



Vorlesung

VPN: Drahtgebunden und drahtlos

Fachbereich Informatik (FB 20)

Lehrstuhl Prof. Buchmann

WS-05 / V2 - 20.205.1

In Zusammenarbeit mit dem CAST-Forum

Dr. Wolfgang Böhmer

Skript: <http://www.cdc.informatik.tu-darmstadt.de/~wboehmer/>

Email: wboehmer@cdc.informatik.tu-darmstadt.de





Vorlesungsinhalt

4. Weitverkehrsnetze (WAN)

1. Fast-Packet-Switching (FPS)
2. Frame-Relay
3. MPLS über Frame-Relay
4. Asynchroner Transfer Modus (ATM)
5. ATM-Referenzmodell
6. MPLS über ATM-Verbindungen
7. IP/MPLS und Multiprotokoll Lambda Switching (MP λ S)





Weitverkehrsnetze (WAN)

- Distanzüberbrückung zwischen Firmennetzen
- Ausdehnung von 1.000 km oder 10.000 km
- Liefern die Grundstruktur für VPN-Technologie (*Extranet-VPN*)
- WAN-Techniken folgenden dem Datenvermittlungskonzept wie bei X.25, SDH, und ATM zu finden sind
- Unterschied in der Struktur von LAN- und WAN-Welt die zumindest bei den Ende-zu-Ende VPN berücksichtigt werden muss
 - LAN-Welt transportiert Ziel- und Nutzinformationen in einer Dateneinheit
 - Verbindungslose Netze (TCP/IP)
 - Oft wird eine Interpretation bis Layer-4 notwendig
 - WAN-Welt unterscheidet strikt zwischen Signalisierung und Nutzweg
 - verbindungsorientiert
 - Signalisierung bis Layer-3
 - Nutzdaten innerhalb Layer-1 und 2





FAST-Packet-Switching (FPS)

- FPS ist Grundlegendes Verkehrskonzept in der Hochgeschwindigkeitskommunikation
- In den 60 Jahren wurde bei der klassischen Paketvermittlung eine virtuelle Verbindung nicht nur zu den Endgeräten, sondern auch in den Vermittlungsknoten eingerichtet. Allerdings wurde eine Verarbeitung auf Layer-3 notwendig.
- FPS-Netze vollzieht eine Weiterleitung auf Layer-2, ohne aufwendiges Routing. Fehler- und Flusskontrolle entfällt.
 - Aufteilung der Layer-2 in weitere drei Sublayer
 - Fast-Packet-Relay
 - Fast-Packet-Adaption
 - Data-Link-Control
 - FPS-Technologie ist in zwei unterschiedliche Betriebsverfahren zergliedert.
 - Frame-Relay mit dem Packet-Switching / Datenpakete mit variabler Länge
 - ATM mit Cell-Relay / Datenpakete mit konstanter Länge





Frame-Relay / Überblick

- Das Dilemma der heutigen Unternehmen:
 - mehr Investitionen in die Informationstechnik erforderlich
 - härterer Wettbewerb und Kostensenkungen erforderlich, gerade für die Anbindung von Niederlassungen, Außendienstmitarbeitern und Partnern.
 - Kostenblock der Weitverkehrsverbindungen bei zunehmenden Bandbreitenzuwachs
- Lösung z.B. Frame-Relay Verbindungen
 - Frame-Relay ist laut VPN-Definition ein VPN der ersten Generation
 - Frame-Relay-Netze sind vermaschte Netze
 - Pakete werden mittels Frame-Handler (*FH*) vermittelt, dabei können Netze teilvermascht oder hierarchisch mit Backbone- und/oder Anschlußnetzen aufgebaut werden. In diesen erfolgt der Datentransport über die FH-Knoten.
 - Zugangnetze bilden den Anschluss über herkömmliche Fernmeldenetze zum Endteilnehmer, sowie zu anderen Netzwerkarchitekturen, mittels FRAD





Frame-Relay / Kennzeichen

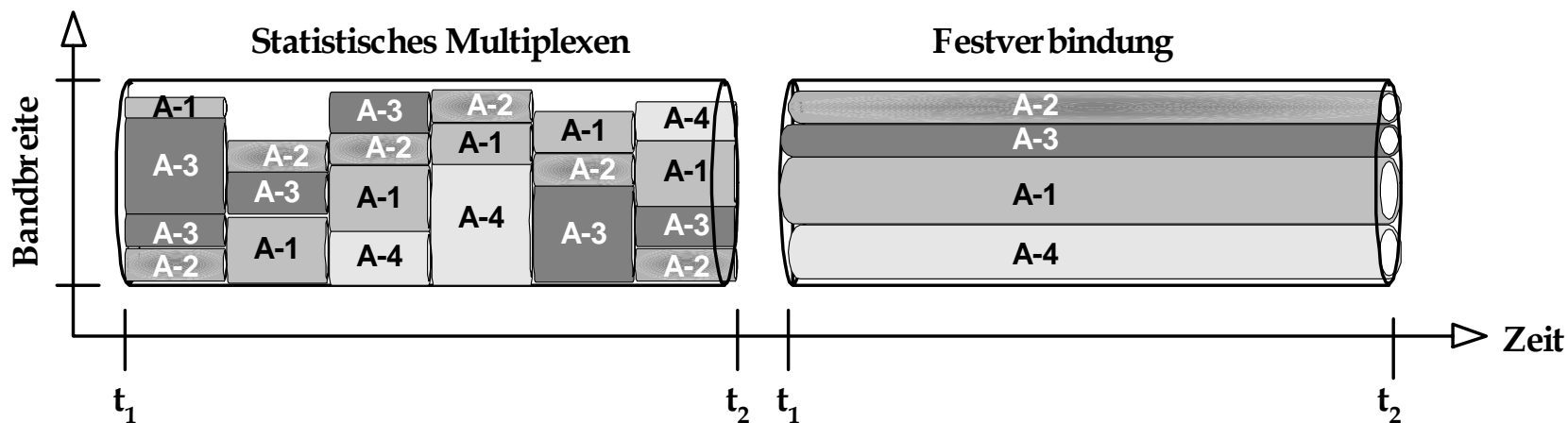
- FR hat gegenüber X.25 Verbindungen Vorteile
 - Geschwindigkeitsvorteile Nettodurchsatz von ca. 4 kbit/s
 - Kapazitätsvorteile (ca. 30-fache (2 Mbit) einer X.25 Verbindung übertragen werden)
 - weniger Steuerdaten, da ausschließlich digitale Strecken genutzt werden, somit weniger Fluß- und Kontrollmechanismen
- Sanfte Migration von X.25 zu FR-Verbindungen, ohne Investition in Hardware möglich
 - Software-upgrade auf Multiplexern, Routern, etc. erforderlich
 - FR auftretender Burst bei gleichzeitiger permanenter Grundlast ohne Probleme zu handhaben.
 - FR nutzt konsequent die verbindungsorientierte FPS-Technologie
 - gewählte virtuelle Verbindungen (SVC)
 - festgeschaltete Verbindungen (PVC)
 - Realisierung durch statistisches Multiplexen





Frame-Relay / Statistisches Multiplexen

- Nur bestimmte Wege werden durch das Netz festgelegt
- Keine explizite Bandbreitenzuordnung
- Erforderliche Bandbreite wird erst auf Anforderung dynamisch (Paket für Paket) zugewiesen
- Innerhalb einer physikalischen Verbindung können logische Verbindungen geschaltet werden
- Daten/Informationen werden nicht in nummerierte Frames übertragen, keine Sendeseq. und keine Empfangsseq. Nummern
- Framegröße ist variabel, max Wert 2100 Byte.





Frame-Relay / Mehrfachausnutzung der Leitung

- (Vereinbarter) Datendurchsatz CIR = Committed Burst Size/festes Zeitintervall ($CIR = Bc/Tc$)
- Be = Excess Burst Size (maximal zu übertragene Datenmenge) begrenzt durch die Access Rate (AR) es gilt $0 < Be < (AR - CIR) * TC$

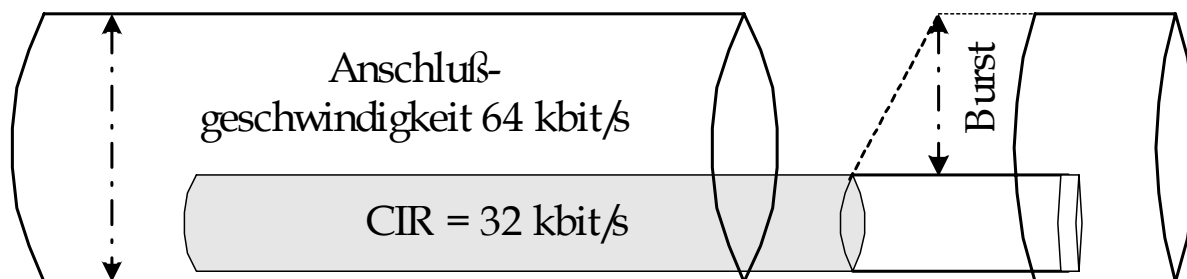
AR = 64 kbit/s

CIR = 8 Kbit/s = 8000 bit/s

$Bc = 8 \text{ Kbit} = 8000 \text{ bit ca. } 1000 \text{ Byte}$

$Be = (64 - 8) \text{ kbit} = \text{ca. } 7000 \text{ Byte}$

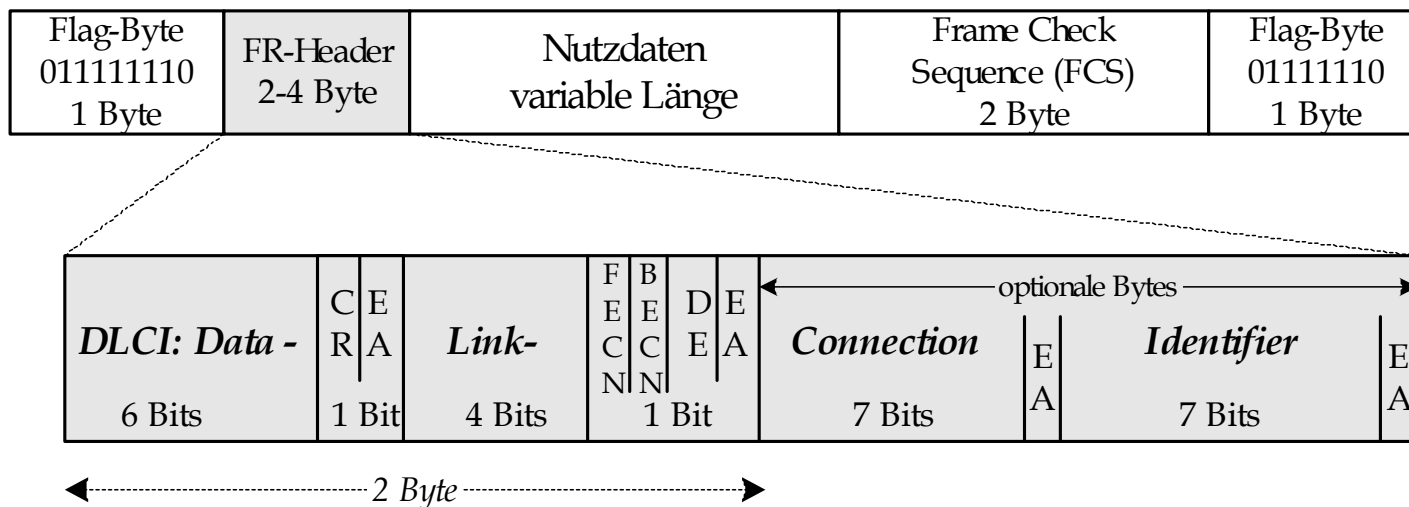
Ethernet MTU = 64 byte bis 1518 byte





Frame-Relay Frame-Format in Anlehnung an HDLC

- FR-Paket folgt dem Header -Trailer-Verfahren
- Header kann verschiedentlich zwischen 2-4 Byte groß sein
 - Header-Ende durch EA-Bit angezeigt
 - Nutzer-Anwendungen durch CR-Byte
 - Flußkontrolle durch FECN/BECN
 - Überlastregulierung durch DE-Bit





Frame-Relay keine Plattform der Zukunft

- FR liefert Ansatz zur Quality-of-Service (QoS), also dem Best-Effort-Service überlegen
- Interessante Kombination mit L2F-Tunneltechnik,
 - L2F Adressierungsprobleme aus der Perspektive der ISP werden gelöst
 - gesicherte Layer-2 Kommunikation wird erreicht
 - flexible Plattform zur LAN-to-LAN-Kopplung mit PVC und SVC

Nutzdaten	X.25	ATM	Frame-Relay
8 byte	87,5%	562,5%	62,5%
512 byte	5,5%	13,9%	1%
1500 byte	5,6%	13,1%	0,3%

Frage: Warum ist Frame-Relay nicht die Plattform der Zukunft?





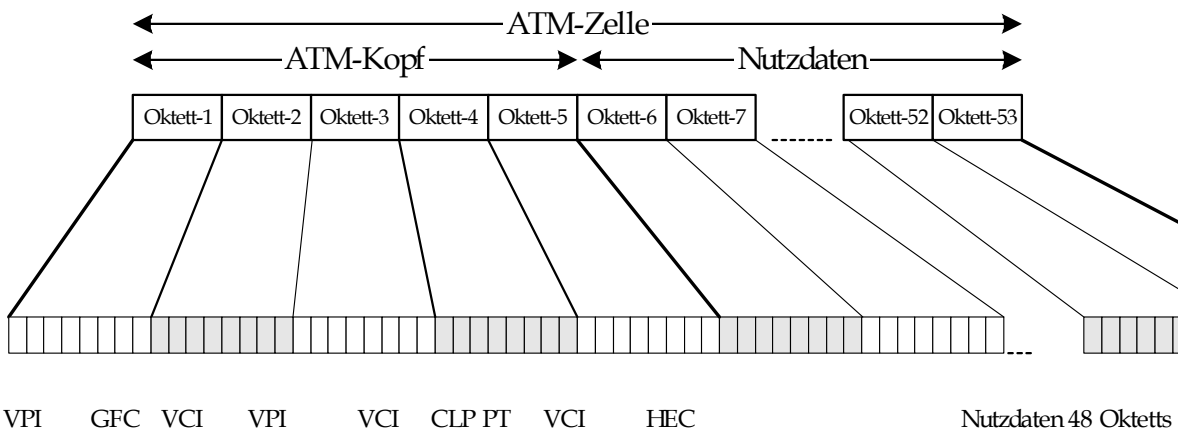
Asynchroner Transfer Modus (ATM)

- Erste Pilotversuche Beginn der 90er Jahre
- ATM-Technologie komplex und sehr mächtig, bezogen auf VPN heißt dies:
 - Breitband-Service bis zum Endgerät, falls Infrastruktur ausgelegt ist
 - ATM-Trägertechnologie somit Gleichstellung anderer Layer-2 Protokolle, wie z.B. Ethernet
- Paketorientiertes Verfahren arbeitet auf Schicht-2 OSI-Referenzmodell
 - Einsatz unterschiedlicher Medien möglich von 2 Mbit, 34 Mbit, 155 Mbit - 622 Mbit
- Vermittlungsansatz in ATM-Netzen
 - alle nicht notwendigen Funktionen aus den Vermittlungsfunktionen entfernt
 - Verlagerung diese Funktionen in die periphere Einheiten
 - Vollständige Implementierung in Hardware möglich
 - Vermittlung geschieht auf Basis von kurzen Paketen gleicher Länge (Zellen)
 - ATM-Zelle umfasst 53 Oktetts, mit 5 Oktetts (Header) plus 48 Oktetts (Payload)





ATM-Zelle



- UNNI-Header
- NNI-Header
- Zellkopf bestimmt Zellen zur gleichen VC
- Zellen werden im Zeitfenster asynchron übertragen (asynchrone Zeitmultiplextechnik, TDM)
- Verbindungsorientierte Technik (Signalisierung)

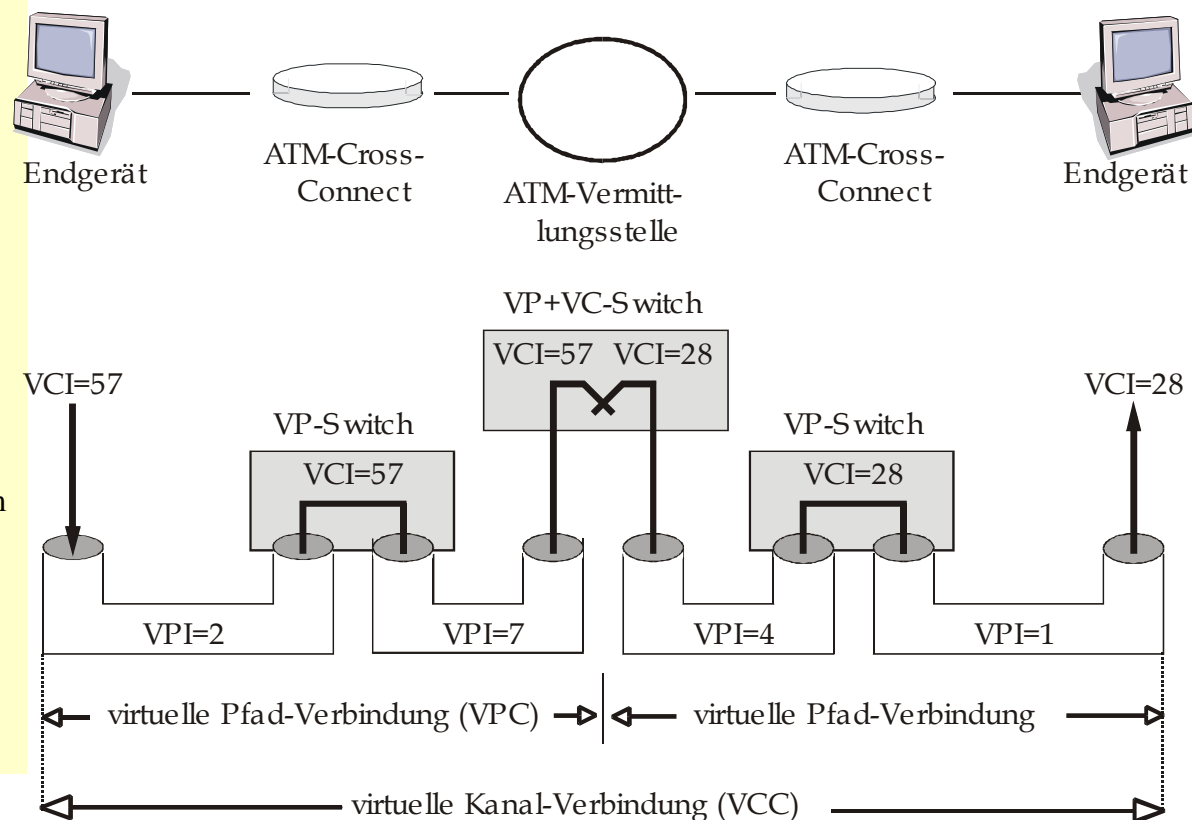
CLP = Cell Loss Priority (Prioritätsfeld bei eventuellem Zellverlust)
GFC = Generic Flow Control (Datenflusskontrolle)
HEC = Header Error Control (Zellkopf-Prüfsummen-Kontrolle)
PT = Payload Type (Nutzdatenidentifikationsfeld)
VCI = Virtual Channel Identifier (Adressierung eines virtuellen Kanals)
VPI = Virtual Path Identifier (Adressierung eines virtuellen Pfades im System)





ATM und die virtuellen Verbindungen

- Virtuelle Verbindungen sind durch Pfade (VP) und Kanäle (VC) gekennzeichnet
- ATM-Knoten können nach Pfaden und nach Kanälen vermitteln.
- Für die Dauer einer virtuellen Verbindung wird eine vereinbarte Dienstgüte zugesichert.
- Virtueller Pfad entspricht einer virtuellen Hochgeschwindigkeitsstandleitung, in dem mit virt. Kanälen private Subnetze eingerichtet werden können.
- Analogie zur Weichenphilosophie im Eisenbahnbau. Switches entsprechen den Kreuzungspunkten. Ein Schaltelement benötigt nur zwei Zustände (0) geradeaus und (1) überkreuz.





Dienste-Einteilung in vier Klassen (I.362)

- Verantwortlich für die Dienstgüten ist die Adaptionsschicht
- Adaptionsschicht bildet die Dienstgüten in vier Klassen ab

	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zeitbezug	zeitkontinuierlich		Nicht zeitkontinuierlich	
Bitrate	Konstant (CBR)	Variabel (VBR)		
Verbindungsart	Verbindungsorientiert (CO)			Verbindungslos (CL)
Beispiele	Circuit Emulation	Video	Datenübermittlung	





Dienstgüteklassen in ATM-Netzen (AF56-96)

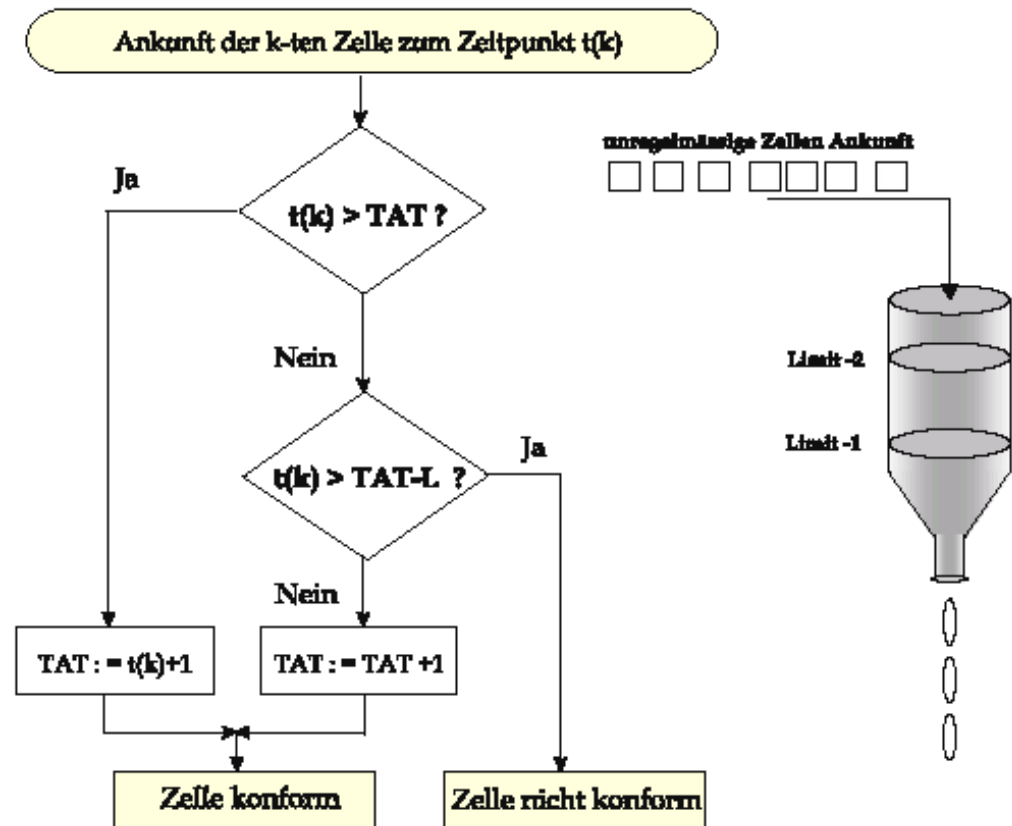
Dienstgüte	Verkehrskarakteristik	Dienstgarantien	Dienstgüte
CBR (Constant Bit Rate)	Isochroner Verkehr Klasse A	Konstante Zellenrate; begrenzte Verzögerungen; Begrenzte Fehlerrate	PCR (Peak Cell Rate) maxCTD (Maximum Cell Transfer Delay) CDVT (Cell Delay Variation Tolerance) CLR (Cell Loss Rate)
rt-VBR (Real-Time Variable Bit Rate)	Realzeit-Bedingungen; variable Zellenrate Klasse B	Am Mittelwert orientierte Zellenrate; begrenzte Verzögerungen; begrenzte Fehlerrate	PCR, SCR (Sustainable Cell Rate), MBS (Maximum Burst Size), MaxCTD, CDVT, CLR
nrt-VBR (Non-Real-Time Variable Bit Rate)	Keine Realzeit-Bedingungen; variable Zellenrate Klasse C + D	Am Mittelwert orientierte Zellenrate; Begrenzte Fehlerrate;	PCR, SCR MBS, CLR
ABR (Available Bit Rate)	Keine Realzeit-Bedingungen; Mindestzellenrate; Mitbenutzung freier Kapazitäten Klasse C + D	Mindest-Zellenrate: fairer Anteil an unreservierter Kapazität; begrenzte Fehlerrate	PCR, MCR (Minimum Cell Rate) CLR
UBR (Unspecified Bit Rate)	Sporadische Nutzung von Kapazitätislücken	Keinerlei Zusicherung	PCR





Verkehrs- und Überlaststeuerung

- Betrachtung der ATM-Netz-Technologie aus Sicht des *traffic and congestion control*
- Überwachung einzelner Zellen reicht nicht aus
- Flexibleres Verfahren erforderlich, dass eine gewisse Bursttoleranz ermöglicht
- Analogie des undichten Eimers ist treffend

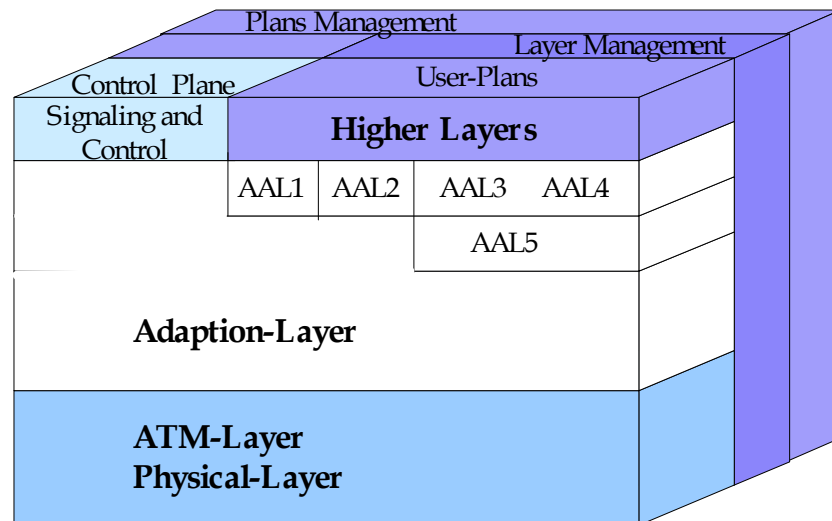




ATM-Referenzmodell

Funktionen höherer Schichten	Höhere Schichten	
Konvergenz	CS	AAL
Segmentieren und Zusammensetzen	SAR	
Generische Flusskontrolle Erzeugen / Extrahieren des Headers Übersetzen der VPI- Werte / VCI-Werte Zellen-Multiplex und -Demultiplex	ATM	
Entkopplung der Zellrate Erzeugen und Verifizieren der HEC-Sequenz Erkennen von Zellanfangs und -ende Anpassen an den Übertragungsrahmen Erzeugen / Erkennen des Übertragungsrahmen	TC	PL
Bit-Timing / Synchronisation Physikalisches Medium	PM	

- AAL-Typ1: Zeitkontinuierliche Dienste mit konstanter Bitrate
- AAL-Typ2: Zeitkontinuierliche Dienste mit variabler Bitrate
- AAL-Typ 3/4: gesicherte verbindungsorientierte bzw. verbindungslose Datenübermittlung
- AAL-Typ 5: Einfache und schnelle Datenübermittlung
- ATM-Schicht sorgt für den Zelltransport und Vermittlung





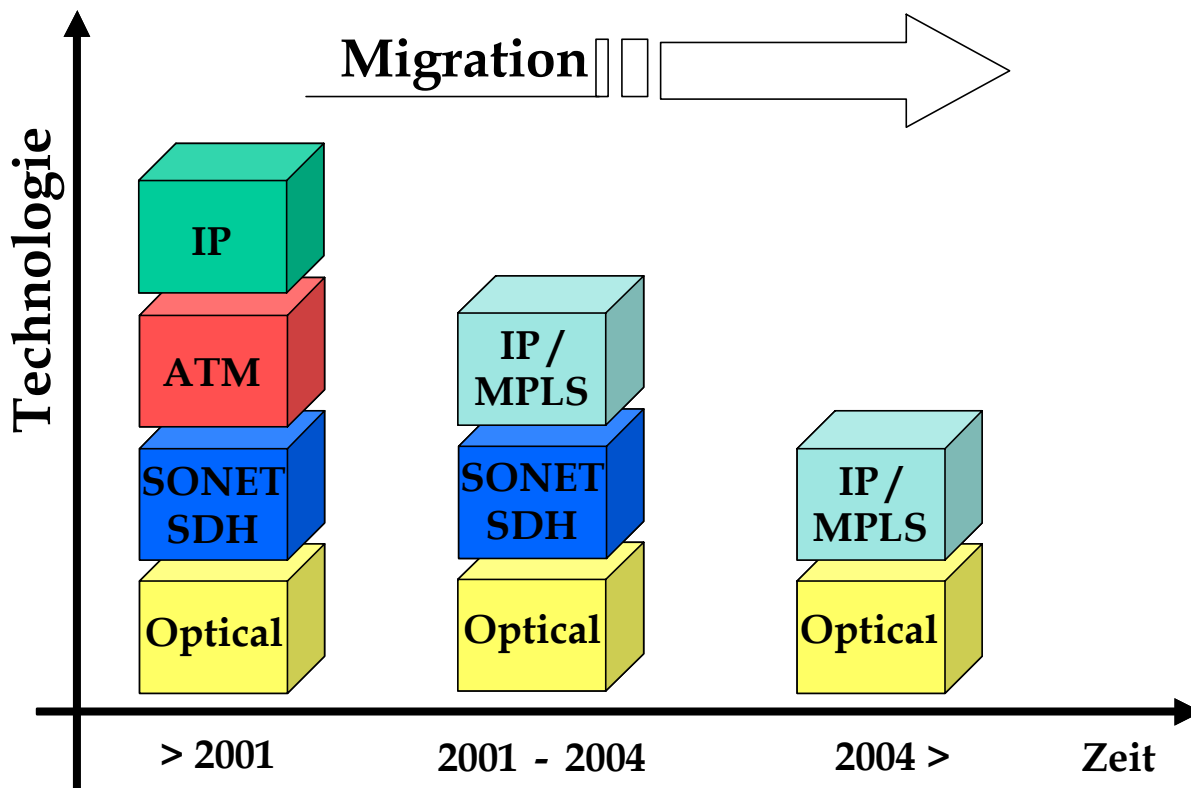
MPLS über ATM-Verbindungen

- MPLS verfolgte Grundidee IPv4 in ATM und Frame-Relay zu integrieren
- Frame-basierende Umgebung kommt einem *stream merging*-Verfahren entgegen
 - Mehrere *upstream*-Labels können in einen *downstream*-Label zusammengefasst werden
 - Es müssen hierzu keine Änderungen in einer MPLS Label-Swapping Struktur vorgenommen werden
- *Stream Merging*-Verfahren sind sehr komplex und unhandlich in der ATM-Technologie umgesetzt
- Zwei Hilfskonstruktionen für ATM entworfen um MPLS zu unterstützen
 - VC-Zusammenführung in dem mehrere VC in einem Knoten zusammengeführt werden
 - VP-Zusammenführung, in dem mehrere VP in einem Switch gekoppelt werden. Die VCI innerhalb einer VP-Zusammenführung Frames von verschiedenen Quellen
- Langfristig ist ATM nur als Übergangstechnologie anzusehen
- Zukünftig werden optische Netze als Transportplattformen für MPLS dienen





Zeitlich prognostizierte Entwicklung von IP-MPLS





Übungsaufgaben

1. In welcher Dienstgütenklasse und in welcher Verkehrscharakteristik ist bei ATM in der Regel eine eMail angesiedelt?
2. In welcher Dienstgütenklasse und in welcher Verkehrscharakteristik ist bei ATM eine eMail platziert die mit High Priority versandt wurde?
3. In welcher Dienstgütenklasse und in welcher Verkehrscharakteristik soll ein Video-Stream eingebracht werden, damit die Laufzeitverzögerungen so gering wie möglich sind?
4. Welchen Unterschied gibt es in der Dienstgüte zwischen Internet und Frame-Relay?





Literatur

- <http://www.tu-darmstadt.de/vvws03/comments/20.205.1>
- **Huston G.: Internet Performance Survival Guide, QoS Strategies for Multiservice Networks, ISBN 0-471-37808-9**
- **Das neue Internetprotokoll IPv6; Mobilität, Sicherheit, unbeschränkter Adressraum und einfaches Management; Hanser-Verlag, 2002, ISBN 3-446-21685-5**
- **Comer, 1995: Internetworking with TCP/IP Vol. I., ISBN 0-13-216987-8**
- **Tanenbaun, 2000: Computernetzwerke, 3. revidierte Auflage, ISBN 3-8273-7011-6**

