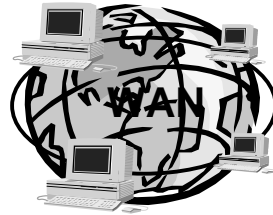


Weitverkehrsnetze

- Überbrücken beliebig großer Distanzen.
- Meist zur Abdeckung eines Landes oder eines Kontinents.
- Topologie fast immer irregulär, weil bedarfsorientiert. Daher steht hier nicht der gemeinsame Zugriff auf ein Medium im Vordergrund, sondern der Gedanke „Wie schaffe ich es, möglichst viele Daten schnell und zuverlässig über eine lange Leitung zu bekommen“.
- Meist recht komplexe Zusammenschaltung von Teilnetzen, die im Besitz von unterschiedlichen Betreibern sind.
- Kein Broadcast, sondern Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
- Reichweite: mehrere 1000 km



Beispiele:

- Frame Relay
- Asynchronous Transfer Mode, ATM
- Synchronous Digital Hierarchy, SDH

WAN - Techniken

Point-to-Point Links

- Bereitstellung eines einzelnen WAN-Kommunikationspfades vom Kunden zu einem entfernten Netzwerk
- Beispiel: Telefongesellschaft. Oft erfolgt ein Leasing von Kommunikationsressourcen bei dem Anbieter
- Die Abrechnung der Ressourcen basiert auf der benötigten Bandbreite und der Entfernung zum Empfänger

Circuit Switching

- Eine Datenverbindung wird bei Bedarf aufgebaut, nach Beendigung der Kommunikation werden die Ressourcen wieder freigegeben
- Beispiel: Integrated Services Digital Network, ISDN

Packet Switching

- 'Erweiterung' des Circuit Switchings bzw. der Point-to-Point Links
- gemeinsame Nutzung von Ressourcen eines Anbieters durch mehrere Nutzer, d.h. Nutzung einer physikalischen Verbindung durch mehrere virtuelle
- preisgünstiger als die anderen Methoden

Packet Switching

Packet Switching ist die gebräuchlichste Technik zur Kommunikation in einem WAN. Der Anbieter der Kommunikationsressourcen erstellt virtuelle Verbindungen (*Virtual Circuits*) zwischen den entfernten Stationen, die Daten werden in Form von Datenpaketen übertragen.

Beispiele: ATM, SDH, Frame Relay, OSI X.25

Zwei Arten von Virtual Circuits:

- *Switched Virtual Circuits (SVCs)*

Geeignet bei sporadisch auftretendem Bedarf nach Datenübertragung. Eine virtuelle Verbindung wird aufgebaut, die Daten werden übertragen, nach der Übertragung werden die Ressourcen wieder freigegeben.

- *Permanent Virtual Circuits (PVCs)*

Geeignet bei permanent benötigten Kommunikationsressourcen. Die Verbindung besteht dauerhaft, es gibt nur die Phase der Datenübertragung.

ATM zur Integration von Daten- und Telekommunikation

Telekommunikation:

Primäres Ziel: Telefonie

- verbindungsorientiert
- feste Zuteilung von Ressourcen
- Leistungsgarantien
- ungenutzte Ressourcen verfallen
- geringe Ende-zu-Ende Verzögerung



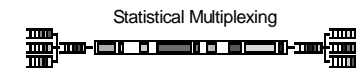
bandwidth allocation



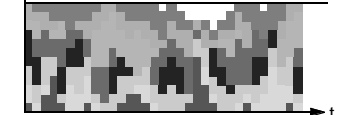
Datenkommunikation:

Primäres Ziel: Datentransfer

- verbindungslos
- flexible Zuteilung von Ressourcen
- keine Leistungsgarantien
- effiziente Nutzung von Ressourcen
- variable Ende-zu-Ende Verzögerung



bandwidth allocation



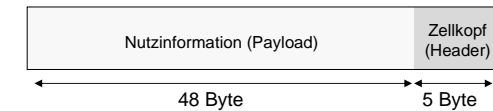
Eigenschaften von ATM

- ITU-T-Standard (bzw. ATM-Forum) für Zellübertragung
- Integration von Daten-, Sprach- und Videoübertragungen
- kombiniert Vorteile von:
 - Circuit Switching (garantierte Bandbreite, konstante Verzögerung)
 - Packet Switching (flexible und effiziente Übertragung)
- zellbasierte *Multiplexing*- und *Switching*technik
- *Verbindungsorientierte* Kommunikation: es werden virtuelle Verbindungen aufgebaut
- Zusicherung von *Qualitätsmerkmalen* für die gewünschte Verbindung (Bandbreite, Verzögerung, ...). Dazu werden in den Switches Ressourcen reserviert.
- Keine Flusskontrolle oder Fehlerbehandlung
- Unterstützt PVCs, SVCs und verbindungslose Übertragung
- Datenraten: 34, 155 oder 622 (Glasfaser) Mb/s

Asynchronous Transfer Mode

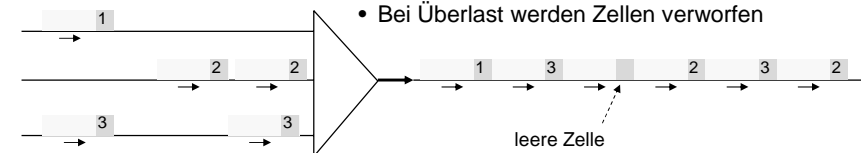
Asynchronous Transfer Mode (ATM)

- keine Leitungs- oder Paketvermittlung, sondern *Zellvermittlung*
- feste Zellgröße: 53 Byte

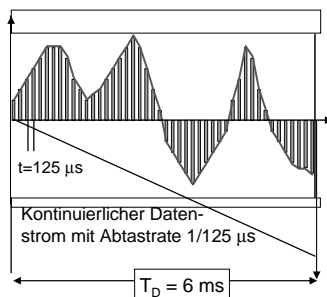


Zellmultiplexing auf einer ATM-Verbindung:

- asynchrones Zeitmultiplexing mehrerer virtueller Verbindungen
- kontinuierlicher Zellstrom
- unbenutzte Zellen werden leer verschickt
- Bei Überlast werden Zellen verworfen

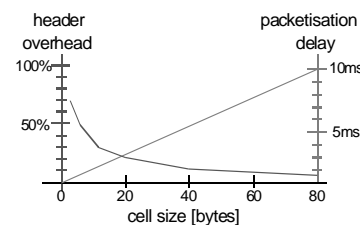
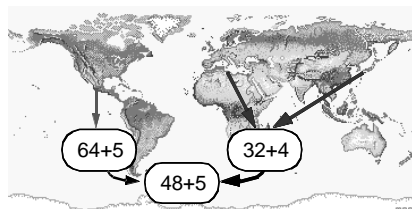


Zellgröße bei ATM



Problem:

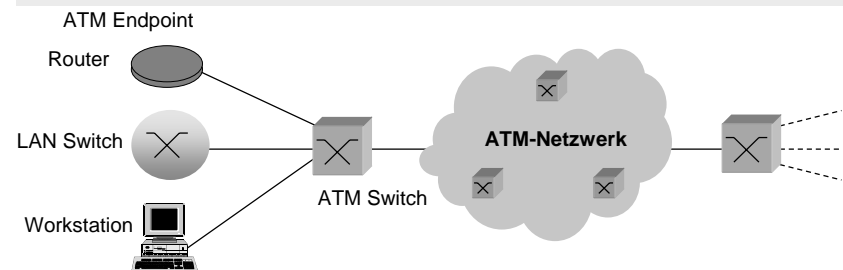
Verzögerung des Zellstroms beträgt bei Sprache 6ms:
 48 Samples mal 8 Bit
 = 48 Byte
 = Payload für eine ATM-Zelle
 ⇒ größere Zellen verursachen zu große Verzögerungen bei Sprachübertragung
 ⇒ kleinere Zellen erzeugen zu viel Overhead (Header / Payload - Verhältnis)
 d.h. 48 Byte ist ein Kompromiss.



ATM-Netzwerk

2 Arten von Komponenten:

- *ATM Switch*
Versendung von Zellen durch das Netz durch Switch. Dazu werden die Zellheader eingehender Zellen gelesen und ein Update der Informationen vorgenommen. Danach werden die Zellen weiter zum Ziel geschickt.
- *ATM Endpoint*
Enthält einen ATM Network Interface Adapter, verbindet also andere Netze mit dem ATM-Netz.



Aufbau von ATM-Zellen

Zwei Header-Formate:

- Kommunikation zwischen Switches und Endpoints: *User-Network Interface (UNI)*
- Kommunikation zwischen zwei Switches: *Network-Network Interface (NNI)*

GFC - Generic Flow Control

Nur bei UNI, zur lokalen Regelung des Zuflusses von Daten in das Netz. Typischerweise unbenutzt. Bei NNI werden diese Bits benutzt, um das VPI-Feld zu vergrößern.

PTI - Payload Type Identifier

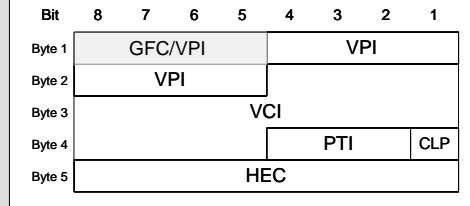
Beschreibt den Inhalt des Datenteils, z.B. Benutzerdaten oder verschiedene Kontrolldaten

CLP - Cell Loss Priority

Ist das Bit 1, kann die Zelle bei Überlast verworfen werden.

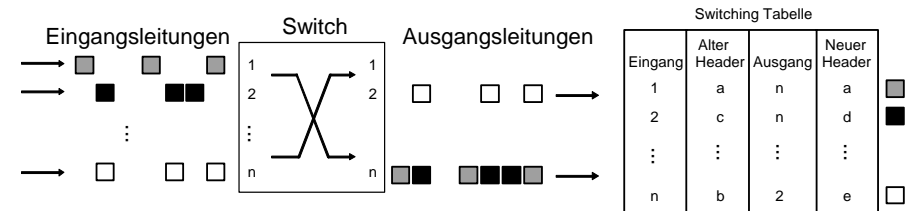
HEC - Header Error Control

CRC über die ersten 4 Byte; kann einzelne Bitfehler korrigieren.



ATM - Switching

- Vor Beginn der Kommunikation muss eine virtuelle Verbindung aufgebaut werden. Die Switches im Netz sind für die Weiterleitung ankommender Zellen auf die richtigen Ausgangsleitungen zuständig. Dafür verfügt der Switch über eine Switching-Tabelle.

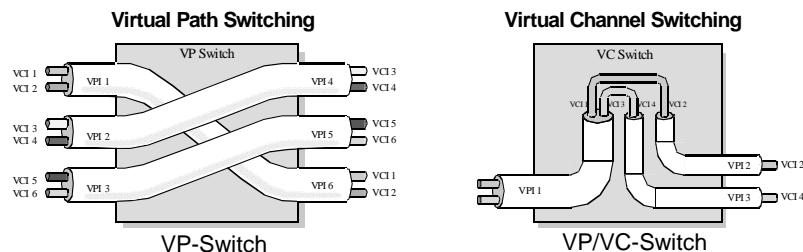


- Die Header-Informationen, die in der Switching-Tabelle verwendet werden, sind **VPI (Virtual Path Identifier)** und **VCI (Virtual Channel Identifier)**.
- Wird eine Verbindung über ATM aufgebaut, bekommt der Sender VPI und VCI zugewiesen, jeder Switch auf der Strecke trägt ein, wohin er Zellen mit diesen Informationen weiterleiten soll.

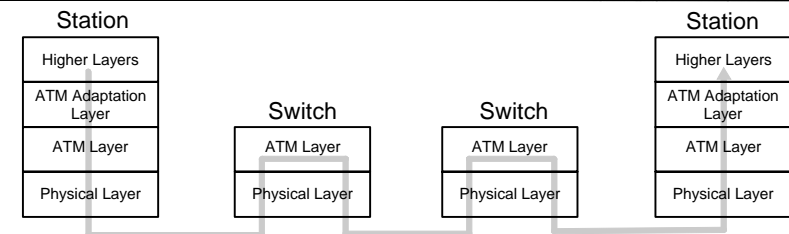
Pfad- und Kanalkonzept von ATM

- Physikalische Verbindungen „enthalten“ **Virtual Paths (VPs)** (eine Gruppe von Verbindungen)
- VPs „enthalten“ **Virtual Channels (VCs)** (logische Kanäle)
- VPI und VCI haben nur lokale Bedeutung und können von den Switches geändert werden.
- Die Trennung von VPI und VCI führt eine Hierarchie auf den Pfadidentifikatoren ein. Damit: Reduktion des Umfangs der Switching-Tabellen.

Es gibt 2 Arten von Switches im ATM-Netz:



Schichten bei ATM



Physical Layer

- überträgt ATM-Zellen über das Medium
- generiert Prüfsummen (Senden) und verifiziert diese (Empfang); evtl. Zelle verwerfen

ATM Layer

- generiert Header bis auf Prüfsumme (Senden) und extrahiert Inhalt (Empfang)
- zuständig für Verbindungsnummern (Virtual Path und Virtual Channel Identifier)

ATM Adaptation Layer (AAL)

- passt unterschiedliche Anforderungen höherer Schichten an den ATM Layer an
- zerteilt größere Nachrichten und setzt sie beim Empfänger wieder zusammen

Diensteigenschaften von ATM

Kriterium	Anwendungsklassen			
	A	B	C	D
Übertragungsrate	Maximale ausgehandelte Zellrate	Maximale und Durchschnittswerte	Dynamische Ratenanpassung an freie Ressourcen	„Nimm was Du kriegen kannst“
Synchronisation (Quelle-Ziel)	Ja		Nein	
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungs-Modus	verbindungsorientiert			verbindungslos

Anwendungen:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bewegtbildkommunikation • Telefonie • Videokonferenzen | <ul style="list-style-type: none"> • Datenkommunikation • Dateitransfer • Mail |
|--|---|

Adaptation Layer (AAL):

AAL 1	AAL 2	AAL 3	AAL 4
AAL 5			

Verkehrsklassen

AAL 1: CBR - Constant Bit Rate, deterministischer Dienst

- Charakterisiert durch garantierte feste Bitrate
- Parameter: Peak Cell Rate (PCR)

AAL 2: VBR - Variable Bit Rate (real time/non-real time), statistischer Dienst

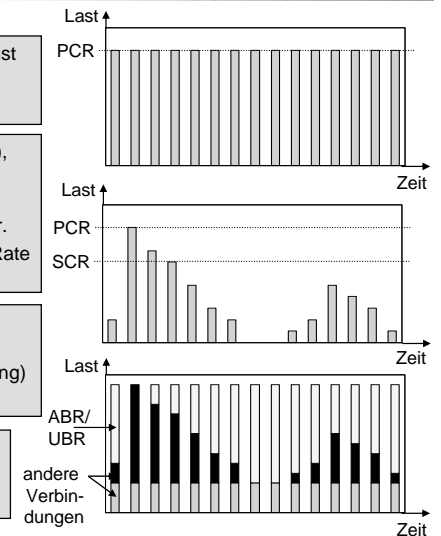
- Charakterisiert durch garantierte durchschnittliche Bitrate. Somit auch geeignet für burst-artigen Verkehr.
- Parameter: Peak Cell Rate (PCR), Sustainable Cell Rate (SCR), Maximum Burst Size

AAL 3: ABR - Available Bit Rate, lastabhängiger Dienst

- Charakterisiert durch garantierte minimale Bitrate + lastabhängige, zusätzliche Bitrate (adaptive Anpassung)
- Parameter: Peak Cell Rate, Minimum Cell Rate

AAL 4: UBR - Unspecified Bit Rate, Best-Effort-Dienst

- Charakterisiert durch keine garantierte Bitrate
- Parameter: Peak Cell Rate



Traffic Management

Connection Admission Control

- Reservierung von Ressourcen während des Verbindungsaufbaus (Signalisierung)
- Vergleich zwischen Verbindungsparameter und verfügbaren Ressourcen
- Verkehrsvertrag zwischen Nutzer und ATM-Netzwerk

Usage Parameter Control / Network Parameter Control

- Test auf Konformität des Zellstroms gemäß den Parametern des Verkehrsvertrags am User Network Interface (UNI) oder Network Network Interface (NNI)
- Generic Cell Rate Algorithmus / Leaky Bucket Algorithmus

Switch Congestion Control (primär für UBR)

- Selektives Löschen von Zellen zur Einhaltung von Leistungsgarantien im Fall von Überlast

Flusskontrolle für ABR

- Rückmeldung des Netzzustandes über Ressource Management Zellen an die ABR-Quelle zur Anpassung der Senderate und faire Zuteilung der Bandbreite

Integration von ATM in bestehende Netze

Was macht ATM?

- ATM bietet höheren Schichten eine Schnittstelle ähnlich wie TCP.
- ATM bietet zusätzlich QoS-Garantien (Quality of Service).

ATM hatte bei seiner Einführung Probleme:

- Es existierten kaum Anwendungen, die direkt auf ATM aufsetzten.
- Im Interworking von Netzen war TCP/IP Standard.

Ohne TCP/IP-Anbindung ließ sich ATM nicht verkaufen!

Daher wurden verschiedene Lösungen für ATM vorgeschlagen, z.B.

- IP over ATM (von der IETF)
- LAN Emulation (LANE, vom ATM Forum)

Ethernet und ATM

Fast/Gigabit Ethernet :

Primäres Ziel: Bandbreite

- ⊕ keine QoS-Garantien
- ⊕ Isolation von Verkehrsströmen durch physikalische Trennung (Router, Switches, Links)
- ⊕ keine Priorisierung von Strömen
- ⊕ kein Schutz gegen konkurrierenden Verkehr
- 👉 geringer Preis
- 👉 sehr hohe Bandbreite

ATM :

Primäres Ziel: Integration, QoS

- 👉 feste QoS-Garantien
- 👉 Isolation von Verkehrsströmen durch logische Trennung
- 👉 Priorisierung von real-time Strömen
- 👉 CAC schützt aktive Verbindungen
- ⊕ hoher Preis
- ⊕ skalierbare Bandbreite

Zukunft von ATM

ATM im LAN-Bereich:

- zu hohe Kosten für die Hardware
- zu starke Konkurrenz durch etablierte Techniken wie Fast Ethernet etc.

ATM im WAN-Bereich:

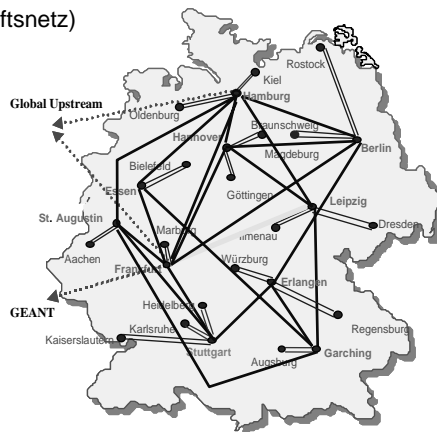
- oft zwischen Firmenstandorten implementiert
- große TK-Netzbetreiber bevorzugen jedoch SDH als Transport- bzw. Kernnetz (bessere Performance im TK-Bereich, Weltstandard)
- ATM-Zellen werden in SDH-Container an Übergangspunkten verpackt (encapsulation) bzw. wieder entpackt.

Hat ATM noch eine Zukunft?

- vermutlich: **Nein!**
- ATM wurde weitgehend von SDH verdrängt.
- Neueste Forschung geht sogar von einer unmittelbaren Nutzung der Faser durch höhere Protokolle aus.
- ATM wird Teilnehmern lediglich als Dienst angeboten, um vorhandene Geräte und Einrichtungen weiter nutzen zu können.

Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

- Alle modernen neuen Netze im öffentlichen Bereich bauen auf der SDH-Technik auf
Beispiel: das B-WIN (ATM) ist abgelöst worden durch das G-WIN (Gigabit-Wissenschaftsnetz)
- Auch verwendet im MAN-Bereich (Ablösung durch Gigabit-Ethernet?)
- Entsprechende Technik in den USA: SONET

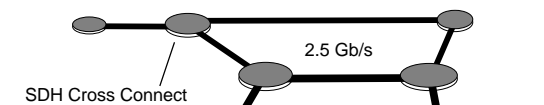


- Core Node
- 10 Gbit/s
- 2,4 Gbit/s
- 2,4 Gbit/s
- 622 Mbit/s

SDH - Aufbau

- SDH realisiert höhere Datenraten als ATM (momentan bis zu 10 Gb/s)
- Flexible Bandbreitennutzung und hohe Zuverlässigkeit
- Aufbau: beliebige Topologie, teilvermaschtes Netz mit einer Vermittlungshierarchie (beispielhaft 3 Ebenen):

Überregionale Vermittlung



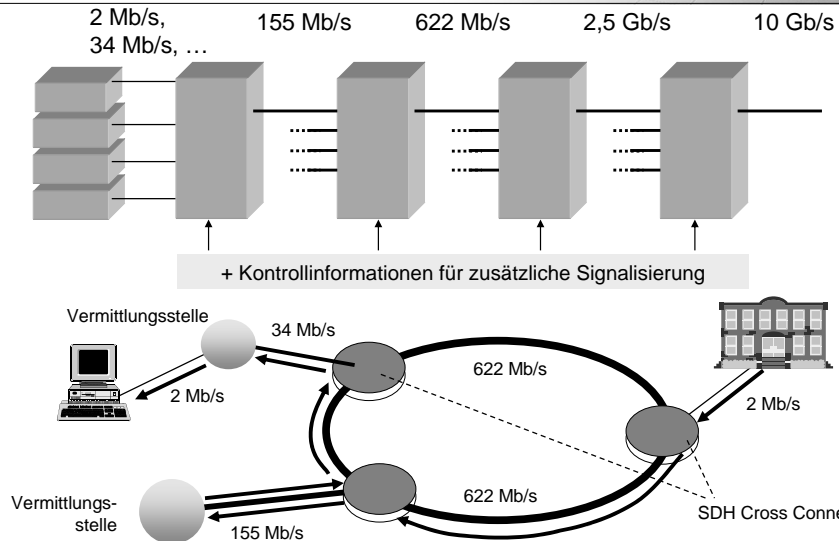
Regionale Vermittlungsstellen

Add-/Drop-Multiplexer

Zugangsnetze

- flexible Bandbreitennutzung
- hohe Skalierbarkeit
- hohe Zuverlässigkeit

Multiplexing bei SDH



Merkmale von SDH

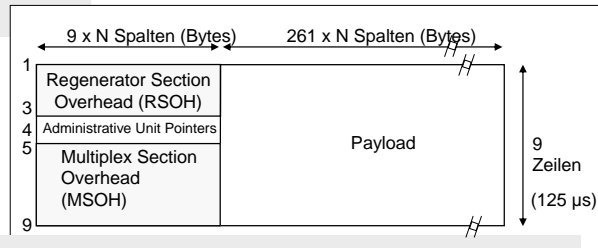
- weltweit standardisierte Bitraten auf den Hierarchieebenen
- synchronisiertes, zentral getaktetes Netzwerk
- byteweises Multiplexen der Datenströme, einfaches Multiplexschema
- Eignung für Sprachübertragung:
da auf jeder Hierarchieebene 4 Datenströme byteweise gemischt werden und eine Hierarchieebene die 4fache Übertragungsrate der unterliegenden Ebene hat, hat jeder dieser gemischten Datenströme die gleiche Übertragungsrate wie auf der unterliegenden Ebene. Damit erfahren die Daten eine konstante Verzögerung.
- direkter Zugriff auf Signale ohne mehrfaches Demultiplexen
- kurze Verzögerungen beim Einfügen und Entnehmen von Signalen
- zusätzliche Kontrollbytes für Netzmanagement, Dienst- und Qualitätskontrolle, ...
- Wesentliches Merkmal: *Container* zum Transport von Nutzsignalen

SDH-Transportmodule (Rahmen)

Synchronous Transport Modul (STM-N, N=1,4,16, 64)

STM-1-Struktur:

- 9 Zeilen mit jeweils 270 Bytes.
- Basisrate 155 Mb/s.



Administrative Unit Pointers

- erlauben den direkten Zugriff auf Bestandteile der Payload

Section Overhead

- **RSOH:** Enthält Informationen bezüglich der Route zwischen zwei Repeatern oder einem Repeater und einem Multiplexer
- **MSOH:** Enthält Informationen bezüglich der Route zwischen zwei Multiplexern ohne Berücksichtigung der zwischenliegenden Repeater.

Payload

- Enthält die Nutzdaten sowie weitere Kontrolldaten

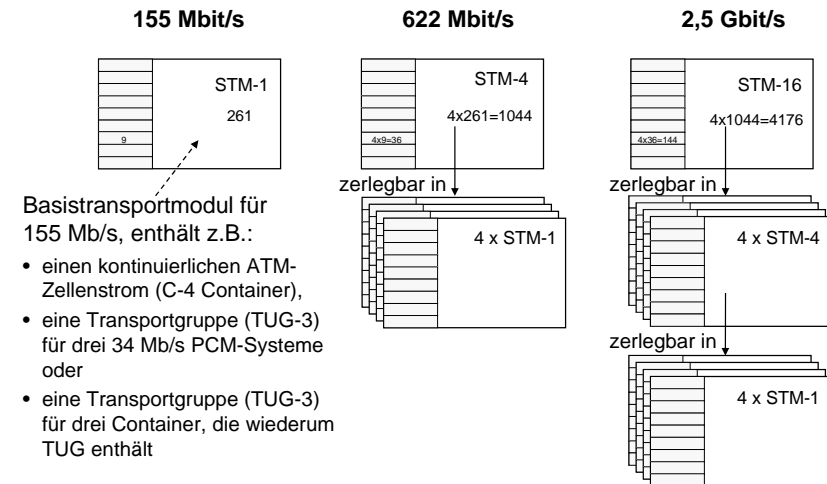
Erstellung eines STM

- Nutzdaten werden in einen **Container** verpackt.
- Eine Unterscheidung der Container wird nach Größe vorgenommen: C-1 bis C-4
- Nutzlastdaten werden ggfs. durch Füllketts auf die Containergröße angepasst
- Als Zusatzinformationen zu den Nutzdaten werden für eine Verbindung noch weitere Bytes zur Steuerung des Datenflusses eines Containers über mehrere Multiplexer hinweg zugefügt:
 - **Path Overhead (POH)**
 - Steuerung der einzelnen Abschnitte des Übertragungsweges
 - Umschaltung auf Ersatzwege im Fehlerfall
 - Erkennung und Erfassung der Übertragungsqualität
 - Realisierung von Wartungs-Kommunikationskanälen
- Durch Hinzufügen der POH-Bytes wird aus einem Container ein **Virtual Container**

Erstellung eines STM

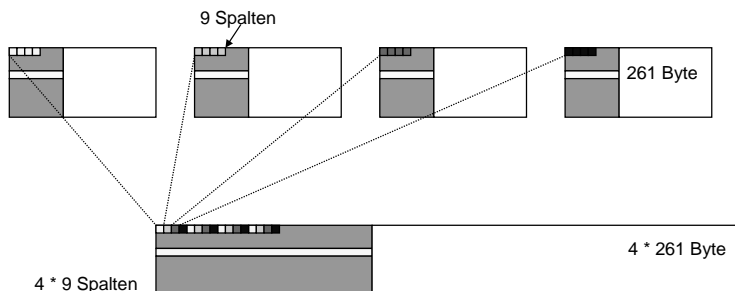
- Werden in einem Payload mehrere Container übertragen, werden diese durch byteweises multiplexen in **Tributary Unit Groups** verpackt.
- Durch Hinzufügen eines AU-Pointers wird die Tributary Unit Group zu einer **Administrative Unit**.
- Dann werden die SOH-Bytes ergänzt, der SDH-Rahmen ist komplett. RSOH und MSOH enthalten beispielsweise Bits für
 - Rahmensynchronisation
 - Fehlererkennung (Parity Bit)
 - STM-1-Kennung in größeren Transportmodulen
 - Steuerung von Ersatzschaltungen
 - Dienstanäle
 - ... und natürlich Bits für späteren Gebrauch.

SDH-Hierarchie

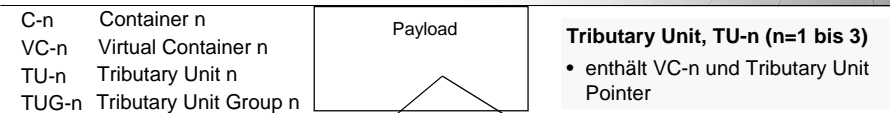


SDH-Hierarchie

- Höhere Hierarchiestufen werden durch Zusammenfassen von STM-1 Modulen erreicht
- Höhere Übertragungsraten werden durch byteweises Multiplexen der enthaltenen Signale zusammengebaut
- Jedes Byte hat eine Übertragungsrate von 64 kb/s, geeignet für die Übertragung von Sprachdaten (Telefonie)
- außer bei STM-1 ist nur eine Übertragung über Glasfaser möglich



SDH-Containertypen



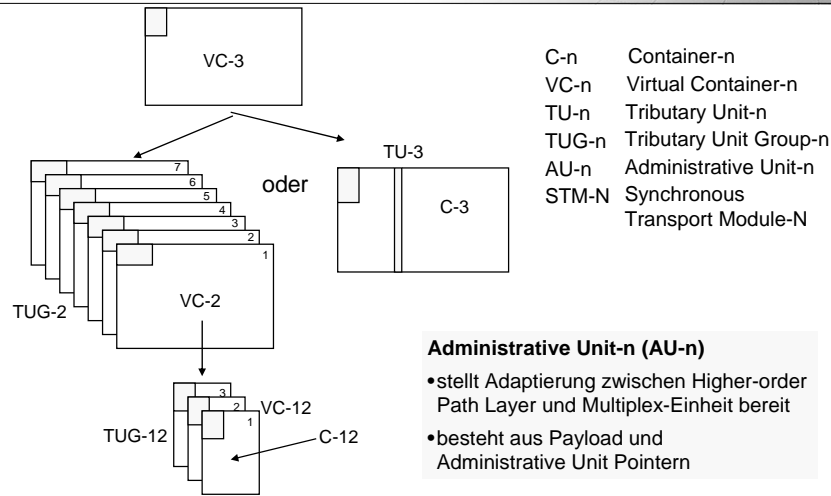
Container, C-n (n=1 bis 4)

- definierte Einheit für Payload-Kapazität (z.B. C-4 für ATM oder IP, C-12 für ISDN oder 2 Mb/s)
- überträgt alle SDH-Bitraten
- kann Kapazität bereitstellen für Transport von noch nicht spezifizierten Breitbandsignalen

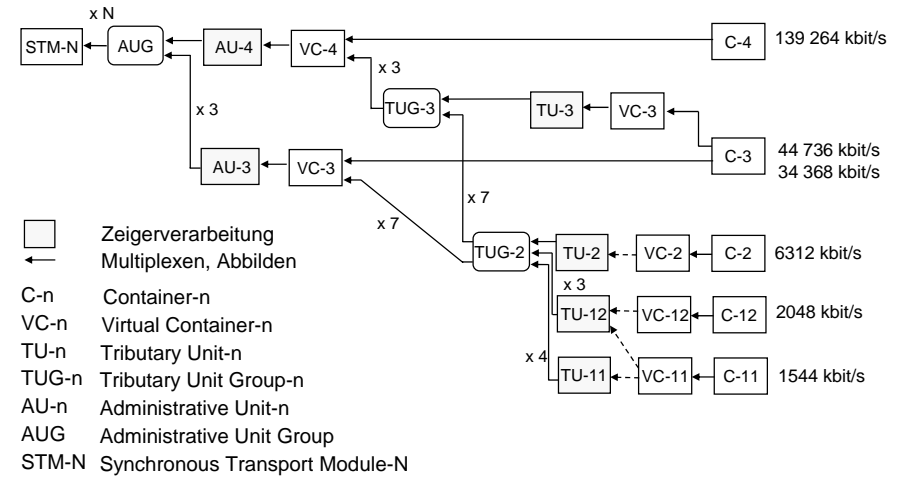
Virtual Container, VC-n (n=1 bis 4)

- besteht aus Container und POH
- niedriger VC (n=1,2): einzelner C-n plus Basis Virtual Container Path Overhead (POH)
- höherer VC (n=3,4): einzelner C-n, Zusammenschluss von TUG-2s /TU-3s, plus Basis Virtual Container POH

SDH-Containertypen



SDH-Multiplexstruktur



SDH-Multiplexverfahren

