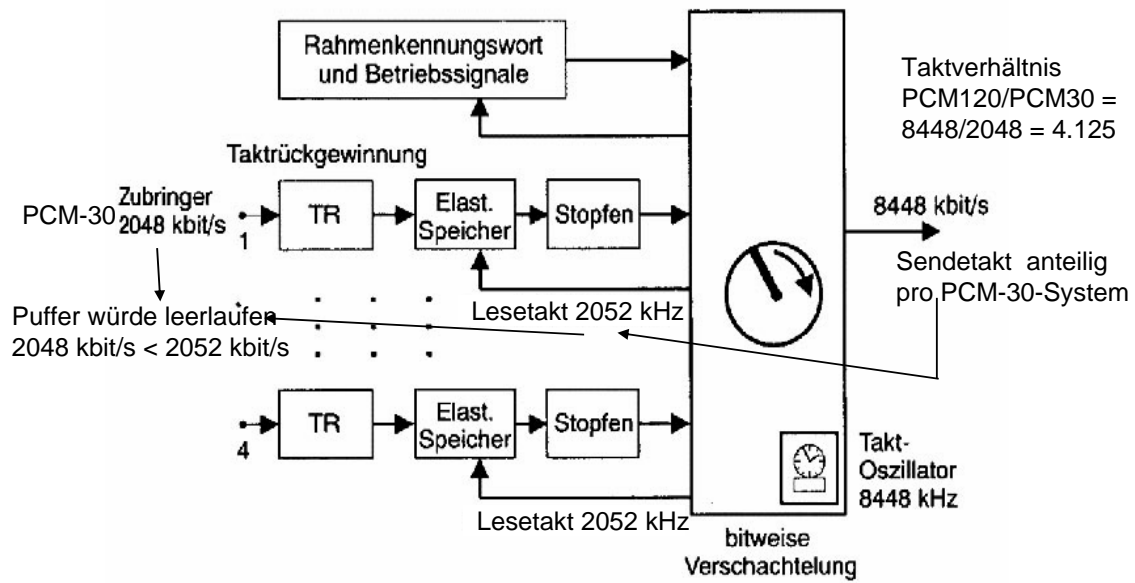
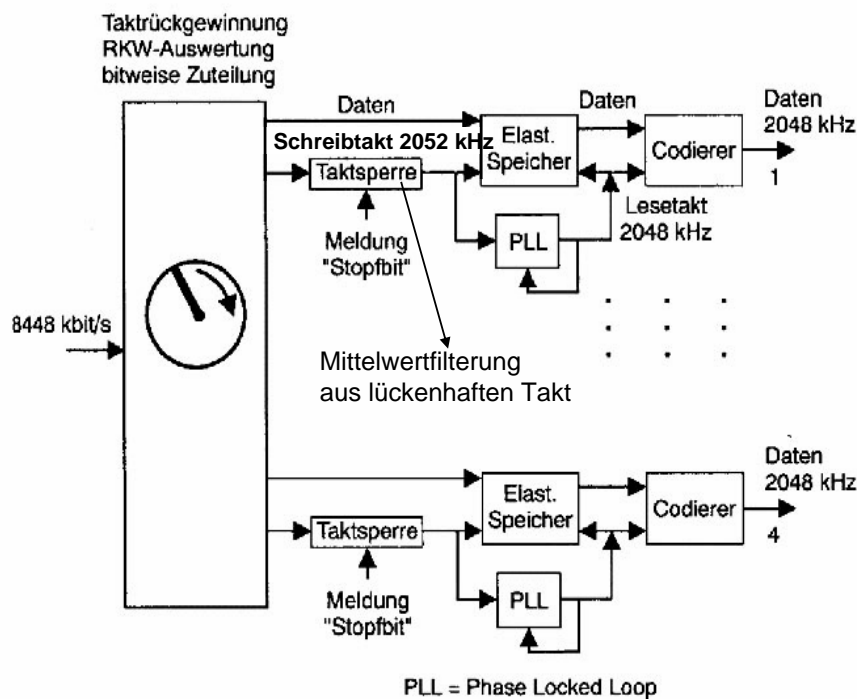


Funktionsprinzip des PCM-120-Multiplexer



Funktionsprinzip des PCM-120-Demultiplexer

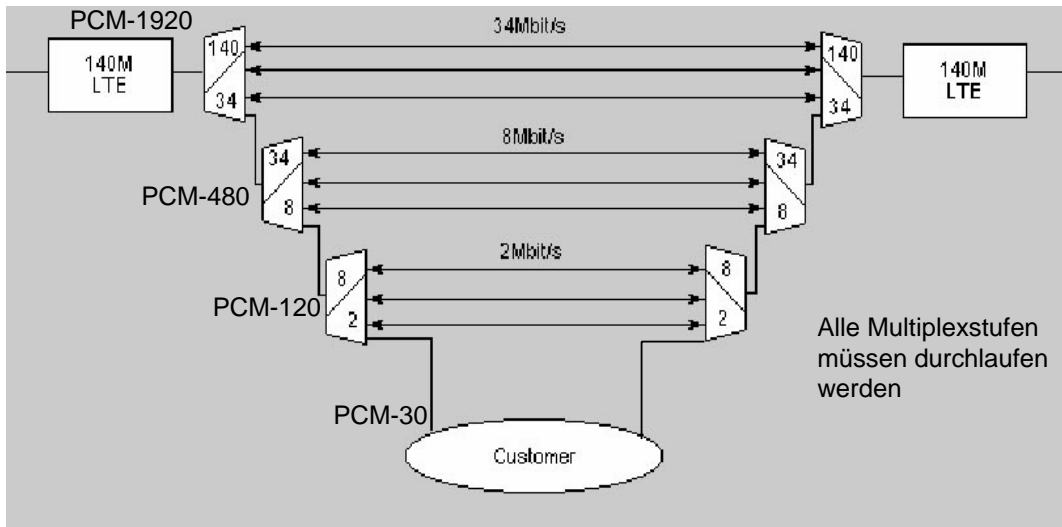


- ❑ Divergente Entwicklung der PDH durch durch fehlende Normung der CCITT
- ❑ PDH wurde für Schmalband-ISDN entwickelt
- ❑ PDH für Breitbandanwendungen > 100 Mbit/s nur bedingt verwendbar
- ❑ 1987 SONET Synchronous Optical Network, auf nordamerikanische Bitraten zugeschnitten
- ❑ 1988 Konzept der SDH
- ❑ SDH wandelt das starre Übertragungsnetz auf Hardwarebasis in flexibles softwaregestütztes System
- ❑ Elementarsignal der SDH (kleinster gemeinsamer Nenner für bestehende Multiplexsysteme der PDH) ist STM-1 (Synchronous Transport Modul 1)
 - ❑ Rahmendauer 125 μ s
 - ❑ byteorientiertes Multiplexing
 - ❑ Jedem Byte entspricht ein 64-kbit/s-Kanal
 - ❑ Brutto-Übertragungskapazität 155,52 Mbit/s
 - ❑ Netto-Übertragungskapazität 150,336 Mbit/s
 - ❑ Nutzinformationsanteil 96,66 %
- ❑ Höhere Multiplexstufen ergeben sich als ganzzahliges Vielfaches N der Grundstruktur $N \cdot (\text{STM-1})$ byteweise gemultiplext

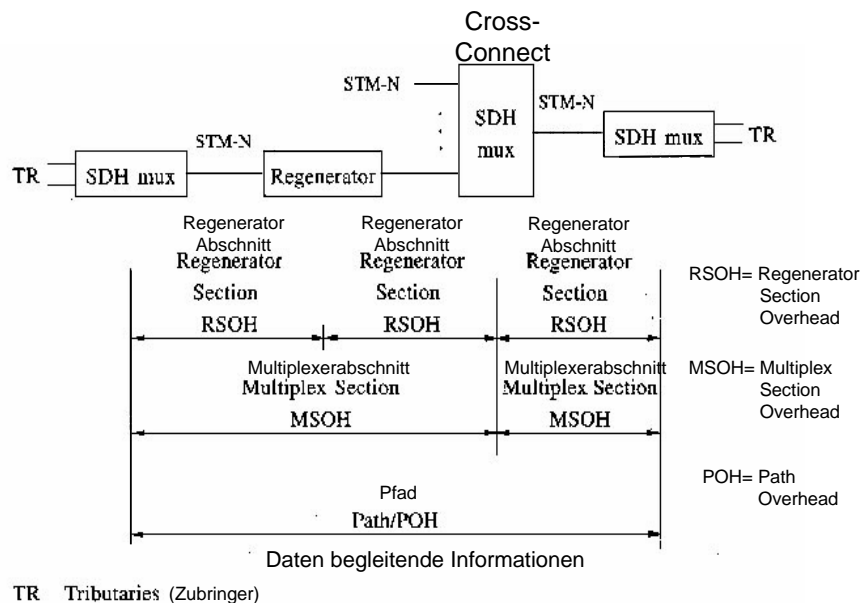


PDH	SDH
Bildung einer Bitfolge n+1-ter Ordnung nur aus Bitfolgen n-ter Ordnung möglich	Bildung einer Bitfolge n+1-ter Ordnung aus Bitfolgen 1...n-ter Ordnung möglich
Unterschiedliche Taktgeber je Multiplexstufe	Gemeinsamer Takt für alle Multiplexstufen
Unterschiedliche und steigende Anforderungen an die Frequenzkonstanz der Multiplexstufen	Hohe Anforderungen an die Frequenzkonstanz der Multiplexstufen $\Delta f \leq 10^{-11}$
Einzelne Stufen in sich synchron untereinander aber nicht synchron (unterschiedliche Frequenz und Phase)	Alle Multiplexstufen untereinander synchron (gleiche Frequenz aber Phasenunterschiede)
Einfügen und Herauslösen von Kanälen nur in mehreren Schritten möglich (Bit-Multiplexen, außer PCM30)	Einfügen und Herauslösen von Kanälen in einem Schritt möglich (Pointer) (Byte-Multiplexen)
Unterschiedliche Rahmenstruktur pro Multiplexstufe	Einheitliche Rahmenstruktur für Alle Multiplexstufen





Umfasst mehrere Transportabschnitte (sections)

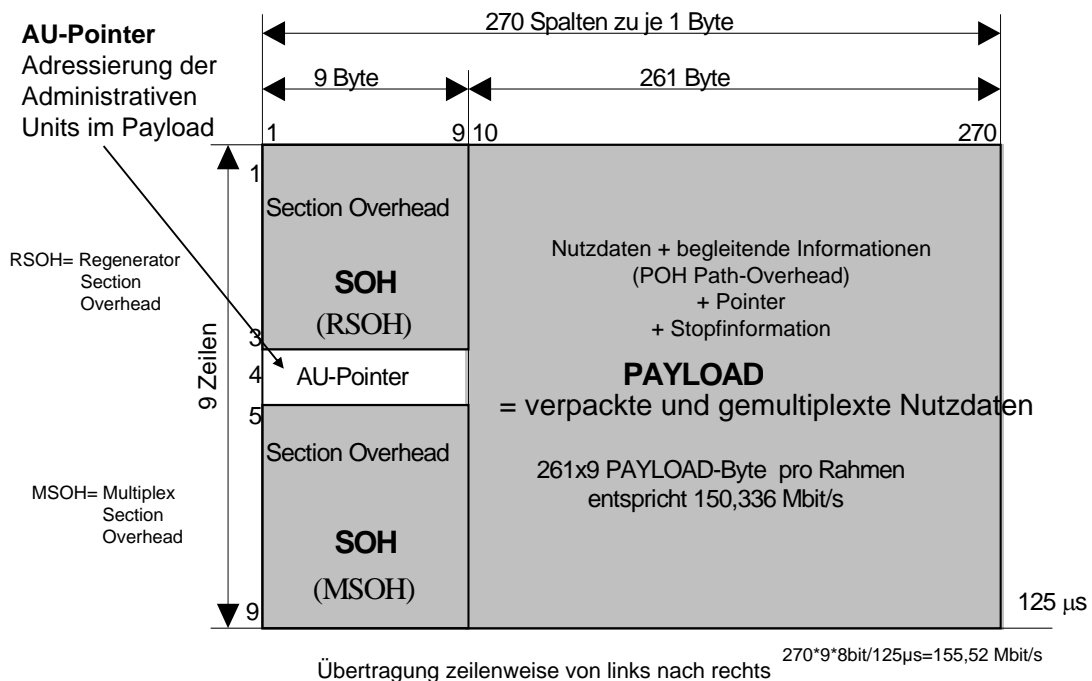
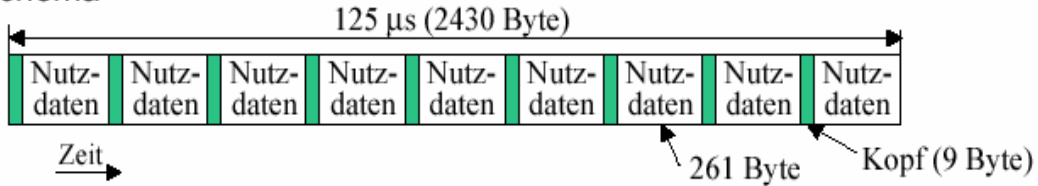


Zeitliche Darstellung

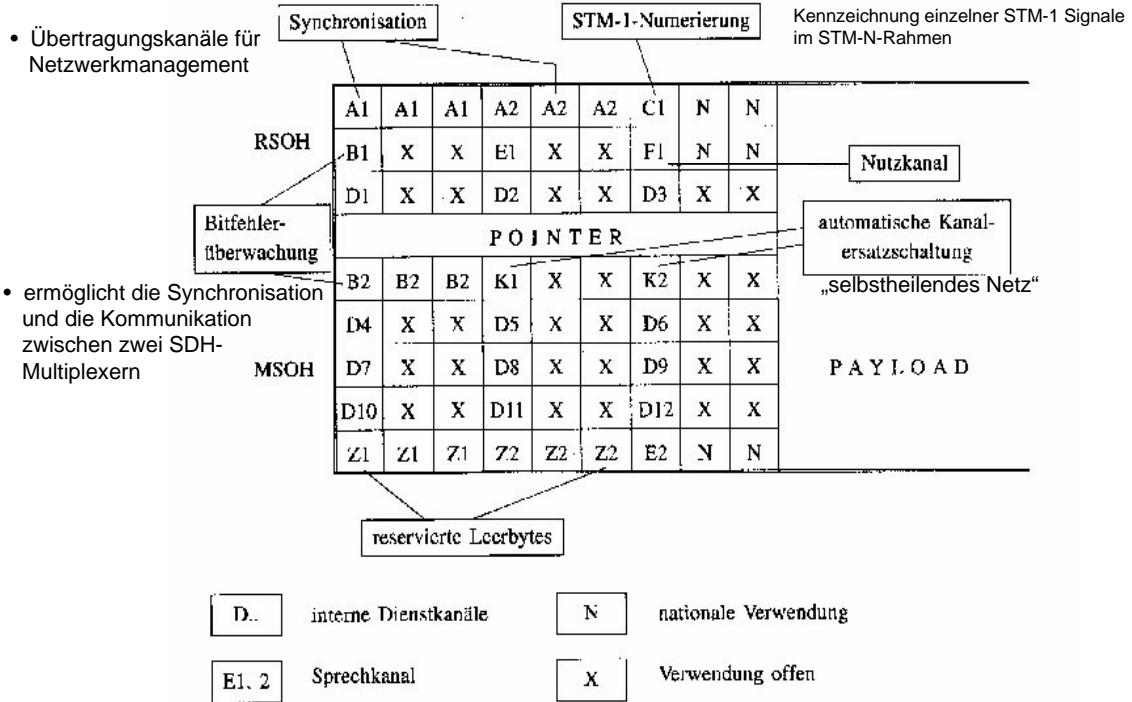
Grundlegende Eigenschaften

- Rahmendauer STM-1-Rahmens: 125 µs (STM: Synchrones Transport Modul)
- Strukturierung in 9 Blöcke zu je 270 Byte

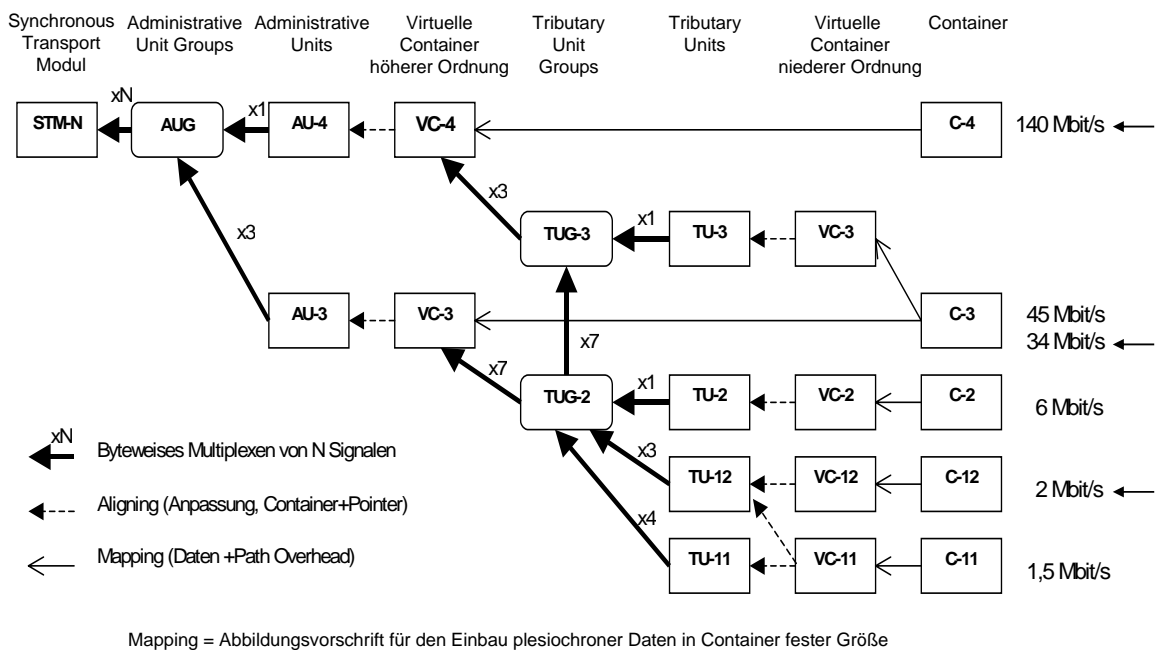
Schema

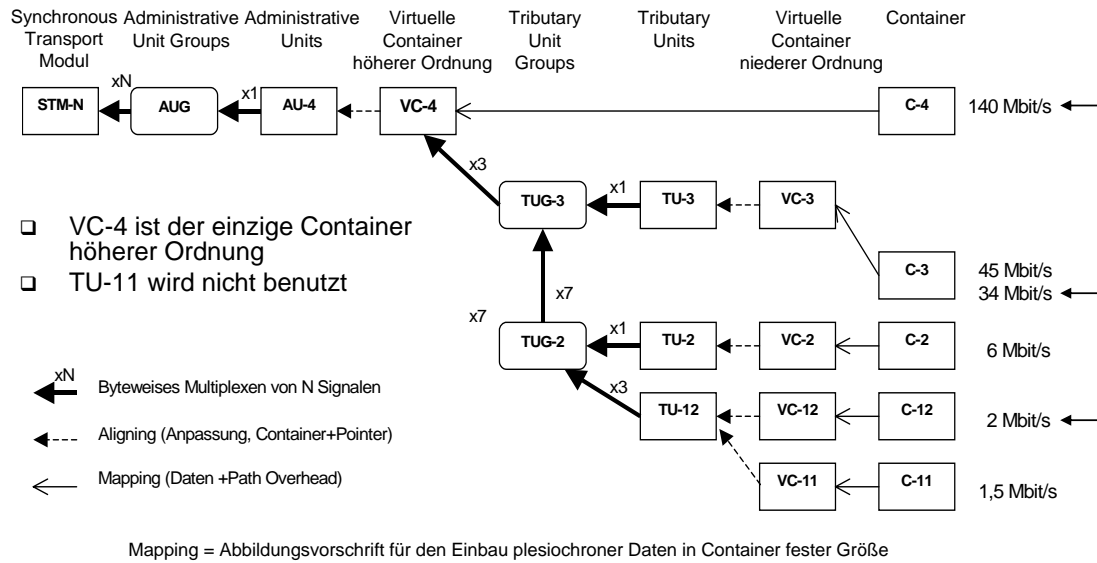


Section Overhead (SOH)



Multiplexschema der SDH



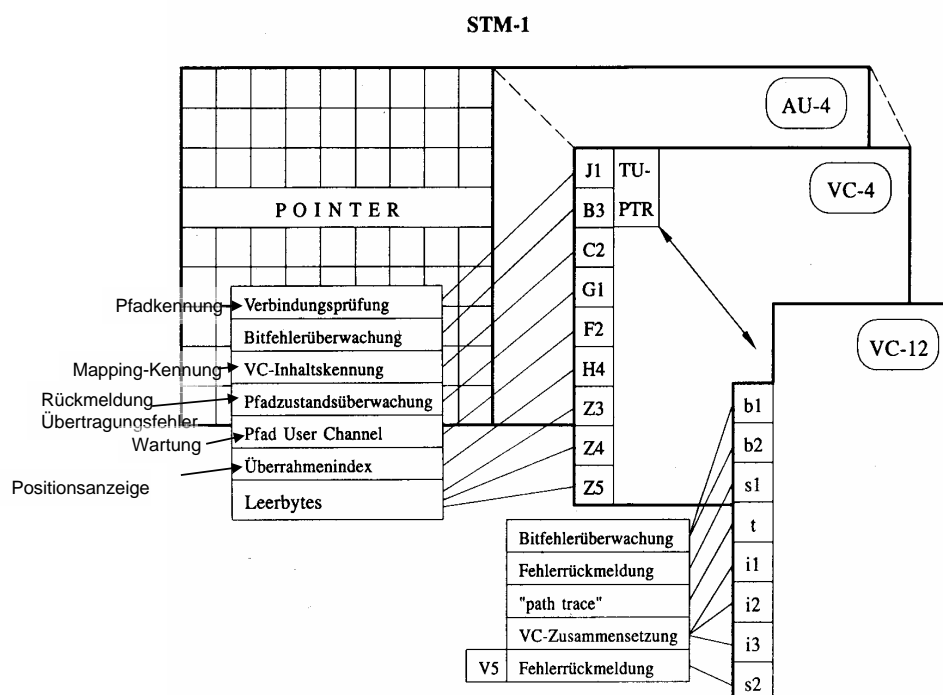


- Transportmodul für plesiochrone oder synchrone Nutzinformation
- entspricht einer definierten netzsynchronen Übertragungskapazität
- Container sind auf Bitraten der PDH zugeschnitten (Container sind größer)
 - C-11 => 1544 kbit/s (Japan, USA) -> DS-1
 - **C-12 => 2048 kbit/s (Europa) -> PCM-30 (bedeutendstes Mapping)**
 - C-2 => 6312 kbit/s (Japan, USA) -> DS-2
 - C-3 => 34368 kbit/s (Europa) -> PCM-480
oder
44736 kbit/s (USA) -> DS-3
 - C-4 => 139264 kbit/s (Europa) -> PCM-1920
- Anpassungsvorgänge bei plesiochronen Signalen notwendig
- Containerinhalt besteht aus:
 - Nutzinformation
 - Stopfinformation ohne Informationsgehalt zur groben Anpassung an Nutzdatenrate (->festes Stopfen an festen Bitstellen)
 - Bitstellen mit oder ohne Informationsgehalt (Nutz- oder Stopfbits) zur genauen Taktanpassung (->variables Stopfen)
 - Stopfkennungsbits zur Kennzeichnung der Stopfinformation



Virtueller Container = Container + Path Overhead

- ❑ Path Overhead (POH) = informationsbegleitende Daten für Container Multiplexer bis zum Demultiplexer
- ❑ POH enthält Informationen zum zuverlässigen Transport eines Containers (-> zur Qualitätskontrolle)
- ❑ POH-Größe abhängig von Größe des Containers
 - ❑ 1 Byte für VC-1 und VC-2
 - ❑ 9 Byte für VC-3 und VC-4
- ❑ Virtuelle Container-Arten:
 - ❑ Höherer Ordnung sind direkt im STM-1-Rahmen übertragbar (VC-4, VC-3)
 - ❑ Niedriger Ordnung sind zusammenfassbar in Container höherer Ordnung (VC-1, VC-2)



Tributary Units (TU)

Tributary Unit = VC niederer Ordnung + TU-Pointer

- ❑ Tributary Unit = Informationseinheit eines Containers höherer Ordnung, in den VC niederer Ordnung gleiten kann
- ❑ TU-Pointer zur Angabe der Phasenbeziehung zwischen den virtuellen Containern (notwendig, da keine Phasensynchronität zwischen unterschiedlichen Zubringersystemen sichergestellt werden kann)

Tributary Unit Groups (TUG)

- ❑ Vor dem Verpacken von Tributary Units in übergeordneten Containern erfolgt byteweises Verschachteln (Multiplexen) zu Tributary Unit Groups



Administrative Units (AU)

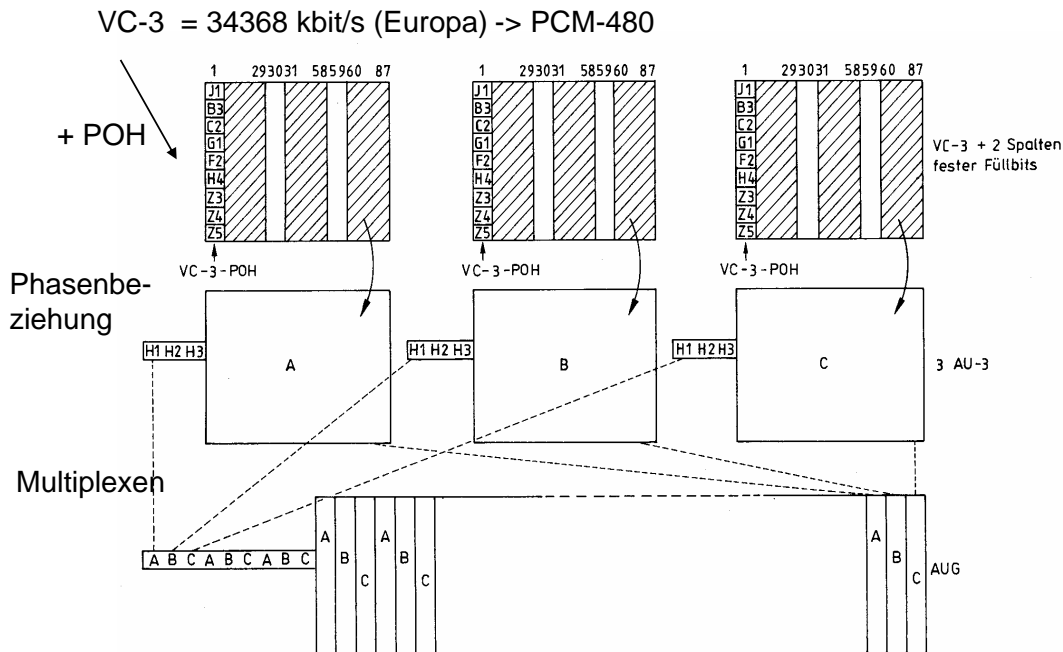
Administrative Unit = VC höherer Ordnung + AU-Pointer

- ❑ Administrative Unit = Anteil des STM-1-Rahmens, in den ein Container höherer Ordnung gleiten kann
- ❑ Jede Administrative Unit enthält eine Pointer auf das erste Byte des Path Overheads (POH) des Virtuellen Containers (VC) zur Auflösung der Phasenbeziehung

Administrative Unit Groups (AUG)

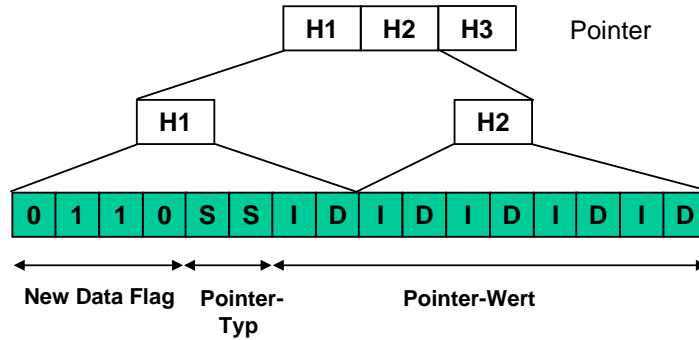
- ❑ wird durch byteweises Verschachteln (Multiplexen) von Administrative Units erhalten





- ❑ **Pointer** (Zeiger) sind innerhalb der SDH von zentraler Bedeutung
- ❑ **Aufgaben der Pointer:**
 - ❑ Pointer dienen zur **Positionsangabe** für den Zugriff auf beliebige Teilsignale der Multiplexhierarchie (Add-/Drop-Multiplexer)
 - ❑ Pointer dienen zur **Synchronisation** zwischen Nutzsignal und dem übergeordneten Rahmen (TU oder AU), indem sie Stopfmöglichkeiten bieten
 - Ausgleich von Phasenverschiebungen
 - Ausgleich von Schwankungen in der Übertragungsrate
- ❑ **Pointerarten:** Es gibt zu jedem VC einen Pointer
 - AU-4-Pointer und AU-3-Pointer
 - TU-3-Pointer
 - TU-1/TU-2-Pointer
- ❑ **Zugriff auf einen VC:**
 - Der Zugriff auf VCs höherer Ordnung erfolgt über die AU-Pointer
 - Der Zugriff auf die VCs niedriger Ordnung erfolgt zunächst über die AU-Pointer und zusätzlich über die TU-Pointer

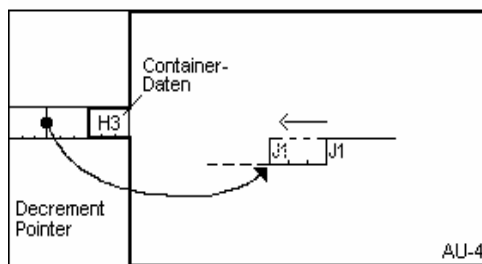




Jeder Pointer besteht aus 3 Bytes

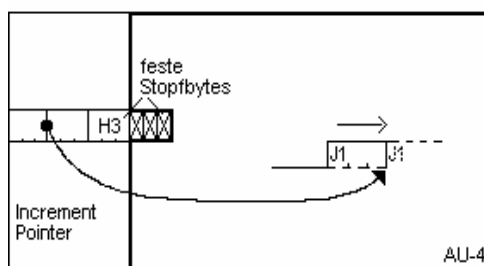
- ❑ **New Data Flag** (4 Bit): Eine Invertierung auf 1001 zeigt an, dass ein neuer Pointer sofort gelten soll (Schnellsynchronisation)
- ❑ **Pointer-Typ** (2 S-Bit): Kennzeichen für Pointer-Typ (

10	AU-4, AU-3, TU-3
00	TU-2
01	TU-12
11	TU-11)
- ❑ **Pointer-Wert** (10 Bit): Wert zeigt auf den Rahmenanfang des transportierten Virtuellen Containers (Beginn Path-Overhead) in der entsprechenden AU oder TU an
- ❑ **Signalisierung von Stopfvorgängen** durch Invertierung der I-Bits bzw. D-Bits (Positivstopfen durch Invertierung der I-Bits, Negativstopfen durch Invertierung der D-Bits, Interpretation über Mehrheitsentscheidung)
- ❑ **H3-Byte**: Bereich für Negativstopfen



Negatives Stopfen

Zubringer schneller als Multiplexsystem



Positives Stopfen

Zubringer langsamer als Multiplexsystem

