

INSTITUT FÜR INFORMATIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Diplomarbeit

**Einsatz des Konzepts der virtuellen
Workgroups von ATM in einer bestehenden
Betreiberumgebung**

am Lehrstuhl Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering

Bearbeiter: Thomas Forster

Betreuer: Dr. Sebastian Abeck

Anja Schuhknecht

Gliederung

Teil I: Einführung und Grundlagen

Kapitel 1: Einleitung und Motivation	1
1.1 Einführung in die Problematik.....	1
1.2 Virtuelle Workgroups.....	2
1.3 Projektarbeit bei Rohde & Schwarz	5
1.4 Aufbau dieser Diplomarbeit	7
Kapitel 2: Grundlagen.....	9
2.1 Subnetze.....	9
2.2 Strukturierte Verkabelung	11
2.2.1 Etagenverteiler und Tertiärverkabelung	12
2.2.2 Gebäude- und Standortverteiler	13
2.2.3 Unterstützung der Bildung virtueller Netze	14
2.3 Bridging (Vermittlung durch Brücken).....	15
2.4 Routing	16
2.5 Die Switching-Technologie: Voraussetzung zur Bildung virtueller Netze	18
2.5.1 Cut Through (CT).....	19
2.5.2 Store and Forward (S&F).....	20
2.5.3 Port-Switching (Konfigurations-Switching)	22
2.5.4 Switching auf den Schichten 2 und 3: LAN-Switching, Paket-Switching und Cell-Switching	22
2.6 Virtuelle Netze	26
Kapitel 3: Asynchronous Transfer Mode (ATM).....	29
3.1 Überblick.....	29
3.2 Die ATM-Zelle.....	31
3.3 Das virtuelle Verbindungskonzept.....	32
3.4 Das B-ISDN Schichtenmodell.....	35
3.5 ATM Adaptation Layer (AAL).....	37
3.5.1 Aufgaben der ATM-Anpassungsschicht	37
3.5.2 AAL 5.....	39
3.5.3 Message Mode und Streaming Mode	41

3.6 Das Adressierungsschema von ATM	43
3.7 Verkehrsvertrag, Quality of Service und Signalisierung	45
3.7.1 Signalisierung nach Q.2931	45
3.7.2 Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen	47

Teil II: Definition und Einsatz virtueller Workgroups

Kapitel 4: Das Workgroup-Konzept.....49

4.1 Ziel des Einsatzes virtueller Workgroups	49
4.1.1 Anforderungen eines Unternehmens (Netzbetreibers) an das Rechnernetz....	51
4.1.2 Workgroup-Computing	52
4.2 Einsatzszenarien für virtuelle Workgroups	54
4.3 Ermittlung von virtuellen Workgroups.....	57
4.3.1 Allgemeine Vorgehensweise	58
4.3.2 Informationsquellen.....	58
4.3.3 Identifizieren der zu untersuchenden Bereiche	60
4.3.4 Überblick über die aktuelle Netzstruktur.....	62
4.3.5 Unternehmensstruktur	64
4.3.6 Verwendete Protokolle und Anwendungen: Datenflußanalyse und Anwendungsanalyse	66
4.3.7 Zusammenführung der ermittelten Daten	71
4.4 Anforderungen an eine Workgroup-Software	72

Kapitel 5: Die LAN Emulation (LE).....73

5.1 Die Rolle der LAN Emulation (LE)	74
5.2 Der LAN Emulation Standard	76
5.2.1 Einordnung der LAN Emulation in das Schichtenmodell von OSI.....	76
5.2.2 RFC 1483 - Multiprotocol Encapsulation over ATM.....	77
5.2.3 Emulierte LANs (ELANs).....	79
5.2.4 Die Dienstschnittstellen der LAN Emulation.....	80
5.3 Die Client/Server-Architektur des LAN Emulation Service (LE Service)	81
5.3.1 Das LE User Network Interface (LUNI)	82
5.3.2 LAN Emulation Client (LEC).....	83
5.3.3 LAN Emulation Service (LE Service).....	84
5.3.4 ATM-Verbindungen im emulierten LAN	85
5.3.5 Die Funktionen des LE Service	87
5.4 LAN Emulation und virtuelle Workgroups	90
5.5 Die MIBs der LAN Emulation.....	91
5.5.1 Emulated LAN MIB [ELAN_MIB].....	92
5.5.2 Die LAN Emulation Service MIBs [LES_MIBs]	93

Kapitel 6: Ermittlung virtueller Workgroups im Rohde & Schwarz Rechnernetz.....	95
6.1 Überblick über das Netz bei Rohde & Schwarz.....	95
6.1.1 Die Unternehmensstruktur von Rohde & Schwarz	95
6.1.2 Rohde & Schwarz Netzverbindungen	96
6.1.3 Die eingesetzten Protokolle	97
6.1.4 Das aktuelle Rechnernetz bei Rohde & Schwarz.....	99
6.2 Das ATM-Backbone-Netz.....	100
6.2.1 Der ATM-Switch ASX-200.....	102
6.2.2 Der LAN Access Switch 20 (LAX-20)	102
6.2.3 Möglichkeiten zur Implementierung virtueller Workgroups.....	103
6.3 Die Bildung logischer Strukturen	104
6.3.1 Identifizierung logischer Gruppen	104
Teil III: Managementaufgaben beim Einsatz virtueller Workgroups	
Kapitel 7: Managementrelevante Aspekte virtueller Workgroups.....	109
7.1 Grundlagen des Netzmanagement	109
7.1.1 Betreibersicht	110
7.1.2 Planungsaspekte	111
7.1.3 Betriebsaspekte - Benutzerverwaltung - Accounting	113
7.1.4 Organisationsaspekte.....	115
7.1.5 Dimensionen des Managements	116
7.2 Funktionale Dimension	117
7.2.1 Konfiguration (Configuration Management)	118
7.2.2 Fehler (Fault Management).....	119
7.2.3 Leistung (Performance Management)	119
7.2.4 Abrechnung (Accounting Management).....	120
7.2.5 Sicherheit (Security Management)	120
7.3 Dimension der Szenarien / Enterprise-Management.....	122
7.3.1 Enterprise-Management.....	123
7.3.2 Informationsaspekt	124
7.3.3 Funktionsaspekt	126
7.3.4 Organisationsaspekt	127
Kapitel 8: Zusammenfassung und Ausblick.....	129
8.1 Weitere Aspekte virtueller Workgroups	130
8.1.1 for further studies	131

Teil IV: Anhang

Anhang A: Abkürzungsverzeichnis	133
Anhang B: Literaturverzeichnis.....	137
Anhang C: Die historische Entwicklung des Rechnernetzes bei Rohde & Schwarz.....	141
C.1 Die geographischen und baulichen Voraussetzungen bei Rohde & Schwarz	141
C.2 Die historische Entwicklung	142
Anhang D: Emulated LAN MIB [ELAN_MIB].....	149
Anhang E: LAN Emulation Service MIBs [LES_MIBs].....	155

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Organisation der Mitarbeiter in einem Unternehmen.....	3
Abbildung 1-2:	Einordnung von Workgroups ins Unternehmen.....	4
Abbildung 2-1:	Das OSI-Schichtenmodell für LANs	10
Abbildung 2-2:	Prinzip der strukturierten Verkabelung	12
Abbildung 2-3:	Verteilerschrank mit Patchfeld und Datendosen	13
Abbildung 2-4:	Architektur eines Routers	17
Abbildung 2-5:	mehrere Subnetze auf einem Netzsegment	17
Abbildung 2-6:	Architektur von Cut Through und Store and Forward Switches	19
Abbildung 2-7:	LAN-Switches und virtuelle LANs (VLANs).....	21
Abbildung 2-8:	MAC-Adressen	21
Abbildung 2-9:	Virtualisierung von logischen Subnetzen durch Router.....	25
Abbildung 3-1:	vermaschtes ATM-Netz mit Schnittstellen UNI, NNI und PNNI und unterschiedlichen Anwendungen	31
Abbildung 3-2:	Header einer ATM-Zelle an UNI und NNI.....	31
Abbildung 3-3:	Virtuelle Kanäle und Pfade	33
Abbildung 3-4:	Vermittlung über virtuelle Verbindungen in ATM	33
Abbildung 3-5:	B-ISDN Schichtenmodell	35
Abbildung 3-6:	Arbeitsweise der ATM-Anpassungsschicht	38
Abbildung 3-7:	Datenübergabe im AAL 5	40
Abbildung 3-8:	Arbeitsweise des Message Mode	42
Abbildung 3-9:	Arbeitsweise des Streaming Mode	43
Abbildung 3-10:	Die Adreßformate DCC, ICD und E.164	44
Abbildung 3-11:	Signalisierung zum Verbindungsauf- und Abbau in ATM.....	46
Abbildung 3-12:	Hinzufügen und Herausnehmen eines Teilnehmers aus einer Punkt- zu-Multipunkt Verbindung	47
Abbildung 4-1:	Einflußfaktoren auf virtuelle Workgroups	50
Abbildung 4-2:	Abteilungen eines Unternehmens	51
Abbildung 4-3:	Virtuelle Workgroups in einem Rechnernetz.....	55
Abbildung 4-4:	Workgroups als „Ressourcen-Provider“ für ihre Nutzer.....	56
Abbildung 4-5:	Implementierung virtueller Workgroups über virtuelle Netze	57
Abbildung 4-6:	Ermittlung virtueller Workgroups	57
Abbildung 4-7:	Informationsquellen zur Ermittlung virtueller Workgroups.....	59
Abbildung 4-8:	Analysevorgang für virtuelle Workgroups.....	60
Abbildung 4-9:	Workgroups in der Unternehmensstruktur	60
Abbildung 4-10:	Nutzung von Ressourcen durch Workgroups.....	61
Abbildung 4-11:	Kommunikationswege von Client/Server-Anwendungen	62
Abbildung 4-12:	Netzbeschreibung	63
Abbildung 4-13:	Mitarbeiterstruktur eines Unternehmens.....	65

Abbildung 4-14:	Datenflüsse in Client/Server-Architekturen: Ansatzpunkte zur Analyse der Kommunikationsbeziehungen	67
Abbildung 5-1:	Übergänge zwischen traditionellen LANs und ATM	75
Abbildung 5-2:	Die LAN Emulation im OSI-Schichtenmodell	77
Abbildung 5-3:	Übersicht über die bestehende Protokollvielfalt.....	78
Abbildung 5-4:	Dienstschnittstellen der LAN Emulation im Schichtenmodell	80
Abbildung 5-5:	Client/Server-Modell der LAN Emulation	81
Abbildung 5-6:	LUNI: User Network Interface der LAN Emulation	82
Abbildung 5-7:	Basisverbindungen eines LEC über LUNI.....	85
Abbildung 5-8:	Kontrollverbindung zwischen LEC und LECS	86
Abbildung 5-9:	Datenverbindungen zwischen LEC und BUS	86
Abbildung 5-10:	Initialisierung, Recovery und Beenden eines ELANs.....	87
Abbildung 5-11:	Verbindungsaufbau mit Ready Indication und Ready Query.....	89
Abbildung 5-12:	Virtuelle LANs in einem ATM-Netz.....	90
Abbildung 6-1:	Die Verkabelung bei Rohde & Schwarz.....	99
Abbildung 6-2:	ATM-Backbone bei Rohde & Schwarz.....	101
Abbildung 6-3:	Die Situation im Rechenzentrum (Bau 23).....	105
Abbildung 6-4:	MIKE8 im Rechenzentrum.....	106
Abbildung 6-5:	Die neue Vernetzung im Rechenzentrum	107
Abbildung 7-1:	Zusammenhang zwischen Netzmanagement und Workgroups.....	110
Abbildung 7-2:	Dimensionen eines Anwendungsprofils für virtuelle Workgroups...	112
Abbildung 7-3:	Zuordnung von Accountingdaten über virtuelle Workgroups	114
Abbildung 7-4:	Dimensionen des Managements	116
Abbildung 7-5:	Inhalt von Netz- und Komponentenbeschreibung.....	118
Abbildung 7-6:	Sicherheitsverfahren für virtuelle Workgroups	121
Abbildung 7-7:	Management-Szenarien im Überblick	122
Abbildung 7-8:	Aktivitäten in einer Wertschöpfungskette	123
Abbildung 7-9:	Enterprise-Objekte	124
Abbildung 7-10:	Einordnung von Workgroups in Enterprise-MIB	125
Abbildung 7-11:	Beziehungen zwischen Organisationseinheiten und Kommunikationsobjekten	127
Abbildung C-1:	Das Rohde & Schwarz-Gelände	142
Abbildung C-2:	Verlauf des Stammsegments bei Rohde & Schwarz	143
Abbildung C-3:	Anbindung der Etagensegmente über Repeater	143
Abbildung C-4:	Anbindung der Segmente durch Multiport-Bridges.....	144
Abbildung C-5:	Einsatz der Kalpana EtherSwitches	145
Abbildung C-6:	Rohde & Schwarz-Backbone mit Kalpana EtherSwitches.....	146
Abbildung C-7:	LWL-Verkabelung bei Rohde & Schwarz.....	146
Abbildung C-8:	Übergänge zwischen Geländebackbone und Gebäudeverkabelung..	147

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-A:	Abkürzungsverzeichnis zu Abbildung 2-2	12
Tabelle 3-A:	Bedeutung der Bitbereiche des ATM-Zellkopfs	32
Tabelle 3-B:	mögliche VPI/VCI-Kombinationen für die Vermittlung von E1 zu E2	34
Tabelle 3-C:	Funktionen der Schichten im B-ISDN-Referenzmodell.....	36
Tabelle 3-D:	Typen der ATM-Anpassungsschicht	39
Tabelle 3-E:	Abkürzungsübersicht zu AAL 5.....	40
Tabelle 3-F:	Bedeutung der ATM-Adreßfelder	44
Tabelle 5-A:	Vergleich von ATM mit herkömmlichen LAN-Technologien	74
Tabelle 5-B:	Dienstschnittstellen der LAN Emulation	81
Tabelle 5-C:	Beispiel einer Adreßtabelle in einem LECS	90
Tabelle 5-D:	Inhalt der [ELAN_MIB] für emulierte LANs.....	92
Tabelle 5-E:	LECS-Group der [ELAN_MIB].....	93

Teil I

Einführung und Grundlagen

Die ersten drei Kapitel der Diplomarbeit geben eine Einführung zum Thema virtuelle Workgroups. Dabei wird zunächst auf die Notwendigkeit zum Einsatz eines Workgroup-Konzepts eingegangen. Daran anschließend folgt eine Untersuchung der Techniken Bridging, Routing und Switching auf die Möglichkeit zur Bildung virtueller Netze. Diese sind Voraussetzung zur Implementierung virtueller Workgroups in einem Rechnernetz. In Kapitel 3 wird der Asynchronous Transfer Mode (ATM) als Beispiel einer modernen Switching-Technologie vorgestellt, die die Bildung virtueller Netze ermöglicht.

Kapitel 1

Einleitung und Motivation

1.1 Einführung in die Problematik

Der Einsatz von Kommunikationsnetzen ist aus der heutigen Unternehmenslandschaft nicht mehr wegzudenken. Zunehmend wächst bei den Netzbetreibern auch die Erkenntnis, daß ein Unternehmensnetz nicht wie eine Dienstleistung ähnlich dem Telefonanschluß oder anderem Büromaterial zu behandeln ist. Vielmehr sind aus den einst zur Unterstützung von Bürotätigkeiten wie Textverarbeitung oder Gehaltsabrechnung eingesetzten Rechnernetzen längst sogenannte Produktionsnetze geworden, ohne die viele Unternehmen ihre Unternehmensziele nicht mehr erreichen können. Ein Unternehmensnetz ist demnach als Betriebs- und Produktionsmittel zur Verwirklichung der Betriebsziele anzusehen und bedarf deshalb eigener Verfahren, um optimal im Sinne dieser Ziele eingesetzt werden zu können.

In der Informatik hat sich Netzmanagement als eigene Disziplin herausgebildet, die Wege aufzeigt, um ein Rechnernetz effizient und effektiv zu betreiben und zu verwalten. Aus oben angeführten Gründen hält dieses relativ junge Forschungsthema nun Einzug in die Unternehmen, da dort erkannt wurde, daß die Probleme, die sich durch den Betrieb der meist schnell wachsenden lokalen Netze ergeben, mit bisherigen Mitteln nicht mehr zu bewältigen sind. Die Erkenntnis der großen Bedeutung eines Netzes für ein Unternehmen hat zur Folge, daß sich die Anforderungen, die an das Netz gestellt werden, erhöhen. Diese lauten: mehr Bandbreite, schnellerer Zugriff, größere Zuverlässigkeit. Um den gesteigerten Ansprüchen zu genügen, wurden leistungsstärkere Rechner und Anwendungen beschafft und eingesetzt. Als Folge davon wächst das Netz an, da die neuen Komponenten mehr Netzressourcen beanspruchen. Die heute üblichen lokalen Netze auf der Basis von Ethernet, Token Ring und auch „Hochgeschwindigkeitstechnologien“ wie FDDI¹ oder Fast Ethernet werden, trotz Übertragungsgeschwindigkeiten von 100 Megabit pro Sekunde (Mbps), durch dieses enorme Wachstum bald an ihren Grenzen anlangen, sowohl im Transport- als auch im Managementbereich. Als neue Übertragungstechnik, die verspricht, die heutigen Probleme in Zukunft lösen zu können, ist der Asynchronous Transfer Mode (Asynchrones Übermittlungsverfahren, ATM) in aller Munde.

Viele Netzbetreiber werden sich, vor allem im Bereich der lokalen Netze (LANs²), in den nächsten Jahren mit dem Problem konfrontiert sehen, daß ihr bisheriges Netz den erhöhten Anforderungen durch schnellere Rechner und bandbreitenintensivere

¹ FDDI Fiber Distributed Data Interface

² LAN Local Area Network

Anwendungen wie beispielsweise die Übertragung von „Multimedia“-Dokumenten nicht mehr gerecht wird. Die Aufgabe der Netzbetreuer liegt darin, eine Möglichkeit zu finden, um ihre zum Teil unstrukturiert gewachsenen Netze in eine leichter handhabbare Struktur zu überführen und zugleich den erhöhten Leistungsanforderungen anzupassen. Dabei zeichnet sich ATM als diejenige technologische Lösung ab, die diese aktuellen Probleme bewältigen kann, und auch dazu geeignet scheint, auf längere Sicht nicht an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit zu stoßen. Als Stichworte seien hier hohe Bandbreiten, schnelle Verarbeitungsgeschwindigkeiten, Skalierbarkeit und virtuelle Verbindungen genannt. In Kapitel 3 wird ausführlich auf die Vorteile von ATM eingegangen.

Diese Diplomarbeit stellt ein Konzept für den Einsatz virtueller Workgroups vor. Der Einsatz virtueller Workgroups soll helfen, Netze effektiver betreiben zu können. Voraussetzung zur Bildung solcher Workgroups sind virtuelle Netze, die dem Netzbetreiber die Freiheit geben, die Netzressourcen beliebig einzuteilen. Neu ist in diesem Zusammenhang, daß keine Änderung der Verkabelungsstruktur oder ein manuelles Umkonfigurieren von Vermittlungsgeräten wie Bridges oder Router notwendig ist. Im Abschnitt 1.2 werden die Vorteile, die man sich vom Einsatz virtueller Workgroups erhofft, beschrieben.

1.2 Virtuelle Workgroups

Ziel eines jeden Netzbetreibers ist es, sein Rechnernetz effektiv und effizient zu betreiben. Ständig wechselnde Anforderungen, neue Applikationen und Geräte erfordern eine laufende Anpassung des Netzes. Umkonfigurationen werden jedoch vor allem gemacht, um ein „Netztuning“ zu erreichen. Ziele sind eine Verbesserung des (Transport-) Durchsatzes und eine Reduzierung der Fehler im Netz. Allgemein kann man sagen, daß durch Bildung von Subnetzen³ diese Ziele erreicht werden, weil

- durch eine geringere Anzahl von Stationen pro Netzsegment jeder Station mehr Bandbreite zur Verfügung steht, und
- Fehler in einem Segment nicht über die Segmentgrenze weitergeleitet werden und dadurch den Verkehr in den anderen Subnetzen nicht beeinträchtigen.

Neben einer Verbesserung der möglichen Übertragungsgeschwindigkeit auf der technischen Seite gilt es jedoch, die Arbeitsabläufe beim Einsatz des Produktionsmittels Unternehmensnetz zu verbessern.

³ Darauf wird in Kapitel 2 näher eingegangen, Ziel der Subnetzbildung ist die Verteilung und Trennung der gesamten Netzlast auf mehrere Teilnetze.

Virtuelle Workgroups sind Gruppen von Nutzern und Ressourcen, die von einem Netzmanagement-System (NMS) frei eingeteilt und verändert werden können. Man wendet dazu das Prinzip der Segmentierung, also der Bildung kleinerer Gruppen, auf die Anwender eines Rechnernetzes an, um so die Vorteile der Subnetzbildung auszunutzen.

Diese Workgroups genannten Teilnetze sind jedoch meist kleiner und vor allem häufiger Veränderungen unterworfen als die bisher üblichen, da sie die jeweils aktuelle Organisationsstruktur eines Unternehmens abbilden sollen. Inwieweit dies technisch machbar ist, soll in dieser Arbeit ermittelt werden.

Jedes Unternehmen hat im Laufe der Zeit organisatorische Strukturen entwickelt, durch die eine optimale Abarbeitung der anstehenden Unternehmensaufgaben möglich sein soll. Selbstverständlich kann es *die* optimale Lösung nicht geben, jedoch wird durch die historisch gefundene Organisationsstruktur der Mitarbeiter und die Unterteilung in Unternehmensbereiche die Aufteilung der zu bewältigenden Arbeitsaufträge im Sinne des Unternehmens im allgemeinen gut gelöst. Die Mitarbeiter eines Unternehmens sind der organisatorischen Struktur unterworfen und werden den Unternehmensbereichen meist hierarchisch zugeordnet. Abbildung 1-1 verdeutlicht dies.

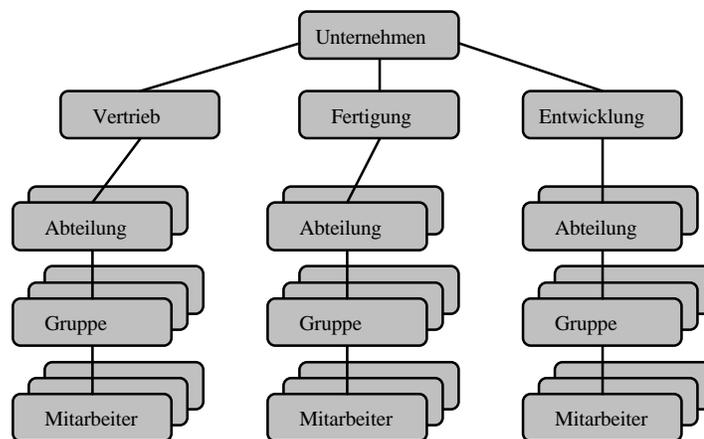


Abbildung 1-1: Organisation der Mitarbeiter in einem Unternehmen

Die Aufbauorganisation eines Unternehmens ist jedoch keineswegs starr. Durch Modifikationen in der Struktur reagiert man flexibel auf anstehende Arbeitsaufträge und geänderte Anforderungen des Marktes. Diese Flexibilität muß umgesetzt werden können. Dafür werden Konzepte benötigt, durch die auch das Unternehmensnetz den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt werden kann. Virtuelle Workgroups sollen ein Mittel dafür darstellen.

Die Definition und Koordination der Arbeitsabläufe erfolgt in den Ebenen Unternehmen, Unternehmensbereich und Abteilung (siehe Abbildung 1-1 und Kapitel 4, Abbildung 4-13). Die Mitarbeiter der Gruppen (Teams) haben die Arbeitsabläufe dann umzusetzen. Workgroups - der Name läßt es erahnen - sind nichts anderes als solche Arbeitsgruppen. Teamwork, das heißt Arbeit in kleinen, projektorientierten Gruppen, die sich flexibel zusammensetzen können, birgt verschiedene Vorteile in sich, die darauf zielen, die Produktivität in einem Unternehmen zu erhöhen. Da die Arbeit in Be-

trieben ohne den Einsatz von Rechnern nicht mehr vorstellbar ist, will man auch unter Einbeziehung der Rechner die Möglichkeit schaffen, Mitarbeiter zu Teams - *Workgroups* - zusammenzufassen. Dabei soll es keine Rolle spielen, ob die Mitglieder einer Workgroup räumlich zusammen oder getrennt arbeiten. Ein Ziel dieser Diplomarbeit ist es zu untersuchen, welche Möglichkeiten ATM zusammen mit der LAN Emulation (siehe Kapitel 5) hinsichtlich dieser neuen Aufgabenstellungen bietet.

Die Vorzüge von Teamwork haben sich in der Arbeitswelt bereits bewährt, nun gilt es, diese Form der Zusammenarbeit auch durch das Produktionsmittel Rechnernetz zu unterstützen. Jeder Mitarbeiter eines Unternehmens besitzt mindestens eine Benutzerkennung⁴ im Produktionsnetz⁵. Das Netz verwaltet die Unternehmensdaten, die zum Erreichen der Unternehmensziele benötigt werden, verschiedene Teams benötigen unterschiedliche Daten, da sie in verschiedenen Aufgabenbereichen arbeiten. Dazu setzen sie unterschiedliche Anwendungen ein (auf unterschiedlichen Rechensystemen), für die separate Zugangsberechtigungen (Kennungen) nötig sein können. Die Applikationen wiederum haben sehr verschiedene Anforderungen an das Netz bezüglich Bandbreite, Rechenleistung und Verfügbarkeit. Workgroup Computing erlaubt es den Mitgliedern einer solchen Workgroup, auf gemeinsame Datenbestände zuzugreifen und stellt die von ihnen benötigten Anwendungen bereit.

Ziel ist es, die organisatorische Struktur der Mitarbeiter auf die logische Organisation der Netzbenutzer (Anwender, „User“) abzubilden. Dies soll durch den Einsatz virtueller Workgroups verwirklicht werden.

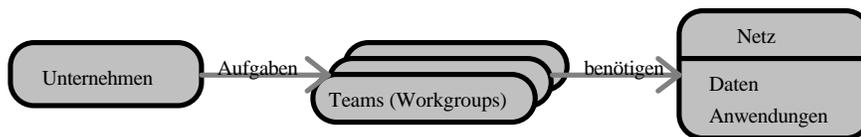


Abbildung 1-2: Einordnung von Workgroups ins Unternehmen

Virtuelle Workgroups stellen auch ein Mittel des Netzmanagements dar, durch deren Einsatz die Verwaltung der Netzressourcen optimiert werden kann. Die wichtige Neuerung dabei ist, daß auch die Nutzer eines Netzes als Ressource beziehungsweise zu „managende“ Komponente eines Rechnernetzes anzusehen sind. Der „Einsatz“ dieser Ressource kann ebenfalls optimiert werden, dazu müssen die Bedürfnisse der Anwender untersucht werden. Aus Sicht des Unternehmens soll die Ressource Nutzer so eingesetzt werden, daß sie effektiv und produktiv arbeiten kann. Für den Anwender soll durch die Einteilung in virtuelle Workgroups eine höhere Verfügbarkeit des Netzes erreicht werden, da ihm ein schnellerer Zugriff auf die von ihm benötigten Daten und Ressourcen ermöglicht wird.

⁴ sind verschiedene Rechensysteme im Einsatz, benötigt man auch mehrere Kennungen, z.B. für PC-Anwendungen, für Unix-Rechner, für DEC-Stationen usw.

⁵ Hier wird der Begriff Produktionsnetz stellvertretend für mehrere Formen von Kommunikationsnetzen verwendet. Natürlich können virtuelle Workgroups und deren Vorteile auch in Verwaltungs- oder Forschungsnetzen genutzt werden.

Bisher ließen sich virtuelle Workgroups nicht befriedigend realisieren, da die physische Struktur eines Netzes die logische Struktur vorgab. Die Dynamik, der die Arbeitsprozesse in einem Unternehmen durch Umzüge und Veränderungen in der Personal- und Organisationsstruktur unterliegen, fordert von einem Workgroup-Konzept, das diese Strukturen auf das Rechnernetz abbilden soll, ein Höchstmaß an Flexibilität. Dies ist mit heutigen Netztechnologien noch nicht ausreichend umzusetzen. Darum müssen die Netze dahingehend ausgerichtet werden⁶, diese Art der optimalen Zusammenarbeit zu ermöglichen, und zwar ohne Einschränkungen bezüglich des Orts, an dem ein Mitglied einer Workgroup mit dem Netz verbunden ist. Hinter dieser Forderung verbirgt sich der Themenbereich *virtuelle Netze*, ein Gebiet, das zunehmend in der Praxis zum Einsatz kommen soll. Durch virtuelle Netze wird es möglich, die logische Struktur von der physischen Netzstruktur abzukoppeln, wodurch sich die Netzressourcen, inklusive Anwender, frei einteilen lassen. Diese Diplomarbeit will erklären,

- welche Vorzüge der Einsatz virtueller Workgroups in einem Unternehmensnetz für den Netzbetreiber und die Anwender mit sich bringt,
- welche technischen Voraussetzungen zur Realisierung notwendig sind, und
- wie ein Konzept zur Umsetzung virtueller Workgroups in einer bestehenden Betreiberumgebung auszusehen hat, welche Schritte also zur Realisierung zu unternehmen sind.

1.3 Projektarbeit bei Rohde & Schwarz

Die Firma Rohde & Schwarz in München ist dabei, ihr bestehendes lokales Rechnernetz auf Ethernet-Basis um ein ATM-Backbone-Netz zu erweitern. Da man sich mit dieser Umstellung auf ein weitgehend neues und unbekanntes Terrain begibt, beschloß man eine Zusammenarbeit mit dem Münchner Netzmanagement Team (MNM-Team). Im Rahmen eines Projekts ergeben sich Themen für zunächst drei Diplomarbeiten, die Probleme und Fragestellungen untersuchen, welche sich bei der Umstellung auf die Übertragungstechnologie ATM ergeben. Thema der ersten Diplomarbeit⁷ ist es, Migrations- und Teststrategien zu finden, um den Übergang vom bestehenden Ethernet-LAN zu einem ATM-Backbone bewältigen zu können. Der Schwerpunkt liegt dabei darin, Teststrategien in einen vorgegebenen Migrationspfad einzubetten. Die zweite Diplomarbeit⁸ beschäftigt sich mit Managementmöglichkeiten von ATM-Netzen. Hier besteht Bedarf, da diese Technologie erst seit kurzem zum Einsatz in lokalen Netzen kommt und praktische Erfahrungen beim Management eines ATM-

⁶ Die Veränderungen werden an den Komponenten des Netzes vorgenommen, also an den Vermittlungsrechnern und den Kommunikationsprotokollen.

⁷ [Sandner 95] "Entwicklung von Teststrategien beim Einsatz von ATM im Backbone-Bereich eines Corporate Networks"

⁸ [Eichinger 95] "Konzepte zur Überwachung und Steuerung von ATM-Verbindungen"

Netzes somit noch fehlen. Als dritte Diplomarbeit⁹ ist schließlich die vorliegende Arbeit zu nennen, in der versucht wird, ein allgemeines Konzept respektive eine Vorgehensweise für die Ermittlung und den Einsatz virtueller Workgroups am Beispiel der Firma Rohde & Schwarz zu finden.

Die Einführung des ATM-Backbones, also der Aufbau der Komponenten und ihre Integration in das bestehende LAN, erfolgte ab Februar/März 1995 eingeteilt in fünf Phasen über zwei Geschäftsjahre hinweg. In den ersten beiden Phasen wurden die ATM-Komponenten installiert und getestet - hier setzte auch die Zusammenarbeit mit dem MNM-Team an. Ziel der Projektarbeit ist es, Rohde & Schwarz bei der Umstellung auf die neue Technologie zu unterstützen, da dort in einem relativ kurzen Zeitraum

- die Implementierung eines ATM-Backbone-Netzes,
- der Zusammenschluß mehrerer Niederlassungen zu einem Corporate Network, und
- die Einführung eines Netzmanagement-Konzepts

durchgeführt werden. Die Diplomarbeiten sollen deshalb eine Analyse und Dokumentation des Ist-Zustands des Netzes und der verwendeten Applikationen beinhalten und sich mit Konzepten für das Netzmanagement befassen. Das MNM-Team erhofft sich von diesem Projekt Erkenntnisse über:

- den praxisbezogenen Einsatz von ATM-Netzen und Möglichkeiten zu deren Management,
- Schwierigkeiten und Probleme bei der Migration von einem bestehenden LAN zu einem ATM-Backbone in einem Produktivnetz, und
- den Stand der Technik von ATM-Netzen.

⁹ [Forster 95] "Einsatz des Konzepts der virtuellen Workgroups von ATM in einer bestehenden Betreiberumgebung"

1.4 Aufbau dieser Diplomarbeit

Diese Arbeit setzt sich aus drei Teilen zusammen. Teil I beinhaltet eine Einführung in das Thema und stellt die Grundlagen vor. Teil II beschäftigt sich mit der Definition und dem Einsatz virtueller Workgroups, in Teil III folgt abschließend eine Bewertung des Konzepts virtueller Workgroups vor dem Hintergrund eines integrierten Netz- und Systemmanagements.

In den ersten 3 Kapiteln der Diplomarbeit wird eine Einführung zum Thema virtuelle Workgroups gegeben, Kapitel 1 motivierte die Notwendigkeit des Einsatzes virtueller Workgroups. Die Grundlagen und die technisch notwendigen Voraussetzungen zum Einsatz virtueller Workgroups werden im Kapitel 2 erläutert, zur Sprache kommen die Bedeutung der Vermittlungstechniken Bridging, Routing und Switching und die Notwendigkeit einer strukturierten Verkabelung für den Aufbau virtueller Netze. Wie bereits in der Einleitung angedeutet worden ist, ist die Möglichkeit zur Bildung virtueller Netze, also der Loslösung der logischen von der physischen Netzstruktur, Voraussetzung zur Implementierung virtueller Workgroups in einem Rechnernetz. In Kapitel 3 wird der Asynchronous Transfer Mode (ATM) als Beispiel einer modernen Switching-Technologie vorgestellt, durch deren Einsatz im Backbone-Bereich lokaler Netze zusammen mit der LAN Emulation (Kapitel 5) die Bildung virtueller Netze erstmals realisierbar ist.

Der zweite Teil umfaßt die Kapitel 4 bis 6, in denen die Vorgehensweise zur Implementierung virtueller Workgroups in einem bestehenden Rechnernetz aufgezeigt wird. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein allgemeines Konzept für den Einsatz virtueller Workgroups in einer bestehenden Betreiberumgebung zu finden. Dazu müssen zum einen die Vorteile und Möglichkeiten des Einsatzes eines Workgroup-Konzeptes erläutert werden, dies geschieht in Kapitel 4. Dort wird versucht, aus den Anforderungen eines Netzbetreibers heraus die Eigenschaften virtueller Workgroups zu definieren und daran anschließend eine allgemeines Konzept zur Ermittlung von Workgroups zu beschreiben. Kapitel 5 stellt die LAN Emulation des ATM Forums vor, die es ermöglicht, virtuelle Netze in LANs mit ATM-Backbone einzurichten. In Kapitel 6 werden am Beispiel der Firma Rohde & Schwarz die Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung virtueller Workgroups anhand der in Kapitel 4 gefundenen Vorgehensweise beleuchtet.

In den beiden abschließenden Kapiteln wird versucht, die Möglichkeiten, die virtuelle Workgroups bieten, zu bewerten und in den Kontext eines Netzmanagements einzubinden. Dazu werden zum einen die Maßnahmen zum Finden und Einrichten virtueller Workgroups den jeweiligen Managementaufgaben zugeordnet, zum anderen wird der Einsatz virtueller Workgroups als Managementkonzept untersucht. Kapitel 8 schließt als Ausblick die Arbeit mit einer Zusammenfassung ab und liefert einen Ausblick auf mögliche Folgearbeiten.

Im Teil IV befindet sich der Anhang. Er enthält neben dem Abkürzungs- und Literaturverzeichnis eine Beschreibung der historischen Entwicklung des Rechnernetzes

bei Rohde & Schwarz (Anhang C). In Anhang D und E werden die MIBs¹⁰ der LAN Emulation angeführt.

¹⁰ MIB Management Information Base
ein konzeptioneller Datenbehälter, der Informationen über eine Netzkomponente sammelt und über SNMP, direkt oder über ein NMS, angesprochen werden kann.

Kapitel 2

Grundlagen

Wie in der Einleitung bereits angedacht wurde, sind virtuelle Netze Voraussetzung zur Einführung virtueller Workgroups in ein Rechnernetz. In diesem Abschnitt soll erklärt werden, warum die traditionellen Vermittlungstechnologien Bridging und Routing nur bedingt zum Aufbau virtueller Netze geeignet sind, welche Vorteile die Switching-Technologie hat und warum eine strukturierte Verkabelung benötigt wird. Im folgenden wird, falls nicht anderweitig angegeben, *Ethernet* als Übertragungstechnik im lokalen Netz vorausgesetzt.

2.1 Subnetze

Durch eine Strukturierung von Rechnernetzen soll deren Leistung verbessert werden. Eine Unterteilung eines Netzes in separate Teilnetze (Subnetze) soll helfen, die Kommunikation in lokalen (subnetzinternen) und globalen (subnetzübergreifenden) Netzverkehr aufzuteilen und dadurch Fehler besser einzudämmen. Ziel ist es dabei, den Großteil des Verkehrsaufkommens eines Teilnetzes lokal zu halten. Die Kopplung der Subnetze kann in den OSI¹-Teilschichten 1 (durch Repeater), 2 (durch Bridges) und 3 (durch Router) erfolgen, Switching-Technologien können auf diesen Ebenen ebenso eingesetzt werden. Die Techniken zur Netzkopplung werden in den folgenden Abschnitten erklärt, Abbildung 2-1 zeigt die Schichten des OSI-Modells.

Eine Kopplung auf der Schicht 1 durch Repeater kann eigentlich nicht als Subnetzbildung bezeichnet werden. Vielmehr handelt es sich hierbei um die Verlängerung von Kabelsträngen, für diese sind durch den OSI-Standard maximale Längen² vorgegeben. Da die Aufgabe von Repeatern, die Signale wieder aufzubereiten, aber heute meist von Sternkopplern übernommen wird, und in diese vielfach Funktionalitäten höherer Schichten, z.B. Paketanalyse, integriert worden sind, fällt eine Zuordnung dieser Geräte in das OSI-Modell schwer. Mit Subnetzbildung auf der Schicht 1 ist hier also das Koppeln verschiedener physischer Kabelsegmente zu einem Teil-LAN gemeint. Allgemein kann man feststellen, daß eine eindeutige Einordnung von Vermittlungsrechnern in das OSI-Modell oftmals nicht mehr möglich ist, da eine Durchmischung der Funktionalitäten der Schichten implementiert wurde.

¹ OSI Open Systems Interconnection, von der International Standardization Organisation (ISO) festgelegter Kommunikationsstandard

² Für Ethernet 500 Meter pro Kabelsegment, es dürfen höchstens 4 Repeater zwischen kommunizierenden Endstationen sein. Dadurch ergibt sich eine maximal zulässige Gesamtlänge von 2500 Metern für ein Subnetz (5 Kabelsegmente an 4 Repeatern).

7 Anwendung (Application)	
6 Darstellung (Presentation)	
5 Kommunikationssteuerung (Session)	
4 Transport	
3 Vermittlung (Network)	3c Internet
	3b Enhancement
	3a Subnetwork-Access
2 Sicherung (Data Link)	2b Logical Link
	2a Medium Access
1 Bitübertragung (Physical)	

Abbildung 2-1: Das OSI-Schichtenmodell für LANs

Bridging und Routing sind bekannte Technologien, um in Ethernet (IEEE 802.3)-, Token Ring (IEEE 802.5)- oder FDDI-Netzen Subnetze zu bilden, und sie erfüllen ihre Aufgabe gut. Da jedoch die Anforderungen bezüglich Bandbreite, Verfügbarkeit und Sicherheit eines Netzes enorm gestiegen sind und noch weiter steigen werden - Stichwort „Multimedia“ - sind die Grenzen des technisch Machbaren schnell erreicht. Ab einer gewissen Stationszahl pro Netzsegment ist in diesen Rechnernetzen eine Anpassung an die neuen Anforderungen mit Bridging oder Routing nicht mehr optimal möglich. Vor allem der verstärkte Einsatz von verteilten Client/Server-Applikationen überfordert die Möglichkeiten einfacher Subnetzbildung durch Bridging oder Routing. Da diese Dienste zentral angeboten werden sollen (einfacher zu betreuen und sicherer zu betreiben), muß der Zugriff auf die Server aus jedem Subnetz über die Vermittlungsrechner in die Netzzentrale erfolgen können. Das Ziel der Subnetzbildung, den Hauptteil des Verkehrs lokal zu halten, wird dadurch wieder aufgehoben. Zusätzlich kommt es zu einer Reduktion des Durchsatzes, da die Kopplung der Teilnetze durch Bridging- und Routing-interne Verzögerungen die Gesamtlaufzeit eines Informationspakets zwischen Sender und Empfänger erhöht.

Ein Netz besteht aus

- der physischen Struktur des Netzes (Verkabelung),
- der physischen Netztopologie (Beschaltung der Verkabelung mit aktiven Komponenten wie Sternkoppler und Repeater), und
- der logischen Netzstruktur.

Die logische Struktur wird auf der Basis der physischen Topologie durch den Einsatz von Brücken, Routern oder Switches gebildet, die die Stationen am Netz zu verschiedenen Subnetzen zuordnen. Die Strukturierung eines Netzes sollte sich immer am Datenfluß im Netz orientieren, wie die einzelnen Vermittlungstechnologien dies umsetzen können, wird im folgenden beschrieben. Dabei sollen die Vorteile von Switching und einer strukturierten Verkabelung gegenüber Bridging und Routing, vor

allem im Hinblick auf die Möglichkeit der Bildung virtueller Netze, herausgestellt werden.

2.2 Strukturierte Verkabelung

Dieser Abschnitt gibt einen kurzen Überblick über das Grundkonzept einer strukturierten Verkabelung, um deren Vorteile ersichtlich zu machen. Den folgenden Ausführungen liegt die Norm EN50173 zugrunde³, nach deren Empfehlungen auch bei der Firma Rohde & Schwarz die Änderungen in der Verkabelung vorgenommen wurden. Dies wird in Anhang C beschrieben. Ziel einer strukturierten Verkabelung ist es auch, eine *Mikrosegmentierung* zu erreichen, das bedeutet, die Zahl der angeschlossenen Stationen pro LAN-Segment möglichst gering zu halten. Weniger Stationen pro Segment bedeuten mehr Bandbreite pro Station, daraus resultiert eine geringere Fehlerwahrscheinlichkeit. Von einem *Dedicated Ethernet* spricht man, wenn pro Netzsegment nur eine Station angeschlossen ist und damit dedizierte Einzelanschlüsse bereitstehen.

Die Norm der strukturierten Verkabelung unterscheidet folgende drei Verkabelungsbereiche, die jeweils unterschiedliche Anforderungen an die zu übertragende Bandbreite stellen:

- die **Primärverkabelung** (High Speed Bereich, mindestens 100 Mbps)
verbindet die Gebäude eines Campus miteinander, man spricht auch vom *Geländebackbone*.
- die **Sekundärverkabelung** (Bandbreiten größer 10 Mbps)
verbindet die einzelnen Etagen eines Gebäudes, man spricht auch von der *Steigbereichsverkabelung*.
- die **Tertiärverkabelung** (geringe Bandbreite, bis 10 Mbps)
verbindet die Stationen innerhalb einer Etage miteinander, auch bekannt als *Etagenverkabelung*.

Abbildung 2-2 verdeutlicht die Übergangspunkte zwischen den einzelnen Bereichen. Dort befinden sich die Verteiler (Vermittlungsrechner), deren Aufgabe darin besteht, die Nachrichtenpakete in die entsprechenden Verkabelungsbereiche weiterzuleiten.

³ EN50173 Europäischer Normentwurf über Anforderungen an strukturierte Verkabelungsschemata

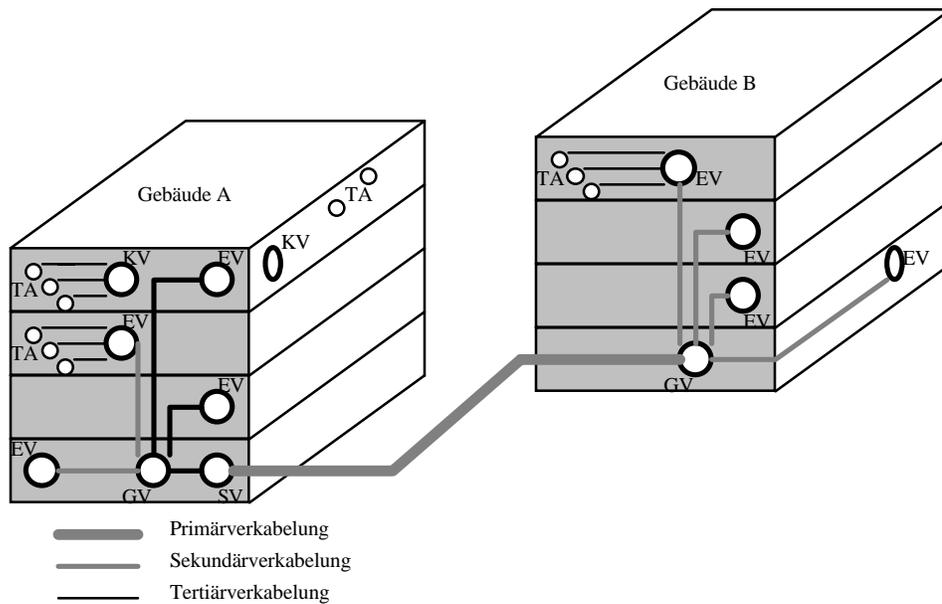


Abbildung 2-2: Prinzip der strukturierten Verkabelung

Dabei bedeuten:

Abkürzung	Bedeutung	Verkabelungsbereich
SV	Standortverteiler	Primär
GV	Gebäudeverteiler	Sekundär
EV	Etagenverteiler	Tertiär
KV	Kabelverzweiger	Tertiär
TA	Informationstechnische Anschlußdose (Terminal Adapter, „Datendose“)	Tertiär

Tabelle 2-A: Abkürzungsverzeichnis zu Abbildung 2-2

2.2.1 Etagenverteiler und Tertiärverkabelung

Ziel der Verkabelung im Etagenbereich ist es, eine flächendeckende Grundversorgung mit Datendosen (Anschlüsse für Rechner) zu erreichen, unabhängig vom momentanen Bedarf. Die Abkehr von der bedarfsgerechten zur flächendeckenden Verkabelung vermindert auf lange Sicht die Kosten, da nach Umzügen neue Anschlüsse benötigt werden können und eine Nachverkabelung zeitaufwendig und kostspielig ist. Deswegen installiert man nach Möglichkeit wesentlich mehr Datendosen als sich aktive Komponenten im Netz befinden. Über sogenannte Patchfelder, siehe Abbildung 2-3, die sich in den Etagenverteilern befinden, können alle Datendosen, und damit die Stationen, an die Vermittlungsrechner angeschlossen werden. Als Kabeltyp ist Shiel-

ded Twisted Pair (STP) Kategorie 5 vorgesehen, darauf läßt sich auch ATM realisieren⁴.

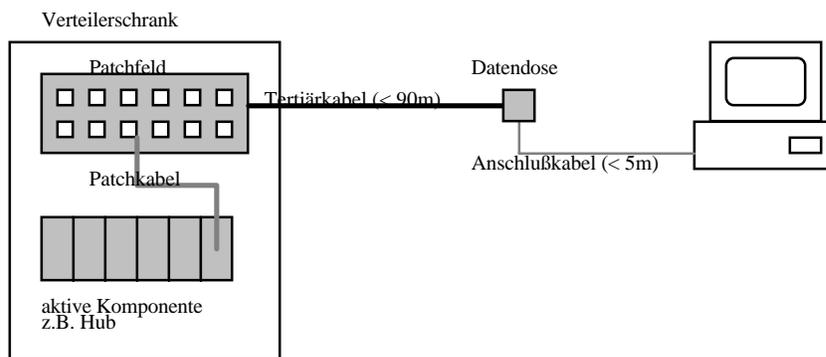


Abbildung 2-3: Verteilerschrank mit Patchfeld und Datendosen

Die gesamte Strecke zwischen Endgerät und aktiver Komponente darf laut EN50173 nicht länger als 100 Meter sein. Die Patchfelder vereinfachen den Anschluß der Endgeräte an die Netzkomponenten (z.B. Router, Bridges, Hubs). Bei vollständig ausgebauter strukturierter Verkabelung laufen alle Geräteanschlüsse auf Patchfelder auf. Ein Umkonfigurieren von Subnetzanschlüssen läßt sich an diesen zentralen Punkten leicht realisieren, da in den Verteilern nach Möglichkeit alle existierenden Teilnetze direkt oder indirekt, über den Backbone, ansprechbar sein sollen. Bei Ausfall von Kabelstrecken kann, falls redundante Kabelwege existieren, an den Patchfeldern ohne hohen Aufwand manuell eine Ausweichstrecke geschaltet werden.

2.2.2 Gebäude- und Standortverteiler

Die Verbindung der Etagenverteiler zum Gebäudeverteiler soll über Lichtwellenleiter (LWL) erfolgen, da Kupferkabel störungsanfälliger sind. Als weiterer Vorteil kann mit LWL eine höhere Übertragungsgeschwindigkeit und Skalierbarkeit erreicht werden. Dies wird benötigt, da im Steigbereich durch die zentrale Bereitstellung von Netzressourcen (Server, Anwendungen) höhere Datenraten als im Endanwenderbereich zu erwarten sind. Die maximale Entfernung zwischen EV und GV darf 500 Meter nicht überschreiten. Mehrere Gebäude werden ebenfalls über LWL mit den Standortverteilern verbunden, die Entfernung zwischen GV und SV darf nicht mehr als 1500 Meter betragen. Primär- und Sekundärverkabelung bilden den Backbone eines Rechnernetzes und sind deshalb für höhere Übertragungsraten ausgelegt.

In den einzelnen Verkabelungsbereichen stehen unterschiedliche Übertragungstechnologien zur Verfügung, in den Vermittlungsrechnern muß die Konvertierung der Daten zwischen den Übertragungsprotokollen vorgenommen werden. Im Primär- und Sekundärbereich ist es wegen der hohen Anforderungen an die verfügbare Bandbreite ratsam, eine Hochgeschwindigkeitstechnik zu verwenden, z.B. ATM oder wie bisher

⁴ vom ATM Forum wurde eine Anschlußrate von 25 Mbps über UTP-Kabel der Kategorie 5 spezifiziert. Module für 155 Mbps sind für STP Kategorie 5 ebenfalls bereits verfügbar.

oft FDDI. Der Trend geht im lokalen Bereich jedoch eindeutig zu ATM. Im Tertiärbereich werden hauptsächlich aus Kostengründen noch für einige Zeit Ethernet und Token Ring vorherrschen, da ATM hier noch zu teuer ist. Außerdem setzen die heute gebräuchlichen Anwendungen noch auf den bekannten Protokollen auf. ATM-spezifische Protokolle gibt es noch nicht, die Möglichkeiten von ATM können von den Anwendungen noch gar nicht optimal ausgenutzt werden. Da Ethernet und Token Ring demzufolge noch einige Jahre im Einsatz sein werden, können Komponenten aus der herkömmlichen LAN-Welt weiterhin eingesetzt werden, sie wandern jedoch vom Backbone-Bereich in den Etagenbereich und übernehmen dort andere Aufgaben⁵.

2.2.3 Unterstützung der Bildung virtueller Netze

Strukturierte Verkabelung erleichtert die Einrichtung sternförmiger Topologien, die eine bessere Lasttrennung in den einzelnen Sternsegmenten ermöglichen. Durch die Bildung von Mikrosegmenten kann neben der Erhöhung der Bandbreite und der besseren Fehlereindämmung auch eine bessere Zusammenfassung von Stationen zu virtuellen Workgroups erfolgen. Einzelne Stationen in Mikrosegmenten oder *Dedicated Ethernets* lassen sich explizit ansprechen, eine Zuordnung zu Teilnetzen ist deshalb leichter möglich. Auf diese Weise sind zusammen mit Switching auch virtuelle Netze realisierbar.

In den Switches ist es möglich, Nachrichtenpakete, die für eine Station bestimmt sind, exklusiv zu dieser Station zu vermitteln. Die Pakete werden am Übergang von der Primär- zur Sekundärverkabelung den virtuellen Subnetzen (Workgroups) zugeordnet, die Weitervermittlung zu den Zielstationen eines Subnetzes erfolgt am Übergang von der Sekundär- zur Tertiärverkabelung. Die strukturierte Verkabelung stellt sicher, daß an den Etagen- und Gebäudeverteiltern der Zugang zu allen physisch realisierbaren Subnetzen, und damit allen logisch definierten Teilnetzen (virtuelle LANs, Workgroups), möglich ist. Auf diese Weise kann jede Station des Rechnernetzes an den zentralen Verteilern angesprochen und beliebig den Workgroups zugeordnet werden. Diese Aufgabe nehmen die Vermittlungsrechner wahr. Die Informationen über die Zugehörigkeit von Stationen zu Workgroups muß ihnen eine spezielle Software in einer Datenbasis bereitstellen.

Bei der Konzeption einer strukturierten Verkabelung sind folgende Kriterien zu beachten, damit sich auf der entstehenden Topologie logische respektive virtuelle Strukturen einrichten lassen:

- Ist es möglich, jede Netzressource, die sich im Netzzentrum befindet, jedem beliebigen logischen Netz zuzuordnen?
- Läßt sich jedes logische Netz vom Netzzentrum auch in den Steigbereich ausdehnen?
- Ist dies mit mehreren logischen Netzen gleichzeitig möglich?

⁵ zum Beispiel in Test- oder Projektsegmenten.

- Ist die Zahl der logischen Netze im Sekundärbereich physisch begrenzt, z.B. durch die Anzahl der verfügbaren LWL-Kabelstrecken?
- Ist die Zahl der logischen Netze im Netzzentrum physisch unbegrenzt?
- Läuft jedes logische Netz des Steigbereichs gleichzeitig auch in den Verteilern auf? Ist ein Zugang auf das logische Netz im Verteiler möglich?
- Ist die Zahl der logischen Netze in einem Verteiler unbegrenzt?
- Läßt sich jedes logische Netz im Verteilerraum auf jeden Endgeräte-Port schalten?
- Erscheint jedes Netz im Verteilerraum auch gleichzeitig im Steigbereich?

2.3 Bridging (Vermittlung durch Brücken)

Bridges koppeln LAN-Subnetze auf der OSI-Schicht 2 (Data Link Layer, siehe Abbildung 2-1). Umgesetzt wird die Kopplung auf der Teilschicht 2a, der Medium Access Control (MAC). Diese MAC-Brücken ermöglichen

- die Kommunikation von Teilnehmern in Subnetzen mit unterschiedlicher Zugriffsstrategie auf das Medium (z.B. Ethernet, Token Ring, FDDI), und
- das Einrichten getrennter Teilnetze in einem (Gesamt-) LAN.

Dabei können die Brücken durch Filtermechanismen eine *Verkehrsseparierung* erreichen. Die Brücke führt eine Adreßtabelle, durch die sie eine Zuordnung von MAC-Adressen⁶, und somit Stationen, zu den Ports vornimmt. Ein *Selbstlern-* (*Self Learning*) *Algorithmus*⁷ aktualisiert die Adreßtabelle der Brücke in regelmäßigen, per Konfiguration einstellbaren Zeitabständen. Ein auf einem Port ankommendes Paket (Frame) wird zwischengespeichert (*Store and Forward*, siehe Abschnitt 2.5.2), auf die MAC-Zieladresse und auf Fehler untersucht, und dann auf dem richtigen Ausgangsport gesendet. Die Adresse des Absenders wird dabei in der Adreßtabelle dem Port zugeordnet, der das Paket empfangen hat.

Fehlerhafte Frames werden nicht weitergeleitet, ebenso Pakete, deren Zieladresse sich in der Adreßtabelle zu dem Port befindet, auf dem das Paket an der Brücke angekommen ist. Dadurch wird subnetzinterner Verkehr lokal gehalten, dieser Fall sollte etwa für 70% der Pakete gelten. Broadcast-Frames, also Pakete mit Zieladresse

⁶ MAC-Adressen sind weltweit eindeutig; eine andere geläufige Bezeichnung lautet Hardware-Adresse. Eine Station kann mehrere MAC-Adressen (z.B. Adapterkarten) haben.

⁷ Brücken lernen selbständig, welche MAC-Adressen in den angeschlossenen Teilnetzen vorkommen. Die Absenderadresse jedes an einem Port empfangenen Paketes wird gelesen und in der Adreßtabelle vermerkt. Diese Einträge werden mit einem Zeitstempel versehen und können nach Ablauf einer durch einen „Aging-Timer“ vorgegebenen Zeitspanne gelöscht werden.

„alle“, werden dagegen auf jeden Port weitergeleitet. Durch entsprechendes Setzen von Filtern können nur bestimmte Frames von einem Subnetz auf ein anderes gelassen werden. Dieses *Filtered Bridging* bietet die Möglichkeit,

- es bestimmten Teilnehmern zu verwehren, über das eigene Subnetz hinaus Pakete zu senden, und
- das Abhören des Netzverkehrs eines Teilnetzes durch Stationen anderer Teilnetze zu verhindern; dies fördert die Sicherheit der Informationen.

Die Filterinformation wird in einer Datenbank gehalten, z.B. in Form von MAC-Adressen. Die Einträge können entweder explizit von einem Netzbetreuer, per Hand an der Brücke oder remote durch ein NMS, vorgenommen werden oder ein Ergebnis des Self Learning Algorithmus sein.

Veränderungen in der Netztopologie aufgrund von Umzügen einzelner Stationen, kann eine Brücke durch den Lernalgorithmus eigenständig feststellen. Die Geschwindigkeit, mit der das geschehen kann, hängt vom Wert des Aging-Timers ab, nach dessen Ablauf Einträge in der Adreßtabelle überschrieben werden können. Durch diese Tabelle läßt sich jedoch nur feststellen, an welchen Port Nachrichtenpakete für eine MAC-Adresse zu schicken sind. Filtereinträge erlauben Kommunikationsbeziehungen zwischen MAC-Adressen oder Teilnetzen und können so Stationen zu Arbeitsgruppen zusammenfassen. Bei Änderungen der Konfiguration ist es notwendig, die Einträge per Hand zu aktualisieren. Dies ist trotz der möglichen Unterstützung durch ein Netzmanagement-System (NMS) sehr aufwendig und bei häufiger Umkonfigurierung, wie sie von Rechnernetzen in Zukunft gefordert werden wird, nicht effizient handhabbar. Änderungen in der Konfiguration, die durch Umzüge von Stationen bedingt sind, sollen von einem NMS automatisch nachvollzogen werden. Nur eine Modifikation der Zusammensetzung von Arbeitsgruppen soll das Eingreifen eines Netzbetreibers notwendig machen.

2.4 Routing

Router verbinden Subnetze auf der Vermittlungsschicht des OSI-Modells, genauer gesagt der Schicht 3c. Darunter können in den zu koppelnden Teilnetzen verschiedene Vermittlungstechniken aufsetzen, Abbildung 2-4 verdeutlicht dies. Im Gesamtnetz wird meist ein einheitliches Protokoll abgehandelt, das auf eine globale und eindeutige Adressierung zurückgreift, z.B. IP oder IPX⁸. In verschiedenen Netzen können unterschiedliche Protokolle verwendet werden. Das verwendete Adressierungsschema ist meist hierarchisch und kann zwischen MAC-Adressen (Schicht 2) und Netzadressen (logische Adresse der Schicht 3) unterscheiden. Dies ermöglicht es einem Router, ein Gesamtnetz in mehrere Subnetze aufzuteilen. Auf ein physisches Netz lassen sich so mehrere logische Netze aufsetzen. Internetworking durch Router

⁸ IP Internet Protocol
IPX Internet Packet eXchange (-Protokoll)

stützt sich auf *Routing Tables*⁹ ab, die Identifikatoren für die Stationen in den Teilnetzen und die Teilnetze selbst (Network ID) beinhalten; die konkreten Stationsadressen sind nicht enthalten. Router können mehrere Wege zwischen Endstationen unterscheiden, deswegen muß eine Wegewahlfunktion implementiert werden.

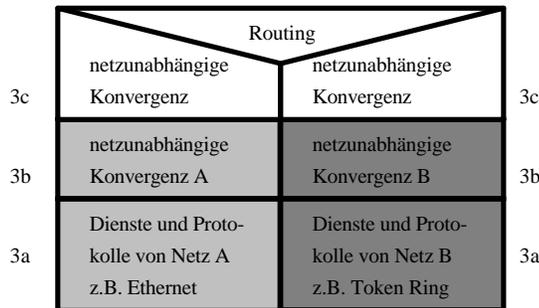


Abbildung 2-4: Architektur eines Routers

Brücken treffen ihre Vermittlungsentscheidung aufgrund der Hardware-Zieladresse im Header eines Pakets, außerdem erscheinen sie für die Stationen in den Teilnetzen transparent. Router hingegen treffen ihre Wegewahlentscheidung paketbezogen, außerdem können sie, auch für die normale Vermittlung von Paketen, direkt von den teilnehmenden Stationen angesprochen werden. Ein Router vermittelt ein Paket anhand der Information der Routing Table und der Network ID in das nächste Teilnetz. Die Weiterleitung der Pakete erfolgt von Router zu Router („Hop-to-Hop“), ein Kriterium für die Wegewahl ist die Anzahl der Hops (Sprünge) auf einem Weg.

Wenn Änderungen in der Topologie vom Netzbetreuer explizit in den Routing Tables nachvollzogen werden müssen, so spricht man von statischen Routern. Dynamische Router hingegen gleichen untereinander ihre Tabellen durch spezielle Routing-Protokolle ab und sind deshalb bei häufigen Änderungen der Konfiguration empfehlenswert. Router stellen eine komplexere Kopplungstechnik als Brücken dar und sind deshalb auch langsamer, sie unterstützen jedoch eine logische Trennung von Subnetzen.



Abbildung 2-5: mehrere Subnetze auf einem Netzsegment

Auf einem physischen Netzsegment können durch Vergabe unterschiedlicher Netzadressen an die Stationen des Segments mehrere logische Subnetze (virtuelle Netze) implementiert werden. In Abbildung 2-5 werden die Subnetze A und B gebildet, die sich durch die Schicht-3 Adresse (z.B. IP: 80.X.X.X für A, 70.X.X.X für B) unterscheiden. Ein virtuelles Netz kann sich somit nicht über mehrere Router-Ports er-

⁹ Wegewahltabellen

strecken, ohne daß Duplikate der Nachrichtenpakete erzeugt werden müssen. Die Stationen, die dem Subnetz A angehören, können die Pakete von Subnetz B nicht verarbeiten, da sie eine andere Netzadresse („Maske“) besitzen. Nur durch den Einsatz eines Routers lassen sich die Pakete in die Netzadresse eines anderen Subnetzes übersetzen, um so eine Kommunikation zwischen den logischen Subnetzen zu ermöglichen. Dadurch erhöht sich jedoch die Paketlaufzeit weiter und der Netzverkehr wird gesteigert. Will eine Station von A mit einer Station von B Daten austauschen, nimmt der Router das entsprechende Nachrichtenpaket vom Netz, versieht es mit der Zieladresse der Station in B und legt es dann wieder auf das Segment. Nun erst kann die Station in B erkennen, daß dieses Paket für sie bestimmt ist. Da die Pakete aller logischen Subnetze über das gleiche physische Netz verschickt werden erhöht sich der Netzverkehr beträchtlich, auftretende Fehler beeinträchtigen alle anderen Teilnetze. Ein weiterer Nachteil ist der hohe Konfigurationsaufwand bei statischen Routern, aber auch dynamische Router belasten durch den ständigen Ausgleich von Routing-Informationen das Verkehrsprofil. Virtuelle Netze können mit Routertechnik zwar implementiert werden, jedoch sind erhebliche Leistungseinbußen zu verzeichnen.

Ein weiterer Nachteil von Routern liegt darin, daß nur Protokolle vermittelt werden können, die auch „routbar“ sind. Diese Eigenschaft besitzen aber nicht alle eingesetzten Protokolle. Viele Router unterstützen nur ein Protokoll, Multiprotokoll-Router verstehen verschiedene Protokolle, sind aber wegen dem Mehr an Intelligenz auch teurer. Für weiterführende Informationen über Bridging- und Routing-Techniken sei hier auf das Kapitel 4 in [Heg/Läpple] verwiesen.

2.5 Die Switching-Technologie: Voraussetzung zur Bildung virtueller Netze

Switching ist eine Vermittlungstechnik, die auf den OSI-Schichten 2 und 3 arbeiten kann. Deswegen herrscht eine gewisse Begriffsverwirrung vor, die noch dadurch verstärkt wird, daß der Begriff Switching oft als Synonym von „*Vermitteln*“ verstanden und gebraucht wird. Dieser Abschnitt soll die Arbeitsweise von Switches verdeutlichen und herausarbeiten, wie sich durch Switching virtuelle Netze aufbauen lassen. Als allgemeine Attribute von Switching werden die Aspekte

- Verbesserung der Netz-Performance,
- Erhöhung der Flexibilität beim Netzdesign, und
- Erleichterung von Änderungen im Rechnernetz

genannt. Prinzipiell kann man zwei Bereiche unterscheiden, in denen Switching zum Einsatz kommt:

- *Konfigurations-Switching*, die Zuordnung von Stationen zu logischen Subnetzen über Portzugehörigkeit, erhöht die Flexibilität eines Netzes und vereinfacht dadurch die Netzkonfiguration, und

- „schnelles“ Switching durch parallele Vermittlungswege dient der Steigerung der Netz-Performance, um kurze Latenzzeiten bei der Datenvermittlung zu ermöglichen; realisiert wird dies durch Frame Switching und Cell Switching (ATM).

Höhere Flexibilität und Leistungsfähigkeit eines Rechnernetzes sind Voraussetzungen, um eine Virtualisierung von Netzen möglich zu machen.

2.5.1 Cut Through (CT)

Switches, die Pakete nach dem Cut Through Verfahren vermitteln, arbeiten ohne Zwischenspeichern, die Frames werden „on the fly“ ausgewertet. Das bedeutet, daß nur die MAC-Zieladresse eines Pakets in einen Puffer geschrieben und bearbeitet wird. Die Zieladresse wird mit den Adreßtabellen des Switches abgeglichen, danach erfolgt sofort die Weitervermittlung des Pakets auf den entsprechenden Ausgangsport. Die MAC-Zieladresse ist in einem Ethernet-Paket schnell zu identifizieren, da sie sich im Paket-Header gleich am Anfang eines Frames befindet. Algorithmen zur Identifikation und zum Abgleichen einer Zieladresse sind von der Brückentechnologie bekannt. Sie lassen sich leicht implementieren und können in Hardware gegossen werden, was sehr hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten im Switch ermöglicht. In Multiportgeräten lassen sich gleichzeitig mehrere parallele Verbindungen zwischen Ein- und Ausgangsports über den internen Vermittlungsbuss (High Speed Backplane) aufbauen, Puffer werden nur benötigt, wenn gleichzeitig mehrere Pakete zum selben Ausgang vermittelt werden sollen.

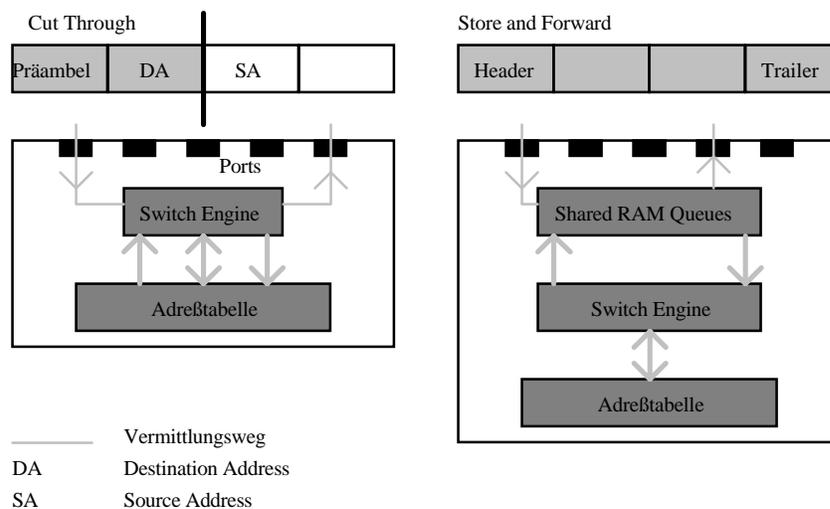


Abbildung 2-6: Architektur von Cut Through und Store and Forward Switches

Als Nachteil dieser Lösung ist anzuführen, daß sich nur Ports mit gleicher Datenrate anschließen lassen. Ein Server beispielsweise benötigt aber eine wesentlich höhere Bandbreite als die mit ihm kommunizierenden Stationen, deshalb ist diese Lösung für Client/Server-Umgebungen nicht ideal. Als wesentlich schwerwiegenderer Nachteil macht sich jedoch die fehlende Fähigkeit zur Fehlerausgrenzung bemerkbar: feh-

lerhafte Frames und Kollisionsfragmente werden nicht erkannt und deswegen weitervermittelt. Um CRC-Fehlererkennung¹⁰, Kollisionsunterdrückung und Filtermechanismen einsetzen zu können, muß das Paket als Ganzes untersucht werden, dies ist ohne Zwischenspeichern nicht möglich. Allgemein läßt sich sagen, daß Geschwindigkeit in der Verarbeitung immer zu Lasten der Qualität der Verarbeitung geht, und umgekehrt. Die Möglichkeiten zur Implementierung von virtuellen Netzstrukturen mit CT-Switches werden in Abbildung 2-7 dargestellt.

2.5.2 Store and Forward (S&F)

Switches, die nach dem Prinzip Store and Forward arbeiten, existieren als Software-Lösungen ähnlich Brücken¹¹ oder als Hardware mit ASICs oder RISC¹²-Prozessoren zur schnelleren Verarbeitung der Pakete. Im Gegensatz zu Cut Through Architekturen werden ankommende Pakete komplett in eine Eingangswarteschlange (*Shared RAM Input Queue*) geschrieben und dann ausgewertet (Abbildung 2-6). Die Ermittlung des richtigen Ausgangsports erfolgt wie unter 2.5.1 beschrieben, zusätzlich wird noch die Frame Check Sequence (FCS) überprüft. Dadurch können defekte Pakete ausgesondert werden. Es ist auch möglich, Filter auf bestimmte MAC-Adressen oder Protokolle zu setzen. Die überprüften Frames werden dann in eine Ausgangswarteschlange des ermittelten Ausgangsports gelegt. Eine hohe Anzahl von Ports im Gerät verlangt natürlich entsprechend mehr Pufferplatz.

S&F-Switches haben gegenüber CT-Switches eine höhere Latenz, da mehr Zeit zur Abarbeitung eines Paketes benötigt wird, und sie sind fehleranfälliger in Überlastsituationen. Durch die Speicherung der Pakete können aber unterschiedliche Portgeschwindigkeiten unterstützt werden. Ein Switch, der über eine ATM-Schnittstelle verfügt, wird als *LAN/ATM-Switch*, *LAN/ATM-Konverter* oder *ATM Zugangsrechner* bezeichnet. Er muß die Umsetzung von LAN-Paketen zu ATM-Zellen beherrschen, die Funktionsweise solcher Konverter wird in den Kapiteln 3 und 5 besprochen, für weitergehende Informationen sei auf [Eichinger 95] verwiesen.

Durch das Puffern der Pakete, ähnlich dem Verfahren bei Brücken, können S&F-Switches fehlerhafte Pakete erkennen und Paketverarbeitungsprozeduren auf Frames anwenden. Der Nachteil der geringeren Verarbeitungsgeschwindigkeit kann durch den Einsatz von ASICs und RISC-Prozessoren gemindert werden. Als wesentlicher Vorteil gegenüber CT-Switches erweist sich die bessere Fähigkeit zur Bildung virtueller Netzstrukturen. Da die Möglichkeit zur Auswertung der zu vermittelnden Frames besteht, läßt sich eine andere Qualität beziehungsweise Kategorie von Filtermechanismen implementieren als bei CT-Architekturen, wo nur auf die Informationen des Paketheaders zugegriffen werden kann. Die Bildung von virtuellen Netzstrukturen basiert auf dem Einsatz von Filtermechanismen, die nur die für ein Subnetz bestimmten Nachrichtenpakete an die Stationen des jeweiligen Subnetzes vermitteln. Abbil-

¹⁰ CRC Cyclic Redundancy Check

¹¹ Brücken können sowohl als Software als auch in Hardware realisiert werden.

¹² ASIC Application Specific Integrated Circuit

RISC Reduced Instruction Set Computer

Abbildung 2-7 vergleicht die Möglichkeiten der Verfahren Cut Through und Store and Forward zur Implementierung virtueller Strukturen.

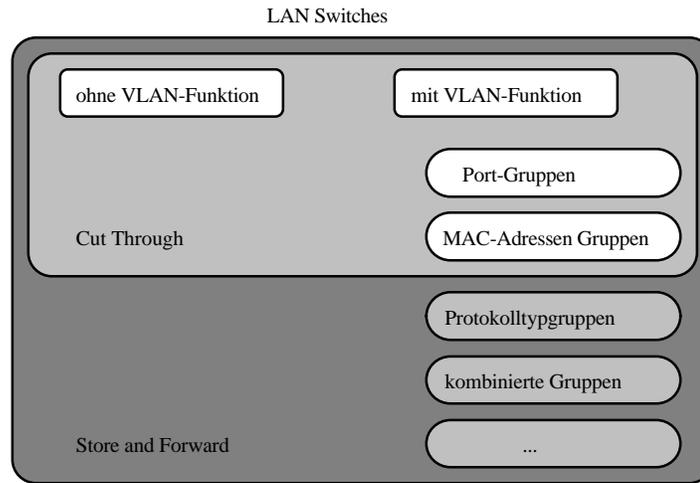


Abbildung 2-7: LAN-Switches und virtuelle LANs (VLANs)

Beide Switch-Architekturen sind mit oder ohne Möglichkeit zur Bildung virtueller LANs erhältlich. Die Funktionalität, die ein CT-Switch erbringen kann, ist ein Teil der Möglichkeiten von S&F-Switches. Beiden Architekturen ist es möglich, Gruppen nach Zugehörigkeit von Ports oder MAC-Adressen zu bilden, durch Store and Forward läßt sich noch nach Protokolltyp oder kombinierten Kriterien gruppieren; weitere Möglichkeiten sind denkbar, z.B. nach Gerätehersteller oder Kartentyp. Für Server werden oft spezielle Netzkarten verwendet, diese sind durch die ersten sechs Stellen der MAC-Adresse zu identifizieren. Abbildung 2-8 zeigt den Aufbau einer MAC-Adresse. Diese kann 16 oder 48 Bit lang sein und ist global eindeutig. Die ersten beiden Bytes kodieren die Protokollfamilie, im Beispiel 08-00 für TCP/IP. Zusammen mit dem dritten Byte wird der Hersteller der Ethernet-Komponente charakterisiert, in der Abbildung 08-00-20 für SUN.

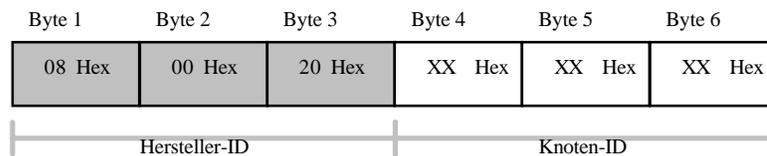


Abbildung 2-8: MAC-Adressen

2.5.3 Port-Switching (Konfigurations-Switching)

Port-Switching ermöglicht es Hubs¹³, beliebige Ports über sogenanntes „Software-Mapping“ auf demselben internen Bus zu einem physischen LAN-Segment zusammenzufassen (Switching-Hubs). Diese werden dazu verwendet, die Mikrosegmentierung eines Rechnernetzes herzustellen. Durch Switching wird eine höhere Flexibilität gewonnen, die es erlaubt, jeden Hub-Port einzeln anzusteuern, dies kann auch remote über ein Netzmanagement-System geschehen. Switching-Hubs erreichen durch leistungsfähige Backplane-Busse und parallele interne Vermittlungswege eine höhere Arbeitsgeschwindigkeit als herkömmliche Sternkoppler. Auch ist es möglich, eine Netzanalyse durch den Anschluß eines *Protokollanalytators*¹⁴ vorzunehmen. Dieser kann in ein LAN-Segment integriert werden und den dortigen Verkehr mithören. Fehler lassen sich leichter lokalisieren, wenn die Segmente, an denen der Analysator angeschlossen ist, entsprechend konfiguriert werden.

Nachteil von Port-Switching ist die Tatsache, daß es auf Schicht 1 stattfindet und deswegen keine Trennung von Broadcasts der Schichten 2 und 3 möglich ist. Wenn die Mikrosegmentierung zu einem *Dedicated Ethernet* fortschreitet, so ist der Einsatz von Switching Hubs nicht mehr rentabel, da die Zahl der steuerbaren Ports gleich der Zahl der ansprechbaren Stationen wird. Es müssen mehr und größere Geräte eingesetzt werden, um die benötigte Portanzahl bereitstellen zu können. Herkömmliche Sternkoppler können dies billiger bewerkstelligen, wenngleich die Funktionalität nicht der von Switching Hubs entspricht.

2.5.4 Switching auf den Schichten 2 und 3: LAN-Switching, Paket-Switching und Cell-Switching

Es besteht keine eindeutige Zuordnung des Begriffs Switching zur Vermittlung auf den OSI-Schichten 2 und 3. In der Literatur wird mit den Ausdrücken LAN-, Paket- oder Cell-Switching oft eine ähnliche Vermittlungseigenschaft beschrieben. Während sich Cell-Switching (ATM, Kapitel 3) relativ gut abgrenzen läßt, verschwimmen die Grenzen zwischen LAN- und Paket-Switching. Der wesentliche Unterschied zum vorher erwähnten Port-Switching liegt darin, daß bei der Entscheidung über die Vermittlung Informationen der Schichten 2 und 3 miteinbezogen werden. Durch Switching sollen allgemein

- Pakete vermittelt, und
- Subnetze eingerichtet werden.

Der Begriff LAN-Switching bezieht sich auf die Eigenschaft, durch Zusammenfassen von Ports (logische) Subnetze zu schaffen, der interne Verkehr dieser Teilnetze

¹³ Hubs oder Multiport-Repeater sind Koppellemente der Schicht 1. Ankommende Pakete werden von einem Port auf alle anderen Ports ausgegeben, das Signal wird dadurch aufgefrischt, aber nicht verändert.

¹⁴ siehe Kapitel 4

wird zwischen den Ports „geswitcht“. Paket-Switching bezeichnet die Fähigkeit von Switches, ankommende Pakete auszuwerten und die Vermittlung anhand der sich in den Paketen befindlichen Informationen vorzunehmen, wobei durch eine Zuordnung von Adressen zu einer Broadcast-Gruppe¹⁵ Subnetze realisiert werden. Die Information über die Zugehörigkeit von Ports oder Stationen zu den jeweiligen Subnetzen wird als Datenbasis gehalten, deren Inhalt durch ein NMS beeinflussbar ist.

Schicht-2 Switches

Switching auf der MAC-Schicht erbringt zunächst einmal die Funktionalität einer Brücke, nämlich Kopplung von Teilnetzen mit der Möglichkeit, durch Filter und Paketpuffer eine Lastverteilung in den angeschlossenen Teilnetzen zu realisieren. Wie bei Brücken kann ein Schicht-2 Switch ebenfalls die WAN-Anbindung eines LANs ermöglichen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Multiport-MAC-Layer-Bridges erreichen die Switches höhere Durchsatzraten, da die Latenz durch Realisierung der Vermittlung in Hardware und der Möglichkeit paralleler Datenpfade sehr gering ist. Das Switch-System arbeitet wie eine durchsatzstarke Multiport-Brücke, jedoch mit reduzierter Koppelfunktionalität: die Pakete werden aufgenommen, durch Überprüfen der FCS können fehlerhafte Pakete aussortiert werden, die Vermittlung erfolgt nach der MAC-Adresse. Realisiert wird die Architektur entweder durch Store and Forward oder Cut Through, die Vor- bzw. Nachteile sind bereits erwähnt worden.

Durch die Segmentierung eines LANs wird der Durchsatz erhöht, dedizierte Bandbreite in Mikrosegmenten steigert die Flexibilität. Wie Brücken leisten Schicht-2 Switches eine Entkopplung des lokalen vom segmentübergreifenden Verkehr, wobei sie mehrere Ports frei zu einem Subnetz zusammenfassen können. Eine Software steuert die Zuweisung der Ports zu Netzsegmenten, darüber hinaus bietet ein Konfigurationsmechanismus durch intelligentes Broadcast-Filtering die Möglichkeit, durch Schaffung von Broadcast-Domänen virtuelle Netze einzurichten¹⁶. Allerdings können Broadcasts der Schicht 3 nicht aufgelöst werden, sie werden in alle Domänen weitervermittelt.

Switches und Router

Die Möglichkeiten zur Bildung virtueller Netze werden noch weitaus erhöht, wenn man auf die Schicht-3 Informationen der zu vermittelnden Pakete zugreift. Wertet man zusätzlich zum MAC-Header noch die Netzadresse aus, so lassen sich Subnetze

¹⁵ Zusammenschluß mehrerer Stationen zu einem Bereich, innerhalb dem Broadcasts weitergeleitet werden. Subnetze, die durch Bridging gebildet werden, erfüllen diese Eigenschaft

¹⁶ Eine Definition bzw. Eigenschaft virtueller Netze lautet wie folgt: Eine Gruppe von Stationen eines Rechnernetzes wird zu einem Teilnetz zusammengefaßt, unabhängig vom Ort im Netz, an dem sie sich befinden. Diese Stationen kommunizieren nur untereinander, Broadcasts werden nicht über die Grenzen des virtuellen Netzes weitergeleitet. Ein virtuelles Netz entspricht somit einer Broadcast-Domäne.

über mehrere Ports und LAN-Segmente bilden, ein Port kann dabei mehrere logische Subnetz-Adressen repräsentieren, siehe Abbildung 2-8. Diese Kombination ermöglicht dann eine völlige Umzugsflexibilität im Gesamtnetz.

Befinden sich zwei Stationen im gleichen (logischen) Subnetz, dann arbeitet der Switch wie eine Brücke oder ein Schicht-2 Switch. Broadcasts werden an alle Stationen, die dem Subnetz angehören, weitervermittelt, jedoch nicht in andere Subnetze weitervermittelt. Sind die beiden kommunizierenden Stationen in unterschiedlichen Subnetzen erfolgt die Vermittlung der Pakete durch Routing nach einer Tabelle der Konfigurationssoftware. Im Switch wird der Netzteil und der Hostteil der Zieladresse ausgewertet, nach einem Abgleich mit der Adreßtabelle werden die Pakete an die ermittelten Ports gelegt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Routern können Schicht-3-Switches Subnetze über mehr als einen Port ansprechen. Ein Router vermittelt alle Pakete, die für ein Subnetz A bestimmt sind, an den gleichen internen Port, für ihn entspricht also ein Port einem Subnetz. Ein Switch, der Pakete auf der Schicht 3 vermittelt, kann mehrere Ports variabel dem selben Subnetz zuordnen.

Zusätzlich zur Information, die aus der Schicht 2 ermittelt werden kann, ist es möglich, Vermittlungskriterien aus der Schicht 3 in die Entscheidung mit einzubeziehen. Switches, die auf der Vermittlungsschicht arbeiten, ermöglichen durch die Trennung von Broadcasts und das Filtern von Adressen und/oder Protokollen die Bildung virtueller Netze und dadurch auch virtueller Workgroups. Die Aufgaben von Routern werden strikt getrennt:

- **Paket-Switching** wird durch Switches übernommen, da sie einen hohen Durchsatz ermöglichen. Die Vermittlung erfolgt auf der Schicht 2 (schneller, es werden jedoch Kriterien der Schicht 3 herangezogen, die von Routern bereitgestellt werden.
- die **Wegeverwaltung** bleibt weiterhin Aufgabe der Router. Sie legen die günstigsten Wege aufgrund interner Berechnungen fest und stellen den Switches die Information über die Zuordnung von Stationen zu Ports und damit virtuellen Subnetzen bereit.

Baut man durch den Einsatz der Switching-Technologie virtuelle LANs auf, so werden Router benötigt, um die Kommunikation zwischen den getrennten Netzen zu ermöglichen. Der gesamte Verkehr eines Teilnetzes wird lokal gehalten, für die Stationen eines virtuellen Netzes existiert nur ihr Netz (auf der MAC-Schicht). Die Pakete werden mit der Schicht-2 Adresse versehen auf das Netz gegeben, über welche Wege sie letztendlich verschickt werden, kann die sendende oder empfangende Station aus dieser Information nicht eruieren. Die Kommunikation zu anderen Netzen muß durch ein Protokoll der Vermittlungsschicht abgewickelt werden, diese können aber nur von Routern abgearbeitet werden. Die Zuordnung von Stationen zu diesen logischen virtuellen LANs wird durch ein NMS festgelegt. Die Software muß dafür sorgen, daß Veränderungen in den Routing- und Switching-Tabellen entsprechend nachvollzogen werden.

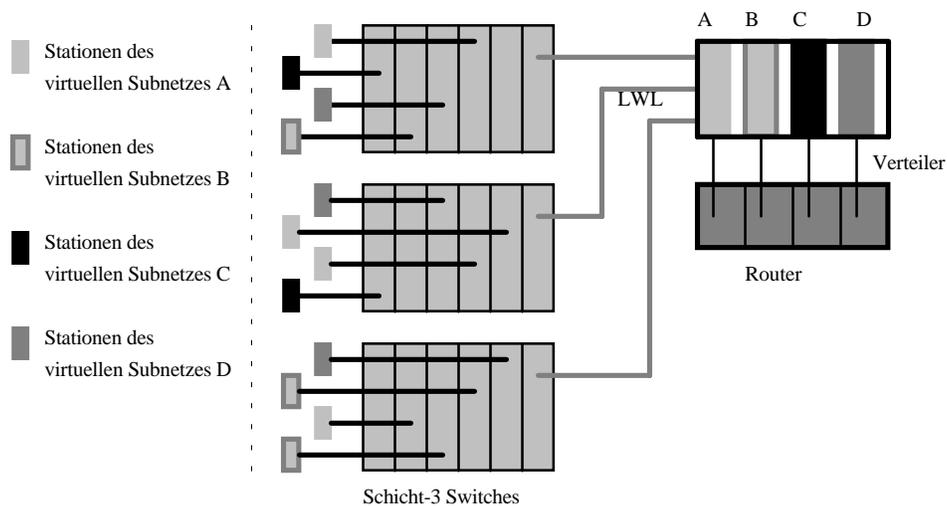


Abbildung 2-9: Virtualisierung von logischen Subnetzen durch Router

Routing ermöglicht somit die Kommunikation zwischen logischen Netzen, durch Informationen aus der Vermittlungsschicht kann ein Router (Broadcast-) Begrenzungen einrichten. Dadurch lassen sich logische Netze bilden, deren Größe durch das Netzprotokoll und den Broadcast-Verkehr bestimmt ist. Zusammen mit der hohen Performance und Design-Flexibilität von Switching erhält man ein leistungsfähiges Netz, das die Bildung *virtueller LANs* (VLAN) ermöglicht. Switching als Vermittlungstechnik nutzt die Vorteile von Bridges und Routern, um die beschriebenen Leistungen zu erreichen. Bridging ermöglicht einen geringen Konfigurationsaufwand, bietet einfache Algorithmen und steigert durch Segmentbildung die Leistung im Netz. Routing weist ein sicheres Broadcasthandling auf, ermöglicht die Strukturierung auf logischer Ebene und versteht es, Datenflüsse in großen und komplexen Verbindungen zu steuern.

2.6 Virtuelle Netze

Die Anforderungen an Rechnernetze steigen ständig, dabei wird eine hohe organisatorische Flexibilität verlangt, um Änderungen durch Umzüge schnell nachzuvollziehen. Der Wettbewerbs- und Kostendruck, dem Unternehmen ausgesetzt sind, führt zu ständigen Änderungen in der Organisationsstruktur, wobei letztere auf das Netz umgesetzt werden müssen. Große Netzsegmente bedeuten große „Kollisionsdomänen“, die Strukturierung mit Hilfe von Bridges und Routern stößt jedoch an ihre Grenzen. Hohe Strukturiefen führen zu neuen Problemen und einer höheren Ausfallwahrscheinlichkeit von Verbindungen¹⁷, vom vermehrten Administrationsaufwand und der eingeschränkten Flexibilität einmal abgesehen.

Dynamische Workgroups sollen hier Abhilfe schaffen und zusätzlich Sicherheitskonzepte verwirklichen helfen. Dazu muß die Zugehörigkeit von Stationen zum unternehmensweiten Informationsfluß identifiziert und über Workgroups auf das Netz abgebildet werden. Der Einsatz eines Rechnernetzes erfordert Strukturierung, Funktionstrennung und Organisation. Rechnernetze ermöglichen Kommunikationsbeziehungen und Informationsflüsse, das Netz erbringt diesen Dienst aber meist nicht so strukturiert und organisiert wie gewünscht. Virtuelle Netze und Workgroups sollen dies besser umsetzen, ein Standard-Ansatz, wie sie zu implementieren sind, existiert jedoch nicht und ist auch nicht absehbar. Ebenso wenig finden sich in der Literatur genaue Definitionen der Begriffe virtuelle Netze und virtuelle Workgroups.

Die *Theorie virtueller Netze* besagt, daß diese die Loslösung der logischen Struktur eines Netzes von der physischen Struktur leisten. Ist diese Freiheit zur beliebigen Einteilung der Ressourcen eines Netzes in logische Subnetze gegeben, läßt sich auch Software implementieren, die geschlossene Benutzergruppen, Workgroups, auf diesen virtuellen Netzen einteilen und verwalten kann. Die so erhaltenen virtuellen Subnetze werden auch als virtuelle LANs (VLANs) bezeichnet. Sinn und Zweck ist es, flachere Netzstrukturen, das heißt geringe Strukturiefen, bei gleichzeitiger Erhöhung der verfügbaren Bandbreite und größerer Flexibilität zu schaffen. Das Netz kann so die Möglichkeit bereitstellen, geschlossene Benutzergruppen oder Broadcast-Domänen¹⁸ zu bilden, deren Kommunikationspakete intern an die Mitglieder der Workgroup vermittelt werden. Ein externer Zugriff auf diese Daten soll nicht möglich sein. Auf Basis dieser Hardware-Voraussetzungen, die in diesem Kapitel beschrieben wurden, kann eine Software die Einteilung virtueller Workgroups ermöglichen. Virtuelle Netze entstehen durch die Vergabe von virtuellen Netzadressen; um die gesendeten Pakete zur richtigen physikalischen Zieladresse zu schicken, müssen Daten über die Zuordnung von virtuellen Adressen zu physischen Adressen gehalten werden.

¹⁷ Eine hohe Strukturiefe bedeutet ein Mehr an Verarbeitungsschritten in Vermittlungsrechnern, dadurch wird die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern erhöht.

¹⁸ Broadcast-Domänen sind abgeschlossen Bereiche, aus denen ein Broadcast nicht in das Gesamtnetz gelangen kann. Darum sollen alle Stationen, die dieser Broadcast betrifft, in einer solchen Domäne (Workgroup) liegen.

Mit virtuellen Netzen soll erreicht werden, daß die Nutzer eines Netzes unabhängig von ihrem physischen Standort in frei definierbaren Subnetzen arbeiten können. Die Netzressourcen können dann nach einer gewählten Strategie allen Subnetzen frei zugeordnet werden. Alle Teilnehmer eines Subnetzes kommunizieren innerhalb des Teilnetzes uneingeschränkt miteinander, die Verbindung unterschiedlicher Subnetze bedarf einer höheren Vermittlung (Routing). Virtuelle Netze unterstützen die Mobilität des Benutzers im Netz, dadurch lassen sich z.B. Projektgruppen realisieren. Die Umsetzung von VLANs mit klassischen Vermittlungskomponenten erfolgt durch Filter in Software und/oder Hardware. Viele Filter, das heißt viele virtuelle LANs, bedeuten aber auch, daß die Pakete oft verarbeitet werden, deshalb sind leistungsstarke Vermittlungsrechner und hohe Übertragungsgeschwindigkeiten erforderlich. Die Zukunft gehört daher ATM und der LAN Emulation, die über die nötige Leistungsstärke verfügen und es ermöglichen, einander zugeordnete Stationen in virtuelle Verbindungen umzusetzen und dadurch die Nachteile eines „Shared Medium“ wie bei Ethernet zu beseitigen. Herkömmliche Netze vermitteln Informationspakete durch Bridging oder Routing, eine existierende Konfiguration ist nur schwer zu modifizieren. Bridging geschieht auf der OSI-Schicht 2 anhand von MAC-Adressen und ist schnell, sendet aber Broadcasts ungehindert weiter. Routing arbeitet mit logischen Netzadressen (OSI-Schicht 3), für jedes physische Segment werden logische Subnetz-Adressen vergeben. Dieses Verfahren ist zwar intelligent, aber durch den höheren Aufwand auch langsam. Switching ermöglicht durch parallele Datenpfade eine schnelle Vermittlung, zusammen mit der Zuordnung von Ports zu Subnetzen kann man virtuelle Strukturen aufbauen.

In einem virtuellen Netz werden durch eine logische Struktur Aufgaben und Funktionalitäten, die im Netz verteilt sein müssen, in Software definiert. Diese Strukturierung erhöht die Sicherheit im Netz, es ist einfacher zu betreiben und zusätzlich werden Broadcasts und Multicasts reduziert - dazu benötigt man entsprechende Managementfunktionen. Voraussetzung zur Bildung virtueller Netze sind, wie beschrieben, eine Mikrosegmentierung durch strukturierte Verkabelung, Switching in den Vermittlungskomponenten und ein durchgängiges Management aller Netzkomponenten.

Als weiterer Vorteil lassen sich auf VLANs logische Workgroups einrichten, sie helfen so, die allgemeinen Verwaltungsaufgaben zu vereinfachen. Die Workgroups stellen eine Abbildung der Organisationsstruktur eines Unternehmens auf die Anwender im Netz dar, die Einteilung erleichtert den Datenschutz und erhöht somit die Datensicherheit und die Verarbeitungsintegrität. Richtlinie zur Bildung virtueller Netze ist die Zusammengehörigkeit der Stationen, das bedeutet der Hauptteil des Verkehrs in einem virtuellen Netz ist lokal. Ein solches Netz läßt sich als Zuordnung von Ports in Vermittlungsrechnern zueinander definieren, eine Menge von Ethernet-Switch-Ports im gesamten LAN bildet ein VLAN. Der Umzug von Stationen kann von den Switches über den Self Learning Algorithmus nachvollzogen werden, eine Software im Netzmanagement-System muß dann dafür sorgen, die Adreßtabellen der Vermittlungsrechner entsprechend umzukonfigurieren. Das NMS bestimmt die Abbildung des VLANs auf die Ports im Netz. Die Zuordnung von Stationen zu Ports wird als *Membership Rule* bezeichnet, durch die die Mitglieder eines VLANs oder einer virtuellen Workgroup zu Broadcast-Domänen verbunden werden. Nach welchen Kriterien diese Regeln die Zugehörigkeit entscheiden, wird durch das NMS festgelegt. Virtuelle Workgroups und virtuelle LANs werden oft als Synonyme angesehen, wann

virtuelle Workgroups VLANs gleichzusetzen sind und wann nicht wird in Kapitel 4 behandelt.

VLANs lassen sich auch ohne High Speed Backbone realisieren, wenn sie nach MAC-Adreßgruppen gebildet werden und dem bewährten Brückenprinzip folgen, um den Großteil des Verkehrs lokal zu halten. Einzelanschlüsse sind auch nicht zwingend notwendig. Werden die Mitglieder eines virtuellen LAN durch Umzüge jedoch über das Rechnernetz verteilt, kommt man an einem leistungsstarken Backbone nicht mehr vorbei, da das Prinzip der Lasttrennung aufgegeben wird. Alle Multicasts und Broadcasts werden über den Backbone geleitet, dazu kommt noch ein großer Teil der Client/Server-Unicasts.

Die Information darüber, welches Paket in welches VLAN vermittelt werden soll, muß über ein NMS in allen Vermittlungsrechnern auf dem gleichen Stand gehalten werden, dafür gibt es nur proprietäre Ansätze. Der Austausch der Adreßtabelle führt zu einem hohen Verkehrsaufkommen, Time Division Multiplexing verlangt nach verbindungsorientierter Vermittlung. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, die Pakete zu markieren. Dieses Tagging kann proprietär oder nach IEEE 802.10 erfolgen¹⁹, letzteres bietet als einzige Variante die Chance einer Standardisierung des Informationsabgleichs in VLANs.

Im nächsten Kapitel wird die Switching-Technologie ATM vorgestellt. ATM gilt als zukünftiger Standard sowohl im Lokal- als auch im Weitverkehrsbereich und ermöglicht durch den Dienst der LAN Emulation die Bildung virtueller Netzstrukturen. Kapitel 4 nennt die Vorgehensweise zur Identifikation virtueller Netze, Kapitel 5 beschreibt die LAN Emulation und Kapitel 6 zeigt die Möglichkeiten zur Realisierung von virtuellen Workgroups basierend auf die LAN Emulation auf.

¹⁹ IEEE 802.10 definiert eine Sicherheitsstruktur für die IEEE 802-Protokolle.

Kapitel 3

Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Virtuelle Workgroups lassen sich auch ohne den Einsatz von ATM realisieren, dies birgt jedoch einige Nachteile. Zum einen wird die Möglichkeit zur Bildung virtueller Workgroups nur von einigen wenigen Herstellern angeboten, die noch dazu nicht in der Lage sind, mit Geräten anderer Hersteller zu arbeiten. Ein weiteres Defizit ist, daß es nicht möglich ist, einen Nutzer oder eine Station gleichzeitig mehreren virtuellen Workgroups zuzuordnen.

ATM hingegen bietet die Voraussetzungen, virtuelle Workgroups in einer heterogenen Rechnerwelt zu realisieren. Mit der *LAN Emulation* des ATM Forum¹ und „*Classical IP over ATM*“ der IETF² stehen Standards zur Verfügung, mit deren Hilfe sich in ATM-Netzen virtuelle Strukturen realisieren lassen. Hier können die Mitglieder einer virtuellen Workgroup noch anderen logischen Workgroups angehören. Client/Server-Architekturen bieten sich an, um in virtuelle Workgroups integriert zu werden, dabei ist es von Vorteil, wenn Server mehreren Arbeitsgruppen ihre Dienste anbieten können.

Dieses Kapitel soll darüber Aufschluß geben, wie die Übertragungstechnik ATM arbeitet. Diese Grundlagen werden zum Verständnis der LAN Emulation benötigt, auf die im Kapitel 5 eingegangen wird. Die Ausführungen von Kapitel 3 stützen sich auf [Kyas 95] und [dePrycker 93], für weiterführende Informationen empfiehlt sich das Studium dieser Quellen.

3.1 Überblick

Bei ATM handelt es sich zum einen - auf der technischen Seite - um eine vereinfachte schnelle Paketvermittlung, zum anderen können - als Transportdienst mit geringen Verzögerungszeiten - sowohl synchrone als auch asynchrone Dienste in *einem* Netz realisiert werden. Dies war mit bisherigen Technologien nicht möglich. Anders ausgedrückt, ATM ist eine Hochgeschwindigkeits-, Switching- und Multiplexing-Technologie mit geringen Verzögerungszeiten, die jede Art von Verkehrsdaten verschiedener Anwendungen, ob Sprache, Video oder Daten, übertragen kann. ATM arbeitet verbindungsorientiert mit virtuellen Verbindungen, die zu übertragenden Daten werden in Paketen fester Länge, den *ATM-Zellen*, transportiert, die in den ATM-Switches anhand der Informationen im Header vermittelt werden. Das ATM-Netz

¹ [LE 1.0]

² [RFC 1577]

IETF International Engineering Task Force

kann seinen Anwendern genau die Bandbreite zur Verfügung stellen, die sie für ihre Zwecke benötigen, es ist frei skalierbar von einigen Kilobit pro Sekunde bis hin zu 155 oder 622 Mbps. Die Grenze der Übertragungskapazität ist nicht von der ATM-Technologie selbst beschränkt, sondern von der Geschwindigkeit der „Switching Fabric“ eines ATM-Switches und des Adapters, der die Lichtsignale auf das Glasfaserkabel schickt.

Die Anwendungen und Protokolle eines Netzes erwarten vom ATM-Netz, daß es sich wie die Post verhält: unabhängig davon, in welchen Briefkasten (Port) man seine Briefe (Datenpakete) einwirft und über welche internen Wege (Leitungen) diese weitergeleitet werden, sie sollen innerhalb eines akzeptablen Zeitraums (Vermittlungszeit) beim richtigen Empfänger unbeschädigt (vollständig und unverfälscht) ankommen. Realisiert wird dies durch das ATM-Netz wie beim Telefonsystem durch ein vermaschtes Netz von Vermittlungsknoten (*Switches*), eine Verbindung zu einem Kommunikationspartner muß erst aufgebaut werden, danach können Informationen ausgetauscht werden. Ein ATM-Netz besitzt eine vermaschte Struktur, welche sich aus mehreren Switches und den ATM-Verbindungen zwischen Endgeräten und Switches sowie zwischen den Switches zusammensetzt. Die darunterliegende Übertragungsstruktur kann frei gestaltet werden, es gibt keine Festlegung auf ein bestimmtes Medium oder eine bestimmte Geschwindigkeit. ATM selbst stellt nur geringe Funktionalitäten bezüglich Fehlerentdeckung und Flußkontrolle bereit, das erneute Übertragen fehlerhafter oder verloren gegangener Datenpakete wird den Anwendungsprotokollen überlassen.

In Abbildung 3-1 lassen sich die vom ATM Forum festgelegten Schnittstellen in einem ATM-Netz identifizieren.

- Am **User Network Interface UNI** befindet sich der Übergang von anderen Übertragungstechniken zu ATM. Als aktuelle Spezifikation liegt die Version 3.1 des ATM Forums³ vor. Zur Zeit ist man dort dabei, die Version 4.0 zu diskutieren. Die Implementierung in ATM-Komponenten hinkt dieser Entwicklung noch hinterher, die meisten Herstellern arbeiten erst an der Umsetzung der Version 3.0.
- Der Zeitpunkt der Spezifikation eines **Network to Network Interface NNI**⁴ ist noch nicht absehbar. Hier soll das Zusammenspiel von ATM-Vermittlungsrechnern unterschiedlicher Hersteller geregelt werden, sprich die Realisierung standardisierter Schnittstellen zur Datenübergabe.
- Zum heutigen Zeitpunkt⁵ wird beim ATM Forum verstärkt über ein **Private Node-to-Node Interface PNNI** nachgedacht, um die Zusammenarbeit von ATM-Switches verschiedener Hersteller in einem privaten Rechnernetz festzulegen. Dies wird deshalb vorangetrieben, da ATM-Netze zuerst im lokalen Bereich als Backbone zum Einsatz kommen - die Implementierung heterogener Wide Area ATM-Netze sind noch Zukunftsmusik.

³ [UNI 3.1] vom September 1994

⁴ NNI wird oft auch als Node-to-Node oder Network-Node Interface bezeichnet

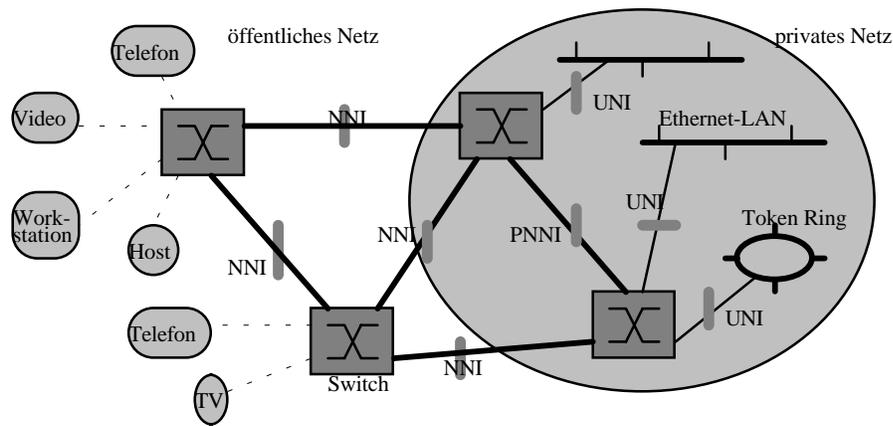


Abbildung 3-1: vermaschtes ATM-Netz mit Schnittstellen UNI, NNI und PNNI und unterschiedlichen Anwendungen

3.2 Die ATM-Zelle

ATM verwendet zum Datentransport Pakete, die ATM-Zellen, mit der festen Länge von 53 Bytes. Davon werden 5 Bytes für den Header verwendet, die restlichen 48 Bytes stehen für den Transport von Nutzlast zur Verfügung.

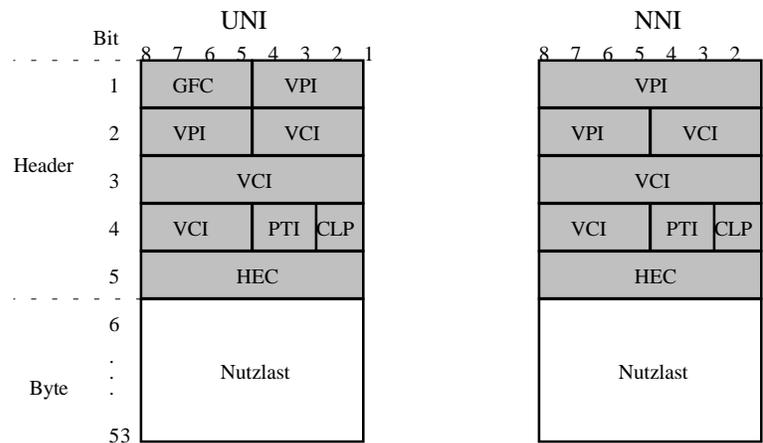


Abbildung 3-2: Header einer ATM-Zelle an UNI und NNI

Der Zellheader verfügt im Vergleich zu Paketheadern herkömmlicher Technologien (z.B. X.25 oder Ethernet) nur über eine begrenzte Funktionalität. Er beinhaltet als wesentliches Element Informationen darüber, welcher virtuellen Verbindung eine

Zelle angehört. Mechanismen, die Flußkontrolle oder Fehlerbehebung unterstützen, fehlen völlig - man verläßt sich auf die von der Technik ermöglichte geringe Fehler-rate bei der Übertragung. Die Zellheader für UNI und NNI sind bis auf das Feld für GFC identisch. Im NNI wird der für GFC vorgesehene Platz zum VPI-Feld hinzugefügt. Zur Kommunikation zwischen Netzen (ATM im WAN) wird ein größerer Adreßraum und damit mehr virtuelle Pfade als im LAN-Bereich benötigt, ein längeres Feld zur Codierung von VPIs stellt diese zur Verfügung.

Abkürzung	Bezeichnung	Aufgabe	Länge
CLP	Cell Loss Priority	Priorität einer Zelle	1 Bit
GFC	Generic Flow Control	für Flußkontrolle; noch nicht näher spezifiziert	4 Bit, nur bei UNI
HEC	Header Error Control	Prüfsumme für den Zellkopf	8 Bit
PTI	Payload Type Identifier	unterscheidet Nutzlast von spezieller Netzinformation	3 Bit
VCI	Virtual Channel Identifier	identifiziert den Kanal	16 Bit
VPI	Virtual Path Identifier	identifiziert den Pfad	8 Bit bei UNI 12 Bit bei NNI

Tabelle 3-A: Bedeutung der Bitbereiche des ATM-Zellkopfs

Ein Switch vermittelt die Zellen nur aufgrund der im Header stehenden VPI/VCI-Werte vom Eingangsport an den richtigen Ausgangsport, dazu wird eine Adreßtabelle geführt. Wegen der geringen Paketlänge können Switches sehr hohe Verarbeitungsgeschwindigkeiten erzielen.

- Die Zugehörigkeit einer ATM-Zelle zu einer Verbindung ergibt sich aus der VPI/VCI-Kombination im Zellheader, demzufolge müssen nur wenige Operationen ausgeführt werden, um die Zellen auf den richtigen Ausgang zu legen.
- Die geringe Länge der Zelle von 53 Bytes macht große Puffer für die Eingangs- oder Ausgangswarteschlangen überflüssig, zumindest vom Speicherplatzbedarf für die Zellen her.

3.3 Das virtuelle Verbindungskonzept

ATM arbeitet verbindungsorientiert, das bedeutet: Bevor ein Anwender Zugang zum ATM-Netz erhält, werden Wegewahl, Zugangskontrolle und Sicherheitsaspekte abgehandelt. Diese Aspekte werden durch den *Connection Admission Control (CAC)* Algorithmus überprüft, auf dessen Arbeitsweise Abschnitt 3.6 eingeht. Beim Verbindungsaufbau wird ein Verkehrsvertrag (Traffic Contract) abgeschlossen, in dem ver-

schiedene Quality of Service (QoS-) Parameter für die aufzubauende Verbindung festgelegt werden. Der Traffic Contract wird ebenfalls in 3.6 abgehandelt.

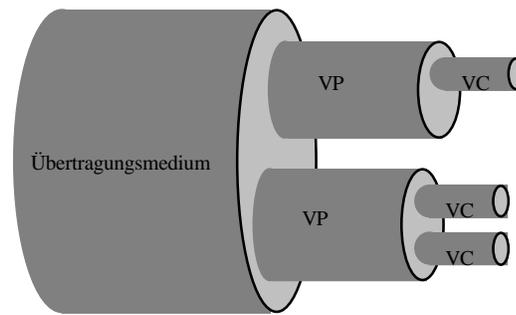


Abbildung 3-3: Virtuelle Kanäle und Pfade

ATM unterscheidet zwei „Instanzen“ von virtuellen Verbindungen, den *virtuellen Kanal* (VC) und den *virtuellen Pfad* (VP)⁶. In einem Übertragungsmedium können mehrere VPs und VCs eingerichtet werden. VPs kann man als Hauptverkehrsstrecken sehen, die VCs über mehrere Vermittlungsknoten mit sich führen und an den Endpunkten entlassen. Diese VP-Strecken können über verschiedene Wege zum Zielknoten gelangen.

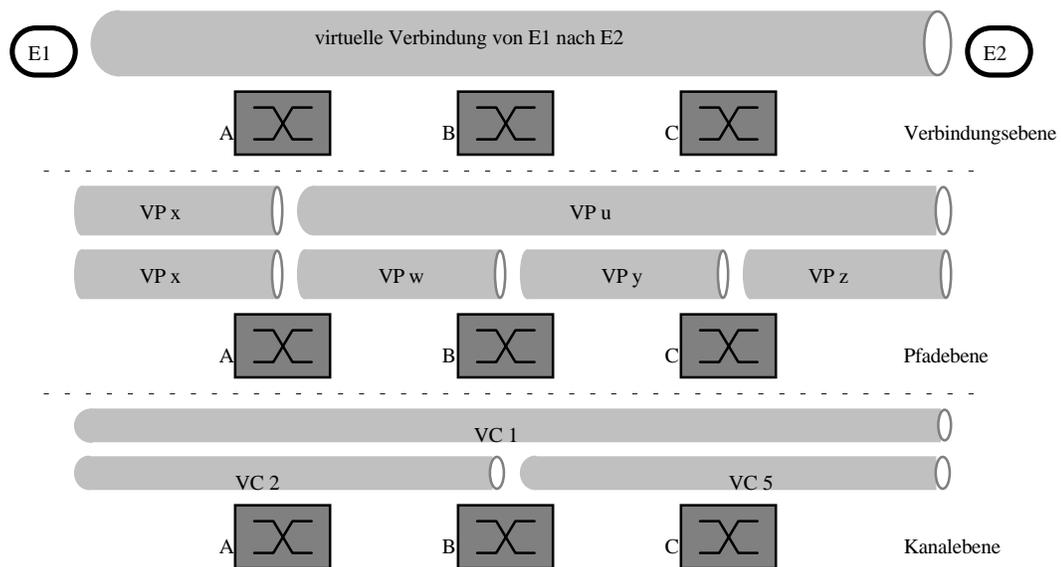


Abbildung 3-4: Vermittlung über virtuelle Verbindungen in ATM

In der modifizierten Darstellungsweise in Abbildung 3-4 lässt sich eine virtuelle Verbindung als Konkatination von VCs und VPs identifizieren, man spricht hier auch

⁶ VC Virtual Channel
VP Virtual Path

von *Virtual Channel Connection (VCC)* beziehungsweise *Virtual Path Connection (VPC)*. ATM unterscheidet zwei verschiedene Arten der Vermittlung im Switch: *Kanalvermittlung* und *Pfadvermittlung*. Abbildung 3-4 soll dies verdeutlichen: die Endgeräte E1 und E2 wollen über ein ATM-Netz, das von den Switches A, B und C gebildet wird, miteinander kommunizieren. Es gibt mehrere Möglichkeiten für die VPI/VCI-Werte der ATM-Zellen, um zwischen E1 und E2 Daten auszutauschen, siehe Abbildung 3-4. Die in Tabelle 3-B angegebenen Werte dienen als Beispiel, um das Prinzip der Kanal- und Pfadvermittlung von ATM zu erklären. Grundsätzlich wird entweder

- nur der VPI, oder
- VPI und VCI gleichzeitig

geschaltet. Dabei kann ein Switch die Werte von VPI/VCI im Header ändern.

Wird ein VPI- oder VCI-Wert unverändert weitervermittelt, so spricht man von einem *Through Path* (z.B. VP u an Switch B). Als *Cross Connect* wird der Vorgang bezeichnet, bei dem im Switch Wege durchgeschaltet werden, ohne eine Kanalvermittlung durchzuführen (z.B. VC 1 im Switch A von VP x auf VP u). Als weitere Begriffe seien *Terminating Path* (z.B. VP w an Switch B) und *Originating Path* (z.B. VC 5 an Switch B) genannt, also an einem Vermittlungsknoten endende respektive beginnende Pfade.

Eingang A	Ausgang A	Eingang B	Ausgang B	Eingang C	Ausgang C
VP x / VC 1	VP u / VC 1				
VP x / VC 1	VP w / VC 1	VP w / VC 1	VP y / VC 1	VP y / VC 1	VP z / VC 1
VP x / VC 2	VP u / VC 2	VP u / VC 2	VP u / VC 5	VP u / VC 5	VP u / VC 5
VP x / VC 2	VP w / VC 2	VP w / VC 2	VP y / VC 5	VP y / VC 5	VP z / VC 5

Tabelle 3-B: mögliche VPI/VCI-Kombinationen für die Vermittlung von E1 zu E2

Virtuelle Verbindungen lassen sich in ATM auf zwei Arten realisieren:

- als **Permanent Virtual Circuit (PVC)**

PVCs sind Verbindungen, die vom Netzbetreiber dauerhaft eingerichtet werden - der Verbindungsabbau muß ebenfalls vom Netzbetreiber veranlaßt werden. Die dazu benötigten Daten werden im Switch selbst gespeichert und können entweder direkt am Switch verändert werden oder durch entfernten Zugriff über ein Netzmanagement-System. Im letzteren Fall werden die Daten als Bestandteil der MIB des Switches gehalten.

- als **Switched Virtual Circuit (SVC)**

SVCs sind Verbindungen, die vom ATM-Netz selbständig eingerichtet werden. Dies geschieht erst, wenn ein entsprechender Verbindungsaufbauwunsch

vorliegt. Nach Beendigung einer Verbindung wird ein SVC wieder gelöscht. Auf- und Abbau von Verbindungen wird durch Signalisierung gesteuert, darauf wird noch gesondert in Abschnitt 3.7 eingegangen.

3.4 Das B-ISDN Schichtenmodell

B-ISDN⁷ (Broadband Integrated Services Digital Network) ist der Nachfolger für ISDN im Breitband-Bereich. B-ISDN ist als weltweit zugängliches High Speed Netz konzipiert, das die Funktionen heutiger Daten-, Sprach- und Fernschetze übernehmen soll und darüber hinaus offen für neue Kommunikationsformen ausgelegt ist. Seit 1990 läuft der Standardisierungsprozeß durch die CCITT (heutige ITU-T), als Übertragungstechnik für die unteren Schichten wurde ATM ausgewählt.

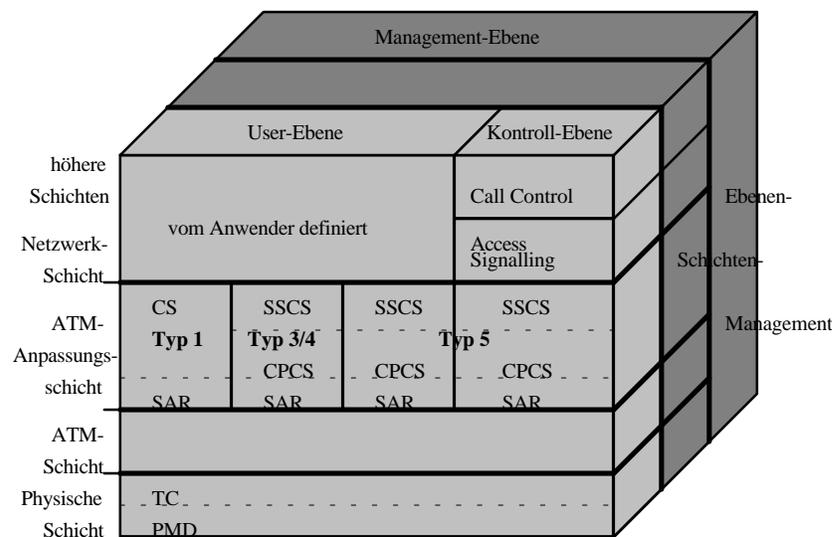


Abbildung 3-5: B-ISDN Schichtenmodell⁸

Im B-ISDN Schichtenmodell wird der Protokollstapel von ATM in Ebenen und in Schichten unterteilt:

Ebenen

Es gibt im Schichtenmodell 3 Ebenen:

- Die **User-Ebene** bewältigt den Transport der Nutzerdaten einer Applikation, ergänzt um Kontrollinformationen z.B. für Fehlerbehandlung oder Flußkon-

⁷ andere Bezeichnung: B-ISDN-Referenzmodell

⁸ Die Erklärung der verwendeten Abkürzungen folgt in Tabelle 3-C

trolle. Die Aufgaben der User-Ebene werden im Physical Layer, ATM Layer und mehreren ATM Adaptation Layers (AAL)⁹ umgesetzt.

- Die **Kontroll-Ebene** übernimmt alle Aufgaben zum Auf- und Abbau von Verbindungen sowie zur Verbindungsüberwachung. Physical Layer und ATM Layer werden gemeinsam mit der User-Ebene genutzt, als AAL wird Typ 5 verwendet. Zur Signalisierung kommt ein Protokoll des Network Layer (OSI Schicht 3) zum Einsatz, zum Beispiel IP.
- Die **Management-Ebene** dient dem Informationsaustausch zwischen User-Ebene und Kontroll-Ebene und realisiert bestimmte Managementfunktionen. Im *Ebenen-Management* gibt es keine Schichtung, hier wird das Gesamtsystem verwaltet und die Koordination der einzelnen Schichten gesteuert. Das *Schichten-Management* übernimmt schichtenspezifische Aufgaben wie z.B. *Metasignalling*.

Schichten

Funktionen der Schichten	Teilschicht	Schichten
Anpassung (Convergence)	CS Convergence Sublayer	ATM Adaptation Layer
Segmentieren von PDUs ¹⁰ in Zellen und Zusammensetzen von Zellen zu PDUs	SAR Segmentation and Reassembly	AAL
Flußkontrolle (Generic Flow Control) Erzeugen/Entfernen des Zellheaders Auswertung/Übersetzung von VPI/VCI Multiplexen und Demultiplexen der Zellen	ATM Layer	
Entkoppeln von Zellenrate und Übertragungsrate Erzeugen/Prüfen der Headersumme HEC Zellensynchronisation (Cell Delineation) Adaptieren der Zellen auf das Übertragungsformat Erzeugen/Entfernen des Übertragungsrahmens	TC Transmission Convergence	Physical Layer
Bit-Timing Physisches Medium	PMD Physical Medium Dependent	

Tabelle 3-C: Funktionen der Schichten im B-ISDN-Referenzmodell

⁹ Für verschiedene Dienste werden verschiedene AAL angesprochen, deren Funktionen werden im Abschnitt 3.4 beschrieben.

¹⁰ PDU Protocol Data Unit

Einen Überblick über die Funktionen der 4 Schichten des B-ISDN-Referenzmodells (physische Schicht, ATM-Schicht, ATM-Anpassungsschicht, Anwendungsschicht) vermittelt die aus [Kyas 95]¹¹ entnommene Tabelle 3-C. Protokolldateneinheiten (PDUs) höherer Schichten werden von der ATM-Anpassungsschicht auf die Übertragung über ATM vorbereitet, von der ATM-Schicht dann in Zellen gepackt und von der physikalischen Schicht über das Transportmedium verschickt.

3.5 ATM Adaptation Layer (AAL)

Herkömmliche Netze wie Ethernet, Token Ring oder FDDI konnten isochrone und burstartige Daten nur schwer integrieren. Durch *Time Division Multiplexing* kann man dies zwar realisieren, da aber dabei eine feste Bandbreite reserviert werden muß, wird bei diesem Verfahren nicht sehr effizient mit den Ressourcen umgegangen. ATM kann die Anforderungen von isochronem und burstartigen Verkehr durch die feste Paketlänge der Zellen und Reservierung der benötigten Bandbreite¹² erfüllen. Um diese unterschiedlichen Anwendungen mittels ATM übertragen zu können, müssen die zu vermittelnden Daten an das Zellformat von ATM angepaßt werden - diese Aufgabe erledigt die ATM-Anpassungsschicht.

3.5.1 Aufgaben der ATM-Anpassungsschicht

Die ITU-T definierte verschiedene Serviceklassen, um die unterschiedlichen Anforderungen an ein ATM-Netz realisieren zu können. Als Kriterien zur Unterscheidung der jeweiligen Klassen wurden bestimmt:

- Art der zu übertragenden Daten: isochron oder burstartig
- Bitrate: konstant oder variabel
- verbindungslose oder verbindungsorientierte Kommunikation.

Die Umsetzung der Serviceklassen erfolgt durch die ATM-Anpassungsschicht, deren Aufgabe es ist, die oben genannten Kriterien auf einen ATM-Zellstrom abzubilden - und umgekehrt. Somit bildet AAL das Bindeglied zwischen den zu übertragenden Diensten und der Zellübertragung von ATM. Den höheren Schichten werden Funktionen angeboten, um

- die (unterschiedlich großen) PDUs höherer Schichten, inklusive der darin enthaltenen Nutzdaten, auf die einheitliche Zellenlänge von ATM abzubilden,
- Management- und Steuerinformationen zu erhalten,

¹¹ [Kyas 95], Seite 74, Abbildung 4.2

¹² zur Zeit (Frühjahr 1995) sind Bandbreiten von 155 Mbps und 622 Mbps realisierbar.

- die AAL als Schnittstelle zum Zugriff auf die ATM-Schicht nutzen zu können.

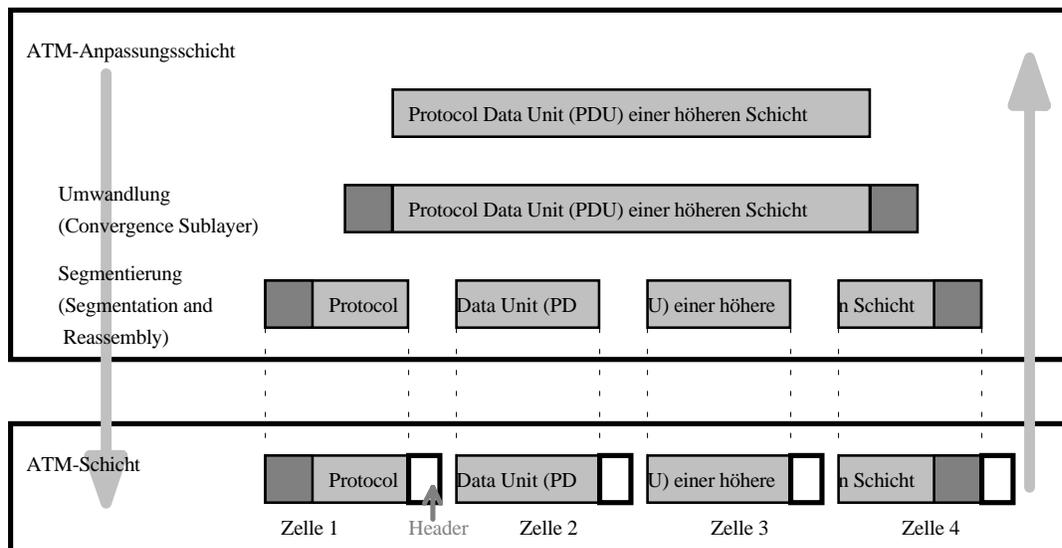


Abbildung 3-6: Arbeitsweise der ATM-Anpassungsschicht

Die ATM Schicht ist nur für die reine Zellvermittlung zuständig, die Funktionen der ATM-Adaptionsschicht werden in die zwei Teilschichten *Segmentation and Reassembly* (SAR) und *Convergence Sublayer* (CS) aufgeteilt. Die SAR-Teilschicht segmentiert die Userdaten von Protokollen höherer Schichten in Blöcke mit 48 Byte Länge, die dann als Nutzlast in ATM-Zellen eingebettet werden; die umgekehrte Richtung wird ebenfalls von SAR durchgeführt. Der Convergence Sublayer realisiert die Schnittstelle zur nächsthöheren Schicht und bereitet deren Daten für die Segmentierung durch SAR vor und umgekehrt. Die Implementierung von CS ist abhängig vom aufrufenden Dienst, man spricht vom *Service Specific Convergence Sublayer* (SSCS). Nach der Bearbeitung der Daten durch die SSCS werden diese an einen *Common Part Convergence Sublayer* (CPCS) weitergereicht, von wo aus dann eine allgemeine Schnittstelle zur Teilschicht SAR existiert. Dieses Zusammenspiel wird im B-ISDN-Referenzmodell, Abbildung 3-5, ersichtlich.

Die Anpassungsschicht kann auf Punkt-zu-Punkt oder Punkt-zu-Multipunkt ATM-Verbindungen zugreifen, dieser Dienst wird den höheren Schichten vom AAL ebenfalls angeboten. Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen werden benötigt, um die Kontroll- und Datenverbindungen der LAN Emulation einrichten zu können; auf diesen Punkt wird in Kapitel 5 näher eingegangen. Einen Überblick über die Funktionen und unterstützten Dienstklassen der verschiedenen ATM-Anpassungsschichten liefert Tabelle 3-D.

Parameter	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zeitbezug zwischen Quelle und Senke	benötigt	benötigt	nicht benötigt	nicht benötigt
Bitrate	konstant	variabel	variabel	variabel
Verbindungsart	verbindungsorientiert	verbindungsorientiert	verbindungsorientiert	verbindungslos
Beispiel einer Anwendung	Circuit Emulation, CBR-Quellen	Video mit variabler Bitrate (VBR)	verbindungsorientierte Daten wie X.25 oder Frame Relay	verbindungslose Daten wie SMDS ¹³
AAL-Typ	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4, AAL 5	AAL 3/4

Tabelle 3-D: Typen der ATM-Anpassungsschicht

3.5.2 AAL 5

Der ATM Adaptation Layer 5 wird hier ausführlicher behandelt, da er von der LAN Emulation zur Umwandlung von durch [RFC 1483] vorbereiteten Ethernet-Paketen in ATM-Zellen verwendet wird (siehe Kapitel 5). Für die Unterstützung der Übertragung burstartiger, entweder verbindungsorientierter oder verbindungsloser Daten über ATM war von der ITU-T ursprünglich AAL 3/4 vorgesehen. Da dieser jedoch eine komplizierte Bearbeitung und erhöhten Overhead im SAR-Sublayer mit sich brachte, wurde vom ATM Forum der AAL 5 als „simple“ Adaptation Layer spezifiziert. In AAL 3/4 sind einige Funktionen redundant ausgelegt, andere wiederum werden nicht explizit benötigt. Auf die Funktionsweise des AAL 3/4 wird hier nicht explizit eingegangen.

Die Arbeitsweise der SAR-Teilschicht des AAL 5 wird in Abbildung 3-8 gezeigt. Der Convergence Sublayer von AAL 5 teilt sich in einen gemeinsamen Teil (CPCS) und einen anwendungsspezifischen Teil (SSCP), zur Einordnung dieser Unterschichten wird wieder auf das B-ISDN-Referenzmodell verwiesen. Die Vereinfachung gegenüber AAL 3/4 liegt im Aufbau der Dateneinheiten (PDUs), die an die SAR-Teilschicht übergeben werden. Im Gegensatz zu AAL 3/4 verwendet AAL 5 dort keine Protokollelemente, den Daten wird im CPCS nur ein *Trailer* hinzugefügt, durch *Padding* wird die CPCS-PDU-Länge auf ein ganzzahliges Vielfaches von 48 Bytes ergänzt, siehe Abbildung 3-7.

¹³ SMDS Switched Multimegabit Data Services

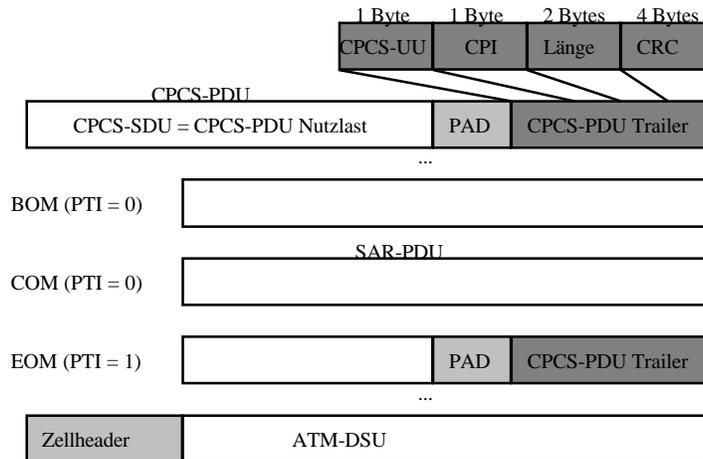


Abbildung 3-7: Datenübergabe im AAL 5

Im Gegensatz zu AAL 3/4 gibt es keine Möglichkeit, Zellen zu multiplexen, das heißt alle Zellen einer AAL5-PDU der CS-Teilschicht werden in einem sequentiellen Strom von ATM-Zellen übertragen.

Abkürzung	Bedeutung
BOM	Beginning of Message, angezeigt durch Payload Type Identifier (PTI=0)
COM	Continuation of Message (PTI=0)
CPCS-UU	Common Part Convergence Sublayer User-to-User Indication: Übertragung von Benutzerinformation
CPI	Common Part Indicator
DSU	Digital Service Unit (Terminaladapter)
EOM	End of Message (PTI=1)
PAD	Padding: Auffüllen der CPCS-PDU-Länge auf ein ganzzahliges Vielfaches von 48 Bytes
SSM	Single Segment Message

Tabelle 3-E: Abkürzungsübersicht zu AAL 5

Die zu übertragenden Datenpakete können zwischen einem und 65535 Bytes lang sein. Im Convergence Sublayer werden diese Dateneinheiten nur noch mit einem Trailer bestückt, in den ein CRC-Feld, eine Längenangabe der Nutzinformation des CPCS-SDU und User-to-User Informationen eingebettet werden. Das CPI-Feld des Trailers hat im Moment keine Bedeutung und dient nur dazu, den Trailer auf die festgelegte Gesamtlänge von 64 Bit zu bringen. Die gesamte Nachricht inklusive Trailer wird dann durch das Padding-Feld auf ein ganzzahliges Vielfaches von 48 Bytes gebracht, woraus die SAR-Teilschicht nur noch einzelne Segmente mit 48 Bytes für die Übergabe an die ATM-Schicht erzeugen muß.

AAL 5 reduziert den Overhead im Vergleich zu AAL3/4 durch:

- Weglassen des Segmenttyps und der Sequenznummer (dadurch ergibt sich eine einfachere Vorgehensweise), und
- Verwenden einer CRC-Prüfsumme für das gesamte Datenpaket

Der Segmenttyp wird durch das PTI-Feld im Zellheader definiert und muß nicht von der SAR-Teilschicht näher spezifiziert werden. Durch den Segmenttyp wird bestimmt, ob die Nutzlast der ATM-Zelle den Beginn (BOM), die Fortsetzung (COM) oder das Ende (EOM) einer CS-PDU enthält. Sehr kleine Nachrichten müssen ebenfalls nicht durch den eigenen Segmenttyp SSM gekennzeichnet werden, hier genügt die Kennzeichnung mit EOM. Als weitere Option kann im AAL 5 oberhalb von CPCS eine SSCS-Teilschicht definiert werden, durch die man spezielle Dienst- oder Protokolleigenschaften auf das ATM-Netz übertragen kann.

3.5.3 Message Mode und Streaming Mode

Im AAL 5 gibt es die zwei Betriebsarten *Message Mode* und *Streaming Mode*. Sie ermöglichen die Realisierung von garantierter („assured operation“) und nicht garantierter Übertragung („non-assured operation“). Die garantierte Übertragung ist für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen gedacht, Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen lassen sich hier nicht einrichten (dies ist jedoch in AAL 3/4 möglich). Die garantierte Übertragung sendet verloren gegangene SDUs erneut und stellt Funktionen zur Flußkontrolle zur Verfügung. Bei nicht garantierter Übertragung wird keine Fehlerkontrolle durchgeführt, über die CPCS-Teilschicht von AAL 5 läßt sich nur die nicht garantierte Übertragung („unassured information transfer“) als Dienst bereitstellen. Garantierte Übertragung wird durch die SSCS-Teilschichten zur Verfügung gestellt.

Message Mode

Hier erfolgt die Übertragung einer AAL-SDU¹⁴ in genau einer AAL-IDU an der AAL-Schnittstelle. Dieser Dienst ermöglicht den Transport von AAL-SDUs mit fester oder variabler Länge:

- **feste Länge**

Der Sender puffert mehrere AAL-SDUs, die dann gemeinsam als eine SSCS-PDU übertragen werden, der Empfänger zerlegt diese dann wieder in die ursprünglichen SDUs. Realisiert wird dies im SSCS durch eine interne *Blocking/Deblocking*-Funktion.

¹⁴ SDU Service Data Unit
IDU Interface Data Unit

- **variable Länge**

Dieser Dienst wird angeboten, um große AAL-SDUs mit variabler Länge übertragen zu können. Im SSCS verfährt man ähnlich wie in der SAR-Teilschicht, die Übertragung einer AAL-SDU erfolgt zerlegt in einer oder mehreren SSCS-PDUs.

Kommt keine der beiden angegebenen Optionen zum Einsatz, so wird eine einzelne AAL-SDU in einer SSCS-PDU übertragen. Ist für eine bestimmte Anwendung der SSCS nicht spezifiziert, dann wird die AAL-SDU direkt in eine CPCS-PDU eingepackt. Arbeitet der Message Mode mit der Blocking/Deblocking-Funktion, muß die Länge der verwendeten SDU zwischen Sender und Empfänger festgelegt werden.

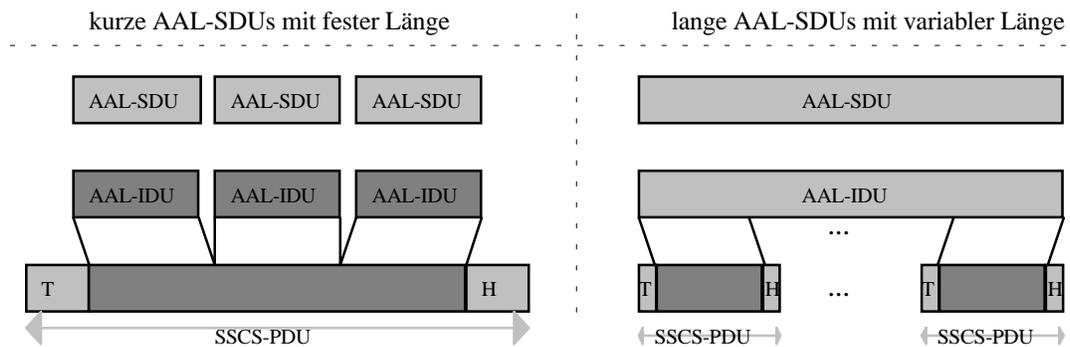


Abbildung 3-8: Arbeitsweise des Message Mode

Streaming Mode

Eine AAL-SDU wird in einer oder mehreren AAL-IDUs übertragen, dabei kann die Übertragung der jeweiligen IDUs voneinander zeitlich unabhängig erfolgen, siehe Abbildung 3-9. Als Dienst wird also der Transport von AAL-SDUs mit variabler Länge angeboten. Dabei kann die Übertragung abgebrochen und der bis zum Abbruch übertragene Teil verworfen werden. Umgesetzt wird der Streaming Mode entweder mit oder ohne SAR-Funktion im SSCS.

Als weitere Funktion steht im Streaming Mode *Pipelining* zur Verfügung, die AAL-Instanz des Senders kann schon mit der Übertragung beginnen, bevor die gesamte AAL-SDU bei ihr eingetroffen ist. Dadurch werden die Verarbeitungszeiten wesentlich niedriger. Wenn sich im Verlauf der Abarbeitung der AAL-SDU herausstellt, daß diese fehlerhaft ist, dann wird die Abbruchoption verwendet: die Übertragung wird beendet, der Empfänger verwirft die bis dahin bei ihm eingegangenen Daten, die höhere Protokollebene muß erneut einen Übertragungsversuch starten¹⁵.

¹⁵ Ein gängiges Verfahren ist die Verwendung eines Timers, um eine maximal zulässige Übertragungszeit festzulegen. Läuft diese ab, dann wird je nach Protokoll ein neuer Versuch gestartet oder eine Meldung an die nächsthöhere Schicht abgesetzt.

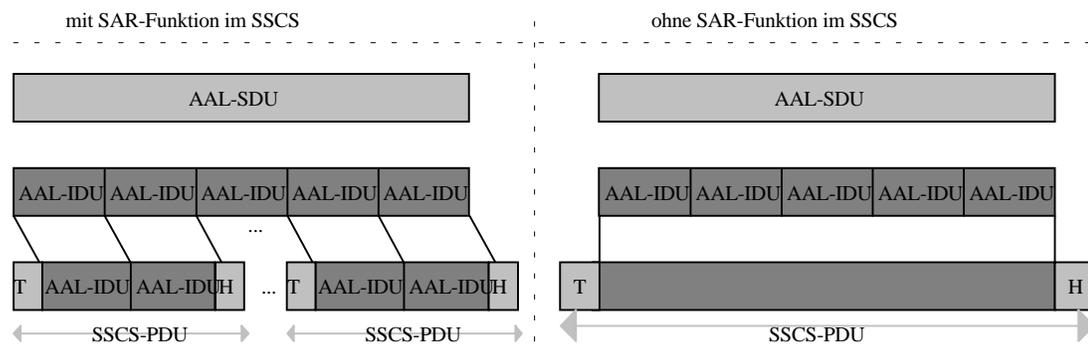


Abbildung 3-9: Arbeitsweise des Streaming Mode

Der Message Mode ist hauptsächlich für Protokolle höherer Schichten gedacht, die ihre Nachrichten in kurzen Blöcken mit fester Länge übertragen. Aber es lassen sich auch längere Nachrichtenblöcke übertragen, die vom Protokoll in Datenpaketen variabler Länge verschickt werden. Je nach zu übertragender Anwendung wird im SSCS die Blocking/Deblocking-Funktion oder die SAR-Funktion verwendet. Pipelining ist im Message Mode nicht möglich. Im Streaming Mode wird die SAR-Funktion im SSCS aktiviert, wenn in einer SSCS-PDU mehrere IDUs übertragen werden sollen. Als zusätzliche Möglichkeit kann Pipelining eingesetzt werden.

Üblicherweise arbeiten Sender und Empfänger im gleichen Dienstmodus, also beide im Message Mode (Sender: Blocking, Empfänger: Deblocking oder Sender: Segmentation, Empfänger: Reassembly) oder beide im Streaming Mode. Die Kommunikationspartner können aber auch unterschiedliche Dienstmodi wählen. Mögliche Kombinationen lauten:

- Sender: Streaming Mode, Empfänger: Reassembly im Message Mode; Pipelining ist nicht möglich.
- Sender: Segmentation im Message Mode, Empfänger: Streaming Mode.

3.6 Das Adressierungsschema von ATM

ATM benötigt ein Adreßschema, daß auf alle vorhandenen Netze mit ihren unterschiedlichen Adressierungsschemata eingeht. In der WAN-Welt werden mit der Folge internationale Vorwahl/nationale Vorwahl/Rufnummer/Subadresse ausschließlich Endteilnehmer angegeben. In der LAN-Welt verfährt man anders, es werden international eindeutige Hardware-Adressen (MAC-Adressen) vergeben. Darüber liegt eine strukturierte Adressierung durch Schicht-3-Adressen (z.B. IP-Adressen).

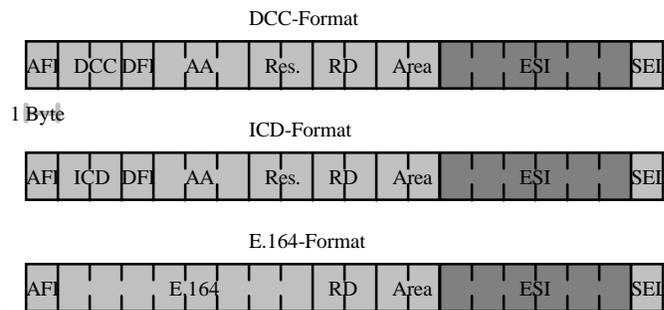


Abbildung 3-10: Die Adreßformate DCC, ICD und E.164

In ATM sollen sowohl Endgerätenummern adressiert werden, als auch die Tatsache berücksichtigt werden, daß sich hinter diesen noch lokale Subnetze befinden können. Diesen Umstand nutzt man bei der LAN Emulation, in Kapitel 5 wird beschrieben, wie die Adreßauflösung zwischen ATM-Adressen und MAC-Adressen realisiert wird. Die ATM-Adressierung kennt drei verschiedene Formate, deren Aufbau in Abbildung 3-10 und Tabelle 3-F dargestellt ist.

Feld	Bedeutung	Verwendungszweck
AA	Administrative Authority	identifiziert nationale Organisationen (z.B. Betreiber eines ATM-Netzes, ATM-Benutzer, ATM-Hersteller)
AFI	Authority and Format Identifier	identifiziert das verwendete Adreßformat, 39 = DCC, 40 = ICD, 45 = E.164
Area	Teilgebiet	spezifiziert einzigartigen Adreßbereich innerhalb einer Routing Domain
DCC	Data Country Code	spezifiziert das Land, in dem die Adresse registriert ist
DFI	Domain Specific Part Format Identifier	spezifiziert die Struktur des restlichen Adreßfelds
E.164	ISDN-Rufnummernformat	spezifiziert das Nummernsystem innerhalb von ISDN
ESI	End System Identifier	bezeichnet ein Endgerät innerhalb einer Area eindeutig
ICD	International Code Designator	einheitliche Adressierungen für internationale Organisationen
RD	Routing Domain	spezifiziert einzigartigen Adreßbereich innerhalb von E.164
Res.	Reserved	noch nicht festgelegt
SEL	Selector	steht der Benutzung durch Endgeräte zur Verfügung

Tabelle 3-F: Bedeutung der ATM-Adreßfelder

3.7 Verkehrskontrakt, Quality of Service und Signalisierung

ATM bietet die Möglichkeit, für virtuelle Verbindungen einen Quality of Service (QoS) zu garantieren. Beim Verbindungsaufbau handelt der Sender mit dem ATM-Netz einen *Verkehrskontrakt* (Traffic Contract) aus, in dem der QoS für die einzurichtende Verbindung durch Dienstgüteparameter festgelegt wird. Kann das ATM-Netz die neue Verbindung mit dem gewünschten QoS einrichten, ohne daß dadurch die QoS-Anforderungen bereits bestehender Verbindungen beeinträchtigt werden, so baut das Netz die neue Verbindung auf. Ist dies nicht möglich, so ist der Aufbauwunsch abzulehnen. Implementiert wird diese Funktionalität in Form eines *Connection Admission Control* (CAC)-Algorithmus am UNI. [Eichinger 95] untersucht die Verkehrsparameter und ihre Aufgaben.

3.7.1 Signalisierung nach Q.2931

Signalisierung steuert den Auf- und Abbau von Verbindungen. In ATM-Netzen ist dieser Vorgang aufgrund der vielfältigen Anforderungen komplexer als bei traditionellen Kommunikationsnetzen. Die Verkehrsparameter einer Verbindung werden über mehrere Signalisierungskanäle ausgehandelt, als mögliche Parameter kommen dabei in Frage:

- AAL-Typ,
- Streaming Mode, Message Mode,
- garantierte oder nicht garantierte Übertragung,
- konstante oder variable Bitrate (durchschnittliche Bitrate, Spitzenbitrate),
- maximale Zellverlustrate,
- maximale Zellenverzögerung

und weitere für diese Arbeit nicht relevante Parameter. Außerdem muß noch darauf geachtet werden, ob es sich um eine Punkt-zu-Punkt, eine Punkt-zu-Multipunkt oder eine Broadcast-Verbindung handelt. Um dies alles abzudecken, wurde aus den bestehenden Signalisierungs-Protokollen, Q.931 für N-ISDN und Q.933 für B-ISDN, das Protokoll Q.2931 entwickelt. Im Gegensatz zu N-ISDN erfolgt bei B-ISDN die Signalisierung nicht über vordefinierte Signalisierungskanäle, sondern über von der ATM-Schicht durch *Metasignalisierung* ausgewählte ATM-Kanäle (VCs). Die Metasignalisierung kann einen VC als Signalisierungskanal einrichten, ohne daß eine AAL-Verbindung vorhanden ist. Danach erfolgt der Aufbau einer AAL-Verbindung über den ausgewählten Kanal. Sobald das geschehen ist, kann Q.2931 seine Arbeit aufnehmen.

Man unterscheidet zwei Signalisierungs-Abläufe, nämlich den Verbindungsaufbau auf der Senderseite und auf der Empfängerseite. Die *Senderseite* setzt einen SETUP-Befehl ab, der den gewünschten VP und VC sowie QoS- und Verkehrsparameter enthält. Kann das ATM-Netz dies erfüllen, antwortet es dem Sender mit CALL PROCEEDING und leitet die SETUP-Nachricht an den Empfänger weiter. Konnte diese an den Empfänger vermittelt werden, so erfolgt die Information des Senders durch ALERTING. Wurde der Ruf vom Empfänger akzeptiert, dann meldet das Netz an den Sender ein CONNECT, der kann mit CONNECT-ACKNOWLEDGE bestätigen - der Verbindungsaufbau ist für ihn beendet.

Die *Empfängerseite* erhält vom Netz durch die SETUP-Nachricht einen Ruf und führt eine Kompatibilitätsprüfung durch. Dabei werden die Adreßinformation, die QoS- und Verkehrsparameter mit den lokal zur Verfügung stehenden Diensten verglichen. Sind diese nicht verfügbar, wird ein RELEASE-Complete mit der Meldung *incompatible destination* abgesetzt, ansonsten kann entweder mit CALL PROCEEDING und ALERTING oder direkt mit CONNECT geantwortet werden. Das Netz bestätigt dies mit CONNECT ACKNOWLEDGE, die Verbindung geht in den aktiven Zustand über.

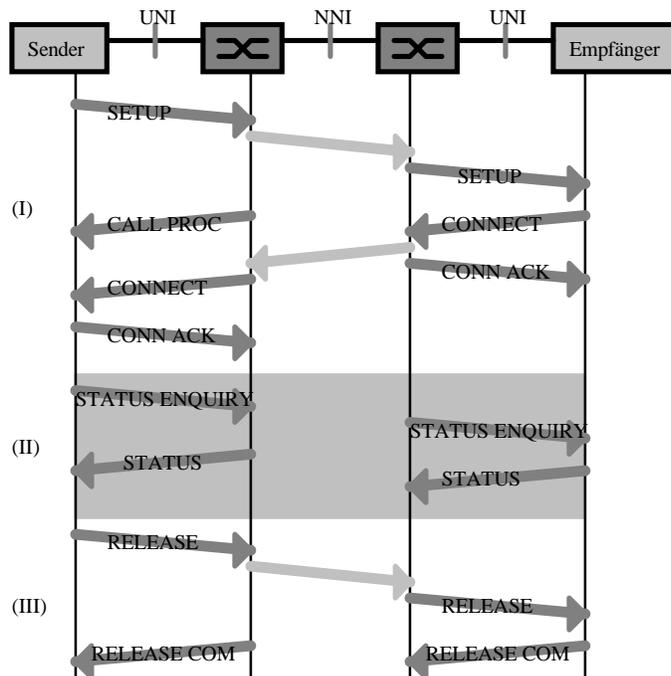


Abbildung 3-11: Signalisierung zum Verbindungsauf- und Abbau in ATM

Abbildung 3-11 zeigt die Phasen im Signalisierungsverlauf¹⁶ einer ATM-Verbindung zwischen Sender und Empfänger:

¹⁶ Die Signalisierungs-Befehle entsprechen nicht genau der Spezifikation in UNI 3.1, sie sollen nur die jeweilige Bedeutung benennen.

- (I) Verbindungsaufbau,
- (II) Verbindungsphase,
- (III) Verbindungsabbau.

Wie die Signalisierungs-Nachrichten zwischen den Switches weitergereicht werden, ist noch nicht definiert, da ja das NNI selbst noch nicht spezifiziert ist. Hier müssen zunächst proprietäre Lösungen und PNNI im lokalen Bereich greifen.

3.7.2 Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen

Die *Kontrollverbindungen* der LAN Emulation werden zum Teil als Punkt-zu-Multipunkt Verbindungen realisiert, deren Aufbau erfolgt beim Einrichten eines emulierten LANs (Kapitel 5). Der Verbindungsaufbau entspricht dem in Abbildung 3-12 dargestellten, wobei die Wurzel als Sender auftritt und das Blatt die Rolle des Empfängers übernimmt. Abbildung 3-12 zeigt, wie die Signalisierung beim Hinzufügen (ADD PARTY) eines weiteren Teilnehmers arbeitet, und wie der Verbindungsabbau zu einem Teilnehmer realisiert wird.

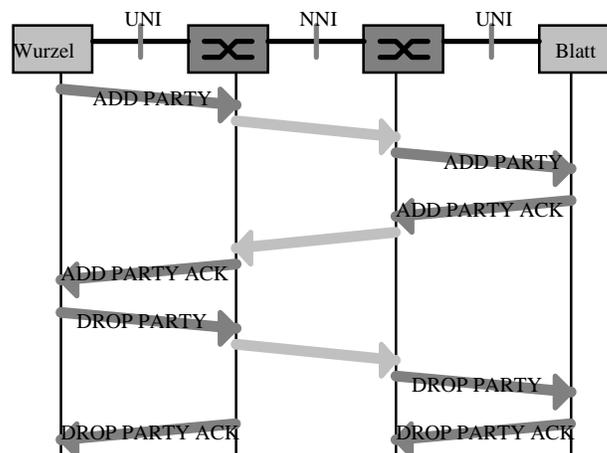


Abbildung 3-12: Hinzufügen und Herausnehmen eines Teilnehmers aus einer Punkt-zu-Multipunkt Verbindung

Ein Blatt kann eine Verbindung über den Befehl DISCONNECT abbauen. Empfängt die Netzseite diesen Befehl, so antwortet sie mit RELEASE. Abschließend bestätigt das Blatt mit RELEASE COMPLETE, die Verbindung ist damit abgebaut.

Teil II

Definition und Einsatz virtueller Workgroups

Der zweite Teil umfaßt die Kapitel 4 bis 6, in denen die Vorgehensweise zur Implementierung virtueller Workgroups in einem bestehenden Rechnernetz aufgezeigt wird. Kapitel 4 arbeitet die theoretischen Grundlagen zur Identifizierung und Einteilung von Workgroups heraus. Kapitel 5 stellt die LAN Emulation des ATM Forums vor, die es ermöglicht, virtuelle Netze in LANs mit ATM-Backbone einzurichten. In Kapitel 6 werden am Beispiel der Firma Rohde & Schwarz die Möglichkeiten zur praktischen Umsetzung virtueller Workgroups beleuchtet.

DEN REST KANN MAN LEIDER NICHT ZU PDF MACHEN

STEPHEN HEILBRONNER
26.8.98