Ferienakademie 1997 im Sarntal

Kurs „Anwendung des integrierten Netz- und Systemmanagements auf Leistungsaspekte“

Prof. Dr. H.-G. Hegering
Prof. Dr. Herzog

Teil II: Vortrag 4

Management von ATM-Netzen und VLANs

– Kommentierte Folien –

Version vom 9. Oktober 1997

Bearbeiter: Gerhard Müller[1]

Betreuer: Norbert Wienold[2]

Dieses Dokument ist im Internet unter der URL `http://www.informatik.tu-muenchen.de/~muellerg/docs/ManagementATM/` verfügbar

Übersicht

In diesem Vortrag wird ein Überblick über die Technologie von ATM-Netzen und VLANs gegeben, wobei insbesondere Wert auf Management-Aspekte gelegt wird. Ziel des Vortrages ist es, das Potential von ATM und VLANs sowie deren Management-Anforderungen und Möglichkeiten abschätzen zu können.

Der erste Teil des Vortrages beschäftigt sich mit dem “Asynchronous Transfer Mode” (ATM), einer Netztechnik, die erstmalig in der Lage ist, Quality-of-Service-Parameter zu garantieren. Das Fundament sind kleine, 53 Byte lange “Zellen”, die geswitched werden.

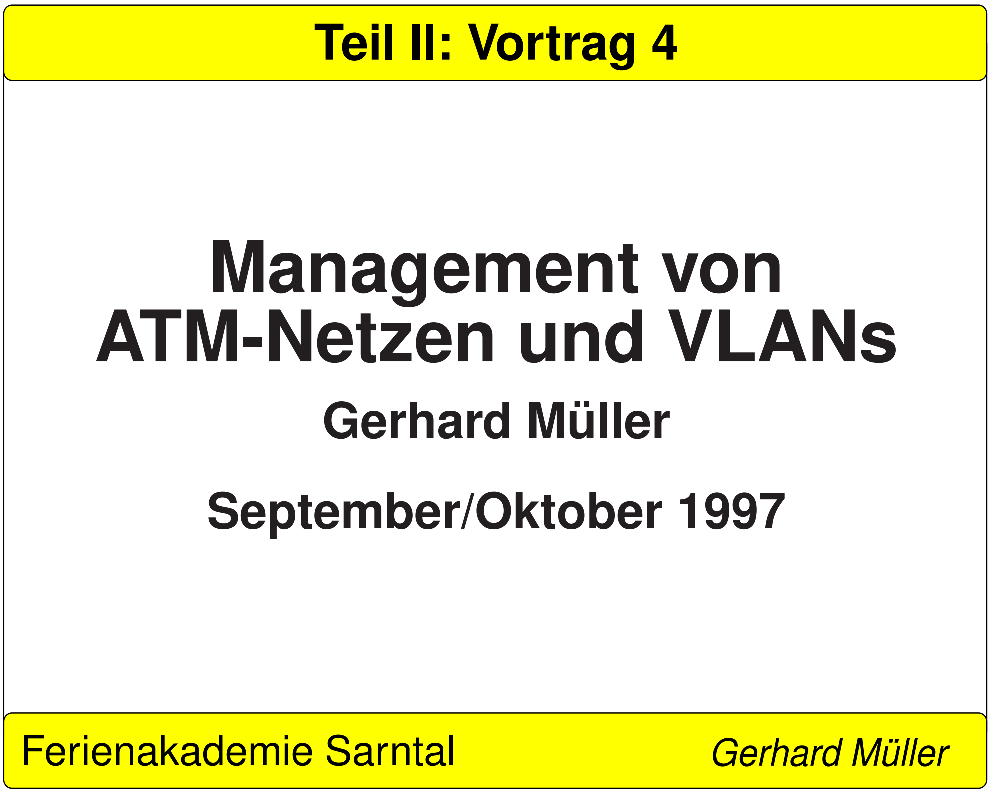
Virtuelle Netze, insbesondere virtuelle lokale Netze (VLANs) sind Thema des zweiten Teils. In virtuellen Netzen werden logische Netzwerke von realen, physisch vorhandenen Netzwerken getrennt.

[1]E-mail: muellerg@informatik.tu-muenchen.de
[2]E-mail: wienold@informatik.uni-muenchen.de

Inhaltsverzeichnis

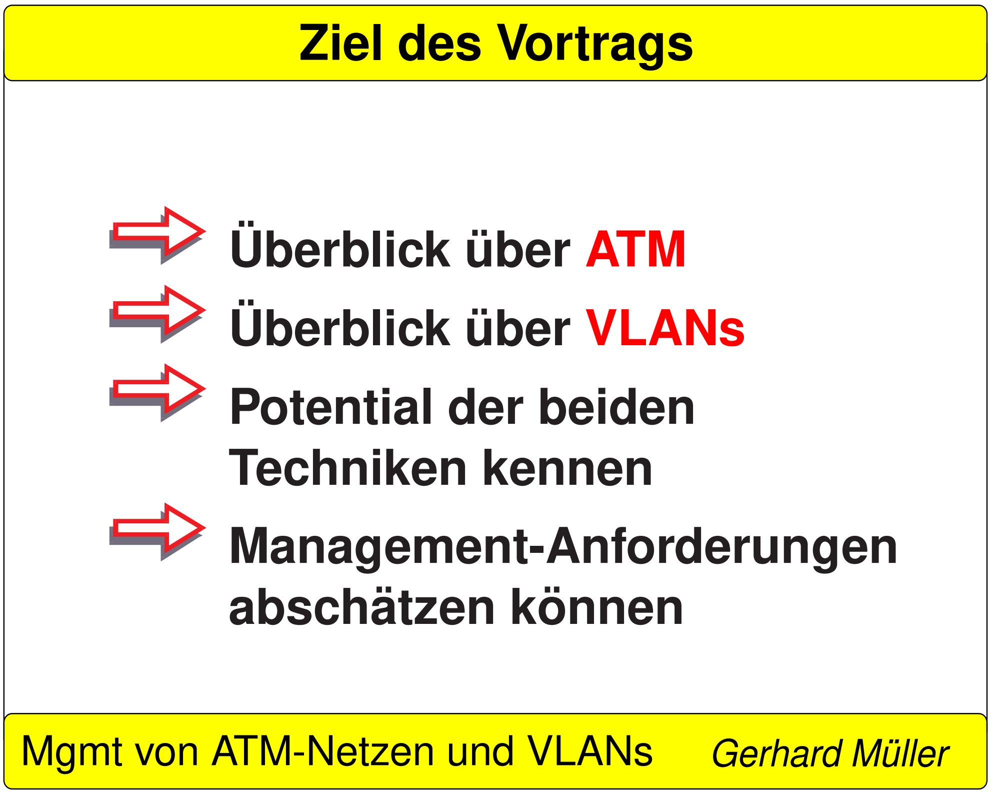
Folienverzeichnis

1 Einleitung



Folie 1: Titelfolie

1.1 Ziel des Vortrages



Folie 2: Ziel des Vortages

Ziel des Vortrages ist es, das Potential und die Management-Anforderungen von ATM-Netzen und VLANs abschätzen zu können. Um dieses zu erreichen, wird zuerst ein Überblick über die jeweilige Technik gegeben, bevor auf die Management-Anforderungen eingegangen wird.

Den größeren Teil des Vortrages nimmt ATM ein.

1.2 Gliederung des Vortrages

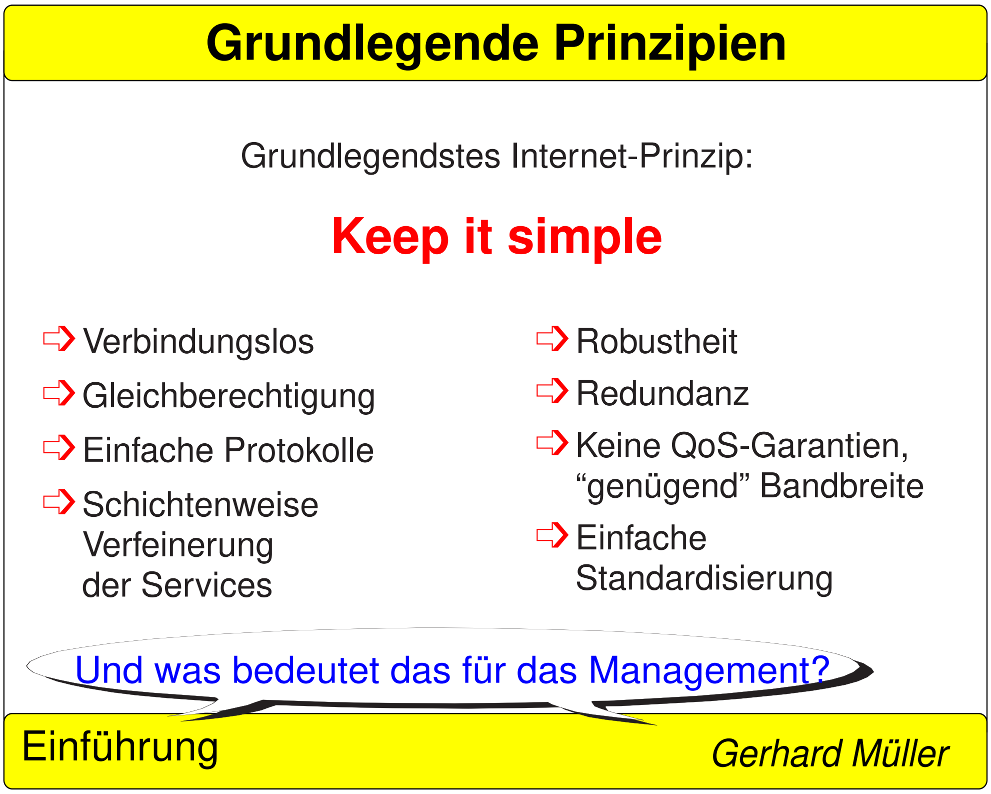
Gliederung

1. Grundlegende Prinzipien
2. Asynchronous Transfer Mode (ATM)
   - 2.1 Überblick
   - 2.2 Technik
   - 2.3 Management
   - 2.4 Standards
3. Virtuelle LANs (VLANs)
   - 3.1 Überblick
   - 3.2 Technik
   - 3.3 Management
   - 3.4 Standards
4. Bewertung und Ausblick

Mgmt von ATM-Netzen und VLANs *Gerhard Müller*

Folie 3: Gliederung

1.3 Grundlegende Prinzipien



Folie 4: Grundlegende Prinzipien

Bei dem Vortrag werden Prinzipien vorgestellt, die sich deutlich von denen der Internet-Philosophie unterscheiden. Um die Unterscheidungen deutlich zu machen, werden die grundlegenden Prinzipien kurz dargestellt.
Das grundlegendste Prinzip des Internets lautet: **Keep it simple**. Das Internet versucht, alles so einfach wie möglich zu machen. Dies bedeutet unter anderem:

- Verbindungsdaten werden nur von den beteiligten Endsystemen gehalten
- Jedes System ist gleichberechtigt
- So einfache Protokolle wie möglich (z.B. IP, SNMP, ...)
- So wenig Protokollschichten wie möglich
- Schichtenweise Verfeinerung der Services: vom einfachen IP-Protokoll ausgehend werden höhere Funktionalitäten modelliert
- So robust wie möglich (z.B. nur falls mehrere funktionierende Protokollimplementierungen existieren, kann ein Protokoll ein Internet-Standard werden)

- So viel Redundanz wie möglich
- Keinerlei QoS-Garantien: alles wird nach "best effort" erledigt. Falls nötig, wird davon ausgegangen, daß "genügend" Bandbreite zur Verfügung steht.
- Einfache und schnelle Standardisierung

Zum Schluß einer Folie wird, falls zur Folie passend, gefragt, inwiefern das Beschriebene für das Management relevant ist. Der Leser bzw. Zuhörer wird gebeten, dies aktiv mit zu überlegen und ggf. Ergänzungen zu machen bzw. das Ausgeführte zu ergänzen.

Bedeutung für das Management:

- Anschluß von ATM an Internet-Standards besonders wichtig
  (Existierende Anwendungen, Investitionssicherung...)

Weitergehende Literatur: [Cla88] (Hintergründe der Designentscheidungen bei den Internet-Protokollen)

1.4 Das globale Bild

Folie 5: Unsere Situation

Unsere Umwelt, die Arbeitsorganisation und Geschäftsprozesse, sind einem starken Wandel unterworfen. Dabei steigt die Bedeutung von Rechnernetzen ständig. So lag der Umsatz 1996 in diesem Bereich bei $109 Milliarden, und wird 1997 auf $135 Milliarden geschätzt (Quelle: [Com96])

Verschiedene Tendenzen sind generell auszumachen (siehe Folie). Dies hat mehrere Folgen für den Netzwerkbereich:

- Folgerungen für Anwendungen: Unterstützung von
  - Computerunterstütztes Arbeiten (Teleworking)
  - Computergestützte Gruppenarbeit (CSCW)
  - Multimedia-Anwendungen
  - Dienstintegration (Telefonie, Video, Radio, ... alles mit einem Gerät)
- Bedeutung für das Management von Netzen:

- Unterstützung des größer werdenden Kommunikationsbedarfes (insbesondere Bandbreite, auch QoS?)
- Skalierbarkeit (Kommunikationsbedarf steigt ständig)
- Flexibilität in Netzwerkgestaltung
- Multimedia-Unterstützung
- Berücksichtigung von bestehenden Standards, insbesondere Internet und LANs
- Erhöhte Sicherheitsbedürfnisse
- Bessere Ausnutzung der Netzwerk-Bandbreite
- Einfache Konfiguration

Weitergehende Literatur: [SWL97] (zukünftige Anforderungen an Unternehmen)

1.5 Technische Anforderungen

Folie 6: Technische Anforderungen

Die in der vorherigen Folie genannten Anforderungen werden nun an konkrete technische Erfordernisse für moderne Kommunikationsnetze umgesetzt.
Die in der Folie genannten Anwendungen sind nur möglich, wenn die Netzwerke folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Netze stellen eine hohe Bandbreite zur Verfügung. Momentan geht der Bedarf bis 100 MBit/s pro Endstation, ein Ende des Bedarfes kann frühestens bei der Unterstützung von Video gesehen werden (1280x1024 Pixel x 24 Bit x 25 Bilder/s (unkomprimiert) = 786 MBit/s), der Bedarf im Backbone bzw. WAN-Bereich liegt momentan im wenigen GBit/s-Bereich, in Zukunft jedoch wohl eher im TBit/s-Bereich.

- Die traditionelle Trennung von Ton-, Bild- und Datenkommunikation wird nicht weiter möglich sein. Wichtig wird also die parallele Unterstützung, d.h. die Integration von Ton-, Bild- und Datenkommunikation ("Multimedia"). Dies ist insbesondere auch aus Kosten- und Managementsicht wichtig: die parallele Unterhaltung mehrerer Netze ist aufwendig.

- Natürlich darf die Übertragung nicht viel kosten ;-)). Viele neue denkbare Anwendungen werden sich nur durchsetzen können, wenn diese bezahlbar bleiben.

- Lösungen für oben genannte Probleme sollten so skalierbar wie möglich sein; wenn die Anforderungen in einem Bereich steigen, sollte nicht eine komplett andere Technologie nötig sein. Eine durchgehende Technologie ist auch leichter zu warten.

- Die Abrechnung nach tatsächlich genutzter Leistung scheint eine Selbstverständlichkeit zu sein; dies ist jedoch momentan mit den bisherigen Lösungen nicht einfach durchführbar. Insbesondere die Zusicherung von bestimmten Mindestleistungsstandards ist recht teuer.

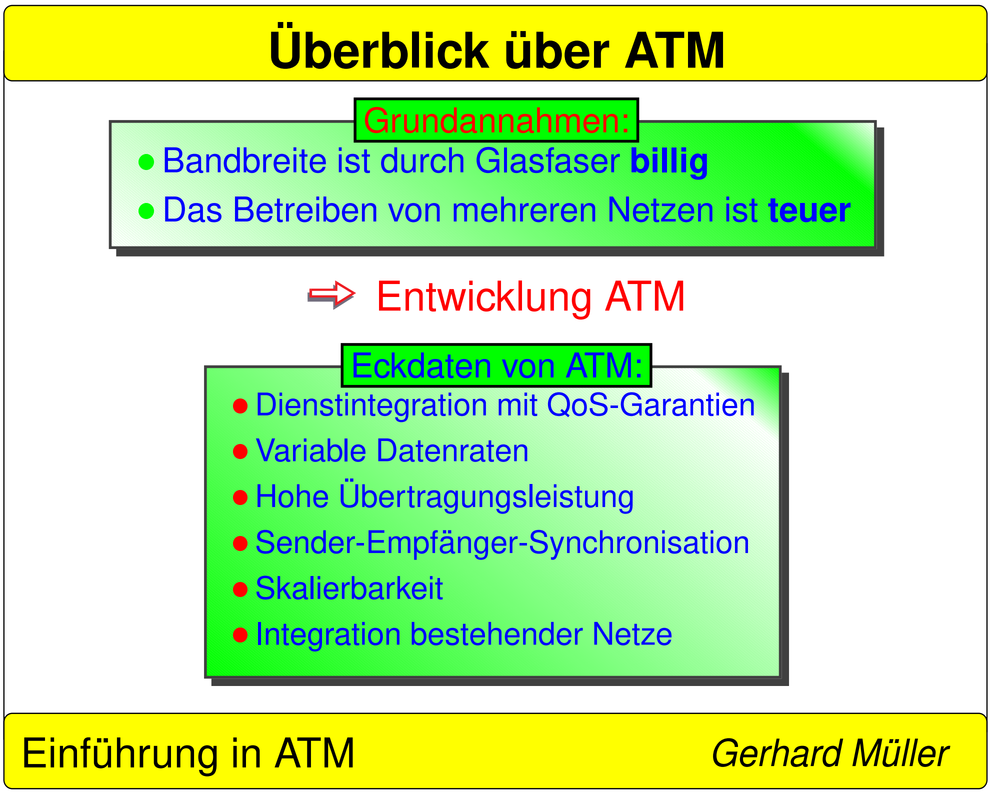
- Das Management wird mit zunehmender Wichtigkeit und zunehmender Größe der Netzwerke immer wichtiger. Ein einfacher Betrieb und die gute Wartbarkeit sind essentielle Voraussetzung.

Ebenfalls zu beachten sind Sicherheit, Datenintegrität, Schutz der Intimsphäre und andere Bedingungen.

2 ATM - Asynchronous Transfer Mode

2.1 Überblick

2.1.1 Globaler Überblick



Folie 7: Globaler Überblick über ATM

ATM ist eine Netztechnologie, die alle oben genannten Anforderungen erfüllen will. ATM geht insbesondere von zwei Grundannahmen aus:

- Bandbreite ist durch Glasfaser billig.
  Bei ATM werden bewußt erhebliche Overheads in Kauf genommen, um die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen zu können.

- Das Betreiben von mehreren Netzen ist teuer.
  In heutigen Netzen ist das Betreiben der Netze (Personal, etc.) einer der wichtigsten Kostenfaktoren. Die Integration mehrerer Dienste führt unter dieser Annahme zu erheblichen Einsparungen.

Diese Überlegungen haben zur Entwicklung von ATM geführt. ATM hat die oben angegebenen Eckdaten.

Bedeutung für das Management:

- Verwendung von Glasfaser: ATM verzichtet auf Verbindungsebene (OSI-Schicht 1) weitgehend auf Fehlerprüfverfahren. Die Sicherung eines fehlerfreien Datenstromes wird den höheren Schichten und der Applikation überlassen. Dieser Verzicht ist möglich, da die ATM-Normierung von Verbindungsleitungen hoher Güte (meiste Glasfaser) ausgeht. Die Reduktion von Fehler-Sicherungsroutinen ermöglicht sehr viel geringere Verarbeitungszeiten in den Verbindungsknoten.

- Dienstintegration mit QoS-Garantien: da die Telefonie und die Datenübertragung zwei recht unterschiedliche Welten (unterschiedliche Interessenlagen) sind, ist eine Zusammenarbeit und Standardisierung schwierig. ATM unterstützt Quality-of-Service-Anforderungen, was für die Dienstintegration eine wesentliche Voraussetzung ist.

- Variable Datenraten: die Unterstützung variabler Datenraten macht die Synchronisation mit einer globalen Uhr wie bei der Telefonie bzw. SDH/SONET nicht sinnvoll. Aus diesem Grund hat ATM keine globale Synchronisation, und heißt daher *Asynchronous* Transfer Mode, im Gegensatz zu SDH (Synchronous Transfer Mode).

- Hohe Übertragungsleistung: Es wird nicht mehr ein *shared Medium* für die Anbindung von Endgeräten benutzt, sondern es wird so viel wie möglich und sinnvoll parallelisiert; jedes Gerät kann gleichzeitig mit der vollen Netzwerkbandbreite (bis zu limitierenden Geräten) arbeiten. ATM setzt bei der Übertragung auf starke Hardwareunterstützung, die entsprechende Übertragungsleistungen ermöglicht.

- Sender-Empfänger-Synchronisation: ATM ist verbindungsorientiert, kein Endgerät muß ohne dessen Einwilligung Daten von einem anderen Endgerät annehmen. Dies hat mehrere Ursachen: Unterstützung der Telefonie sowie QoS.

- Skalierbarkeit: ATM stellt den Anspruch, alle Netzwerktypen vom LAN- bis zum WAN-Bereich als eine eine durchgehende Technologie zu unterstützen. Gateways oder ähnliches sind aufgrund der Homogenität der beteiligten Komponenten nicht mehr nötig. Dies führt u.a. natürlich zu einer hohen Komplexität der Protokolle.

- Integration bestehender Netze: Die Entwickler von ATM haben natürlich auch erkannt, daß in einer Übergangszeit die bestehenden Protokolle vie IP, IPX, AppleTalk, SNA etc. unterstützt werden müssen und entwickeln entsprechende Standards.

Weitergehende Literatur: Es gibt sehr viel einführende Literatur in ATM. Einige empfehlenswerte Dokumente sind:

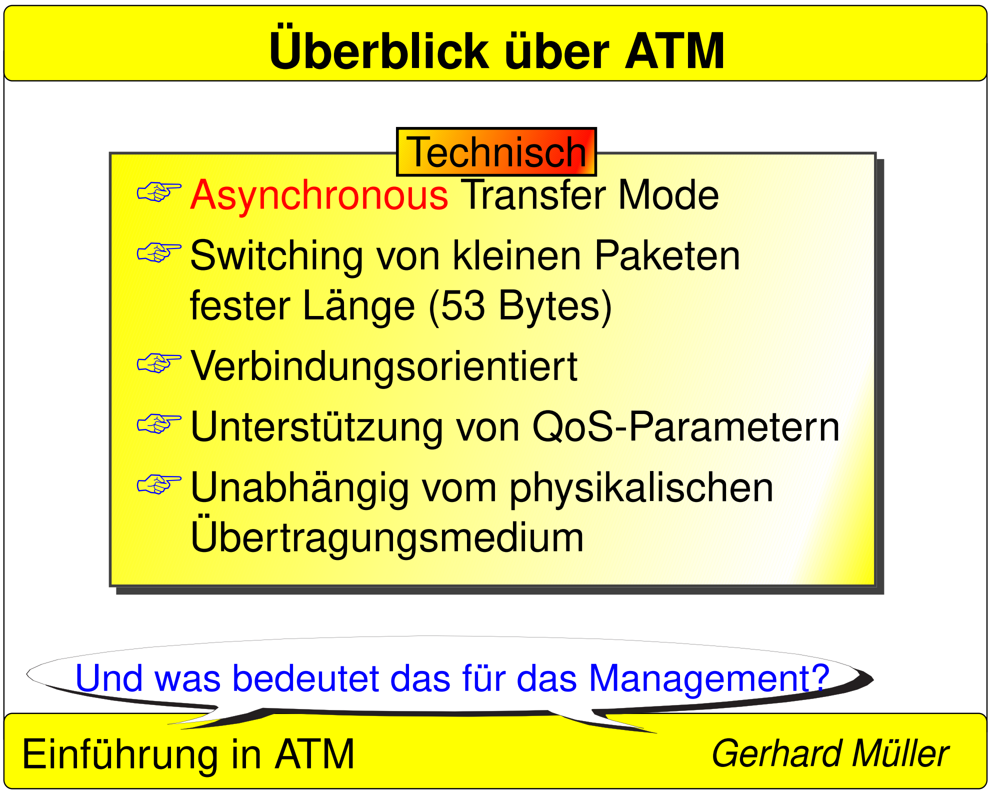
- [SHK+97],

- [All95],

- [HvdL97].

Natürlich finden sich auch in der Standard-Netzwerke-Literatur wie [Tan96], [Sie96] oder [Hal95] entsprechende ATM-Kapitel.

2.1.2 Realisierung



Folie 8: Technischer Überblick über ATM

Bedeutung für das Management:

- Asynchronous Transfer Mode: ATM verwendet asynchrones Zeit-Multiplexing. Die Zeitschlitze im Übertragungsrahmen können damit dynamisch zugeordnet werden. Feste, definierte Zeiteinheiten wie sie beim bisherigen synchronen Zeit-Multiplexing Verwendung finden, existieren nicht. Ressourcen-Verschwendung durch Übertragung leerer Pakete wird dadurch vermieden. Bei isochronen Übertragungen muß wieder eine Synchronisation zwischen Sender und Empfänger durchgeführt werden. Dies ist aufwendig.

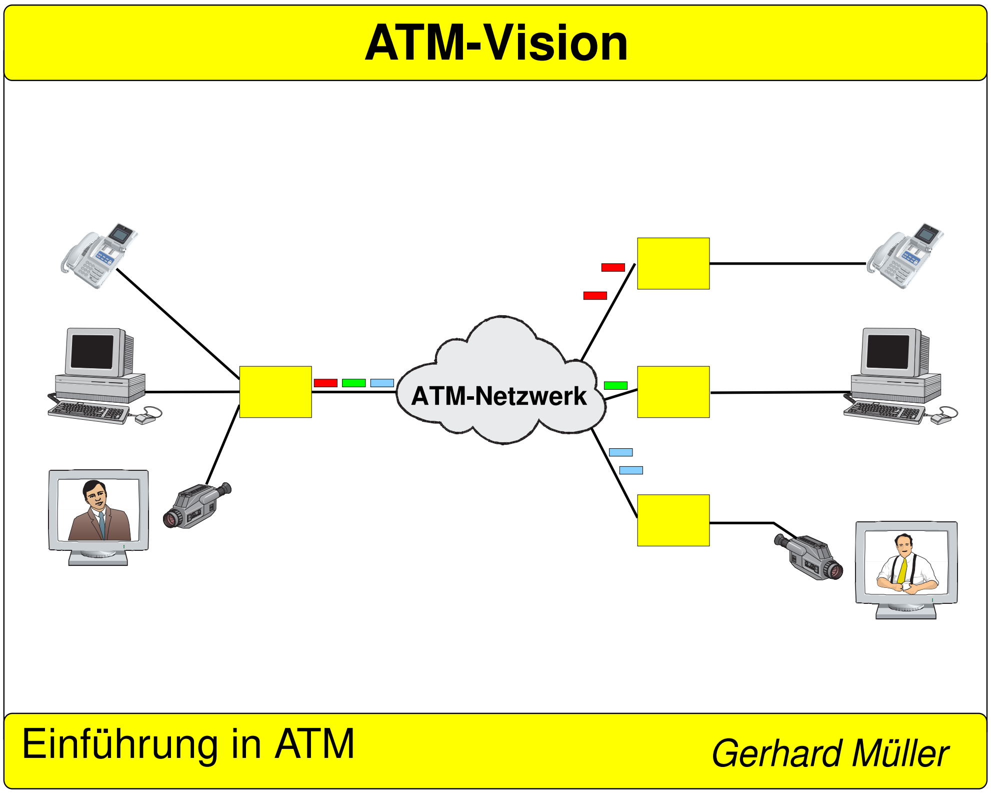
- Switching von kleinen Paketen fester Länge: die Grundlage von ATM ist die Benutzung kleiner, 53-Byte langer Zellen, wobei 5 Byte für den Kopf verwendet werden. Dies ist ein Overhead pro Paket von über 9%! Die Wahl von 53 Bytes ist ein Kompromiß zwischen der isochronen Übertragung (z.B. Telefonie) und der Datenübertragung; die Telefonie wünscht sich eine nicht bemerkbare Verzögerungszeit sowie geringen Jitter, und die Datenübertragung gute Ausnutzung der verfügbaren Bandbreite. Je nach Protokoll gehen weitere Bytes für die Übertragung der eigentlichen Daten verloren. Positiv bei kleinen Zellen ist die Möglichkeit des Switchings durch *ATM-Switches*, die auf Hardware-Ebene arbeiten und dadurch sehr schnell sind. Endgeräte sind jeweils direkt mit den ATM-Switchen verbunden (sternförmige Verkabelung), die Parallelisierung ist einfach und erlaubt erheblich höhere Geschwindigkeiten als "shared medium"-Netze. Gängige ATM-Geschwindigkeiten innerhalb von Switchen sind heute bis 2,48 GBit/s (z.B. 16x155 MBit/s), im Labor erreicht man schon deutlich höhere Werte. Übliche Geschwindigkeiten zwischen Switches sind 655 MBit/s, gehen aber durchaus schon bis 2.48 GBit/s.

- Verbindungsorientiert: expliziter Aufbau einer "virtuellen" Verbindung, langsamer Verbindungsaufbau, komplexe Signalisierung, keine Broadcasts, jedoch immer Zusicherung von QoS möglich. Problematisch: keine Vertauschung von Zellen erlaubt, daher wird Hardware-Aufwand erheblich höher. Routing-Entscheidung wird bei Aufbau der Verbindung getroffen, d.h. es müssen Status-Informationen in jedem beteiligten Zwischengerät gehalten werden. Dadurch sind allerdings erheblich höhere Geschwindigkeiten möglich, da Pakete nicht mehr geroutet werden müssen.

- Unterstützung von QoS-Parametern: jede Verbindung kann beim Verbindungsaufbau genau bestimmen, welche QoS-Parameter benötigt werden. Verschiedene Dienstklassen stehen zur Verfügung, um verschiedene Anforderungen erfüllen zu können.

- Unabhängigkeit vom physikalischen Übertragungsmedium: ATM ist auf keine speziellen physikalischen Übertragungsmedien angewiesen, ATM kann über alle gängigen Übertragungsmedien benutzt werden.

2.1.3 ATM-Vision



Folie 9: Die ATM Vision

Die ATM-Vision sieht so aus, daß alle Endgeräte direkt ATM unterstützen, und ATM durchgängig bis zu jedem anderen Endgerät benutzt wird. Dabei werden verschiedenste Dienste wie Sprache, Daten oder Videodaten unterstützt.

2.1.4 Abgrenzung zu anderen Netztechnologien

Netztechnologien im Vergleich

	geringe Kosten	hohe Übertragungs-keistung	große Reich-weite	Eignung für Video	Eignung für Audio	Eignung für LAN	Eignung für WAN
Ethernet	++	0	-	-	-	++	-
Fast Ethernet	+	+	-	-	-	++	-
Gigabit Ethernet	n.a.	++	–	-	-	+	-
ATM	-	++	+	+	+	+	+
Token Ring	+	0	-	-	-	+	-
DQDB	-	+	0	+	+	-	0
FDDI	0	+	0	0	0	+	0
Frame Relay	0	0	+	-	-	-	+
Fiber Channel	0	+	-	+	+	+	-

nach [Schill97]

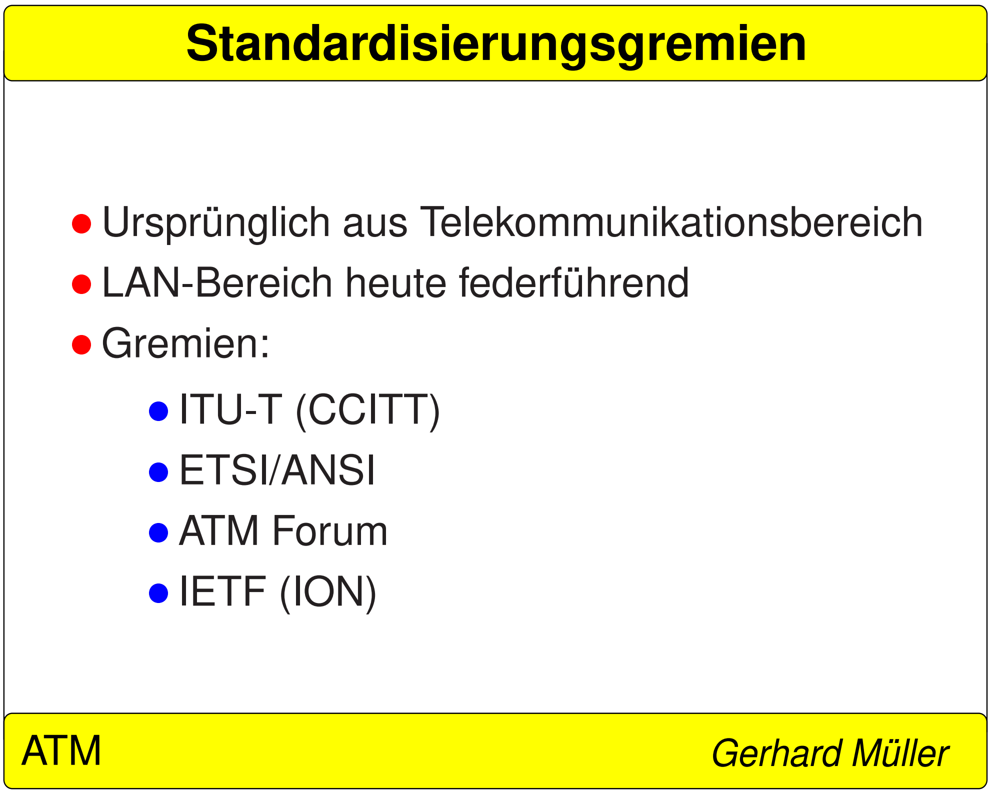
ATM Gerhard Müller

Folie 10: Netztechnologien im Vergleich

Diese Folie zeigt ATM im Vergleich mit verschiedenen anderen Netztechnologien. Auffällig ist, daß ATM ein sehr breites Spektrum abdeckt, es kann vom lokalen Bereich bis zum Weitverkehrsbereich eingesetzt werden. ATM ist, anders als alle anderen üblichen Übertragungstechniken, sowohl für die Übertragung von Audio, als auch für Video geeignet. Nachteilig für ATM sind die noch immer recht hohen Kosten im Vergleich mit anderen Netztechnologien.

Weitergehende Literatur: [SHK$^+$97, Seite 12]

2.1.5 Standardisierung



Folie 11: ATM Standardisierungs-Gremien

Standards sind der “Kleber”, der es ermöglicht, daß Geräte verschiedener Hersteller miteinander benutzt werden können.

Ursprünglich wurde ATM aufgrund einer Initiative verschiedener Telefongesellschaften entwickelt. Inzwischen ist der weitaus dynamischere LAN-Bereich in vielen Gebieten federführend. Insbesondere das ATM-Forum (1991 gegründet), ein Konsortium aus Rechner- und Netzherstellern, Anwendern und Forschungsinstituten, ist im Bereich der lokalen Netze aktiv. Es hat sich zum Ziel gesetzt, die Akzeptanz von ATM-Produkten sowohl im LAN-, als auch WAN-Bereich zu beschleunigen.

Folgende Gremien sind an der Standardisierung von ATM beteiligt:

- ITU-T (=*International Telecommunications Union - Telecommunication Sector*), ehemals CCITT), im Bereich der öffentlichen Netze
- ETSI (=*European Telecommunication Standards Institute*), ANSI (=*American National Standards Institute*)
- ATM Forum, im Bereich lokaler Netze

- IETF (=*Internet Engineering Task Force*), insbesondere die Arbeitsgruppe Internetworking Over NBMA (=*Non-Broadcast Medium Access*) (ION) im Bereich Internet-Protokolle

Die Entwicklung von ATM wurde Anfang der 80er Jahre begonnen, 1988 wurde ATM als Grundlage für das B(reitband)-ISDN gewählt. Viele der ATM-Eigenschaften stammen aus Standards des Telekommunikationsbereiches, wie auch oft an der Terminologie klar wird. Beispiele:

- ATM ist verbindungsorientiert
- das "Virtuelle Kanäle"-Konzept stammt aus X.25 (es gibt nur mehr davon)
- es wird von Interfaces anstatt von Protokollen gesprochen
- es wird die ISDN-Signalisierung verwendet (Q.2931)

Im produktiven Einsatz in kleinen Netzen ist ATM erst seit 1994, in größeren Netzen wird ATM erst seit ungefähr 1996 eingesetzt. Ein Beispiel für ein größeres Netz, welches auf ATM-Technologie aufbaut, ist das DFN, das Deutsche Forschungs-Netz.

Bedeutung für das Management:

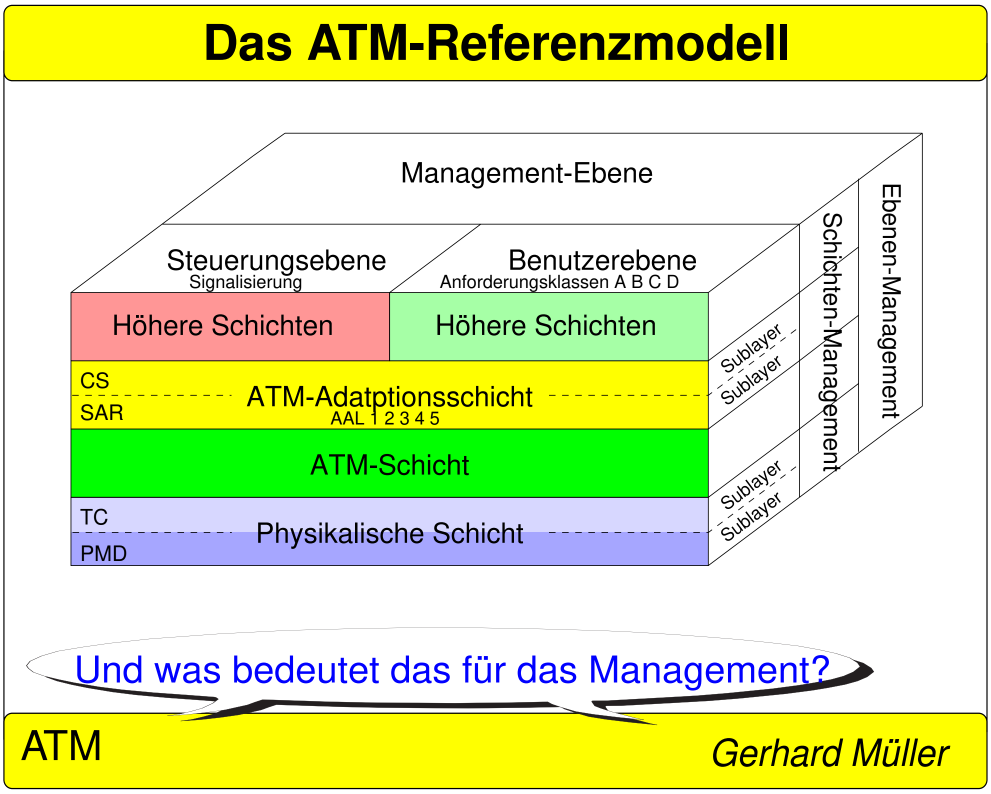
- Standards verschiedener Organisationen widersprechen sich zum Teil
- Viele Organisationen, insbesondere "offizielle" = dauert EWIG, bis was vernünftiges herauskommt
- Datenkommunikation und Sprachkommunikation haben deutlich verschiedene Anforderungen und Ziele == Einigung nicht immer einfach. Beispiel: 53/48 Byte: keine Zweierpotenz...

Weitergehende Literatur:

- [SHK+97, Seite 158],
- [WWW97b] (Homepage des ATM Forums),
- [WWW97g] (Homepage der International Standards Organization ISO),
- [WWW97h] (Homepage der International Telecommunications Union ITU),
- [WWW97i] (Homepage der Internet Engineering Task Force IETF),
- [HJRS97]

2.2 Technik

2.2.1 Das ATM-Referenzmodell



Folie 12: Das ATM-Referenzmodell

Die konzeptionelle Grundlage für ATM ist das oben angegebene Referenzmodell von Breitband-ISDN. Der "ATM-Referenz-Würfel" besteht aus drei Ebenen, der Nutzerebene, der Steuerungsebene und der Managementebene, sowie drei Schichten, der physikalischen Schicht, der ATM-Schicht und der ATM-Adaptionsschicht.

Die Daten der höheren Schichten (Anwendungen oder Steuerungsinformationen, wie z.B. Signalisierungsinformationen) werden über eine Adaptionsschicht auf ATM-Zellen abgebildet. Für verschiedene Anforderungen, die in Klassen eingeteilt werden (s.u.) wurden verschiedene Diensttypen definiert (ATM Adaption Layer).

Der Transport von Zellen kann über verschiedene physikalische Medien geschehen.

Die Aufgaben der Schichten im einzelnen:

AAL-Schicht: Aufgeteilt in *Convergence Sublayer*, CS (Konvergenzschicht), sowie *Segmentation and Reassembly*, SAR, sorgt für die Aufteilung der Daten aus den höheren Schichten auf ATM-Zellen, bzw. baut diese wieder zusammen, und achtet ggf. auf Fehler, Zeitanforderungen, etc.

ATM-Schicht: Die ATM-Schicht sorgt für die Generierung der Zellen, das Zellen-Multiplexing bzw. De-Multiplexing, die korrekte Weiterleitung der ATM-Zellen (das eigentliche switchen), und führt eine allgemeine Flußsteuerung durch. Die Reihenfolge von Zellen wird garantiert eingehalten.

Physikalische Schicht: Die physikalische Schicht ist aufgeteilt in zwei Unterschichten, *transmission convergence*, TC, und *physical media dependent*, PMD. Erstere sorgt für die Zellratenentkopplung (ggf. durch das Einfügen von Leerzellen), die Generierung/Überprüfung des Prüfsummenteils des Kopfes einer ATM-Zelle, die Zellgrenzenerkennung, sowie ggf. die Anpassung bzw. Erstellung der Übertragungsrahmen. Die PMD sorgt für das Bittiming und definiert das physische Medium. Es sind eine Vielzahl verschiedener physikalischer Übertragungsmedien definiert. Wichtig dabei ist, das Standards für das Transportieren von ATM-Zellen über die Übertragungsrahmen bestehender Netzwerkübertragungstechniken wie SDH/SONET, aber auch über andere Protokolle, z.B. DQDB-Netze und DATEX-M definiert sind.

Zu den drei oben beschriebenen Schichten liegen orthogonal verschiedene Ebenen. Diese definieren unterschiedliche Funktionsbereiche:

Benutzerebene: zuständig für den normalen Datentransfer, realisiert die eigentlichen ATM-Kommunikationsdienste. Beinhaltet anwendungsbezogene Funktionen wie Flow Control und Recovery

Steuerungsebene: umfaßt Mechanismen zur Verwaltung von ATM-Kommunikationsverbindungen zwischen Sender und Empfänger

Managementebene: ist unterteilt in das Ebenen-Management (*plane management*) und das Schichten-Management (*layer management*). Das Ebenen-Management beinhaltet alle Funktionen, die das gesamte System betreffen. Das Schichten-Management beinhaltet die Operation, Administration and Maintenance (OAM) - Funktionen je Schicht (dazu mehr im Management-Abschnitt).

Durch die Trennung in die oben genannten drei Ebenen wird eine konzeptionelle Trennung der Funktionsbereiche möglich, welches hoffentlich irgendwann eine deutliche Vereinfachung von Managementwerkzeugen etc. ermöglichen wird.

Die Zuordnung der verschiedenen ATM-Schichten in das OSI-Referenzmodell ist nur sehr begrenzt möglich. Die drei ATM-Schichten führen in etwa die Aufgaben durch, die im OSI-Referenzmodell in den untersten vier Schichten abgedeckt werden. Relativ eindeutig ist auch die Zuordnung der physikalischen Schicht. Über die andere Zuordnung können Glaubenskämpfe geführt werden.

Bedeutung für das Management:

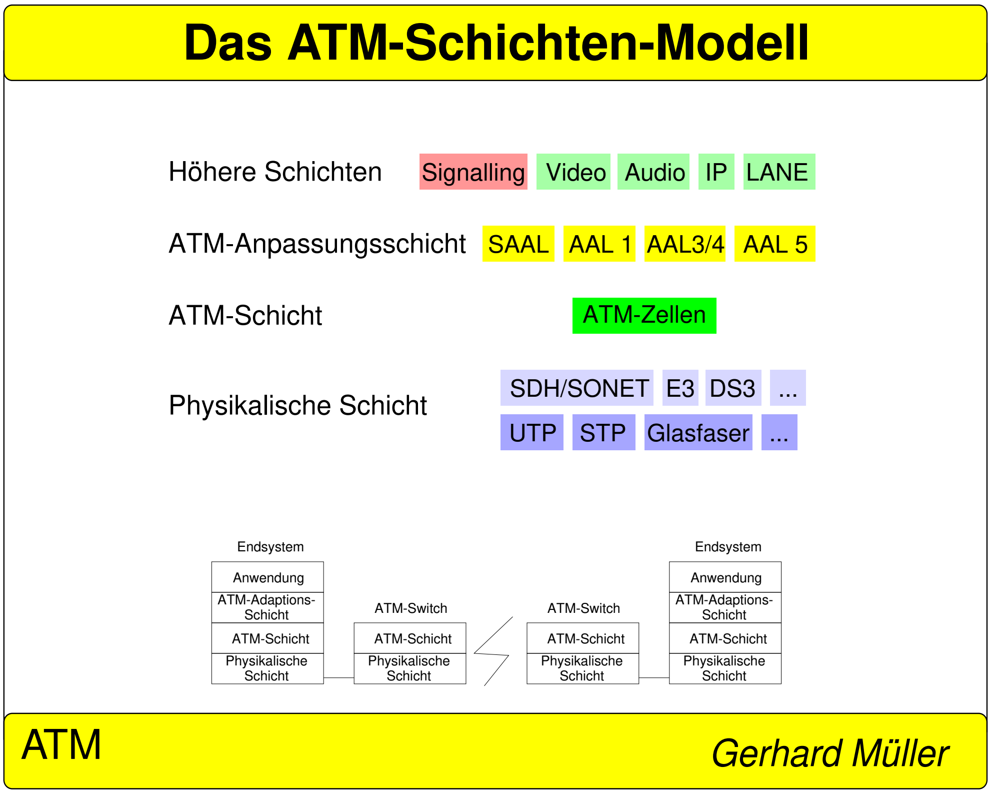
- Berücksichtigung von Management von Anfang an

- Management von ATM bisher noch nicht vollständig genormt
- Vergleich mit OSI-Schichtenmodell sehr schwer

Weitergehende Literatur:

- [SHK^{+}97, Seite 19ff]
- [HvdL97, Seite 60ff]

2.2.2 Das ATM-Schichtenmodell

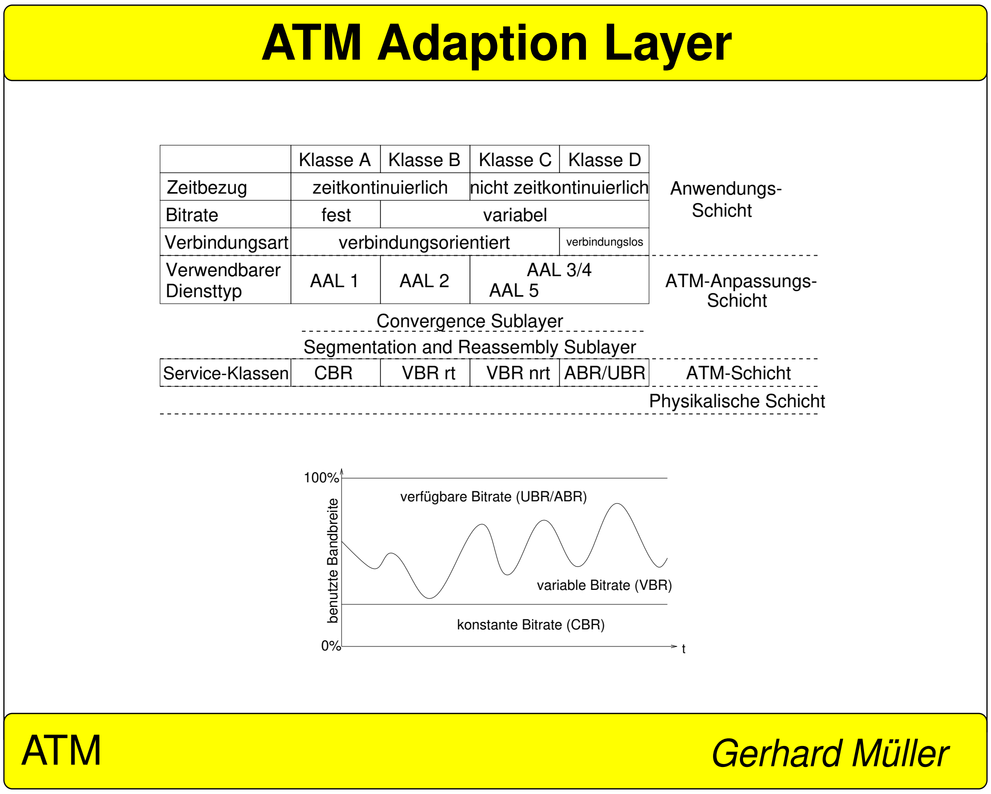


Folie 13: Das ATM-Schichtenmodell

Bedeutung für das Management:

- Segmentation und Reassembly im Endsystem ist relativ aufwendig

2.2.3 ATM-Adaptionsschicht und ATM-Dienstklassen



Folie 14: ATM-Adaptionsschicht und ATM-Diensteklassen

Die Aufgabe der Adaptionsschicht ist, wie schon oben erwähnt, die Segmentierung der Daten der höheren Schichten in ATM-Zellen sowie deren Reassemblierung, wobei gegebenenfalls zeitliche und andere Anpassungen vorzunehmen sind.

Bei der Definition von Diensteklassen wird sehr deutlich, daß mehrere Organisationen an der Standardisierung von ATM beteiligt sind. So unterscheidet die ITU-T auf der Anwendungsebene vier verschiedene Diensteklassen, Klasse A bis Klasse D, während das ATM-Forum für die ATM-Schicht zwischen folgenden vier Serviceklassen unterscheidet:

constant bit rate CBR: Es wird die notwendige Bitrate angegeben, Durchsatz, Verzögerung und Verzögerungsvarianz werden garantiert

variable bit rate VBR: Durchschnittliche und maximale Rate werden angegeben. Wird unterteilt zwischen

real time VBR rt-VBR: Maximale Verzögerung und Verzögerungsvarianz werden garantiert

non realtime VBR nrt-VBR: keine Garantien

available bit rate ABR: Das Netzwerk stellt maximalen Durchsatz bei minimalen Zellverlustraten zur Verfügung, erreicht durch Flußkontrolle.

unspecified bit rate UBR: Es wird gesendet, was zum Senden ansteht. Keine Flußkontrolle, keine Garantien, Zellen können ohne Vorwarnung verworfen werden.

unterscheidet.

Die Dienstklassen A bis D im Überblick:

Klasse A: für zeitkontinuierliche verbindungsorientierte Übertragungsvorgänge mit konstanter Bitrate

Klasse B: für zeitkontinuierliche verbindungsorientierte Übertragungsvorgänge mit variabler Bitrate

Klasse C: für nicht zeitkontinuierliche verbindungsorientierte Übertragungsvorgänge mit variabler Bitrate

Klasse D: für nicht zeitkontinuierliche verbindungslose Übertragungsvorgänge mit variabler Bitrate

Zur Abbildung dieser Dienstklassen auf Zellen stehen verschiedene ATM-Adaption-Layers (AALs) mit verschiedenen Eigenschaften zur Verfügung:

Eigenschaft	**AAL 1**	**AAL 2**	**AAL 3**	**AAL 4**	**AAL 5**
Synchronisation	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Bitrate	Konstant	Variabel	Variabel	Variabel	Variabel
Übertragungs-modus	Verbindungs-orientiert	Verbindungs-orientiert	Verbindungs-orientiert	Verbindungs-los	Verbindungs-orientiert
Steuer-Informationen pro ATM-Zelle	1 Byte	1 Byte	4 Byte	0 Byte	0 Byte
Fehlersicherung der Nutzdaten durch CRC	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Beispiel	Leitungs-emulation	kompr. Video-übertragung	Daten-übertragung	Daten-übertragung	Daten-übertragung

Aus [SHK+97, Seite 144]

Ursprünglich wurden vier verschiedene AAL-Typen durch CCITT (heute ITU) vorgeschlagen, AAL 1 bis AAL 4. Zwei der Klassen, AAL 3 und AAL 4 sind heute zusammengefaßt zu AAL 3/4. Da sich die Implementierung von AAL3/4 als sehr schwierig herausstellte, wurde ein weiterer “simple and efficient adaption layer” (SEAL), AAL 5, spezifiziert. Diese hat weniger Overhead, ist einfach zu implementieren, jedoch fehlen ihr auch einige der Möglichkeiten, die AAL

3/4 bieten, wie z.B. Zellen-Multiplexing. Desweiteren gibt es noch eine Möglichkeit, Daten, die schon das bereits benötigte Zellenformat, haben, über die “zero AAL”, AAL 0, zu versenden.

Die Spezifikation von AAL 2 ist bis heute noch nicht abgeschlossen. In der Praxis verwenden die meisten Applikationen AAL 5, jedoch nimmt die Verwendung von AAL 1 zu.

Klasse A wird durch AAL 1, Klasse B durch AAL 2 realisiert. Die Klassen C und D können sowohl durch AAL 3/4, als auch durch AAL 5 realisiert werden.

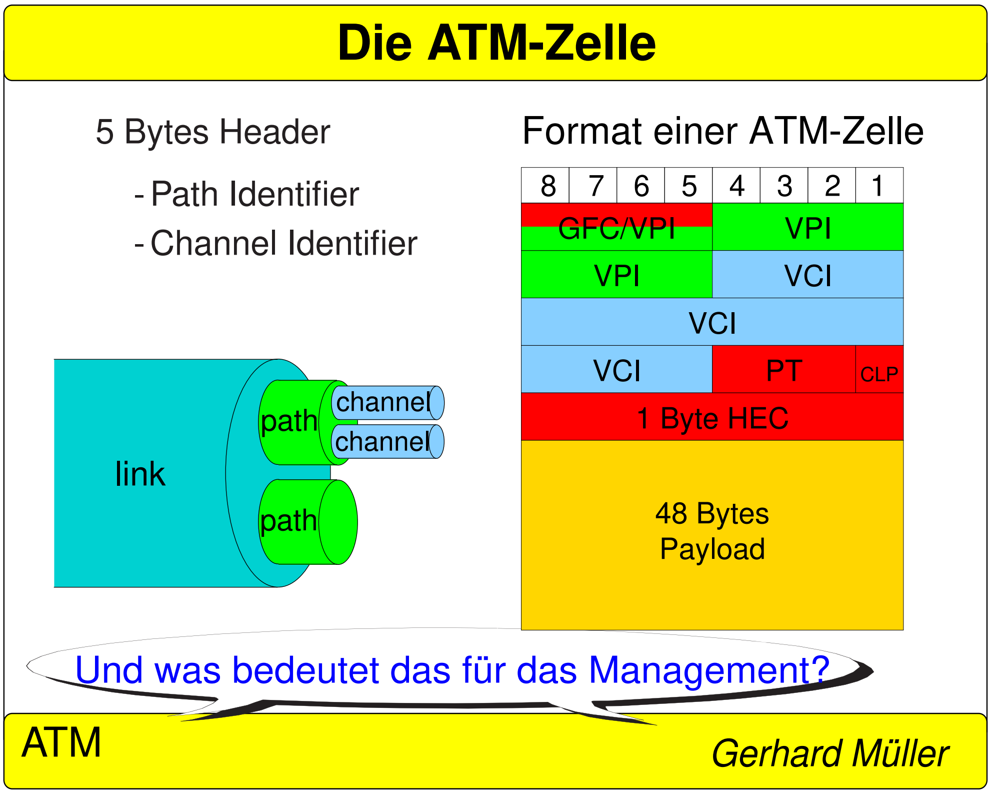
Bedeutung für das Management:

- In der Praxis wird bisher üblicherweise nur AAL 5 verwendet
- In ATM-Karten in Workstations wird üblicherweise *nur AAL 5* unterstützt
- Es gibt noch *kein standardisiertes ATM-API!*
- QoS-Parameter können bisher nur beim Verbindungsaufbau spezifiziert werden, dynamische Änderungen sind bisher nicht vorgesehen

Weitergehende Literatur:

- [WWW97c]
- [SHK+97, Seiten 144-151]

2.2.4 Die ATM-Zelle



Folie 15: Die ATM-Zelle und Virtuelle Pfade/Kanäle

Eine ATM-Zelle besteht aus zwei Teilen, einem 5 Byte langem Kopf, sowie einem 48 Byte langem Nutzdatenbereich.
Die Elemente eines Kopfes einer ATM-Zelle im einzelnen:

GFC (nur UNI) = Generic Flow Control, für Benutzer-Flußkontrolle. Bisher nicht spezifiziert

VPI = Virtual Path Identifier

VCI = Virtual Channel Identifier

PTI = Payload Type Identifier, gibt die Art der Zelle an:

- Leerzellen
- OAM Zellen
- Ressourcenverwaltung
- Benutzerzellen

CLP = Cell Loss Proiority, gibt an, welche Zellen bevorzugt weggeworfen werden können

HEC = Header Error Checksum, überprüft NUR den Zellenkopf (Fehlleitung), kann Ein-Bit-Fehler korrigieren und verschiedene Mehrbitfehler erkennen (Zelle wird dann verworfen)

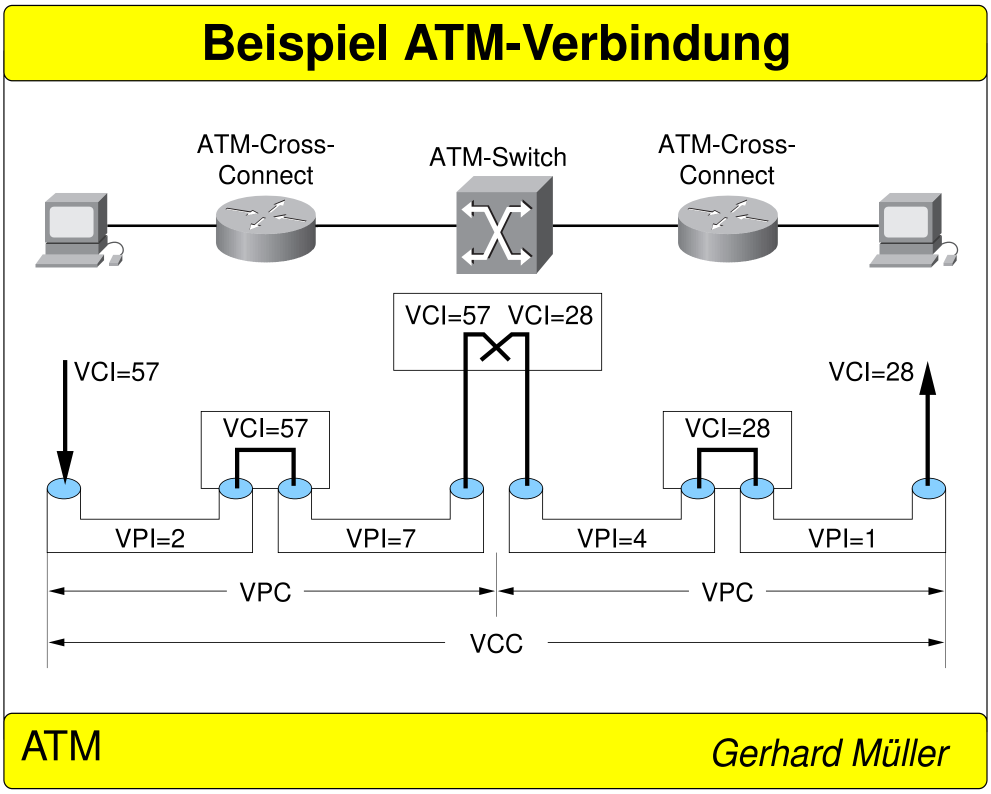
Da es nicht möglich ist, die 20 Byte langen ATM-Adressen (siehe weiter unten) in jeder Zelle zu transportieren, wurde eine andere Methode verwendet, um ATM-Zellen die Wegfindung durch ein ATM-Netz zu ermöglichen. Die Übertragung der Zellen erfolgt über "Virtuelle Kanäle" und "Virtuelle Pfade". Ein Virtueller Kanal (*Virtual Channel*, VC) wird im Rahmen der Signalisierung aufgebaut und besteht bis zum Verbindungsabbau. Jedem VC sind verschiedene QoS-Parameter zugeordnet, die beim Verbindungsaufbau ausgehandelt werden. Innerhalb eines VCs bleibt die Reihenfolge der Zellen stets erhalten.

Ein Virtueller Pfad (*Virtual Path*, VP) faßt verschiedene VCs zusammen. Damit können VCs effizient vermittelt werden, indem für gemeinsame Wegstrecken im Gesamtsystem ein VP eingerichtet wird.

Bedeutung für das Management:

- Overhead hoch
- Segmentation & Reassembly im Endgerät teuer & aufwendig
- ATM-Zellenlänge ist ungünstig, eine Zweierpotenz, wie z.B. 64 Byte, wäre besser gewesen
- Fraglich, ob feste Zellenlänge unbedingt notwendig ist

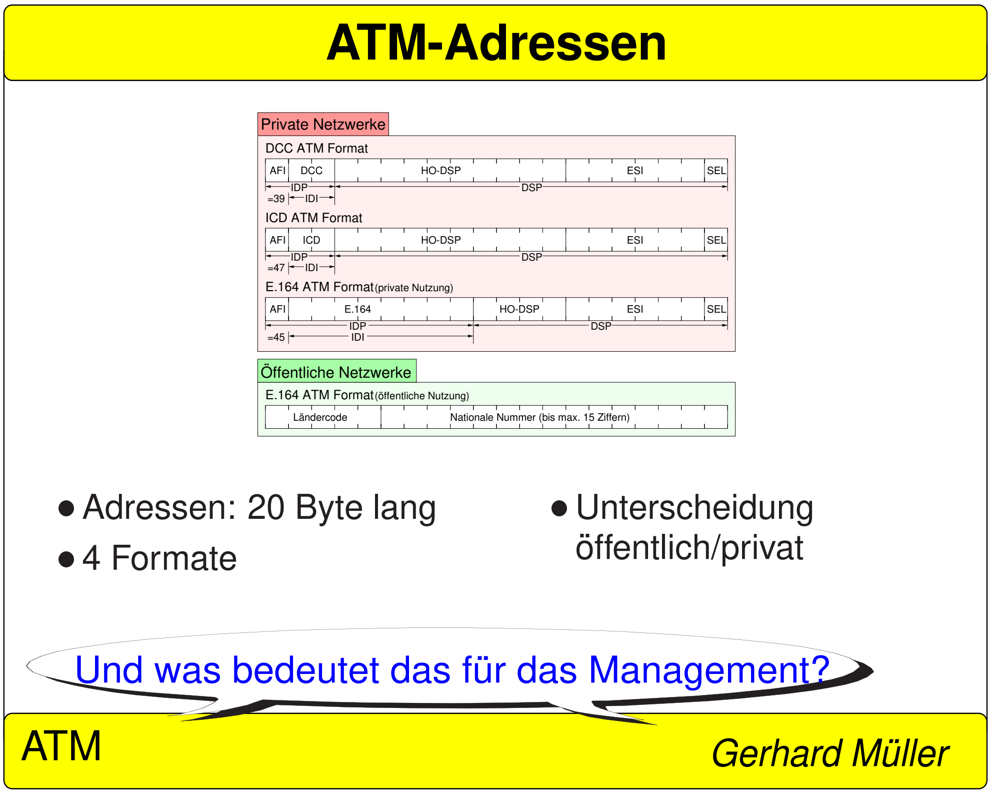
2.2.5 Beispiel einer ATM-Verbindung



Folie 16: Beispiel einer ATM-Verbindung

Anhand dieser Folie wird verdeutlicht, wie die Virtuellen Pfade und Kanäle verwendet werden.

2.2.6 ATM-Adressen



Folie 17: ATM-Adressen

ATM-Adressen sind 20 Byte lang, sie skalieren auch für sehr große Netzwerke. Die Adressierung ist hierarchisch wie im Telefonnetz, es werden Präfixe (ähnlich zu Vorwahlen) verwendet. ATM-Switche haben den vorderen Teil ihrer Adressen mit denen an sie angeschlossenen Endgeräte gemeinsam und verwalten die Endgeräteadressen in Routing-Tabellen.
Es sind vier ATM-Adreßformate spezifiziert:

- DCC ATM Format: Data Country Code gemäß ISO 3166
- ICD ATM Format: International Code Designator gemäß ISO 6523
- E.164 ATM Format: Network Service Access Point nach ITU-T E.164, ISDN-Nummer (OSI-Adressen), wobei zwischen privatem und öffentlichem Gebrauch unterschieden wird

AFI: Authority and Format Identifier, legt das Format der nachfolgenden Adresse fest

IDI: Initial Domain Identifier, bestimmt die Adreßbelegung und die administrative Autorität, also die Instanz, die über die Adreßvergabe wacht

DSP: Domain Specific Part, enthält die Routing-Information. Ist aus zwei Teilen zusammengesetzt, dem HO-DSP und dem Low Order Part. Der Low Order Part ist aus dem End System Identifier und dem Selector (SEL) zusammengesetzt

ESI: 48-Bit MAC-Adresse, die zur eindeutigen Kennzeichnung des Endsystems dient (vgl. Ethernet-MAC-Adresse)

HO-DSP: High Order DSP

IDP: Initial Domain Part

SEL: Selection Byte, nicht benutzt

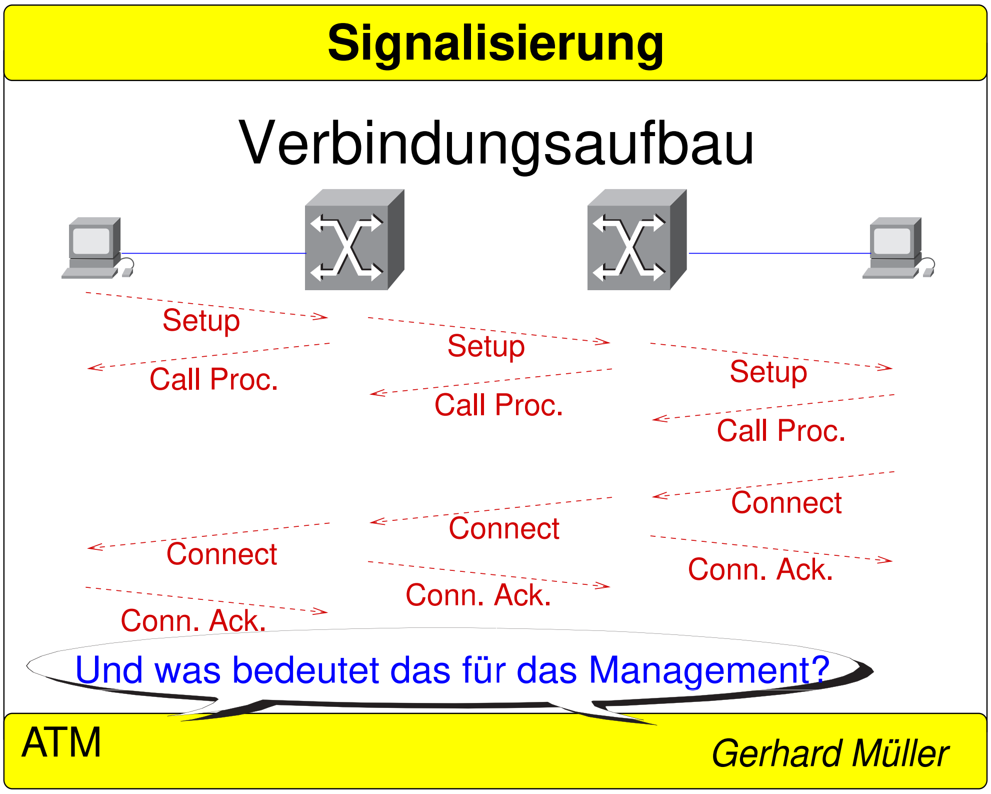
Bedeutung für das Management:

- Kein gemeinsamer Adreßraum
- Sehr großer, hierarchischer Adreßraum
- Adressen zu lang, um sie in jede Zelle transportieren zu können
- ISDN-Nummern sind geographisch hierarchisch, nicht gut für mehrere Provider

Weitergehende Literatur:

- [SHK+97, Seite 151f],
- [HvdL97, Seiten 110-113],
- [CGC91] (ergänzendes Tutorial zur Adressenvergabe),

2.2.7 Signalisierung



Folie 18: Der ATM-Verbindungsaufbau

Da ATM ein verbindungsorientierter Dienst ist, muß vor dem eigentlichen Datenverkehr eine Verbindung auf- und danach wieder abgebaut werden. Dies geschieht durch Signalisierung. Die Signalisierung geschieht nicht nur zwischen den Endgeräten, wie es z.B. bei IP der Fall ist, sondern zwischen dem Netz und dem Anwender. Die Basis für die Signalisierung bilden Signalisierungskanäle, die mittels der Protokolle der sogenannten "Meta-Signalisierung" aufgebaut und über die Signalisierungs-AAL (SAAL) realisiert werden. Hierzu werden vordefinierte VP/VC-Kombinationen genutzt.

PVCs und SVCs

Verbindungen (Virtual Channels) zwischen zwei Endgeräten können entweder über Managementmöglichkeiten fest geschaltet werden (Permanent Virtual Channel, PVC), oder dynamisch bei Bedarf (Switched Virtual Channel, SVC).

ATM unterstützt zwei Verbindungsarten:

- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen: Verbindungen diesen Types können unidirektional oder bidirektional sein

- Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen: Verbindungen dieses Types können nur unidirektional sein

Wünschenswert wären weiterhin Mehrpunkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen, z.B. für Broadcasts. Diese werden von AAL 5, dem am häufigsten verwendeten AAL, nicht unterstützt, da Empfänger von Zellen nicht feststellen können, von welcher Quelle die Zellen gesendet worden sind, wenn mehrere Sender gleichzeitig senden; und damit ist kein funktionierendes Zusammensetzen in Frames möglich. Ein möglicher Ansatz, dieses Problem zu lösen, ist die Benutzung eines Multicast-Servers. Jede Station baut eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zum Multicast-Server auf, der mittels einer Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung zu allen Teilnehmern die von den einzelnen Stationen gesendeten Daten serialisiert und an alle Teilnehmer versendet. Gut unterstützt kann bei diesem Vorgehen das dynamische Hinzufügen und Löschen von Teilnehmern.

Ein ganz wesentlicher Vorteil bei der ATM-Signalisierung ist, daß bei dem Verbindungsaufbau die gewünschten QoS-Eigenschaften der Verbindung angegeben werden können, der sogenannte "Traffic Contract". Dieser kann sowohl qualitative als auch quantitative Angaben enthalten. Der Traffic Contract besteht aus

- der gewählen QoS-Klasse,
- den Dienstgüteparametern, sowie den
- Verkehrsparametern.

Das Netz garantiert dabei die gewählte Dienstgüte, und der Benutzer die Einhaltung der Verkehrsparameter.
Die QoS-Klasse sind die Serviceklassen, die durch das ATM-Forum spezifizert sind. Bei den Dienstgüte-Parametern können folgende Angaben spezifiziert werden:

- *Cell Delay Variation, CDV*, die Schwankung der Zeit zwischen dem Eintreffen zweier Zellen, die zu einer Verbindung gehören
- *Maximum Cell Transfer Delay, Max CTD*, die maximale Übertragungsverzögerung
- *Mean Cell Transfer Delay, Mean CTD*, die mittlere Übertragungsverzögerung, sowie
- *Cell Loss Ration, CLR*, das Verhältnis der verlorenen Zellen zur Gesamtheit aller übertragenen Zellen.

Bei den Verkehrsparamtern müssen vom Benutzer folgende ausgehandelte Werte, die eine Vorhersage über seinen geplanten Datenverkehr zulassen, beachtet werden:

- *Peak Cell Rate, PCR*, die maximale Datenrate, mit der Zellen versendet werden,
- *Sustainable Cell Rate, SCR*, die Rate, die das Netz bei VBR bereitstellen muß,

- *Burst Tolerance, BT*, die bei VBR angibt, wie die SCR kurzfristig überschritten werden kann, ohne daß gleich Zellverluste drohen, sowie
- *Minumum Cell Rate, MCR*, welche für ABR-Verbindungen die minimale Zellenrate definiert, die auch 0 sein kann.

Diese Werte werden dann durch das Traffic Management überwacht.

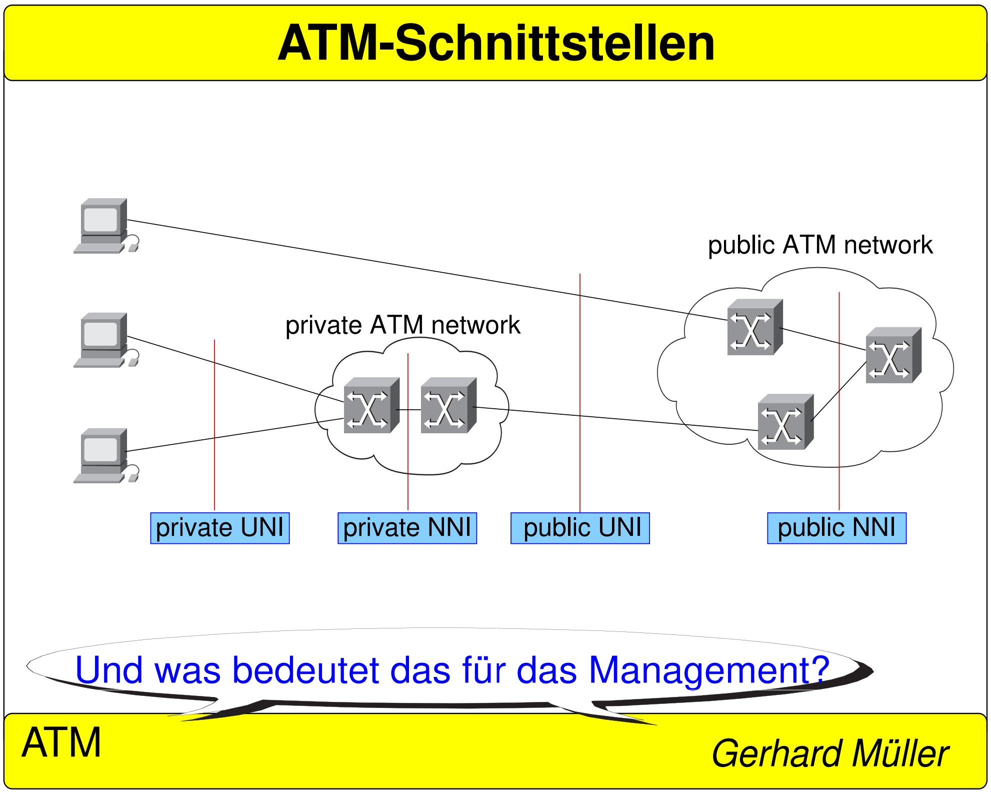
Bedeutung für das Management:

- QoS wird vom Netz unterstützt
- Verbindungsdaten werden verteilt gehalten, extrem komplexe verteilte Anwendung, was tun bei Ausfall einzelner Komponenten?

Weitergehende Literatur:

- [SHK+97, Seite 152f]

2.2.8 ATM-Schnittstellen



Folie 19: private UNI/private NNI/public UNI/public NNI

ATM definiert mehrere Schnittstellen, die den Austausch von Signalisierungsinformationen zwischen Geräten bzw. Netzen regeln: *User-to-Network Interface* (UNI) definiert die Interaktion zwischen "dem Netz" und dem Anwender, während *Network-to-Network Interface* (NNI), manchmal auch *Network-to-Node Interface* genannt, Interoperabilitätsmechanismen zwischen verschiedenen Switches zur Verfügung stellt.

Folgende Standards exisitieren:

P-NNI: *Private Network-to-Network Interface*, aktuell ist die Version 1, definiert, wie verschiedene Switches in privaten Netzen miteinander kommunizieren.

UNI: *User-to-Network Interface*, wird unterschieden in private UNI und public UNI, regelt den Zugang von Endstationen zu ATM-Netzen.

B-ICI: *B-ISDN Inter Carrier Interface*, Schnittstelle zwischen öffentlichen ATM-Netzen, regelt Dienstspezifikationen oberhalb von ATM, wie z.B. Abrechnungsfragen. Bisher werden nur PVCs unterstützt.

2.2.8.1 Private Network-to-Network-Interface (P-NNI)

PNNI ist ein Routing-Protokoll, welches es erlaubt, die ATM-Switche verschiedener Hersteller in einem gemeinsamen Netz zu benutzen. PNNI verteilt automatisch und dynamisch Routing-Informationen (ähnlich OSPF) und erlaubt jedem Switch, einen Weg zu jedem anderen Switch zu finden.
Die Kenndaten von PNNI Phase 1 im Überblick:

- verabschiedet im Juli 96, erste Implementierungen gerade verfügbar
- unterstützt
  - Routing-Hierarchien; auch für sehr große Netze geeignet
  - Quality of Service (QoS)-basiertes Routing
- basiert auf Source-Routing, integrierter "Crankback"-Mechanismus
- definiert 2 Protokolle
  - Signalisierungsprotokoll
  - Protokoll zur Verteilung von Topologie-Informationen

2.2.8.2 User-to-Network Interface (UNI)

Das User-to-Network Interface regelt den Zugang von Endgeräten zu ATM-Netzen. Das verwendete von der ITU spezifizierte Signalisierungsverfahren Q.2931 geht auf die Signalisierung in der Schmalband-ISDN-Umgebung zurück. Die Standardisierung ist mit UNI 4.0 vom ATM-Forum weitgehend abgeschlossen.

Bedeutung für das Management:

- Ist die Trennung von UNI und NNI wirklich sinnvoll? Zwei Protokolle statt einem...

Weitergehende Literatur:

- UNI: [Hel97, Kapitel 5.1, Seite 97–113]
- P-NNI: [Hel97, Kapitel 5.2, Seite 113–123]

2.2.9 Integration mit bestehenden Netzen

2.2.9.1 Überblick

Schon früh hat man bei der Entwicklung von ATM erkannt, daß zumindest für eine Übergangszeit die Koexistenz verschiedener anderer Protokolle wie z.B. IP oder IPX mit ATM notwendig ist. Im Zeitalter des Internets ist die Vision von einer reinen ATM-Welt nicht mehr wahrscheinlich.

Zwei besondere Probleme müssen bei der Übertragung anderer Protokolle über ATM gelöst werden:

- ATM ist verbindungsorientiert, jedoch so ziemlich alle Protokolle aus der Datenübertragungswelt verbindungslos. Die Umsetzung ist recht aufwendig
- Die Einbettung von ATM-Adressen in bestehende Protokollarchitekturen

Ursprünglich gab es zwei Ansätze, um ATM in bestehende Protokollarchitekturen einzubinden (bezüglich der Adressen und des Routings):

- das *Peer model*, bei der IP- (IPX, etc.) Adressierungs- und Routing-Modelle benutzt werden. Es arbeiten also die Netzwerkschicht (z.B. IP) mit der ATM-Signalisierung zusammen.
- das *Overlay model*, welches ATM von existierenden Protokollarchitekturen entkoppelt. Für höhere Protokolle wie IP sieht ATM dann aus wie eine übliche Layer-2-Verbindung.

Das ATM-Forum wählte das *Overlay model*. Die Wahl des Overlay Modells ist nicht unumstritten, da es neben dem Vorteil der Protokollunabhängigkeit erhebliche Nachteile besitzt:

- eventuell nicht optimales End-zu-End-Routing
- benötigt eigene Adreß-Struktur
- benötigt eigenes Routing-Protokoll
- alle ATM-Endsysteme benötigen sowohl ATM-Adresse als auch eine Adresse für die höheren Protokolle, wie z.B. eine IP-Adresse
- daher benötigen alle Protokolle, die über ATM benutzt werden sollen, eine Adreßauflösung von z.B. IP-Adressen auf ATM-Adressen, was ein nicht unerheblicher zusätzlicher Aufwand ist.

Andere Vorteile neben der Protollunabhängigkeit des Overlay Models sind die deutlich geringere Komplexität von ATM-Switchen im Vergleich zum Peer Model sowie die leichtere Weiterentwicklungsmöglichkeit von allen Protokollen, da sie weniger miteinander verknüpft sind.

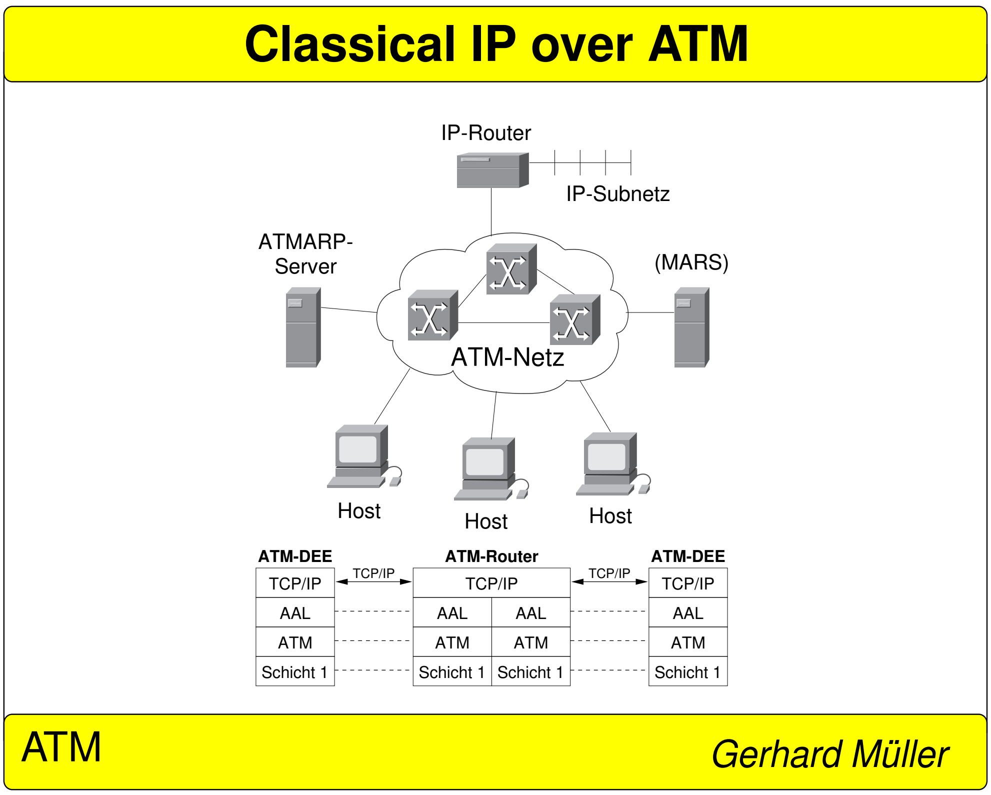
Derzeit gibt es vier verschiedene Ansätze zur Übermittlung von existierenden Protokollen über ATM:

- Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaption Layer 5
- Classical IP over ATM
- LAN Emulation (LANE)
- Multiprotocol over ATM (MPoA)

Genauer betrachtet werden nun Classical IP over ATM und LAN Emulation, da diese den höchsten Verbreitungsgrad haben. Die MPoA-Spezifikation wurde gerade erst verabschiedet, deswegen wird diese im Ausblick behandelt, falls genügend Zeit vorhanden ist.
Weitergehende Literatur:

- [Hei93] (RFC 1483: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaption Layer 5)

2.2.9.2 CLIP – Classical IP over ATM



Folie 20: Classical IP over ATM Protokollstack

Classical IP ist ein Standard der IETF, um IP über ATM benutzen zu können. Zur Übertragung wird AAL 5 verwendet.

Damit IP in ATM-Netzen betrieben werden kann, ist eine Abbildung von IP-Adressen auf ATM-Adressen nötig. Hierzu wird eine Gruppe von Rechnern (IP-Knoten, LIS-Clients) zu einem *logical IP subnet* (LIS) zusammengefaßt, wobei ein ATMARP-Server für die Adreßumsetzung zuständig ist. Innerhalb eines LIS werden zwischen den Endgeräten bei Bedarf VCs aufgebaut, falls nicht schon PVCs vorkonfiguriert sind.
Die Classical-IP-Eckwerte:

- definiert durch IETF, RFC 1577
- ARP Server bildet IP-Adressen auf ATM-Adressen ab (und umgekehrt) (ein ARP-Server pro LIS)
- kein MAC-Overhead
- IP-Pakete werden defaultmäßig über LLC/SNAP-Encapsulation über ATM verschickt
- spezielle Lösung, nur für IP geeignet, dadurch sehr effizient
- einfache Implementierung
- keine IP Broad-/Multicast-Unterstützung (Erweiterung über *Multicast Adress Resolution Server*, MARS, angedacht)
- Zwischen zwei IP-Partnern innerhalb eines LIS wird immer ein direkter VC aufgebaut
- realisiert durch Software auf ATM-Endsystemen

Die Eckwerte der Classical IP Adreßumsetzung:

- Ein ARP Server pro LIS
- ATM-Adresse des ARP Servers ist jedem Rechner bekannt
- Jeder Rechner registriert am ATMARP Server seine IP-Adresse, sowie seine ATM-Adresse
- Ein ARP Request des TCP/IP Protokollstacks wird auf einen ATM-ARP Request an den ARP Server “gemapped”
- Der ARP Server übermittelt Zuordnung IP / ATM Adresse, somit kann ein direkter SVC zwischen den beteiligten Stationen aufgebaut werden

Bedeutung für das Management:

- gleiche MTU für alle VCs
- Starker Verbrauch an VCs (meist SVCs) für Kommunikation zweier Rechner innerhalb eines LIS

- Zum Teil hohe Setup-Zeiten für SVCs. Lösung: Connectionless-Server
- Gute Integrationsmöglichkeiten für alle über IP betriebene Netze, Subnetze nicht auf eine Technologie beschränkt
- Im Gegensatz zu LANE (s.u.) werden die Vorteile von ATM nicht völlig verdeckt.
- Sehr effizient
- Alle Ressourcen außerhalb eines LIS sind nur über IP-Router zu erreichen, was eventuell zu unnötigen Performance-Einbußen führt. Lösung: Next Hop Resolution Protocol (in der Entwicklung)
- Ein LIS verfügt nur über einen ATMARP-Server, Ausfall führt zu einem Ausfall des gesamten LIS (*single point of failure!*)
- Kaum Sicherheitsmechanismen

Weitergehende Literatur:

- [SHK$^+$97, Seiten 27f,182-186]
- [HvdL97, Seiten 188-207]
- [Lau94] (RFC 1577: Classical IP and ARP over ATM)
- [Atk94] (RFC 1626: Default IP MTU for use over ATM AAL5)

2.2.9.3 TCP über ATM

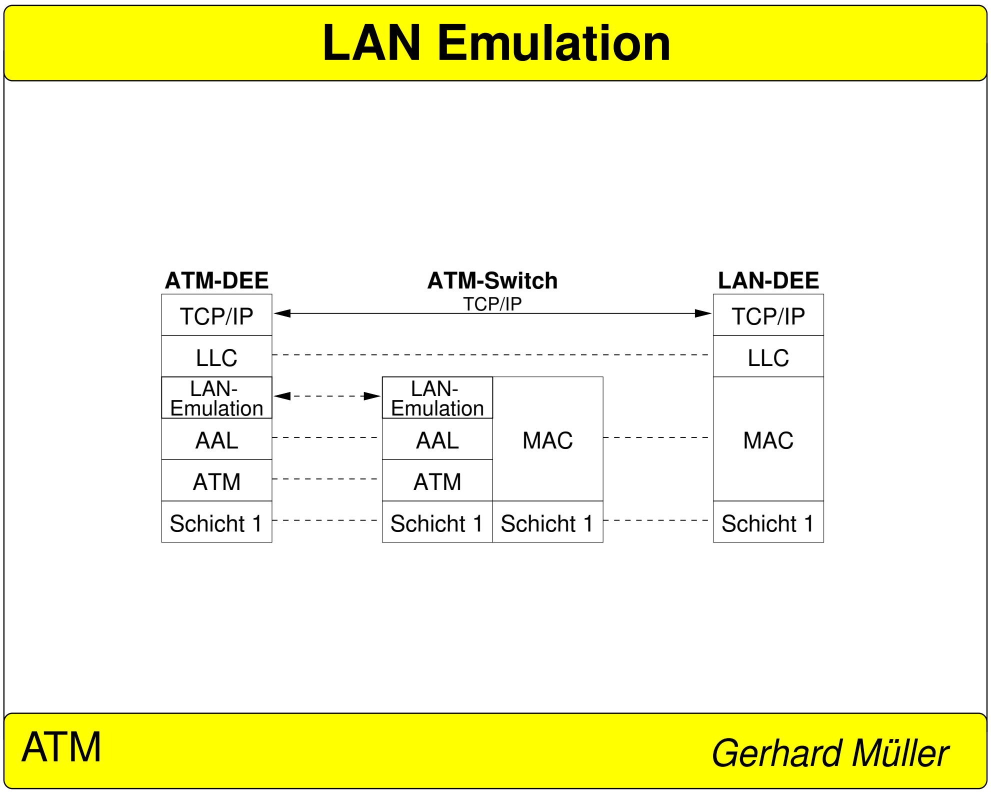
Bei der Benutzung von TCP über ATM müssen die TCP-Parameter deutlich ändern, um vernünftige Durchsatzraten zu erhalten. Die Probleme sind:

- Die Puffergrößen müssen deutlich vergrößert werden
- Das verwerfen einzelner ATM-Zellen führt zum Unbrauchbarwerden ganzer TCP-Frames

Insgesamt kann gesagt werden, daß es nicht einfach ist, die TCP-Parameter für ATM-Netze gut zu konfigurieren.
Weitergehende Literatur:

- [Det97]
- [BZ97]

2.2.9.4 LANE – LAN Emulation

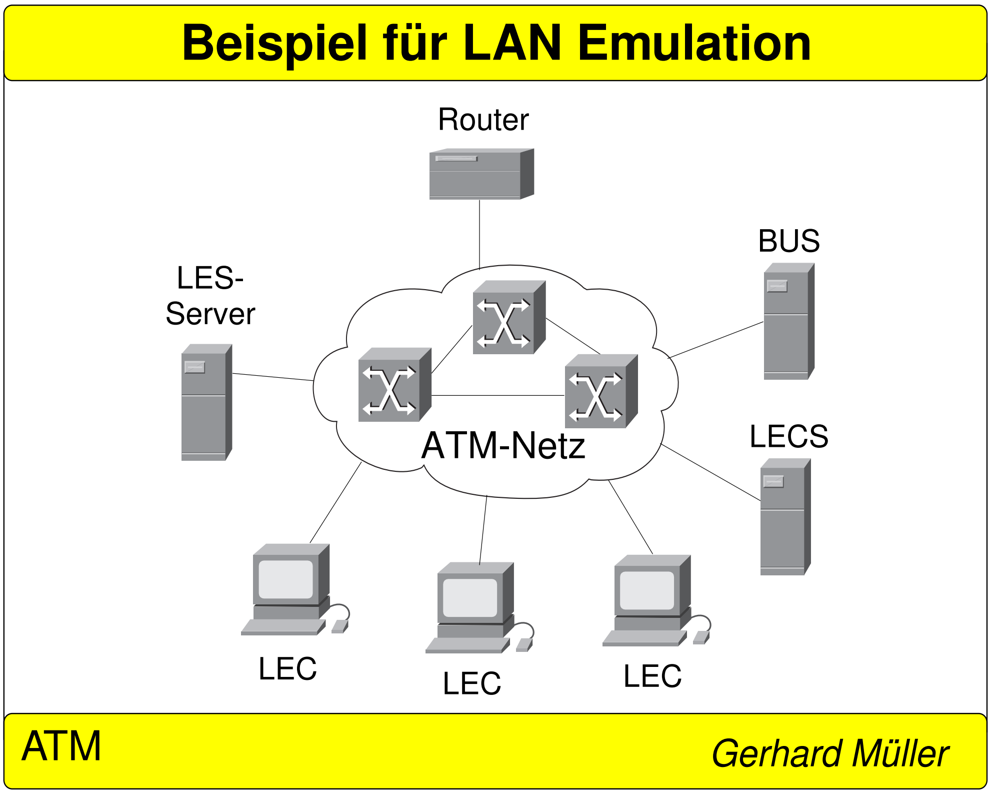


Folie 21: LAN Emulation Protokollstack

Das Verfahren des ATM Forums zum Benutzen von anderen Protokollen über ATM ist *LAN Emulation*, wobei die Eigenschaften eines konventionellen, verbindungslosen LANs auf MAC-Ebene nachgebildet werden. Die Eigenschaften des ATM-Netzes werden vollständig verdeckt, die Nutzung der Vorteile von ATM wie QoS können nicht genutzt werden.

Die Eckwerte von LAN Emulation sind folgende:

- allgemeine Lösung für verschiedene Protokolle
- Verbindungen zum LANE-Server, BUS-Server
- IP Broad/Multicast möglich (BUS)
- Ermöglicht “virtuelle LANs”



Folie 22: Beispiel LAN Emulation

- bietet MAC-Layer-Funktionalität wie in Legacy LANs
  - realisiert durch Software auf den ATM-Endsystemen
- Ein LANE Besteht aus folgenden Komponenten:
  - *LAN Emulation Client* (LEC): Eine Endstation eines emulierten LANs, ein LEC kann Mitglied mehrerer ELANs sein
  - *LAN Emulation Server* (LES): Verrichtet Kontrollfunktionen eines ELANs, Zuordnung LEC-MAC zu LEC-ATM Adresse
  - *LAN Emulation Configuration Server* (LECS): Verwaltet die Konfigurationsdateien, ordnet ELAN zu LES (LES zu ATM-Adresse) zu, wird nur während der Initialisierungsphase benötigt
  - *Broadcast and Unknown Server* (BUS): Flutet Daten mit unbekannten Ziel-MAC-Adressen (z.B. Broadcasts)

Gerade verabschiedet wurde der Standard LANE 2.0 (Erweiterung gegenüber 1.0: vor allem redundante Server), der jedoch erst allmählich in Produkte umgesetzt wird.

Bedeutung für das Management:

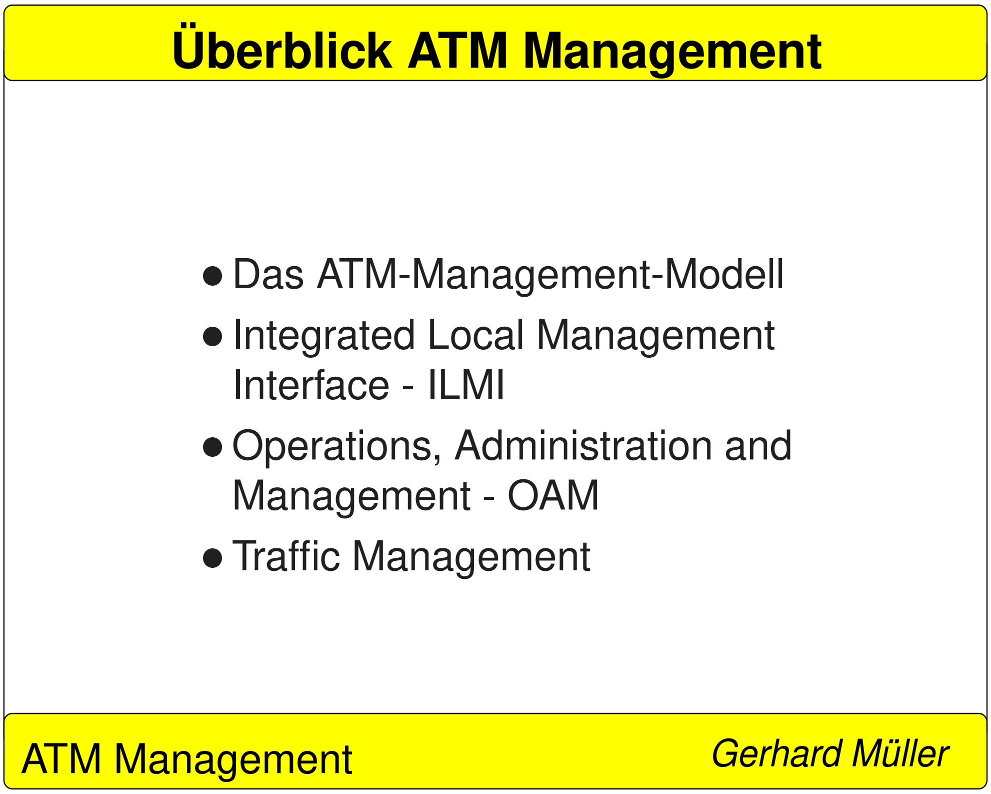
- Alle Ebene-3-Protokolle werden unterstützt
- Zur Verbindung von ELANs sind Router nötig
- Performance-Einbußen gegenüber Classical IP
- Keine ATM-Vorteile sichtbar
- Keine effiziente Unterstützung von Multicasts
- Server (LES, LECS) sind *single points of failure*
- Skalierbarkeit begrenzt durch einen Server
- Begrenzung eines ELANs auf einen Medientyp (Ethernet oder Token Ring)

Weitergehende Literatur:

- [SHK$^+$97, Seiten 186-192]
- [HvdL97, Seiten 180-188]
- [MS97]
- [MJ96]

2.3 Management

2.3.1 Überblick



Folie 23: Überblick über das ATM-Management

Eine der wesentlichsten Grundlagen für das Betreiben von Netzen ist funktionierendes Netzwerkmanagement.

ATM hat dabei mit besonderen Problemen zu kämpfen:

1. ATM ist eine Technik, die von sich in Anspruch nimmt, sowohl den WAN-Bereich mit seinem statischen Management abzudecken, als auch den LAN-Bereich mit seinem sehr dynamischen Management.

2. Die Standardisierung, auch im Management-Bereich, geht zum Teil nur zögerlich voran, doch heutige Probleme wollen auch gelöst sein

3. Durch die Verbindungsorientierung von ATM wird die bisher aus der LAN-Welt gewohnte Überwachung eines Netzes deutlich komplizierter, spezielle Mechanismen mußten entwickelt werden um dieses Problem zu lösen.

4. ATM ist die erste Netztechnologie, die QoS-Parameter in großem Umfang unterstützt. Diesem muß besondere Rechnung getragen werden.

Diese Problemfelder geben schon die Gliederung für die folgenden Abschnitte vor.

Das Management von ATM-Netzen steht noch sehr am Anfang, und dies, obwohl das Management von Anfang an bei der Entwicklung von ATM berücksichtigt wurde. Grund ist hier die zögerliche Standardisierung durch die offiziellen Standardisierungsgremien.

Folgende Teilgebiete wollen eine Antwort auf die oben genannten Probleme geben:

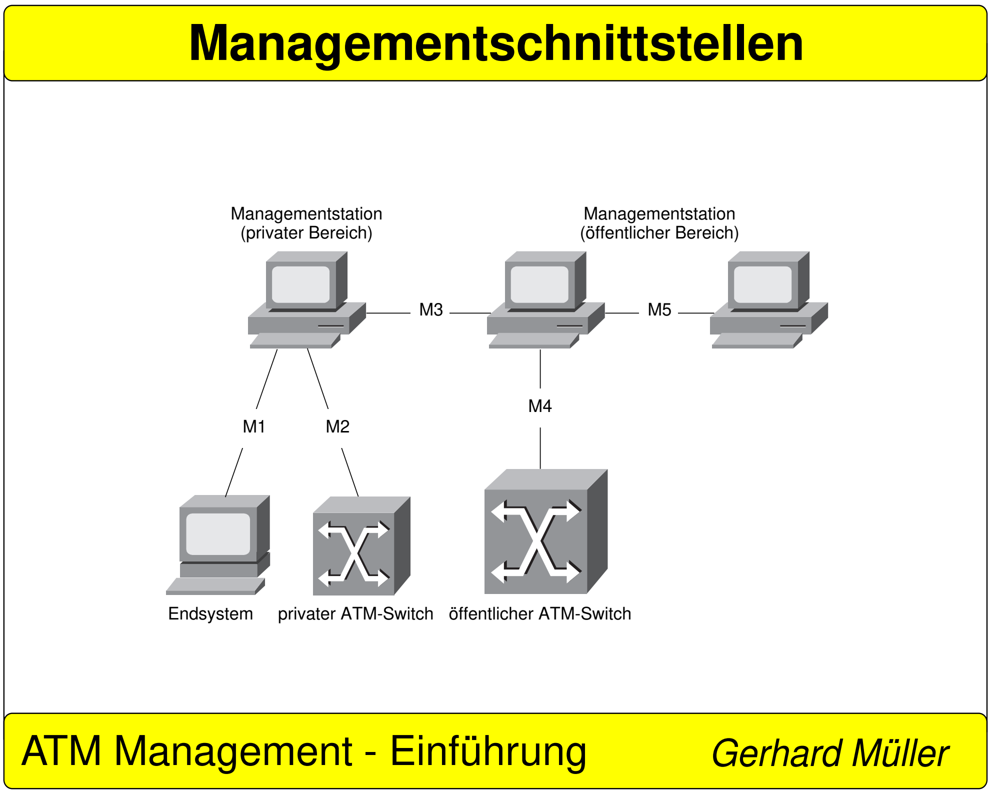
- Das ATM-Management-Modell (behandelt Punkt 1)
  bisher nur teilweise spezifiziert
- Integrated Local Management Interface - ILMI (behandelt Punkt 2)
  definiert ein Managementprotokoll, eine Programmierschnittstelle und eine Management Information Base, Grundlage ist SNMP
- Operations, Administration and Management - OAM (behandelt Punkt 3)
  für die Überwachung der physikalischen und der ATM-Schicht
- Traffic Management (behandelt Punkt 4)
  Verhinderung von und Reaktion auf Überlastsituationen

Die Teilgebiete werden nun einzeln genauer betrachtet.

Weitergehende Literatur:

- [HA93] (Einführung in das Netz- und Systemmanagement),
- [SHK+97, Seite 75],
- [AC95],
- [Rig97],
- [KKR97].

2.3.2 ATM-Managementschnittstellen



Folie 24: ATM Managementschnittstellen

Das ATM-Management-Modell ist derzeit noch in der Entwicklung. Grundlage sind im wesentlichen die Management-Schnittstellen M1 bis M5.

Unterschieden werden insbesondere der private Bereich (M1 und M2), der öffentliche Bereich von "Netzprovidern" (M4 und M5), sowie eine Schnittstelle zwischen dem privaten und öffentlichen Bereich, M3.

Die Schnittstellen im einzelnen:

M1: definiert Schnittstelle zwischen dem Netzwerkmanagementsystem des privaten Benutzers und einem ATM-Endsystem; bisher noch nicht spezifiziert

M2: definiert Schnittstelle zwischen dem Netzwerkmanagementsystem des privaten Benutzers und einem ATM-Netzwerk oder einem ATM-Switch; bisher noch nicht spezifiziert

M3: Customer-Network-Management(CNM)-Schnittstelle, Schnittstelle zwischen dem Managementsystem des Kunden (im privatem Bereich, meist SNMP) und dem Managementsystem des Betreibers (öffentlichem Bereich, meist CMIP); gewährt dem Kunden Einblick in das Netz des Betreibers.

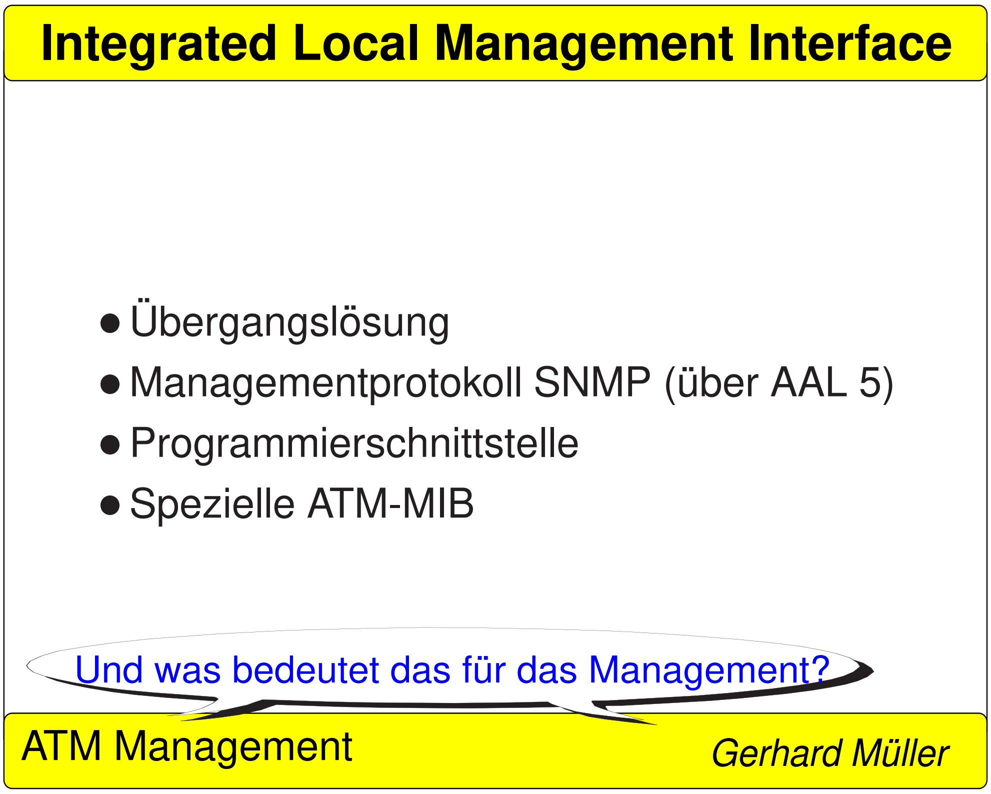
M4: definiert Schnittstelle zwischen dem Netzwerkmanagementsystem eines Betreibers und dessen ATM-Netzwerkkomponenten. Bisher werden bei M4 nur PVCs, noch keine SV-Cs, unterstützt.

M5: definiert die Schnittstelle zwischen den Managementstationen des Betreibers, also den öffentlichen Netzen; bisher noch nicht spezifiziert

Weitergehende Literatur:

- [SHK+97, Seite 79]
- [SHK+97, Seite 270ff]

2.3.3 ILMI – Integrated Local Management Interface



Folie 25: Integrated Local Management Interface

Da sich die Standardisierung des ATM-Management-Modells sich noch sehr am Anfang befindet, wurde ILMI durch das ATM-Forum standardisiert, um bereits heute die wichtigsten Managementaufgaben zu unterstützen. ILMI umfaßt folgende Bereiche:

Managementprotokoll: auf der Basis von SNMP wird ein Managementprotokoll zwischen ATM-Switchen und zwischen Endsystemen und einem ATM-Switch festgelegt. Damit ist durch den Zugriff auf ATM-Managementinformationen von Managementstationen eine Steuerung und Beobachtung möglich.

Programmierschnittstelle: ATM-Management-Anwendungen können auf der Basis eines standardisiertes API entwickelt werden.

Management Information Base: Durch die Spezifizierung einer ATM-MIB mit Status-, Konfigurations- und Kontrollinformationen können Management-Daten verwaltet werden. Bisher werden die physikalische Schicht und die ATM-Schicht unterstützt, jedoch noch nicht die AALs.

Das ILMI-Protokoll unterstützt die automatische ATM-Adreßkonfiguration von ATM-Endsystemen an ATM-Switchen:

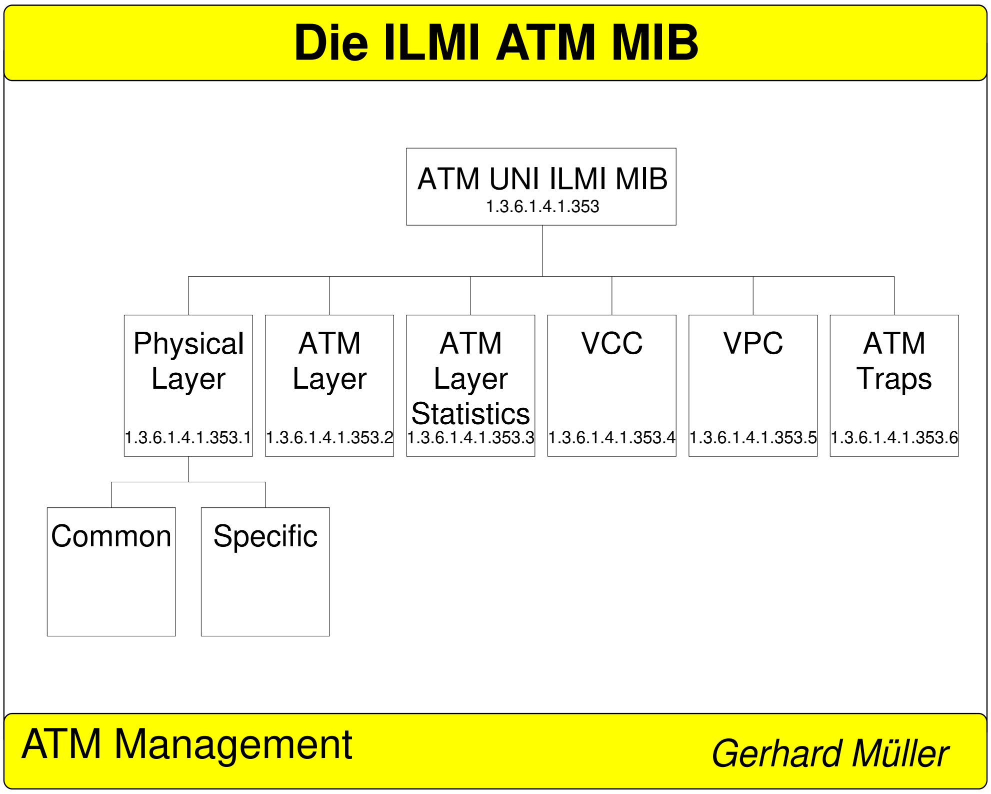
- das Endsystem sendet seine *End System ID* an den Switch, z.B. beim Neustart
- Der Switch bildet aus der eigenen Präfix-Adresse und ESI des Endsystems die ATM-Adresse des Endsystems und sendet diese zurück.

Bedeutung für das Management:

- ATM-MIB hat nur beschränkte Funktionalität (wie jede SNMP-MIB)
- Massive Sicherheitsprobleme
- Integration in bestehende Management-Plattformen relativ unproblematisch (ATM MIB entspricht der MIB-II)
- Auto-Adreßkonfiguration angenehm

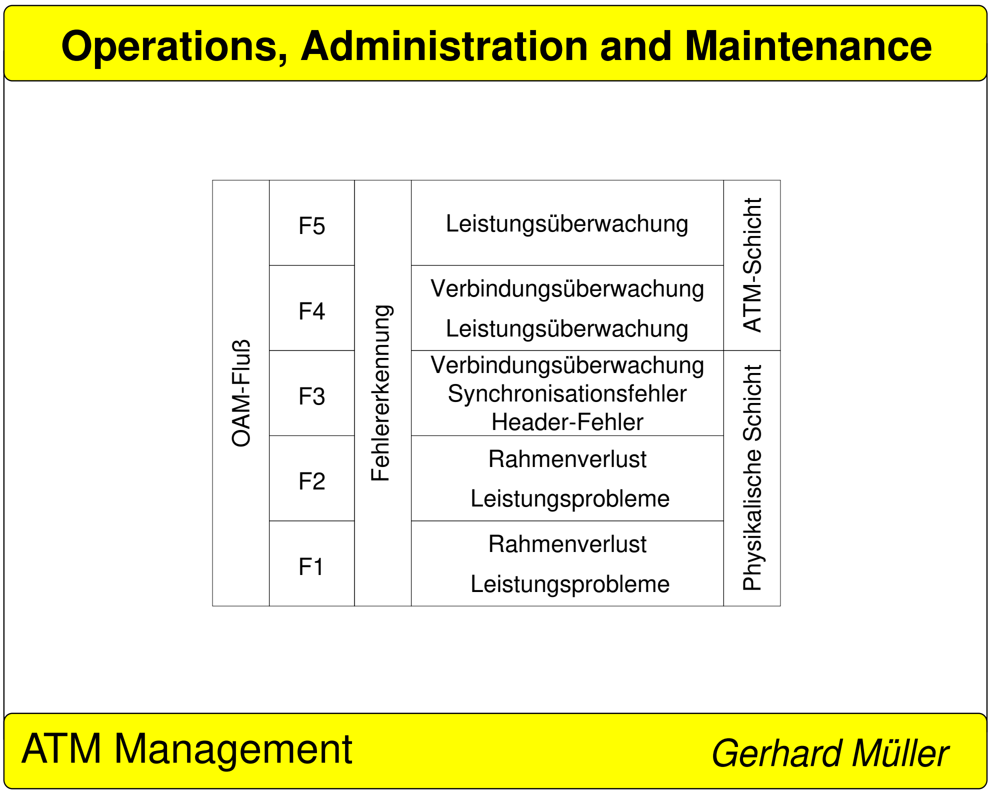
Weitergehende Literatur:

- [SHK+97, Seite 77],
- [AT94] (RFC 1695: Definitions of Managed Objects for ATM Management Version 8.0 using SMIv2)



Folie 26: ILMI ATM MIB

2.3.4 Operations, Administartion and Maintenance



Folie 27: Operations, Administration and Maintenance

Unter Operations, Administration and Maintenanace (OAM) werden verschiedene Netzwerk-Management-Funktionen zusammengefaßt, die durch dedizierte ATM-Zellen erbracht werden. Sie dienen unter anderem zur Unterstützung des Fehler- und Performace-Managements (Operations); Adressierung, Datensammlung und Benutzung von Ressourcen (Administration); sowie der Analyse, Diagnose und Reparatur von Netzwerkfehlern (Maintenance).

Das OAM Flow Referenz-Modell definiert die Aspekte einer ATM-Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Virtual Channel), die mittels spezieller OAM-Zellen beobachtet und gesteuert werden kann. Das Referenz-Modell teilt einen VC in fünf verschiedene Schichten ein, die mit F1 bis F5 bezeichnet werden. Des weiteren definiert es den Fluß von ATM-Zellen durch diese Schichten. Die Schichten F1 bis F3 gehören der physikalischen Schicht an, während die Schichten F4 und F5 der ATM-Schicht zugeordnet sind.

Die Schichten F1 bis F3 haben im wesentlichen die Aufgabe, Rahmenverluste, Leistungsprobleme, Synchronisationsfehler sowie Übertragungsfehler der Header-Informationen auf der physikalischen Schicht zu erkennen, während die Bereiche F4 und F5 der Überwachung der Verfügbarkeit und der Leistungsfähigkeit virtueller Pfade und virtueller Verbindungen dienen.

Die Schichten im einzelnen:

F1: Regeneration Section Level

F2: Digital Section Level

F3: Transmission Path Level

F4: Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit virtueller Pfade (VPs)

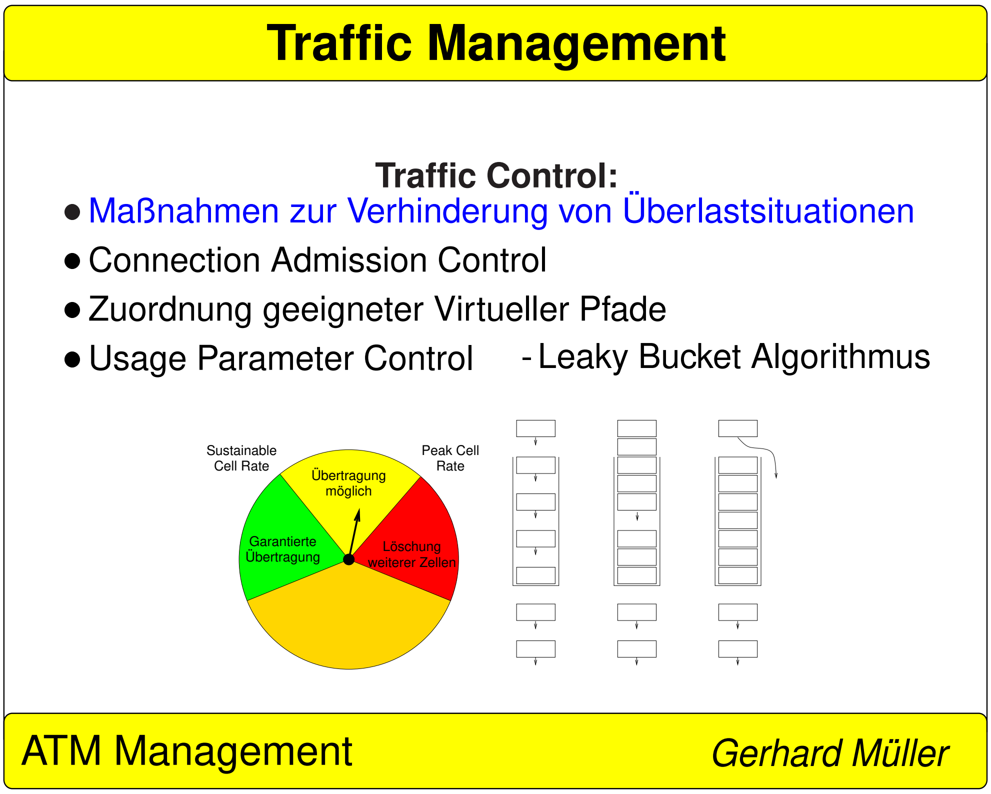
F5: Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit virtueller Verbindungen (VCs)

Mittels OAM-Zellen können sowohl Ende-zu-Ende-Überwachungen, als auch segmentbezogene Überwachungen durchgeführt werden. Der OAM-Bereich ist im wesentlichen genormt, lediglich die Reaktion auf Fehler ist zum Teil noch nicht genau spezifiziert.

Weitergehende Literatur:

- [SHK$^+$97, Seite 159f],
- [SHK$^+$97, Seite 275]

2.3.5 Traffic Management



Folie 28: Traffic Management: Traffic Control

Das Management von Bandbreiten ist einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren von ATM. Keine andere Technik bietet in diesem Bereich so viel wie ATM. ATM garantiert QoS für jeden VC (Traffic Contract). Der versprochende QoS muß sowohl vom Netz eingehalten werden, als auch die Senderaten der Benutzer auf ihre Konformität mit den Verkehrsparametern.

Eine besondere Bedeutung erhält das Bandbreitenmanagement dadurch, daß verschiedene Dienste (in Form von CBR, VBR, et.c) über ein Medium laufen. Es ist nicht immer wünschenswert, daß z.B. die gesamte verfügbare Bandbreite für Telefongespräche (CBR) verwendet wird, so daß keine E-Mails mehr verschickt werden können (ABR/UBR). Eine vernünftige Priorisierung ist nötig, die über das Netzmanagement durch z.B. Beschränkung von verbindungsorientierten Diensten auf einen gewissen Prozentsatz des Gesamtdurchsatzes geschehen kann.

Das eigentliche Traffic Management umfaßt zwei Kernbereiche, *Traffic Control*, Maßnahmen zur Verhinderung von Überlastsituationen, und *Congestion Control*, Maßnahmen, die bei einer eingetretenen Überlastsituation ergriffen werden, um diese zu beseitigen.

ATM stellt folgende Steuerungsmöglichkeiten zur Verfügung:

Traffic Management Funktionen	
Connection Admission Control (CAC)	Zugangskontrolle (Bandbreite, QOS)
Network Resource Management	Zuteilung von Datenströmen zu Pfaden
Usage Parameter Control (UPC)	Überwachung des Verkehrsvertrages
Resource Management	Verkehrsbeeinflussung gemäß Netzzustand
Traffic Shaping	Beschränkung der Burst-Länge und Zelldichte, Zellpufferung
Priority Control	Priorisierung von Zellströmen (CLP)
Selective Cell Discarding	Verwerfen ganzer Rahmen

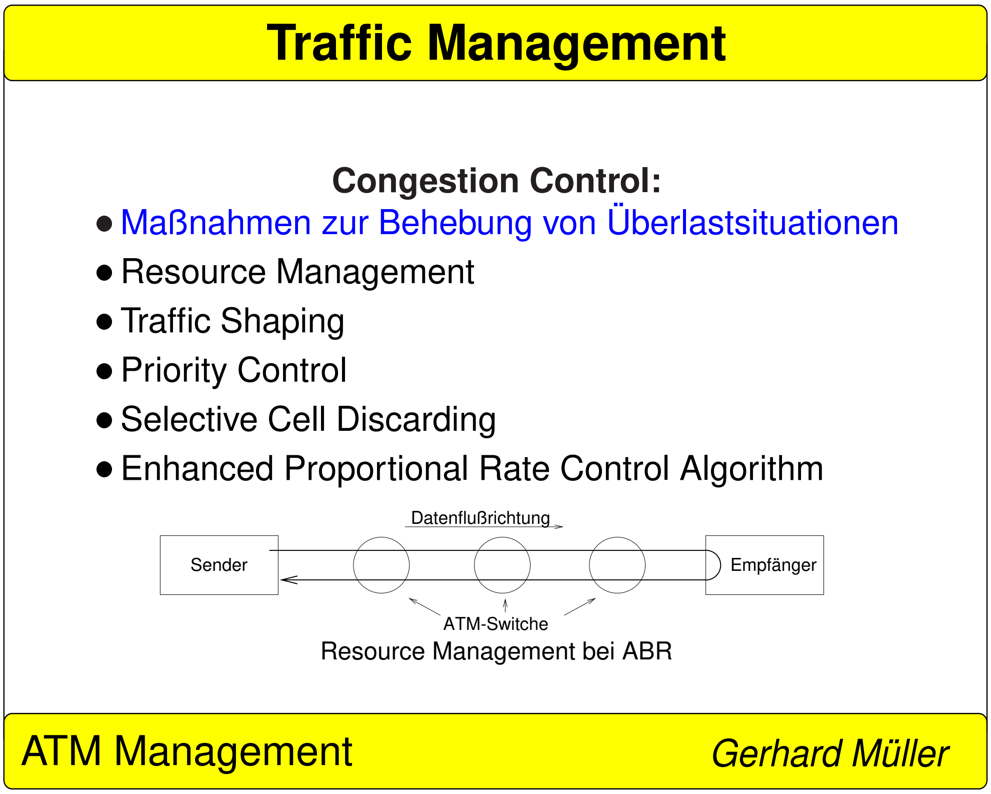
Zuerst werden die Maßnahmen zur Verhinderung einer Überlastsituation (Traffic Control) beschrieben:

Connection Admission Control: Eine neue Verbindung wird nur zugelassen, wenn die beteiligten Geräte überhaupt dazu in der Lage sind. Dazu werden die QoS-Anforderungen überprüft.

Zuordnung geeigneter Virtueller Pfade: Für den Virtuellen Kanal wird durch das Netz ein geeigneter Virtueller Pfad gesucht, der den virtuellen Kanal aufnehmen kann.

Usage Parameter Control: Anhand der ausgehandelten QoS-Parameter wird überprüft, ob ein Sender versucht, das Netz mehr als ausgehandelt zu belasten. Bei der Überschreitung maximaler Zellraten können Zellen als verwerfbar markiert werden bzw. verworfen werden. Grundlage hierfür ist der

Leaky Bucket Algorithmus: der bildlich wie folgt arbeitet: Jede konform ankommende Zelle füllt einen Eimer um einen gewissen "Wasserbetrag" auf. Der Eimer leckt mit einer gewissen konstanten Rate, so daß das Wasser, was einer Zelle entspricht, nach einer Zeit herausgeflossen ist. Wenn jede Zelle präzise zur vorgesehenen Zeit kommt, fließt sie jeweils in einen gerade leer gewordenen Eimer. Kommen jedoch mehr Zellen pro Zeiteinheit als ausgehandelt, so füllt sich der Eimer. Dies kann z.B. bei einem Zellen-Burst passieren. Da der Eimer nur eine gewisse Menge "Wasser" (zu früh eingetroffene Zellen) verkraftet, "fließt" er über (Zellen werden entweder verworfen, oder das Cell Loss Priority-Feld wird auf 1 gesetzte, d.h. die Zelle ist ein Kandidat für Verwerfung in Überlastsituationen). Bei dem Beispiel wurde davon ausgegangen, daß die Zellen in regelmäßigen Abständen ankommen. Dies entspricht selten der Wirklichkeit. Trotzdem kann der Leaky Bucket Algorithmus hier verwendet werden, wobei natürlich der "Eimer" groß genug sein muß.



Folie 29: Traffic Management: Congestion Control

Nicht für alle Verkehrsarten ist es für einen Sender überhaupt möglich, weniger zu senden. Beispielsweise ist es einem Telefonteilnehmer wohl nicht zuzumuten, auf einmal um 25% langsamer zu sprechen. Daher konzentriert sich Congestion Control in ATM-Netzwerke auf die dynamisch verändernden Übertragungsraten. Bei CBR, VBR und UBR-Verkehr wird kein dynamisches Verfahren zur Behebung von Überlastsituationen verwendet (UBR-Zellen werden bei Überlast einfach verworfen).

Folgende Verfahren ermöglichen Maßnahmen zur Behebung von Überlastsituationen:

Resource Management: Spezielle Resource-Management-Zellen werden bei ABR in den Datenstrom eingefügt. Diese RM-Zellen beinhalten einen Vorschlag des Senders über die gewünschte Senderate. Diese RM-Zellen werden in Richtung des Empfängers gesendet. Switche auf dem Weg zum Empfänger können bei Bedarf den Sendewunsch nach unten korrigieren. Der Empfänger akzeptiert entweder den eventuell modifizierten Senderatewunsch, oder korrigiert ihn ggf. nach unten und schickt ihn zurück. So kann die Senderate an das "schwächste Glied der Kette" angepaßt werden.

Traffic Shaping: Falls ein Sender zu viele Zellen senden will, können ggf. kurzzeitig Teile davon in Puffern gehalten werden (ggf. in Verbindung mit dem Leaky Bucket Algorithmus),

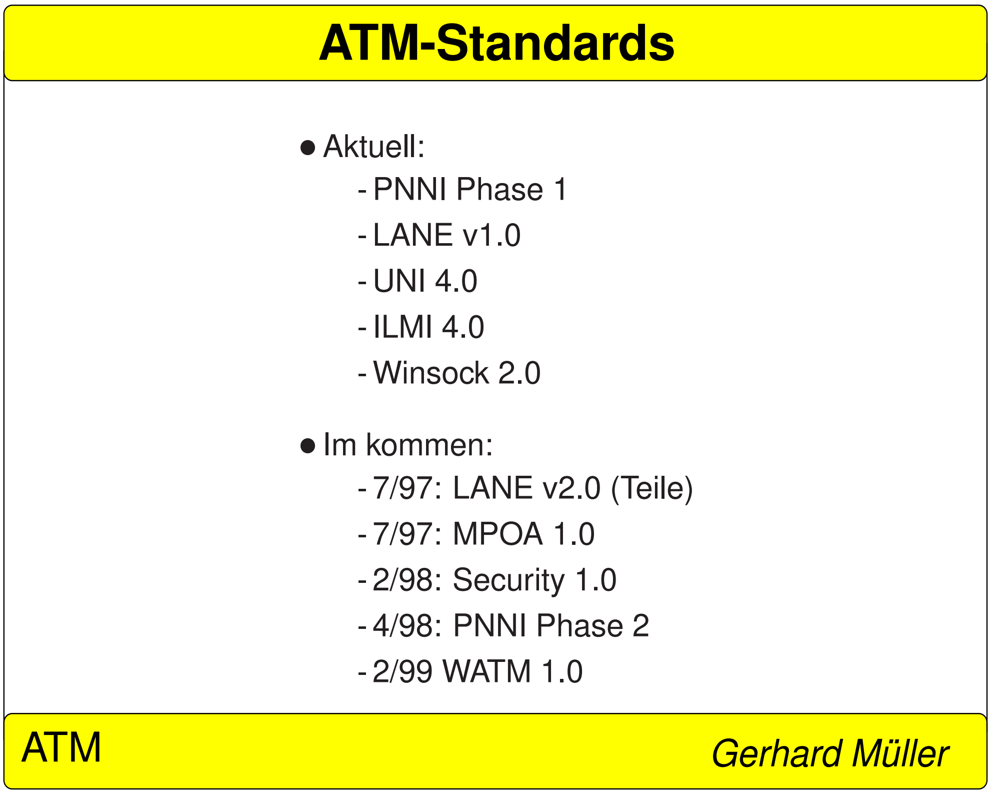
Priority Control: Nicht konforme Zellen werden ggf. mit dem CLP-Bit gekennzeichnet. In Überlastsituationen werden die so gekennzeichneten Zellen als erstes verworfen.

Frame Discard: ein Verfahren, wo an Stelle von einzelnen Zellen gleich ganze Frames verworfen bzw. erst gar nicht übertragen werden.

Weitergehende Literatur:

- [Tan96, Seite 463-467]
- [SHK$^+$97, Seite 79,154ff]
- [Hel97, 125-139]

2.4 Aktuelle Standards



Folie 30: Aktuelle Standards im ATM-Bereich

Die Entwicklung im ATM-Umfeld wird im Moment vor allem vom ATM-Forum vorangetrieben. Einige aktuelle und kommende Standards (fast alle vom ATM-Forum) sind auf der Folie zu sehen.

Die wohl am weitesten verbreitete Programmierschnittstelle für Netzwerkapplikationen ist das Socket-Interface aus UNIX. Diese Schnittstelle bietet jedoch kaum Möglichkeiten, QoS-Parameter für Verbindungen zu spezifizieren, wie sie z.B. durch ATM möglich werden.

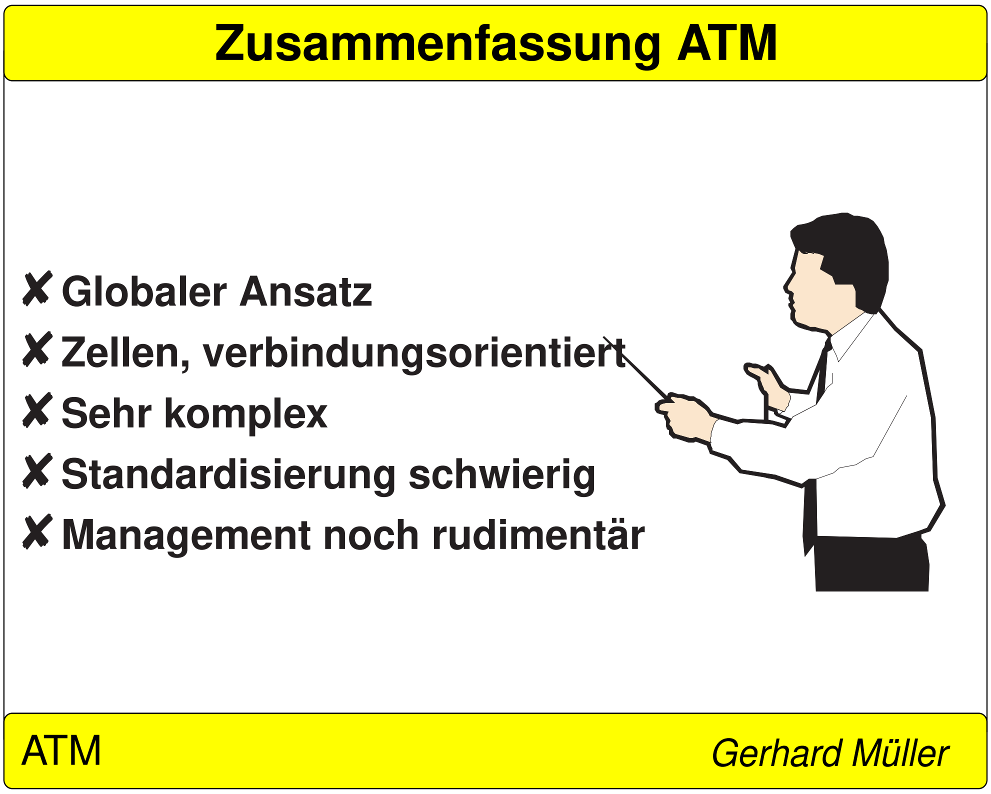
Eine Erweiterung des Socket-Interfaces wurde von Microsoft, Intel und Sun seit 1994 erweitert, und ist heute z.B. im "Winsock 2.0"-Standard in Microsoft NT realisiert. Durch die Dominanz von Microsoft ist es nicht unwahrscheinlich, daß Winsock 2.0 auch von anderen Betriebssystemen realisiert wird, so daß ein Standard für die Ausnutzung der Möglichkeiten von ATM zur Verfügung steht.

Weitergehende Literatur:

- [WWW97b] (Homepage des ATM Forums),
- [WWW97e] (ATM Forum: aktueller Status verschiedener Spezifikationen),

- [WWW97a] (ATM Forum: ratifizierte Spezifikationen),
- [WWW97g] (Homepage der International Standards Organization ISO),
- [WWW97h] (Homepage der International Telecommunications Union ITU),
- [WWW97i] (Homepage der Internet Engineering Task Force IETF),
- [Hor95] (Überblick über Windows-Sockets-Spezifikation 2.0),
- [HJRS97] (Ein kritischer Blick auf die Entwicklung von Standards)

2.5 Zusammenfassung ATM



Folie 31: Zusammenfassung ATM

Was ist nun von der ATM-Vision übriggeblieben?

- ATM stellt eine Möglichkeit zur Verfügung, verschiedene Dienste über ein Netz (sowohl im lokalen als auch im WAN-Bereich) zu betreiben.
- ATM ist eine skalierbare Technologie. ATM stellt insbesondere eine skalierte Bandbreite zur Verfügung, die deutlich über andere gängige Technologien hinausgeht
- ATM kann über eine Vielzahl von physischen Medien betrieben werden
- Die Benutzung von kleinen Zellen führt zu geringen Verzögerungen bei der Übertragung von Daten, was Realzeit-Multimedia-Anwendungen ermöglicht.
- ATM ist verbindungsorientiert, was aus dem Ursprung der Telefonie zu begründen ist und für den Datenverkehr nicht immer günstig ist
- ATM ist eine äußerst komplexe Technologie und noch recht teuer

- Durch die Komplexität, sowie mehrerer an der Standardisierung beteiligter Gremien, kommt die Standardisierung nur langsam voran
- Das Management ist, sowohl wegen der langsamen Standardisierung, als auch der geringen Erfahrung und der Komplexität der Technologie, noch in den Anfängen.

3 VLANs – Virtuelle LANs

3.1 Überblick

3.1.1 Motivation

Folie 32: Warum VLANs

Virtuelle Netze sind in aller Munde – welchen Vorteil bringt es, das aus der Betriebssystem schon bekannte Vorgehen der "Virtualisierung" auch auf Netzwerke zu übertragen?
Dazu sind die Anforderungen zu betrachten, die heute an Netzwerke gestellt werden. Folgende Punkte sind u.a. die Triebfeder für immer höhere Anforderungen, an größere und kleinere Netze:

- Zunehmende Vernetzung
- Einführung von Gruppenarbeit
- Reorganisation als permanenter Prozeß
- Inter- und Intranet-Einsatz werden die Regel
- Zunehmende Multimedialisierung

- Höhere Bandbreite
- Flexibles Management

Diese Anforderungen führen gerade im Management zu Problemen. Die alte "80:20"-Regel (80% des Verkehrs sind lokal in einem LAN, nur 20% gehen darüber hinaus) gelten in Zeiten von WWW und Internet nicht mehr. Die Quellen für Daten ändern sich schnell, die physikalischen Strukturen sind nur mit großem Aufwand auch an die organisatorischen Umstrukturierungen anzupassen.

In diesem Teil soll die Virtualisierung speziell in dem Bereich der lokalen Netze betrachtet werden, den LANs. Das Ergebnis werden virtuelle LANs, sogenannte VLANs sein.

Um die oben genannten neuen Anforderungen in den Griff zu bekommen, wurde das Konzept der Virtualisierung, also der Entkopplung der physikalischen Strukturen und der logischen Strukturen, auf Netze übertragen. Konkret bedeutet dies, daß der physische Netzwerkzugang von den logischen Zugehörigkeiten zu einer Gruppe von Netzwerkbenutzern entkoppelt wird.

Die Technik der VLANs im Hinblick auf das Management kann von zwei Seiten betrachtet werden:

- Managementanforderungen, die mit Hilfe von Virtuellen Netzen gelöst werden können
- VLANs als Technik, die wiederum Anforderungen an das Netz-Management stellen

Vom Management her betrachtet bringt die Trennung der logischen von der physischen Konfiguration eine vom Prinzip her erhebliche Vereinfachung für den Betreiber von Netzen. LANs können flexibel und schnell über Software den aktuellen Gegebenheiten angepaßt werden, eine manuelle Änderung von Netzwerkkomponenten vor Ort ist nicht nötig. Damit kann flexibler und schneller auf Änderungswünsche reagiert werden. Dies kommt insbesondere in den Bereichen der Skalierbarkeit von Netzwerken und der höheren Sicherheit zugute.

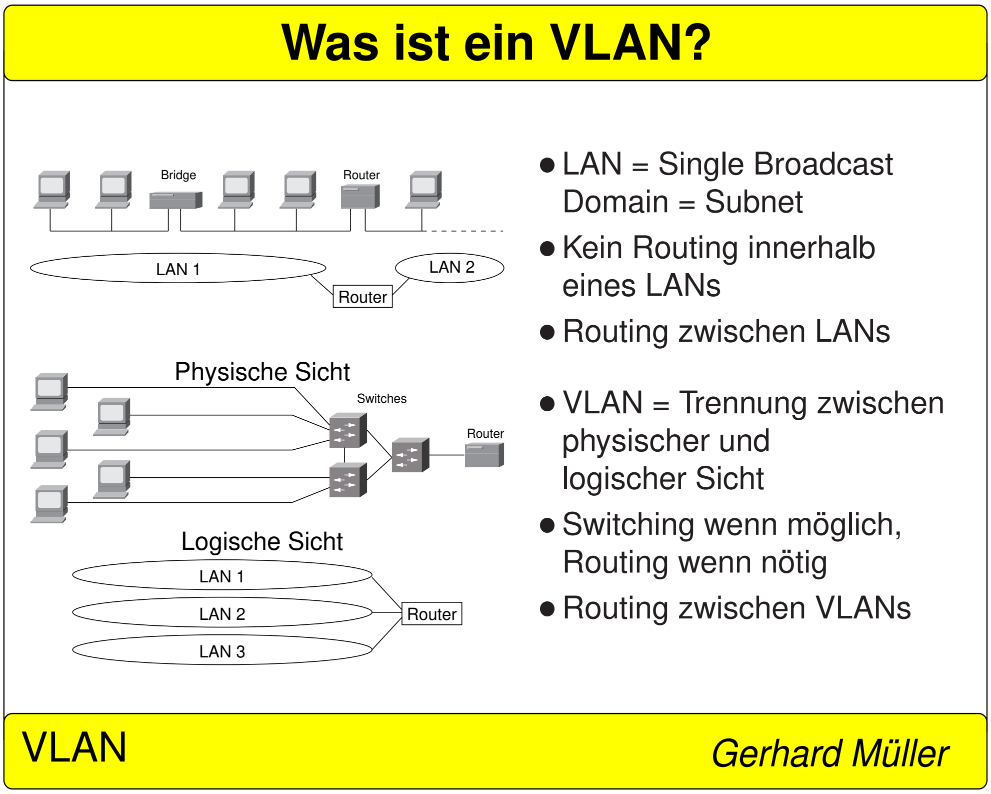
VLANs als Technik bedürfen natürlich auch wieder eines Managements: VLANs müssen eingerichtet, verwaltet, konfiguriert und überwacht werden. Dazu sind Standards nötig, damit die Produkte verschiedener Hersteller zusammenarbeiten und diese dann von den üblichen Management-Plattformen überwacht werden können. Da, wie im Netzwerkbereich häufig, Standards die Tendenz dazu haben, sehr spät zu kommen, gibt es schon eine Vielzahl von properitären Lösungen mit properitären Management-Schnittstellen, die das Management nicht gerade einfacher machen.

Die Entwicklung von VLANs kann auch von folgender Perspektive gesehen werden. Die Anforderungen nach immer mehr Bandbreite wurde traditionell folgendermaßen gelöst: entweder man installierte eine schnellere Netztechnologie (wie z.B. Ersatz von Ethernet durch Fast Ethernet), oder der Datenverkehr wurde aufgeteilt auf immer kleinere LAN-Segmente. Beides ist nur begrenzt durchführbar, es stehen nicht unendlich schnelle Technologien zur Verfügung (teuer!), und die Aufteilung auf immer kleinere Segmente, die z.B jeweils ein eigenes Subnetz bilden, ist auch nur begrenzt möglich (Notwendigkeit von Routern, langsame Verbindung, Verschwendung von IP-Adressen). Durch den Einsatz von Switches konnten nun die LANs wieder größer werden (hohe Geschwindigkeit, kurze Verzögerungszeiten), jedoch andere Probleme entstanden, wie die nicht unbegrenzte Skalierbarkeit (Broadcasts, verwendete Protokolle, etc.). Hier kann die Entwicklung von VLANs nun weiterhelfen, in dem ein prinzipiell sehr großes Netz auf verwaltbare, übersichtliche und nach vernünftigen Kriterien zusammengestellte Subnetze, den VLANs, aufgeteilt wird.

Weitergehende Literatur: Die Literatur über Virtuelle Netze, insbesondere VLANs, ist noch recht begrenzt, es handelt sich um eine recht neue Technik. Folgende Dokumente sind als Einstieg zu empfehlen:

- [Hel97] (Guter Überblick mit Grundlagen der bisherigen Netztechniken)
- [Rob96] (Ein Überblick über den aktuellen Status von VLANs)
- [Hon96]
- [MN97]

3.1.2 Was ist ein VLAN?



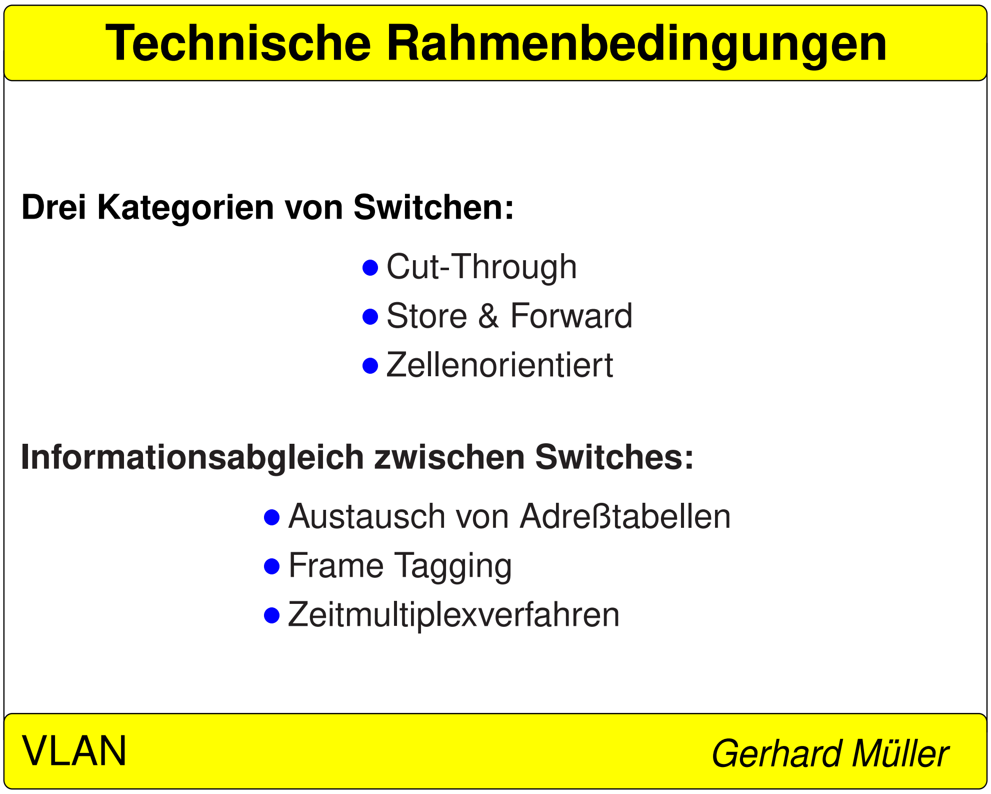
Folie 33: Definition von VLANs

Um technisch zu verstehen, was ein Virtuelles LAN ist, ist es nötig, sich noch einmal zu vergegenwärtigen, was ein LAN ist. LANs sind Bereiche, die durch ein gemeinsames 'shared' Medium miteinander verbunden sind. Eine Nachricht, die eine Station innerhalb eines LANs ausgesendet wird, kann von allen an das LAN angeschlossenen Endgeräten empfangen und ggf. ausgewertet werden. LAN-Segmente können mittels Bridges miteinander verbunden sein, die entsprechende Nachrichten von einem LAN-Segment in ein anderes LAN-Segment weiterleiten.

Nachrichten, die von einem LAN in ein anderes LAN weitergeleitet werden sollen, müssen über einen Router gehen, die jetzt auf OSI-Ebene 3 die entsprechende Wegewahl vornehmen und die Nachricht entsprechend weiterleiten. Router sind aufwendiger als Bridges, da die Bestandteile einer Nachricht auf OSI-Ebene 3 verarbeitet werden müssen.

Bei VLANs wird nun die physikalische Sicht von der logischen Sicht getrennt. Grundlage für VLANs ist ein physikalisches Netz mit "intelligenten" Switchen, welches prinzipiell jedes Endgerät mit jedem anderen Endgerät verbinden kann. Durch eine entsprechende Konfiguration werden nun Nachrichten von einem Endgerät nur an die Endgeräte weitergeleitet, die in einem "virtuellen" LAN konfiguriert sind. Für diese Stationen sieht es also so aus, als würden sie ein gemeinsames Netz, ein LAN, bilden, obwohl das LAN nur eine Teilmenge des physisch vorhandenen Netzes benutzt. Damit werden Broadcasts auf eine sinnvolle Anzahl von Endsystemen begrenzt, sowie die Sicherheit erhöht, da keine Station mehr den Verkehr von anderen, der nicht für das LAN bestimmt ist, mitgehört werden kann.

3.1.3 Technische Rahmenbedingungen



Folie 34: Technische Rahmenbedingungen

Der Begriff Switch ist hier etwas weiter gefaßt als im ATM-Bereich; gemeint ist, daß Nachrichten mittels interner Tabellen weitergeleitet werden. Diese Funktionalität kann teils durch Hardware, teils durch Software erbracht werden.
Switche lassen sich, abhängig von ihrer Technik, in drei Kategorien einteilen:

Cut-Through-Switche: sind am schnellsten; betrachten jeweils nur den Kopf eines Paketes und schalten dann direkt eine Leitung

Store&Forward-Switche: arbeiten wie gewöhnliche Brücken oder Router; das gesamte Paket wird eingelesen, geprüft, und dann erst weitergeleitet

Zellenorientierte Switche: vereinen die Vorteile beider Varianten; durch die kleinen Zellen sind akzeptable Verzögerungszeiten möglich, trotzdem lassen sich die Pakete auf Korrektheit etc. prüfen. Prominentes Beispiel für zellenbasiertes Switchen: ATM

Wenn ein VLAN über einen Switch hinausgehen soll, müssen die Informationen über die Zugehörigkeiten der Pakete zu VLANs zwischen den Switchen ausgetauscht werden. Drei Verfahren sind dabei verbreitet:

- der regelmäßige Austausch von Adreßtabellen
- das Frame Tagging, und das
- Zeitmultiplexverfahren

Die Verfahren sind alle noch properitär, so daß davon auszugehen ist, daß sich die Switche verschiedener Hersteller nicht verstehen. Die Verfahren nun im Detail:

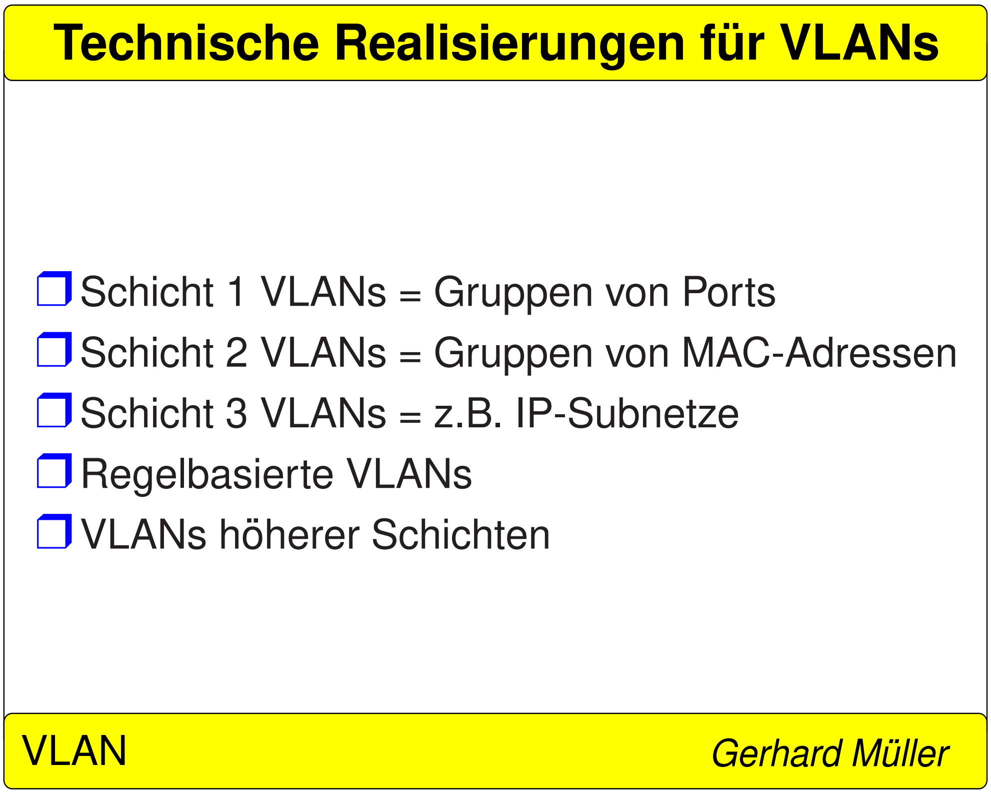
Der regelmäßige Austausch von Adreßtabellen ist recht einfach zu implementieren, allerdings leider auch recht aufwendig. In großen Netzen kommt es recht schnell zu Synchronisations- und Überlastproblemen, wenn Switche regelmäßig, z.B. jede Minute, die kompletten Tabellen untereinander austauschen. Da Tabellen leicht 1000 Byte ausmachen können, ist leicht auszumalen, was hier an zusätzlichem Datenverkehr dazukommt.

Beim Frame Tagging wird direkt, wenn ein Paket zum ersten Switch gelangt, ein kurzes Datenfeld, das sogenannte “Tag” vorangestellt, welches beschreibt, zu welchem VLAN das Paket gehört. Dieses Verfahren hat auch wieder den Nachteil, die Last deutlich zu erhöhen, da jedes Paket mit dem Tag versehen werden muß. Problematisch ist weiterhin, wenn ein Paket bereits die maximal zulässige Länge hatte, da dann das Hinzufügen des Tags die Vorgaben des MAC-Protokolls verletzen und schließlich dazu führen würde, daß das Paket als fehlerhaft betrachtet und verworfen würde. Ein Ausweg sind hier nur herstellerspezifische Erweiterungen, die aber alle insgesamt properitär sind.

Der dritte und langsamste Ansatz, das Zeitmultiplexing, teilt die verfügbare Bandbreite auf feste Zeitslots auf. Damit erhält jedes virtuelle LAN exklusiv einen oder mehrere dieser Zeitslots zur Übertragung der Daten. Damit muß jedem Switch nur noch mitgeteilt werden, welcher Zeitslot zu welchem VLAN gehört. Damit werden sowohl die Overheads bei den einzelnen Paketen, sowie die Inkompatibilitätsprobleme vermieden, doch insgesamt wird die Bandbreite üblicherweise nur unvollständig ausgenutzt. Hier ist der Netzwerkadministrator dann gefragt, die Zuteilung der Zeitslots optimal, je nach Bedarf, zu vergeben.

3.2 Technik

3.2.1 Technische Realisierungen für VLANs



Folie 35: Technische Realisierungen für VLANs

Für die Realisierung von VLANs gibt es mehrere Möglichkeiten, jeweils mit eigenen Vor- und Nachteilen.

- Der Port an einem Switch bestimmt das zugehörige VLAN
  Eine Gruppe von Ports an einem Switch oder Router definieren gemeinsam ein LAN. Entspricht dem "physikalischen" Schicht, da ein Stecker bestimmt, zu welchem LAN die Geräte gehören, die an einen Port angeschlossen sind.

- Die MAC-Adresse in einer Nachricht bestimmt das zugehörige VLAN
  Dies entspricht OSI-Schicht 2. MAC-Adressen werden werden über Software einem VLAN zugeordnet.

- Teile der Informationen aus der Netzwerkschicht, also OSI-Schicht 3, wie z.B. die IP-Adresse (bzw. vergleichbare Bestandteile andere Protokolle) bestimmt das zugehörige VLAN.

- Verschiedene Bereiche aus OSI-Schicht 1 bis 3 können kombiniert werden, um über Regeln ein VLAN zu bestimmen.

- VLANs werden durch die Protokolle höherer Schichten bestimmt. Denkbar sind ein VLAN für Video-Übertragungen, ein VLAN für Email, ...

In der Folge werden nun die ersten vier Möglichkeiten ausführlicher vorgestellt.

3.2.2 Schicht 1 VLANs

Schicht 1 VLANs

- Auch als Port-Switching bekannt
- Einfache Variante: Intelligenter HUB

Vorteile:

+ Einfache Zuordnung von Stationen zu VLANs
+ Hohe Sicherheit
+ Broadcasts sind begrenzt auf VLAN
+ Leichte Fehlereingrenzbarkeit

Nachteile:

– Nur ein VLAN pro Port
– Kommunikation zwischen VLANs benötigt Router oder zwei Netzwerkkarten pro Endgerät
– Ineffizienter Multicast-Support
– Erlaubt keine Benutzer-Mobilität
– Geringe Flexibilität

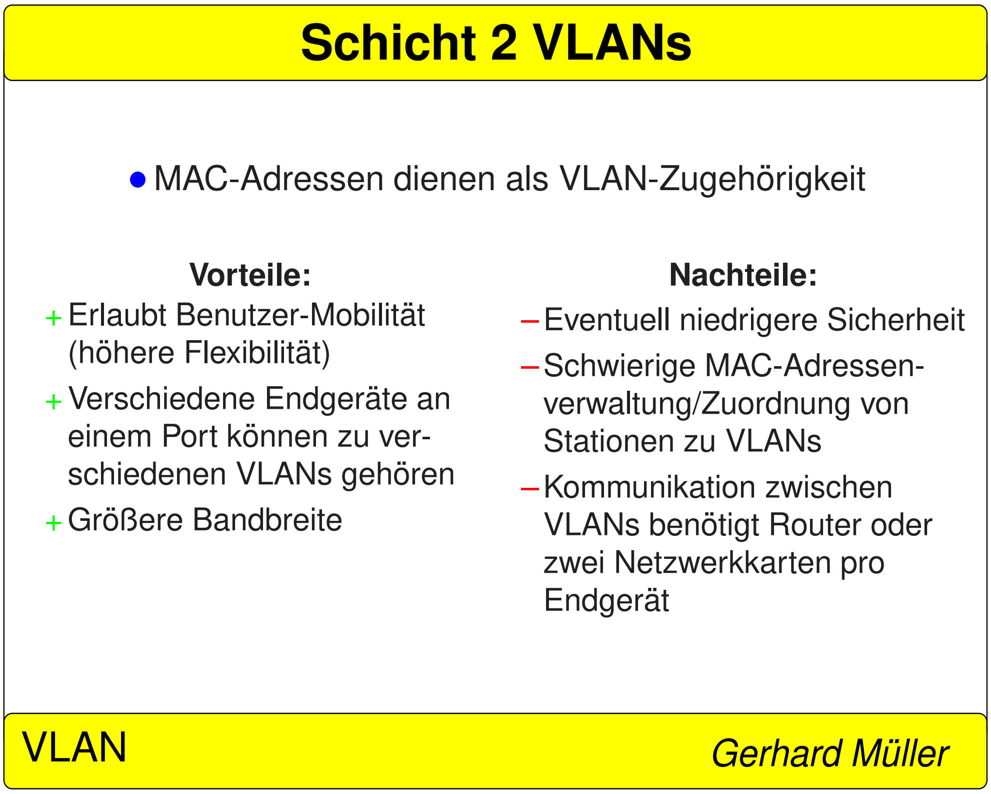
VLAN *Gerhard Müller*

Folie 36: Schicht 1 VLANs

Schicht 1 VLANs sind die älteste und einfachste Form der Realisierung von VLANs. Ursprünglich aus der Idee von Intelligenten Hubs kommend, können verschiedene Ports zu einer Broadcast-Domain zusammengefaßt werden. Sehr gut nachvollziehbar sind die Zuordnung der Stationen zu den einzelnen VLANs. Bei Bedarf muß man lediglich nachsehen, an welchem Port eine Station angeschlossen ist. Die Sicherheit ist hoch, da Verkehr wirklich nur an die an einem VLAN Beteiligten geht, alle Broadcasts sind nur am VLAN beteiligten Endgeräten empfangbar. Fehler können fast so einfach wie bei traditionellen LANs gesucht und gefunden werden.

Nachteil ist, daß pro Port nur ein VLAN unterstützt werden kann. Falls Endgeräte in zwei unterschiedlichen VLANs kommunizieren wollen, müssen sie dies über einen Router tun, der Geld kostet, zwei Ports benötigt und auch noch zu konfigurieren ist. Die “Sparversion” ist die Verwendung von mehreren Netzwerkkarten an den Endgeräten, die mit mehreren VLANs kommunizieren wollen. Der Multicast-Support ist gering, jede Nachricht wird an alle Teilnehmer eines VLANs gesendet. Wenn ein Benutzer umzieht, müssen noch wirklich Kabel umgesteckt werden. Also ist diese Lösung noch nicht sonderlich flexibel.

3.2.3 Schicht 2 VLANs



Folie 37: Schicht 2 VLANs

Bei Schicht-2-VLANs dienen MAC-Adressen innerhalb der Pakete als Zugehörigkeitsmerkmal zu einem VLAN. Wenn also ein Benutzer umzieht, bemerkt dieses der Switch und paßt automatisch seine Adreßtabellen an, eine manuelle Umkonfiguration entfällt. Positiv ist ebenfalls, daß mehrere Endgeräte an einem Port zu verschiedenen VLANs gehören können. Allerdings ist dadurch die Sicherheit ggf. niedriger, da Endgeräte anderer VLANs einen Teil des Verkehrs des VLANs mithören können. Des weiteren unterstützen nicht alle höheren Protokolle mehrere VLANs pro Segment, da höhere Protokolle, wie z.B. IP, davon ausgehen, daß alle Stationen an einem Segment die gleiche Netzwerkadresse haben, was hier ja nicht mehr unbedingt zutreffen muß. Es gibt Switche, die aus diesem Grund automatisch die Netzwerkadresse entsprechend anpassen, um die sonstige “Kastration” auf einen Schicht-1-VLAN zu umgehen. Positiv ist auch, daß Verkehr nicht mehr an alle an einem VLAN beteiligten Geräte gesendet werden muß, da ja die MAC-Adresse eindeutig ist.

Für das Management problematisch kann das Umgehen mit MAC-Adressen sein. Falls ein Switch keine Auto-Konfiguration unterstützt, ist das Eingeben der MAC-Adressen in die Adreßtabellen des Switches ein sehr mühseliger und fehleranfälliger Vorgang. Des weiteren ist die Zuordnung von Endgeräten zu VLANs deutlich schwieriger als bei Schicht-1-VLANs, da erst die MAC-Adresse in einer Tabelle gesucht werden muß; die Portnummer am Switch ist ja uninteressant geworden. Verschiedene Schicht-2-VLANs benötigen ebenfalls einen Router, um miteinander kommunizieren zu können; mit den gleichen Nachteilen wie bei Schicht-1-VLANs.

3.2.4 Schicht 3 VLANs

Schicht 3 VLANs

- Auch als Virtuelle Subnetzbildung bekannt
- Schicht-3 Adressen dienen als VLAN-Zugehörigkeit
- Nicht Stationen gehören zu einem VLAN, sondern **Pakete**

Vorteile:

+ Unterstützt Routing, d.h. kein Extra-Router mehr nötig!
+ höhere Flexibilität
+ Einfache Konfiguration
+ Protokoll-basierte VLANs möglich
+ Effizienter Multicast-Support

Nachteile:

– Eventuell niedrigere Sicherheit
– Erhöhte Verarbeitungskosten

VLAN *Gerhard Müller*

Folie 38: Schicht 3 VLANs

Bei Schicht-3-VLANs dienen die Schicht-3-Adressen, also z.B. die IP-Adresse, um die Zugehörigkeit zu einem VLAN zu bestimmen. Hier gehören nicht mehr Endgeräte zu einem VLAN, sondern nur noch Pakete.

Der Hauptvorteil von Schicht-3-VLANs ist, daß direkte Kommunikation zwischen verschiedenen Endgeräten verschiedener VLANs unterstützt wird, und dies ohne zusätzliche teure Router. Dies wird natürlich mit erhöhten Verarbeitungskosten in den Switches bezahlt, da ja nun mehr Informationen eines Datenpaketes auszuwerten sind. Die Konfiguration ist einfacher als bei Schicht-2-VLANs, da das umständliche Hantieren mit MAC-Adressen entfällt. Interessant ist die Möglichkeit, pro Schicht-3-Protokoll ein eigenes VLAN zu definieren, also z.B. ein eigenes VLAN für IPX, eins für AppleTalk, eins für IP, etc. Ebenfalls positiv ist der effiziente Multicast-Support, da ja dem Switch klar ist, welche Endgeräte gemeint sind.

3.2.5 Regelbasierte VLANs

Regelbasierte VLANs

- Regeln nutzen Informationen aus OSI-Schicht 1–3, um Zugehörigkeit zu VLAN festzulegen

Vorteile:

+ *Extrem* hohe Flexibilität

Nachteile:

– Erhöhte Verarbeitungskosten
– Eventuell schwierige Konfiguration
– Zuordnung von Endgeräten zu VLAN kann, je nach Regeln, kompliziert sein

VLAN *Gerhard Müller*

Folie 39: Regelbasierte VLANs

Das Non plus ultra an Flexibilität sind die regelbasierten VLANs. Durch die Erstellung von Regeln lassen sich VLANs ganz einfach anhand von Port-Nummern, MAC-Adressen, Protokollen und Teile von Schicht-3-Protokollen definieren. Eine Möglichkeit wäre z.B. ein VLAN zu definieren, in dem alle Stationen enthalten sind, deren Netzwerkkarten von einer speziellen Firma sind, das IP Protokoll benutzen und zu einem speziellen IP-Subnetz gehören. Die Möglichkeiten sind hier unbeschränkt, die Konfiguration erinnert an die Konfiguration von Firewalls.

Natürlich wird dieser "Luxus" durch die Abarbeitung der Regeln in den Switches für jedes Paket bezahlt, was tatsächlich zu Performance-Einbußen führen kann, wenn die Switches nicht leistungsfähig genug sind. Die Konfiguration kann zu einem Geduldsspiel führen, es muß dem Administrator nicht immer klar sein, welches Bit er wo in welche Regel einbeziehen muß, um einen gewünschten Effekt zu erzielen. Die Zuordnung von Endgeräten zu VLANs ist nicht mehr leicht.

3.3 Management

Management von VLANs

Einfluß von VLANs auf das Netzmanagement

Konfigurations-management:	– Flexibilität in der Ressourcenbenutzung – Einrichten von VLANs
Sicherheits-management:	– VLANs sind *getrennte* LANs – Intelligente Filter
Abrechnungs-management:	– Genauere Abrechnungsmöglichkeiten
Leistungs-management:	– Erhöhte Bandbreite durch Nutzung von Switches – Verkleinern von Broadcast-Domains – Erhöhter Bandbreitenbedarf im Backbone

VLAN *Gerhard Müller*

Folie 40: Management von VLANs

Nun soll der Einfluß von VLANs auf Managementaspekte untersucht werden. Es gibt u.a. folgende Auswirkungen:

Konfigurationsmanagement: Durch den Einsatz von VLANs ist ein erheblich flexiblere Nutzung der vorhandenen Ressourcen möglich. Die Zugehörigkeit einzelner Endgeräte zu den richtigen LANs ist nun eine Änderung, die über eine Netzwerkmanagementstation vorgenommen werden kann, das physische Umstecken entfällt. Wichtige Aufgabe ist hier dann natürlich, die vorhandenen Ressourcen optimal auf die VLANs zu verteilen.

Sicherheitsmanagement: Da VLANs voneinander (je nach Realisierungsart) wirklich voneinander getrennt sind, ist es möglich, VLANs nach Sicherheitsbedürfnissen zusammenzustellen. Desweiteren ist es bei Schicht-3-VLANs möglich, Filter einzusetzen, die bestimmte Arten von Verkehr (FTP, Telnet, ...) aus einem VLAN heraushalten.

Abrechnungsmanagement: Der Netzverkehr kann durch die Einteilung in Benutzergruppen, den VLANs, eindeutig zugeordent und damit vernünfig abgerechnet werden. Damit können entstandene Kosten eindeutig auf die verschiedenen Benutzergruppen aufgeteilt werden.

Leistungsmanagement: Die Leistungsfähigkeit von geswitchten LANs ist deutlich höher als die traditioneller LANs; jedem Endgerät steht im Extremfall die volle Bandbreite des verwendeten Übertragumgsmediums zu. Teure Router können teilweise vermieden oder ersetzt werden, und durch die Aufteilung eines geswitchten LANs auf VLANs werden die Broadcasts auf die jeweils betreffenden Endgeräte aufgeteilt. VLANs dienen also der Verkleinerung von Broadcast-Domains. Zu beachten ist, daß VLANs üblicherweise zu einem deutlich höherem Bedarf an Bandbreite im Backbone benötigen, da dieses die Virtualität realisieren muß.

Problematisch beim Einsatz vorhandener Management-Werkzeuge ist die Trennung von phyischen und logischen Strukturen, da dieses noch nicht unterstützt wird. Der bekannte Managementspruch *Was man nicht sehen kann, kann man nich managen* findet hier noch seine Berechtigung. Langfristig sind hier erweiterte MIBs zu standardisieren, und die Managementwerkzeuge entsprechend anzupassen.

Management von VLANs

- Abwägen, welche Art von VLANs einzusetzen ist
- Standards, eventuell auch properitäre, genau beobachten
- Zusätzlicher Level an Indirektheit erschwert Fehlersuche
- Management-Tools alle properitär, noch auf einen Hersteller angewiesen
- Was ist mit existierenden Switchen? Routern?
- Spanning-Tree-Protokolle skalieren nicht unbedingt
- Erhöhter Bedarf an Leistung im Backbone
- Auch Größe eines VLANs ist begrenzt

VLAN *Gerhard Müller*

Folie 41: Management von VLANs

Insgesamt kann man sagen, daß der Einsatz von VLANs sehr von den Bedürfnissen und Wünschen abhängt. Auf diese Bedürfnisse muß sowohl die zum Einsatz kommende Technik, als auch der richtige VLAN-Typ gewählt werden. Das Nichtvorhandensein von Standards erschwert im Moment den Einsatz von VLANs über größere Gruppen hinweg, zumindest in einer heterogenen Umgebung. Der zusätzliche Level an Indirektheit ist nicht immer positiv, er erschwert die Fehlersuche und ist auch noch kaum durch gängige Management-Plattformen unterstützt. Hier ist man auf die Unterstützung des Herstellers angewiesen, dessen Switche man benutzt. Interessant wird auch, wie vorhandene Switche und Router entweder nachgerüstet oder anderswie eingebettet werden. Es ist kaum zu erwarten, daß von heute auf morgen nur VLAN-fähige Geräte innerhalb eines Netzes zur Verfügung stehen. Ein anderes Problem ist der Einsatz der üblichen Spanning-Tree-Protokolle. Diese müssen an das Vorhandensein von VLANs angepaßt werden; außerdem skalieren sie nicht unbedingt für große, geswitchte Netzwerke. Insgesamt erhöht der Einsatz von VLANs den Bedarf an Bandbreite in den Backbones, da nun die Netzlast, die innerhalb eines traditionellen Segments vorhanden war, oft über das Backbone geswitcht werden müssen, zumindest wenn die Vorteile von VLANs mit Umzügen und wechselnden Zugehörigkeiten zu VLANS ausgenutzt werden. Des weiteren ist zu beachten, daß auch die Größe eines VLANs begrenzt ist, einerseits durch den immer noch vorhandenen Broadcast-Verkehr, andererseits haben auch Switche eine Verzögerungszeit.

3.4 Aktuelle Standards

Der Standard IEEE 802.1Q

- Noch in der Entwicklung (Draft, endgültig bis Mai 1998)
- Bis zu 4095 VLANs
- Port-basierte, MAC-Adressen-basierte und VLANS höherer Schichten
- Explizites und implizites Tagging
- Aufwärts-kompatibel mit traditionellen Hubs und Bridges (auch gemischt)
- Shared-Media und switched LANs
- Priorisierung des Verkehrs möglich
- Erlaubt statische und dynamische Konfiguration für jedes VLAN
- Jedes VLAN ist Teilbaum eines globalen physischen Spannbaumes

VLAN *Gerhard Müller*

Folie 42: Der Standard IEEE 802.1Q

Wie schon erwähnt, ist ein Hauptproblem für den Einsatz von VLANs die fehlende Standardisierung. Ein Ansatz, der versucht, möglichst viele Interoperabilitätsprobleme zu vermeiden, kommt vom IEEE: der Standard IEEE 802.1Q. Er befindet sich im Moment im Draft-Status, der endgültige Standard wird Mai 1998 erwartet.

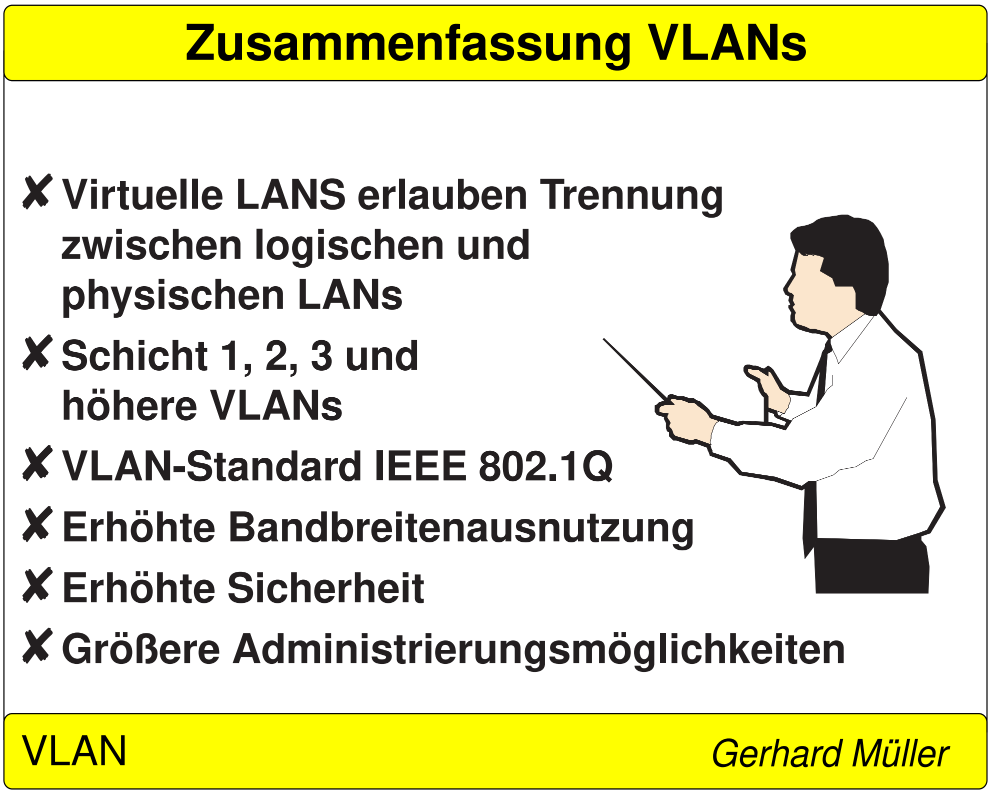
Die Eckwerte, die sich wahrscheinlich nicht mehr ändern, sind auf der Folie dargestellt.

Ein anderer Quasi-Standard, das *Inter-Switch Link* Protokoll, kommt von Cisco. Da die Marktmacht von Cisco im Switching-Bereich nicht unwesentlich ist, ist es wahrscheinlich, daß der Cisco-Standard uns die nächsten Jahre noch begleiten wird.

Wer heute einen funktionierenden Standard für VLANs einsetzen will, hat tatsächlich dazu die Möglichkeit, und zwar durch den Einsatz von ATM mit der LAN Emulation, der tatsächlich herstellerübergreifenden Einsatz von VLANs ermöglicht.

Weitergehende Literatur: [MS97]

3.5 Zusammenfassung VLANs



Folie 43: Zusammenfassung VLANs

Was sind also die Vorteile von VLANs zusammengefaßt? Die Trennung zwischen logischen und physischen LANs ist nur ein logischer Schritt, der, richtig eingesetzt, sowohl die Administration, als auch die Skalierbarkeit vorhandener Netzwerke deutlich verbessert. Verschiedene VLAN-Typen haben verschiedene Vor- und Nachteile, die sorgsam gegeneinander abzuwägen sind. Problematisch ist die Standardisierung, ein Hoffnungsschimmer ist der Standard IEEE 802.1Q. Die vorhandenen Bandbreiten (Netzwerkkarten) können zusammen mit der Switching-Technologie deutlich besser ausgenutzt werden. Damit kann auf absehbare Zeit der Bedarf an Bandbreite auch für Multimedia-Applikationen gedeckt werden. Ein nicht unwesentlicher Faktor, die Sicherheit, spielt für viele Unternehmen eine wichtige Rolle für die Nutzung von VLANs, der Verkehr anderer VLANs kann, je nach VLAN-Typ und Anschlußart, gar nicht mehr von anderen Endgeräten mitgehört werden. Die sich aus VLANs ergebenden Management-Anforderungen sind bisher noch relativ unklar, standardisierte Lösungen gibt es noch nicht.

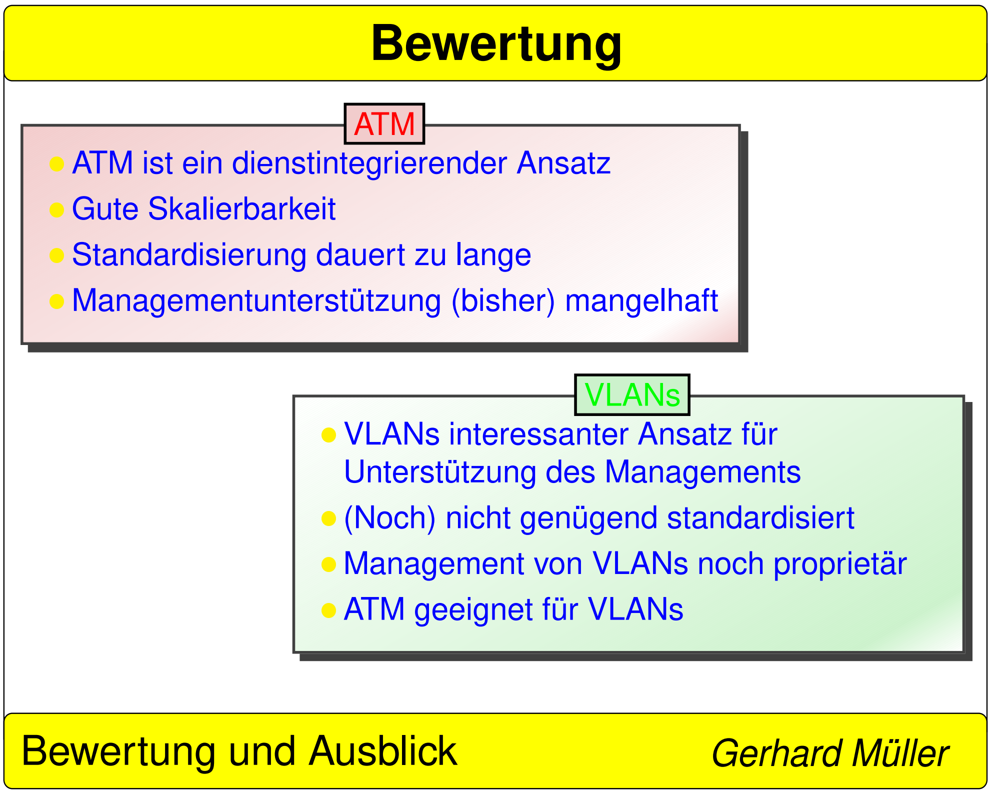
Insgesamt kann die Schlußfolgerung gezogen werden:

VLANs gehören die Zukunft, aber leider noch nicht die Gegenwart

Weitergehende Literatur: [Hon96] (Guter Überblick)

4 Bewertung und Ausblick

4.1 Bewertung ATM und VLANs



Folie 44: Bewertung ATM und VLANs

Sowohl ATM, als auch VLANs, treten mit Ansprüchen auf, die sich, wie oft mit neuen Technologien, nur selten wirklich voll realisieren lassen.

ATM ist von der Idee her tatsächlich ein sehr interessanter Ansatz, auch wenn er einige Probleme mit der "wirklichen Welt" hat. So rückt ein reines ATM-Netz durch die Popularität des WWW und damit auch der Internet-Protokolle immer mehr in den Bereich eines Wunschtraumes. Einige Faktoren werden den schnellen, großflächigen Einsatz von ATM verhindern:

- Leichte Einsetzbarkeit von Fast- und Gigabit-Ethernet
  (proven technology, preiswert, skalierbar über IP-Switching)
- Mangelnde Interoperabilität
  Dieser Punkt wird zunehmend unwichtiger, trotzdem ist man immer noch gut beraten, nur Produkte eines Herstellers zu benutzen
- Hohe Kosten in den Endsystemen (Segmentation & Reassembly)

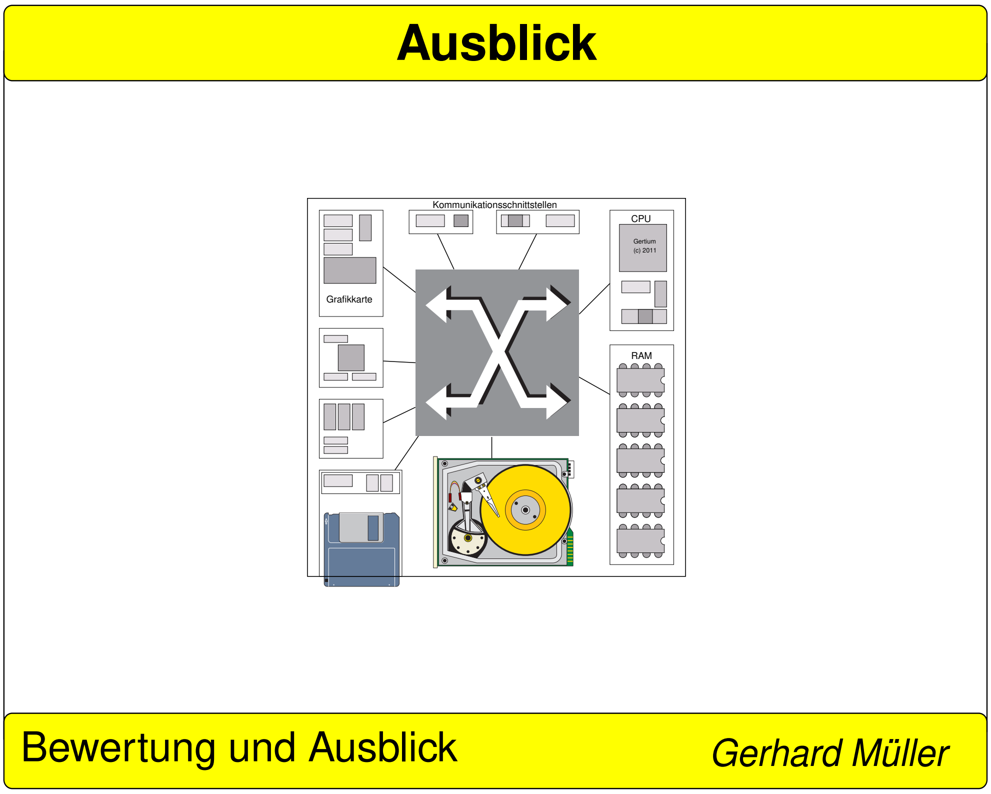
- Unausgereiftes Management
- Extreme Komplexität der Protokolle
- (noch) kein einheitliches ATM-API
- Langsame Standardisierung

Auf längere Sicht wird ATM neben IP existieren, es wird zu einer Zusammenarbeit zwischen beiden Protokollwelten kommen müssen.

Die Entwicklung von VLANs ist noch ganz am Anfang. Im Moment ist noch kein großflächiger Einsatz möglich, da die Standardisierung der technischen Entwicklung mal wieder “hinterherhinkt”. Insbesondere durch regelbasierte Schicht-3-VLANs ergeben sich gerade für das Management sehr interessante Möglichkeiten, die eines Tages so selbstverständlich sein werden wie virtueller Speicher in einem Betriebssystem.

4.2 Ausblick

4.2.1 Rechnerarchitektur basierend auf ATM



Folie 45: Rechnerarchitektur basierend auf ATM

Ein Gedanke innerhalb der Rechnerarchitektur ist, den Unterschied zwischen Prozessor und Netzwerk zu eliminieren. Ein “klassischer” Rechner wird mittels eines Switches realisiert, an dem der Prozessor, Speicher, Festplatte, Netzwerk usw. angeschlossen sind. Es ist jedoch nicht wirklich notwendig, daß nur lokale Komponenten angesteuert werden: wenn z.B. der Bedarf an Rechenleistung steigt, wird einfach über das Netzwerk ein weiterer Prozessor angesteuert.

Ein anderer Gedanke ist, für die klassischen Komponenten (Rechenkapazität, Speicher) entsprechende Server aufzubauen, die bei Bedarf über ein Netzwerk angesprochen werden.

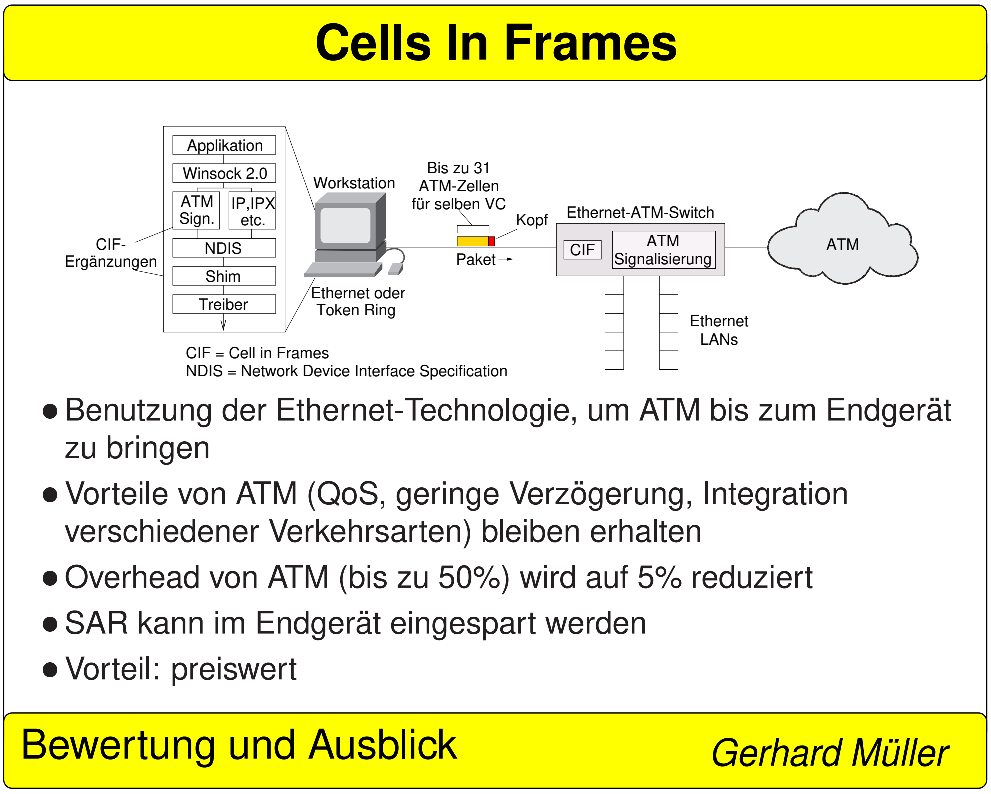
Bei beiden Vorgehen gibt es zur ATM-Technik im Moment keine Alternative, da dieses die einige Technologie ist, die sowohl im lokalen- als auch im Weitverkehrsbereich eingesetzt werden kann.

Andere interessante Entwicklungen von ATM sind:

- Wireless ATM (WATM)
  Eine Initiative innerhalb des ATM-Forums entwickelt eine Spezifikation zur Übermittlung von ATM über drahtlose Verbindungen, wie z.B. Funk oder Infrarot. Erste Ergebnisse werden nicht vor Ende 1998 erwartet.

- IPv6 over ATM
  Wie schon beim Classical IP over ATM wird versucht, so viele Merkmale von ATM weiter nach oben zu reichen. Damit wird ein Optimum aus ATM-Netzen über ein “klassisches” Protokoll herausgeholt.

4.2.2 Cells in Frames



Folie 46: Cells in Frames

ATM bis zum Endgerät hin ist eine recht teure Technologie. Mit dem neuen Ansatz “Cells in Frames” (CIF) werden die Vorteile von Ethernet mit den Vorteilen von ATM kombiniert.

Dies geschieht dadurch, daß mehrere ATM-Zellen für den gleichen Virtual Channel in ein normales Ethernet-Paket gepackt werden, wobei der ATM-Zellenkopf nur ein mal übertragen wird.

Bei CIF nutzen die Anwendungen direkt ATM-Schnittstellen, entsprechende Anwendungen sind also ggf. anzupassen.

Angepaßt werden müssen natürlich auch die ATM-Switches, die entsprechende Ethernet-Geräte bedienen. Wenn ein CIF-Paket an einem entsprechenden CIF-Switch ankommen, werden diese entweder direkt an ein anderen CIF-Switch geswitcht oder in kleine ATM-Zellen zerlegt, um diese über ein ATM-Netzwerk zu transportieren.

Die Anpassungen an den Endgeräten halten sich in Grenzen. Da die ATM-Signalisierung benutzt wird (mit all ihren Vorteilen), ist ein entsprechender Treiber zu integrieren. Des weiteren muß vor ein ausgehendes Paket ein CIF-Header geschrieben werden. Dies geschieht durch die “Shim”-Schicht.

Die Endstationen können das Ethernet auch normal für die bisherigen Protokolle ohne Änderung benutzen, allerdings können dann keine QoS-Garantien mehr gegeben werden.

Die Vorteile dieses Vorgehens sind

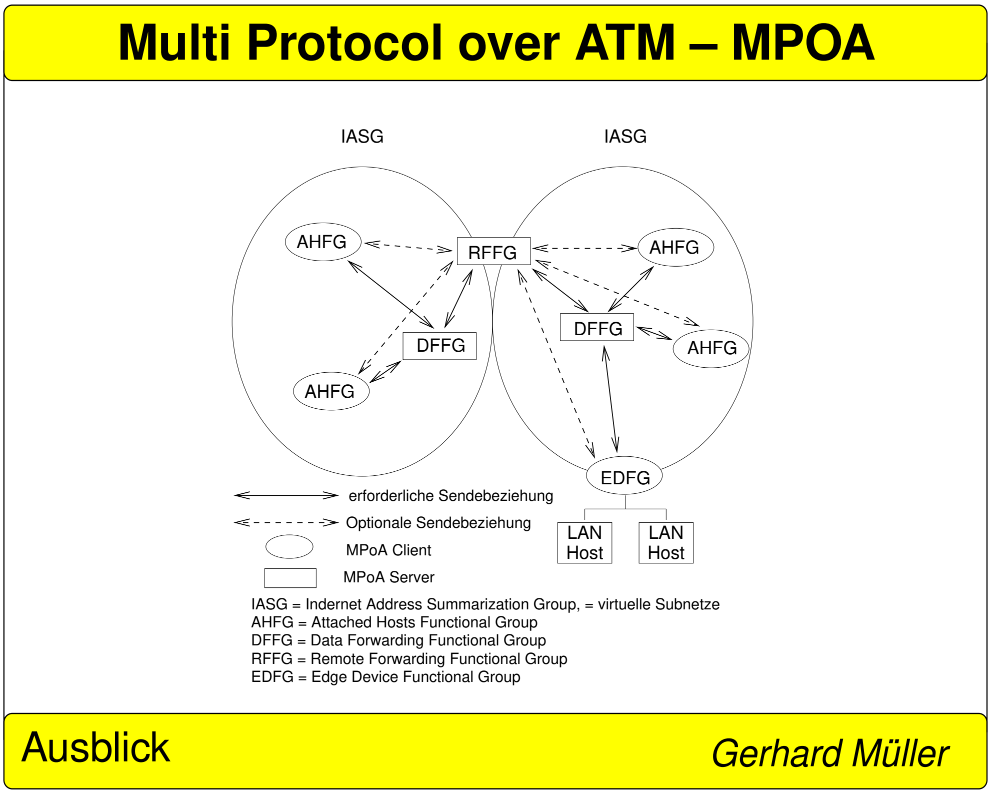
- Deutlich günstiger. Der zusätzliche Aufwand für den ATM-Ethernet-Switch sind nur gering, und der relativ hohe Aufwand für das Segmentieren und Reassemblieren (SAR) fallen im Endgerät weg.
- Die Vorteile von ATM bleiben gänzlich erhalten: geringe Varianz, VC-basiertes Switchen, QoS-basiertes Routing und Signalisierung, explizite Bandbreitenkontrolle usw.
- Die zusätzlich eingeführte Verzögerung von mehreren ATM-Zellen pro Frame ist gering: maximal 1 ms auf einem 10 MBit/s Ethernet
- Der ATM-übliche Overhead durch ATM-Zellenköpfe, IP-Header und LAN-Emulation fällt weg: es kann erheblich an Bandbreite gespart werden.

CIF ist im Prinzip grundsätzlich anders als ATM: In den 80ern dachte man, High-Speed-Switching sei nur mit gleich großen Paketen möglich. Inzwischen haben die Gigabit-Ethernet-Switches gezeigt, daß es ebenso möglich ist, unterschiedlich lange Pakete effizient zu switchen.

Weitergehende Literatur:

- [Rob97] (allgemeiner Überblick),
- [WWW97j] (WWW-Homepage von CIF),
- [WWW97f] (Spezifikation von CIF)

4.2.3 MPoA – Multi Protocol over ATM



Folie 47: Multi Protocol over ATM

Multi Protocol over ATM ist eine vom ATM-Forum vorgeschlagene Möglichkeit, wie ATM-Verkehr von einem virtuellen LAN bzw. LANE zu einem anderen LAN geroutet wird. Der Ansatz von MPoA basiert auf LAN-E des ATM-Forums.
Ziele von MPoA:

- Transport von Layer-3 Protokollen end-to-end
- Direkte ATM-Verbindung auch über verschiedene Subnetze
- Integration von QoS (bei LANE nicht definiert)

Grundlegende Funktionen von MPoA:

- Zuerst versuchen MPoA clients via LANE zu adressieren
- Über MPOA-Dienste (route server, forwarding server) wird Übergang zwischen ELANs gewährleistet.

Weitergehende Literatur:

- [WWW97d]
- [Zie96]
- [TL96]

4.2.4 Eigene Einschätzung der Zukunft

Eigene Einschätzung

Was bringt die Zukunft?

- ATM baut seine Position im WAN-Bereich aus
- Im LAN-Bereich wird die nächsten 10 Jahre geswitchtes Ethernet vorherrschen (proven technology)
- VLANs werden in den nächsten 5 Jahren immer wichtiger, fehlende Standards verhindern aber einen großflächigen Einsatz

Bewertung und Ausblick *Gerhard Müller*

Folie 48: Eigene Einschätzung der Zukunft

4.3 Abschluß

4.3.1 Wichtige Referenzen

Wichtige Referenzen

- Alexander Schill u.a., *ATM-Netze*, Addison-Wesley-Longman, 1997
- Anthony Alles, *ATM Internetworking*, Cisco, 1995
- `http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/refs/atm_refs.htm`
- Diverse RFCs (z.B. 1577: Classical IP over ATM)
- Gilbert Held, *Virtual LANs*, John Wiley & Sons, 1997
- c't-Artikel
- Data Communications, `http://www.data.com/`

Bewertung und Ausblick *Gerhard Müller*

Folie 49: Wichtige Referenzen

Neben dem Literaturverzeichnis existieren noch viele WWW-Seiten, von denen hier noch einige stellvertretend genannt seien:

- `http://www.iaik.tu-graz.ac.at/Lehre/Rechnernetze97/`
- `http://www.ietf.org/html.charters/ion-charter.html`
- `http://eantc.prz.tu-berlin.de/`
- `http://netlab.ucs.indiana.edu/glossary/index.html`
- `http://www.ultranet.com/~dhudek/junidemo1.shtml`
- `http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/FAQ/ATM-FAQ/FAQ.html`
- `http://www.ctidata.com/Education/tt-atmfaq.html`

- `http://eantc.prz.tu-berlin.de/~herbert/atmliste.html`
- `http://www.sgi.com/Technology/atm.html`

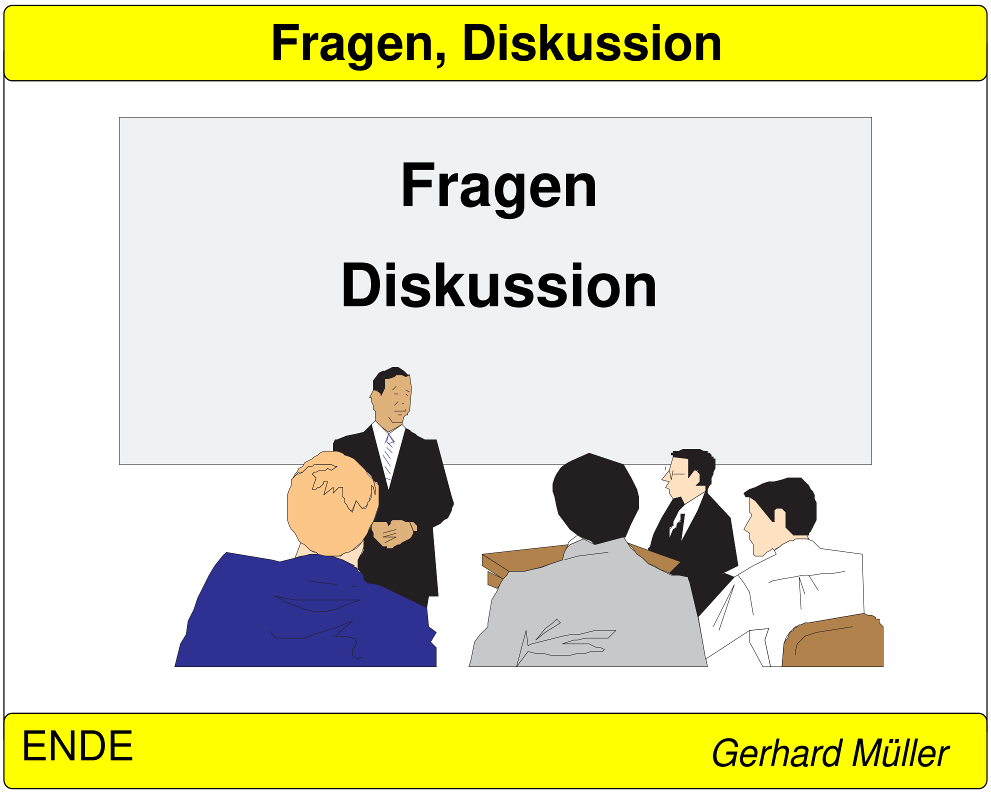
Einige Zeitschriften, die ATM zumindest ab und zu behandeln, sind:

- ATM Forum: 53 Byte
  `http://www.atmforum.com/atmforum/library/53bytes/backissues/53byteslist.html`
- ATM News Page
  `http://www.newspage.com/NEWSPAGE/cgi-bin/walk.cgi/NEWSPAGE/info/d4/d3/d2`
- The ATM Report
  `http://www.adaptec.com/atm/RegisterNow.html`
- Madge ATM News Digest
  `http://www.madge.com/news/d_03_div.htm`
- ATM Component Review
  `http://www.tiac.net/users/kma/`
- Data Communications
  `http://www.data.com`
- LAN Times
  `http://www.lantimes.com/`
- c't
  `http://www.heise.de/ct/`
- ix
  `http://www.heise.de/ix/`
- Gateway
  `http://www.heise.de/gw/`

4.3.2 Dank

Folie 50: Dank

4.3.3 Fragen und Diskussion



Folie 51: Fragen, Diskussion

Der Autor bedankt sich beim Leser bzw. Zuhörer für die Aufmerksamkeit und hofft, daß etwas "rübergekommen" ist :-))

Literatur

[AC95] ALEXANDER, PETER and KACEY CARPENTER: *ATM Net Management: A Status Report*. Data Communications, September 1995. `http://www.data.com/Tutorials/ATM_Net_Management.html`.

[All95] ALLES, ANTHONY: *ATM Internetworking*, May 1995. `http://cell-relay.indiana.edu/cell-relay/docs/cisco.html` oder `http://www.cisco.com/warp/public/614/12.html`.

[AT94] AHMED, MASUMA and KAJ TESINK: *RFC 1695: Definitions of Managed Objects for ATM Management Version 8.0 using SMIv2*, August 1994. Network Working Group.

[Atk94] ATKINSON, R.: *RFC 1626: Default IP MTU for use over ATM AAL5*, May 1994. Network Working Group - IPATM.

[BZ97] BROCKNERS, FRANK und LOTHAR ZIER: *Ab in die Wüste: TCP-Tuning für schnelle Netze*. ix – Magazin für Professionelle Informationstechnik, Seiten 146–153, 07/1997.

[CGC91] COLELLA, RICHARD, ELLA GARDNER, and ROSS CALLON: *RFC 1483: Guidelines for OSI NSAP Allocation in the Interne*, July 1991. Network Working Group.

[Cla88] CLARK, DAVID D.: *The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols*. Computer Communications Review, ACM Press, 18(4):106–114, August 1988.

[Com96] COMMUNICATIONS, DATA: *The 1997 Data Comm Market Forecast*. Data Communications, December 1996. `http://www.data.com/roundups/forecast97.html`.

[Det97] DETKEN, KAI-OLIVER: *Kopflast als Leistungsbremse: Effizienz von IP über ATM*. Gateway – Magazin für Telekommunikation und Netzwerke, Seiten 49–59, 5/1997.

[HA93] HEGERING, HEINZ-GERD und SEBASTIAN ABECK: *Integriertes Netz- und Systemmanagement*. Addison-Wesley, Bonn, 1993. ISBN 3-89319-508-4.

[Hal95] HALSALL, FRED: *Data Communications, Computer Networks and Open Systems*. Addison-Wesley, Harlow, England, fourth edition, 1995. ISBN 0-201-42293-X.

[Hei93] HEINANEN, JUHA: *RFC 1483: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5*, July 1993. Network Working Group - IPATM.

[Hel97] HELD, GILBERT: *Virtual LANs: Construction, Implementation, and Management*. John Wiley & Sons, Bonn, 1997. ISBN 0-471-17732-6.

[HJRS97] HEYWOOD, PETER, MARY JANDER, ERICA ROBERTS, and STEPHEN SAUNDERS: *Standards: The Inside Story – Do vendors have too much influence on the way industry specs are written and ratified?* Data Communications, March 1997. `http://www.data.com/tutorials/standards.html`.

[Hon96] HONISCH, GÜNTER: *Technik Virtueller Netze*. Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik, November 1996.

[Hor95] HORNSCHUH, THOMAS: *Starkstrom: Neue Windows-Sockets-Spezifikation 2.0*. c't – Magazin für Computertechnik, Seiten 246–248, 9/1995.

[HvdL97] HEIN, MATHIAS und NIKOLAUS VON DER LANCKEN: *ATM: Konzepte – Trends – Migration*. Thomson Publishing, 1997. ISBN 3-8266-0214-5.

[KKR97] KRÖNER, HANS, PAUL J. KÜHN und THOMAS RENGER: *Management von ATM-Netzen*. it+ti – Informationstechnik und Technische Informatik, Seiten 5–14, Februar 1/1997.

[Lau94] LAUBACH, M.: *RFC 1577: Classical IP and ARP over ATM*, January 1994. Network Working Group - IPATM.

[MJ96] MANDEVILLE, ROBERT and JOHNA TILL JOHNSON: *Forget the Forklift – Tests show that LAN emulation can really link legacy networks across an ATM backbone*. Data Communications, September 1996. `http://www.data.com/Lab_Tests/Forklift.html`.

[MN97] MANDEVILLE, ROBERT and DAVID NEWMAN: *Virtual LANs – VLANS: Real Virtues*. Data Communications, May 1997. `http://www.data.com/lab_tests/vlan_switches.html`.

[MS97] MANDEVILLE, ROBERT and DEVAL SHAH: *Lab Test – Mix-and-Match ATM: LANE interoperability is real–and in our latest lab test we've proven it*. Data Communications, July 1997. `http://www.data.com/lab_tests/mix.html`.

[Rig97] RIGGERT, WOLFGANG: *ATM-Renner ohne Lenkrad: Netzmanagement in ATM-Netzen*. Gateway – Magazin für Telekommunikation und Netzwerke, Seiten 106–107, 5/1997.

[Rob96] ROBERTS, ERICA: *Virtual LANs? – How Real? How Soon? Here's How*. Data Communications, October 1996. `http://www.data.com/roundups/virtual_lans.html`.

[Rob97] ROBERTS, LAWRENCE G.: *Cell in Frames – CIF: Affordable ATM, At Last*. Data Communications, April 1997. `http://www.data.com/tutorials/cif.html`.

[SHK+97] SCHILL, ALEXANDER, ROBERT HESS, SASCHA KÜMMEL, DIETER HEDGE und HOLGER LIEB: *ATM-Netze in der Praxis : Einsatzszenarien, Produktkategorien, aktuelle Standards*. Addison-Wesley-Longman, Bonn, 1997. ISBN 3-8273-1150-0.

[Sie96] SIEGMUND, GERD: *Technik der Netze*. v. Decker, Heidelberg, 1996. ISBN 3-7685-2495-7.

[SWL97] SCHULTZ-WILD, LORE und BURKHART LUTZ: *Industrie vor dem Quantensprung: Eine Zukunft für die Produktion in Deutschland*. Springer, Berlin, 1997. ISBN 3-540-61246-7.

[Tan96] TANENBAUM, ANDREW S.: *Computer Networks*. Prentice-Hall, third edition, 1996. ISBN 0-13-394248-1.

[TL96] TINSLEY, RICK and LARRY LANG: *ATM MPOA vs. IP Switching*. Data Communications, September 1996. http://www.data.com/tutorials/switch.html.

[WWW97a] *Approved ATM Forum Technical Specifications*, 1997. http://www.atmforum.com/atmforum/specs/approved.html.

[WWW97b] *ATM Forum*, 1997. http://www.atmforum.com/.

[WWW97c] *ATM Forum: ATM Service Categories*, 1997. http://www.atmforum.com/atmforum/library/service_categories.html.

[WWW97d] *ATM Forum: Multi-Protocol Over ATM (MPOA)* , 1997. http://www.atmforum.com/atmforum/library/mpoa.html.

[WWW97e] *ATM Forum Spec Watch*, 1997. http://www.atmforum.com/atmforum/specs/specwatch.html.

[WWW97f] *Cells In Frames Version 1.0: Specification, Analysis and Discussion*, 1997. http://www.cif.cornell.edu/specs/v1.0/CIF-baseline.html.

[WWW97g] *International Standards Organization ISO*, 1997. http://www.iso.ch/.

[WWW97h] *International Telecommunications Union ITU*, 1997. http://www.itu.ch/.

[WWW97i] *Internet Engineering Task Force IETF*, 1997. http://www.ietf.org/.

[WWW97j] *The Cells in Frames Alliance: ATM Over Everything*, 1997. http://www.cif.cornell.edu/.

[Zie96] ZIER, LOTHAR: *Eintopf: MPOA-Funktionsvielfalt in ATM-Netzen*. ix – Magazin für Professionelle Informationstechnik, Seiten 126–131, 9/1996.