14 ATM

Für die Übertragung von ATM-Signalen ist SDH wichtig. Daher wird zunächst auf die gängigen Weitverkehrs-übertragungssysteme eingegangen. ATM kann entweder direkt übertragen werden oder über SDH. PDH wird nicht mehr unterstützt.

14.1 Plesiochrone Digitale Übertragungshierarchie

Plesiochron: die einzelnen Signale an einem Multiplexer können abweichende Taktraten besitzen. So sind z.B. für DS1 (1.544 kb/s) Schwankungen von ± 75 b/s zugelassen. Der Multiplexer überträgt mit einer höheren Bitrate als die Summe der (z.B. 4) Eingangssignale und gleicht die verschiedenen eintreffenden Datenraten durch hinzufügen von Stopfbits an. Die Stopfbits werden gekennzeichnet und im Empfänger (Demultiplexer) wieder entfernt. So werden die ursprünglichen Datenraten wiederhergestellt.

Multiplex-Ebene	Europa	Nordamerika	Japan
1	E1 2.048 kb/s = 32 * 64 kb/s	DS1 1.544 kb/s	1.544 kb/s
2	E2 8.448 kb/s = 4 * E1	DS2 6.312 kb/s (x4)	6.312 kb/s (x4)
3	E3 34.368 kb/s = 4 * E2	DS3 44.736 kb/s (x7)	32.064 kb/s (x5)
4	E4 139.264 kb/s = 4 * E3		97.728 kb/s (x3)

Abbildung 14.1-1: Plesiochrone Digitale Übertragungshierarchie in Europa, Nordamerika und Japan

14.2 Synchrone Digitale Übertragungshierarchie

Mit der Einführung digitaler Vermittlungsstellen geht der Trend zur Synchronen Digitale Übertragungshierarchie SDH. Die Multiplextechnik hat als Grundlage den Takt der Sprachabtastrate von 125 µs. Die Tabelle zeigt die von CCITT spezifizierten Datenraten, wo bei jedoch nur Level 1 (155 Mb/s), Level 4 (622 Mb/s) und Level 16 (2,5 Gb/s) eingesetzt werden.

Level	STM-1	STM-4	STM-8	STM-12	STM-16
Übertagungsrate [Mb/s]	155,52	622,08	1244,16	1866,24	2488,32
Nutzbitrate [Mb/s]	148,608	594,432	1188,864	1783,296	2377,728

Abbildung 14.2-1: Synchrone Digitale Übertragungshierarchie

Beispiel: Übertragung mit Level 1 = 155,52 Mb/s.

Daten werden in Containern von 125 µs Dauer transportiert. Bei 155 Mb/s besteht der Container aus 270*9 Bytes = 19440 Bits => 19440 Bits / 125 µs = 155,52 Mb/s, vgl. Abbildung 14.2-2, und wird grob in zwei Felder unterteilt: der *Overhead* und die *Payload*.

Overhead:
Das Feld für den *Overhead* ist 9*9 Bytes = 648 Bits groß (=5,184 Mb/s) und enthält Informationen für die Multiplexer selbst (*section overhead*) und Zeiger auf *Administrative Units* AU, die die Nutzdaten enthalten, vgl. Abbildung 14.2-3 links.

Payload:
Das Feld für die Nutzlast ist 261*9 Bytes = 18792 Bits groß (= 150,336 Mb/s). Es enthält *Administrative Units* AU, die aus virtuellen Containern und Pfadzusatz-informationen bestehen. In einem virtuellen Container können sich wiederum *Administrative Units* befinden. Das Feld AU_Pointer_B enthält dann Zeiger auf diese AU, vgl. Abbildung 14.2-3 rechts.

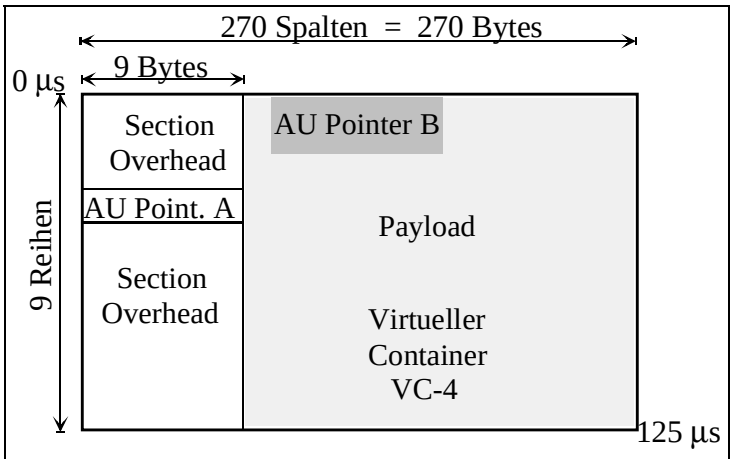


Abbildung 14.2-2 STM-1 Rahmen (155 Mb/s)
Übertragung reihenweise von links oben nach rechts unten

Diese Art des Multiplexens hat den Vorteil, daß direkt auf ganze Datenströme oder auch auf einzelne Kanäle zugegriffen werden kann, ohne daß eine Multiplexhierarchie abgebaut werden muß. SDH eignet sich daher für schnelle Übertragungen.

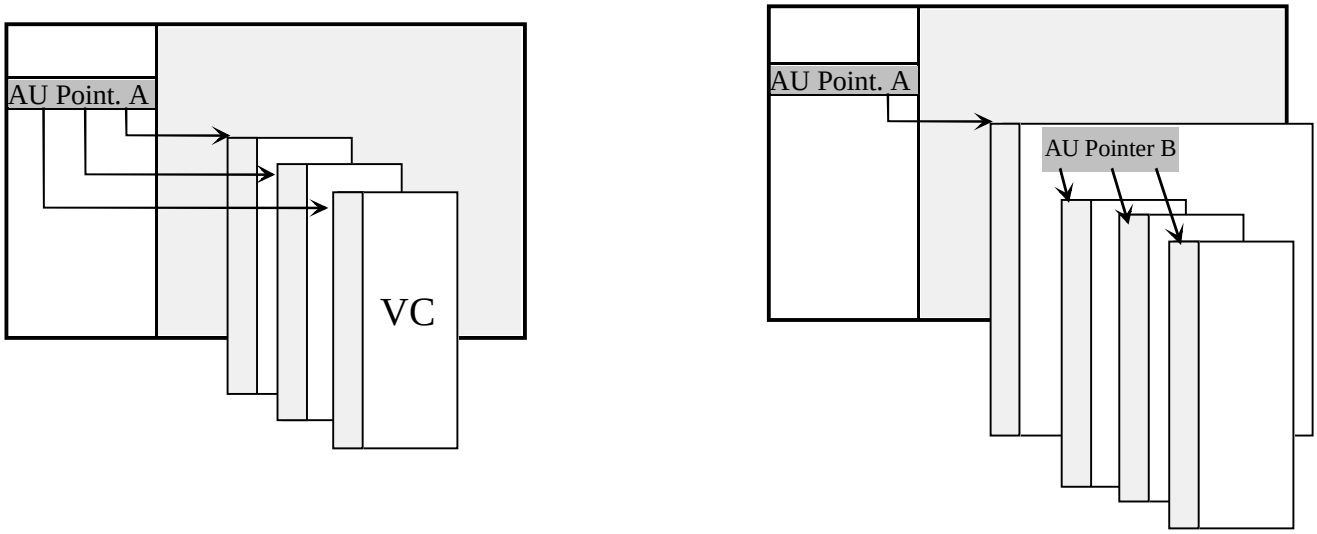


Abbildung 14.2-3: Daten sind in virtuellen Containern VC enthalten.

Beispiel für ein SDH-Netz mit permanten virtuellen Verbindungen:

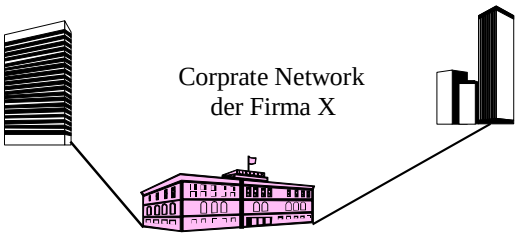


Abbildung 14.2-5: Logisches Firmennetz

Die Add-/Drop-Multiplexer ADM können Permant Virtual Connections PVC (auch Circuit oder Channel) aufbauen. Mit Hilfe der Pointer VC kann in einem SDH-Container sehr schnell auf die Daten zugegriffen werden und diese können auf eine andere Verbindung umgesetzt werden (mappen). Die Multiplexer haben Schaltfunktionen, die über das Network Management System NMS eingestellt werden (cross connect).

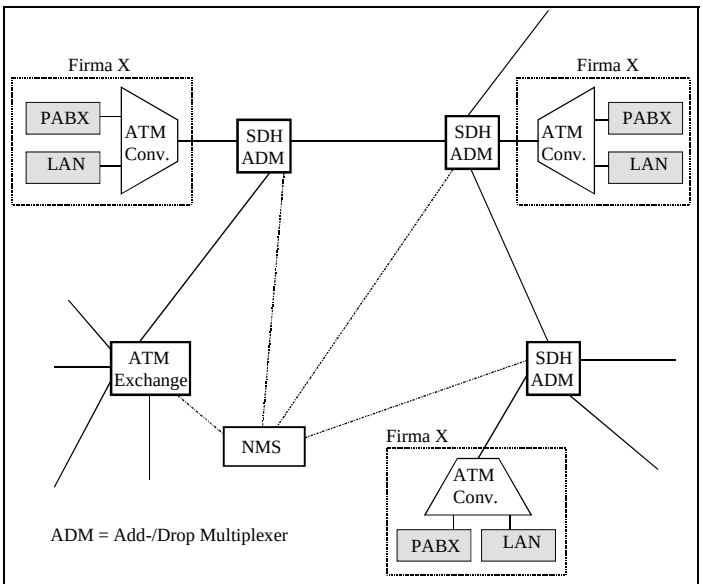


Abbildung 14.2-4: Physikalisches Netz mit virtuellen Verbindungen

14.3 ATM Einführung

Mit der Verbreitung der Glasfaser gab es riesige Übertragungskapazitäten. An den Enden der Leitung, d.h. bei den Multiplexern (cross connect) und den Vermittlungsstellen (exchange), konnte man jedoch nicht mithalten. Die Netzknoten waren plötzlich der Enpaß und man fing an, eine Übertragungstechnik mit folgenden Eigenschaften zu schaffen:

- Die Übertragungs- und Vermittlungstechnik soll alle Nutzraten von Schmalband bis Breitband unterstützen.
- Die Übertragungs- und Vermittlungstechnik soll alle Arten von Daten unterstützen: Sprache, Video, Paketdaten usw.
- Die Gestaltung der übertragenen Signale soll die Implementierung von Netzknoten mit sehr hohem Durchsatz erlauben.
- Auf der Übertragungsstrecke sollen hohe Bitraten einfach realisierbar sein.
- Neben den Nutzdaten sollen Signalisierungskanäle zur Alarmierung und zum Management der Netzknoten vorhanden sein.

Die Lösung dazu ist der *Asynchronous Transfer Mode* ATM. Erste Experimente mit ATM begannen etwa um 1970. Der kommerzielle Einsatz begann im Bereich lokaler Netze Anfang der 90er Jahre.

Herausragende Merkmale von ATM:

- **Dateneinheiten fester Länge**
- **Virtuelle Verbindungen im Netz**

14.3.1 Protokoll-Modell

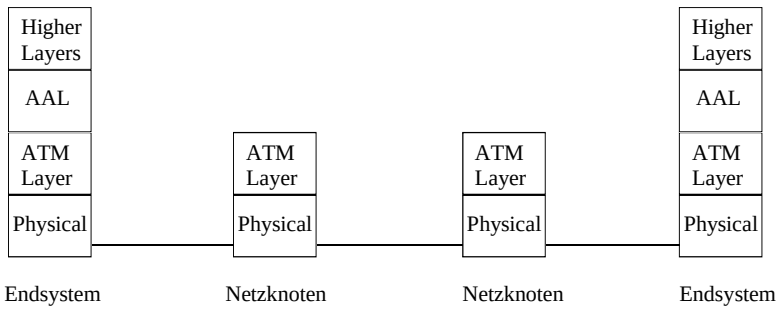


Abbildung 14.3-1: Netzknoten realisieren nur zwei Schichten

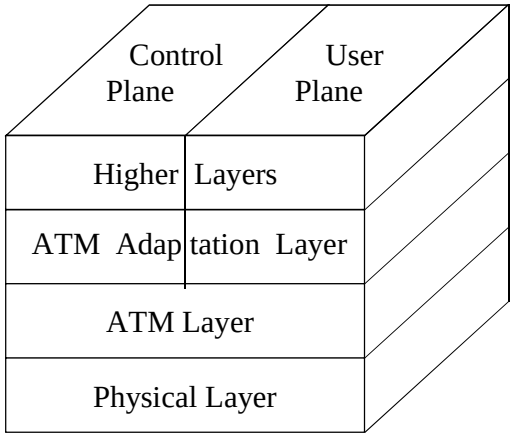


Abbildung 14.3-2: ATM Protokollstruktur

Das Protokollmodell unterscheidet zwischen zwei Bereichen:
- der Benutzerebene (User Plane) für die Nutzdaten und der
- Signalisierungsebene (Control Plane) z.B. für den Verbindungsaufbau.

ATM Adaptation Layer AAL	Anpassung der Dienste an Übertragung Segmentieren/Reassemblieren
ATM Layer	Generieren/Extrahieren der Header Übersetzen von VPI/VCI Multiplexen der Zellen Flußkontrolle
Physical	Entkoppeln der Zellraten Generieren/Verifzieren der Prüfsumme HEC Zellenbegrenzung Generieren des Übertragungsrahmens Bittakt, Synchronisation SDH oder PDH UTP-Kat5, *multimode* oder *monomode* Glasfaser

Abbildung 14.3-3: Funktionen der Protokollschichten

14.4 ATM Layer

14.4.1 ATM Cell

Hohe Datenraten in den Netzknoten werden erreicht, indem die Protokolle innerhalb des Netzes drastisch reduziert werden:

- Daten werden ungesichert übertragen.
- Es gibt keine Flußkontrolle innerhalb des Netzes
- Es gibt keine Fehlererkennung, z.B. *Hop_Count*.

Header	Payload
5 Bytes	48 Bytes

Abbildung 14.4-1: ATM-Zelle mit 53 Bytes

Alle diese Aufgaben werden an den Rand des Netzes gedrängt und von den Endknoten übernommen.

Die feste Länge der Datenpakete vereinfacht die Behandlung der Daten in den Netzknoten:

- Keine Überprüfung der Paketlänge
- Die Warteschlangen werden sehr einfach (*Memory Management*)
- Segmentierung ist überflüssig.

Die Länge der Zelle von 5+48 Bytes ist ein Kompromiß zwischen Sprach- und Datenübertragung

Die Felder im Header sind:

GFC	Generic Flow Control
VPI	Virtual Path Identifier
VCI	Virtual Channel Identifier
PT	Payload Type
CLP	Cell Loss Priority
HEC	Header Error Check

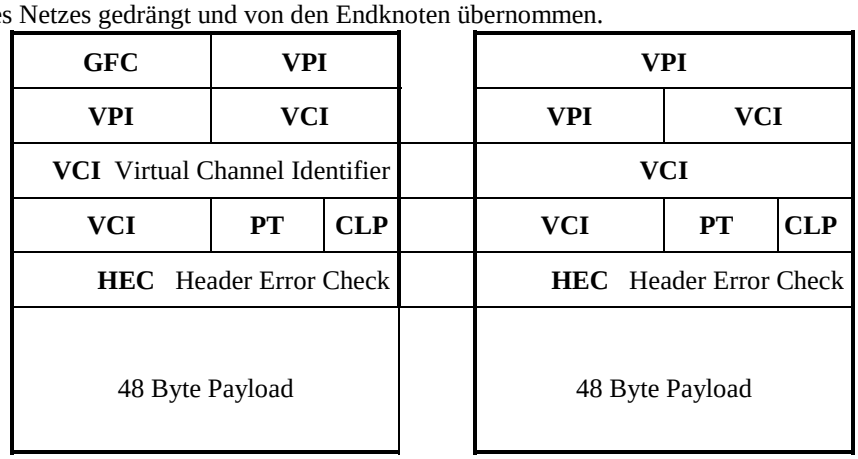


Abbildung 14.4-2: ATM Zelle am *User-Network Interface* (links) und am *Network-Network Interface* (rechts)

Generic Flow Control GFC: Flußkontrolle findet nur zwischen dem User und dem Netz statt. Damit werden momentane Überlastsituationen beherrscht, denn die Nutzerbandbreiten können erheblich schwanken.

Virtual Path Identifier VPI: 8 bzw. 12 Bit; identifziert einen Pfad. Der Pfad kann mehrere Verbindungen enthalten.

Virtual Channel Identifier VCI: 16 Bit; identifiziert Verbindungen zwischen ATM-Stationen. VPI und VCI zusammen bestimmen die Adresse des Endgerätes.

Payload Type PT: 3 Bit; kennzeichnet, ob die *Payload* Nutzdaten oder Managementinformationen (Signalisierung) trägt.

Cell Loss Priority CLP: 1 Bit; zeigt an, ob die Zelle bei Überlast weggeworfen werden kann.

Alle Daten (Video, Sprache, Daten, Fax,..) müssen in 48 Byte große Stücke zerschnitten werden.

Der Inhalt der ATM-Zellen wird verwürfelt : $G(x) = x^{31}+x^{28}+1$ Distributed Sample Scrambling DSS

14.4.2 ATM Switching

Für die Übertragung und Vermittlung gibt es ein zweistufiges hierarchisches Verbindungskonzept:

- *Virtual Channel* VC : eine unidirektionale Verbindung, die von einer Anwendungen zum Datentransport genutzt wird (wie virtuelle Verbindung in X.25 oder logische Verbindung in Frame Relay).
- *Virtual Path* VP : ein Bündel virtueller Kanäle VC mit den gleichen Endpunkten, z.B. Endgerät oder Netzknoten wie Multiplexer oder Vermittlungsstelle.

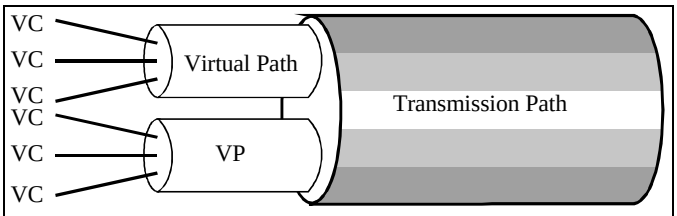


Abbildung 14.4-3, ATM Übertragung: Der Transmission Path ist physikalisch, VP und VC sind logisch.

Das Vermitteln von Verbindungen erfolgt in Multiplexern und in Vermittlungsstellen. Multiplexer können nur permanente Pfade schalten (Pfadvermittlung gesteuert durch NMS). Vermittlungsstellen (*Switches*) können Pfade und einzelne Kanäle schalten. Verbindungen zum Teilnehmer (Endgerät) werden immer über Kanäle (VCI) vermittelt. Pfade werden nur im Fehlerfall (Knoten oder Leitung ausgefallen) geschaltet.

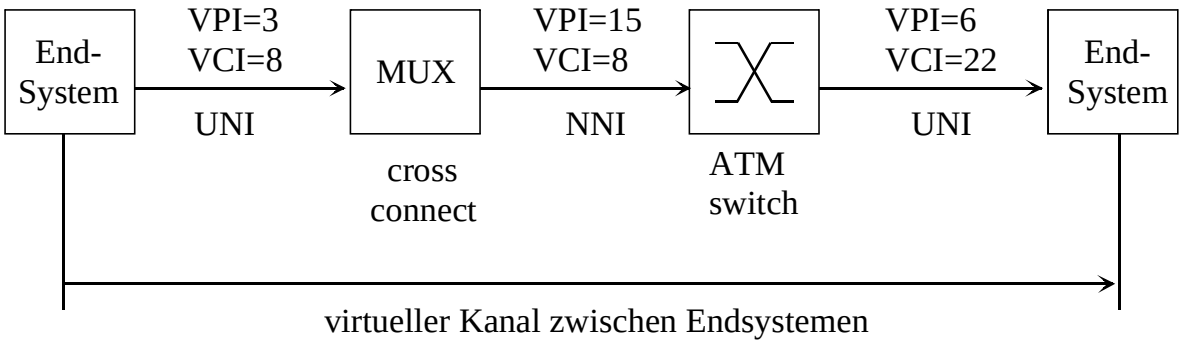


Abbildung 14.4-4: VPI und VCI ändern sich in den Netzknoten

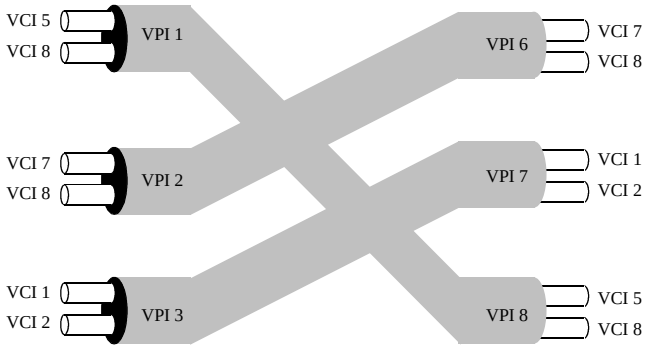


Abbildung 14.4-5: ATM Cross Connect

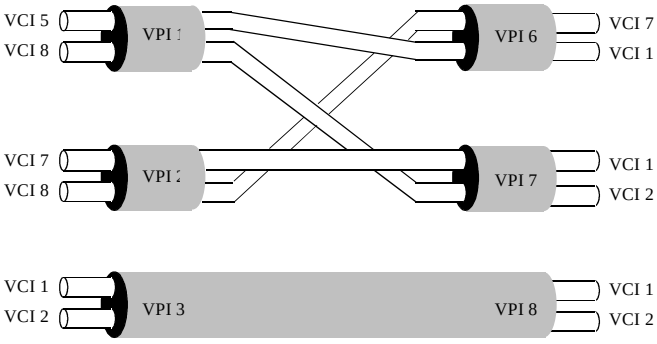


Abbildung 14.4-6: ATM Switch

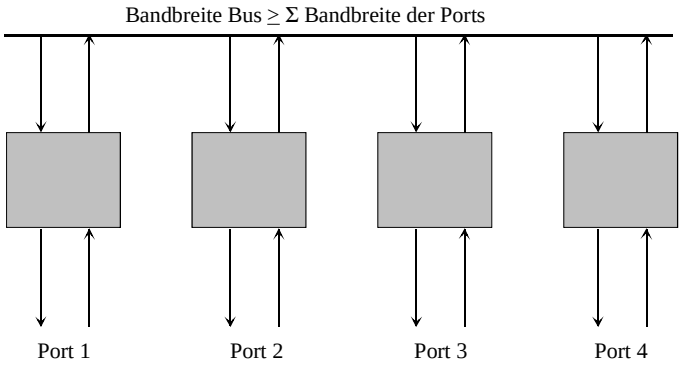


Abbildung 14.4-7: Bus Fabric

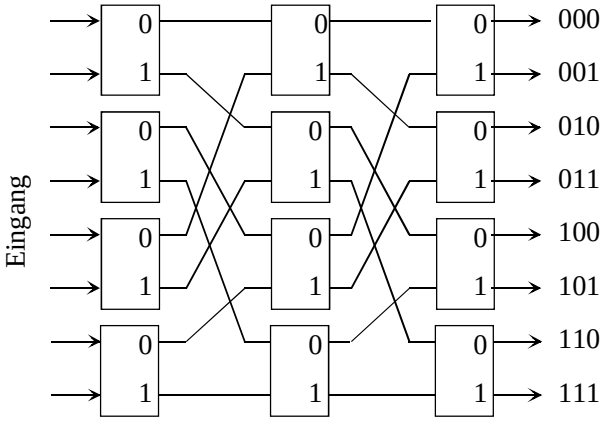


Abbildung 14.4-8: Self Routing Fabric

14.4.3 Quality of Service QoS

Beim Verbindungsaufbau wird zwischen dem Endgerät und dem Netz ein Netzlastvertrag mit den QoS – Parametern ausgehandelt:

- Sustainable Cell Rate (Dauerlast)
- Peak Cell Rate (Spitzenlast)
- Maximum Burst Size
- Cell Loss Ration (erlaubte Zellverlustrate)
- Maximum Cell Transfer Delay (max. Laufzeit der Zellen)
- Peak-to-Peak Cell Delay Variation (Schwankung der Laufzeit der Zellen)

14.5 ATM Adaptation Layer AAL

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
	AAL-1	AAL-2	AAL3/4		AAL-5
Time Relation between Source and Destination	Required		Not Required		
Bit Rate	Constant	Variable			
Connection Mode	Connection Oriented			Conn.-less	Cell Relay

Abbildung 14.5-1: ATM - Dienstklassen

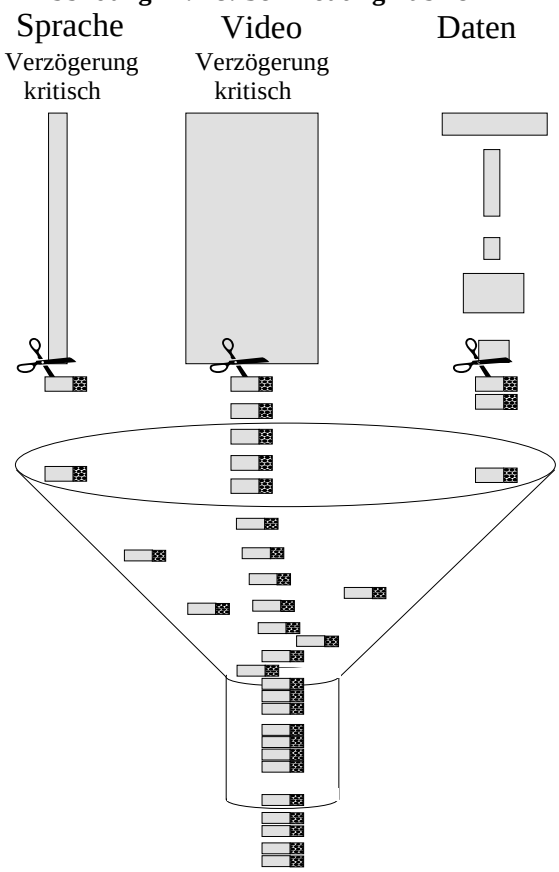


Abbildung 14.5-2: Anpassung an ATM-Zellen

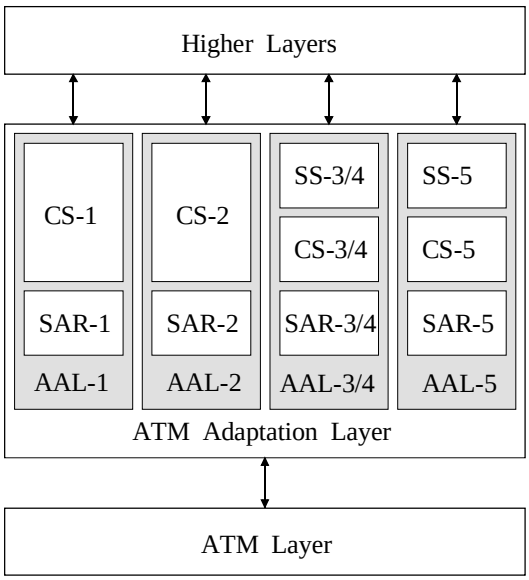


Abbildung 14.5-3: Aufbau des AAL

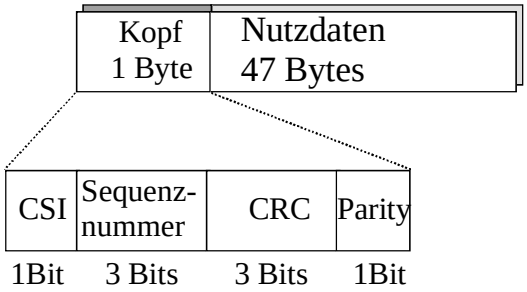


Abbildung 14.5-4: SAR-PDU, AAL-1

AAL-1

Dienst: konstante Bitrate und eine feste Zeitbeziehung zwischen Sender und Empfänger für Sprache und Video

CS-1 Puffer gleichen Zeitschwankungen der Übertragung aus. Es werden Daten beim Empfänger gepuffert oder Dummybits eingefügt. Bei hochwertigen Diensten wird FEC angewendet um Bitfehler oder Zellenverluste auszugleichen.

SAR-1: Segmentation And Reassembly; erzeugt Zellen für ATM-Layer, vgl. Abbildung 14.5-4. Die Sequenznummer zeigt an, ob und wieviele Zellen verlorengegangen sind. CSI und Sequenznummer werden durch den CRC mit dem Polynom x^3+x+1 geschützt. Das Parity-Bit schützt den CRC. Das CSI-Bit (Convergence Sublayer Indication) zeigt an ob nach dem SAR-header 47 bytes Nutzdaten folgen (unstrukturierte Übertragung) oder ob ein Pointer folgt (strukturierte Übertragung, z.B. für asynchrone Daten).

AAL 2

Moderne Bild- und Sprachkodierverfahren (z.B. MPEG) weisen oft eine variable Bitrate auf, benötigen aber auch eine feste Zeitbeziehung zwischen Sender und Empfänger.
AAL-2 ist noch wenig spezifiziert.

AAL 3/4

AAL-3/4 ist die Datenübertragung (Filetransfer, Fax,..) im klassischen Sinne. Delay und Bitrate sind variabel und die Verbindung kann *Connection Oriented* oder *Connectionless* sein. DQDB verwendet z.B. AAL-3/4.

Der Converence Sublayer CS besteht aus dem SS- (Service Specific) und CS-Teil (Common Part).

Für den Datenaustausch über AAL-3/4 sind zwei Modi zu unterscheiden:

- **nachrichtenorientierter Modus**: eine ATM-PDU (= eine Dateneinheit, die ATM übergeben wird) wird in einer oder mehreren ATM-Zellen übertragen. . Die ATM-PDU wird zerlegt und verpackt. Die Verzögerung ist gering.
- **stromorientierter Modus**: in einer ATM-Zelle werden mehrere ATM-PDUs transportiert, d.h. zunächst werden ATM-PDUs aufgesammelt und dann gemeinsam übertragen.

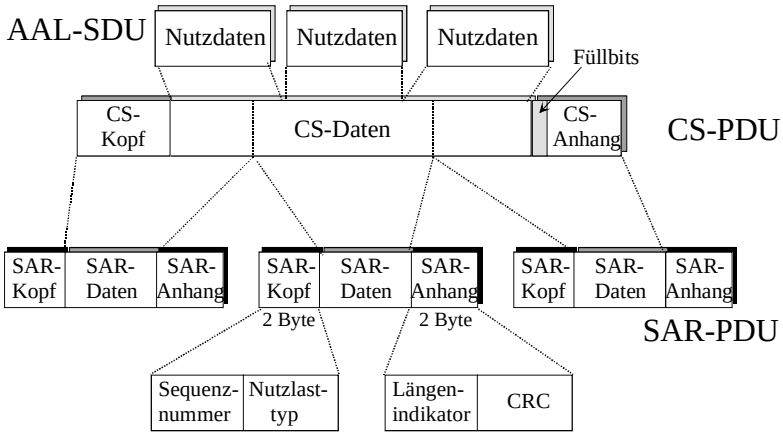


Abbildung 14.5-5: AAL-3/4 nachrichtenorientierter Modus

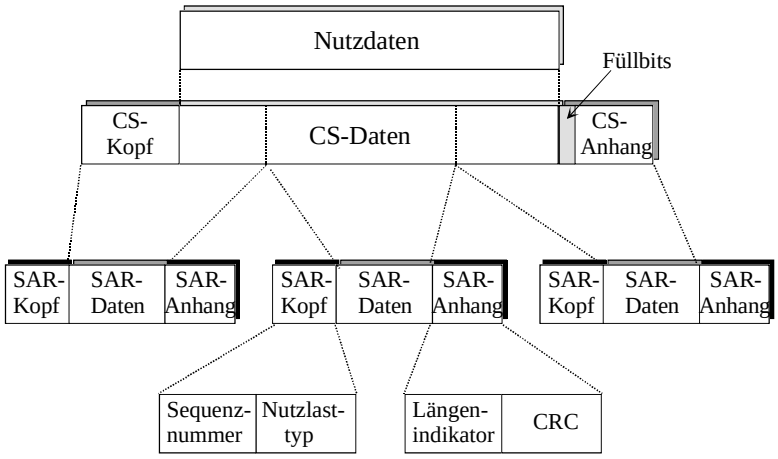


Abbildung 14.5-6: AAL-3/4 stromorientierter Modus

AAL 5 :

AAL-5 ist speziell für LAN-Verbindungen, IP und Frame-Relay entwickelt und ist effektiver als AAL-3/4.

Die IP-PDU ist max. 9.180 Bytes groß, kann aber auch Werte bis max. 64 kByte annehmen.

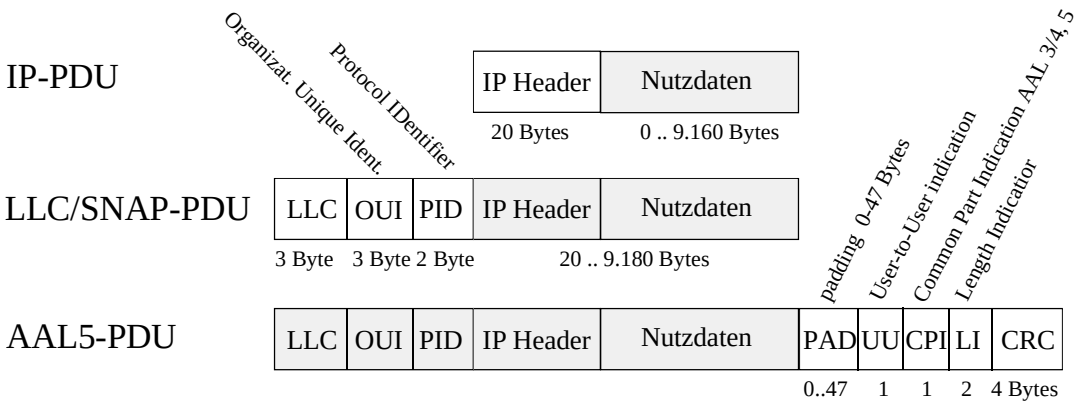


Abbildung 14.5-7:

Aufbau der AAL-5 Protocol Data Unit

14.5.1 Adressierung

20 Bytes lange Adressen identifizieren ATM-Endsysteme. Drei Formate (International Code Designator ICD, Data Country Code DCC und E.164) werden unterstützt. Sie unterteilen sich in einen Netzwerk-Prefix und eine Endsystem-ID (ESI). Das Netzwerk-Prefix dient zur hierarchischen Adressierung auf ATM-Switch-Ebene. Dazu werden die Routing Domain (RD) und das Area-Feld genutzt. Jedes Endsystem übernimmt den Netzwerk-Prefix seines Switches und teilt diesem seine Endsystem-ID mit. Dieser Vorgang wird als Adreßregistrierung bezeichnet und findet automatisch über das Interim Local Management Interface (ILMI) statt, wenn ein Endsystem an einen Switch angeschlossen wird.

Data Country Code DCC: AFI = 0x39

AFI	DCC	DFI	AA	reserved	RD	Area	ESI	SEL

International Code Designator ICD: AFI = 0x47

AFI	ICC	DFI	AA	reserved	RD	Area	ESI	SEL

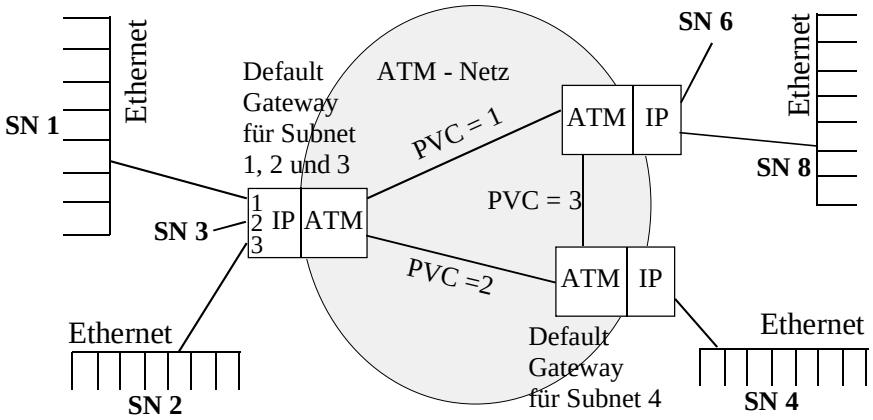
E.164 (NSAP): AFI = 0x45

AFI	E.164	RD	Area	ESI	SEL

14.6 CLIP Classical IP over ATM

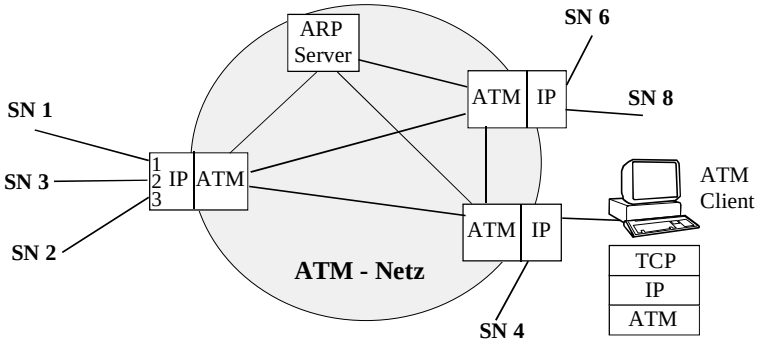
Die IP-Pakete werden durch AAL-5 gekapselt, vgl. Abbildung 14.5-7.

Der Übergang zwischen LAN und ATM-Netz erfolgt über Gateway-Router am Rande des ATM-Netzes. Die Router fungieren in den IP-Netzen als Default-Gateway. Im einfachsten Fall sind die Router durch *permanent virtuell connections* PVC vermascht. In dem Beispiel links ist die Routingtabelle des linken ATM-Routers in der Tabelle dargestellt.



Destination Subnet	Port
SN 1	1
SN 2	3
SN 3	2
SN 4	PVC 2
SN 6	PVC 1
SN 8	PVC 1

Abbildung 14.6-1: Beispiel für ein ATM-Backbone (links) und die Routingtabelle des linken Routers bei CLIP.



Das Beispiel zeigt ein fest konfiguriertes ATM-Netz, das nur für kleine und einfache Netze zu empfehlen ist. Bei größeren Netzen muß sich das Netz selbst konfigurieren können. Dazu wird ein ATMARP-Server eingefügt, vgl. Abbildung 14.6-2. Der ARP-Server erfragt von jedem ATM-Router die angeschlossenen IP-Sub-Netze und gibt die Konfiguration an alle ATM-Router weiter.

Abbildung 14.6-2:
Classical IP over ATM mit ATMARP-Server

14.7 LANE LAN Emulation

LANE ist eine andere Art herkömmliche LANs und ATM zu integrieren. Es bietet mehr Möglichkeiten als CLIP.

Um lokale Netze über ATM ohne Änderung im LAN zu verbinden, wird eine *LAN Emulation* LANE benötigt. LANE bildet das *shared medium* des LAN auf den *point-to-point* Verbindungen des ATM nach. Die LANE-Schicht emuliert die Schnittstelle oberhalb von LLC, d.h. die IP-Schicht spricht LANE genauso an wie die LLC-Schicht.

LANE emuliert MAC und LLC und bietet NDIS und ODI an. Dadurch ist LANE von höheren Protokollen unabhängig. Es verbindet *legacy LANs* über ein ATM-Netz und erlaubt LAN-Anwendungen zwischen Endgeräten, die direkt ans ATM-Netz angeschlossen sind

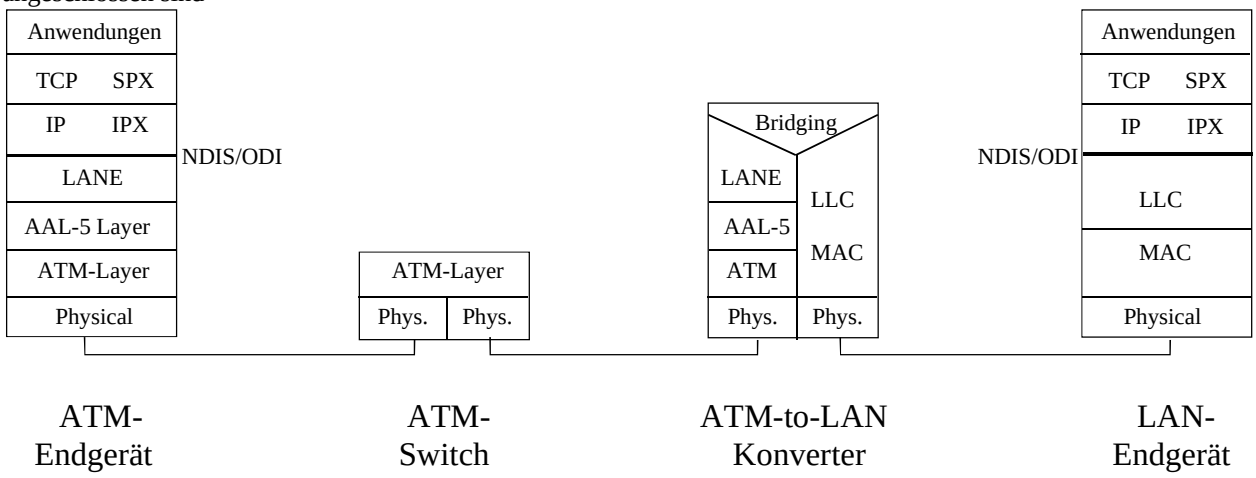


Abbildung 14.7-1 : Protokollmodel für LANE

LECS: LAN Emulation Configuration Server; legt zentral die Konfiguration für das Netz fest: zu welchem LAN bzw. VLAN gehört der Client, welcher LES und BUS ist zuständig. Er wird vom Client nur beim Systemstart benötigt

LES: LAN Emulation Server; er registriert die Clients, macht Adress-Umsetzung MAC-ATM

BUS: Broadcast and Unknown Server; empfängt und verteilt Broadcast-Meldungen.

LEC: LAN Emulation Client; realisiert im ATM_Endgerät, stellt NDIS/ODI zur Verfügung, Abbildung von MAC-auf ATM-Verbindung; ATM-Verbindung auf- und abbauen: hat Verbindung zu LANE-Server LES und LANE Configuration Server LECS;

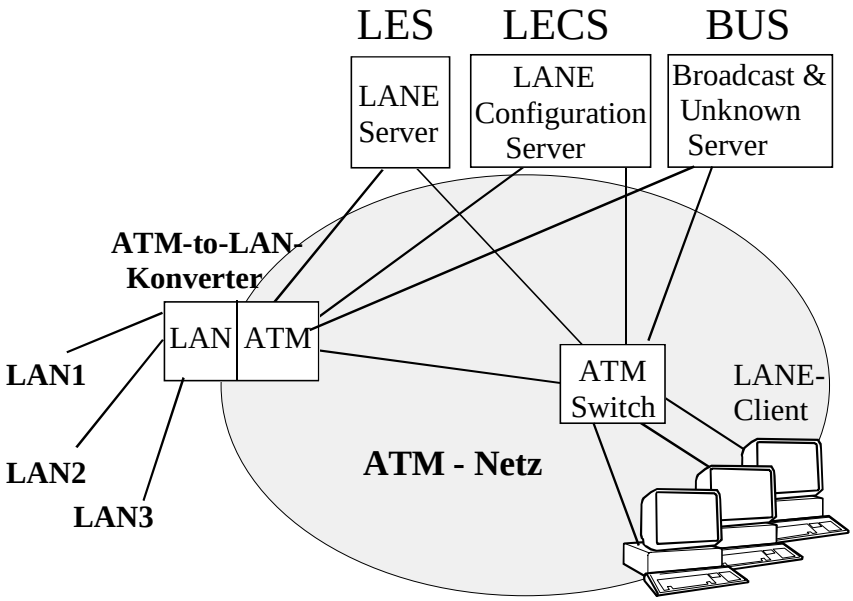


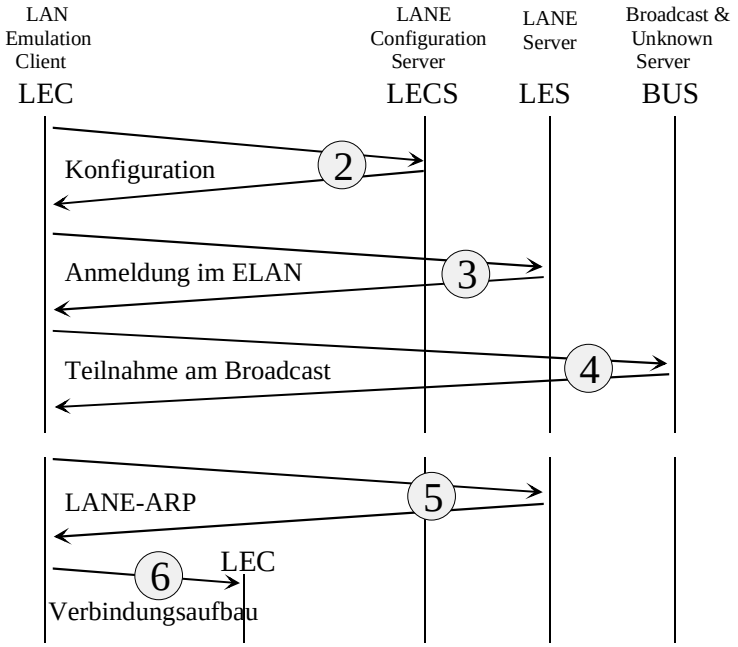
Abbildung 14.7-2:
LAN Emulation Architektur

Systemstart (Einschalten des Clients LEC):

1. Beim Systemstart ermittelt der LEC zunächst die Adresse des LECS durch das ILMI-Protokoll oder durch eine Standard-Adresse der L-UNI-Schnittstelle.
2. Der LEC holt sich dann vom LECS die Konfigurationsdaten (ATM-Adresse, LAN-Typ, Rahmengröße,.., zuständiger LES).
3. Der LEC baut eine Verbindung zum LES auf und übergibt diesem seine Konfigurationsdaten. Der Server teilt dem Client die Adresse des BUS mit.
4. Der LEC baut eine Verbindung zum BUS auf und wird in die Broad- bzw. Multicast des BUS aufgenommen.

Datenübertragung mit IP:

5. Der Client LEC erfragt vom Server LECS die ATM-Adresse des Partners, von dem er nur die IP-Adresse kennt
6. Der LEC baut zum anderen LEC eine ATM-Verbindung auf, über die der Datenaustausch erfolgt



14.8 B-ISDN

Das Breitband-ISDN wird die Übertragung von Fernsehen, Video, Rundfunk, Sprache und Daten in einem Netz mit Datenraten von 155 Mb/s und später 622 Mb/s mit ATM ermöglichen. Wesentlich ist dabei, daß beliebige Bandbreiten sehr effektiv bereitgestellt werden können.

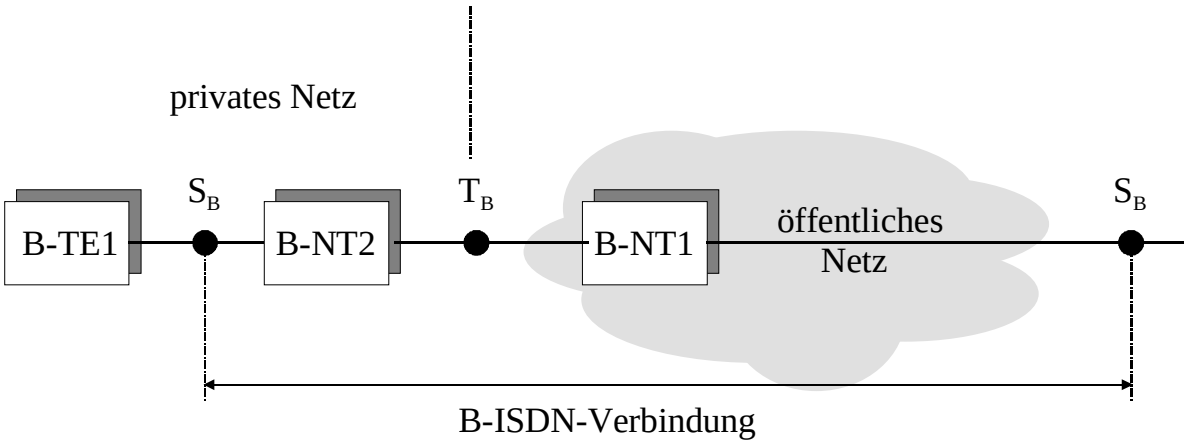


Abbildung 14.8-1: B-ISDN - Referenzmodell