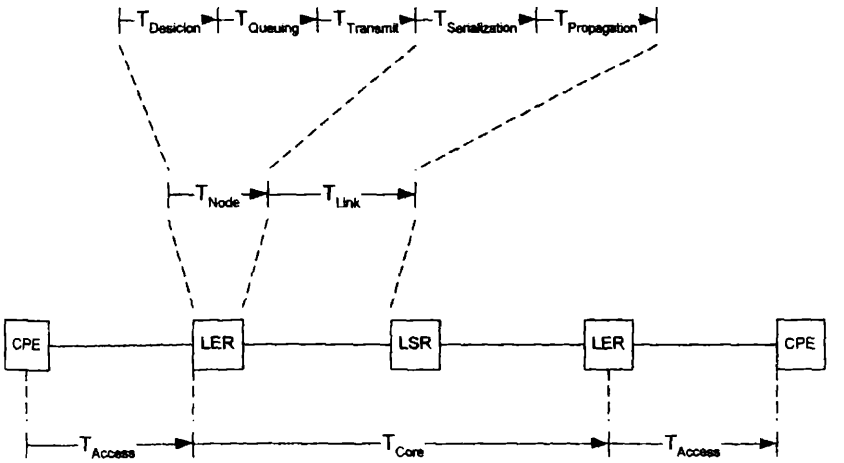


Bild 18: Delay-Übersicht

Grundsätzlich sollte ein SLA die QoS-Garantien, bezogen auf das Backbone des ISP, darstellen. QoS-Garantien zu Komponenten des Kunden sind im Hose-Modell nicht sinnvoll, da die Verkehrsbelastungen pro Anschlußleitung oder CPE von einem ISP nicht kontrolliert werden können und allein vom jeweiligen Kundenverkehr abhängen.

4.3.3 SLA-Monitoring

Um Qualitätsgarantien abgeben zu können, ist auch ein Nachweis dieser Qualität erforderlich. Im Rahmen eines SLA-Monitorings sind z. B. Delay und Jitter auf einer Übertragungsstrecke je Serviceklasse zu ermitteln. Ausgehend von mehreren VPNs und mehreren Kundenlokationen pro VPN, ergibt sich eine entsprechend große Anzahl zu überwachender Übertragungswege. Müs-

sen dann noch die Qualitäten mehrere Serviceklassen innerhalb eines Übertragungswegs ermittelt werden, stößt der Service Provider recht schnell auf Skalierungsprobleme. Ein Lösungsansatz hierfür ist die Bereitstellung der QoS-Garantien, bezogen auf das Backbone des ISP und nicht auf jede einzelne Kundenlokation. Diese Variante ist mit vertretbarem technischem Aufwand realisierbar. Das bedeutet aber auch, daß gerade die Anschlußleitung des Kunden nicht Bestandteil der im SLA definierten Qualitätsgarantien hinsichtlich One-way-Delay bzw. Round Trip Time (RTT) und Jitter ist. Die Berücksichtigung der Anschluleitung im Rahmen eines SLA-Monitorings bedarf ausführlicher Diskussionen, da enorme Zusatzkosten durch die benötigte Infrastruktur entstehen und große Datenmengen gesammelt und aufbereitet werden müssen. Unabhängig von der Art der Realisierung des SLA-Monitorings sollte es möglich sein, die gewonnenen Informationen dem Kunden kontinuierlich über einen dem VPN-Kunden zugeordneten World Wide Web-(WWW-)Zugang bereitzustellen.

5 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde versucht, in einem Kompendium primäre Anforderungen, Technologien, Modelle und Services zu skizzieren, die unter vielen weiteren und auch detaillierteren Gesichtspunkten Grundzüge für ein neues Netzkonzept zukünftiger Internetplattformen enthalten könnten. Die thematischen Schwerpunkte im Überblick waren dabei:

- Anforderungen aus Produktmanagement, Planung und Betrieb einerseits und den Anforderungen an die Netzstruktur und das PoP-Design andererseits;
- Technologieanalyse von IP-Switching-Architekturen: MPOA als Vertreter des Overlay-Modells versus MPLS als Repräsentant des Peer-Modells;
- MPLS als IETF-IP-Switching-Standard für leistungsfähige und skalierbare IP-Backbone-Technologien mit Bereitstellungskapazitäten für neue, IP-optimierte Netztransportservices;
- neues, integriertes IP-VPN-Konzept auf Basis MPLS für private Intra- und Extranets, das auf einer gemeinsamen Netzinfrastruktur mit dem Public Internet aufsetzt;
- optimierte Netzauslastung im Backbone durch Einsatz von Traffic Engineering;

- Kurzeinführung in das IntServ-Modell;
- Umsetzung der Differentiated-Services-Architektur zur Bereitstellung verschiedener IP-Qualitätsstufen im Netz unter gleichzeitiger Beachtung der Skalierbarkeit. Dazu gehören SLA-Definitionen, Geltungsbereich und Monitoring, verknüpft mit den Hose- und Delay-Modellen.

Aktuelle Themen im ungebremsten Innovations-Boom des IP-Bereiches sind darüber hinaus:

- IP Multicast
- IPv6
- Terabit Router
- Voice over IP

6 Verwendete Abkürzungen

AAL5	ATM Adaptation Layer 5
ATM	Asynchronous Transfer Mode
CBWFQ	Class based Weighted Fair Queuing
CoS	Class of Service
CPE	Customer Premise Equipment
DiffServ	Differentiated Services
DS	Differentiated Services
DSCP	DiffServ Code Point
DSL	Digital Subscriber Line
CU	Currently Unused
DWDM	Dense Wave Division Multiplex
ECR	Egress Committed Rate
EGP	Exterior Gateway Protocol
FEC	Forwarding Equivalent Class
FIFO	First in - First out
GPRS	General Packet Radio System
GRE	Generic Route Encapsulation
ICR	Ingress Committed Rate
IETF	Internet Engineering Task Force
IGP	Interior Gateway Protocol
IntServ	Integrated Services
ISP	Internet Service Provider
L2F	Layer 2 Forwarding
L2TP	Layer 2 Tunnel Protocol
LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LDP	Label Distribution Protocol
LIB	Label Information Base
LSP	Label Switch Path
MIB	Management Information Base
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MPOA	Multiprotocol over ATM

MBZ	Must be zero
NHRP	Next Hop Resolution Protocol
OSPF	Open Shortest Path First
PHB	Per Hop Behavior
POP	Point of Presence
PPP	Point to Point Protocol
PSTN	Public Switched Telephone N/W
PVC	Permanent Virtual Channel
QoS	Quality of Service
RD	Route Distinguisher
RFC	Request for Comments
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTT	Round Trip Time
SCP	Service Creation Point
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SLA	Service Level Agreement
SNMP	Simple Network Management Protocol
SVC	Switched Virtual Circuit
TCP	Transmission Control Protocol
TCS	Traffic Conditioning Specification
TE	Traffic Engineering
ToS	Type of Service
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
VRF	Virtual Routing and Forwarding
WAN	Wide Area Network
WFQ	Weighted Fair Queuing
WRED	Weighted Random Early Detection
WWW	World Wide Web

7 Schrifttum

[1] Stallings, W.: High Speed Networks - TCP/IP and ATM Design Principles. Prentice Hall, ISBN 0-13-525965-7

[2] Metz: IP Switching, Protocols and Architectures. McGraw Hill 1998, ISBN 0-07-041953-1

[3] Ferguson/Huston: Quality of Service. Wiley Computer Publishing 1998, ISBN 0-471-24358

[4] A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). <draft-ietf-idr-bgp4-09.txt>

[5] A Framework for IP Based Virtual Private Networks. RFC2764

[6] An Architecture for Differentiated Services. RFC2475

[7] An Expedited Forwarding PHB. RFC2598

[8] Assured Forwarding PHB. RFC2597

[9] BGP/MPLS VPNs. RFC2547

[10] Definition of the Differentiated Services Field (DS Field). RFC2474

[11] Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks. RFC 1702

[12] Internet Protocol Specification. RFC791,

[13] Layer Two Tunneling Protocol L2TP. <draft-ietf-l2tpext-l2tpbis-00.txt>

[14] LDP Specification. <draft-ietf-mpls-ldp-08.txt>

[15] MPLS Support of Differentiated Services. < draft-ietf-mpls-diff-ext-06.txt>

[16] Multiprotocol Extensions for BGPv4. RFC2283

[17] Multiprotocol Label Switching Architecture. <draft-ietf-mpls-arch-06.txt>

[18] Multiprotocol Over ATM, Version 1.1. <AF-MPOA-0114.000> ATM Forum
[19] OSPFv2. RFC2328
[20] Per Hop Behavior Identification Codes. RFC2836
[21] Requirements for Internet Hosts – Communication Layers. RFC1122
[22] Requirements for Traffic Engineering Over MPLS. RFC2702
[23] Resource Reservation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification. RFC2205
[24] Routing Information Protocol Version 2. RFC 1723
[25] Security Architecture for the Internet Protocol. RFC2401
[26] Specification of Guaranteed Quality of Service. RFC2212
[27] Specification of the Controlled-Load Network Element Service. RFC2211
[28] The Use of RSVP with IETF Integrated Services. RFC 2210
[29] Type of Service in the Internet Protocol Suite. RFC1349
[30] Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments. RFC1195

Content-Management für Multimedia-Dienste

Von Jürgen Lohr, Berlin

Dr. Jürgen Lohr, Jahrgang 1962,
Projektmanager für Informations- und
Mediendienste bei der T-Nova Deutsche Telekom
Innovationsgesellschaft, Berkom

1 Einleitung

Angesichts der zunehmenden Globalisierung von Content-Angeboten wird der gleiche Content für unterschiedliche Dienste über Plattformen auf vielfältigen Endgeräten ausgegeben. Somit erreicht die gewünschte Information den Kunden über viele Wege. Ein Content-Management-System bietet sowohl für die Kunden als auch für die Inhalteanbieter der unterschiedlich distribuierten Dienste Synergien und Einsparpotentiale.

Darüber hinaus sollen für die Anbieter durch die allgemeine Definition der Leistungstools und die Definition von Wertschöpfungsschritten künftige Produktentwicklungen vereinheitlicht und optimiert werden. Mit der Entwicklung und Vertriebsfreigabe immer weiterer Informationsdienste, die von verschiedenen Dienste-Providern betrieben werden, ist der Bedarf an einer Koordinierung der Entwicklungen und Investitionen im Bereich der Content-Akquisition und des Content-Managements bedeutend angestiegen. Neben Akquisition, lizenzrechtlichen Fragen und Verwaltung des im Rahmen von Diensten angebotenen Content rücken vor allem auch Fragen der Gestaltung von Content-Management-Plattformen immer stärker in den Blickpunkt.

Der Beitrag stellt die globalen Ergebnisse dar, die in einem Forschungs- und Entwicklungsauftrag der Deutschen Telekom AG ermittelt wurden. Im folgenden Abschnitt werden Kernmodule für eine Content-Management-Plattform (CMP) beschrieben, die die Anforderungen an die Bereitstellung von vielfältigen Content-Angeboten erfüllt. Die folgenden Themen werden behandelt:

- Content- und Dienste-Portfolio;
- Standard-Contentprozeß;
- Synergetische Content-Plattform (sCP);
- Modelle der sCP;
- Aspekte beim Betrieb;
- Nutzen eines Content-Managements.

1.1 Content-Management

Das Content-Management hat die Aufgabe, Annahme, Aufbereitung und Weitergabe von Contents für mehrere Diensteanbieter innerhalb eines Unternehmens zu nutzen. Der im „Content Service Center"-Konzept entwickelte Ansatz einer globalen, für alle Content-Prozesse im Unternehmen geeigneten multifunktionalen Content-Management-Plattform ist nicht zweckmäßig, da sowohl die Anforderungen an das Content-Management in den einzelnen Dienste-Szenarien als auch die zu empfehlenden Betreiberlösungen für eine Zusammenführung zu heterogen sind. Die in den Diensten bereits vorhandene Infrastruktur zur Aufbereitung und Publikation von Inhalten in verschiedenen Medien soll nicht ersetzt oder verändert werden, vielmehr sollen mehrfache Verwertungen bereits erworbener Inhalte und eine Erweiterung des Content-Angebotes bestehender Dienste und der Aufbau neuer Dienste erleichtert werden.

1.2 Synergetische Content-Plattform

Die im folgenden dargestellte Lösung geht stets von der Idee einer „synergetischen Content-Plattform" (sCP) aus. Im Unterschied zu dem früheren Ansatz eines eher globalen und allumfassenden „Content Service Centers" ist eine sCP stets auf ein konkretes Dienste- und Einsatzszenarium beschränkt, so daß in der Perspektive davon auszugehen ist, daß es einmal eine ganze Reihe unterschiedlicher sCP bzw. sCP-Ausprägungen geben wird. Im wesentlichen handelt es sich dabei um folgende Szenarien:

- Ein für eine bestimmte Content-Plattform akquirierter und regelmäßig bezogener Content soll auch anderen Distributions-Plattformen zur Verfügung gestellt werden (z. B. die Wetter- und Reiseinformationen).

- Für eine bestimmte Dienste-Plattform (z. B. die telefonbasierten Info- und Ansagedienste) wird Content in unterschiedlicher Form von unterschiedlichen Content-Providern bezogen, der auf eine einheitliche Zielplattform zu konvertieren ist.

- Ein bestimmter Dienst (z. B. ein Verkehrsinformationsdienst) benötigt unterschiedlichen Content und will diesen über unterschiedliche Distributions-Plattformen bereitstellen.

In all diesen Fällen umfaßt eine konkrete sCP sowohl szenarienspezifische Module als auch allgemeine Content-Management-Module, die aus einem „Toolbaukasten" bereitgestellt werden können.

Im praktischen Einsatzfall wird davon ausgegangen, daß sich ein einzelner Dienstebetreiber - entsprechend dem für ihn zutreffenden Szenarium - aus einem verfügbaren Toolbaukasten von Content-Management- bzw. sCP-Modulen die für ihn relevanten herausnimmt und zu einer dienstespezifischen CMP integriert. Auf diese Weise läßt sich vorstellen, daß es zukünftig eine Vielzahl von sCP gibt, die jede für sich einen bestimmten Nutzen für den Dienstebetreiber oder/und den Konzern aufweist.

1.3 Content- und Dienste-Portfolio

Im folgenden Abschnitt werden ein Content-Portfolio und ein Dienste-Portfolio beschrieben. Sie stellen diejenigen Inhalte und Dienste heraus, die mit einer SCP am besten unterstützt werden können.

1.3.1 Content-Portfolio

Die Informations- und die Auskunft-Dienste können in die Dimensionen Information und Unterhaltung unterteilt werden (Bild 1). Unter die Informationsdienste fallen u. a. Business News, Übersetzung, Börse, Reise. Unterhaltungsdienste bieten u. a. Spiele, Musik, Sport und Filme an. Je größer der Informationsgehalt der Dienste ist, um so mehr am Business orientiert sind die Dienste. Je größer der Unterhaltungswert, um so mehr am Konsumenten orientiert ist der Dienst. Die Unterhaltung nutzt die Information nicht als Wissenserwerb. Das „wie" und „die Geschichte, die dahinter liegt" sind die wahren Interessen des Konsumenten.

Die Dienste sind in drei Bereiche einteilbar:

- am Business orientierter Content für die Geschäftskunden;
- am Konsumenten orientierter Content für den Privatkunden und
- global orientierter Content für beide Kundensegmente.

Der global orientierte Content bildet die Schnittmenge zwischen den beiden Kundensegmenten. Er ist sowohl für die Privat- als auch für die Geschäftskun-

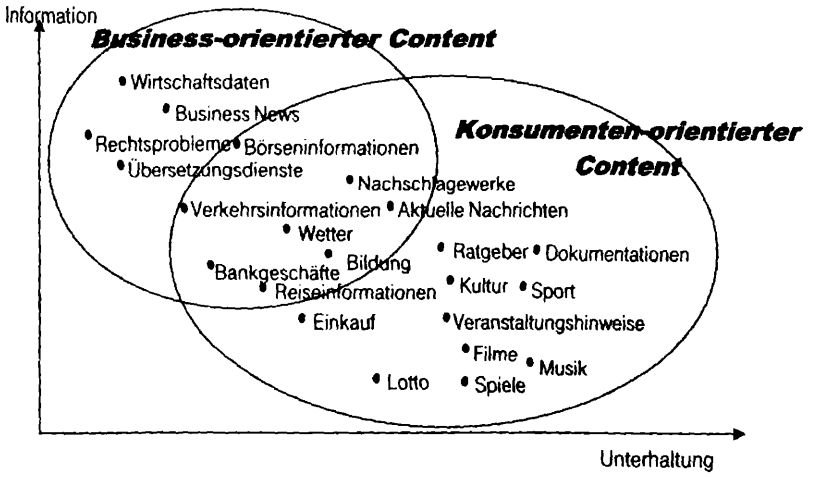


Bild 1: Allgemeine Übersicht der wichtigsten Contents

den wichtig. Auf den global orientierten Content liegt das Augenmerk für eine sCP, die mehrere Dienste bedienen soll, da dort

- die Contents mit den meisten Kunden anzutreffen sind,
- die Contents allgemein bzw. neutral verwendbar aufbereitet werden,
- die Contents auf mehreren Plattformen angetroffen wurden und
- die größten Umsatzerwartungen der Provider liegen.

1.3.2 Dienste-Portfolio

Die Ansage- und Informationsdienste können in die Dimensionen Aktualisierungsgrad und Informationsmenge unterteilt werden (Bild 2). Ein hoher Aktualisierungsgrad ist gegeben, wenn der Dienst in einem Zyklus von Minuten, Stunden oder einem Tag mit neuem Content gefüllt werden muß. Eine geringe Informationsmenge liegt vor, wenn die ausgegebenen Informationen bzw. Contents Ziffern oder Sätze von zusammenhängenden Informationen bis hin zu Abschnitten/Absätzen und einem vollständigen Bild enthalten. Wie im oberen Abschnitt werden allgemein Dienste in dieses Raster beispielhaft eingeordnet.

Die Dienste können in folgende Bereiche unterteilt werden:

- Die Dienste können einen hohen Aktualitätsgrad aufweisen.
- Die Dienste benötigen eine geringe Informationsmenge.

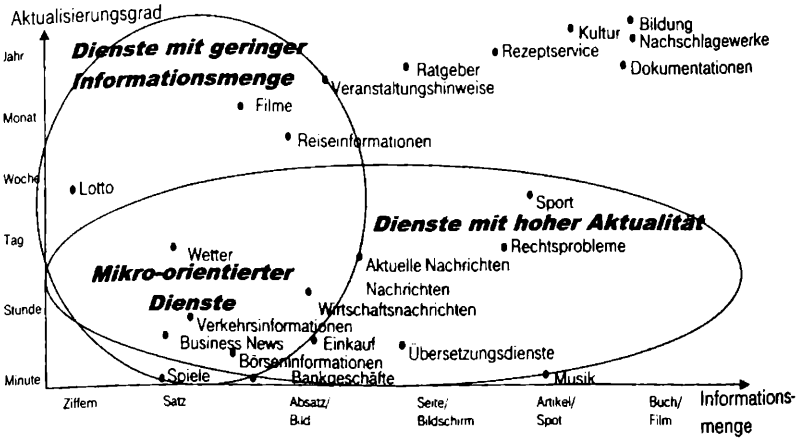


Bild 2: Allgemeine Übersicht der wichtigsten Dienste

- Der mikroorientierte Content ist die Schnittmenge zwischen den beiden Segmenten „hohe Aktualität " und „geringe Informationsmenge". Dieser Bereich ist für beide Segmente wichtig.
- Der makroorientierte Content ist der Bereich, in dem geringe Aktualität und große Informationsmengen benötigt werden.

Auf den mikroorientierten Bereich wird unser Augenmerk im weiteren liegen, da dort

- die stärksten Umsatzerwartungen der Provider liegen,
- eine einfache Konvertierung möglich ist (z. B. Text in Sprache),
- eine geringe redaktionelle Bearbeitung durchgeführt wird und
- eine hohe Automation in diesem Feld möglich ist (den Inhalt vom Content-Provider abholen, konvertieren und in die Distributions-Plattform einstellen).

Der makroorientierte Content ist für die sCP nicht interessant, da hier die konkurrierenden Plattformen, wie Internet und Fernsehen, dieses Segment bereits besetzen.

2 Standard-Contentprozeß

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Komponenten eines Content-Managements aufgeführt und bezüglich ihrer Funktionalität beschrieben. Das allgemeine Modell des Standard-Contentprozesses wird erläutert, wie er bei Content- und Dienste-Plattformen Anwendung findet. Anschließend werden drei Modelle einer synergetischen Content-Plattform skizziert.

2.1 Allgemeines Modell

Wenn ein Content (Nutzinformation eines Dienstes) zur Distribution über eine Content- und Dienste-Plattform bereitgestellt werden soll, ist eine Reihe von Arbeitsschritten notwendig.

Obwohl diese Arbeitsschritte in den Systemen unterschiedlich ausgeprägt sind und teilweise eine Variierung der Reihenfolge anzutreffen ist, läßt sich ein Prozeß für den Standard-Contentfluß abstrahieren. Dieser Prozeß (Bild 3) soll als Basis für die weiteren Ausführungen dienen.

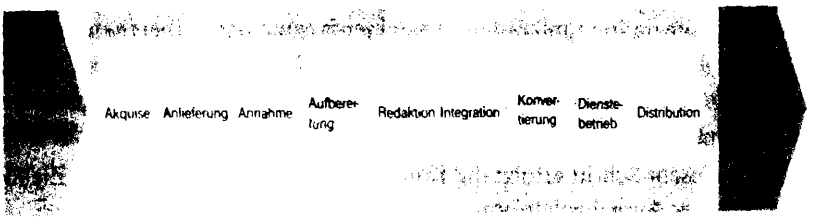


Bild 3: Komponenten und Standard-Contentprozeß in Content- und Dienste-Plattformen

Bei dieser modellhaften Darstellung einer Dienste- und Content-Plattform sind zwei Schnittstellen zu erkennen, über die das System mit der Umwelt in Verbindung steht: die Schnittstelle zum Lieferanten, dem Content-Provider, und die Schnittstelle zum Kunden, der über ein Endgerät den Content nutzt.

Innerhalb des Systems durchläuft der Content einen Prozeß, der sich wie folgt beschreiben läßt:

- *Akquise:*

  Die Akquise umfaßt die Auswahl des Providers und Verhandlungen mit dem Content-Provider über Art, Kosten, Umfang und Zeitpunkt der Content-Lieferung und die Klärung von Urheberrechts- und Haftungsfragen.

- *Anlieferung:*

  Der Content kann entweder durch den Content-Provider angeliefert oder durch das System über definierte Schnittstellen abgeholt werden.

- *Annahme:*

  Innerhalb der Plattform wird eine Kontrolle auf Vollständigkeit und Qualität durchgeführt. Der Content wird in das System übernommen und ist nach der Annahme im System verfügbar. Die Metadaten (z. B. Datei-Informationen) werden während der Annahme generiert.

- *Aufbereitung:*

  Der Content wird in das Zwischenformat für die Weiterverarbeitung, in der Regel das Format für die Redaktion, konvertiert.

- *Redaktion:*

  In der Phase der Redaktion erfolgt eine begrenzte inhaltliche Bearbeitung des Contents, beispielsweise durch Priorisierung oder Schnitt. Die Basisinformation des Contents bleibt jedoch erhalten. In dieser Phase wird in der Regel die inhaltliche Qualitätskontrolle durchgeführt.

- *Integration:*

  Die Integration umfaßt die Zusammenfassung der aufbereiteten Einzelinhalte zum jeweils aktuell angebotenen Dienst und die Erzeugung der erforderlichen Metadaten für die Distribution.

- *Konvertierung:*

  In diesem Schritt erfolgt die Konvertierung des Contents in das Zielformat der Ausgabeplattform.

- *Dienstebetrieb:*

  Der Dienstebetrieb umfaßt alle Prozesse, die den technischen und administrativen Betrieb, das Plattform-Management, das Provider-Management, Accounting und Billing betreffen sowie die Bereitstellung der Navigation, die Endabnahme und Freigabe des Gesamtcontents.

- *Distribution:*

  Mit der Bereitstellung auf der Plattform (Wirksystem) zum Abruf durch den Endnutzer ist der Content-Prozeß abgeschlossen.

2.2 Funktionelles Modell Content-Management-Plattform

Nachdem der Standard-Content-Fluß dargestellt wurde, sollen nachfolgend mögliche Kernkomponenten einer synergetischen Content-Plattform für unterschiedliche Anwendungsfälle identifiziert und bezüglich ihrer Funktionalität beschrieben werden.

Der Aufbau einer sCP orientiert sich an der Struktur bisheriger Dienste- und Content-Plattformen, um die Integration von bestehenden Systemen zu vereinfachen. Der Unterschied besteht im wesentlichen in der Vielzahl von Schnittstellen, die eine Überführung von Aufgaben zwischen den einzelnen Prozeßschritten möglich machen. Dadurch wird gewährleistet, daß zum einen spezielle Module (z. B. Aufbereitung von Video-Content) bei Bedarf von verschiedenen Plattformen genutzt werden können und zum anderen die Informationen über die Contents der verschiedenen Plattformen auch innerhalb der sCP vorhanden sein werden, wodurch eine bessere Steuerung des Content-Flusses möglich wird.

Eine oder mehrere Datenbanken werden die konsistente Behandlung der Datenbasis sicherstellen. Die Kommunikation zwischen den Komponenten, den Datenbanken und Systemen, die nicht Bestandteil der Plattform sind (IT-Systeme der Content-Provider, Rechnungslegungs-Dienstleister, Urheberrechte-Verwertungsgesellschaften, Statistiktools usw.) wird über geeignete Schnittstellen erfolgen.

Es wurde im Modell darauf Wert gelegt, daß zusammenhängende, automatisierte oder automatisierbare Teilprozesse bzw. Prozesse mit großen Synergieeffekten für Dienstebetreiber ausgewählt wurden. Für alle Modelle gilt die Einteilung in einen Kernbereich der sCP, den Kernbereich des Dienstes und einen variablen Bereich, der, je nach den Anforderungen, sowohl der sCP als auch den Diensten zugeordnet werden kann.

Zum Kernbereich der sCP gehören für alle Modelle die Prozeßschritte Anlieferung, Annahme und Aufbereitung. Diese Komponenten einer sCP müssen folgende Funktionalitäten aufweisen:

- Die Anlieferung des Contents durch die Provider bzw. das Abholen bei diesen erfolgt durch die sCP. Daraus ergibt sich die Anforderung, Schnittstellen für die Anlieferung bereitzustellen, die Prozesse der Anlieferung zu unterstützen und ggf. auch das Abholen von Content beim Provider vorzusehen.

- Die Content-Annahme von den Providern gehört zu den priorisierten Tätigkeitsfeldern einer sCP. Das bedeutet, daß die sCP Werkzeuge zur Verfügung stellen muß, die eine Registrierung, Verschlagwortung und Qualitätskontrolle ermöglichen. Die Generierung der Metadaten und ihre Zuordnung zu den Contents muß ebenfalls durch geeignete Werkzeuge der sCP unterstützt werden.

- Im Anschluß an die Annahme erfolgt die Aufbereitung der Contents. Die sCP muß daher Konvertierungs-Tools für die Redaktionsformate und Schnittstellen zur Übertragung des Contents in die Redaktionswerkzeuge bereitstellen.

Im Kernbereich der Dienste verbleiben immer der Dienstebetrieb und die Distribution.

Für alle Modelle ist gleich, daß die in der Regel sehr aufwendige Akquise als Vorleistung für die Prozeßkette sowohl von der sCP als auch von den jeweiligen Dienstebetreibern übernommen werden kann.

Zum variablen Bereich gehören die Redaktion, die Integration und die Konvertierung. Die Zuordnung zur sCP oder zu den Diensten muß variabel gestaltbar sein. Entscheidungskriterien für die Zuordnung sind immer der erreichte Synergieeffekt, Möglichkeiten einer effektiven Qualitätssicherung und die Gestaltung von durchgehenden Prozeßketten sowohl bei der sCP als auch beim Dienst.

In der Regel ist eine Zuordnung der Redaktion zur sCP nur sinnvoll, wenn der inhaltliche Anteil gering ist und keinen großen personellen Aufwand erfordert bzw. wenn die nachfolgenden Prozesse einen hohen Synergieanteil enthalten.

Die Übernahme der Integration in die sCP bietet sich an, wenn der Prozeß weitgehend automatisierbar ist, weil dann die Effekte der gemeinsamen Nutzung von Tools gegeben sind.

Die Konvertierung kann in der Regel gut von der sCP übernommen werden, da dieser Prozeßschritt im allgemeinen einen hohen Automatisierungsgrad aufweist.

Die Spezifika des Content-Prozesses ergeben sich aus der Art der verwendeten Contents, der beteiligten Dienste und der Distributionsplattformen. Eine eindeutige Zuordnung von Dienst und Distributionsplattform ist nicht gegeben. Es ist sowohl möglich, daß ein Dienst mehrere Plattformen bedient, als auch, daß eine Plattform von mehreren Diensten benutzt wird.

2.3 Modell einer Content-bezogenen sCP

Bei diesem Modell sollen die Prozesse, die für einen bestimmten Content oder eine Contentgruppe für mehrere Diensteanbieter gleich oder ähnlich sind, zu einer Plattform zusammengefaßt werden.

In Bild 4 werden die Schnittstellen einer sCP zu bestehenden Dienste- und Content-Plattformen dargestellt.

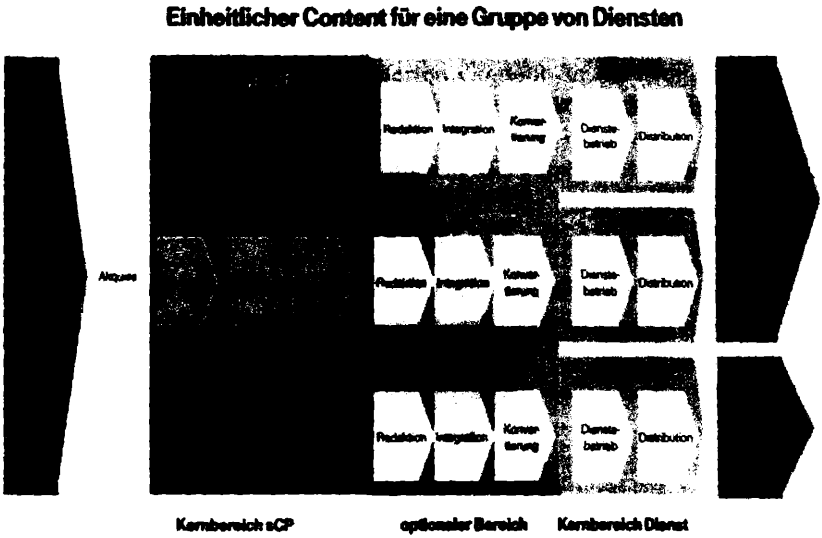


Bild 4: Modell einer contentbezogenen synergetischen Content-Plattform

Die Komponenten einer sCP müssen folgende Funktionalitäten aufweisen:

- *Anlieferung:*
  Der Content-Provider liefert den Content für alle Dienste, die an die sCP angeschlossen sind, einheitlich bei der sCP an. Eine direkte Belieferung der Einzeldienste ist nicht mehr erforderlich.

- *Annahme:*
  Die sCP prüft Lesbarkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Qualität des angelieferten Contents. Eine Prüfung durch die Einzeldienste ist nicht mehr erforderlich.

- *Aufbereitung:*
  Die sCP bereitet den angelieferten Content für die Weiterverarbeitung durch die Redaktion auf. Da die Redaktion dienstspezifisch arbeitet, muß die Aufbereitung bei Bedarf verschiedene Formate liefern können.

Diese Prozesse können in Abhängigkeit von den möglichen Synergieeffekten sowohl von der sCP als auch von den Dienstebetreibern übernommen werden. Um den Aufwand für die Schnittstellen und die Prozeßsteuerung so gering wie

möglich zu halten, muß aber die durchgängige Prozeßkette für beide Partner erhalten bleiben. Bei der Akquise sind für dieses Modell Synergien und Kosteneinsparungen zu erwarten, wenn sie entweder von der sCP oder von einem Dienst stellvertretend für alle Betreiber übernommen wird.

2.4 Modell einer plattformbezogenen sCP

Bei diesem Modell werden Teile der Prozeßkette für mehrere Contents für einen Diensteanbieter, der eine Distributionsplattform bedient, zu einer Plattform zusammengefaßt (siehe Bild 5).

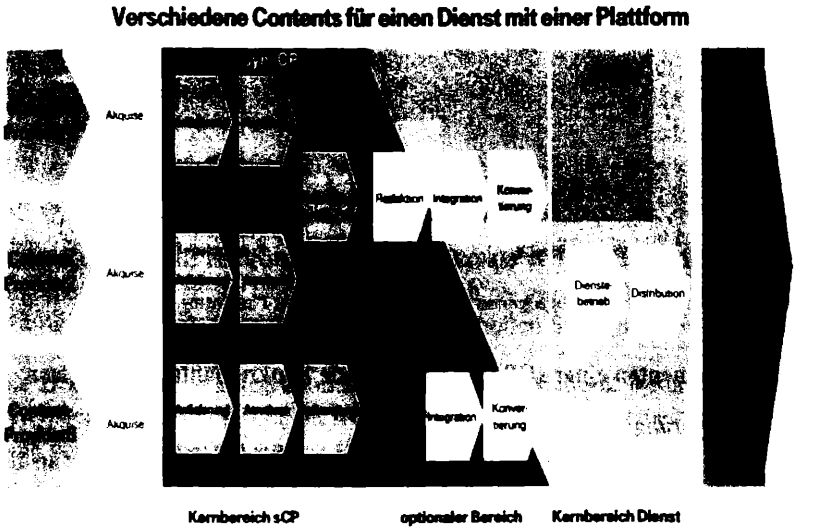


Bild 5: Modell einer plattformbezogenen synergetischen Content-Plattform

Die sCP übernimmt auch bei diesem Modell als Kernbereich vom Standard-Contentprozeß folgende Aufgaben: Anlieferung, Annahme und Aufbereitung. Diese Schritte können bei der sCP anbieterspezifisch verlaufen. Gleichartige Schritte können zusammengefaßt bzw. Komponenten wiederverwendet werden.

Die Komponenten einer sCP müssen folgende Funktionalitäten aufweisen:

- *Anlieferung:*

  Mehrere Content-Provider liefern ihre Contents bei der sCP an. Für die Provider werden die erforderlichen Schnittstellen bereitgestellt.

- *Annahme:*

  Die sCP prüft Lesbarkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Qualität des angelieferten Contents.

- *Aufbereitung:*

  Die sCP bereitet den angelieferten Content für die Weiterverarbeitung durch die Redaktion auf. Die Aufbereitung erfolgt dabei nicht anbieterspezifisch, sondern ist vom gelieferten Format abhängig.

Zum optionalen Bereich gehören die Redaktion, die Integration und die Konvertierung, wobei einzelne Schritte für bestimmte Contents auch entfallen können. Da es sich hier um eine einheitliche Distributionsplattform handelt, können im Gegensatz zum vorhergehenden Modell mehr Aufgaben aus dem optionalen Bereich der sCP zugeordnet werden, insbesondere, wenn schwer automatisierbare Prozeßschritte wie die inhaltliche Bearbeitung entfallen. Die Redaktion verläuft in der Regel für die einzelnen Content-Gruppen parallel, weil die Contents keinen inhaltlichen Zusammenhang aufweisen. Die Gemeinsamkeiten und die Wiederverwertbarkeit von Komponenten ergeben sich hier aus den Anforderungen der gemeinsamen Zielplattform. Integration und Konvertierung weisen meist einen hohen Grad der Übereinstimmung auf.

2.5 Modell einer dienstebezogenen sCP

Bei diesem Modell werden mehrere dienstspezifische Contents für einen Dienst mit mehreren Distributions-Plattformen verarbeitet (siehe Bild 6).

Anlieferung und Annahme verlaufen auch bei diesem Modell anbieterspezifisch. Bei der Aufbereitung ist die Konvertierung in ein gemeinsames Zwischenformat für die Redaktion zu beachten.

Der besondere Schwerpunkt bei diesem Szenario liegt auf den Konsistenzanforderungen bei einer einheitlichen Redaktion, da die Inhalte in einem Zusammenhang stehen und die Endnutzer auf allen Plattformen äquivalente Ergebnisse erhalten müssen. Integration und Konvertierung sind abhängig von der verwendeten Distributions-Plattform und sollten aus den oben genannten Anforderungen weitgehend automatisierbar gestaltet werden, um die Qualitätsanforderungen zu halten. Daraus ergibt sich, daß bei diesem Modell die Übernahme großer Teile des optionalen Bereichs in die sCP favorisiert wird.

3 Betrieb

Eine Content-Management-Plattform muß auch betrieben werden. Hier stellt sich die Frage: Wer ist der Betreiber? Weiterhin sind Haftung und Gewährlei-

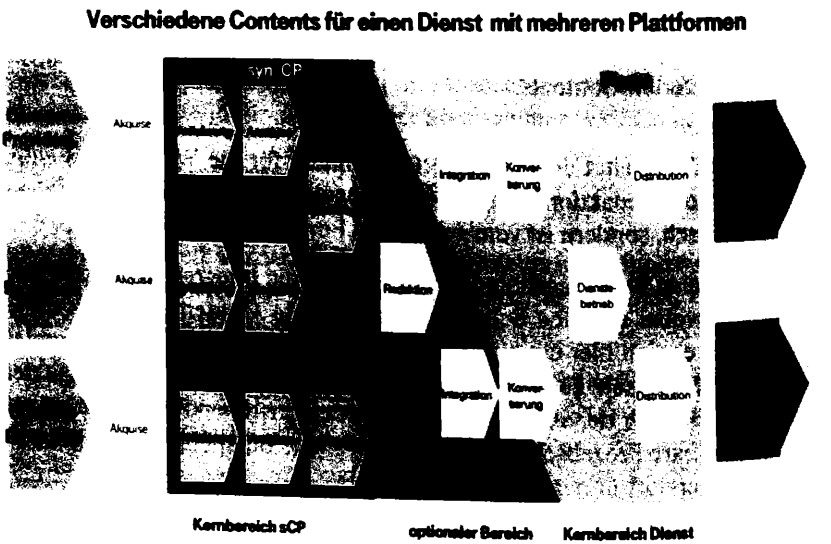


Bild 6: Modell einer dienstbezogenen synergetischen Content-Plattform

stung wichtige Themen. Diese Aspekte werden im kommenden Abschnitt gesondert behandelt.

3.1 Betreiberlösungen für sCP

Eine sCP umfaßt eine Vielzahl unterschiedlicher funktioneller Module, die von den Dienstebetreibern je nach speziellem Bedarf ausgewählt und in ihre Dienste-Prozeßkette integriert werden können.

Diese Module bilden nach ihrer Integration in die Dienste- (und ggf. Distributions-)Plattform die dienstespezifische sCP. Für diese sCP müssen Regelungen für den Betrieb gefunden werden, die folgende Aspekte abdecken:

- technischer Betrieb der Module und der Schnittstellen zu den vor- und nachgelagerten Prozessen;
- administrativer Betrieb (Ansprechpartner gegenüber den vor- und nachgelagerten Prozessen und Partnern, Qualitätssicherung etc.);
- Bereitstellung der für den Betrieb erforderlichen Mittel (Invest, Betriebsmittel etc.).

Analysiert man die Bedarfs- und Interessen-Situation der Dienstebetreiber für die drei herausgearbeiteten sCP-Szenarien, so stellt man fest, daß es für diese

Szenarien auch unterschiedliche Betreiberlösungen geben wird. Diese sind im folgenden dargestellt.

3.1.1 Betreiberlösung für die plattformbezogene sCP

Dieses sCP-Modell betrifft die Content-Management-Prozesse für eine bestimmte Dienste-Plattform wie etwa die telefonbasierten Infodienste. Hier ist die Betreiberlösung relativ einfach zu finden, da naheliegt, daß der betreffende Dienstebetreiber auch den Betrieb der sCP mit übernimmt, da diese ja in die „eigene" Dienste-Plattform integriert ist.

3.1.2 Betreiberlösung für die dienstebezogene sCP

Dieses sCP-Modell ist insbesondere für Dienste für mehrere Distributionsplattformen geeignet und unterstützt diese bei der Annahme und Aufbereitung des vielfältigen Content für eine breite Endgeräte-Palette. Hier liegt es ebenfalls nahe, daß der Dienstebetreiber auch den Betrieb der sCP übernimmt.

3.1.3 Betreiberlösung für contentbezogene sCP

Die Content-bezogene sCP ist eine Plattform, die unterschiedliche Dienste mit aufbereitetem Content versorgt. Hier profitieren also mehrere Dienstebetreiber vom Nutzen der sCP. In einem solchen Fall ist die Ermittlung einer geeigneten Betreiberlösung erfahrungsgemäß schwierig, da die Interessen und Nutzenanteile verschiedener Beteiligter (Dienstebetreiber) zu berücksichtigen sind.

Vor diesem Hintergrund zeichnen sich folgende Betreiberlösungen ab:

- Einer der betroffenen Dienstbetreiber - voraussichtlich derjenige, der am stärksten von der sCP profitiert - betreibt auch die sCP und gewährleistet die Aufteilung der Kosteneinsparungen und Betriebskosten auf alle Beteiligten.

- Ein zentraler Unternehmensbereich wird mit der Akquisition von Content und dem Betrieb Content-bezogener sCP betraut und legt die Kosten und Einnahmen des sCP-Betriebes auf die beteiligten Dienstebetreiber um.

Im Unterschied zu dem früheren Konzept des zentralen „Content-Service-Centers" erweist es sich beim sCP-Ansatz als sinnvoller, dessen Betrieb stets möglichst dicht mit dem Betrieb des davon profitierenden Dienstes zu verbin-

den, da es - wie bereits dargestellt - voraussichtlich eine größere Anzahl unterschiedlich ausgeprägter, weitgehend dienstespezifischer sCPs geben wird. Aus dieser Sicht wäre das erste Betreibermodell einer zentralen Lösung vorzuziehen.

3.2 Haftung und Gewährleistung

Befaßt man sich mit Content-Management, so stößt man - wie bereits dargestellt wurde - zwangsläufig auch auf das Thema der zentralen oder dezentralen Akquisition von Content. An dieser Stelle kommt auch die Haftung des Dienstebetreibers und weiterer Prozeßbeteiligter, wie etwa des Betreibers der jeweiligen Distributionsplattform, für fehlerhaften Content sowie die möglicherweise daraus resultierenden Konsequenzen für den Nutzer ins Spiel.

Wenngleich man vielfach die Position antrifft, daß ein Plattform-Anbieter den Content lediglich „durchleitet" und ihn damit Haftungsprobleme nicht betreffen, so zeigen doch zunehmend Erfahrungen mit dem Betrieb von Diensten, daß hier zumindest klare Regelungen geschaffen werden müssen.

Aus Sicht der Content-Management-Plattformen muß lediglich gewährleistet sein, daß

- keine inhaltliche Veränderung des Content beim „Durchlaufen" der CMP erfolgt und daß
- sonstige Veränderungen des vom Content-Provider erhaltenen Content (z. B. Auswahl, Formatänderungen o. ä.) erkannt, beschrieben und entweder wieder korrigiert oder vom CP mitgetragen werden,

damit die den Dienste- und Plattformbetreiber betreffenden haftungsrechtlichen Aspekte identifiziert und geregelt werden können.

4 Nutzen eines Content-Managements

Nachfolgend werden die Nutzen-Aspekte einer sCP für die Dienstebetreiber und die an einem Dienstebetrieb im einzelnen beteiligten Partner sowie den Endkunden dargelegt. Ausgehend von einer Bewertung des Einsparungs- und Rationalisierungspotentials in den einzelnen sCP-Prozeßschritten (Content-Akquisition bis Aufbereitung), werden anschließend die Gesamtnutzenaspekte aus der Sicht der an einem Dienst Beteiligten dargestellt.

4.1 Content-Akquisition und -Kosten

Die Akquisition von attraktivem Content ist nach wie vor ein entscheidendes Qualitäts- und Akzeptanzkriterium für einen Dienst. Da in vielen Fällen die

Nutzung von Content für einen Dienst mit hohen Lizenzkosten verbunden ist, ergeben sich hier auch bedeutende Einsparpotentiale. Diese resultieren in erster Linie aus folgenden Szenarien:

- Content, der für einen Dienst bzw. eine Dienst-Plattform kostengünstig erworben wurde, kann weiteren Dienste-Plattformen angeboten werden. Sofern mit der Distribution des Content über zusätzliche Plattformen zusätzliche Einnahmen generiert werden, ist allerdings davon auszugehen, daß der Content-Provider an einer angemessenen Beteiligung interessiert ist.
- Content, der für mehrere Dienste-Plattformen (bislang getrennt) eingekauft werden mußte, wie Wetter, Börse oder Fußballergebnisse, könnte nun gemeinsam eingekauft und vor allem durch sCP-Komponenten auch zentral übernommen und weitergeleitet werden. Damit sind bessere Rabattierungen möglich.

Die möglichen Kostenvorteile beim zentralen Content-Einkauf würden ohne die Nutzung einer sCP weitgehend durch zusätzliche Content-Aufbereitungs- und -Distributionsschritte wieder aufgezehrt werden, so daß erst durch eine sCP-Nutzung diese Vorteile zum Tragen kommen.

Schließlich würde eine zentrale Content-Annahme und Weiterleitung auch Einsparungen und Effektivierungen bei der Qualitätskontrolle ermöglichen. Diese Qualitätssicherung (QS) erfolgt z. Z. noch in allen Diensten, die einen bestimmten Content nutzen, separat voneinander. Bei Verwendung zentraler Content-Annahme durch eine sCP könnte

- die QS zum einen teilweise automatisiert erfolgen (z. B. Überprüfung von Aktualität, Vollständigkeit, Autorisierung des Überbringers etc.) und
- der personalintensive Teil der QS zentralisiert und damit Personal eingespart werden.

Die Ausschöpfung der Nutzenpotentiale in diesem Bereich erfordert neben der Verfügbarkeit der benötigten sCP-Module natürlich vor allem entsprechende strategische und organisatorische Entscheidungen und Regelungen im Unternehmen, die an dieser Stelle jedoch nur angerissen werden können.

4.2 Kosteneinsparungen bei der Content-Aufbereitung

Einige Dienste-Plattformen bieten nur solchen Content an, der bereits vom Content-Provider in einer distributierbaren Form übergeben wird. Hier wäre eine sCP für Aufbereitungsprozesse überflüssig.

Anders ist es bei Diensten, die eine Content-Aufbereitung vornehmen müssen, wie etwa eine Reihe der telefonbasierten Info- und Ansagedienste. Für die

Content-Aufbereitung vieler Dienste werden kontinuierlich mehrere Mitarbeiter eingesetzt. Geht man demzufolge für diese Dienste von einem jährlichen Kostenaufwand aus, so ergibt sich ein hohes Einsparpotential. Dem stehen dann natürlich die Betriebskosten einer sCP gegenüber, die aber - z. B. bei zentralisiertem technischem Betrieb - deutlich darunter liegen.

Neben Einsparungen bei den Personalkosten können beim Einsatz von sCP-Modulen im Bereich der Content-Aufbereitung jedoch auch noch Kosteneinsparungen bei Entwicklung und Betrieb einzelner Diensteplattform-Module erzielt werden. Geht man vom contentbezogenen sCP-Modell aus, so ist hier vorstellbar, daß sich bisherige heterogene Diensteplattform-Module in Zukunft durch sCP-Module ersetzen lassen, die aus einem Toolbaukasten verfügbar sein werden. Insgesamt stellt der Bereich der Content-Aufbereitung den eigentlichen Kernbereich für den Einsatz von sCP-Lösungen dar, da hier das größte Einsparungs- und Synergiepotential zu erwarten ist.

4.3 Kundenbindung und Reichweitenerhöhung

Insbesondere im dienstebezogenen sCP-Modell bietet der Gebrauch einer sCP auch einen qualitativen Nutzen: Wenn der Dienst-Nutzer feststellt, daß er das Content-Angebot des Dienstes unabhängig von den ihm gerade zur Verfügung stehenden Endgeräte-Plattformen und Zugangsmedien nutzen kann, so erhöht dies die Kundenbindung sowie die Attraktivität des Dienstes und damit auch die Anzahl der Nutzer. Das trägt außerdem der zunehmenden Konvergenz der Medien Rechnung und positioniert die großen Diensteanbieter als Innovationsführer in diesem Markt. Von der Endgeräte-Plattform unabhängige Dienstekonzepte sind ohne die Nutzung von sCP-Funktionalitäten nicht möglich. Gegenüber dienstespezifischen Eigenentwicklungen bietet die Verfügbarkeit der entsprechenden sCP-Komponenten aus einem Toolbaukasten auch hier erhebliche Kostenvorteile. In diesem Bereich liegen also wesentliche qualitative Nutzenaspekte, die für die Attraktivität heutiger und zukünftiger Dienste ausschlaggebend sind.

5 Verwendete Abkürzungen

MPEG	Motion Picture Experts Group
sCP	Synergetische Content-Plattform
CMP	Content-Management-Plattform
QS	Qualitätssicherung

Intelligentes Netz

Von Bernd Zopf, Darmstadt

Dipl.-Ing. Bernd Zopf,
Jahrgang 1964,
ist im Technologiezentrum (T-Nova)
der Deutschen Telekom AG für
die Bereitstellung von IN-Plattformen
verantwortlich.

1 Einleitung

Trotz der zunehmenden Bedeutung des Internets und des damit verbundenen Wandels in der Telekommunikation nimmt das klassische Telefon, ob nun analog, ISDN oder mobil, noch immer eine dominierende Stellung ein. Mehrwertdienste, die sowohl den Nutzwert des Telefondienstes für den einzelnen erhöhen als auch neue Geschäftsmodelle für Netzbetreiber und Diensteanbieter eröffnen, spielten bereits in den letzten beiden Jahrzehnten eine bedeutende Rolle und stehen auch heute im Fokus vieler Netzbetreiber - auch, weil sie geeignet sind, Einnahmeverluste bei den Verbindungsentgelten zu kompensieren.

Der inzwischen längst abgeschlossene Austausch analoger Systeme in der Übertragungs- und Vermittlungstechnik durch programmgesteuerte Rechner bildete zusammen mit der Einführung der zentralen Zeichengabe das Fundament für die Entwicklung immer neuer Dienstefunktionen, die zunächst als ISDN Supplementary Services und später auch für analoge Anschlüsse bereitgestellt wurden. Obwohl die Entwicklung neuer Dienstefunktionen damit auf die Erweiterung der Software in den Vermittlungsstellen beschränkt werden konnte, bedeutete die flächendeckende Einführung, d. h. der Software-Hub in allen Knoten des Netzes, noch immer einen enormen finanziellen und zeitlichen Aufwand für die Netzbetreiber.

Somit galt es einen neuen Ansatz zu finden, der die Entwicklung und Einführung neuer Dienstefunktionen beschleunigt, die Nutzung vorhandener Kom-

ponenten des Netzes ermöglicht, den Aufwand senkt und ferner den Forderungen des Wettbewerbs nach Öffnung des Netzes Rechnung trägt. Bereits Mitte der 80er Jahre wurde dazu von Bellcore eine neue Netzarchitektur vorgeschlagen, die sich durch eine verteilte Rufbearbeitung, die Implementierung modularer Dienstebausteine im Netz und die Einführung leistungsfähiger Signalisierungsprotokolle zum Austausch von Nachrichten zwischen den Netzknoten auszeichnet. Bellcore bezeichnete ein solchermaßen strukturiertes Netz als „Intelligentes Netz" und prägte damit den Begriff „IN".

Obwohl zunächst für die Festnetze entwickelt, hat das IN auch in den Mobilfunknetzen eine außerordentliche Bedeutung. Der weltweite Erfolg der Prepaid-Dienste ist ohne IN nicht denkbar und zeigt, daß die IN-Architektur nach wie vor „state of the art" ist.

Die folgenden Abschnitte dieses Beitrages zeigen, welche Aufgaben von den einzelnen Komponenten eines IN zu erfüllen sind, wie diese miteinander zusammenwirken und welche typischen Anwendungen bereits entwickelt wurden. Abschnitt 5 erlaubt einen Einblick in aktuelle Entwicklungen sowie einen Ausblick auf kommende Herausforderungen.

2 Grundlagen des Intelligenten Netzes

2.1 Physische Implementierung und Komponenten des IN

Das von Bellcore vorgeschlagene Konzept eines Intelligenten Netzes mit modularen, wiederverwendbaren Dienstebausteinen wurde von den Standardisierungsgremien der ITU-T aufgegriffen und weiterentwickelt. Es entstand die Empfehlungsreihe Q12.xx, die eine stufenweise Evolution der bestehenden Netze vorsieht und den jeweils zu implementierenden Leistungsumfang, definiert als sogenannter Capability Set (CS), zusammen mit den Anforderungen an die Netzkomponenten und die Zeichengabe beschreibt.

Weitere Detaillierungen der ITU-T-Standards entstanden durch die Arbeit des ETSI, insbesondere eine präzisere Spezifikation des für die Implementierung besonders wichtigen IN Application Protocol (INAP), das auf dem Zeichengabesystem Nr. 7 aufsetzt und zur Kommunikation zwischen den IN-Komponenten eingesetzt wird.

Während die ITU-T- und ETSI-Standards in der rein funktionalen Beschreibung und auch in den Empfehlungen zur physischen Implementierung eines IN eine Reihe von Varianten vorsehen, hat sich in der Praxis die folgende, typische Form herausgebildet.

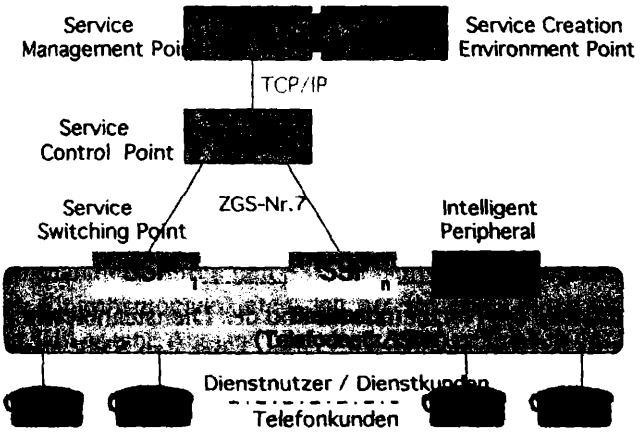


Bild 1: Architektur und Komponenten eines Intelligenten Netzes

Die einzelnen Komponenten des IN haben folgende Aufgaben:

Service Switching Point (SSP)

Der SSP ist eine um IN-spezifische Funktionen erweiterte digitale Vermittlungsstelle, die das Bindeglied zwischen dem Netz und dem sogenannten Service Control Point darstellt. Abhängig u. a. von der Verkehrsmenge sind die SSP entweder Vermittlungsstellen des Fernnetzes (Knoten- oder Weitverkehrsvermittlungsstellen) oder sog. Teilnehmervermittlungsstellen.

Der SSP hat aus Sicht des IN zunächst die Aufgabe, zu erkennen, ob ein Anruf einer besonderen Behandlung bedarf, d. h., ob ein Dialog mit der im Service Control Point realisierten, zentralen Steuerung durchzuführen ist oder ob es sich um einen gewöhnlichen Anruf handelt, der lediglich weitervermittelt werden muß. Erkennt der SSP, daß ein IN-Call vorliegt, wird er eine Meldung an den SCP senden und somit eine IN-Logik aufrufen.

Dieser Vorgang wird als „Triggern" bezeichnet. In der Regel ist der Trigger eine erkannte Diensterufnummer, die mit einer spezifischen „Vorwahl" wie 0800 oder 0190 beginnt. Nachdem die IN-Logik im SCP gestartet wurde, erhält der SSP Anweisungen zur weiteren Behandlung des Calls; er wird also im Fall eines IN-Calls vom SCP fremdgesteuert.

Service Control Point (SCP)

Der SCP stellt die zentrale Intelligenz des IN dar und enthält neben den Programmen zur Steuerung der verschiedenen IN-Dienste auch sämtliche dienst-

und kundenspezifischen Daten, die zur korrekten Diensterbringung notwendig sind. Anfragen eines der SSP des Netzes, die über das INAP mit dem SCP kommunizieren, werden vom SCP entgegengenommen und führen zum Aufruf eines mit der gewählten IN-Rufnummer verknüpften Dienstprogramms. Unter Berücksichtigung der oben erwähnten dienst- und kundenspezifischen Daten sowie der vom SSP gemeldeten Zusatzinformationen zum Call erteilt der SCP daraufhin programmgesteuert Anweisungen an den SSP.

Service Management Point (SMP)

Der SMP ist die Schnittstelle des Netzbetreibers und des Diensteanbieters zur Dienstelogik und den im SCP gespeicherten Daten. Über den SMP werden neue IN-Dienste in den SCP geladen und aktiviert, dienst- und kundenspezifische Daten eingerichtet und gepflegt sowie verschiedenste Statistiken zu den IN-Diensten abgefragt. Ferner erlaubt der SMP die Überwachung und Steuerung wichtiger Komponenten des IN.

Intelligent Peripheral (IP)

Der IP, auf Grund der Verwechslungsgefahr mit dem „Internet-Protokoll" auch als „Specialized Ressource Point" (SRP) bezeichnet, enthält Funktionen, die in den Vermittlungsstellen des Netzes in der Regel nicht zur Verfügung stehen. IP sind meist an den Standorten der SSP installiert, werden wie diese vom SCP über das INAP gesteuert und im Verlauf eines IN-Calls temporär für bestimmte Interaktionen mit dem Anrufer eingebunden. Zu den Leistungsmerkmalen eines IP zählen Funktion, die für automatisierte Dialoge mit dem Anrufer benötigt werden, d. h. Ansagegeräte und Receiver zur Erkennung von Zifferneingaben oder Systeme zur Spracherkennung. Ferner können IP Schnittstellen zu externen Datenbanken enthalten, über die z. B. Informationen abgefragt und dem Anrufer per Ansage zur Verfügung gestellt werden. Auch Sprach-/Faxboxen und die Weitervermittlung von Anrufen in Voice over IP-Netze sind typische, in IP realisierte Funktionen.

Service Creation Environment Point (SCEP)

Der SCEP wird für die Entwicklung von neuen IN-Diensten benötigt. Er enthält eine Entwicklungsumgebung, welche die Entwicklung durch Verwendung vorhandener Servicelogikbausteine, sog. Service Independent Building Blocks (SIB), mit meist grafischen Werkzeugen ermöglicht. Im SCEP entwickelte Dienste werden dort zunächst getestet und anschließend über den SMP in den SCP geladen. Zu Einzelheiten zur Serviceentwicklung vgl. Abschnitt 3.3.

2.2 Das Basic Call State Model (BCSM)

Das BCSM ist für das Verständnis der Funktionalität eines IN von besonderer Bedeutung. Zunächst stellt es nichts anderes dar als eine abstrakte Beschreibung der Rufbehandlung durch den SSP in Form eines Zustandsautomaten. Alle für die IN-Steuerung, d.h. den SCP, erkennbaren Phasen (Points in Call - PIC) eines Verbindungsauf- und -abbaus sind zusammen mit den zwischen ihnen liegenden Übergängen (Events) dargestellt. Da das BCSM somit zeigt, wie fein die Rufbehandlung durch den SSP im betreffenden Netz aufgelöst wurde und wieviele Eingriffsmöglichkeiten sich zur Steuerung durch die IN-Servicelogik ergeben, läßt es eine Aussage über die Leistungsfähigkeit des (Intelligenten) Netzes zu. So fordern die Empfehlungen der ITU-T für die einzelnen Capability Sets eine kontinuierliche Erweiterung des BCSM mit einer höheren Anzahl von PICs und Events als Voraussetzung für immer komplexere Dienste.

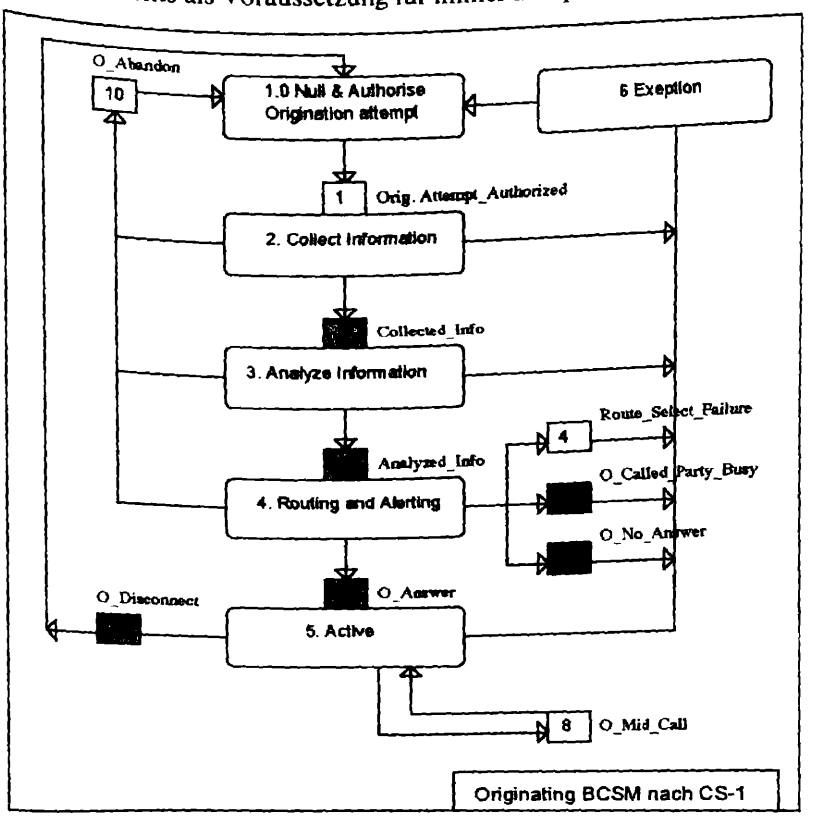


Bild 2: Originating Basic Call State Model nach ITU-T CS1

Ein BCSM existiert sowohl für die Ursprungsseite eines Calls (Originatin BCSM) als auch für den Endpunkt (Terminating BCSM), da die Triggerun des Calls sowohl im aufsteigenden Abschnitt einer Verbindung als auch in de Vermittlungsstelle des Gesprächspartners erfolgen kann.

Bild 2 zeigt das O-BCSM, das von der ITU-T für Netze nach dem CS1-Stan dard gefordert wird. Beginnend beim Zustand „Null & Authorise Originatio Attempt" werden bei einer gewöhnlichen Verbindung alle Zustände bis zur Zustand 5 „Active" durchlaufen. Die Auslösung des Calls durch einen Ge sprächsteilnehmer führt ebenso wie bestimmte netztechnische Ereignisse zur Rücksprung in den Ursprungszustand.

	Point in Call	Bedeutung
1	Null & Authorise Origination Attempt	Ruhezustand sowie die Phase des Gesprächsauf baus, in der die Berechtigung des Anrufers zum Führen eines abgehenden Gespräches geprüft wird
2	Collect Information	Phase des Gesprächsaufbaus, in der die Vermitt lungsstelle (der SSP) Wahlziffern entgegennimmt
3	Analyze Info	Phase des Gesprächsaufbaus, in der die Vermitt lungsstelle die Rufnummer analysiert
4	Routing and Alerting	Phase des Gesprächsaufbaus, in der das Routin zum gerufenen Anschluß durchgeführt wird un der Ruf erfolgt
5	Active	Gesprächszustand

Tabelle 1: Points in Call des Originating BCSM nach CS1

	Event	Bedeutung
1	Origination Attempt Authorised	Anrufer hat die Leitung belegt (Hörer abgehoben), Wäh ton wurde nach Berechtigungsprüfung angelegt.
2	Collected Info	Aufnahme der Wahlziffern ist abgeschlossen.
3	Analyzed Info	Gewählte Ziffern wurden vom SSP analysiert.
4	Route_Select_Failure	Aufbau einer Verbindung zur Gegenstelle ist nicht mö lich (z. B. Gassen besetzt).
5	O_Called_Party_Busy	Gegenstelle ist belegt.
6	O_No_Answer	Gegenstelle nimmt nicht ab (voreingestellter Timer abgelaufen).
7	O_Answer	Gegenstelle hat Anruf angenommen.
8	O_Mid_Call	Anrufer hat während des Gesprächs aktiv eine IN-Fun tion aufgerufen (Signalisierung z. B. durch Erdtaste).
9	O_Disconnect	Einer der Gesprächspartner hat das Gespräch beendet.
10	O_Abandon	Anrufer hat den Verbindungsaufbau abgebrochen (wä rend des Verbindungsaufbaus aufgelegt).

Tabelle 2: Events des Originating BCSM nach CS1

Tabelle 1 verdeutlicht die Bedeutung der einzelnen Zustände. Tabelle 2 erläutert die Ereignisse (Events), die für das IN sichtbar sind und damit zur Steuerung der Rufbehandlung verwendet werden können.

2.3 Aufruf und vermittlungstechnische Steuerung von IN-Diensten

Voraussetzung für den Aufruf einer IN-Servicelogik ist ein sog. Trigger, der den SSP dazu veranlaßt, den weiteren Verbindungsaufbau zunächst auszusetzen und beim SCP Steuerungsinformationen anzufragen. In den meisten Netzen geschieht dies anhand der gewählten (Dienste-)Rufnummer, d. h., der SSP erkennt am Dienstepräfix 0800 oder 0900 das Vorliegen eines IN-Calls. Tabelle 1 zeigt, daß hierfür der Event „Analyzed Info" verwendet wird, der nach Auswertung der Wahlziffern erreicht wird. Obwohl dies in den meisten Netzen der Fall ist, stehen grundsätzlich alle Events des BCSM als Trigger zur Verfügung, sofern der SSP in die Teilnehmervermittlungsstelle integriert und entsprechend konfiguriert wurde.

Es ist unter Verwendung des Events „Origination Attempt Authorised" beispielsweise möglich, bereits bei Belegung einer Leitung eine Servicelogik zu starten, die - ohne daß die Eingabe von Ziffern erforderlich ist - eine vorher festgelegte Verbindung herstellt. Kommerzielle Anwendungen dieser Funktion könnten Notruftelefone oder virtuelle Festverbindungen sein. Ebenso sind fein abgestufte Berechtigungsprüfungen denkbar, die vor dem Verbindungsaufbau einen Vergleich der gewählten Rufnummer mit den kundenspezfischen Einträgen in einer Datenbank erfordern.

Wurde die IN-Servicelogik durch einen Trigger aktiviert, hängt die weitere Rufbehandlung von den dort festgelegten, dienstespezifischen Anweisungen und den im weiteren Verlauf auftretenden netztechnischen Ereignissen ab. So können beispielsweise Events wie „O_Called_Party_Busy" oder „O_No_Answer", die vom SSP an den SCP gemeldet werden, dazu verwendet werden, um statt des vordefinierten Zieles ein Alternativziel anzuwählen.

3 Dienste des Intelligenten Netzes

3.1 Kernfunktionen der IN-Dienste

Die in Abschnitt 2.3 beschriebenen Mechanismen zur Steuerung des Verbindungsaufbaus stellen nur einen Teil des Funktionsspektrums des IN dar. Das IN bietet darüber hinaus eine Reihe von Leistungsmerkmalen, die deutlich

über die vom ISDN bekannten hinausgehen. Es sind dies die in den folgenden Abschnitten behandelten Funktionen:

1. kundenindividuelle Anrufsteuerung;
2. alternative Tarifierungs- und Abrechnungsmodelle;
3. Onlinezugriff auf kundenspezifische Parameter eines IN-Dienstes;
4. Statistikfunktionen für den Online-Abruf.

3.1.1 Kundenindividuelle Anrufsteuerung

Die kundenindividuelle Anrufsteuerung erlaubt es, verschiedene Parameter beim Verbindungsaufbau zu berücksichtigen und - abhängig von diesen - verschiedene Alternativziele anzusteuern. Zu diesen Parametern gehören:

- *Ursprungsbereichsabhängige Zielansteuerung:*
  Anhand der vom Netz bereitgestellten Rufnummer des Anrufers (Calling Line Identifier - CLI) ist eine Zuordnung des Anrufs zu bestimmten Ursprungsbereichen des Netzes möglich und damit eine gezielte Weitervermittlung nach den Wünschen des Dienstanbieters. Ursprungsbereiche können Vorwahlbereiche des Netzes, die Mobilfunknetze oder geografische bzw. politische Gebiete sein.

- *Zeitabhängige Zielansteuerung:*
  Abhängig von Uhrzeit, Datum und daraus ableitbaren Parametern (Wochentag, Arbeits- oder Feiertag) können temporäre oder periodische Zeitfenster eingerichtet werden, die unterschiedliche Ziele für die Verbindung enthalten. So ist es beispielsweise möglich, während der Geschäftszeiten einen Anruf zur Zentrale eines Unternehmens zu verbinden und außerhalb der Geschäftszeiten eine Sprachbox anzusteuern.

- *Zielstatusabhängige Alternativzielanwahl:*
  Unter Verwendung der vom SSP gemeldeten Events (vgl. Abschnitt 2.3), d. h. z. B. bei Besetzt des Primärziels, lassen sich Alternativen ansteuern.

- *Anrufverteilung:*
  Verfügt der Diensteanbieter über eine größere Anzahl von Anschlüssen und möchte eine gleichmäßige Verteilung der Anrufe auf diese erreichen, so kann er eine Verteilung der Anrufe nach bestimmten Kriterien durch das IN einstellen lassen (z. B. prozentuale Verteilung der Anrufe auf seine Ziele).

- *Tele-/Bearer-Serviceabhängige Zielansteuerung:*
  Abhängig vom genutzen Tele-/Bearerservice werden vom Kunden vorgegebene Ziele angesteuert, um sicherzustellen, daß z. B. Faxe ausschließlich auf die beim Diensteanbieter vorhandenen Faxgeräte weitergeleitet werden, während Telefonate zu einem anderen Ziel verbunden werden. Der Diensteanbieter kann damit ein und dieselbe Rufnummer für Fax und Telefonie bewerben; das IN stellt sicher, daß die korrekten Verbindungen hergestellt werden.

- *Rufnummernabhängige Zielansteuerung:*
  Anhand von Auswahlcodes, die der IN-Rufnummer hinzugefügt werden, ist es möglich, verschiedene Ziele mit der IN-Rufnummer zu verknüpfen oder Televotumsabstimmungen durchzuführen.

3.1.2 Alternative Tarifierungs- und Abrechnungsmodelle

Während die Tarifierung gewöhnlicher Verbindungen ausschließlich abhängig ist vom Ziel des Anrufes und der aktuellen Tageszeit, erlaubt das IN eine weit flexiblere Tarifierung, die durch die Servicelogik gesteuert wird. Die Höhe des Tarifs kann gekoppelt werden an

- die Diensterufnummer;
- das Verrechnungsmodell (Anrufer bzw. Diensteanbieter trägt die Kosten der Verbindung/beide übernehmen einen definierten Teil);
- die einzelnen Ziele eines IN-Dienstes;
- die Identität des Anrufers bzw. daraus abgeleitete Parameter (Firmenzugehörigkeit, registriertes Mitglied);
- den Ursprungsbereich des Anrufes sowie
- Uhrzeit und Datum des Anrufes.

In der Praxis sind dem jedoch durch rechtliche Vorgaben Grenzen gesetzt. In der Regel wird vom Gesetzgeber oder vom Regulierer eine hinreichende Kostentransparenz gefordert, die an die Rufnummer des Dienstes gekoppelt wird und bei den unter 3.2 näher beschriebenen Diensten gegeben ist.

Das IN erlaubt ferner die Verrechnung des Verbindungsentgeltes zu Lasten von kundenindividuellen Konten, die vom SCP verwaltet werden. Dienste wie Calling Card und die im Mobilfunk inzwischen dominierenden Prepaid-Anwendungen basieren auf dieser Funktionalität des IN und haben in den ver-

gangenen Jahren einen erheblichen Anstieg des IN-Verkehrs, insbesondere in den Mobilfunknetzen, bewirkt.

3.1.3 Online-Zugriff auf kundenspezifische Parameter eines IN-Dienstes

Mit dem Online-Zugang des Kunden zu den Parametern seines IN-Dienstes ermöglicht das IN dem Diensteanbieter, die Konfiguration seiner Dienste selbst zu verändern und aktuellen Anforderungen anzupassen. So ist es z. B. möglich, Ziele temporär zu sperren, wenn an den dort installierten TK-Anlagen Wartungsarbeiten vorgenommen werden oder kein Personal zur Entgegennahme der Anrufe zur Verfügung steht. Dagegen können neu hinzukommende Arbeitsplätze beispielsweise eines Versandhauses, die ganztägig oder zeitweise zur Verfügung stehen, kurzfristig in die Anrufsteuerung des IN integriert und wieder entfernt werden.

Während in der Vergangenheit für den Online-Zugriff sowohl Audiotex-Systeme für den Sprachdialog als auch Wählverbindungen zum SMP für den Datenaustausch genutzt wurden, erfolgt heute die Administration der Parameter durch gesicherte Internetverbindung. Der Diensteanbieter ruft die Homepage des Netzbetreibers auf, identifiziert sich und erhält Zugang zu seinen Daten.

3.1.4 Statistikfunktionen für den Online-Abruf

Neben der Einstellung gewünschter Parameter hat der Kunde mit dem oben beschriebenen Online-Zugang auch die Möglichkeit, Statistiken abzufragen. Er hat damit ein wichtiges Kontroll- und Steuerungsinstrument zu Verfügung, das ihm die Optimierung seiner Verkehrsführungsprogramme sowie die Optimierung seiner Einrichtungen (z. B. Call Center) erlaubt.

Anhand der vom IN zur Verfügung gestellten Daten erhält der Diensteanbieter Aufschluß über

- die Anzahl der Anrufe,
- die zeitliche Verteilung der Anrufe,
- die Verteilung der Anrufe auf definierte Ursprungsbereiche,
- die Erfolgsquote der Anrufe,
- die Ursachen von Fehlbelegungen,
- das Antwortzeitverhalten seiner Call Center bzw. Abfrageplätze,
- das Ergebnis und die zeitliche wie räumliche Verteilung von Abstimmungsergebnissen bei Televotumsanwendungen (vgl. Abschnitt 4).

Zur Erstellung der Statistiken werden vom IN die sogenannten Call Detail Records verwendet, die vom IN für jeden Call angelegt und gespeichert werden.

3.2 Typische IN-Dienste

Die in Abschnitt 3.1 betrachteten Kernfunktionen des IN lassen sich in verschiedenster Weise zu IN-Diensten kombinieren und vermarkten. Typische Dienste, die in den Netzes nahezu aller Netzbetreiber bereitgestellt wurden, sind:

Freephone Services (0800 oder 0130)
Beim Freephone Service wird der Diensteanbieter, d. h. der „Eigentümer" der Rufnummer, mit den Verbindungsentgelten belastet; für den Anrufer ist die Verbindung gebührenfrei. Dieser Dienst wird in der Regel von Unternehmen angeboten, die ihren Kunden einen kostenfreien Service bieten möchten oder eigenen Kräften den gebührenfreien Zugang zum Unternehmen ermöglichen wollen. Neben dem wesentlichen Merkmal „Gebührenfreiheit für den Anrufer" läßt sich das IN-Verkehrsführungsprogramm nach den Wünschen des Kunden gestalten und ermöglicht eine optimale Zuführung des Verkehrs zu den Zielen des Kunden.

Shared Cost/Universal Access Number (0180)
Im Unterschied zum Freephone-Dienst trägt der Anrufer beim Shared Cost-Dienst einen Teil, ggf. sogar die gesamten Kosten der Verbindung. Dies wird über das Tarifmodell vom Kunden festgelegt und ist für den Anrufer an der Rufnummer erkennbar. Wie beim Freephone-Dienst kann das Verkehrsführungsprogramm an die Wünsche des Kunden angepaßt werden.

Premium Rate Service (0900 oder 0190)
Beim Premium Rate Service wird der Anrufer mit einem erhöhten Verbindungsentgelt belastet, das neben den Verbindungskosten einen zusätzlichen Betrag für den vom Dienstanbieter zu liefernden Mehrwert enthält. Dieser Mehrwert besteht in der Regel in einer Informations- bzw. Beratungsleistung oder - wie im Fall der „Rosa Nummern" - im Vermitteln eines attraktiven Gesprächspartners. Die Leistungen des Netzbetreibers schließen beim Premium Rate Service in der Regel auch das Inkasso der Einnahmen des Diensteanbieters ein.

Voting Services (0137)
Abstimmungen per Telefon durchzuführen ist eine vertraute Anwendung, die bei vielen TV- und Radiosendungen eingesetzt wird. Vom Sender wird dazu

eine 0137-Rufnummer veröffentlicht, die für einen bestimmten Zeitraum erreichbar ist (häufig für die Dauer der Sendung). Die jeweilige Rufnummer wird ergänzt um ein- bis zweistellige sog. Auswahlcodes, die vom Anrufer zusammen mit der Rufnummer gewählt werden und ein Votum für die eine oder andere Option bedeuten (z.B. eine Ziffer zwischen 0 und 5, die bei einem Musikwettbewerb den einzelnen Interpreten zugeordnet ist).

Die Zählung der Anrufe erfolgt in vielen IN-Implementierungen in den SSP, welche die Ergebnisse der Zählung in bestimmten Intervallen oder bei Abfrage durch den SCP an diesen weiterleiten. Per Zugang zum SMP kann der Dienstanbieter den akuellen Stand der Abstimmung online nachvollziehen und seinen Zuschauern/Zuhörern präsentieren.

Virtual Private Networks

Virtual Private Networks (VPN) stellen einen der komplexesten IN-Dienste dar. Kunden sind in der Regel größere Unternehmen mit hohem Verkehrsaufkommen und einer größeren Anzahl von Standorten. Der VPN-Dienst erlaubt es diesen Kunden, ihren internen Verkehr in einem scheinbar privaten Netz abzuwickeln, obwohl keine reservierten Verbindungen geschaltet werden, sondern wie bei gewöhnlichen Verbindungen das öffentliche Netz genutzt wird. Der Kunde hat dadurch einen Kostenvorteil im Vergleich zu festgeschalteten Verbindungen, und der Netzbetreiber erreicht eine wirtschaftlichere Ausnutzung seiner Netzressourcen.

Die Unternehmen erhalten beim VPN-Dienst einen auf ihre Struktur und Bedürfnisse abgestimmten Rufnummernplan im Bereich des VPN-Nummernblocks, der alle ihre Anschlüsse enthält. Bei Wahl einer der Rufnummern wird die IN-Logik angestoßen, prüft zunächst die Berechtigung des Anrufers und baut anschließend die Verbindung auf. Neben dieser Kernfunktion, den Verkehr in einem scheinbar privaten Netz abzuwickeln, bietet der VPN-Dienst eine Reihe weiterer Funktionen, u. a. die unter 3.1.1 beschriebenen Funktionen zur Steuerung der Anrufe.

Calling Card

Calling Cards erlauben das Führen bargeldloser Gespräche von nahezu jedem Anschluß im In- und Ausland. Möglich wird dies durch gebührenfreie Wahlzugänge zum Calling Card-Dienst, die in den einzelnen Ländern geschaltet werden. Der Anrufer wird bei Wahl der Zugangsrufnummer mit einer Sprach-Dialogeinrichtung verbunden (bei IN-Implementierung des Dienstes mit dem Intelligent Peripheral), identifiziert sich durch Eingabe seiner Kennung und Geheimnummer und kann sich anschließend verbinden lassen. Die Ge-

sprächsgebühren werden vom IN erfaßt und i.d.R. zusammen mit der Telefonrechnung abgerechnet. Die physische Calling Card ist lediglich Träger der aufgedruckten Kundenkennung und hat keine technische Funktion.

3.3 Dienstentwicklung mit Service Creation Tools

Die in Abschnitt 1 angesprochene Wiederverwendbarkeit von IN-Dienstemodulen bezieht sich nicht nur auf die IN-Komponenten, sondern in sogar größerem Maße auf die einzelnen Funktionen einer IN-Dienstelogik.

Die IN-Dienstelogiken werden aus Service Independent Building Blocks zusammengesetzt, die jeweils einzelne Kernfunktionen des IN repräsentieren. Sowohl die SIBs als auch aus ihnen zusammengesetzte Funktionsmodule, etwa ein vollständiger Dialog mit dem Anrufer zur Abfrage beispielsweise seiner Kennung, lassen sich für die Entwicklung neuer Dienste wiederverwenden und reduzieren damit den Entwicklungsaufwand deutlich.

Die Entwicklung der Dienste findet in einer eigenständigen Komponente des IN statt, dem Service Creation Environment Point. Wesentliche Komponente des SCEP ist das Modul Service Definition, das eine benutzerfreundliche grafische Oberfläche zur Kombination und Parametrisierung von SIBs erlaubt. Die entstandenen Dienstelogiken können nach der Entwicklung im SCEP getestet und validiert werden, bevor sie über den SMP in den SCP geladen wer-

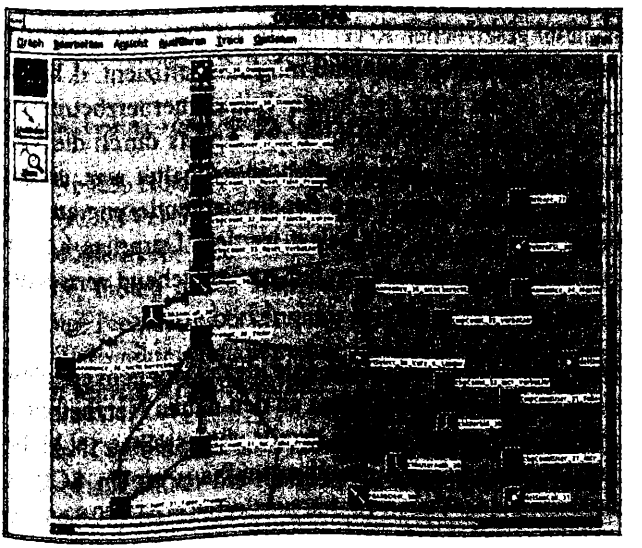


Bild 3: Entwicklung einer IN-Dienstelogik im Service Creation Environment

den und damit unmittelbar und flächendeckend im Netz für den Wirkeinsatz zur Verfügung stehen. Bild 3 zeigt ein typisches grafisches Werkzeug und einen Ausschnitt einer IN-Logik in Form eines Ablaufplanes (Flow Chart).

4 IN-Infrastrukturanwendungen

Während das IN zunächst vor allem als Architektur zur Bereitstellung von Mehrwertdiensten verstanden wurde, hat sich seine Bedeutung für Netz-Unterstützungsfunktionen in den letzten Jahren deutlich gezeigt. Den Herausforderungen einer Multi-Carrier-Umgebung, den Vorgaben des Gesetzgebers u. a. nach diskriminierungsfreiem Netzzugang und den sich aus diesen Rahmenbedingungen ergebenden Anforderungen an die Netze kann, insbesondere unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten, nur ein Intelligentes Netz gerecht werden. Anwendungen, die zur Unterstützung grundlegender Netzfunktionen (Infrastrukturanwendungen) entwickelt und implementiert wurden, werden in diesem Abschnitt vorgestellt.

4.1 Rufnummernportabilität mit IN

Seit dem 01.01.1998 sind in Deutschland alle Netzbetreiber per Gesetz verpflichtet, ihren Kunden den Wechsel zu einem anderen Teilnehmernetzbetreiber unter Beibehaltung seiner Rufnummer zu ermöglichen. Die technische Aufgabe, die sich aus dieser gesetzlichen Regelung ableitet, besteht darin, Anrufe zu einem sogenannten portierten Anschluß möglichst effizient, d. h. auf möglichst direktem Wege, in das Netz des neuen Teilnehmernetzbetreibers weiterzuleiten. Mit einer einfachen Weiterleitung des Anrufs durch die Vermittlungsstelle, an welche der Kunde ursprünglich angeschaltet war, ist das jedoch nicht zu erreichen, da bei dieser Form der Implementierung an sich nicht benötigte Leitungsabschnitte im Netz belegt werden. Derartige Lösungen sind daher von den meisten Netzbetreibern nur vorübergehend verwendet worden.

Das IN bietet mit seiner intelligenten Steuerung eine ideale Möglichkeit, diese Anrufe zu erkennen und sie auf optimalem Wege an den neuen Netzbetreiber weiterzuleiten. Das Prinzip besteht wie bei den bereits vorgestellten IN-Mehrwertdiensten darin, die Steuerung des Verbindungsaufbaus einem SCP zu übertragen, der in diesem Fall über Daten zu den portierten Anschlüssen verfügt. In der Regel handelt es sich dabei um speziell für diese Anwendung installierte SCPs, die als Rufnummernportabilitäts-Server bezeichnet werden.

Grundsätzlich sind bei der IN-basierten Rufnummernportabilität zwei Varianten möglich, nämlich das „Query on Release" und das „Query on Digit Analysis". Beim *„Query on Release"*-Verfahren wird der Anruf zu einem portierten Anschluß vom Netz zunächst bis zur Vermittlungsstelle, an die der Kunde vor seinem Wechseln angeschaltet war, durchgestellt. Nachdem die Vermittlungsstelle nun auf Grund der Einträge in ihrer Datenbank festgestellt hat, daß der Anschluß nicht mehr beschaltet ist, löst sie die Verbindung mit Hinweis auf die Portierung aus (spezifischer Netzfall). Die Verbindungsauslösung erfolgt dabei bis zu einer Vermittlungsstelle des Weitvermittlungsnetzes, die SSP-Funktionen enthält und den gemeldeten „Cause" als Trigger zur Abfrage des IN interpretiert. Der SSP wird nun einen INAP-Dialog mit dem Rufnummernportierungsserver initiieren und erhält von diesem Anweisung zum Routing in das Fremdnetz.

Beim *„Query in Digit Analysis"* wird die Verbindung erst gar nicht bis zur Teilnehmervermittlungsstelle aufgebaut, sondern bei jedem Anruf bereits ursprungsnah, d. h. in der Vermittlungsstelle des Anrufers oder in der darüberliegenden Weitverkehrsvermittlungsstelle eine Anfrage an den Rufnummernportabilitäts-Server gerichtet. Der Vorteil besteht bei diesem Verfahren darin, daß in kürzester Zeit und ohne ggf. überflüssigen Verbindungsaufbau ermittelt werden kann, ob eine Portierung vorliegt und wie in diesem Fall die Weiterleitung des Anrufes erfolgen kann. Allerdings steigt die Last für den Rufnummernportabilitäts-Server drastisch an, da jeder Anruf, ob zu einem portierten Anschluß oder nicht, zunächst überprüft werden muß.

4.2 Screening von Call by Call-Gesprächen

Eine weitere Herausforderung an die Netze ergab sich bei Einführung des sog. Call by Call-Verfahrens. Der Kunde hat bei diesem Verfahren bei jedem Anruf die Möglichkeit, den Netzbetreiber auszuwählen, dessen Netz er nutzen möchte, indem er der Rufnummer des gewünschten Gesprächspartners die jeweilige Netzbetreiberkennung voranstellt. Der Kunde kann damit, sofern er beim Verbindungsnetzbetreiber registriert ist, Tarifunterschiede in den Netzen zu seinem Vorteil nutzen.

Call by Call-Gespräche werden vom Teilnehmernetzbetreiber dem Verbindungsnetzbetreiber auf festgelegten Leitungsbündeln zugeführt und von diesem einer Berechtigungsprüfung (Screening) unterzogen. Dieses Screening wird von einem weiteren IN-Dienst übernommen, der die Rufnummer des Anrufers mit den Einträgen in der Kundendatenbank des Netzbetreibers ver-

gleicht und den SSP, der in der Regel in die Netzübergangsvermittlungsstelle integriert ist, geeignet steuert. Ist der Kunde dem Verbindungsnetzbetreiber bereits bekannt, wird die Verbindung zum gewünschten Anschluß aufgebaut und ein Datensatz zur Abrechnung geschrieben. Handelt es sich dagegen um einen Neukunden, wird dieser zunächst zu einem Call Center verbunden, wo seine Daten für Abrechnungszwecke erfaßt werden.

4.3 Two Layer IN-Ansatz

Die in Abschnitt 4.1 beschriebene Rufnummernportabilität hat neben der anschlußbezogenen Portabilität noch eine weitere Dimension: die Portabilität der Diensterufnummern. Um auch im Bereich der Mehrwertdienste den Wettbewerb zu stärken, verlangt der Gesetzgeber, daß auch einem Diensteanbieter der Wechsel zu einem neuen Netzbetreiber unter Beibehaltung seiner Diensterufnummer ermöglicht werden muß.

Es ist zwar durch eine einfache Änderung der IN-Logik des betreffenden Dienstes möglich, Anrufe in das Netz des neuen Netzbetreibers weiterzuleiten und somit die Anforderungen des Gesetzgebers zu erfüllen, allerdings stellt dies unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten keine gute Lösung dar. Die für Mehrwertdienste genutzten IN-Plattformen sind hochwertige und komplexe Systeme, deren Wirtschaftlichkeit nur dann gegeben ist, wenn sie für kommerziell vermarktbare Mehrwertdienste genutzt werden. Für netzunterstützende Funktionen sollten stets, wie im Falle des Rufnummernportabilitäts-Server, einfache, spezifische IN-Lösungen angestrebt werden.

Es ist daher zunächst naheliegend, auch für die Portabilität der Diensterufnummern einen Rufnummernportabilitäts-Server zu implementieren oder vorhandene Server zu erweitern. Vieles spricht jedoch für einen anderen Ansatz, nämlich die Integration der Funktion „Diensterufnummernportierung" in den unteren Layer eines zweistufigen IN (Bild 4).

Größere Netzbetreiber verfügen in der Regel über mehrere SCPs, die häufig für bestimmte IN-Dienste optimiert wurden und unterschiedliche Leistungsmerkmale aufweisen. In vielen Fällen besteht dabei eine feste Zuordnung von IN-Diensterufnummern zu den einzelnen SCPs, d. h., die IN-Dienste lassen sich auf Grund dieser festen Zuordnung nicht zwischen den SCPs verlagern. Ursache dafür sind Beschränkungen in der Vermittlungstechnik, die nur mit erheblichem Aufwand beseitigt werden können. Um die gewünschte Flexibilität der Zuordnung zu erreichen, muß die direkte Kommunikation zwischen dem SSP und dem Dienste-SCP unterbunden und statt dessen ein „Low Layer

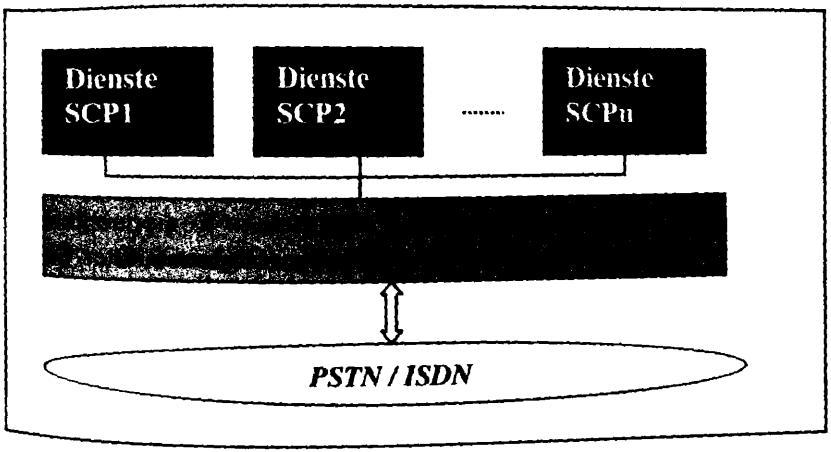


Bild 4: Architektur eines zweistufigen IN

SCP" installiert werden, der alle Meldungen der SSPs entgegennimmt und an den jeweils betroffenen Dienste-SCP weiterleitet.

Das Low Layer IN arbeitet also als „Vermittler" zwischen der Netzebene des PSTN/ISDN und dem Dienste-SCP des „Upper Layer IN". Neben der erwähnten Flexibilität bei der Zuordnung von Rufnummern zu Dienste-SCPs bietet dies den Vorteil, daß im Prinzip über geeignete Schnittstellen (Gateways) auch „fremde" SCPs angeschaltet werden können, sofern den Sicherheitsanforderungen der Netzbetreiber Rechnung getragen wird.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die IN-Architektur hat sich bei der Implementierung sowohl von Mehrwertdiensten als auch von Infrastrukturanwendungen bewährt. Das Prinzip der Trennung von elementaren netztechnischen Funktionen von einer häufig zentral installierten Netzintelligenz ist geeignet, auch aktuellen Anforderungen an die Netze Rechnung zu tragen; es ist nicht allein auf Fest- oder Mobilfunknetze beschränkt. Auch in IP-Netzen findet dieses Prinzip, wenn auch nicht unter dem Namen Intelligentes Netz, Anwendung.

Aktuelle Entwicklungen, etwa die Parlay-Initiative, haben die Öffnung geeigneter Netzschnittstellen zum Ziel, die für eine weitere Belebung des Wettbewerbs im Bereich der Mehrwertdienste sorgen dürfte. Das IN, insbesondere in der Ausprägung des zweistufigen IN, bietet die dafür notwendigen Voraussetzungen, so daß seine Bedeutung in Zukunft noch wachsen wird.

Auch der intensiv diskutierte Wechsel von der derzeitigen Leitungsvermittlung hin zu IP-Netzen stellt den IN-Ansatz nicht in Frage, im Gegenteil. Dem Nutzer sind die Struktur des Netzes und die Art der Informationsübertragung weder transparent noch wichtig. Für ihn haben lediglich Verfügbarkeit und Qualität der genutzten Dienste Bedeutung. Um auch in IP-Netzen die gewohnten Mehrwertdienste effizient zur Verfügung stellen zu können, sind Netzarchitekturen wie die des IN Voraussetzung. Die einzelnen Komponenten mögen dann nicht mehr Vermittlungsstellen/SSP heißen, sondern Router/Switch mit Gateway-Funktion. Dennoch werden auch sie auf elementare netztechnische Funktionen beschränkt bleiben, während ihre Steuerung im Zusammenhang mit Mehrwertdiensten in wenigen, zentralen Einheiten (Softswitches-IN-Server) konzentriert wird. Erste Arbeiten hierzu werden derzeit von Eurescom in Projekt P916 geleistet.

ttp

Verbesserte Netzsynchronisation mit Rubidiumoszillatoren und GPS

Von Gerhard Hübner

Dipl.-Ing (FH) Gerhard Hübner,
Jahrgang 1945, ist Geschäftsführer
der Datum GmbH in München.

1 Vorwort

Im Lauf des Jahres 2000 wurden bei der Deutschen Telekom Taktversorgungseinrichtungen installiert, die erstmals mit höchstpräzisen Rubidiumoszillatoren ausgestattet sind. An ausgewählten Standorten kommen zusätzlich GPS-Empfänger zum Einsatz, die für den Betrieb in der Synchronisationstechnik optimiert wurden. Diese stellen einen von der netzeigenen Primärreferenzquelle (PRC, Primary Reference Clock) unabhängigen, auf UTC rückführbaren Takt zur Verfügung.

Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit der Funktionsweise und den für den Betrieb wichtigen besonderen Eigenschaften dieser fortschrittlichen Technik.

2 Rubidiumoszillatoren – Stabilität direkt vom Elektron

Rubidiumoszillatoren gehören wie Cäsiumstrahlrohre und Wasserstoffmaser zu den industriell hergestellten Atomfrequenznormalen. Im Gegensatz zu den sehr verbreiteten Quarzoszillatoren nutzen sie nicht die Eigenschaften mechanischer Resonatoren, sondern beziehen ihre Genauigkeit direkt von bestimmten Atomen und deren von außen beobachtbaren Eigenschaften. Diese gelten als fundamental, d. h., nur die Qualität der Beobachtung bestimmt letztendlich die Genauigkeit.

2.1 Ein wenig Physik

Nach dem klassischen Atommodell umkreisen die Elektronen den Atomkern auf festgelegten Bahnen. Dabei weisen sie bestimmte Eigenschaften auf, z. B. „Spin" genannt. Dank dieser Eigenschaften können unterschiedliche sogenannte Energieniveaus auftreten. Der Übergang eines Atoms von einem zu einem anderen Energieniveau ist mit der Aufnahme oder Abgabe von Energie verbunden. Das geschieht in Form einer elektromagnetischen Welle, deren Frequenz über das Plancksche Wirkungsquantum mit der Energiedifferenz verknüpft ist:

$$\nu_0 = \frac{E_1 - E_2}{h}$$

Die Frequenz des Hyperfeinstrukturübergangs von ^{87}Rb beträgt besipielsweise 6 834 682 612,8 Hz. Die entsprechende Frequenz bei ^{133}Cs dient zur Definition der SI-Sekunde und ist mit 9 192 631 770 Hz festgelegt. Die Frequenz ist in sehr genau bekannter Weise abhängig von einem äußeren Magnetfeld (damit lassen sich genaue Magnetometer bauen). Als Folge des sogenannten Zeeman-Effekts teilt sich die Hyperfeinstruktur in einem äußeren Magnetfeld weiter auf, so daß Nebenresonanzen entstehen. In Cäsiumnormalen werden diese zur Kalibrierung des Magnetfelds und damit auch der Hauptresonanz verwendet. Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand wird angenommen, daß diese Frequenzen weder vom Raum noch von der Zeit abhängen, sondern als universale Naturkonstanten angesehen werden dürfen.

Im ungestörten Zustand befinden sich, statistisch gesehen, jeweils die Hälfte aller Atome in einem der beiden Grundzustände. In einem Cäsiumnormal, bei dem ein Strahl von Atomen gebildet wird, lenkt man durch geeignete Magnete die beiden Sorten in unterschiedliche Richtungen und bearbeitet nur eine der beiden Sorten. Im hier näher beschriebenen Rubidiumnormal wird durch „optisches Pumpen" ein Ungleichgewicht in der Besetzung der beiden Grundzustände erreicht. Dabei regt Licht mit bestimmter Wellenlänge die Atome der einen Sorte an, einen höheren (optischen) Energiezustand einzunehmen. Nach kurzer Zeit fallen diese angeregten Atome in einen der beiden Grundzustände zurück, wobei sie die vorher aufgenommene Lichtenergie wieder abgeben. Da der Rückfall - statistisch gesehen - gleichmäßig in beide Grundzustände erfolgt (die Atome „vergessen" sozusagen ihre Herkunft), wird eine Überbesetzung des einen und eine Unterbesetzung des anderen Zustands erreicht. Das anregende Licht, in der Regel gerichtet von einer Lichtquelle kommend, wird ebenso beim Rückfall in alle Richtungen gleichmäßig abgegeben.

Damit nur Atome aus dem gewünschten Grundzustand angeregt werden, müssen an die Wellenlänge besondere Forderungen gestellt werden. Üblicherweise benutzt man hierzu eine Gasentladungslampe, die wiederum mit Rubidium gefüllt ist. Dabei entsteht allerdings Licht, das die zum Pumpen beider Grundzustände erforderlichen Wellenlängen enthält. Damit läßt sich das gewünschte Ungleichgewicht nicht herstellen. Erfreulicherweise gibt es bei Rubidium ein weiteres Isotop, ^{85}Rb, dessen Wellenlängen geringfügig unterschiedlich sind, so daß es sich als Filter für die unerwünschte Wellenlänge eignet. Im klassischen Gaszellennormal finden wir deshalb eine Gasentladungslampe, gefüllt mit ^{87}Rb, eine Filterzelle mit ^{85}Rb und eine Resonanzzelle, wieder gefüllt mit ^{87}Rb. Moderne Miniaturausführungen vereinigen Filter- und Resonanzzelle, die dann mit einem Isotopengemisch, z. B. in natürlich vorkommender Verteilung, gefüllt wird.

Prinzipiell eignen sich auch Laserdioden zum optischen Pumpen, allerdings sind die Anforderungen an Wellenlängenstabilität und Lebensdauer so hoch, daß sie bis jetzt noch nicht in industriell gefertigten Geräten eingesetzt werden. Stellt man das durch optisches Pumpen erzeugte Ungleichgewicht wieder her, indem man die Atome einem Hochfrequenzfeld mit der Übergangsfrequenz aussetzt, so verstärkt sich der Lichtstreueffekt der Resonanzzelle. Dieser Effekt kann benutzt werden, um die Frequenz des Hochfrequenzfelds so zu regeln, daß die maximale Streuung und damit die Übergangsfrequenz erreicht wird.

2.2 Funktionsweise

Bild 1 zeigt das Blockschaltbild eines Rubidiumoszillators. Wie die meisten Atomfrequenznormale ist auch dieser Oszillator passiv, d. h., der frequenzbestimmende Resonator befindet sich nicht im aktiven Teil des Oszillators, z. B. im Rückkopplungszweig eines Verstärkers. Das Ausgangssignal (z. B. 10 MHz) wird vielmehr von einem Quarzoszillator erzeugt, dessen Frequenz mit Hilfe der Atomresonanz geregelt wird. Dazu muß seine Frequenz auf die Resonanzfrequenz des Rubidiums umgesetzt werden. Solange noch keine hochintegrierten Digitalbausteine zur Verfügung standen, stellte der erforderliche Vervielfachungsfaktor von 683,468 2 ... die Entwickler vor erhebliche Probleme. Da war es hilfreich, daß sich die Resonanzfrequenz ein wenig von der Bauweise der Resonanzzelle beeinflussen ließ. So konnte ein verhältnismäßig leicht realisierbarer Faktor von 683,467 50 verwendet werden.

Die so erzeugte Hochfrequenz speist einen Hohlraumresonator, in dessen Inneren sich die Resonanzzelle befindet. Dabei handelt es sich um einen zylindrischen Glasbehälter von etwa 25 mm Durchmesser und 30 mm Länge. Im

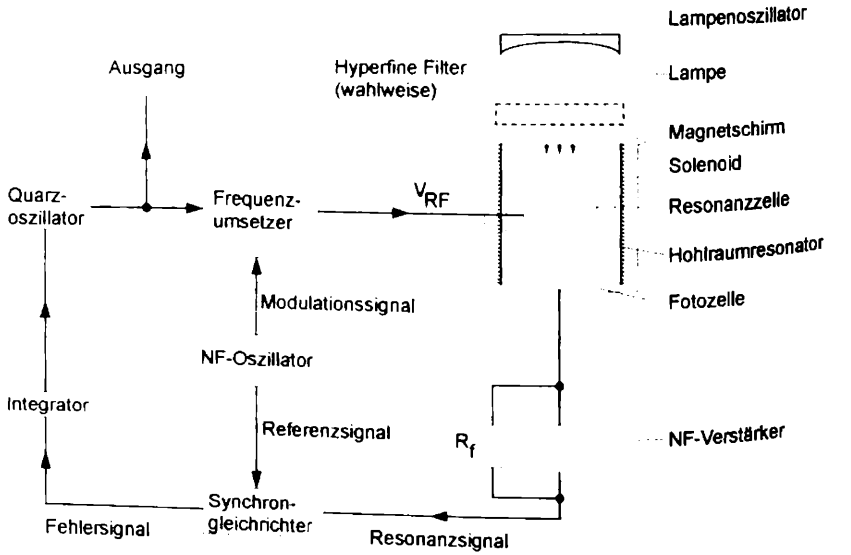


Bild 1: Blockschaltbild eines Rubidiumoszillators

Herstellungsprozeß wird dieser zuerst evakuiert und anschließend mit einer geringen Menge Rubidium (ca. 500 µg) gefüllt. Rubidium wird bei 39 °C flüssig und weist bei der Betriebstemperatur von ca. 75 °C einen Dampfdruck von $5{,}6 \cdot 10^{-5}$ hPa auf. Damit befinden sich etwa $1.2 \cdot 10^{12}$ Rubidiumatome in jedem Kubikzentimeter der Resonanzzelle. Trotz dieser Dichte würden die Atome von Wand zu Wand fliegen und stünden daher nicht zur Anregung zur Verfügung. Deshalb ist die Zelle noch mit einem sogenannten Puffergas gefüllt. Die Rubidiumatome stoßen deshalb ständig mit den Molekülen des Puffergases zusammen. Das ermöglicht einerseits die Anregung, führt aber andererseits zu einer geringen Frequenzverschiebung. Die ist hilfreich für die Auslegung des Frequenzumsetzers, kann aber eine Ursache für unerwünschte Frequenzänderungen sein.

Das zum Pumpen erforderliche Spektrallicht wird mit einer Gasentladungslampe erzeugt. Das ist ebenfalls ein Glasbehälter, annähernd kugelförmig mit ca. 1 cm Durchmesser. Gefüllt mit ebenso wenig Rubidium, aber in anderer Isotopenmischung als die Resonanzzelle, enthält er keine Elektroden wie beispielsweise gewöhnliche Leuchtstoffröhren. Die Anregung geschieht über ein Hochfrequenzfeld, das von einem Oszillator mit Hilfe einer Spule eingekoppelt wird. Als Zündhilfe ist auch hier eine zusätzliche Gasfüllung erforderlich, meist mit einem Edelgas.

Das Spektrallicht der Lampe fällt durch eine Öffnung im Hohlraumresonator auf die Resonanzzelle und die darin enthaltenen Rubidiumatome. Ein Teil des Lichts wird durch den Pumpprozeß in alle Richtungen gestreut, der große Rest fällt auf eine Fotozelle, die gegenüber im Hohlraumresonator angebracht ist. Speist man nun den Hohlraumresonator mit der genauen Resonanzfrequenz der Atome, so verstärkt sich ihre Lichtstreuwirkung, und die Intensität an der Fotozelle geht zurück. Der Effekt ist allerdings recht schwach. Eine statische Abstimmung wäre daher nicht sehr genau. Man greift deshalb zu einer niederfrequenten Phasen- bzw. Frequenzmodulation, die sich im Zuge der Umsetzung auf 6,8... GHz leicht bewerkstelligen läßt. Bei Fehlabstimmung ist daher auch der Strom der Fotozelle moduliert, wobei Betrag und Phase proportional zur Verstimmung sind. Nach entsprechender Verstärkung wird das Resonanzsignal deshalb einem Synchrongleichrichter zugeführt, der vom Modulationsoszillator gesteuert wird.

Das so entstandene Fehlersignal wird gefiltert und integriert, wodurch eine Gleichspannung entsteht, mit der die Frequenz des Quarzoszillators gesteuert wird. Ist der Quarzoszillator richtig abgestimmt, verschwindet die Grundwelle der Modulation, und es tritt nur noch die 2. Harmonische auf (nach beiden Seiten wird das Licht stärker). Diese Tatsache wird zur Selbstüberwachung benutzt, um ein Signal zu erzeugen, das dem Anwender die Synchronisation mit der Atomresonanz anzeigt.

Bild 2 zeigt den in der Taktversorgungseinheit verwendeten Rubidiumoszillator. Das Gehäuse, das auch als magnetische Abschirmung dient, ist abgenommen. Deutlich erkennt man vorn rechts die Rubidiumlampe im würfelförmigen Gehäuse. Links daneben, durch eine Schaumstoffbarriere getrennt, befindet sich der zylindrische Resonator mit dem Kabel für die Mikrowelleneinspeisung und einem der beiden Leistungstransistoren, mit denen die Heizleistung aufgebracht wird. In der Ecke ganz links hinten sitzt der Schwingquarz des 10-MHz-Oszillators im TO-5-Gehäuse. Der „Kühlkörper" dient hier der Erhöhung der thermischen Masse, um so die Kurzzeitstabilität des Oszillators zu verbessern. Große Teile der Digitalelektronik, insbesondere der Frequenzumsetzung, sind in einer hochintegrierten Schaltung untergebracht, die zwischen Resonator und Ausgangsstecker zu erkennen ist.

2.3 Eigenschaften

Während die Frequenzstabilität von Quarzoszillatoren durch die mechanischen Eigenschaften wie Elastizität, Gewicht und Abmessungen der verwendeten Resonatoren bestimmt wird, bezieht der Rubidiumoszillator diese aus

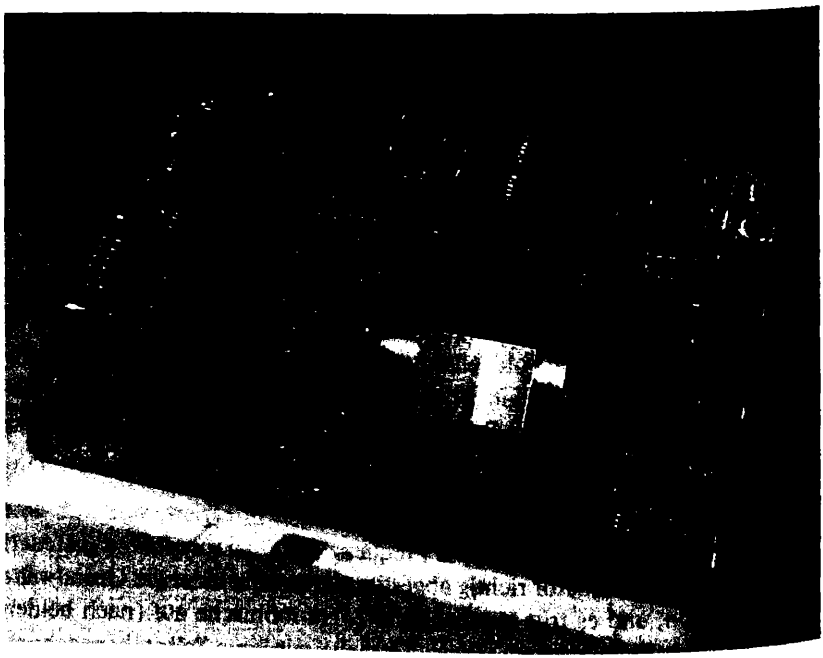


Bild 2: Foto eines Rubidiumoszillators

dem Mikrokosmos der Atome. Daraus und aus der tausendfach höheren Resonanzfrequenz (6.8 GHz gegenüber z. B. 5 MHz) ergeben sich Eigenschaften, die auch hochpräzise Quarzoszillatoren mit komplizierten Quarzschnitten, elektrodenlosen Schwingquarzen und Doppelthermostaten mühelos übertreffen. Tabelle 1 führt die wichtigsten Eigenschaften des Rubidiumoszillators auf.

Anheizzeit	5.4 Minuten bis zum Einrasten auf Resonanz
	10,6 Minuten für $4 \cdot 10^{-10}$
Wiederkehrgenauigkeit	$2.5 \cdot 10^{-11}$ nach 24 Stunden bei 48 Stunden Unterbrechung
Kurzzeitstabilität	$2.5 \cdot 10^{-11}$ (1 s)
	$0.8 \cdot 10^{-11}$ (10 s)
	$2.5 \cdot 10^{-12}$ (100 s)
Temperaturkoeffizient	$3 \cdot 10^{-10}$ von 0 °C bis 50 °C
Alterung	$5 \cdot 10^{-11}$/Monat (nach dem 1. Monat)
	$1 \cdot 10^{-9}$ über 10 Jahre

Tabelle 1: Eigenschaften des Rubidiumoszillators

2.4 Anwendung in der Netzsynchronisation

Digitale SDH-Netze setzen in allen Netzelementen kohärente Taktfrequenzen voraus. Die verwendeten Taktgeneratoren (SEC, Synchronous Equipment Clock) müssen daher synchronisiert (eigentlich: syntonisiert) werden. Dazu wird dem physikalischen Transportnetz ein logisches Synchronisationsnetz überlagert, das den von einem zentralen Taktgeber höchster Präzision (PRC, Primary Reference Clock) erzeugten Takt nach hierarchischen Prinzipien im ganzen Netz verteilt. Aus Sicherheitsgründen sind dabei Ersatzwege bereitzustellen. Besonders ist darauf zu achten, daß auf keinen Fall Taktschleifen entstehen können, bei denen sich einzelne Taktgeneratoren gegenseitig synchronisieren.[1]

In ausgedehnten Netzen mit vielen hintereinandergeschalteten Netzelementen kommt es aus vielerlei Gründen zu einem Anwachsen des Jitters und Wanders, das begrenzt werden muß, um die einwandfreie Funktion des gesamten Systems aufrechtzuerhalten. Empfehlungen wie ITU-T G.823 und EN 300 462-3-1 sehen deshalb zur Begrenzung den Einsatz von Taktregeneratoren (SSU, Synchronisation Supply Unit, oder SASE, Stand Alone Synchronisation Supply) vor, mit deren Hilfe Jitter und Wander unter dem zulässigen Maß gehalten werden können. Die Mindestanforderungen an derartige Taktregeneratoren werden durch Empfehlungen wie ITU-T G.812 und EN 300 462-4-1 festgelegt.

Im wesentlichen handelt es sich bei einem Taktregenerator um einen phasengeregelten Oszillator (PLL, Phase Locked Loop), dessen Ausgangsphase der mittleren Eingangsphase entspricht und der für Phasenschwankungen wie Jitter und Wander einen Tiefpaß darstellt. Entsprechend der Grenzfrequenz seines Regelkreises unterdrückt der PLL höherfrequente Phasenschwankungen. Die obengenannten Empfehlungen fordern daher eine maximale Grenzfrequenz von 3 mHz. Eine noch niedrigere Grenzfrequenz ist allerdings wünschenswert, um Jitter und Wander möglichst vollständig zu unterdrücken. Dem sind aber durch die Eigenstabilität des verwendeten Oszillators Grenzen gesetzt. Je niedriger die Grenzfrequenz und je langsamer somit die Regelung, desto größer sind natürlich die vom Oszillator selbst erzeugten Phasenschwankungen. Der Einsatz von Rubidiumoszillatoren erlaubt eine um den Faktor 100 niedrigere Grenzfrequenz, d. h. 30 µHz!

Dank der langsamen Nachführung und der umfangreichen Überwachung der Signalqualität in bezug auf MTIE und Frequenzabweichung ist es viel besser möglich, Probleme zu erkennen und für eine automatische Umschaltung auf

1 Siehe auch den nachfolgenden Beitrag von Werner Weis.

eine ungestörte Referenz zu sorgen. Damit kann man die Schaltschwellen niedriger ansetzen und so das Netz in einem wesentlich besseren Synchronisationszustand halten. Eine wichtige Eigenschaft des Taktregenerators ist seine Fähigkeit, bei Verlust aller Referenzen die zuletzt erzeugte Frequenz zu halten und abzugeben. Je länger das mit hoher Genauigkeit gelingt, desto länger können auch die Reaktionszeiten des Wartungspersonals sein, was sich wiederum kostensenkend auswirkt. Hier kann der Rubidiumoszillator seine überragenden Eigenschaften voll ausspielen (Tabelle 2).

Parameter	EN 300 462-4-1	SSU-2000e
a_1	0.5 ns/s	$3 \cdot 10^{-3}$ ns/s
a_2	2 ns/s	0.15 ns/s
b	$2.3 \cdot 10^{-6}$ ns/s^2	$2 \cdot 10^{-9}$ ns/s^2
c	60 ns	10 ns

Tabelle 2: Holdover-Eigenschaften des Rubidiumoszillators

Bild 3 zeigt gemessene Phasenabweichungen von vier verschiedenen rubidiumbestückten Taktregeneratoren. Auch nach 350 000 s (vier Tage) bleibt die Abweichung deutlich unterhalb der eigentlich für PRCs geltenden ITU-T G.811-

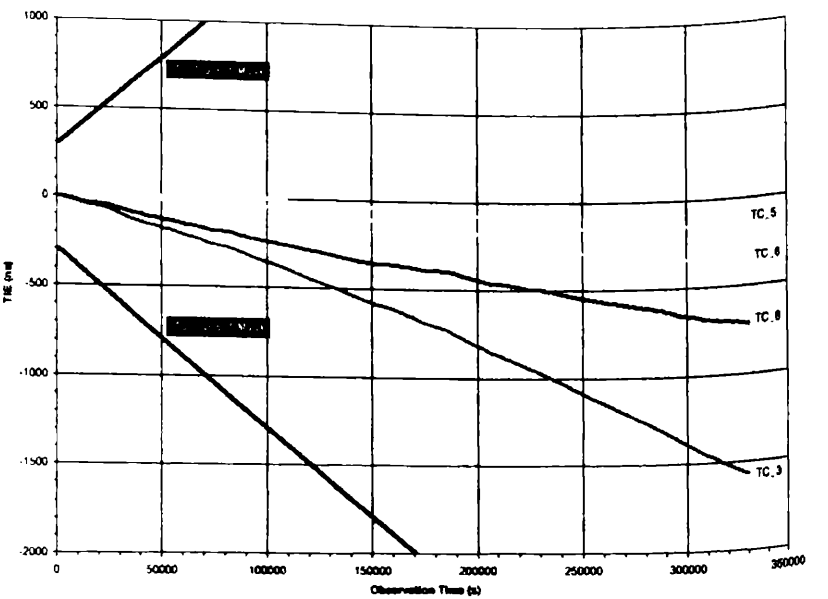


Bild 3: Gemessenes Holdover-Verhalten verschiedener Rubidiumoszillatoren

Marke. Damit wird deutlich, daß selbst bei völligem Ausfall der Taktversorgungswege PRC-Qualität noch mehrere Tage gehalten werden kann.

2 Navigationssysteme und Zeit

Navigation als Kunst, auch in unbekanntem Gelände, insbesondere auf See, zuverlässig den richtigen Weg zu finden, setzt u. a. auch die Fähigkeit zur Bestimmung des momentanen Standorts voraus. Vermutlich hat sich schon Odysseus am nächtlichen Sternenhimmel orientiert - ein Verfahren, das ohne genaue Uhren und das wissenschaftliche Rüstzeug leicht zu den von Homer besungenen Verirrungen führen kann. Weil die Erde sich um die eigene Achse dreht, ist ihr aktueller Drehwinkel entscheidend für die Positionsbestimmung durch Sternhöhenmessungen. Letztendlich bilden Uhren genau diesen Drehwinkel ab. Im Jahr 1714 lobte die Britische Marine ein Preisgeld in Höhe von £ 20 000 für denjenigen aus, der die geografische Länge auf See auf ein halbes Grad oder besser bestimmen konnte. Das erforderte eine Uhr mit einer Gangabweichung von höchstens 2 Minuten, damals eine harte Forderung.

Moderne Funknavigationsysteme sind auf noch viel genauere Zeit angewiesen. Da nun nicht mehr der Einfallswinkel, sondern die Laufzeit gemessen wird, kommt es auf die Mikrosekunde an. In 1 µs legt das Licht 300 m zurück, und entsprechend groß werden die Positionsfehler. Auch die Ansprüche sind gestiegen, schließlich genügt es nicht mehr, Amerika zu finden, es soll schon eine bestimmte Hafeneinfahrt oder Landepiste sein. Da es völlig unmöglich ist, so genaue Uhren an Bord mitzuführen, sind Funknavigationssysteme so konstruiert, daß durch zusätzliche Maßnahmen die genaue Zeit gewissermaßen als Abfallprodukt der Positionsbestimmung mit berechnet wird. Äußerste Genauigkeit wird allerdings von den Uhren an den Sendeanlagen verlangt, da deren Fehler direkt in das Endergebnis eingehen. Beispiele für Funknavigationsysteme mit Laufzeit(differenz)messung sind Decca, Loran, Omega und schließlich GPS.

3.1 Das Satelliten-Navigationssystem GPS

Das Akronym GPS steht für Global Positioning System. Konzipiert in den sechziger Jahren, sollte es den amerikanischen Streitkräften ein von Zeit, Ort und Wetter unabhängiges Navigieren erlauben. Da für globale Verfügbarkeit auch global verteilte Sendeanlagen erforderlich waren, lag es nahe, diese in den Weltraum zu verlegen. Damit waren sie zwar sehr gut vor Angriffen geschützt, aber ihre Dynamik stellt natürlich an die Rechenleistung im Kontrollsystem und auch in den Empfängern recht hohe Anforderungen. Soll das Sy-

stem nämlich dreidimensional arbeiten, müssen die Sender (Satelliten) auch dreidimensional angeordnet werden. Geostationäre Bahnen, die nur in der Äquatorebene existieren, scheiden aus.

Man entschied sich daher für Bahnen mit einer Umlaufzeit von einem halben Sterntag (der Sterntag ist etwa 4 Minuten kürzer als der „bürgerliche" Tag und entspricht der Dauer einer Umdrehung der Erde im Raum). Das hat zur Folge, daß nach genau einer Erddrehung der Satellit zwei Umläufe hinter sich gebracht hat und damit über derselben Stelle auf der Erdoberfläche steht. Aus dieser Forderung ergibt sich ein Bahnradius von etwa 26 000 km oder ca. 4 Erdradien. Aus dieser Entfernung hat der Satellit schon fast die halbe Erde in Sicht. Die Bahnen sind um etwa 55° gegen die Äquatorebene geneigt. 24 Satelliten verteilen sich auf 6 Bahnen, die um jeweils 60° versetzt sind. Diese Bahnanordnung stellt gewissermaßen einen Vogelkäfig dar, in dessen Innern sich die Erde mit den Anwendern befindet. Jeder der 24 Satelliten sendet nun Funksignale aus, die von den Nutzern auf der Erde empfangen und verarbeitet werden können. Die Positionsbestimmung des Nutzers erfolgt durch die Messung der Entfernung zum Satelliten über die Bestimmung der Laufzeit dieser Funksignale. Im Gegensatz zum Radar handelt es sich um ein Einwegverfahren, so daß der Nutzer keine Signale aussenden und der Satellit nicht auf eine Vielzahl von Anfragen antworten muß. Erste Voraussetzung für eine derartige Laufzeitmessung ist, daß alle Satelliten des Systems die Signale synchron aussenden, und das heißt hier wirklich gleichzeitig zu einer vereinbarten Zeit. Deshalb enthalten alle GPS-Satelliten hochgenaue Cäsiumuhren, deren Stand und Gang vom Boden aus ständig vermessen werden. Besäße der Nutzer eine vergleichbare Uhr, könnte er aus dem Zeitpunkt des Eintreffens des Signals unmittelbar auf die Laufzeit schließen. Das ist aber weder möglich noch notwendig, vielmehr genügt es, eine hinreichend stabile Uhr bereitzustellen, deren Stand und Gang aus den Messungen ebenso berechnet werden wie Position und Geschwindigkeit.

Selbstverständlich ist dazu auch die Kenntnis der Satellitenposition erforderlich. Da dies mit einer Unsicherheit von wenigen Metern geschehen soll, wäre selbst bei geostationären Satelliten eine Angabe wie „19° Ost" viel zu ungenau. Die GPS-Satelliten bewegen sich aber mit einer Geschwindigkeit von ca. 3,8 km/s auf ihrer Bahn. Damit die Position für einen beliebigen Meßzeitpunkt bestimmt werden kann, verbreitet jeder Satellit seine Bahndaten in Form der Parameter einer klassischen Kepler-Ellipse. Damit wird die Bahn allerdings nur für jeweils eine Stunde hinreichend genau beschrieben, dann müssen die Parameter korrigiert werden. Ein Netz von Bodenstationen, die

über die ganze Erde verteilt sind, beobachtet ständig die GPS-Satelliten und meldet die Meßergebnisse in die Zentrale an den Bergen von Colorado, wo sie verarbeitet werden. Als Bahn- und Uhrenkorrekturdaten werden sie dann an die Bodenstationen zurückgegeben, die sie an die Satelliten weiterleiten. Satelliten der neueren Generation können auch untereinander kommunizieren, so daß die krisenanfälligen Bodenstationen an Bedeutung verlieren.

3.2 Signalstruktur

GPS-Satelliten senden ihre Navigationssignale auf zwei verschiedenen Frequenzen im L-Band aus, 1575,42 MHz (L1) und 1227,6 MHz (L2). Beide Signale sind phasenmoduliert (PSK). Alle für den Nutzer relevanten Daten sind in einer Navigationsnachricht von 1500 Bit Länge enthalten, die mit 50 Baud gesendet und ständig, d. h. alle 30 Sekunden, wiederholt wird. Einzelne Inhalte wie der Almanach werden allerdings in Unterrahmen übertragen, so daß ein kompletter Almanach 25 Rahmen benötigt, die in 12,5 Minuten übertragen werden.

Die Navigationsnachricht wird vor der Modulation mit sogenannten Pseudozufallscodes bandgespreizt. Dabei handelt es sich um binäre Zahlenfolgen, deren Selbstähnlichkeit schon bei einem Bit Verschiebung fast zu Null wird. Es werden zwei Codes verwendet, der C/A-Code mit einer Taktrate von 1023 kbit/s und einer Länge von 1023 Bit (1 ms Wiederholrate) sowie der P-Code mit einer Taktrate von 10230 kbit/s und einer Länge von 6187104 MBit (1 Woche Wiederholrate). Dank dieser Bandspreizung verschwindet das mit -133 dBm ohnehin recht schwache Signal auf der Erde im unvermeidlichen Eigenrauschen eines normalen Empfängers und kann daher z. B. mit einem Spektrumanalysator nicht nachgewiesen werden. Alle Frequenzen, Träger, Code-Takte und Baudraten sind übrigens kohärent und ganzzahlige Vielfache oder Teile der Grundfrequenz von 1023 kHz.

3.3 Stabilität und wie man sie verschlechterte

Ursprünglich war der C/A-Code, wie sein Name andeutet (C/A steht für Clear/Access), nur vorgesehen, einem P-Code-Empfänger Zugang zu dem im Rauschen versteckten Signal zu erleichtern. Es ist natürlich möglich, sich gleich mit dem C/A-Code zu begnügen, den die Systementwickler für zu ungenau und deshalb ungefährlich hielten. In den 80er Jahren zeigte sich allerdings, daß durch Fortschritte in der Mikrowellenempfangstechnik und der digitalen Signalverarbeitung beängstigende Positionierungsgenauigkeiten erzielt werden konnten. Man sah daher Veranlassung zu Korrekturmaßnahmen. Ab 4. Juli 1991 wurde das C/A-Signal künstlich so verschlechtert, daß die hori-

zontale Positionsgenauigkeit auf 100 m und die Zeitgenauigkeit auf 340 ns beschränkt wurde. Dies wurde erreicht, indem die Parameter zur Berechnung der Satellitenposition sowie der tatsächliche Sendezeitpunkt absichtlich verfälscht wurden.

Nachdem in den 90er Jahren GPS in zahllosen zivilen Anwendungen Einzug fand, stieg der Druck auf den Betreiber, SA abzuschalten. Am 1. Mai 2000 war es dann so weit, der amerikanische Präsident Clinton konnte der Welt berichten, daß Wege gefunden worden seien, die Sicherheit der amerikanischen Nation auch ohne SA zu gewährleisten. SA wurde demgemäß am 2. Mai 2000 abgeschaltet, wohl für immer. Bild 4 zeigt Meßergebnisse des amerikanischen Marineobservatoriums, die den Unterschied sehr deutlich belegen. Jeder Meßpunkt stellt den Mittelwert einer 15minütigen Satellitenbeobachtung dar.

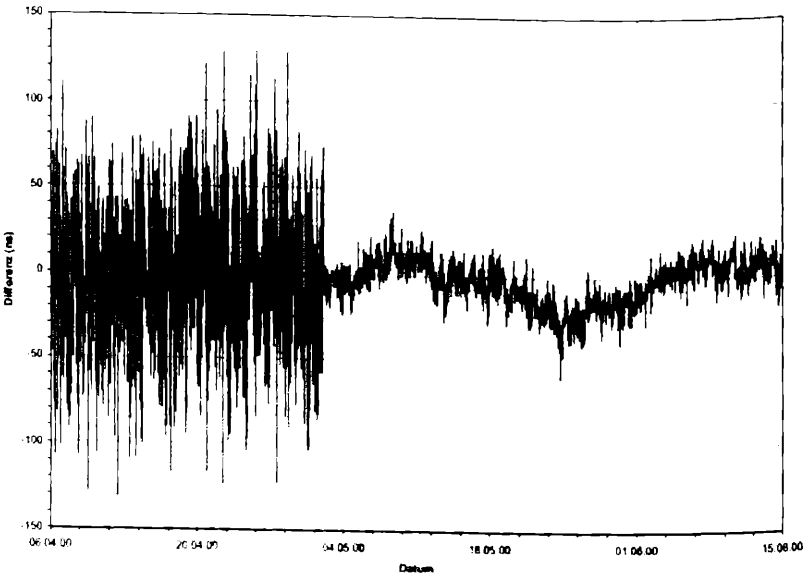


Bild 4: Standdifferenz zwischen der USNO Master Clock und gemessener GPS-Systemzeit

3.4 Der GPS-Zeitempfänger

Bild 5 zeigt einen GPS-Zeitempfänger für Telekommunikations-Anwendungen. Er enthält ein hochintegriertes Empfangsmodul, das mit sechs oder auch acht Empfangskanälen ebenso viele Satelliten gleichzeitig und kontinuierlich verfolgen kann. Da alle GPS-Satelliten auf der gleichen L1-Frequenz von

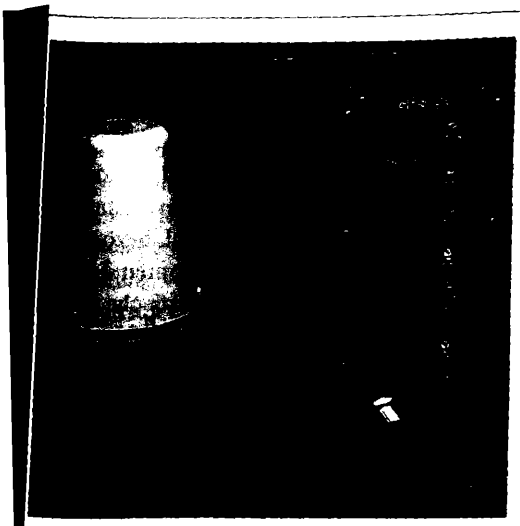


Bild 5: GPS-Zeitempfänger für Telekommunikations-Anwendungen

1575,42 MHz arbeiten, gestaltet sich der Hochfrequenzteil recht einfach. Wegen der hohen Frequenz und der damit verbundenen Dämpfung durch die Antennenleitung ist es angesichts der schwachen Signale notwendig, aktive Antennen zu verwenden. Eine Helixantenne sorgt für die Rundumcharakteristik, da ja die Signale von allen Seiten einfallen. Ein rauscharmer Verstärker mit 48 dB Verstärkung ergibt den nötigen Signal-Rauschabstand, so daß anschließend bis zu 34 dB Leitungsdämpfung zulässig sind. Zusammen mit einem keramischen Bandpaß, der Außerbandstörer unterdrückt, findet die aktive Antenne in einem wetterfesten Kunststoffgehäuse in Getränkedosengröße Platz (Bild 5 links). Versorgt wird sie durch eine Gleichspannung, die über den Innenleiter der Antennenleitung aus dem Empfänger zugeführt wird. Die Antennenversorgung wird auf Über- und Unterstrom überwacht, Abweichungen führen zu entsprechenden Alarmen.

Das Empfangsmodul enthält als „Uhr" einen temperaturkompensierten Quarzoszillator (TCXO), aus dem alle benötigten Takte abgeleitet werden. Da die GPS-Satelliten durch unterschiedliche Codemuster unterscheiden, werden die für die vermutlich sichtbaren Satelliten gültigen Codes generiert, und in den entsprechenden Hardware-Kanälen wird durch Kreuzkorrelation nach Satellitensignalen gesucht. Dazu müssen zunächst die aus Satelliten- und Erdbewegungen möglicherweise resultierenden Dopplerverschiebungen berücksichtigt werden. Durch zeitliche Verschiebung der generierten Codes wird dann versucht, maximale Übereinstimmung zu finden. Gelingt das, so ist das Signal als gefunden, und es kann mit der Decodierung der Daten be-

gonnen werden. Gelingt es innerhalb einer bestimmten Zeit nicht, wird nach einem anderen Satelliten gesucht. Je nach Ausgangssituation kann es mehrere Minuten dauern, bis genügend Satellitensignale gefunden sind.

Aus der zur Korrelation erforderlichen Zeitverschiebung, der Lage der Bitwechsel des Datenstroms und den im Datenstrom enthaltenen Zeitmarken kann der Empfänger jetzt die Laufzeit berechnen, die das Signal, bezogen auf die eigene Uhr (den TCXO), unterwegs war. Mit der bekannten Lichtgeschwindigkeit und unter Ansatz einiger Korrekturen für relativistische Effekte und Verzögerungen in der Erdatmosphäre kann damit auf die Entfernung geschlossen werden. Da die eigene Uhr einen unbekannten Standfehler aufweist, handelt es sich allerdings um eine sogenannte Pseudoentfernung. Da auch die drei Ortskoordinaten unbekannt sind, benötigt der Empfänger also vier unabhängige Pseudoentfernungsmessungen von vier verschiedenen Satelliten.

Mit Hilfe der empfangenen Daten berechnet man zunächst die Positionskoordinaten SV für den Meßzeitpunkt. Anschließend geht man von einem beliebigen Punkt R in Erdnähe (je näher am tatsächlichen Ort, desto schneller konvergiert die Iteration) und einer Uhrzeit T aus und berechnet die Sollentfernungen:

$$R_i = \sqrt{(SVx_i - Rx)^2 + (SVy_i - Ry)^2 + (SVz_i - Rz)^2}$$

Man linearisiert das Gleichungssystem und berechnet die Richtungs- und Zeitabweichungen:

$$Dx_i = \frac{SVx_i - Rx}{R_i} \qquad Dy_i = \frac{SVy_i - Ry}{R_i} \qquad Dz_i = \frac{SVz_i - Rz}{R_i} \qquad Dt_i = -1$$

Damit läßt sich ein Gleichungssystem mit den Meßwerten L aufstellen, und man erhält den Lösungsvektor $\mathrm{d}R$:

$$A = \begin{vmatrix} Dx_0 & Dy_0 & Dz_0 & Dt_0 \\ Dx_1 & Dy_1 & Dz_1 & Dt_1 \\ Dx_2 & Dy_2 & Dz_2 & Dt_2 \\ Dx_3 & Dy_3 & Dz_3 & Dt_3 \end{vmatrix} \qquad \mathrm{d}R = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot L = \begin{vmatrix} \mathrm{d}R_0 \\ \mathrm{d}R_1 \\ \mathrm{d}R_2 \\ \mathrm{d}R_3 \end{vmatrix}$$

Man korrigiert die angenommene Position um die berechneten Korrekturen:

$$Rx = Rx + \mathrm{d}R_0 \qquad Ry = Ry + \mathrm{d}R_1 \qquad Rz = Rz + \mathrm{d}R_2 \qquad T = T + \mathrm{d}R_3$$

Man wiederholt den Ablauf so lange, bis der Korrekturvektor dR verschwindet. Damit sind Position und Zeit des Nutzers bestimmt. Bei stationären Anwendungen ist die Positionsbestimmung nur nach einer Neuinstallation erforderlich. Sobald durch Mittelung eine hinreichend genaue Position bestimmt ist, genügt im Prinzip ein Satellit, um die genaue Zeit zu bestimmen. Stehen mehrere Satelliten zur Verfügung, verwendet sie der Zeitempfänger, um daraus einen genaueren Mittelwert zu errechnen. Dabei wird auch eine Plausibilitätsprüfung vorgenommen, so daß eine möglicherweise fehlerhafte Messung automatisch entfernt wird.

Das Empfangsmodul liefert einen Sekundenimpuls als Zeitmarke und ein Zeittelegramm dazu über eine serielle Schnittstelle. Ein mikroprozessorgesteuerter Regelkreis synchronisiert die Frequenz eines Quarzoszillators mit dem Sekundenimpuls des Empfangsmoduls. Der Mikroprozessor übernimmt auch das Management des Empfangsmoduls, leitet gegebenenfalls die Positionsbestimmung ein und schaltet das Ausgangssignal frei, sobald der Regelkreis eingeschwungen ist. Da der GPS-Zeitempfänger als Referenzquelle für eine Taktversorgungseinheit dient, werden an ihn keine Anforderungen bezüglich Holdover-Eigenschaften gestellt. Man kommt daher mit einem preisgünstigen temperaturkompensierten Quarzoszillator aus. Durch eine ausgefeilte Überwachung des GPS-Empfangs wird sichergestellt, daß keine fehlerhafte Frequenz abgegeben, sondern notfalls der Ausgang abgeschaltet wird.

3.5 Nutzen für die Netzsynchronisation

Der Einsatz von Rubidiumoszillatoren in Taktversorgungseinheiten nach G.812 bzw. EN 300 462-4-1 führt wegen der hohen Eigenstabilität der Oszillatoren zu einer Verminderung der Jitter- und Wanderausbreitung im Netz. Fallen im Extremfall alle Referenzsignale der Taktversorgungseinheit aus, geht diese in Holdover. Normalerweise muß dieser Zustand innerhalb weniger Stunden behoben werden, um Qualitätsverluste zu vermeiden. Dank der geringen Temperaturabhängigkeit und Alterung von Rubidiumoszillatoren kann diese Zeit auf Tage verlängert werden. Damit können Personalkosten gespart werden, und das Netz wird zuverlässiger.

Der GPS-Zeitempfänger stellt eine preisgünstige Referenzfrequenzquelle mit PRC-Qualität dar. Zwar ist die Kurzzeitstabilität nicht ganz so hoch wie bei den in PRCs häufig verwendeten Cäsiumnormalen. Die Genauigkeit, gemittelt über eine Woche (wie etwa in G.811 empfohlen) ist jedoch mit $<1 \cdot 10^{-12}$ um eine Größenordnung besser als gefordert. Deutlich wird dies in Bild 6. Bei einer Beobachtungszeit von 10 s wird die für PRC geltende Maske geringfügig

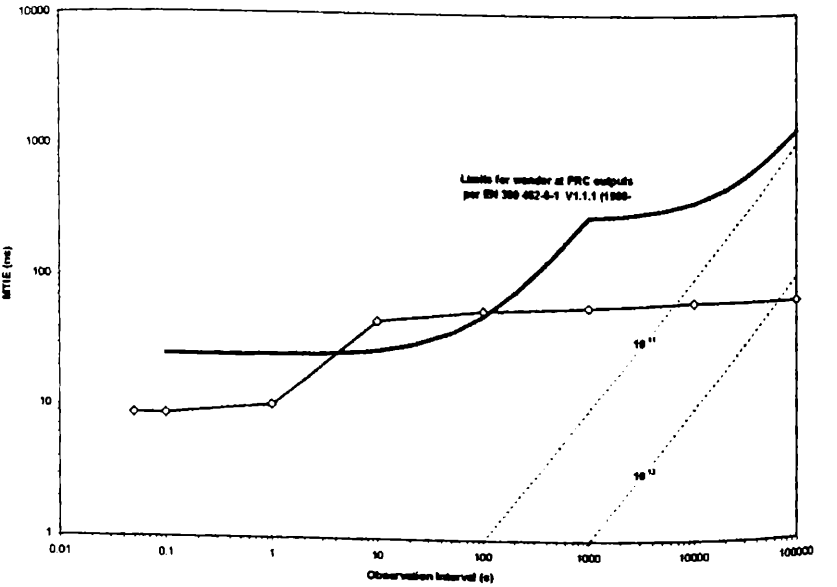


Bild 6: Maximaler Zeitintervallfehler (MTIE) des GPS-Zeitempfängers

überschritten. Das ist hauptsächlich auf Empfangsstörungen wie Mehrwegempfang zurückzuführen. Mit zunehmender Beobachtungszeit nimmt MTIE allerdings nicht weiter zu, wie auch zu erwarten ist. Zum Vergleich ist gestrichelt der Verlauf einer Quelle mit einem Frequenzfehler von $1 \cdot 10^{-11}$ bzw. $1 \cdot 10^{-12}$ dargestellt. Damit steht eine hochgenaue Vergleichsquelle zur Verfügung, mit der sich, an strategisch wichtigen Punkten installiert, das Netz sehr gut auf sein Wanderverhalten überwachen läßt. Ein anderer Einsatzfall ist das Bereitstellen einer Referenzquelle an Standorten, an denen die Schaltung eines Ersatzweges problematisch ist. In großen Netzen kann es auch von Vorteil sein, die hierarchische Struktur aufzubrechen und die Anzahl der Ebenen zu reduzieren (Verflachung der Hierarchie). Planung und Instandhaltung werden dadurch erleichtert, und die Gefahr der Schaltung von Synchronisationsschleifen verringert sich.

ttp

Synchronisation des T-Nets

Von Werner Weis, Dieburg

Dipl.-Ing. Werner Weis,
Jahrgang 1952,
ist bei der Deutschen Telekom AG
u. a. für die Synchronisation
des T-Nets zuständig.

1 Vorwort

In der Vergangenheit war es ausreichend, Vermittlungsstellen und Crossconnectoren zu synchronisieren. Für das Transportnetz der Plesiochronen Digitalen Hierarchie (PDH) war eine Synchronisation nicht erforderlich. Alle Übertragungswege mit einer Übertragungsrate von 2,048 Mbit/s synchronisierten sich auf das jeweilige Eingangssignal und transportierten das Signal transparent bis zum Ausgang der Übertragungstrecke. In den Multiplexeinrichtungen wurde bei Taktabweichungen zwischen den einzelnen 2,048-Mbit/s-Kanälen durch Stopfbits ein Ausgleich geschaffen. Diese Stopfbits wurden je nach Richtung der Taktabweichung zwischen zwei Rahmen (alle 125 µs) eingefügt oder weggelassen. Der durch das Stopfen entstehende Jitter war sehr gering und ließ sich durch einfache Filter reduzieren. Zum Synchronisieren der Netzknoten wurde der Takt aus den ankommenden 2,048-Mbit/s-Signalen der höheren Netzebene abgeleitet.

Mit der Einführung der Synchronen Digitalen Hierarchie (SDH) mußten auch die Übertragungseinrichtungen synchronisiert werden. Da alle Übertragungseinrichtungen synchron arbeiten, werden Multiplexen und Demultiplexen erheblich vereinfacht. Taktabweichungen der SDH-Einrichtungen kann man durch sogenannte Pointer ausgleichen. Pointer generieren, wie Stopfbits, Jitter und zusätzlich Wander. Durch Filter läßt sich der Jitter, jedoch nicht der niederfrequentere Wander unterdrücken.

Nachfolgend wird gezeigt, wie sich durch ein spezielles Taktnetz die Synchronisation aller Komponenten in einem großen Telekommunikationsnetz sicherstellen läßt.

2 Begriffe und Definitionen

Da Synchronisationsfehler gravierende Folgen haben können, wurden vom European Telecommunications Standard Institute (ETSI) und der International Telecommunication Union (ITU) Empfehlungen für die Gestaltung von Taktnetzen und die zu verwendeten Takteinrichtungen (Generatoren) erstellt [1, 7].

PRC: Aus der ITU-T G.822: „Controled slip rate objectives on an international digital connection" [11] läßt sich die erforderliche Freilauf-Genauigkeit für die Primary Reference Clock (PRC) zu $1 \cdot 10^{-11}$ bestimmen. Dies bedeutet ein Slip (125 µs Phasendifferenz) in 70 Tagen. Diese Genauigkeit ist nur mit Caesium-Atomuhren zu erreichen [6, 8].

SSU: Die Synchronization Supply Unit (SSU) ist eine Takteinrichtung mit Generator (Freilauf-Genauigkeit ca. $1 \cdot 10^{-9}$), die mehrere Referenz-Takteingänge bewertet, ein Taktsignal auswählt, dieses Signal filtert und das aufbereitete Signal über Verteiler an Taktverbraucher abgibt. Die SSU ermittelt eine Vielzahl von Qualitätsdaten zum Überwachen des Taktnetzes [4, 9].

SEC: Die SDH Equipment Clock (SEC) ist die interne Takteinrichtung mit Generator (Freilauf-Genauigkeit ca. $4{,}6 \cdot 10^{-6}$) eines SDH-Netzelements (NE), die aus mehreren Taktquellen innerhalb des Netzelementes ein Taktsignal auswählt, dieses Signal filtert und das aufbereitete Taktsignal für interne Synchronisation der Schnittstellen des Synchronen Transport Modul (STM) im Netzelement verwendet. Die SEC ermöglicht es, bestimmte Qualitätsbewertungen durchzuführen und im SSM-Byte zu übertragen [5].

SSM: Die Synchronization Status Message (SSM) wird im S1-Byte des STM-Overhead übertragen. Die Bits 5, 6, 7 und 8 enthalten die Informationen zur Qualität des Taktsignals entsprechend Tabelle 1.

Taktverteiler: Taktverteiler sind Verstärker, die zugeführte Taktsignale vervielfachen. Ein Taktgenerator, der bei Ausfall der Eingangssignale ein Referenz-Taktsignal erzeugt, ist nicht vorhanden. Die Überwachung zeigt nur den Ausfall von Taktsignalen an.

SSM-Code	Beschreibung	Acronym
0010	ETS 300 462-6	PRC
0100	ETS 300 462-4	SSU Transit
1000	ETS 300 462-7	SSU Lokal
1011	ETS 300 462-5	SEC
1111	Do Not Use for Synchronisation	DNU
Alle anderen Werte	undefiniert	?

Tabelle 1: SSM-Code

Jitter:

Definition: Jitter sind kurzzeitige Verschiebungen des Bezugspunktes eines digitalen Signals von seiner Referenzposition pro Zeit [1, 7].

Ursache: Ursachen sind Hysterese der Entscheidungsschwellen, die Flankensteilheit der einzelnen Bits sowie das Rauschen. In der SDH-Technik wird durch Pointer-Anpassungen ebenfalls Jitter erzeugt.

Abhilfe: Filter mit Tiefpaß-Charakteristik (z. B. Oszillatoren mit PLL).

Wander:

Definition: Wander sind langzeitige Verschiebungen des Bezugspunktes eines digitalen Signals von seiner Idealposition pro Zeit (Änderungsgeschwindigkeit kleiner 10 Hz) [1, 7].

Ursache: Temperatur- und Alterungsverhalten der beteiligten Einrichtungen bzw. des Übertragungsmediums sowie PLL-Schaltungen in den Taktgeneratoren. In der SDH-Technik wird durch Pointer-Anpassungen ebenfalls Wander erzeugt.

Abhilfe: Abhilfe ist nur durch extrem genaue Oszillatoren möglich, deren Phasenänderung pro Zeit kleiner als der Wander ist.

3 Anforderungen der Dienste

Eine fehlerhafte Synchronisation führt in bestimmten Zeitabständen zum Überlauf oder Leeren von Pufferspeichern an den 2,048-Mbit/s-Schnittstellen. In einem solchen Fall wird dann ein ganzer Rahmen (125 µs) gelöscht oder wiederholt. Dieser Vorgang wird als Slip (Rahmenschlupf) bezeichnet [3, 11, 12, 13]. Die Auswirkungen von Slips auf die verschiedenen Telekommunikationsdienste sind beispielsweise:

- Knackgeräusche bei der Sprachkommunikation;
- Streifen bei der FAX-Übertragung;
- Verringerung der Geschwindigkeit bei der Datenübertragung;
- Fehler beim Zeichengabeverfahren #7;
- Eingefrorene Bilder bei Video-Übertragung;Verbindungsabbruch bei Mobilfunkverbindungen;
- Partieller Zusammenbruch des Telekommunikationsverkehrs.

Im fehlerfreien Zustand des Taktnetzes muß sichergestellt sein, daß der in 24 h auftretende reversible Wander zwischen beliebigen Punkten kleiner als 18 µs ist. Erfahrungswerte, die an ausgewählten Verbindungen ermittelt wurden, zeigen, daß die tatsächlichen Werte kleiner als 10 µs sind. Diese Bedingungen lassen sich erfüllen, wenn eine geeignete Synchronisierungsstrategie und darauf abgestimmte Komponenten eingesetzt werden.

4 Allgemeine Beschreibung des Aufbaus

In der Regel werden heute Taktnetze nach dem Master-Slave-Prinzip aufgebaut [2]. Damit werden hohe Taktgenauigkeit bei geringem Wander, ein relativ einfacher Aufbau des Taktnetzes und bei Störungen eine geringe Störauswirkung erreicht. Der Taktgenerator mit der höchsten Genauigkeit (in der Regel die PRC) ist der Master. Die nachfolgenden Taktgeneratoren der näch-

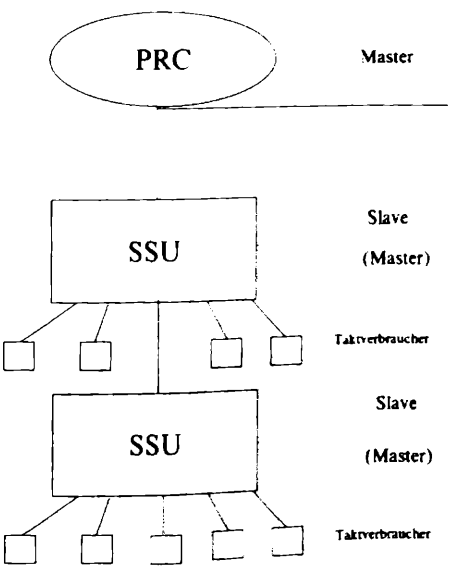


Bild 1: Master-Slave-Prinzip

sten Ebene werden als Slave betrieben, d. h., sie synchronisieren sich auf das ankommende Taktsignal. Dieser Slave-Generator übernimmt für die Taktgeneratoren, die ihm nachfolgen, die Funktion des Masters. In Bild 1 ist der prinzipielle Aufbau einer Master-Slave-Synchronisation dargestellt.

Das Taktnetz der Deutschen Telekom AG versorgt ca. 5 000 Taktgeneratoren in drei Netzebenen mit dem Netztakt.

4.1 Takterzeugung PRC

Die Deutsche Telekom AG hat an den Standorten Berlin und Darmstadt jeweils mehrere Caesium-Atomuhren zur Erzeugung des Taktsignals installiert. Alle Atomuhren befinden sich im Freilauf. Eine dieser Atomuhren ist jeweils aktiv, während die anderen im Standby betrieben werden. Um bei einer Umschaltung einen Phasensprung zu vermeiden, wird mit einem Phasenschieber ein permanenter Phasenabgleich zwischen der aktiven und einer im Standby befindlichen Atomuhr durchgeführt. Da nur der Standort Darmstadt besetzt ist, wird die PRC in Berlin von Darmstadt aus überwacht. Bei einem Totalausfall eines PRC-Standortes kann der jeweils andere unterbrechungsfrei die Taktversorgung übernehmen.

4.2 Taktverteilebene 1

Die Taktverteilung erfolgt von den beiden PRC-Standorten zunächst zu 50 Taktgeneratoren der Taktverteilebene 1. Hierbei handelt es sich um Standorte mit überregionaler Bedeutung. Als Taktgeneratoren werden SSU2000e der Fa. Datum eingesetzt. Alle Standorte werden über zwei Wege mit dem

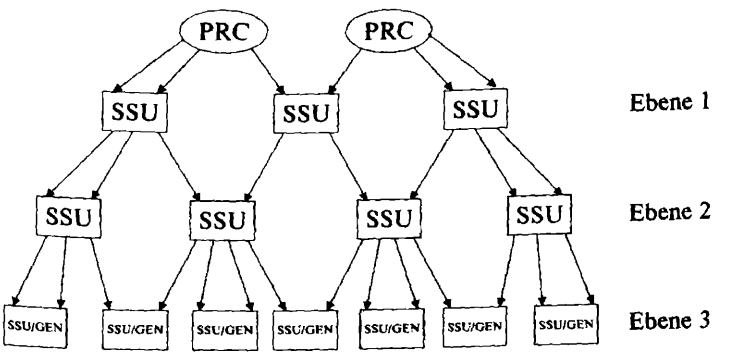


Bild 2: Prinzipdarstellung der Taktverteilebenen

Taktsignal versorgt (Bild 2). Die Taktübertragung erfolgt in der Regel über SDH-Netzelemente. Zur Erhöhung der Verfügbarkeit und für Meß- und Überwachungszwecke sind an diesen 50 Standorten zusätzlich GPS-Empfänger installiert. Der SSU2000e stehen somit drei Taktsignale zur Synchronisation zur Verfügung.

4.3 Taktverteilebene 2

Die 50 Taktgeneratoren der Taktverteilebene 1 versorgen ca. 450 Taktgeneratoren an den regionalen Standorten der Taktverteilebene 2. Auch an den regionalen Standorten werden SSU2000e eingesetzt. Die Taktzuführung erfolgt über zwei Wege und SDH-Netzelemente wie in der Taktverteilebene 1.

4.4 Taktverteilebene 3

Von diesen 450 regionalen Standorten werden ca. 4 500 Taktgeneratoren der Taktverteilebene 3 an lokalen Standorten mit dem Netztakt versorgt. Als Taktgeneratoren werden temperaturstabilisierte Quarz-Oszillatoren, sogenannte Ofenquarze, verwendet. Diese Generatoren sind in der Regel Stand-alone-Geräte. Sie erfüllen die Bedingungen der ITU-T-Empfehlung G.812 [9] für Transit-Clocks. Die Taktzuführung erfolgt über zwei Wege und in der Regel über SDH-Netzelemente.

Aus der Vielzahl von Taktgeneratoren ist ersichtlich, daß auch eine entsprechend hohe Zahl von Übertragungswegen zur Übertragung der Taktsignale zwischen den Taktgeneratoren der einzelnen Taktebenen erforderlich ist. Da nicht immer für jede Verbindung ein eigener Übertragungsweg zur Verfügung steht, sind Reihenschaltungen von einzelnen Abschnitten erforderlich. Bei ringförmigen Netzstrukturen sind ebenfalls besondere Bedingungen zu berücksichtigen. Dies erfordert eine genaue Planung der Übertragungswege, die für die Taktübertragung verwendet werden. Nachfolgend werden die hierfür wesentlichen Gesichtspunkte beschrieben.

4.5 SDH-Übertragungswege des Taktnetzes

In jedem SDH-Netzelement ist eine „Synchronous Equipment Timing Source" (SETS) gemäß ITU-T G.783 [14] zur internen Taktversorgung enthalten. Die „SDH Equipment Clock" gemäß ETSI ETS 300462-5 [5] ist Bestandteil der SETS (Bild 3).

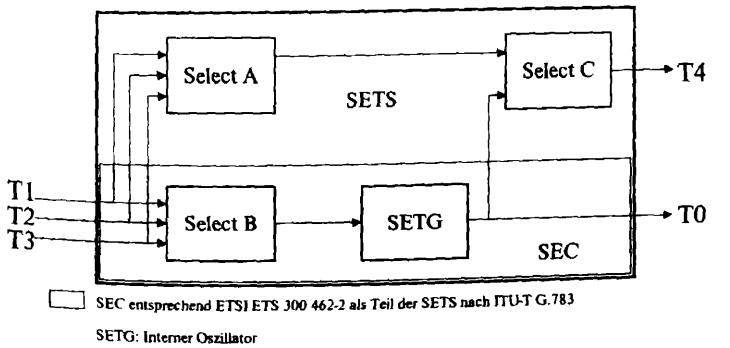


Bild 3: Funktionsweise von SETS/SEC; T1: 2 048-kHz-Eingang vom STM-Interface, T2: 2 048-kbit/s-Eingang vom 2-Mbit/s-Interface, T3: 2 048-kHz-Eingang, T0: interner 2 048-kHz-Ausgang, T4: externer 2 048-kHz-Ausgang

Vorteilhaft bei den SDH-Übertragungsstrecken ist, daß die Übertragung des Taktsignals unabhängig vom Nutzsignal erfolgt. Der Takteingang (T3) wird durch die SETS überwacht. Bei Ausfall des Signals werden die entsprechenden Alarme im Netzelement generiert und zur Anzeige gebracht. Die SETS wählt entsprechend ihrer Voreinstellung einen anderen Takteingang aus. Gleichzeitig wird die SSM an die von der SETS ausgewählte Taktquelle angepaßt. Am fernen Ende der Übertragungsstrecke wird die SETS entsprechend dieser SSM die Qualität des Takteingangssignals (T1) bewerten. Entspricht diese Qualität nicht der geforderten, wird der Taktausgang (T4) abgeschaltet. Dadurch läßt sich sicherstellen, daß nur Taktsignale für die Synchronisation verwendet werden, die der geforderten Qualität entsprechen.

Aus Gründen der Addition von Jitter und Wander ist die Anzahl der SECs zwischen zwei SSU (PRC-SSU) auf $n \leq 20$ begrenzt. Insgesamt sollen nicht mehr als 60 SECs in einer Synchronisationsverbindung auftreten.

4.6 Kettenschaltung von SDH-Netzelementen

Wie in Bild 4 dargestellt, befinden sich n SEC hintereinander. Das NE 1 erhält sein Taktsignal über den T3-Eingang. Die NE 2 bis NE (n - 1) erhalten ihr Taktsignal vom eingehenden Transportsignal der STM-Interface und synchronisieren ihre SETS sowie alle STM-Ausgangssignale. Das NE n empfängt das Taktsignal vom eingehenden Transportsignal der STM-Interface und generiert das Referenz-Signal (T4) für die SSU 2. Die Synchronisation der SETS sowie aller STM-Ausganssignale erfolgt von der SSU 2 über den Takteingang T3.

Wird die Taktzuführung z. B. zwischen der SSU 1 und dem SEC 1 unterbrochen, hat dies für die Taktversorgung der SSU 2 nur geringe Auswirkungen.

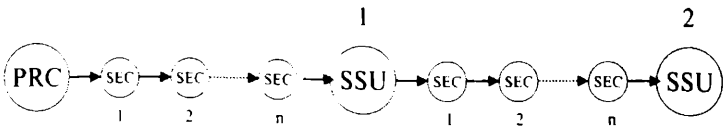


Bild 4: Referenzverbindung für die Synchronisation

Durch die SSM wird entlang der Kettenschaltung jeder SEC mitgeteilt, daß die Qualität des Taktsignals nicht mehr der ITU-T G.812 [9] entspricht. Das NE *n* schaltet daraufhin das Referenz-Signal T4 ab. Wegen des fehlenden Signals schaltet die SSU 2 auf ein anderes Eingangssignal um.

Alle NE der Übertragungsstrecke würden zunächst ein Taktsignal mit der minderen SEC-Qualität erhalten, was zu einem erheblichen Anstieg der Pointer-Häufigkeit und damit des Wanders für das Nutzsignal führt. Dies läßt sich vermeiden, wenn die NE 1 bis (*n* - 1) ihr Referenz-Signal ebenfalls auf das STM-Interface aus der Gegenrichtung umschalten, also das Taktsignal von der SSU 2 beziehen. Durch die Auswertung der SSM werden bei der Restrukturierung der Taktübertragung destabilisierende Taktschleifen vermieden, und für die Zeit bis zur Fehlerbeseitigung wird eine hohe Taktgenauigkeit für die NE sichergestellt.
Das in Bild 5 dargestellte Prinzip wird sinngemäß auch bei Ringstrukturen angewendet. Der im Fehlerfall erforderliche Restrukturierungsvorgang, der automatisch durchgeführt wird, soll in 15 Sekunden abgeschlossen sein. Für die Zeit der Restrukturierung befinden sich die SECs im „Holdover"-Betrieb. Der maximale Phasenfehler bleibt auf diese Weise kleiner als 1 µs, wenn der Vorgang innerhalb dieser Zeit abgeschlossen ist.

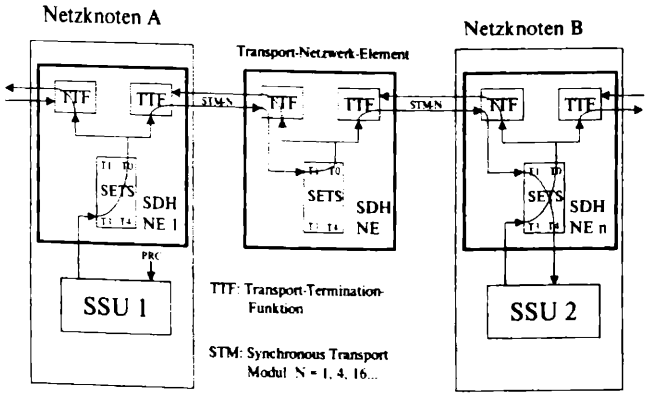


Bild 5: Synchronisationstransport von SSU zu SSU

4.7 Takttransport über PDH

In der unteren Taktnetzebene werden auch 2-Mbit/s-Übertragungswege für den Takttransport eingesetzt. Im Gegensatz zu der SDH ist hier keine SSM vorhanden. Auch sind Nutzsignal und Taktsignal nicht entkoppelt; die Bitrate des Nutzsignals entspricht der Frequenz des Taktsignals. Damit an der Senke (T3ab) kein falsches Taktsignal ausgewertet wird, muß bei Fehlern der Übertragungsstrecke und bei fehlendem Taktsignal an der Quelle (T3an) das Alarm Indicator Signal (AIS) gesendet werden. Dadurch erfolgt die Abschaltung des T3ab am NTPM. Da das AIS aus Dauereins besteht, ist auch das Nutzsignal gestört. Daher werden PDH-Übertragungswege nur im Ausnahmefall für die Taktübertragung verwendet, oder sie werden ohne Nutzsignal betrieben.

5 SSU2000e

Im Jahr 2000 hat die Deutsche Telekom AG begonnen, ihr Taktnetz durch den Einsatz der SSU2000e der Fa. Datum GmbH entscheidend zu verbessern. Wenn der Aufbau der Einrichtungen im Jahr 2001 abgeschlossen ist, werden sich nachfolgende Vorteile ergeben:

- Die Rubidium-Oszillatoren haben im Freilauf eine hohe Genauigkeit.
- Alle Taktgeneratoren können zentral im Netz-Management-Centrum in Bamberg überwacht werden.
- Die Qualitätsdaten des Taktnetzes stehen durch die integrierten Messungen permanent zur Verfügung.
- Diese Daten können für differenzierte Fehleranalysen aufbereitet werden.
- Die Gestaltung des Taktnetzes ist unabhängig von den Netzknoten möglich.
- Die Taktgeneratoren können zentral konfiguriert werden.
- Software-Anpassungen sind von zentraler Stelle möglich.

Beispiel: Bei den bisher verwendeten Taktgeneratoren in den Netzknoten wurde bei fehlendem Eingangssignal in den Holdover-Betrieb gewechselt, was nach zwei bis drei Tagen einen Slip (125 µs) generiert. Bei der SSU2000e ist beim gleichen Fehler erst nach zwei bis drei Wochen mit einem Slip zu rechnen. Dadurch läßt sich der Betriebsaufwand erheblich verringern. Andererseits können die Schwellwerte für die Überwachung von Taktabweichungen entsprechend verringert werden, und das Taktnetz läßt sich mit äußerst geringen Abweichungen stabil halten.

Um die hohe Genauigkeit der Rubidium-Oszillatoren voll auszunutzen, muß auch eine hohe Verfügbarkeit der SSU2000e gegeben sein. Daher sind bei der SSU2000e alle für die Takterzeugung und Aufbereitung erforderlichen Baugrup-

pen gedoppelt. Die Stromversorung erfolgt dezentral und ist auf allen Baugruppen vorhanden. Wichtig ist auch, daß im Fehlerfall die fehlerhaften Baugruppen unterbrechungsfrei ausgetauscht werden können. Das Kommunikationsmodul (Schnittstelle zum Netzmanagement) ist nicht gedoppelt, da die Taktversorgung hiervon unabhängig arbeitet.

Die SSU2000e ist für den Einbau in ETSI-Gestelle vorgesehen. Im unteren Teil des Baugruppenträgers befinden sich die Einschubplätze für zwei Rubidium-Oszillatoren, zwei Eingangsbaugruppen mit je drei Eingängen, das Kommunikationsmodul sowie für dreimal zwei Ausgangsbaugruppen. Die Ausgangsbaugruppen sind für dreimal 20 Ausgänge vorgesehen. Für jeden der 20 Ausgänge ist ein eigener Verstärker vorhanden. Im oberen Teil des Baugruppenträgers sind an der Rückwand die Stecker für die Stromversorung, die Eingangs- und die Ausgangssignale angeordnet (Bild 6).

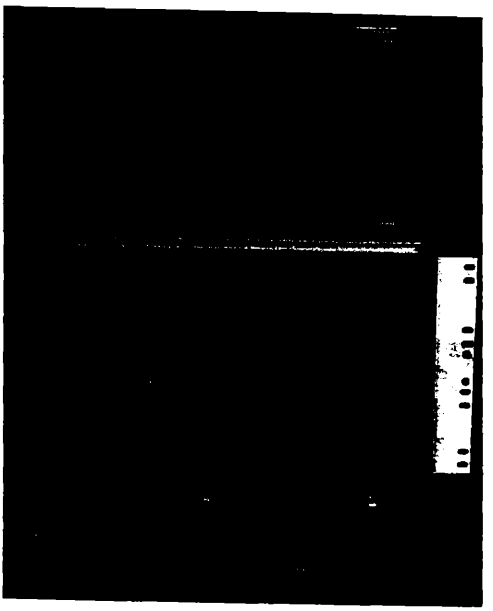


Bild 6: SSU2000e

6 Messen der Taktqualität

Die Messung der Taktqualität kann selbst erfahrenen Servicekräften erhebliche Probleme bereiten. Neben einem ausreichenden Fachwissen sind ein hochgenauer Referenztakt, ein entsprechendes Meßgerät und wegen der sehr langsamen Vorgänge ausreichend viel Zeit wichtige Voraussetzungen. Bei der Fehlersuche ist jedoch gerade der Faktor Zeit nicht in ausreichendem Maß

vorhanden. Daher ist es sinnvoll, einen hochgenauen Taktgenerator wie die SSU2000e mit entsprechenden Einrichtungen zu versehen und permanent Messungen der Taktqualität durchzuführen. Dadurch werden Abweichungen vom Regelverhalten frühzeitig erkannt, und bei der Fehlersuche kann auf die gespeicherten Meßwerte zugegriffen werden. Alle Daten werden in stündlichen „Zeitschlitzen" gespeichert, die beginnen, wann immer das System gestartet oder zurückgesetzt wird. Dies hat zur Folge, daß die Zeitgrenzen nicht unbedingt auf volle Stunden fallen. Die SSU2000e ist jedoch in der Lage, die vom Anwender angeforderten Zeitgrenzen, ohne Rücksicht auf die interne Zeitskala, an die nächste verfügbare Grenze anzupassen und in einem Bericht auszugeben.

6.1 Time Interval Error

Die Messungen basieren auf der Bestimmung der Phasenabweichung zwischen den maximal drei Eingangssignalen und den beiden internen Rubidium-Oszillatoren, die in den Eingangsmodulen durchgeführt wird (siehe Bild 7). Es stehen somit sechs Datensätze für die Auswertung zur Verfügung. Der Time Intervall Error (TIE) wird mit einer Abtastfrequenz von 40 Hz ermittelt. Aus ihm lassen sich alle anderen für die Beurteilung der Taktqualität relevanten Parameter berechnen.

6.2 Maximum Time Interval Error

Der Wert des Maximum Time Interval Error (MTIE) gibt den maximalen TIE, bezogen auf ein Beobachtungsfenster der Größe Tau (τ), innerhalb einer vorgegebenen Meßzeit an (Bild 8). Der MTIE-Wert charakterisiert Frequenzabweichungen und Phasensprünge. Da die Berechnung für längere Beobachtungsfenster τ die Änderungen kürzerer Fenster enthält, bleibt MTIE konstant oder

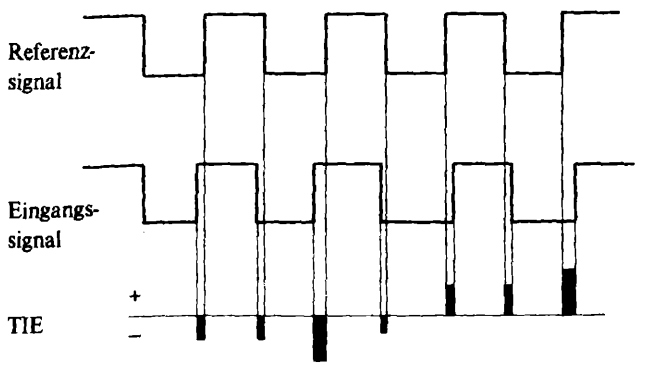


Bild 7: Time Interval Error

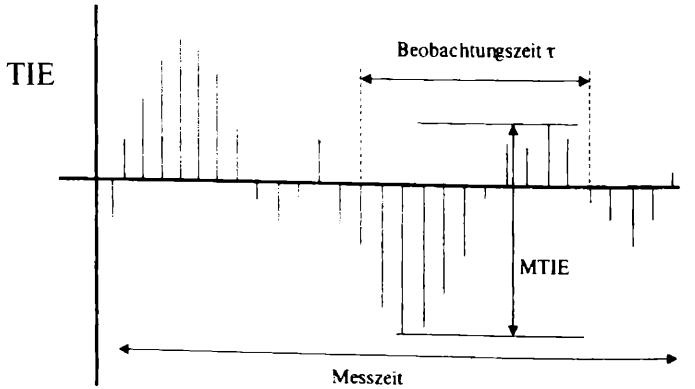


Bild 8: Maximum Time Interval Error

wächst mit zunehmendem τ. Wächst der Wert über 10 000 s, dominiert der Einfluß der Frequenzabweichung, da selbst eine Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-11}$ zu einem TIE von 1 µs über eine Beobachtungszeit von 100 000 s führt.

Berechnung und Ausgabe des MTIE erfolgen für die acht folgenden Werte von τ: 0,05 s, 0,1 s, 1,0 s, 10 s, 100 s, 1 000 s, 10 000 s und 100 000 s in ns. Es stehen immer die TIE-Werte der letzten 27 Stunden zur Verfügung. Um Mitternacht werden automatisch die MTIEs der letzten 24 Stunden berechnet und gespeichert. Die Speichertiefe beträgt 100 Tage. Auf der Basis der MTIE-Werte können individuelle Alarmschwellen eingestellt werden.

6.3 Time Deviation

Die „Time Deviation" (TDEV) charakterisiert das Systemrauschen, auch als Kurz- und Mittelzeitwander bezeichnet. TDEV ist ähnlich wie MTIE eine Funktion des Beobachtungsfensters τ, das auf die gesamte Meßzeit T angewendet wird. Da der Algorithmus statistisch mittelt, sind für reproduzierbare Ergebnisse Meßzeiten von $T \geq 12\ \tau$ gefordert. Eine konstante Frequenzabweichung hat keinen Einfluß auf TDEV. Der TDEV-Wert charakterisiert im wesentlichen die Eigenschaften von einzelnen Komponenten und ist daher für die Beurteilung des Taktnetzes nur von untergeordneter Bedeutung.

6.4 Frequenzabweichung

Die Frequenzabweichung wird üblicherweise aus den TIE-Messungen durch Vergleich des zu messenden Signals mit dem eines Referenzoszillators berech-

net. Sie wird in Pikosekunden pro Sekunde (ps/s) oder den Faktor 10^{-12} ausgedrückt. Ausgegeben werden die relativen Frequenzabweichungen, z. B. $0 \cdot 10^{-12}$, $-773 \cdot 10^{-12}$ und $5 \cdot 10^{-12}$, von den drei Eingangssignalen. Bei einer Nennfrequenz von 2 048 kHz errechnet sich daraus die absolute Abweichung von 0 Hz, -0,001 58 Hz = -1,58 mHz und 0,000 01 Hz = 10 µHz.

7 Verfügbarkeit des Taktnetzes

Die Verfügbarkeit des Taktsignals ist für die einzelnen Komponenten des Telekommunikationsnetzes von wesentlicher Bedeutung. Aus diesem Grunde sind alle Einrichtungen des Taktnetzes redundant vorhanden. Der Ausfall eines Systems (Taktgenerator oder Übertragungsweg) hat daher keinerlei Auswirkungen auf die Verfügbarkeit, da unterbrechungsfrei auf das zweite System umgeschaltet wird. Erst der gleichzeitige Ausfall zweier paralleler Systeme wirkt sich im Taktnetz aus. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Ausfall in den oberen Netzebenen, d. h., vor den Taktverbrauchern befinden sich noch ein oder mehrere Taktgeneratoren. In diesem Fall übernimmt der Taktgenerator, der in der Hierarchie dem Ausfallort folgt, als Master die Taktversorgung der nachfolgenden Einrichtungen. Temporär entsteht eine mehr oder weniger große Taktinsel. Da diese Taktinsel vom übrigen Taktnetz entkoppelt ist, wird an ihren Grenzen die Phasenverschiebung ansteigen. Ohne Reparatur dauert es im ungünstigsten Fall (Taktgenerator mit Quarz-Oszillator) zwei bis drei Tage, bis die Phasenverschiebung zu einem ersten Slip führt. Ist der Master der Taktinsel eine SSU2000e mit Rubidium-Oszillator, wird es erst in zwei bis drei Wochen zu einem Slip führen. Da die Reparatur in der Regel innerhalb von 48 Stunden erfolgt, wird ein derartiger Ausfall keine Auswirkungen auf die Qualität der Kundenprodukte oder Dienste haben.

2. Ausfall der Taktversorgung in der lokalen Betriebsstelle. Es sind alle Einrichtungen der Betriebsstelle unmittelbar betroffen. Einrichtungen ohne eigene Taktgeneratoren fallen aus. Einrichtungen mit eigenen Takteinrichtungen gehen in den „Holdover"-Betrieb über. (SDH-NE z. B. erhalten ihr Taktsignal von der internen SEC.) Die Anzahl der Slips wird stark ansteigen. Die Kundenprodukte und Dienste werden durch Bitfehler und Geräusche bis hin zum Ausfall beeinträchtigt.

Wie oft muß mit derartigen Ausfällen gerechnet werden?

In der Technischen Spezifikation für die Takteinrichtungen der Deutschen Telekom AG ist eine jährliche Ausfallquote für austauschbare Baugruppen von <0,5 % gefordert. Das entspricht einer Ausfallrate von 571 fit (failure in time; 1 fit = 10^{-9}/h). Der Hersteller gibt für das Schaltfeld eine Ausfallrate von 3,9 fit an, wobei maximal acht Kontakte je Ausgang angenommen werden. An Hand eines vereinfachten Modells der SSU2000e nach Bild 9 kann die Verfügbarkeit ermittelt werden.

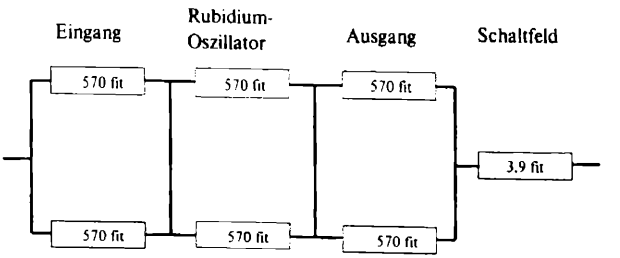


Bild 9: Modell der SSU2000e

Die Fehlerrate λ der in Reihe geschalteten Blöcke ist gleich der Summe der einzelnen Fehlerraten. Die mittlere ausfallfreie Zeit *MTBF* (Mean Time Between Failures) ist gleich dem Kehrwert der Fehlerrate.

$MTBF = 1/\lambda$

Die Verfügbarkeit V kann aus der *MTBF* und der Reparaturzeit *MTTR* (Mean Time To Repair) berechnet werden:

$V = MTBF/(MTBF + MTTR)$ oder

$V = 1/(1 + \lambda \cdot MTTR)$

Für die Berechnung wird eine *MTTR* von 72 Stunden angenommen.

Aus der Verfügbarkeit V kann die Verfügbarkeit für zwei parallele Einheiten V_{par} wie folgt berechnet werden:

$V_{par} = 1 - (1 - V)^2$

Die resultierende MTBF für parallele Einheiten ergibt sich zu

$MTBF_{par} = MTTR \cdot V_{par}/(1 - V_{par})$

Mit diesen Gleichungen lassen sich die in Tabelle 2 enthaltenen Werte ermitteln.

Parameter	Eingang	Rubidium-Oszillator	Ausgang	Schaltfeld
Ausfallrate in %	0,50	0,50	0,50	
Ausfallrate in fit	571	571	571	3,9
MTBF in h	1 752 000	1 752 000	1 752 000	
MTTR in h	72,0	72,0	72,0	
Verfügbarkeit V	99,995 890 580 %	99,995 890 580 %	99,995 890 580 %	
Verfügbarkeit V_{par}	99,999 999 831 %	99,999 999 831 %	99,999 999 831 %	
$MTBF_{par}$ in h	42 635 504 769	42 635 504 769	42 635 504 769	
$Ausfallrate_{par}$ in fit	0,023 455	0,023 455	0,023 455	3,9

Tabelle 2: Berechnung der Verfügbarkeit

Die Ausfallrate des Systems λ_{sys} ist gleich der Summe der individuellen Ausfallraten:

$$\lambda_{sys} = \lambda_{Ein} + \lambda_{Rub} + \lambda_{Aus} + \lambda_{Sch} = 3{,}97 \text{ fit}$$

Daraus ergibt sich eine Systemverfügbarkeit für die SSU2000e von

$V = 99{,}999971\%$.

Es ist leicht zu erkennen, daß das nicht redundante Schaltfeld der SSU2000e das schwächste Glied in der Kette ist.

In gleicher Weise können auch Taktverteiler und Übertragungswege berücksichtigt werden. Für die Übertragungswege wurde eine Verfügbarkeit $V = 98{,}5\,\%$ angenommen. Durch die redundante Ausführung ergibt sich auch hier eine hohe Verfügbarkeit für die parallele Anordnung.

Für eine Referenzverbindung von PRC bis zum Taktverbraucher in der untersten Taktverteilebene ergibt die Modellrechnung eine Verfügbarkeit für das Taktnetz von

$V \approx 99{,}99\,\%$.

Mit dieser hohen Verfügbarkeit lassen sich auch in Zukunft alle Anforderungen an das Taktnetz erfüllen.

8 Ausblick

Die Netzsynchronisation wird sehr häufig nicht unmittelbar wahrgenommen. Die Auswirkungen einer fehlerhaften Taktversorgung können alle Teile des Netzes betreffen und damit auch die Dienstleistungen für die Kunden. Daher ist es unerläßlich, durch neue Technologien einen möglichst hohen Qualitätsstandard sicherzustellen. Durch den flächendeckenden Einsatz von Taktgene-

ratoren mit Rubidium-Oszillatoren hat die Deutsche Telekom AG weltweit als erster Netzbetreiber ihr gesamtes Netz mit diesen hochgenauen Taktgeneratoren ausgerüstet. Für die Kunden ergeben sich Vorteile durch geringeren Wander an den verschiedenen Schnittstellen zum Netz der Deutschen Telekom AG und damit durch eine präzisere Taktversorgung seiner Einrichtungen. Die Vorteile für den Netzbetreiber sind die erstmals mögliche *zentrale* Überwachung und Steuerung des gesamten Taktnetzes und die erhebliche Reduzierung des Wanders im Netz. Im Fehlerfall werden Taktinseln in der Regel nicht zu Beeinträchtigungen in der Netzsynchronisation führen.

9 Schrifttum

[1] ETS 300 462-1: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 1: Definitions and terminology for synchronization networks

[2] ETS 300 462-2: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 2: Synchronization networks architecture

[3] ETS 300 462-3: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 3: The control of jitter and wander within synchronization networks

[4] ETS 300 462-4: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 4: Timing characteristics of slave clocks suitable for synchronization supply to Synchronous Digital Hierarchy (SDH) and Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) equipment (SSU)

[5] ETS 300 462-5: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 4: Timing characteristics of slave clocks suitable for operation in Synchronous Digital Hierarchy (SDH) equipment (SEC)

[6] ETS 300 462-6: Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronisation networks; Part 4: Timing characteristics of primary reference clocks (PRC)

[7] ITU-T G.810: Definition and Terminology for synchronization

[8] ITU-T G.811: Timing characteristics of primary reference clocks (PRC)

[9] ITU-T G.812: Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clock in synchronization networks (SSU)

[10] ITU-T G.821: Error performance of an international digital connection operating at a bit rate below the primary rate and forming part of an integrated services digital network

[11] ITU-T G.822: Controlled slip rate objectives of an international digital connection

[12] ITU-T G.823: The control of jitter and wander within digital networks which are based an the 2.048 Mbit/s hierarchy

[13] ITU-T G.825: The control of jitter and wander within digital networks which are based an the synchronous digital hierarchy (SDH)

[14] ITU-T G.783: Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks

Verhalten von lösbaren LWL-Verbindungen bei hohen optischen Leistungen

- Der High-Power-Stecker -

Von Andreas Mittelstädt, München

Dipl.-Ing. Andreas Mittelstädt, Jahrgang 1960, ist als Marktmanager im Bereich Fiberoptik bei der Firma HUBER * SUHNER in Taufkirchen tätig.

1 Einleitung

Seit ca. 20 Jahren wird in der Telekommunikation zum Transport der Daten die Einmoden-Glasfaser (EM) als Übertragungsmedium verwendet. Dabei dominieren die wesentlichen Vorteile wie die Übertragung über große Entfernungen ohne Zwischenverstärkung sowie die weitgehende Aufhebung der Bandbreitenbegrenzung. Das gilt auch noch heute. Der Siegeszug der Glasfaser war auch im Einsatzbereich der lösbaren Verbindungstechnik der Auslöser für eine weltweit einsetzende, vielfältige Steckverbinderentwicklung. Erst durch eine übergreifende Normierung und Festlegung von Standards wurden die Produkte [1], deren Herstellprozesse, die Meßtechnik und die Qualität vergleichbar. Ergänzend zu den Standards werden von einigen Anwendern und Netzbetreibern weitere für den Einsatz relevante Steckverbindungsparameter und Funktionen definiert.

Neben der Einhaltung der optischen Kennwerte besteht an einen Qualitätssteckverbinder zusätzlich die mechanische Anforderung, diese Qualität über mehr als 1 000 Steckzyklen zu gewährleisten. In der Übertragungsumgebung der Plesiochronen Digitalen Hierarchie (PDH), der Synchronen Digitalen Hierarchie (SDH) und des Asynchronen Transfer Modus (ATM) hat sich das nach der bisherigen Erfahrung mit mehr als zwei Millionen SM-Steckverbindungen allgemein bestätigt. Dabei wird ein bewußter Umgang mit diesen

Steckverbindungskomponenten (Pigtails, Patchkabel und Kupplungen) dem Anwender unterstellt und vorausgesetzt.

Scheinbar anders verhalten sich die LWL-Stecker in Wavelength Division Multiplex-(WDM-) und Dense Wavelength Division Multiplex-Systemen (DWDM). Bei gleicher sorgfältiger Handhabung wurden sporadisch Systemausfälle beobachtet, die auf einen Steckerausfall zurückzuführen waren. Was ist hier das Besondere? Gelten bei der lösbaren optischen Verbindungstechnik andere physikalische Zusammenhänge als bisher geglaubt? Da die Ursachen bei den Herstellern und Anwendern noch nicht ausreichend bekannt sind, verzichten derzeit Netzbetreiber teilweise auf lösbare Verbindungstechnik beim Einsatz von WDM-Systemen und realisieren ihre notwendigen Faserverbindungen durch Fusionsspleiße. Ist das die richtige Antwort, oder ist unter diesem Aspekt vielmehr die Frage nach der Steckverbindungswahl neu zu stellen?

Dieser Beitrag zeigt die schon bekannten und nachgewiesenen Ursachen. Es werden Hinweise für die Steckerkonstruktion sowie für die Konfektion gegeben und dem Systembetreiber Verhaltensweisen gezeigt, deren Beachtung die bisher bekannte und zuverlässige Funktion von mechanisch lösbaren LWL-Verbindungen auch in diesem Anwendungsbereich erwarten läßt.

2 Das WDM-System

Mit der WDM-Technik besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl von Signalen auf unterschiedlichen Wellenlängen zu übertragen. Über optische Multiplexer (OM) werden die verschiedenen Wellenlängen zusammengefaßt und durchlaufen zeitgleich eine Glasfaser. Betrachtet man die Leistungsbilanz nach dem Multiplexer, ergibt sich folgendes: Die Ausgangsleistung ist die Summe aller Eingangsleistungen, reduziert um die Koppelverluste des Multiplexers für jedes einzelne Signal. Bild 1 zeigt im Ausschnitt eine vereinfachte Darstellung eines WDM-Systems. Mit steigender Kanalanzahl steigt auch die Ausgangsleistung am OM. Bei Übertragungen über lange Entfernungen werden zusätzlich optische Verstärker (Optical Amplifier, OA) eingesetzt. Hier wird das relativ hohe Ausgangssignal vom Multiplexer erneut verstärkt. Die von der Glasfaser und den Steckverbindern zu übertragende Leistung beträgt dann bis zu 1 000 mW. Zur Zeit werden in einigen Laborversuchen bereits Übertragungen mit z. T. noch höheren Leistungen erprobt.

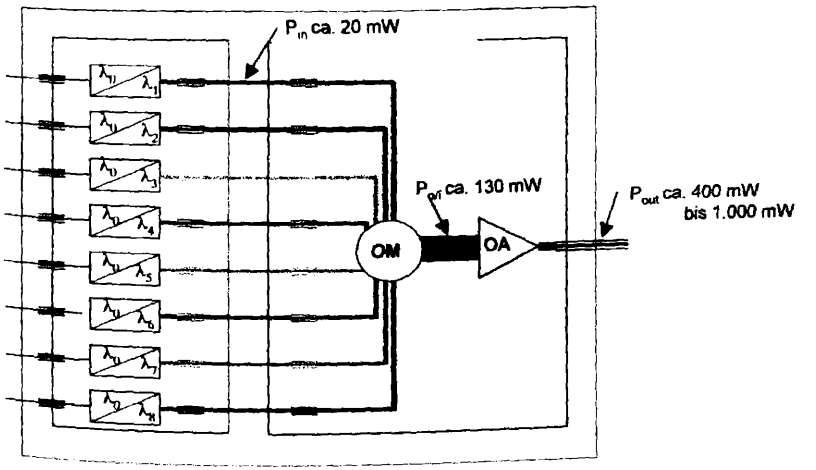


Bild 1: Blockschaltbild eines WDM (Auszug, vereinfachte Darstellung)

3 Leistung, Leistungsdichte und Laserklassen

Die Ausgangsleistung bisheriger optischer Übertragungssysteme lag im Bereich bis ca. 50 mW. Bei Übertragung auf einer Singlemodefaser ergibt sich bei einem Modenfeld (lichtführender Bereich einer Faser) von ca. 10,5 µm bei 1 550 nm eine Leistungsdichte von ca. 720 mW/mm^2. Hieraus resultierende Funktionsausfälle bei LWL-Steckverbindern sind bis heute nicht aufgetreten und technisch nicht nachgewiesen.

Mit dem notwendigen Einsatz der WDM-Technik sowie den OA steigen die Leistungen und demzufolge auch die Leistungsdichten an der senderseitigen Koppelstelle um ein Vielfaches (Bild 2). Bei einer optischen Leistung von 1 000 mW beträgt die Leistungsdichte 14 200 W/mm^2. Die Bezeichnung „High-Power-Steckverbinder" ist somit durchaus zutreffend. Bei diesen hohen Leistungsdichten treten an Steckern physikalische Effekte auf, die bisher bei den geringeren Leistungen vernachlässigt werden konnten.

Um in einer Kupferader mit 0,6 mm Durchmesser, wie sie im Netz der Deutschen Telekom AG eingesetzt wird, eine Leistungsdichte von ca. 14 000 W/mm^2 zu erzielen, müßte eine elektrische Leistung von über 4 000 W angeschlossen werden.

Zum Schutz des Anwenders werden lichtemittierende Einrichtungen und Systeme entsprechend ihrer abgestrahlten Leistung in Laserklassen [2] eingestuft. Je nach Betriebswellenlänge und abgegebener optischer Leistung sind

Leistung W	Laserklasse	Leistungsdichte W/mm²
5 mW / 7 dBm	1	72
10 mW / 10 dBm	1	140
25 mW / 14 dBm	3a	360
50 mW / 17 dBm	3a	720
100 mW / 20 dBm	3b	1.440
250 mW / 24 dBm	3b	3.600
500 mW / 27 dBm	3b	7.200
1.000 mW / 30 dBm	4	14.400

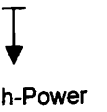


Bild 2: Optische Leistung, Laserklassen und Leistungsdichte

unterschiedliche Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Aufgrund des hohen Gefährdungspotentials werden ab der Laserklasse 3B die Auflagen zum Betrieb eines solchen Systems sehr umfangreich (Kennzeichnung durch Gefahrenaufkleber, Schlüsselschalter, Strahlanzeige, Warnzeichen, Strahlabschwächer (Schutzklappen), Augenschutz, Schutzkleidung, Ausbildung des Bedienpersonals).

4 Verhalten der Stecker bei hohen Leistungen

Bisher sind beim Einsatz von lösbaren LWL-Steckverbindungen in optischen Übertragungssystemen, die mit Leistungen von mehr als 100 mW senden, sporadisch Stecker ausgefallen. Mit einem handelsüblichen Mikroskop für den Feldeinsatz - ca. 200fache Vergrößerung - sind nur „verbrannte" Stirnflächen zu erkennen. Genaue Gründe und Ausfallmechanismen sind bisher nicht eindeutig nachgewiesen worden. Auch die Eingrenzung auf bestimmte Steckertypen führte noch nicht zur Lösung des Problems.

4.1 Ausfallbegutachtung

Alle bisher ausgefallenen LWL-Steckverbinder weisen eine zerstörte Oberfläche im Bereich des Kernglases auf. Die Beschädigungen sind so stark, daß eine optische Ankopplung zum Gegenstecker nicht mehr möglich ist. Die nachfolgenden Bilder verdeutlichen die verschiedenen Zerstörungsformen. Bild 3 zeigt im Zentrum eine zerstörte Oberfläche des Kernglases. Ringsherum befinden sich auf dem Mantelglas geschmolzene Metallflitter. Der Bildrand stellt die Oberfläche der Vollkeramik-Ferrule dar.

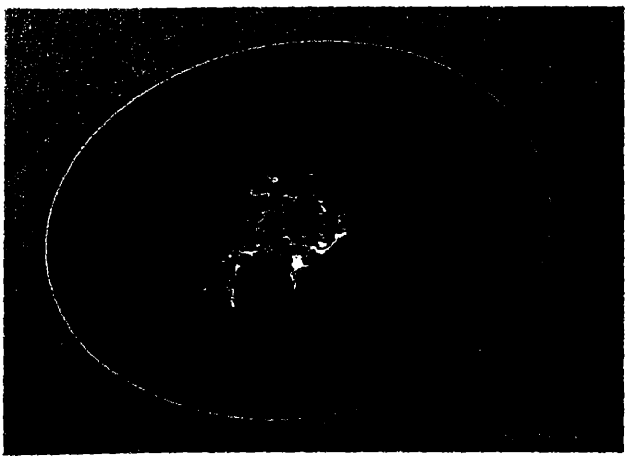


Bild 3: Ausfallstecker, Vergrößerung ca. 750 ×

Bei einer weiteren Vergrößerung wird ein Spalt zwischen dem Kern- und Mantelglas sichtbar (Bild 4). Bedingt durch die unterschiedliche Dotierung, haben beide Gläser ein unterschiedliches Ausdehnungsverhalten bei Temperatureinfluß. Die geschmolzenen Metallflitter und dieser Spannungsriß weisen darauf hin, daß für einen kurzen Augenblick eine partielle Temperatur von weit über 1000 °C zwischen den Kerngläsern der gesteckten Verbindung entstanden sein muß.

Bild 4: Ausfallstecker, Vergrößerung ca. 3000 ×

Bild 5: Ausfallstecker, Vergrößerung ca. 1 000 ×

Bild 5 zeigt ein weiteres Fehlerbild. Im Kernglasbereich ist ein kraterförmiger Glasausbruch der Grund für eine nicht mehr intakte optische Verbindung. Bei diesem Stecker ist die Faser in eine Metallfassung (Bildrand) eingeklebt. Schleifspuren im Metall und ein Grat über dem Mantelglas (linker Bildrand) wurden vom Konfektionierprozeß verursacht. Die weißen Punkte sind feste Bleipartikel, die durch die Materialzusammensetzung bedingt sind.

Bei genauerer Betrachtung auch des Gegensteckers (Bild 6) erkennt man wieder Metallflitter im Bereich der mechanischen Fehlstelle. Sie stammen von der Metallfassung der Faser. Auch dieser Ausbruch ist die Folge eines kurzzeitig hohen Temperatureinflusses. Hierbei ist die Temperaturausstrahlung in die Tiefe des Kernglases gedrungen und hat zu einer Materialspannung und schließlich zu einer „explosionsartigen" Glasabsonderung geführt.

Bild 6: Ausfallstecker, Vergrößerung ca. 5 000 ×

Bild 7: Stecker mit Metallflitter kontaminiert, Vergrößerung ca. 130 ×

4.2 Ursachenbestimmung

Nachdem Metallflitter an jedem Zerstörungsort nachgewiesen wurden, drängt sich die Frage auf: Woher kommen diese Metalle? SM-Stecker und -Kupplungen mit einem sehr hohen Metallanteil im Gehäuse und in der Verriegelung (FCPC und LSA-Stecker) wurden gereinigt und ca. fünfmal mechanisch gesteckt und verschraubt. Eine genaue Betrachtung unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) bestätigt die festgestellten Ausfallursachen. An den Kanten der Vollkeramikferrule sind Metallflitter zu erkennen (Bild 7 und 8).

Sie stammen von der Überwurfmutter und vom metallischen Einführtrichter der Kupplung des Prüflings (LSA-Stecker). Das optische Zentrum (Bild 9) wurde nur durch die Metallflitter mechanisch beschädigt.

Bild 8: Metallflitter, Vergrößerung ca. 1 500 ×

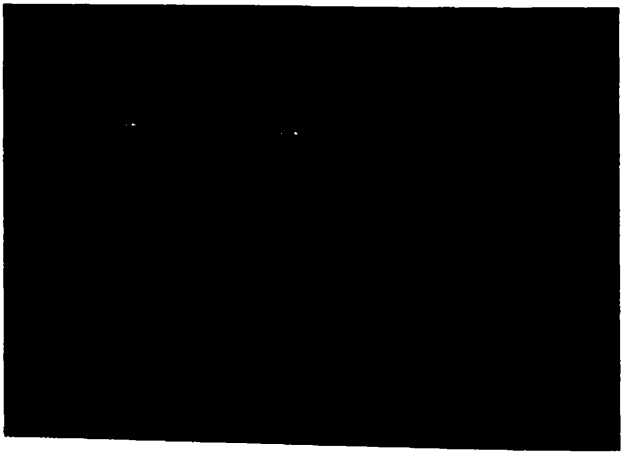


Bild 9: Kernglas beschädigt. Vergrößerung ca. 4 000 ×

Zusätzlich weisen die Faseroberflächen von LWL-Steckern mit einem metallischen Einsatz zur Faserfixierung Kontaminationen des eigenen Materials auf.

4.3 Organische Kontamination

Eine metallische Kontamination im Strahlengang des Laserlichts wirkt auf die Faseroberfläche zerstörend. Dagegen konnte mit organischen Kontaminationen, bestehend aus Fett, Öl, Kunststoff oder/und Wasser, keine zerstörende Wirkung provoziert werden. Die Kontamination hatte den physikalischen Kontakt der beiden Faserkerne verhindert. Ein großer Teil der abgestrahlten Leistung wurde dabei in das Mantelglas des Gegensteckers eingekoppelt und somit lediglich ein Dämpfungsbelag bei der Durchgangsdämpfung erzeugt. Dieser war nach Entfernen der Verunreinigung wieder reversibel.

4.4 Die richtige Materialwahl

Jedes Material hat absorbierende, reflektierende und transmittierende Eigenschaften. Im physikalischen Zusammenhang betrachtet, ist die Summe dieser Koeffizienten gleich eins. Das bedeutet, Materialien, die eine sehr hohe reflektierende Wirkung aufweisen, absorbieren und transmittieren nur sehr schlecht. Andere Werkstoffe sind z. B. stark absorbierend, gering reflektierend und dafür nicht transmittierend. Diesem Verhalten überlagert sich noch eine Wellenlängenabhängigkeit.

Unter Berücksichtigung der unter 4.1 und 4.2 gewonnenen Erkenntnisse gilt für einen LWL-Steckverbinder mit Anspruch auf fehlerfreie Funktion bei optisch hohen Leistungen folgendes:

- Um die Gefahr der Metallflitterbildung auszuschließen, müssen sämtliche optischen und mechanischen Führungs- und Verriegelungsteile metallfrei sein.
- Als Werkstoff für die hochpräzisen optischen Funktionsteile Steckerstift (Ferrule) und Hülse (Sleeve) hat sich Zirkoniumoxid (ZO_2) weltweit durchgesetzt.
- Als Werkstoff für das Steckergehäuse, die Verriegelung und ggf. die Steckerkodierung (mechanisch und farblich) eignet sich besonders der vielseitig einsetzbare Kunststoff. Das farbneutrale Grundmaterial verhält sich für das Laserlicht transparent. Werden Farbpigmente beigemischt, ändert sich u. U. dieses Materialcharakteristikum. Mit der Farbe Blau wirkt dieser Kunststoff überwiegend absorbierend. Bei Bestrahlung wird die optische Energie in Wärme umgewandelt und führt zur Erhitzung. Das Material schmilzt.

Beim Umgang mit starkem Laserlicht ist es - energetisch betrachtet - praktisch unabdingbar, Schutzmechanismen am LWL-Stecker einzubauen, die bei einer nicht gesteckten Verbindung ein unkontrolliertes Austreten des Laserlichtes verhindern. Durch konstruktive Maßnahmen muß ein optischer Isolator in Form einer Schutzklappe in den Strahlengang eingebracht werden. Auch hier kann durch geeignete Materialwahl ein Schutz für einen maximalen Funktionsbereich erzielt werden. Bild 10 zeigt das Temperaturverhalten von unterschiedlichen Materialien in Abhängigkeit von der optischen Leistung. Ein schwarzer Kunststoff (sehr hoher Kohlenstoffanteil) erreicht seinen maximal zulässigen Temperaturbereich schon bei einer Leistung von ca. 200 mW. Eine vergleichbare schwarze Metallfläche kann bis zu ca. 300 mW optische Leistung absorbieren. Mit einer versilberten Metallhaube sind optische Leistungen bis ca. 500 mW (27 dBm) ohne Einschränkungen zu erreichen.

4.5 Die Oberflächenparameter

Mit dem Schleif- und Polierprozeß beim Konfektionieren eines LWL-Steckers wird die Oberflächengeometrie durch die Parameter Polversatz (Apex Offset), Faserstand (Spherical Fit) und Krümmungsradius (Radius of Curvature) bestimmt. Diese weltweit normierten Parameter [3] haben einen direkten Einfluß auf die Güte einer Steckverbindung. Sie beeinflussen das stabile Verhal-

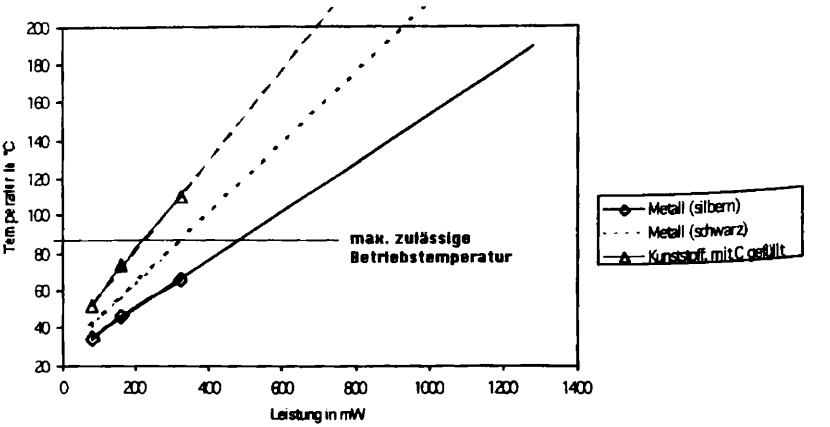


Bild 10: Materialverhalten als Funktion von optischer Leistung und Temperatur

ten im gesteckten Zustand und sichern eine gute Reproduzierbarkeit der Einfügedämpfung sowie die Austauschbarkeit (Kompatibilität) zu Steckern unterschiedlicher Hersteller. Werden ein oder mehrere dieser Parameter unter- bzw. überschritten, treffen im ungünstigsten Fall die Faserkerne physikalisch nicht aufeinander. Faserabstand oder/und -versatz sind die Folge. Das Licht aus dem austretenden Stecker wird nur teilweise in das Kernglas des Gegensteckers eingekoppelt. Der Rest geht über das Mantelglas verloren.

Gleiche Verhältnisse treten auch bei hohen optischen Leistungen auf. Jedoch ist dann die fehlgeleitete Leistung wesentlich höher. Diffus transmittierend werden die Strahlanteile durch Mantelglas, Primärcoating, Kleber, Keramikferrule sowie Sleeve abgeleitet. Dabei nimmt die Leistung quadratisch zum Abstand der Fehlstelle ab.

- Befindet sich im fehlgeleiteten Strahlengang ein absorbierendes Material, z. B. Metall, so wird die Leistung hier in Wärme umgewandelt.
- Befindet sich das Metall außerhalb der Sleeve, z. B. das Gehäuse der Kupplung, ist eine minimale Erwärmung festzustellen.
- Bei Steckern mit einem Metallanteil in der Ferrule tritt eine deutlich höhere Erwärmung auf.

Bisher konnte kein Steckerausfall bei hohen optischen Leistungen durch eine fehlerhafte Oberflächengeometrie provoziert und nachgewiesen werden.

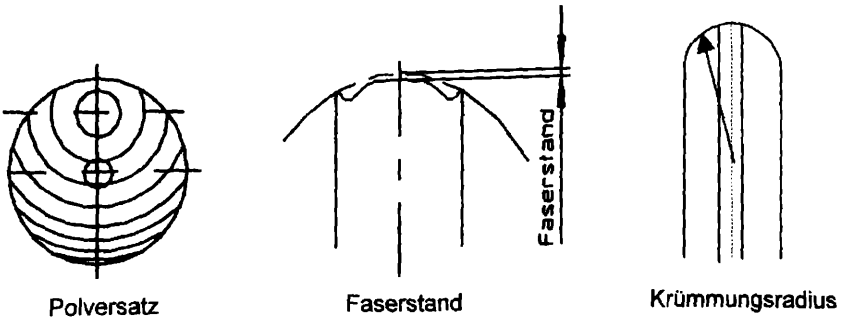


Bild 11: Oberflächenparameter eines LWL-Steckers

4.6 Die Polierqualität

Bei einer gesteckten LWL-Verbindung werden Lichtanteile an jedem Glas/Glas-Übergang zum Sender reflektiert. Je besser der Poliervorgang, der letzte Schritt beim Schleifprozeß, desto geringer sind die zurückgestrahlten Lichtanteile. Der logarithmierte Reflexionsgrad wird als Return Loss (RL) bezeichnet. Steckverbinder mit einem PC-Schliff (90° zur optischen Achse) weisen ein RL von mindestens 47 dB auf. Werte unter 45 dB sind Anzeichen für einen schlechten Polierschritt oder einen nicht beherrschten Schleifprozeß.

Durch einen weiteren Polierschritt (Ultra Physical Contact, UPC) lassen sich noch höhere RL-Werte im Bereich von 52 dB bis 55 dB erzielen. Dieser zusätzliche Aufwand bringt bei Übertragungen mit hohen optischen Leistungen keine weitere Verbesserung der Übertragungseigenschaften an der Steckverbindung.

LWL-Stecker mit einem Schrägschliff, bezogen auf die optische Achse, werden als Angled Physical Contact (APC) oder als High Return Loss Stecker (HRL) bezeichnet. Das am Glas/Glas-Übergang reflektierte Licht wird zum Mantelglas hin abgelenkt und abgeleitet. Hier wird physikalisch bereits ein RL von ca. 85 dB erzielt. Ein UPC-Schliff bei einer High-Power-Anwendung bringt auch in diesem Fall keinen weiteren technischen Vorteil.

4.7 Der Faserversatz

Der tatsächliche Faserversatz (Exzentrizität) zwischen zwei Faserkernen einer gesteckten LWL-Verbindung ist neben dem resultierenden Schielwinkel

mitbestimmend für den Dämpfungsbelag dieser Steckverbindung. Je höher der radiale Abstand, desto höher ist die Einfügedämpfung (Insertion Loss, IL) und desto höher sind die in das Mantelglas gekoppelten Leitungsanteile. Das hieraus resultierende Verhalten bei einer High-Power-Übertragung entspricht dem bereits unter 4.5 beschriebenen.

4.8 Mechanische Tests

Zu den mechanischen Tests zählen das Verhalten beim Stecken und Ziehen sowie bei Temperaturwechsel und das Schwingen und Schocken einer gesteckten LWL-Verbindung. Bei den bisher durchgeführten Untersuchungen konnte kein Ausfall während einer „High-Power-Übertragung" beobachtet werden.

5 Steckerkonstruktion und Merkmale

Die Ergebnisse der Ursachenanalyse zeigen eindeutig, daß das richtige Steckerdesign entscheidend zur sicheren Funktionalität einer High-Power-Steckverbindung beiträgt. Neben den optisch-mechanischen Steckermerkmalen ist für den Anwender die sichere Handhabung im Betrieb von grundsätzlicher Wichtigkeit. Um eine rückstandsfreie Reinigung der Steckerstirnfläche zu ermöglichen, muß sie frei von Kanten, Ecken und Vertiefungen sein. Eine Vollkeramikferrule, wie in Bild 7 dargestellt, eignet sich hier besonders gut. Bei einem Reinigungsvorgang zurückgebliebene Partikel können durch Vibration oder beim erneuten Stecken der Verbindung auf die Faser gelangen. Solche Gefahren durch potentielle Störstellen muß das Steckerdesign ausschließen. Zusammenfassend sind folgende Merkmale von Bedeutung:

- homogene Oberfläche der Steckerstirnfläche unter Verzicht auf Kanten, Ecken und Vertiefungen;
- sämtliche optischen Führungs- und Zentrierelemente aus nicht/schwach absorbierenden und reflektierenden Materialien (z. Z. bester Werkstoff Zirkoniumoxid);
- grundsätzlich den Werkstoff Metall nur dort einsetzen, wo kein anderes Material die geforderte Funktion erfüllen kann;
- zwingender Schutzmechanismus im Strahlengang bei nicht gestecktem Stecker;
- optische Funktionsteile geschützt gegen direkten Zugang (Schmutz und Berührung);

- nur optisch transparente Kunststoffe im gesamten Design verwenden;
- der Stecker sollte gegen unbeabsichtigtes Entriegeln „verschließbar" sein.

Bewertet man die auf dem Weltmarkt eingeführten und standardisierten SM-Stecker nach ihrer High-Power-Eignung, so ist festzustellen, daß der ST-, der FCPC- und der LSA-Stecker (DIN) wegen ihres metallenen Grunddesigns ausscheiden. Der SC- und der LC-Stecker eignen sich nur bedingt, da u. a. zum Personenschutz eine Sicherheitsvorkehrung am Stecker im ungesteckten Zustand fehlt. Die LSH-Steckverbindung (Bild 12), Produktname E2000, ist derzeit weltweit die einzige LWL-Steckverbindung, die alle gestellten Anforderungen ausnahmslos erfüllt.

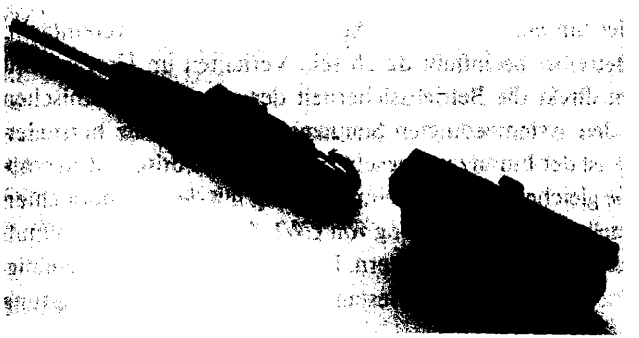


Bild 12: Der LSH-Stecker (E2000)

6 Anforderungen an den Konfektionierungsprozeß

Die Konfektionierung ist der letzte im Herstellprozeß eines LWL-Steckers enthaltene Schritt. Hier werden Güte und Qualität maßgeblich beeinflußt. Das austauschbare Verhalten eines LWL-Steckers zu Steckern unterschiedlicher Hersteller wird u. a. durch den Schleif- und Polierprozeß entscheidend mitbestimmt. Die Anforderungen können wie folgt aufgezählt werden:

- Die Einhaltung der normierten Oberflächenparameter gemäß Belcore ist ausreichend.
- Ein hochwertiger Standardpolierschritt (RL 47 dB) genügt.
- Ein Höchstmaß an Reinheit und Sauberkeit des Produktes vor und beim Verpacken ist zwingend.

7 Hinweise für den Anwender

Der Systemhersteller definiert als Anwender für sein Gerät das Steckverbindungssystem an der optischen Schnittstelle. Aus diesem Entscheid lassen sich zwangsläufig alle weiteren notwendigen Maßnahmen für den Betrieb ableiten.

Ist der Stecker überwiegend aus Metall, so sind äußerste Sorgsamkeit und Sauberkeit im Umgang mit diesen Komponenten unabdingbar. Ein direkter Augenschutz durch Tragen einer Laserschutzbrille ist zwangsläufig notwendig. Sicherheitseinrichtungen zur Laserschutzabschaltung bei gezogenem Stecker sind vorgeschrieben.

Entscheidet sich der Systemhersteller für ein Steckverbindungssystem mit hohem Sicherheitsaspekt, so wird die Handhabung dieser LWL-Verbindungstechnik für den Anwender um ein vielfaches sicherer und wesentlich vereinfacht. Der Anwender als Betreiber beeinflußt durch sein Verhalten im Umgang mit diesen Komponenten direkt die Betriebssicherheit der gesamten technischen Einrichtung. Neben den systembedingten Schutzeinrichtungen, die herstellerseitig vorhanden sind, ist der Einsatz von geschultem Personal dringend zu empfehlen. Hier gelten die gleichen Grundsätze im Umgang mit den Komponenten wie beim Systemhersteller. Zur Überprüfung von LWL-Steckverbindungen muß neben einem Mikroskop, fusselfreien Tüchern, Isoprophylalkohol und gereinigter Druckluft auch eine Laserschutzbrille Bestandteil der Inspektionsausrüstung sein.

8 Zusammenfassung

Dieser Beitrag soll verdeutlichen, daß der Umgang mit mechanisch lösbaren LWL-Verbindern bei optisch hohen Leistungen durchaus beherrschbar ist, wenn die zuvor genannten Randbedingungen eingehalten werden. Im Rahmen dieses Fachbeitrages sei es erlaubt, darauf hinzuweisen, daß die seit Jahren verfügbare Steckverbindung E2000 diese Voraussetzungen mit großer Übereinstimmung erfüllt.

Aus diesen Erkenntnissen heraus besteht für keinen Netzbetreiber mehr die Notwendigkeit, lösbare LWL-Verbindungstechnik durch Spleiße ersetzen zu müssen, gleichgültig, für welches System und in welcher Netzebene auch immer.

9 Verwendete Abkürzungen

APC	Angled Physical Contact
ATM	Asynchronous Transfer Mode
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EM	Einmoden
FC	Face Contact
IL	Insertion Loss
LC	Lucent Connector
LSA	Lichtwellenleitersteckverbinder Typ „A“
LSH	Lichtwellenleitersteckverbinder Typ „H“
OA	Optical Amplifier
OM	Optical Multiplexer
PC	Physical Contact
PDH	Plesiochrone Digitale Hierarchie
REM	Raster-Elektronen-Mikroskop
RL	Return Loss
SC	Snap Connector
SDH	Synchrone Digitale Hierarchie
SM	Single Mode
TDM	Time Division Multiplexing/Multiplexer
WDM	Wavelength Division Multiplexing

10 Schrifttum

[1] Lumpe, K.: LWL-Steckverbindungen in optischen Netzen. taschenbuch der telekom praxis 2000

[2] IEC 60825-1, Sicherheit von Lasereinrichtungen, 1994, A11: 1996

[3] Belcore, Generic Requirements (GR-326-CORE III), Issue 3, September 1999

ttp

LWL-Kabelmanagement in Netzwerkschränken

Von Olaf Triebe, Grafenau

Dipl. Ing. Olaf Triebe,
Jahrgang 1963, ist bei der
SEDLBAUER AG für
Planung und mechanisches Design von
Kabelabschluß- und Verteiltechnik
verantwortlich.

1 Einleitung

Auslöser für Störungen im Netzwerk sind häufig nicht Software-Fehler, sondern mangelhaftes und unübersichtliches Kabelmanagement in Netzwerkschränken. Um so wichtiger ist die physikalische Integrität der Kabelinfrastruktur.

Netzwerkschränke befinden sich an den strategischen Punkten im Netzwerk. Sie enthalten die meisten Schwachpunkte im passiven Bereich: die Anschlüsse, Steck- und Kabelverbindungen. Gerade der leichtfertige Umgang mit Kabelführungen sowie deren unübersichtliche Zuordnung führen im realen Einsatz vielfach zu gravierenden Problemen mit hohen Folgekosten.

Bei der Auswahl von Netzwerkschränken ist es deshalb auch entscheidend, welche Kabelabschluß- und Verteilmechaniken darin untergebracht werden oder welche Kabelabschluß- und Verteilmechaniken sich am besten dem ausgewählten Netzwerkschrank anpassen. Die Erstinstallation, aber auch Änderungen oder Erweiterungen sollten bedienerfreundlich, übersichtlich und kabelschonend durchführbar sein. Außerdem hat der Anwender oder Betreiber weniger Aufwand mit der Verwaltung bei Instandsetzungsarbeiten sowie bei Erweiterungsmaßnahmen.

2 Anforderungen an Mechaniken im LWL-Zugangs- und Verteilnetz

Zum Abschließen und Verteilen von LWL-Kabeln im Netzwerkschrank gilt es Anforderungen zu präzisieren, die einen hohen Qualitäts- und Zuverlässig-

keitsstandard sowie Kostenminimierung und Flexibilität garantieren. Daraus abgeleitet ergeben sich nachfolgende Anforderungen an die Mechanik zum Abschließen (Spleißen) und Verteilen (Steckverbinderfeld).

Mechanische Anforderungen an das Gerät:

- Einbau in 19-Zoll- und metrische Systemschränke,
- geringe Bauhöhe,
- kompakte Abmessungen, damit Kabelführung seitlich bzw. hinter der Mechanik im Systemschrank möglich ist,
- übersichtlicher Aufbau und gute Funktionalität der Mechanik,
- Einführung der ankommenden Bündeladerkabel seitlich links/rechts bzw. hinten links/rechts möglich,
- schneller und einfacher Einbau in das Systemgestell,
- übersichtliches und sicheres Arbeiten beim Spleißvorgang,
- keine Quetschgefahr für vorhandene Kabel im Gestellschrank.

Anforderungen an die Mechanik zur Aufnahme von Glasfasern:

- geringste mechanische Beeinflussung auf die Glasfasern (Druck, Biegung etc.),
- kontrollierte Faserführung und schnelle Identifikation der Fasern,
- alle Ader- und Kabelführungen radiusbegrenzt,
- integrierte Zwangsführung der ankommenden Bündeladern mit Zugentlastung,
- Überlängenausgleich für Ader- und Bündeladerkabel,
- einfache und übersichtliche Handhabung der Glasfasern bei Installationsarbeiten.

Anforderungen an die Mechanik zum Steckverbinderfeld (Patchen):

- gute Grifffreiheit,
- übersichtliche Anordnung und Beschriftung der Steckverbinder,
- einfacher nachträglicher Ein-/Ausbau von Kupplungen und Pigtails und gute Zugriffsmöglichkeit bei Wartungsarbeiten,
- übersichtliche Führung abgehender Patchkabel vom Steckverbinderfeld aus der Mechanik.

Außerdem ergeben sich beim Einsatz von LWL-Abschluß- und Verteilmechaniken bei Verkabelungsprojekten noch besondere individuelle Anforderungen.

So ist zum Beispiel bei einer zentralen, strukturierten Verkabelung und Verteilung für mehrere Unternehmen der Zugriff unternehmensfremder Personen auf die eigene Netzwerktechnik und deren Daten zu verhindern. Das bedeutet, mechanische Abschlußeinheiten sind in Verteilerschränken vor unberechtigtem Zugriff und vor Beschädigung zu schützen. Dies schließt den Bereich der Spleißverbindungen sowie das Steckverbinderfeld innerhalb der Mechanik ein.

In der Praxis verfügen viele Unternehmen über ein eigenes Schließsystem. Daraus resultiert der Anspruch an die Mechanik, die Gestaltung so vorzunehmen, daß eine Anpassung an das vorhandene jeweilige Schließsystem erfolgen kann.

3 LWL-Abschlußeinheit 2HE 19 Zoll/metrisch

3.1 Aufbau allgemein

Auf der Grundlage dieser notwendigen und individuellen Anforderungen an Gestaltung und Funktionalität für die Mechanik zum Abschließen und Verteilen von Glasfaserkabeln bietet die SEDLBAUER AG ein entsprechendes Gerät an.

Dabei stehen dem Kunden grundsätzlich zwei Gerätetypen (Standard- und Einzelfaserführung) für den Einbau in Systemschränke 19 Zoll/metrisch zur Verfügung (Bilder 1 und 2). Der mechanische Aufbau der Geräte mit der Bezeichnung LWL-AE 2HE ist grundsätzlich gleich. Bis zu 24 (div. Sonderausführungen 25) LWL-Steckverbindungen sind bei einer Einbauhöhe von 2HE möglich.

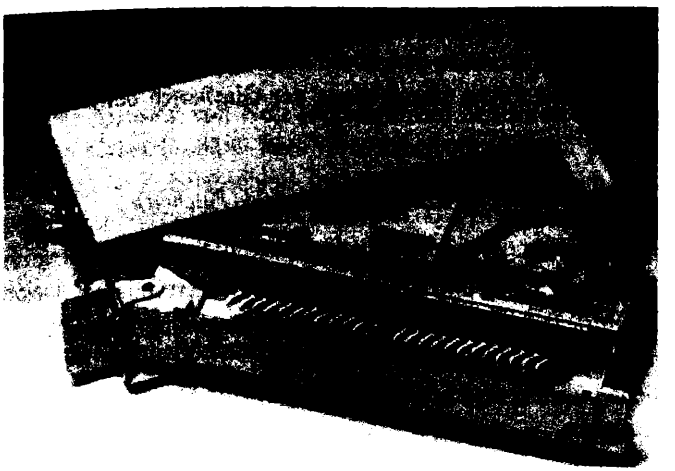


Bild 1: LWL-AE 2HE, 19-Zoll-/metrischer „Standard"

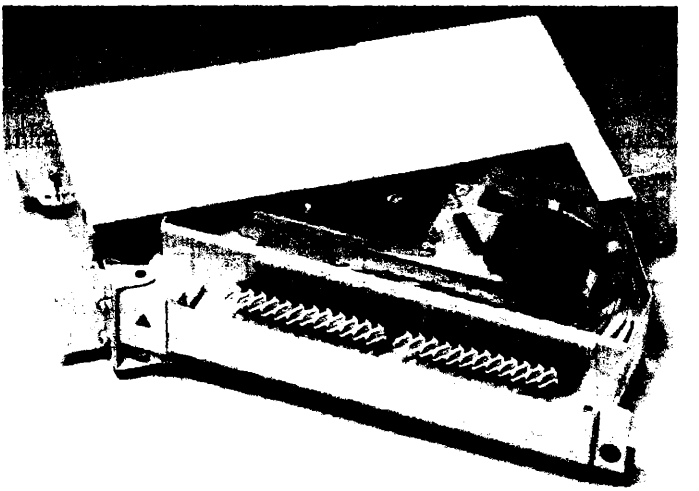


Bild 2: LWL-AE 2HE, 19-Zoll-/metrisches „Einzelfasermanagement"

Der wichtigste Unterschied zum Standardgerät ist eine kontrollierte Faserführung innerhalb des Gerätes mit dem Modul zur Einzelfaserführung. Es ermöglicht ein übersichtliches und sicheres Arbeiten beim Spleißvorgang sowie eine bessere Faseridentifikation bei Wartungsarbeiten oder Fehleranalysen. Eine ausdrehbare Schwenkplatte mit den integrierten Spleißmodulen, Kassetten und Steckfeldern erlaubt ein einfaches und schnelles Austauschen der Steckverbindungen an der montierten Einheit im Gestell. Die geringe Bauhöhe von nur zwei Höheneinheiten bringt gleichzeitig eine wesentliche Platzersparnis mit sich. Die Geräte sind komplett einbau- und spleißfertig vorbestückt. Verschiedene Varianten an Steckerfeldern erlauben die Bestückung mit unterschiedlichen LWL-Steckverbindern (E2000, DIN, SC usw.).

Wesentliche Funktionsmerkmale sind außerdem:

- übersichtlicher Aufbau und gute Zugriffsmöglichkeit bei Wartungsarbeiten,
- sämtliche Montage- und Wartungsarbeiten im eingebauten Zustand,
- Grifffreiheit am Steckverbinderfeld und Beschriftungsfeld,
- einfaches und schnelles Austauschen und Reinigen des Stecksystems,
- Ader- und Kabelführungen radiusbegrenzt.

3.2 Mechanischer Aufbau

Aus der Vorgabe eines flexiblen Einsatzes der Abschlußeinheit in bestehenden oder geplanten Schranksystemen erlaubt die Ausführung des Grundgehäuses ei-

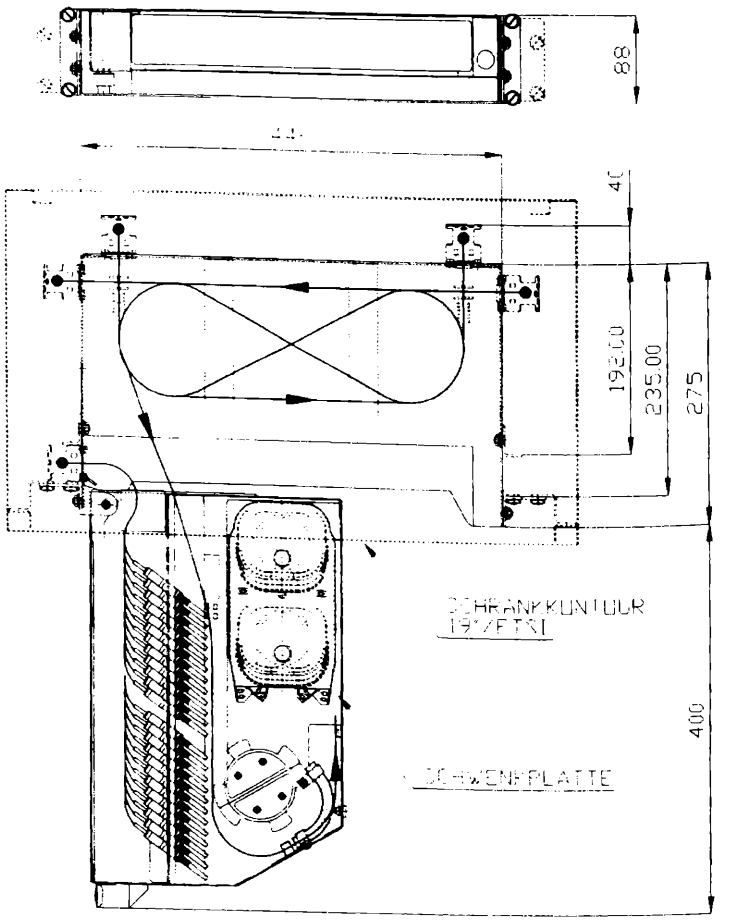


Bild 3: Einbauverhältnisse im Systemschrank

ne Abführung der Patchkabel aus der Abschlußeinheit vor oder nach dem Profilholm des Systemschrankes auf der linken Seite. Dies wird erreicht, indem Adapterwinkel 19 Zoll/metr. an das Grundgehäuse versetzt angeschraubt werden.

Das Grundgehäuse nimmt die Schwenkplatte auf (Bild 3). Die Schwenkplatte kann bei Bedarf verriegelt werden. Somit ist die Spleißebene vor einem unberechtigten Zugriff gesperrt, das Steckverbinderfeld ist zugänglich. Es besteht auch die Möglichkeit, gleichzeitig das Steckverbinderfeld zu verriegeln. Eine Arretierung der Schwenkplatte im ausgeschwenkten Zustand erlaubt ein sicheres und übersichtliches Arbeiten beim Spleißen bzw. im Wartungsfall.

3.3 Glasfasermanagement

Die Einführung des Bündeladerkabels erfolgt über Kabelführungselemente in das Grundgehäuse (Bild 4). Überlängen werden im Bodenbereich abgelegt (Bild 5); fixiert wird mit Kabelbindern am Kabelführungselement und im Grundgehäuse. Zuführen der Bündeladern in die Schwenkplatte und Befestigen an den jeweiligen Spleißmodulen (Bild 6) nimmt man unter Einhaltung des minimalen Biegeradius von 30 mm vor.

Die Patchkabelabführung aus der LWL-AE ist nach unten oder nach oben möglich. Je nach Anwendung muß das entsprechende Kabelführungselement montiert werden (Bild 7).

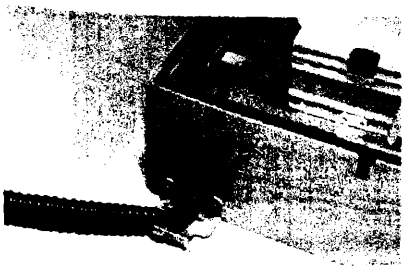


Bild 4: Einführung Bündeladerkabel

Bild 5: Überlängenablage im Bodenbereich

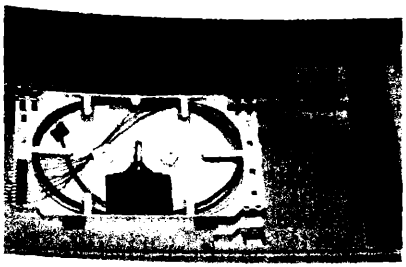


Bild 6: Zuführung der Bündeladern zu den Spleißmodulen

Bild 7: Montage Kabelführungselement

3.4 Steckverbinderfeld

Die Gestaltung des Steckverbinderfeldes bietet eine gute Grifffreiheit mit einer übersichtlichen Anordnung und Beschriftung der Steckverbinder sowie einer geordneten Abführung der Patchkabel aus der Mechanik (Bilder 8 und 9).

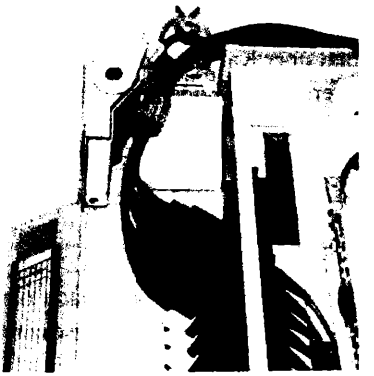


Bild 8: Abführung Patchkabel

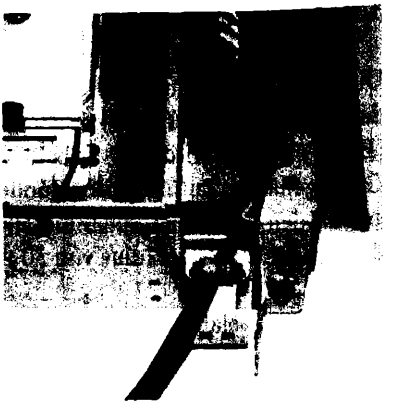


Bild 9: Abführung Patchkabel

4 Patchkabelmanagement

4.1 Allgemein

Ausgehend von der Philosophie eines durchgehenden, transparenten Kabelmanagements, ist vom Eintritt in den Netzwerkschrank (Bündeladerkabel) über die Abschlußeinheit (Ader/-Kabelpigtails) bis zum Verlassen der Patchkabel aus der Abschlußeinheit ein geordnetes und übersichtliches Handling notwendig. Nachfolgend werden entsprechende Mechaniken vorgestellt, die diese Anforderungen unterstützen.

4.2 Patchkabelablagefach 1HE

Das Patchkabelablagefach 1HE (Bild 10) nimmt Kabelüberlängen geordnet auf. Befestigungadapter erlauben den Einbau in 19-Zoll-/metrische Gestelle. Die konstruktive Ausführung gestattet eine Überführung der Patchkabel vom linken in den rechten Kabelschacht im Systemschrank. Acht Bogensegmente gewährleisten eine mit $R > 30$ mm radienbegrenzte Umlenkung im Ablagefach. Die Zu- bzw. Abführung der Patchkabel ist vor oder hinter dem Profilholm, nach oben bzw. unten innerhalb des Systemgestells möglich. Alle Zu- oder Abgänge von Patchkabeln auf dem Ablagefach werden mit Kabelführungen $R > 30$ mm radienbegrenzt umgelenkt. Klettband erlaubt eine schonende Befestigung. Das Patchkabelablagefach 1HE ist als Ergänzung zur LWL-Abschlußeinheit 2HE entwickelt worden.

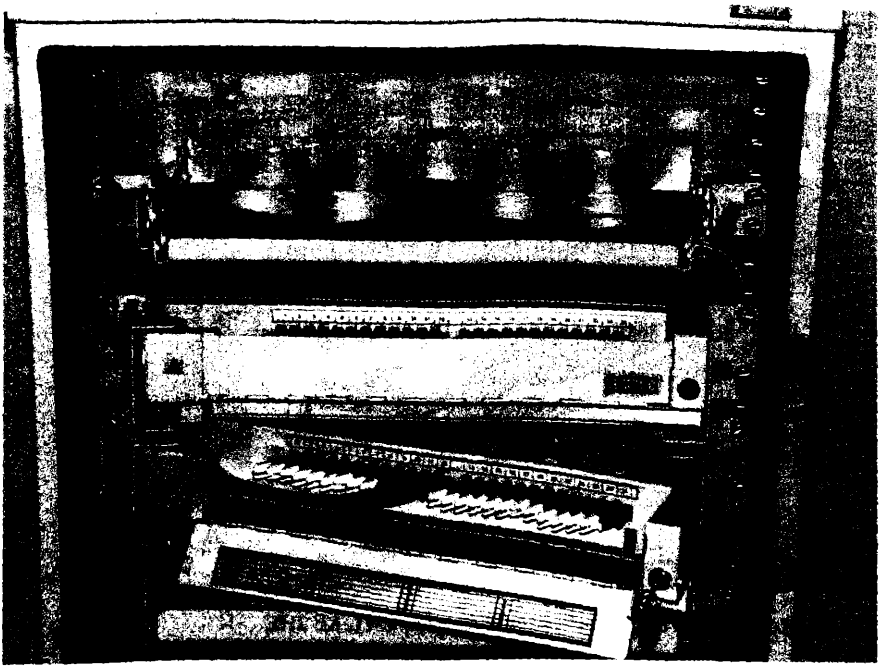


Bild 10: Kombination Patchkabelablagefach mit LWL-AE 2HE

4.3 Patchkabel-Systemführung

Um eine noch bessere Identifikation aller abgehenden Patchkabel aus der LWL-Abschlußeinheit zu den aktiven Komponenten herzustellen, wurde die Patchkabel-Systemführung entwickelt. Der Gesamtausbau dieses Gerätes erlaubt in Kombination mit der LWL-Abschlußeinheit 2HE (Bild 11), daß jedem einzelnen Patchkabel ein Platz mit Überlängenausgleich inklusive Kennzeichnung zugeordnet ist.

Das bedeutet, bei Wartungs- oder Fehleranalysen kann jedes einzelne Kabel schnell und übersichtlich ohne Behinderung durch andere Kabel ausgetauscht werden.

Die Systemführung ist konstruktiv so gestaltet, daß Befestigen im Systemschrank 19 Zoll/metrisch und Überführen der Patchkabel vom linken in den rechten Kabelschacht möglich sind. Bogenverlauf und Plazierung von Kabelführungselementen ($R > 30$ mm) gewährleisten Zu- bzw. Abführen der Patch-

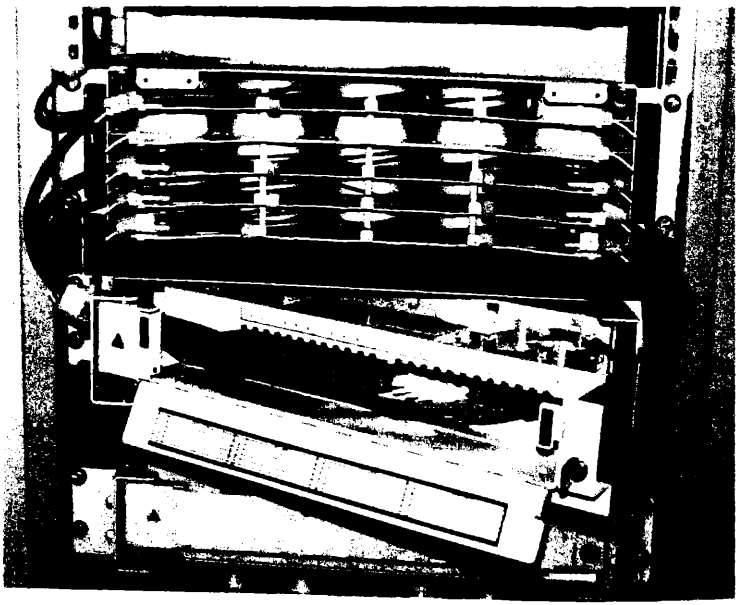


Bild 11: Kombination Patchkabelsystemführung mit LWL-AE 2HE

kabel von oben bzw. unten im Systemgestell (Kabelschacht) sowie vor oder hinter dem Profilholm. Klettband erlaubt schonendes Befestigen.

Ein Gesamtausbau von maximal 25 Patchkabeln ist auf die Anzahl der maximal abgehenden Patchkabel aus der LWL-Abschlußeinheit 2HE abgestimmt.

5 Verteilerkonsole für LWL-Kabel

Die LWL-Verteilerkonsole (Bild 12) dient der Befestigung und Zugentlastung von Bündeladerkabeln in oder außerhalb von Systemschränken der Bauweise 19 Zoll/metrisch. Der Aufbau soll zu einer übersichtlichen Aufteilung und Kennzeichnung der ankommenden Bündeladern im Systemschrank beitragen und eine Zuführung in die LWL-Abschlußeinheiten ermöglichen. Dabei erfolgt die Zugentlastung der Bündeladerkabel über das zentrale Stützelement oder über den Stahlwellmantel mit Befestigungsschellen.

Die Positionierung der Verteilerkonsole innerhalb des Systemschrankes richtet sich nach dem Eintritt der Bündeladerkabel. Eine differenzierte Zuführung der vereinzelten Bündeladern zu je einer LWL-Abschlußeinheit (maximal 6 je Konsole) kann somit gestaltet werden. Ein Schutzschlauch bis zur Zuführung

in das Grundgehäuse einer LWL-Abschlußeinheit verhindert eine mechanische Beschädigung.

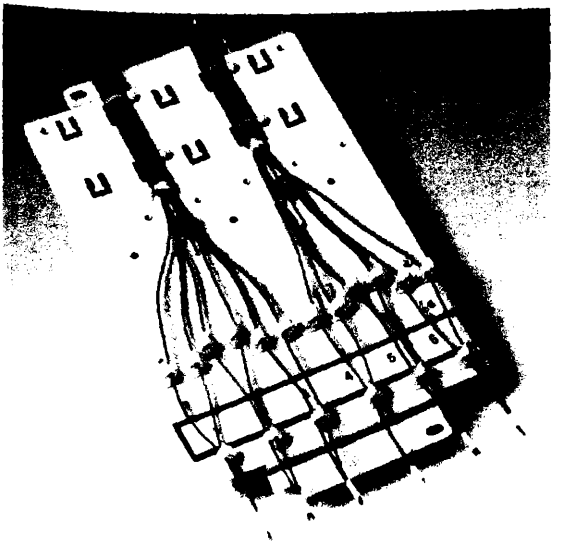


Bild 12 : LWL-Verteilerkonsole

6 Zusammenfassung

Ausgehend von der Notwendigkeit eines universell einsetzbaren, kostengünstigen und zukunftssicheren Kabelnetzes, ist der Einsatz von Mechaniken mit einem entsprechenden Kabelmanagement ein wesentlicher Beitrag. Dabei liegt der Nutzen in einer einfachen, übersichtlichen und schnellen Installation bei Verringerung der Fehlermöglichkeiten sowie in einer bedienerfreundlichen und transparenten Übersichtlichkeit.

Die gleichbleibende Qualität der optischen Übertragungswerte und ein hoher Zuverlässigkeitsstandard dürfen dabei nicht vermindert werden.

taschenbuch der telekom praxis

Gesamtinhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1991–2000

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge
1987 bis 1995 siehe Jahrgang 1996

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge
1970 bis 1986 siehe Jahrgang 1986

Ordnungssystem für Gesamtverzeichnis (2001)

Lfd. Nr.	Kategorie	Seite
0	**Entwicklungstendenzen**	309
	Fachbeiträge	310
1	Standardisierung, Basistechnologien, Bauelemente und technische Einrichtungen	310
2	Telekommunikationsnetze	310
3	Vermittlungssysteme	311
4	Übertragungstechnik	311
5	Glasfasertechnologie - optische Übertragungstechnik	312
6	ISDN-Datenkommunikation - Multimedia-Anwendungen, IP-Plattform	313
7	Funk-, Richtfunktechnik, Mobilkommunikation	313
8	VF-, TV- und Tn-Technik - Breitbandverteilung	314
9	Satellitentechnik - Satellitenübertragung	315
10	Linientechnik	315
11	Technischer Betrieb, Stromversorgung und Netzwerkmanagement	315
12	Meßtechnik	316
13	Endgeräte und Diensteaspekte	317
14	Allgemeines, Organisation und IV-Anwendungen	318

0 Entwicklungstendenzen

			Jahrg.	Seite
0.1	Gerhard Wiest	Entwicklungstendenzen der Nachrichtentechnik	1991	13
0.2	Ulrich Peisl und Lothar Schmid	Glasfasertechnik im Teilnehmerbereich - Pilotprojekt Leipzig	1992	95
0.3	Gustav Veith, Thomas Pfeiffer und Bertold Wedding	Faseroptische Verstärker: Funktion und Systemeinsatz	1992	124
0.4	Heinrich Kaufer und Bernhard Heilig	Intelligentes Netz: Die Basis für kundenindividuelle Telekommunikationsangebote	1993	36
0.5	Kurt Wagenlehner	Teilnehmergeräte für die mobile Telekommunikation - Stand und Entwicklungstendenzen	1993	91
0.6	Josef Franz Huber	PCN - Personenbezogene Netze - Standards, Produkte und Implementierung	1993	106
0.7	Harald Herrmann	Integriert-optische Schaltkreise in $LiNbO_3$ für die optische Nachrichtenübertragung	1994	172
0.8	Hans J. Matt	Natürliche Kommunikation durch Breitband-Kommunikation: Freisprechen, Bildfernsprechen, Videokonferenz und Multimedia-Kommunikation	1994	263
0.9	Bernd Lochschmidt, Bernhard Kaspar	Sprachverarbeitung - Möglichkeiten und Perspektiven	1994	294
0.10	H. Ohnsorge, H. Eisele und weitere	Die Weiterentwicklung der Basistechnologien für die Telekommunikation	1996	13
0.11	Josef Franz Huber	Entwicklungstendenzen im Mobilfunk	1997	1
0.12	J. Dupraz, F.-X. Ollivier und P. A. Perrier	Eine neue optische Ebene für Breitbandnetze	1998	1
0.13	Andreas Gladisch	Wellenlängenmultiplex - Entwicklungsstand und Entwicklungstendenzen	1999	1
0.14	Bernhard Hein	Höchstbitratige optische Übertragungssysteme	1999	25
0.15	Carsten Stamm	IP über alles, alles über IP - IP-Netzplattformen aus strategischer Sicht	2000	1

Fachbeiträge

1 Standardisierung, Basistechnologien, Bauelemente, technische Einrichtungen

			Jahrg.	Seite
1.1	Peter List	Über die Funktionsweise standardisierter digitaler Bildübertragungssysteme für niedrige Bitraten	1992	274
1.2	Gerhard Dreger und Peter Zwilling	Gütebestätigung für elektronische Bauelemente und die Überwachung durch den VDE	1993	208
1.3	Roland Fuest und Markus Wiederspahn	Integriert-optische Verzweiger für passive optische Teilnehmernetze	1994	222
1.4	Jürgen Lohr	MPEG-Standards für Multimedia-Dienste	2000	189
1.5	Paul Mazura	Neues aus der Normierung für mechanische Aufbausysteme	2000	289

2 Telekommunikationsnetze

			Jahrg.	Seite
2.1	Peter Janeck	Die Entwicklung der übertragungstechnischen Infrastruktur in den neuen Bundesländern	1992	410
2.2	Emil Höllig	Trans Europa Line (TEL) - Eine Glasfaserbrücke für die Telekommunikation zwischen Ost- und Westeuropa	1993	309
2.3	Wolf Reiner Menzel, Gerd Laurisch und Manfred Bichler	Kommunikationsmetropole Berlin-Brandenburg	1996	125
2.4	Dorothea Gey	Periphere Einrichtungen im Zugangsnetz	1996	202
2.5	Peter Schunk	Netzevolution im Teilnehmer-Anschlußbereich	1996	226
2.6	Axel Eiring	„ANSYS" - Gestaltungsmöglichkeiten zukünftiger Telekommunikationsnetze	1996	246
2.7	Gerhard Tannhäuser und Johann Irnsperger	Netzsynchronisation	1997	157
2.8	Norbert Hahn	Variable Netzinfrastruktur im teilnehmernahen Bereich - optische Ringe und SDH-Technik bieten die erforderliche Schaltflexibilität	1998	18
2.9	Rudolf Knoll	SDH auf dem Weg ins Anschlußnetz	1998	33
2.10	Dieter Beller, Wolfgang Grammel und Wolfgang Klenner	Telefonie und schnelle Datendienste über Breitband-Kabelnetze	1998	211
2.11	Jürgen Hensing, Jürgen Seidenberg und Jörg Stroetzel	Koaxialkabel- Anschlußnetze für neue Dienste	1998	230
2.12	Martin Weyland	HFC-Netze als Basis multimedialer Anwendungen	1998	244
2.13	Wulf Bauerfeld	Das BK-Netz als Multimediaplattform	1999	81
2.14	Bodo Jacobs	Rechnergestützte Entwicklung von Ausbaustrategien für Telekommunikationsnetze	1999	123
2.15	Lothar Grimm	Bedeutung von TINA für TK-Netze	2000	171

3 Vermittlungssysteme

			Jahrg.	Seite
3.1	Lothar Katzschner	Das Digital-Vermittlungssystem Alcatel S12 und dessen Weiterentwicklung	1993	15
3.2	Lutz Herrmann	Standardisierte und firmenspezifische Schnittstellen im Access-Bereich	1996	188
3.3	Helmut Müller	Hohe Verfügbarkeit bei Kommunikationssystemen - Sicherheitstechnik bei Hicom 300 E von Siemens	1998	44

4 Übertragungstechnik

			Jahrg.	Seite
4.1	Ulf Aßmus und Hans Hessenmüller	Die Übertragung hochwertiger Bild- und Tonsignale in einem auf ATM basierenden Breitband-ISDN	1991	77
4.2	Harald Kullmann	Echokompensatoren in Weitverkehrsverbindungen	1991	330
4.3	Martin Diekmeier	Synchrone Digitale Hierarchie	1992	13
4.4	Christine Rösner und Bernd Zeuner	Der Netzknoten der Übertragungstechnik 2000 (NKÜ 2000)	1992	34
4.5	Winfried Röker und Burkhard Nobbe	Synchrone Digitale Cross-Connectoren (SDXC)	1992	71
4.6	Heinrich Haase und Heinz Loibner	DIMOSAURUS - Digitale optische Signalzuführung für BK-Netze	1993	260
4.7	Hans-Peter Dörpelkus	ATM - Ein Standortbestimmung	1997	117
4.8	Martin Polakowski und Bruno Orth	Aktuelle Entwicklung von ADSL- und VDSL-Systemen	1998	139
4.9	Wolfgang Aicher und Rudi Knorr	Hochbitratiger Teilnehmeranschluß: Möglichkeiten und Grenzen der bestehenden Kupfer-Kabelinfrastruktur	1998	172
4.10	Jürgen Schröder	Die Evolution des Zugangsnetzes - Glasfaser und Kupferkabel effektiver nutzen	1999	120
4.11	Wolfgang Aicher und Stephan Zimmermann	XDSL-Technologien - Theoretische und praktische Aspekte zu den Begrenzungen der Übertragungskapazität	2000	237
4.12	Harald Kullmann	Sprachverarbeitungsgeräte in TK-Netzen	2000	256

5 Glasfasertechnologie - optische Übertragungstechnik

			Jahrg.	Seite
5.1	Heinz Lange	Einbindung eines amplitudenmodulierten BK-Glasfaser-Systems in die Bezugskette der DBP Telekom	1991	217
5.2	Eckart Flor	Grundgedanken zur Einführung optischer Anschlußleitungsnetze bei der Deutschen Bundespost Telekom	1994	13
5.3	Dirk Ebeling, Wolf-Rüdiger Henkel, Michael Köllig, Gerhard Schünemann, Norbert Vogt	Gestaltung und Planung von Glasfaseranschlußnetzen	1994	18
5.4	Manfred Frödrich, Ines Marlow, Wolfgang Sachs, Winfried Schulz	Technische Gestaltung von OPAL-Netzen	1994	40
5.5	Wolfgang Bambach, Helmut Feilhaber, Karlheinz Grotz und Klaus Krull	DIAMANT - Ein modernes, digitales Glasfaser-Anschlußsystem für distributive und interaktive Dienste	1994	150
5.6	Matthias Hedrich	Steckverbinder für den Einsatz in optischen Kommunikationsnetzen	1994	199
5.7	Ron Behr und Erhard Kube	Optische Freiraumübertragung - Eine alternative Technik der Breitbandkommunikation	1997	180
5.8	Jürgen Seidenberg	Optische Sender für hybride Glasfaser- und Koaxial-Kabelnetze	1998	262
5.9	Hans Osenberg	Evolution der Bandbreite	2000	111
5.10	Norbert Hahn und Holger Schmidt	Glasfaser-Stadtnetze - Metronetze in Wellenmultiplex-Technik	2000	122
5.11	Klaus Lumpe	LWL-Steckverbindungen in optischen Übertragungsnetzen - Die Überdeckung der Kernflächen, Einflüsse und deren Beherrschung	2000	273

6 ISDN-Datenkommunikation - Multimedia-Anwendungen, IP-Plattform

			Jahrg.	Seite
6.1	Günter Schallert	Die multifunktionale Datenumsetzer-Einrichtung ZD-A3/2	1992	354
6.2	Gerhard Koch und Bernhard Spindler	Anatomie moderner Weitverkehrsnetze	1994	241
6.3	Dieter Hoff und Leo Danilenko	Multimedia-Kommunikation in Hörfunk und Fernsehen	1995	15
6.4	Arbeitskreis VAT	Multimedia-Dienstekonzept von Telekom	1995	39
6.5	F. H. Ulrich Frank	Compact-Disc Interactive als Endgerät im Konsumenten/Multimedia-Bereich	1995	97
6.6	Hans Wittmann	Corporate Networks	1996	31
6.7	Rudolf Pfeiler	Mit dem ATM-Dienst „Datex M" der Telekom auf die LAN-zu-LAN-Autobahn der Zukunft	1996	65
6.8	Hans Wittmann und Werner Würtenberger	Übertragungs- und Vermittlungstechnologien in kundenindividuellen Netzen	1997	77
6.9	Jürgen Lohr	XAPI - eine universelle Kommunikationsplattform	1997	224
6.10	Werner Würtenberger	Moderne Netzkonzeptionen und Lösungen auf Basis innovativer Technologien	1998	70
6.11	Werner Würtenberger	Sprachkommunikationsmöglichkeiten über innovative Technologien	1999	41
6.12	Volkmar Westdorf	Applikationsplattform für Internet-Dienste	1999	58
6.13	Oliver Fischer	High Speed Internet-Lösungen für breitbandige Access-Netzwerke	1999	69
6.14	Hans Wittmann	Multimediale Kommunikationslösungen für kundenindividuelle IP-Netze	2000	25

7 Funk-, Richtfunktechnik, Mobilkommunikation

			Jahrg.	Seite
7.1	Hans-Peter Ketterling	Netz-D-Technik, Aufgaben und Chancen des öffentlichen digitalen Mobilfunks	1991	38
7.2	Wolfgang Krüger	Bündelfunk - Die Innovation im Betriebsfunk	1992	186
7.3	Autorenteam ANT	Entwicklungstendenzen im Digitalen Richtfunk	1992	228
7.4	Peter Stuwe und Dieter Mosimann	Schnurlose und mobile Telekommunikation, Dual-Mode-Applikationen	1997	20
7.5	Martin Beckmann	Dual-Mode-Funktelefone, Entwicklungen und Marktaussichten	1997	43
7.6	Jörg Pischker	Zwischen ADSL und UMTS - Ein Überblick über den Entwicklungsstand bei Wireless Local Loop	1999	93

8 VF-, TV- und Tn-Technik - Breitbandverteilung

			Jahrg.	Seite
8.1	Gerhard Stoll, Detlef Wiese und Martin Link	MUSICAM: Ein Quellencodierverfahren zur Datenreduktion hochqualitativer Audiosignale für universelle Anwendungen im Bereich der digitalen Tonübertragung und -speicherung	1991	96
8.2	H.G. Wilfried Walter	Digitale Tonübertragung für den Programmaustausch und für den Satelliten-Rundfunk	1991	128
8.3	Erdal Afsar	Analoge Breitbandübertragung durch transparente optische Systeme	1991	228
8.4	Jörg Heydel	Fernsehtext, table of pages (TOP) - eine neue Fernsehtexthierarchie	1991	345
8.5	Günter Schneeberger	DAB - Digitaler terrestrischer Hörfunk für mobilen Empfang	1992	148
8.6	Wolfgang Teichmann	Hochauflösendes Fernsehen (HDTV)	1992	312
8.7	Wilfried Förster	Heranführen von Programmen über Satellit und Einspeisen in die Breitbandverteilnetze der DBP Telekom	1993	227
8.8	Dieter Reiss	Neue Strukturen für den Breitbandverteildienst durch Einsatz digitaler optischer Übertragungssysteme für die Programmzuführung	1993	252
8.9	Jürgen Seidenberg	Untersuchungen zur Realisierung eines europaweiten integrierten Breitband-Kommunikationsnetzes innerhalb von RACE-ACCESS und RACE-FIRST	1994	106
8.10	Wolfgang Schmid und Ulrich Steigenberger	OPTOPORT DS - Ein Glasfaserübertragungssystem für TV-Signale mit kaskadierten optischen Verstärkern	1994	124
8.11	Thomas Wächter	Digitaler Hörrundfunk: Programmzuführung und Multiplex	1994	306
8.12	Klaus Lohse	Multimedia in BK- und CATV-Anlagen	1995	82
8.13	Paul Bathe und Heinrich E. Haase	Interaktives Fernsehen: Neue Perspektiven im Netz von Telekom	1995	116
8.14	Dietmar Biere	Digitales Fernsehen - Die Verteilung über Satellit, Kabel und terrestrische Sendernetze	1995	138
8.15	Jörg Schwenk	„Conditional Access"	1996	163
8.16	Ulrich Barth und Heidi Hackbarth	Multimedia Set Top Box als Endgerät für interaktives Fernsehen	1996	178
8.17	Christoph Schaaf	Die Architektur der Digitalplattform für Breitbandkabelnetze	1999	149
8.18	Carsten Dethloff	Netzmanagement für das Rundfunkverbindungsnetz	2000	162
8.19	Erdal Afsar und Jürgen Seidenberg	Von BK 450 nach HFC 862 - Umwandlung der Kabelfernsehnetze in moderne Telekommunikationsnetze	2000	217

9 Satellitentechnik - Satellitenübertragung

			Jahrg.	Seite
9.1	Rudolf Brandstätter und Manfred Brunner	Satellitenempfang - drittes Segment zur Versorgung mit mehr Ton- und Fernseh-Rundfunkprogrammen	1992	212
9.2	Rainer Henke, Konrad Hobelsberger, Christian Tolksdorf und Fritz Weber	DFS Breitband-Wählnetz	1993	72

10 Linientechnik

			Jahrg.	Seite
10.1	Michael Lintgen und Konrad Kelker	Neuerungen in der Kabelverlegetechnik - Einblasen und Ausziehen von Glasfaserkabel	1995	314
10.2	Winfried Bentz und Wilfried Mayer	FIST, eine Systemlösung zur Erreichung höchstmöglicher Verfügbarkeit für LWL-Übertragungsnetze im Zugangs- und Verteilnetz	1997	252

11 Technischer Betrieb, Stromversorgung und Netzwerkmanagement

			Jahrg.	Seite
11.1	Emil Höllig und Horst Middel	Untersuchung von lösbaren, mechanischen Glasfaserverbindungen	1991	260
11.2	Emil Höllig und Horst Middel	Bestimmung der optischen Schweißparameter für das Verbinden von Glasfasern mit thermischen Schweißgeräten	1991	300
11.3	Josef Lang	Standardisierte bauliche Anlagen des Fernmeldewesens bei der Deutschen Bundespost Telekom	1992	423
11.4	Peter Delfs	Network Management: Begriffe, Modelle, Standards	1993	145
11.5	Thomas Berkel	NSÜ - Ein Netzmanagementsystem für Telekommunikationsnetze	1993	168
11.6	Klaus Biedenbach	SISA - Ein Kommunikationsnetz für das Netzmanagement von Telekommunikationseinrichtungen	1993	190
11.7	Siegfried Schmidt und Werner Breuer	Zukünftige Numerierung im Telefon-/ISDN-Netz in der Bundesrepublik Deutschland	1997	53
11.8	Kai Seyboth	Die modulare Service-PC-Software (MSP)	1997	193
11.9	Hans Christian Schmidt	Der Fernmeldenotdienst der Deutschen Telekom AG	1997	296
11.10	Reiner Nitsch	Über den Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeitsparametern von SDH- und PDH-Netzelementen und digitalen Übertragungswegen	1999	236
11.11	Andreas Fischer, Walter Haas und Mathias Lochner	Quality of Service - Meßtechnische Verfahren zur Qualitätsermittlung in Telekommunikationsnetzen	1999	251
11.12	Günter Rexroth	Betrieb von modernen übertragungstechnischen Anlagen	1999	267
11.13	Gerhard Mack	Netzmanagementsysteme hybrider Netzplattformen SDH, SONET, WDM, ON, IP	2000	88

12 Meßtechnik

			Jahrg.	Seite
12.1	David Picken	Meßverfahren und Meßgeräte für die digitalen Mobilfunknetze D1 und D2	1993	124
12.2	Gerhard Lehmann	Meßgeräte und Meßverfahren an Glasfaserkabel-Anlagen	1993	281
12.3	Erich Scheu	Meßverfahren und Meßgeräte für das ISDN der DBP Telekom	1993	331
12.4	Christian Rockrohr	Der Spektrumanalysator - heute so universell wie in Zukunft	1996	267
12.5	Franz Schnabl	Verbesserungen der UKW-Meßtechnik durch den Einsatz digitaler Signalprozessoren (DSP)	1996	283
12.6	Bernd Nonnenmacher	ATM - neue Technik erfordert neue Meßmethoden	1997	141
12.7	Christoph Balz	Beeinflussung von QAM-Signalen bei Erzeugung und Übertragung	1997	267
12.8	Thomas Odorfer	HF-Fertigungsmeßtechnik an DECT-Anlagen	1997	285
12.9	John Mc Dermott	Meßtechnik für das Telefonnetz	1998	190
12.10	Jörg Erhardt	Die V5.1/5.2-Schnittstelle - verstehen und testen	1999	219
12.11	Karl-Heinz Lammer	Hochpräzise Fernsehmeßdemodulatoren mit digitaler VF/AF- und RF-Spektralanalyse	1999	283

13 Endgeräte und Diensteaspekte

			Jahrg.	Seite
13.1	Elke Franze	Festverbindungen der Gruppe 2 - ein Dienstleistungsangebot der DBP Telekom	1991	166
13.2	Werner Würtenberger	Technik und Nutzung des elektronischen Mailbox-Systems	1991	190
13.3	Erich Kampe	Bereitstellen von Übertragungswegen für das digitale Mobilfunknetz D2 (MMO)	1992	410
13.4	Werner Würtenberger	Technik und Nutzung der „Telefax Store- and Forward"-Mehrwertleistung auf der Basis X.400	1993	320
13.5	Werner Würtenberger	Asynchrone Computerkonferenz-Dienste	1995	239
13.6	Ute Reichard und Bernhard Heilig	Service Creation im Intelligenten Netz (IN) - Der Schlüssel zum Erfolg	1995	260
13.7	Peter Czernetzki	Telekom-Endeinrichtungen für Privatkunden: Leistungsmerkmale, Produktbeschreibung	1995	291
13.8	Thomas Oppermann	Entwicklungsstand und Weiterentwicklung von Telekommunikationsanlagen	1996	14
13.9	Jürgen Lohr	Multimedia-Dienste im nationalen und internationalen Umfeld	1998	89
13.10	Bernd Kowalski	Der Einsatz von Chipkarten für die Informationstechnik am Beispiel der Deutschen Telekom AG	1998	117
13.11	Jürgen Loos	Endgeräte der DTAG - Auswahlkriterien für SOHO-(Small Office/Home Office-)Anwendungen	1998	281
13.12	Klaus Holzer	Bildtelefonie - Entwicklungsstand und Aussichten	1999	176
13.13	Erhard Peter und Jürgen Bothe	Centrex - ein innovatives Leistungspaket	1999	199
13.14	Werner Würtenberger	Sicherheitskonzepte für das Internet	2000	47
13.15	Werner Weis	Ende-zu-Ende-Übertragungsqualität	2000	65

14 Allgemeines, Organisation und IV-Anwendungen

			Jahrg.	Seite
14.1	Helmut Benzing und Horst Hartmann	Pludo 22, ein zentrales Informations-System für die Planung und Dokumentation des Fernmelde-Fernliniennetzes	1991	358
14.2	Hans-Werner Rieper und Hans-Holger Meyer	Der zentrale Einkauf übertragungstechnischer Einrichtungen bei der DBP Telekom	1991	388
14.3	Winfried Pohl	Zulassungsverfahren unter dem Aspekt des europäischen Marktes - Aufgaben und Dienstleistungen des BZT	1995	185
14.4	Otto Baireuther	Gemeinsame Entwicklung von neuen Diensten und Netzen in EURESCOM	1995	203
14.5	Volkmar Doil	DETECON - die Kompetenz für Consulting-Aufgaben in der Telekommunikation	1995	220
14.6	Anton Hänseler und Marita Bathe	DeTeBerkom - Die Zukunft der Telekommunikation gestalten	1996	301
14.7	Emil Höllig	DeTeLine - Leistungen für Netze	1997	211
14.8	Ignacio Campino	Umweltschutz bei der Deutschen Telekom AG	1998	296

Bezugsquellen-Nachweis der Telekommunikation

Im Bezugsquellen-Nachweis des Jahrbuches empfehlen sich leistungsfähige Firmen. Bei Anfragen und Bestellungen bitten wir, auf die Bezugsquellen des Jahrbuches Bezug zu nehmen.

Fachverlag Schiele & Schön GmbH, 10969 Berlin

Access (Funk- und leitergebundene Teilnehmer-Anschlußnetze)

Marconi Communications GmbH
Gerberstr. 33, 71522 Backnang
Telefon: 07191/13-0
Fax 07191/13-3212

Anschlußdosen

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Anschlußleisten

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Antennen für Mobilfunknetze

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Antennenkabel

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Antennenmeßgeräte

KWS - Electronic GmbH
Tattenhausen
Sportplatzstr. 1
83109 Großkarolinenfeld
Tel. 08067/9037-0, Fax 9037-99

Antennenträger

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Antennen und Antennenanlagen

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

KATHREIN-Werke KG
Antennen-Electronic
Postfach 100444,83004 Rosenheim
T.: 08031/184-0
Fax:08031/184306
www.kathrein.de

Automatische Testsysteme

ACTERNA / ehemals WWG

Batterien

Accumulatorenfabrik
Sonnenschein GmbH
Im Thiergarten, 63654 Büdingen
Tel.(06042)81-70, Fax (06042)81538

B-ISDN-Prüfgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Bitfehlermeßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Bitfehlermeßplätze

ACTERNA / ehemals WWG

BK-Netze

Quante AG, 42097 Wuppertal

Datenkabel

KRONE GmbH

Datenleitungsmeßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Datennetze

KRONE GmbH

riemer telecom GmbH
Tel. 04502/841817, Fax 841819

Digitale Multiplex- und Übertragungssysteme

Quante AG, 42097 Wuppertal

Quante Netzwerke GmbH
30855 Langenhagen
Tel. 0511/740192-0, Fax -100
http://qng.quante.de

Digitale Richtfunksysteme

Marconi Communications GmbH
Gerberstr. 33, 71522 Backnang
Telefon: 07191/13-0
Fax 07191/13-3212

Druckluftüberwachungsanlagen für Nachrichtenkabel

Peter Lancier GmbH & Co. KG
D-48167 Münster, Petersheide 37
Tel.: ++49(0)2506/301-0
Fax: ++49(0)2506/301-100
eMail: mail@lancier.de
http://www.lancier.de

Endverschlüsse für Fernmeldekabel

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Endverzweiger

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Entladewiderstände

Platthaus Elektrotechnik GmbH
Postfach 20,42791 Leichlingen
Tel. 02174/7901-0, Fax -20

Fernmelde-Kabelgarnituren

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Fernmelde-Stromversorgungseinrichtungen

Gustav Klein GmbH & Co KG
Elektro-Geräte-Bau, Postf. 12 48
86952 Schongau Tel. 08861/209-0
Fax 08861/209-180
e-mail: vertrieb@gustav-klein.de

Glasfaserhauptverteiler

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Glasfaserkabel

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Glasfaserkabel-Endgestelle

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Glasfaserkabel-Überwachungssysteme

ACTERNA / ehemals WWG

Glasfaserkabel-Verteiler

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Gleichrichter

Gustav Klein GmbH & Co KG
Elektro-Geräte-Bau, Postf. 12 48
86952 Schongau Tel. 08861/209-0
Fax 08861/209-180
e-mail: vertrieb@gustav-klein.de

Hauptverteiler

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

HF-Steckverbindungen

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Installationsmaterial

Quante AG, 42097 Wuppertal

Installationstester

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

ISDN-Netzabschlußgerät für den Basisanschluß (NTBA)

Quante AG, 42097 Wuppertal

ISDN-Prüfgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Isolations-Überwachungsgeräte

Quante AG, 42097 Wuppertal

Kabelabdeckfolie

KELMAPLAST G. Kellermann
GmbH 45549 Sprockhövel
Tel.: 02324/90700
FAX: 02324/907090
E-mail: verk@kelmaplast.de

Kabeladerprüfgeräte

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Quante AG, 42097 Wuppertal

Kabelendverschlüsse

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Kabelfehler-Ortungsmeßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Kabelkennzeichnungen

KELMAPLAST G. Kellermann
GmbH 45549 Sprockhövel
Tel.: 02324/90700
FAX: 02324/907090
E-mail: verk@kelmaplast.de

Kabelmeßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Kabelmeßkoffer

ACTERNA / ehemals WWG

Kabelsuchgeräte

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Kabeltrassenband

KELMAPLAST G. Kellermann
GmbH 45549 Sprockhövel
Tel.: 02324/90700
FAX: 02324/907090
E-mail: verk@kelmaplast.de

Kabelverlegemaschinen u. -geräte

Peter Lancier GmbH & Co. KG
D-48167 Münster, Petersheide 37
Tel.: ++49(0)2506/301-0
Fax: ++49(0)2506/301-100
eMail: mail@lancier.de
http://www.lancier.de

Kabelverteilungseinrichtungen

Quante AG, 42097 Wuppertal

Kabelverzweigergehäuse

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Kabelverzweigersockel

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Koaxialkabel

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Koax-Meßmittel

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LAN-Technik

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LAN-Verkabelungen

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Lichtwellenkabel-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

LWL-Installationsgeräte und Werkzeuge

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LWL-Kabel

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LWL-Komponenten

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

LWL-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

LWL-Meßsender

ACTERNA / ehemals WWG

LWL-Montage

riemer telecom GmbH
Tel. 04502/841817, Fax 841819

LWL-Muffen

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LWL-Steckverbinder

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

LWL-Verzweiger

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

KATHREIN-Werke KG
Antennen-Electronic
Postfach 100444,83004 Rosenheim
T.: 08031/184-0
Fax:08031/184306
www.kathrein.de

Meßinstrumente

ACTERNA / ehemals WWG

Mobilfunk-Meßtechnik

ACTERNA / ehemals WWG

Monitoring-Systeme für Kupfer- u. Glasfaser-kabelnetze

ACTERNA / ehemals WWG

Peter Lancier GmbH & Co. KG
D-48167 Münster, Petersheide 37
Tel.: ++49(0)2506/301-0
Fax: ++49(0)2506/301-100
eMail: mail@lancier.de
http://www.lancier.de

Nachrichtentechn. Zubehör

Quante AG, 42097 Wuppertal

Nachrüstsätze für Verteilerkasten

Quante AG, 42097 Wuppertal

Netzmanagement-Systeme

ACTERNA / ehemals WWG

Netzplanung

Quante Netzwerke GmbH
30855 Langenhagen
Tel. 0511/740192-0, Fax -100
http://qng.quante.de

Optische Nachrichtentechnik

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Quante AG, 42097 Wuppertal

Optische Übertragungstechnik

Marconi Communications GmbH
Gerberstr. 33, 71522 Backnang
Telefon: 07191/13-0
Fax 07191/13-3212

Ortungsband

KELMAPLAST G. Kellermann GmbH 45549 Sprockhövel
Tel.: 02324/90700
FAX: 02324/907090
E-mail: verk@kelmaplast.de

OTDR-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Parabolantennen für Satellitenempfang

KATHREIN-Werke KG
Antennen-Electronic
Postfach 100444,83004 Rosenheim
T.: 08031/184-0
Fax:08031/184306
www.kathrein.de

PCM-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Pegelmesser

ACTERNA / ehemals WWG

Pegelsender

ACTERNA / ehemals WWG

Protokollanalysatoren

ACTERNA / ehemals WWG

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Prüfgeräte

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Prüfhandapparate

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Punkt-zu-Multipunkt-Systeme

Quante Netzwerke GmbH
30855 Langenhagen
Tel. 0511/740192-0, Fax -100
http://qng.quante.de

Richtfunkgeräte und -anlagen

Quante Netzwerke GmbH
30855 Langenhagen
Tel. 0511/740192-0, Fax -100
http://qng.quante.de

Schnittstellen-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

SDH-Übertragungstechnik

Marconi Communications GmbH
Gerberstr. 33, 71522 Backnang
Telefon: 07191/13-0
Fax 07191/13-3212

Stromversorgungsgeräte und Anlagen für die Fernmeldetechnik

Gustav Klein GmbH & Co KG
Elektro-Geräte-Bau, Postf. 12 48
86952 Schongau Tel. 08861/209-0
Fax 08861/209-180
e-mail: vertrieb@gustav-klein.de

Systemgestelle

Quante AG, 42097 Wuppertal

Teilnehmer-Anschluß-systeme

Quante Netzwerke GmbH
30855 Langenhagen
Tel. 0511/740192-0, Fax -100
http://qng.quante.de

Telefonhäuschen

Quante AG, 42097 Wuppertal

Telefonhauben

Quante AG, 42097 Wuppertal

Telekommunikations-Anlagen

Philips Business Communications
Hauptstr. 139-145
65760 Eschborn
Tel.: 06196/497-0, Fax: -491
info.line@philips.com

Telekommunikations-Meßgeräte

ACTERNA / ehemals WWG

Testsysteme

ACTERNA / ehemals WWG

Trassenwarnband

KELMAPLAST G. Kellermann
GmbH 45549 Sprockhövel
Tel.: 02324/90700
FAX: 02324/907090
E-mail: verk@kelmaplast.de

Trennleisten, Trennstecker

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Überführungs-endverschlüsse

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Überspannungsableiter

HUBER + SUHNER GmbH
82019 Taufkirchen, Postfach 1263
Tel. +49 (0) 89 61 201-0
Fax +49 (0) 89 61 201-162

Überspannungsschutz für elektronische Anlagen

Quante AG, 42097 Wuppertal

Übertragungstechnik

Quante AG, 42097 Wuppertal

Verbindungs- und Verteilungsdosen

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Verkabelungstester

KURTH ELECTRONIC
Daimler-13 72793 Pfullingen
+49(0)7121-9755-0 Fax -56
www.kurthelectronic.de

Verteilergestelle

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Verteilerkästen (Auf- und Unterputz)

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Verteilerschränke

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Wandverteiler

KRONE GmbH

Quante AG, 42097 Wuppertal

Wechselrichter

Gustav Klein GmbH & Co KG
Elektro-Geräte-Bau, Postf. 12 48
86952 Schongau Tel. 08861/209-0
Fax 08861/209-180
e-mail: vertrieb@gustav-klein.de

Inserentenverzeichnis zum Anzeigenteil

ALCATEL IX

ACTERNA XV

E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH, Altdorf 325

Huber + Suhner GmbH, Taufkirchen ..... 3. Deckelseite

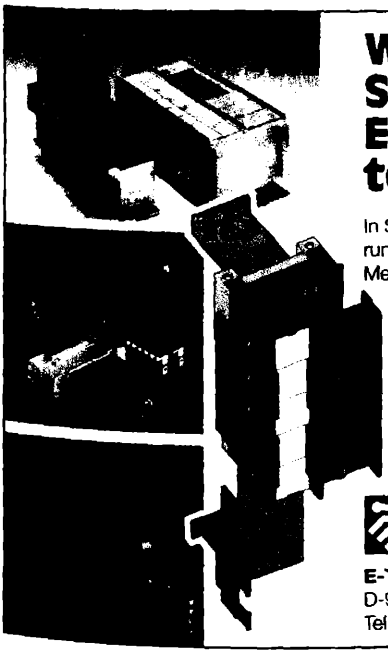
Gustav Klein, Schongau 325

Krone GmbH, Berlin XI

Marconi III

Quante AG, Wuppertal VII

Quante Netzwerke GmbH, Langenhagen XIII



Wir sind die Spezialisten für Energieverteilung

ISO 9001

In Sachen Stromverteiler und Sicherungsschalter haben wir eine ganze Menge Erfahrung. Weil wir einer der führenden Hersteller von Geräteschutzschaltern sind. Und kompetenter Systemanbieter. Für Schutz und Sicherheit. Zum Beispiel in Schaltschränken von Telekom-Anlagen. Weltweit. Natürlich mit individuellen Komplettlösungen. Einbaufertig und zuverlässig. Auch für schnelle Montage in ETSI-Gestellen.
Wir haben die intelligente Lösung.
Am besten machen Sie die Probe auf's Exempel.

E-T-A® Maßstab für sicherheit

E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH
D-90514 Altdorf/Nbg., Postfach 1061
Tel. 09187/10-0, Fax. 09187/1 03 97

50 Jahre

IHR PARTNER IN ALLEN FRAGEN DER STROMVERSORGUNG

USV
GLEICHRICHTER
WECHSELRICHTER
GETAKTETE NETZGERÄTE
GLEICHSPANNUNGSWANDLER
BAHN-STROMVERSORGUNGEN
TELEKOM-STROMVERSORGUNGEN

QM-SYSTEM Zertifiziert DIN EN ISO 9001 VDE

EGB

GUSTAV KLEIN

E-Mail: vertrieb@gustav-klein.de
E-Mail: vertrieb@gustav-klein.at

Bestellen Sie Ausgaben aus früheren Jahren einfach nach:

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1991
DM 48,- · ÖS 350,- · SFr. 49,40
ISBN 3-7949-0523-7

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1992
DM 52,- · ÖS 380,- · SFr. 53,50
ISBN 3-7949-0538-5

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1995
DM 58,- · ÖS 424,- · SFr. 59,60
ISBN 3-7949-0581-4

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1996
DM 62,- · ÖS 453,- · SFr. 63,70
ISBN 3-7949-0594-6

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1997
DM 64,- · ÖS 467,- · SFr 58,-
ISBN 3-7949-0610-1

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1998
DM 67,- · ÖS 489,- · SFr 61,-
ISBN 3-7949-0622-5

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 1999
DM 69,50 · ÖS 507,- · SFr 63,-
ISBN 3-7949-0632-2

taschenbuch der telekom praxis
Ausgabe 2000
DM 72,- · ÖS 526,- · SFr. 65,50
ISBN 3-7949-0657-8

Schiele & Schön
Das Wissen für morgen. Heute bei uns.

Fachverlag
Schiele & Schön GmbH
Berlin

Postfach 610280
D-10924 Berlin

Telefon (030) 25 37 52 – 23
Telefax (030) 251 72 48
E-Mail service@schiele-schoen.de

Anspruchsvolle Systemlösungen für die Übertragungstechnik

HUBER+SUHNER entwickelt, produziert und liefert Produkte und komplette Systeme für eine Vielzahl von Anwendungen im Bereich Daten- und Telekommunikation. Auf der Basis unserer langjährigen Erfahrung in der Glasfaser-, Funk- und Hochfrequenztechnik bieten wir dem Anwender unser Know-how bei der Entwicklung und Realisierung von kundenspezifischen Problemlösungen.

HUBER+SUHNER GERMANY

HUBER+SUHNER GmbH
Mehlbeerenstrasse 6, 82024 Taufkirchen
Tel. (089) 612 01-0, Fax (089) 612 01-162
www.hubersuhner.de