
Kapitel 4: WAN-Komponenten

4 WAN Komponenten

- 4.1 Multiplextechniken als Grundlage zum Aufbau von WANs
- 4.2 WAN-Technologien
- 4.3 Endsystemanbindungen
- 4.4 Historische Entwicklung am Beispiel des deutschen Forschungsnetzes

4.1 Multiplextechniken

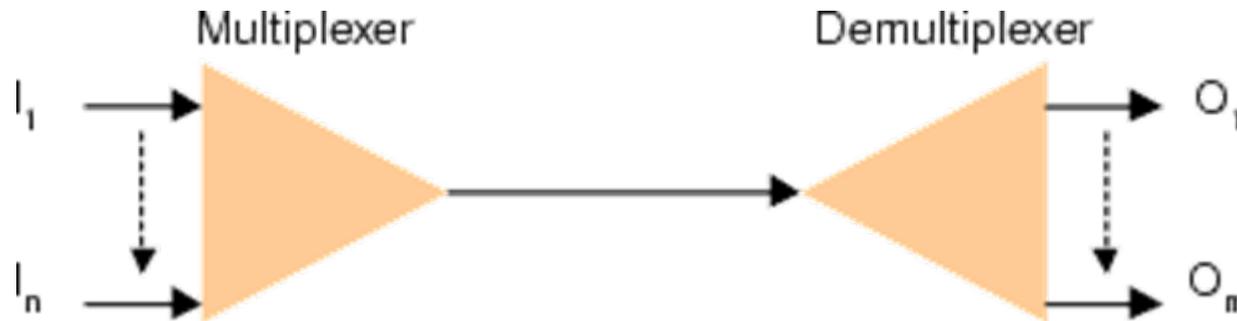
- 4.1.1 Prinzipien und Typen
- 4.1.2 Frequenzmultiplex
- 4.1.3 Zeitmultiplex
- 4.1.4 statistischer Multiplex
- 4.1.5 Multiplexhierarchien

4.1 Prinzipien: Multiplexer und Konzentrator

- ❑ **Ziel: Minimierung der Anzahl der Übertragungsleitungen**
- ❑ **Erreicht durch Zusammenfassung der Leitungen der Funktionseinheiten und Abbildung auf eine oder wenige Ausgangsleitungen**
- ❑ **Multiplexer werden häufig für verbesserte Auslastung von WAN-Leitungen (die einzelne LANs weltweit verknüpfen) verwendet**
- ❑ **Abhängig von der Kapazität der Eingangs- bzw. Ausgangsleitungen gibt es zwei Unterscheidungen**
 - Multiplexer
 - Konzentrator

- ❑ **Hinweis:**
 - „Leitungen“ können physisch oder logisch sein
 - Multiplexing kann damit auch auf höheren Schichten stattfinden
 - Beispiel: mehrere Anwendungen nutzen ein TCP-Verbindung

4.1.1 Prinzipien: Multiplexer

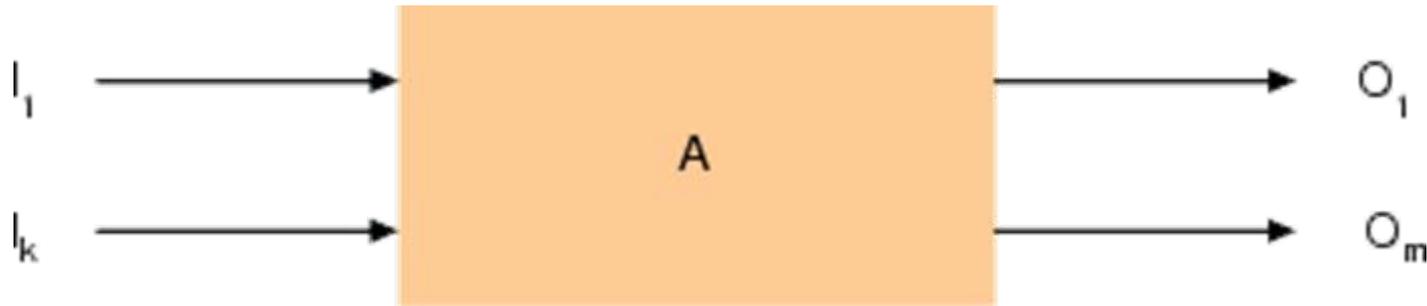


- Einem Multiplexer steht immer ein Demultiplexer gegenüber
- Definition: A ist ein Multiplexer, wenn gilt

$$\sum_{i=1..k} I_i \leq \sum_{i=1..m} O_i$$

**D.h. die Summe der Kapazitäten der Ausgangsleitungen ist wenigstens so groß wie die Summe der Eingangskapazitäten;
Jede Eingangsinformation kann voll auf den Ausgangsleitungen untergebracht werden**

4.1.1 Prinzipien: Konzentrator



- **Definition: A ist ein Konzentrator, wenn gilt:**

$$\sum_{i=1..k} I_i > \sum_{i=1..m} O_i$$

Die größere Kapazität der Eingangsleitungen muss auf die geringere Kapazität der Ausgangsleitungen abgebildet werden.

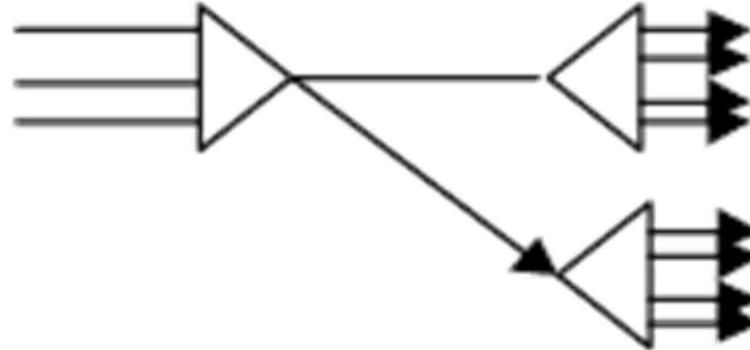
- **In der Literatur wird jedoch der Begriff Multiplexer verwendet, d.h. der Begriff Multiplexer wird für beide Fälle verwendet.**
- **Terminalserver, Frontendrechner haben Konzentratorkfunktion**

4.1.1 Prinzipien: Multiplexer-Typen

Access Multiplexer



Switching
Multiplexer

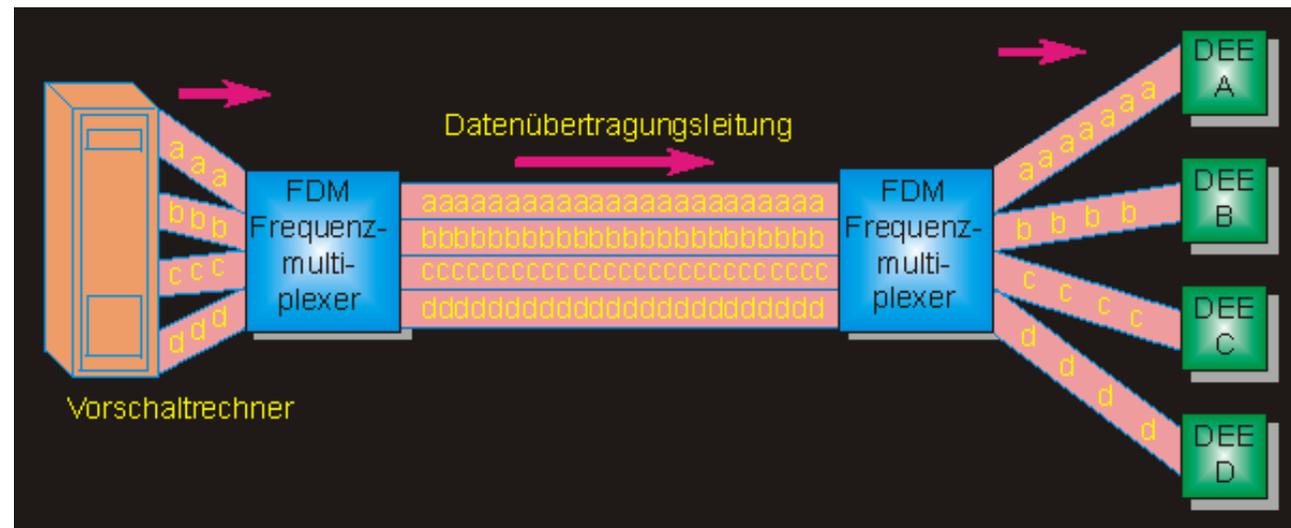


Inverse Multiplexer
(splitting)



4.1.2 Frequenz-Multiplexing (FDM)

- ❑ Aufteilung der Frequenzspektrums in schmalere Frequenzbereiche (Subkanäle) mit fester Zuordnung
- ❑ Trennung der Bereiche durch Sicherheitsbänder
- ❑ Verfahren angewendet bei der Breitband-Kommunikation, z.B. Breitbandkoax oder xDSL-Techniken
- ❑ WDM bei der optischen Übertragung kann ebenfalls als FDM-Variante betrachtet werden
- ❑ Kanalspezifische RF Modems, um Information auf Träger aufzumodulieren
 - Maximale Datenrate eines Kanals bestimmt durch Breite des Frequenzbandes



4.1.2 Wellenlängen-Multiplex (WDM) – spezielles FDM

- ❑ **Damit kann man in einer Faser mehrere logische Kanäle führen. WDM wird manchmal auch als OFDM („Optical Frequency Division Multiplex“) bezeichnet.**
 - Derzeit sind Produkte auf dem Markt mit 4, 8, 16, 32, ..., 128 „Farben“, wobei die Abstände der genutzten Wellenlängen etwa 3 nm (z.B. 1545, 1548, 1551, 1554 nm) sind oder auch nur 1 nm bei Dense WDM
 - WDM bedeutet bitparalleles Übertragen!
 - WDM-Komponenten sind optische Mischer und Filter
- ❑ **Frequenzmultiplex „mit Licht“**

4.1.3 Festes Zeitmultiplexing (TDM)

- **Strenges Abwechseln der angeschlossenen Funktionseinheiten; jedes DTE ist genau einem bestimmten Zeitabschnitt („Time Slot“) zugeordnet**



- **Falls bei Terminal keine Übertragung ansteht, bleibt Zeitabschnitt ungenutzt; i.a. Verwendung eines strikten Round Robin; Zeitabschnitte werden auf Positionen im zu übertragenden Block abgebildet**
 - **Abbildung auf feste Positionen innerhalb eines Blocks; Unterscheidung zwischen**
 - „Bit-interleaved“: von jedem Eingangskanal wird jeweils das nächste Bit ausgewählt; sehr kurze Verzögerungszeiten; benötigen wenig Speicher; geeignet für synchrone Kanäle
 - „Character-interleaved“: jeweils ein Zeichen pro Eingangskanal; längere Verzögerungszeiten; größere Puffer notwendig; ursprünglich für asynchrone Kanäle; Zuordnung ein Zeichen pro Frame -> jedoch viel Overhead

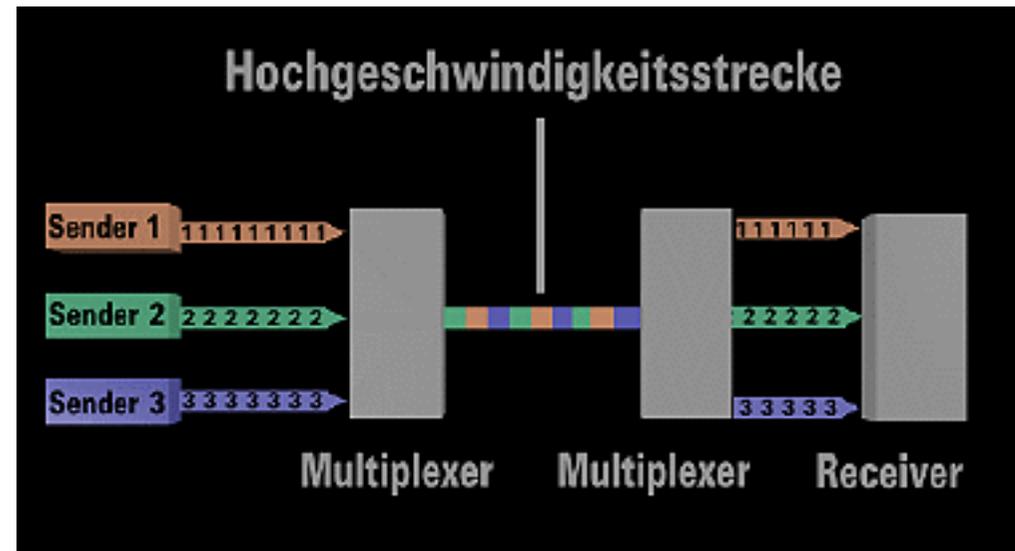
4.1.3 Festes Zeitmultiplexing (Fortsetzung)

□ Datenraten-Adaptierung

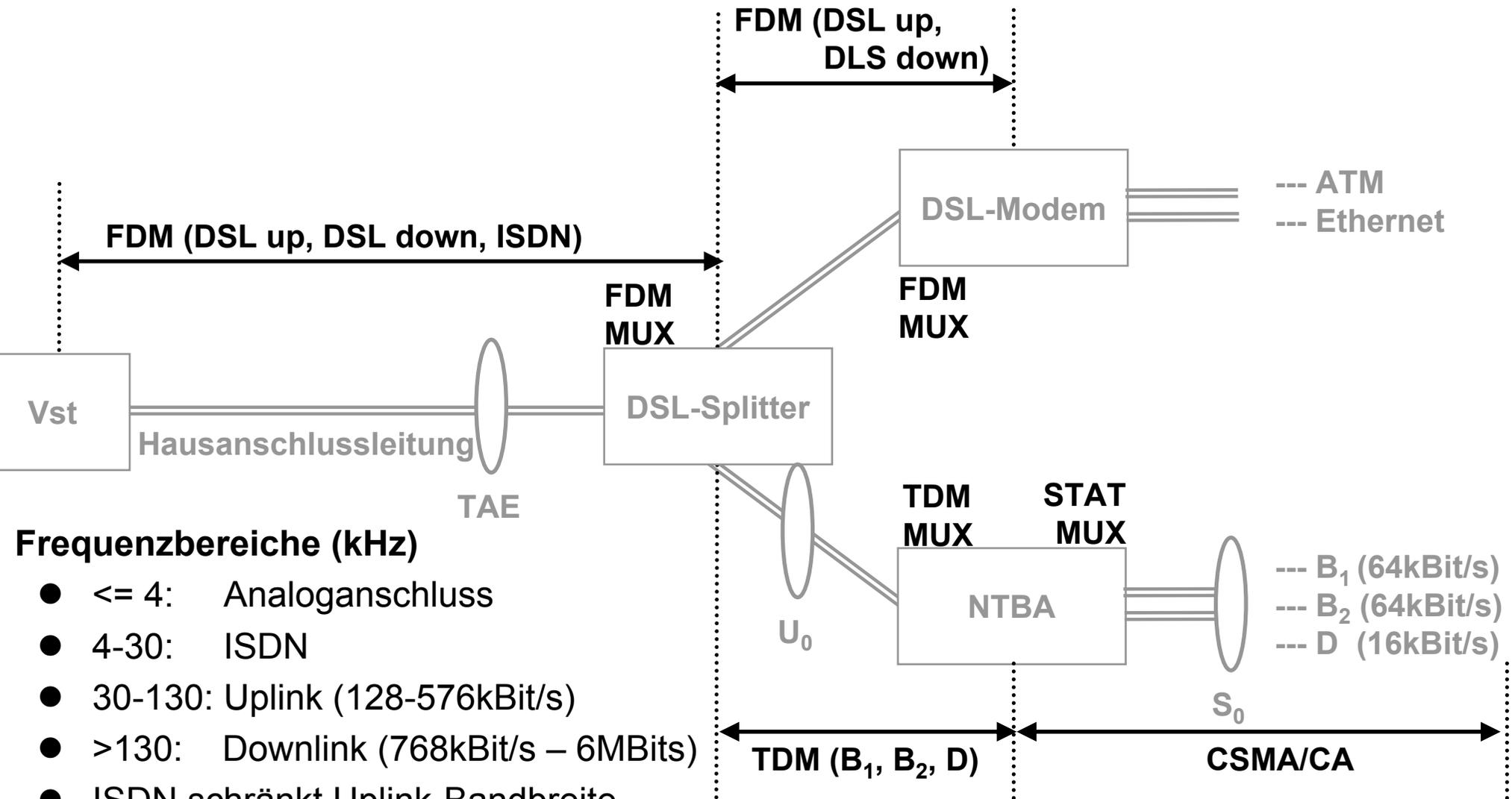
- Übertragung von Frames
- Zuordnung von Zeichenposition je nach Datenrate des Eingangskanals, d.h. einem Terminal mit höherer Datenrate werden mehrere Zeichenpositionen innerhalb des Frames zugeordnet

□ Datenrate des Ausgangs \geq Summe der Datenraten der Eingänge

- Da Terminals keinen kontinuierlichen Nachrichtenverkehr haben, sind i.a. Zeichenpositionen leer, d.h. Ausgang ist für Spitzenverkehr dimensioniert; deshalb Anpassung an mittlere Datenrate der Terminals



Zusammenspiel von Multiplexern bei DSL und ISDN



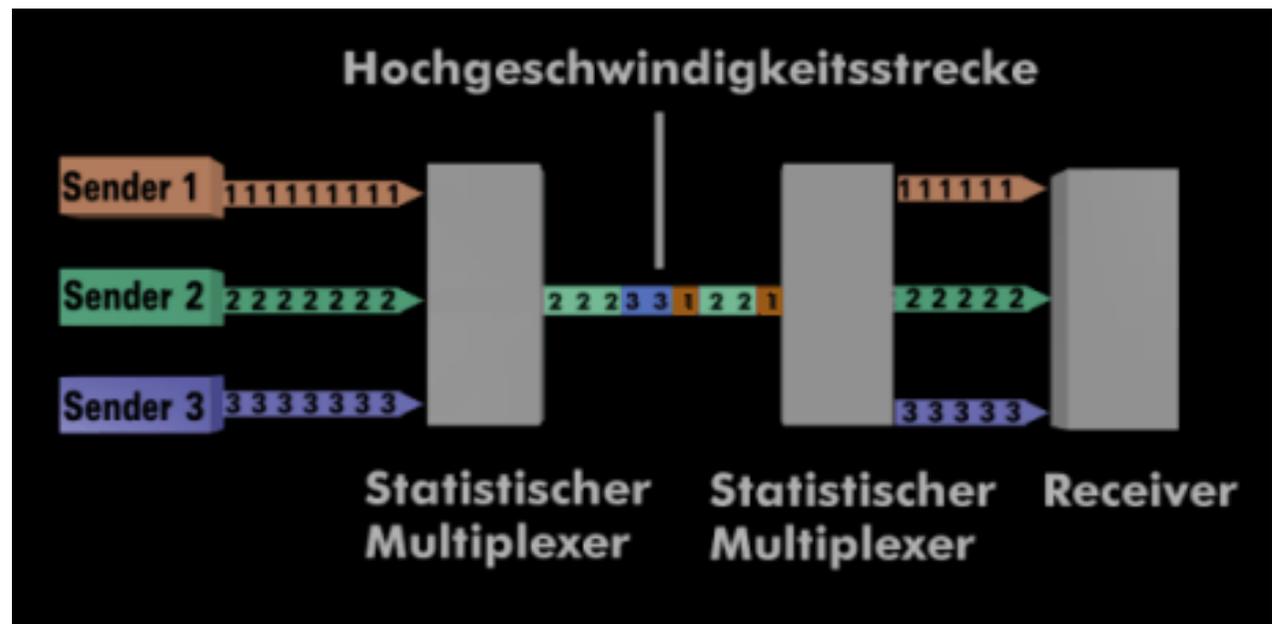
Frequenzbereiche (kHz)

- ≤ 4: Analoganschluss
- 4-30: ISDN
- 30-130: Uplink (128-576kBit/s)
- >130: Downlink (768kBit/s – 6MBit/s)
- ISDN schränkt Uplink-Bandbreite geringfügig ein

NTBA: NetworkTerminationBasisAnschluss
TAE: TeilnehmerAnschlussEinheit

4.1.4 Statistische Multiplexer

- ❑ Arbeiten nach dem Prinzip der Anpassung an die mittlere Datenrate der angeschlossenen Funktionseinheiten
- ❑ Abbildung einer größeren Eingangskapazität auf eine geringere Ausgangskapazität wird Konzentration genannt
- ❑ Ausnutzung der Leerzeiten von Terminals
- ❑ Jedoch kann zu gegebener Zeit auch mit maximaler Datenrate einer einzelnen Funktionseinheit übertragen werden -> Speicherkapazität, falls mehrere Funktionseinheiten gleichzeitig aktiv sind (Bearbeitung der Datenüberlast)
- ❑ Jedes Zeichen bzw. Gruppe von Zeichen muss einem Terminal zugeordnet werden können -> Terminal-Identifikator notwendig



4.1.4 Statistische Multiplexer: Frame-Aufbau

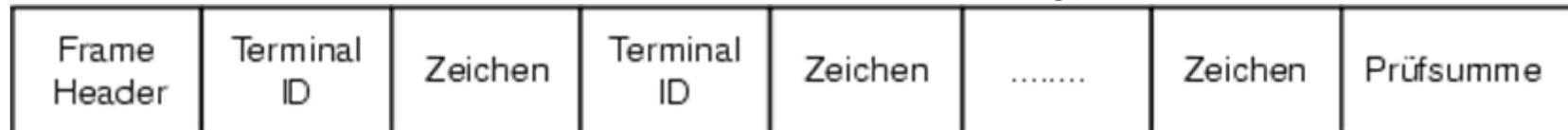
- **Der Aufbau eines Frames hängt davon ab, wie die zugehörigen Terminal-Identifikatoren integriert werden. Es gibt zwei Methoden**

- Getrennte Frames pro Funktionseinheit



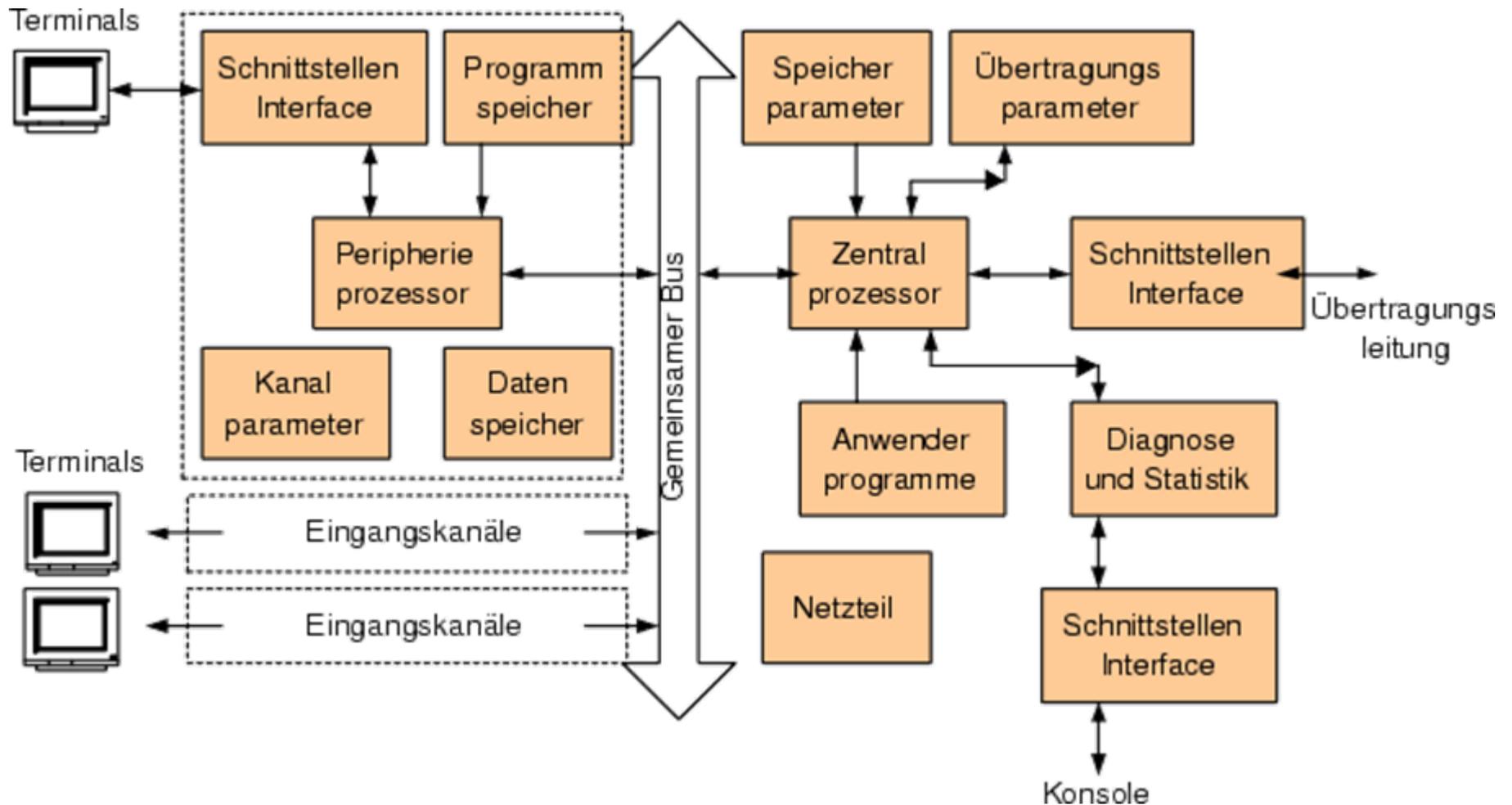
Langsame Reaktion, da mit der Übertragung gewartet wird, bis für Frame genügend Zeichen zur Übertragung anstehen; dies hängt jedoch davon ab, ob die Frames eine feste oder eine variable Länge besitzen

- Mischen von Zeichen (True Division Interleaving)



- Schnellere Reaktion, jedoch größerer Overhead wegen mehrfacher Terminal-Identifikatoren; Anwendung von Aktivitätstabelle („Activity Map“), z.B. vor Zeichenfolge wird Aktivitätstabelle übertragen, die angibt, welche Terminals aktiv sind; pro Terminal höchstens 1 Zeichen in Frame; Aktivitätstabelle als Bitfeld variable Framelänge

4.1.4 Statistische Multiplexer: Aufbau



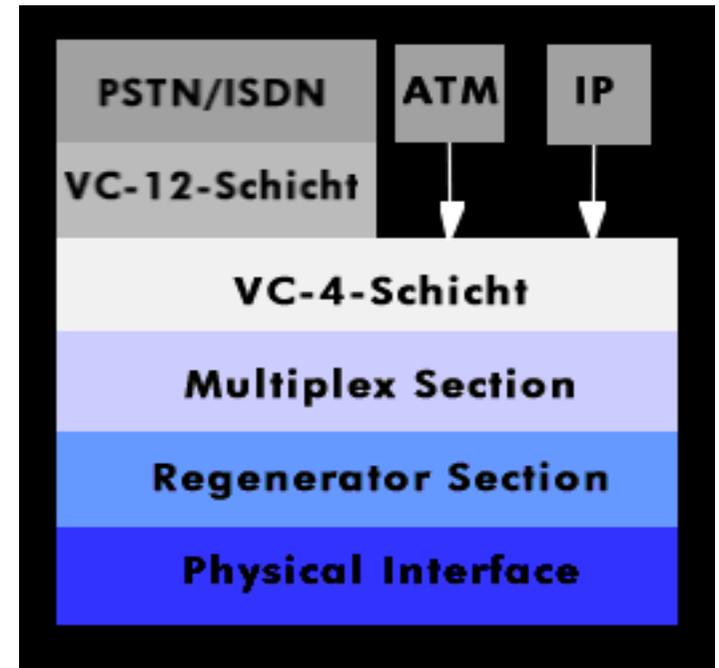
4.1.4 Statistische Multiplexer: Aufbau (Fortsetzung)

□ Bestimmende Merkmale sind

- Anzahl Ports (in/out)
- Unterstützte Schnittstellen (in) – Protokolle, Übertragungsraten, Codes
- Art der Flusssteuerung
- Max. Summeneingangsrate
- Latenzzeit
- Durchsatz
- Managementunterstützung: SNMP, Konfiguration, Reporting, Statistik, Benutzerverwaltung
- Kompression

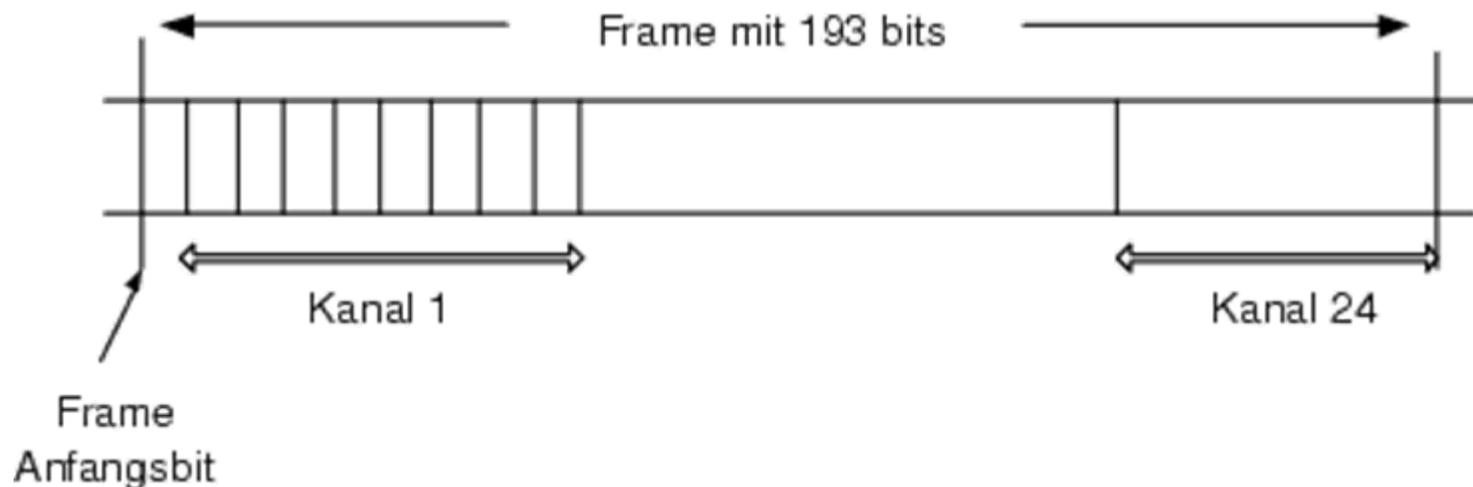
4.1.5 Multiplexhierarchien

- **SONET (Synchronous Optical Network): Nordamerikanische Multiplexhierarchie für optische Netze**
 - OC-n mit OC-1 = 51,84 Mbps
 - > OC-3 = 155,52 mbps, OC-12 = 622,08 Mbps
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy): Internationaler Standard äquivalent zu SONET**
 - STM-i mit STM-1 = 155,52 Mbps (d.h. ein Frame = 2340 Bytes)
 - SDH-Schichtenmodell:
 - besteht aus der physikalischen Schicht, die in der Regel über optische Übertragungsmedien realisiert wird, die aber auch Richtfunkstrecken oder Satellitenverbindungen umfassen kann
 - Über dieser Schicht befindet sich die Regenerator-Schicht, die die Regeneratorabschnitte umfasst
 - Innerhalb dieser Schicht erfolgt eine Signalisierung über den Regenerator Section Overhead (RSOH)



4.1.5 Multiplexhierarchien: Bell-System T1

- ❑ Multiplexen mehrerer asynchroner und synchroner Kanäle mit 64 kbps
- ❑ Digitale Übertragung, d.h. Anwendung von PCM (Pulse Code Modulation) zur Umwandlung von analoger in digitale Darstellung
- ❑ Daten und Sprache können parallel übertragen werden
- ❑ Zusammenfassung von 24 Kanälen mit jeweils 56/64 kbps



4.1.5 Multiplexhierarchien: Bell System T1 (Fortsetzung)

- ❑ Information von Kanal i besteht aus 7 Datenbits und 1 Bit zur Darstellung von Kontrollinformation -> 56 kbps
 - Bei 8 Datenbits -> 64 kbps
- ❑ Ein Frame der Länge von 193 bits benötigt 125 Mikrosekunden ($8000 * 193 \text{ bit}$ ergibt 1.544 Mbps)
 - Datenrate 1.544 Mbps. Bell System T1 wird benutzt zur Kommunikation zwischen Telefonvermittlungsstellen
- ❑ Standards

in den USA und Japan

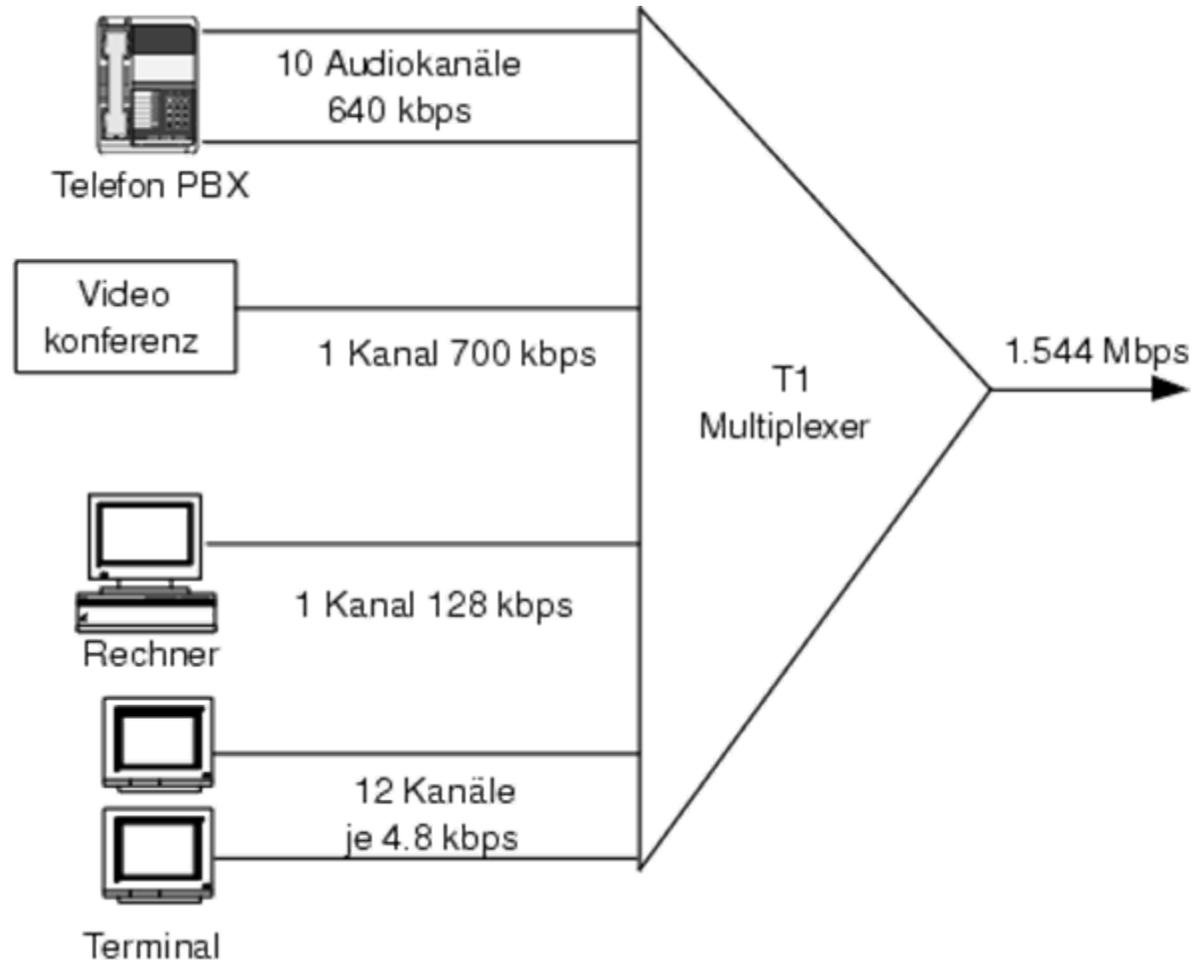
T1 DS1	1.544 Mbps	24 Kanäle je 64 kbps
T2 DS2	6.312 Mbps	96 Kanäle= 4 * T1
T3 DS3	44.736 Mbps	672 Kanäle= 28 * T1 = 7 * T2

in Europa

ITU E1	2.048 Mbps	30 Kanäle
ITU E2	8.448 Mbps	120 Kanäle
ITU E3	34.368 Mbps	480 Kanäle

4.1.5 Multiplexhierarchien: Beispiel für T1-Anwendung

- Beispiel für eine T1-Anwendung mit verschiedenen Medien.



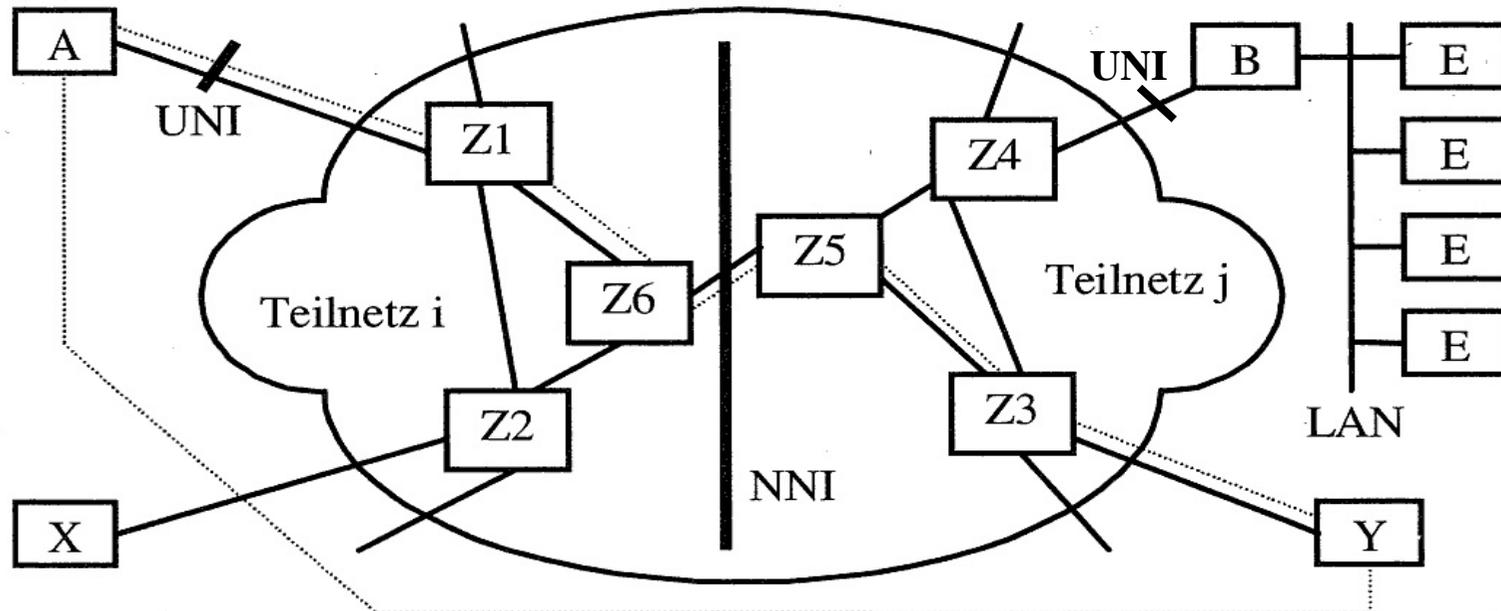
4.2 WAN Technologien

- 4.2.1 Überblick
- 4.2.2 Frame Relay
- 4.2.3 SDH
- 4.2.4 ISDN

4.2.1 Überblick

- ❑ **„Historisch“: noch im Einsatz, aber eher unbedeutend**
 - POTS (PainOldTelephonySystem, analoges Telefonnetz)
 - FrameRelay (statistisches Multiplexen auf Schicht 2)
 - X.25 (statistisches Multiplexen auf Schicht
- ❑ **Derzeitige Produktionsnetze**
 - ATM (meist auf SDH aufsetzend) -> Rechnernetze II
 - SDH (als MUX-Basis für z.B. ISDN, IP, ...)
- ❑ **???**
 - Erwartet werden rein optische Netze
 - Nicht nur LWL, sondern auch
 - Optisches Switching
 - Optisches Multiplexing

4.2.2 Frame Relay



- A, X, Y: Endsysteme (DTE) mit FR-Schnittstelle, z. B. Host
B: FRAD (Frame Relay Access Device, z. B. Bridge oder Router)
E: Endsysteme mit LAN-Schnittstelle
Z1, Z2, Z3, Z4: Frame Relay Switch oder Multiplexer (zum Zugangsnetz)
Z5, Z6: Frame Relay Switch im Kernnetzwerk
----: logische Verbindung

4.2.2 Frame Relay Verbindungen

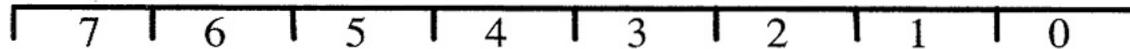
- ❑ FR wirkt als statistischer Multiplexer der Ebene 2



- ❑ Kennzeichnen der log. Verbindung mittels DLCI (Data Link Connection Identifier). DLCI identifiziert „Port“, d.h. Sende-/Empfangspuffer
- ❑ Verbindungen sind bidirektional (PVC oder SVC)
- ❑ Als Adressen dienen X.121- oder E.164-Rufnummern. Beim Verb.-Aufbau Umsetzung Adressen in DLCI, die jeweils nur für einen Link eindeutig sind, d.h. DLCI-Mapping in FR-Knoten
- ❑ Übertragen werden Frames

4.2.2 FrameRelay: Frameformat

Flag 1 Byte	Header 2 - 4 Byte	Nutzdaten Variable Länge	FCS 2 Byte	Flag 1 Byte	Rahmenaufbau (CCITT I.441)
----------------	----------------------	-----------------------------	---------------	----------------	-------------------------------



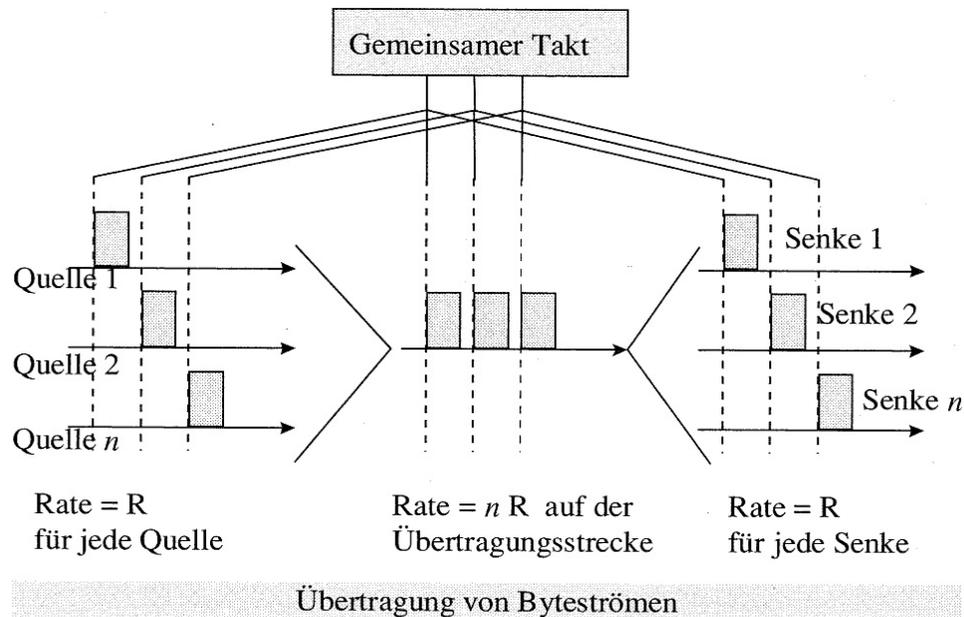
Upper DLCI				CR	EA0	Header 2 Byte
Lower DLCI		FECN	BECN	DE	EA1	

Upper DLCI				CR	EA0	Header 3 Byte
Lower DLCI		FECN	BECN	DE	EA0	
Lower DLCI oder DL Core Control				DC	EA1	

Upper DLCI				CR	EA0	Header 4 Byte
Lower DLCI		FECN	BECN	DE	EA0	
Lower DLCI					EA0	
Lower DLCI oder DL Core Control				DC	EA1	

4.2.3 SDH - Überblick

- ❑ SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ist synchrone Zeit-Multiplex-Übertragungstechnik für Glasfasern und Richtfunkstrecken
- ❑ SDH ist ITU-T standardisiert. SONET (Synchronous Optical Network) ist die USA-Variante
- ❑ Synchrone Arbeitsweise erlaubt direkte Ableitung der Signale in der Mux-Hierarchie

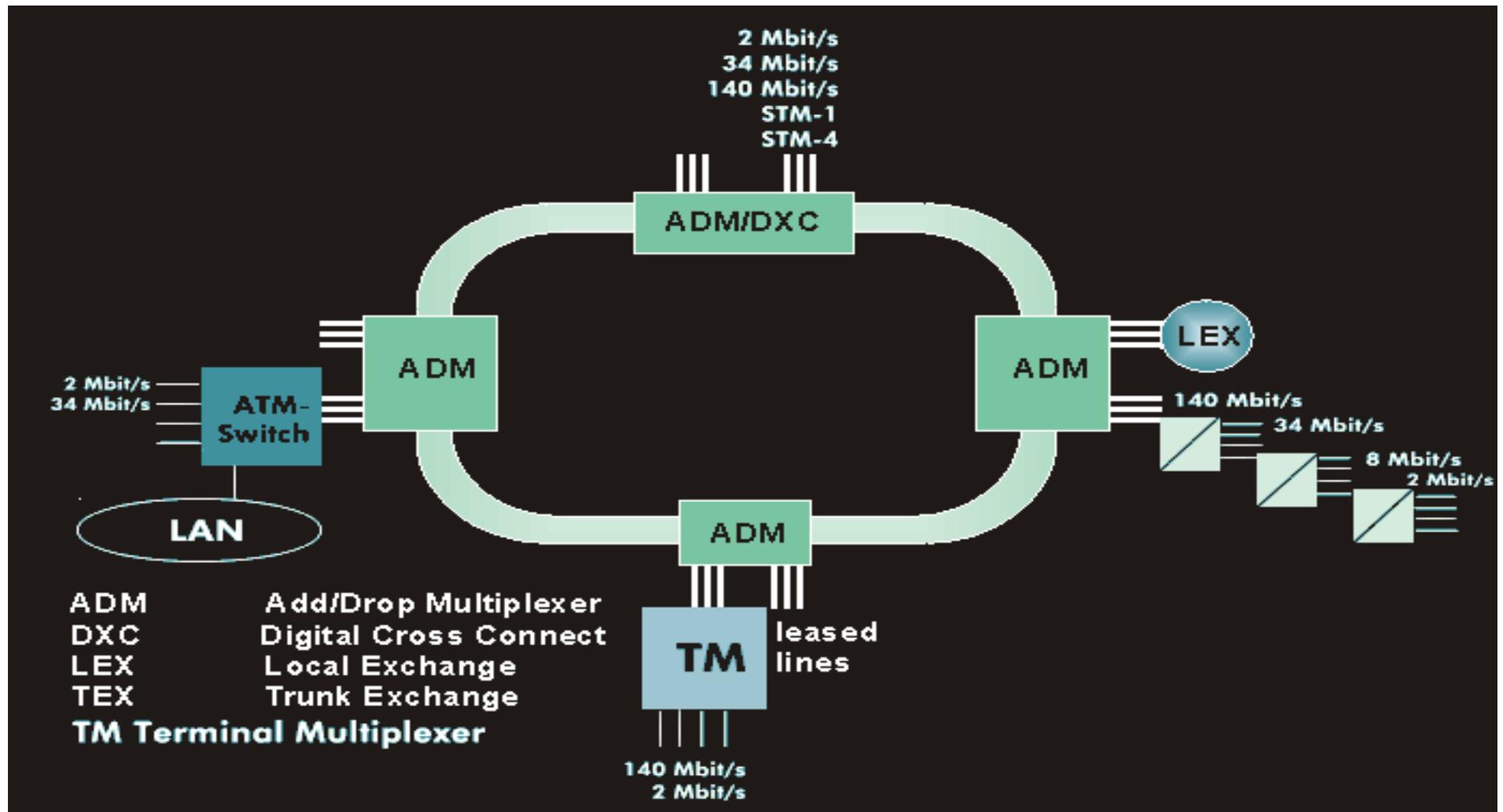


4.2.3 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

- ❑ Die Grundstruktur eines SDH-Netzes ist ein vermaschtes Netz, das in Ring- oder Bustopologie aufgebaut sein kann, und aus mehreren Multiplex- und Regenerator-Abschnitten besteht
- ❑ Die Knoten des SDH-Netzes können von Multiplexer, Add/Drop Multiplexer (ADM) oder Digital Cross Connect (DXC) gebildet werden. So wird der Abschnitt zwischen zwei Regeneratoren als Regenerator-Abschnitt bezeichnet, der Abschnitt zwischen zwei Multiplexern als Multiplexer-Abschnitt. Der Übertragungsabschnitt zwischen den Netzknoten ist der Pfad.
- ❑ In SDH-Netzen wird vorwiegend die optische Übertragungstechnik eingesetzt. Bedingt durch die überbrückbaren Entfernungen kommen nur Monomodefasern zum Einsatz, die bei 1.310 nm und 1.550 nm betrieben werden. Darüber hinaus können SDH-Übertragungstrecken auch über Richtfunk oder Satellitenverbindungen realisiert werden, allerdings mit eingeschränkter Übertragungsgeschwindigkeit.

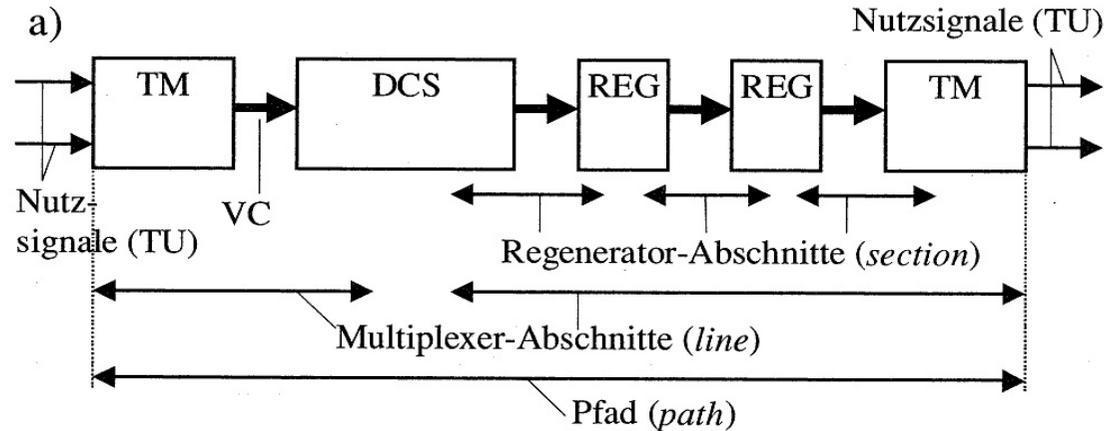
4.2.3 SDH

□ Struktur eines SDH-Netzes

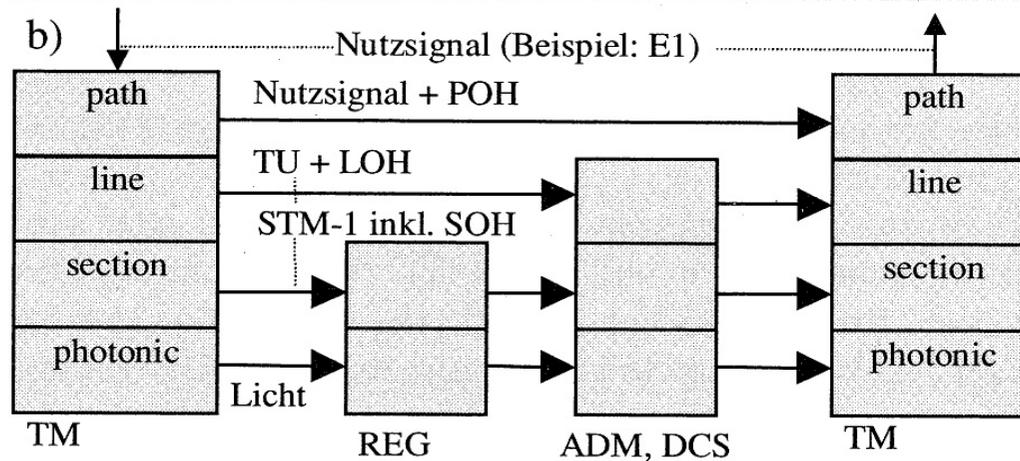


4.2.3.1 SDH – Architektur (1)

□ Netzelemente und Protokollschichten



TU: Tributary Unit, VC: Virtual Container



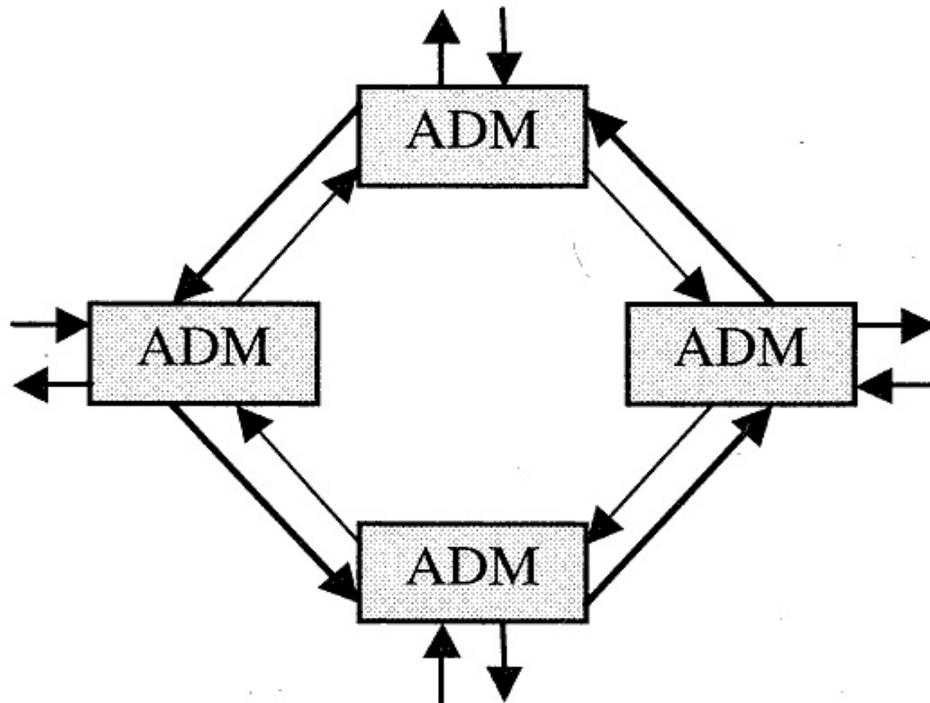
4.2.3.1 SDH – Architektur (2)

- ❑ **TM (Terminal-Multiplexer):** Zugang zum SDH-Netz für Endgeräte, hat mehrere Teilnehmerschnittstellen und ein/zwei Leitungsschnittstellen, kann mehrere Signale in eine SDH-Hierarchiestufe zusammenfassen
- ❑ **REG (Regenerator):** verstärkt optische Signale
- ❑ **ADM (Add-Drop-Multiplexer):** Funktionen wie TM, kann zusätzlich einzelne Kanäle (VC, Virtual Channels) aus Mux-Datenstrom heraustrennen (drop) oder einfügen (add)
- ❑ **DCS (Digital Cross-Connect System):** können VCs zwischen verschiedenen Ein-/Ausgabeleitungen schalten, vereinigen, ausfiltern

4.2.3.1 SDH – Architektur (3)

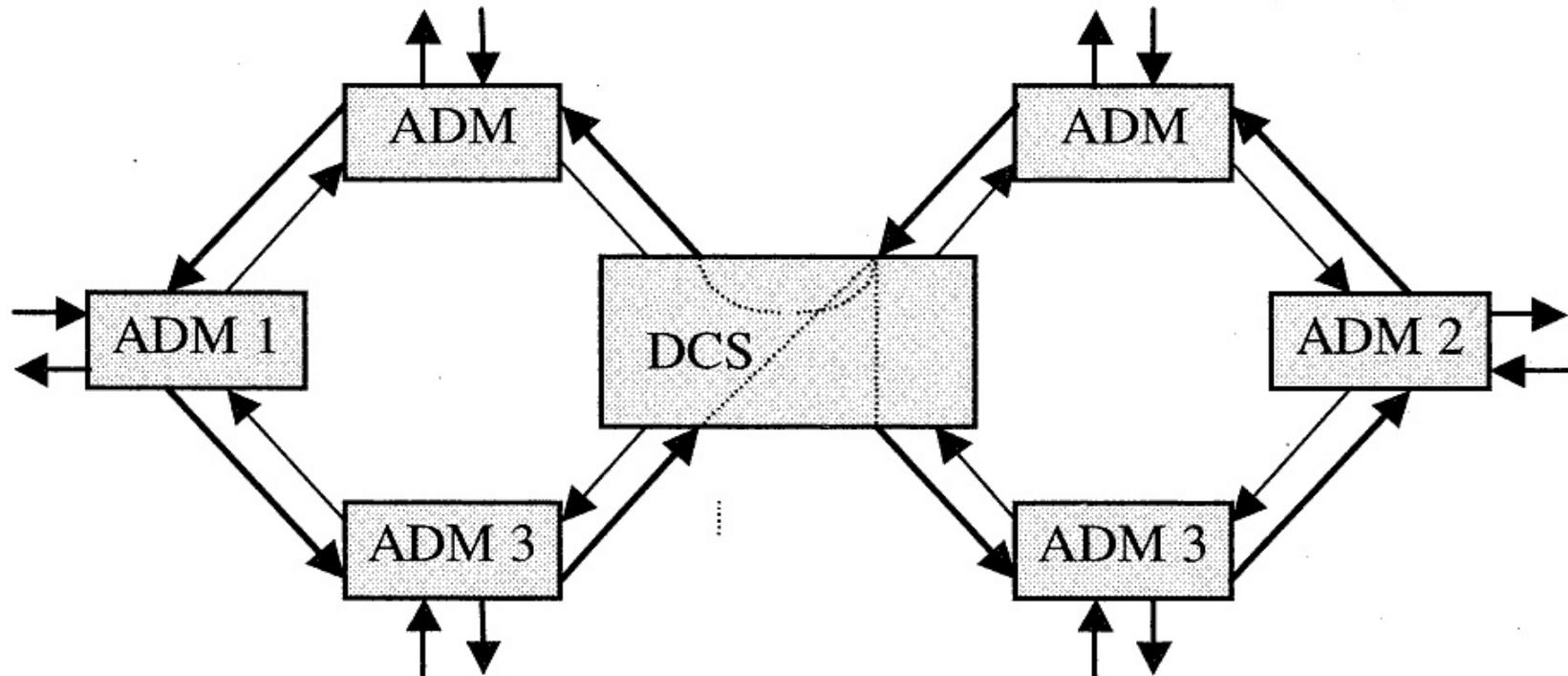
- ❑ **SDH-Funktionen gehören zur OSI-Schicht 1**
- ❑ **Optische Teilstrecken (photonic): bezieht sich auf opt.-Signale auf Glasfasern und opto-elektrische Wandlung**
- ❑ **Regenerator-Abschnitt (section): Glasfaserabschnitte zwischen REGs oder REGs und anderen Elementen**
- ❑ **Multiplexer-Abschnitt (line): P2P-Verbindung zwischen DCS und TM/ADM**
- ❑ **Pfad (path): Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen TMs (über ADM, DCS, REGs hinweg)**

4.2.3.2 SDH – Topologie (1)



- ADM: Add Drop Multiplexer
- Einzelne Byteströme werden aus den umlaufenden Rahmen entfernt bzw. eingefügt
- Topologie: Doppelring
- Hauptring für Normalbetrieb
 - Ersatzring für Ausfalltoleranz
 - Betrieb vergleichbar FDDI-Doppelring

4.2.3.2 SDH – Topologie (2)

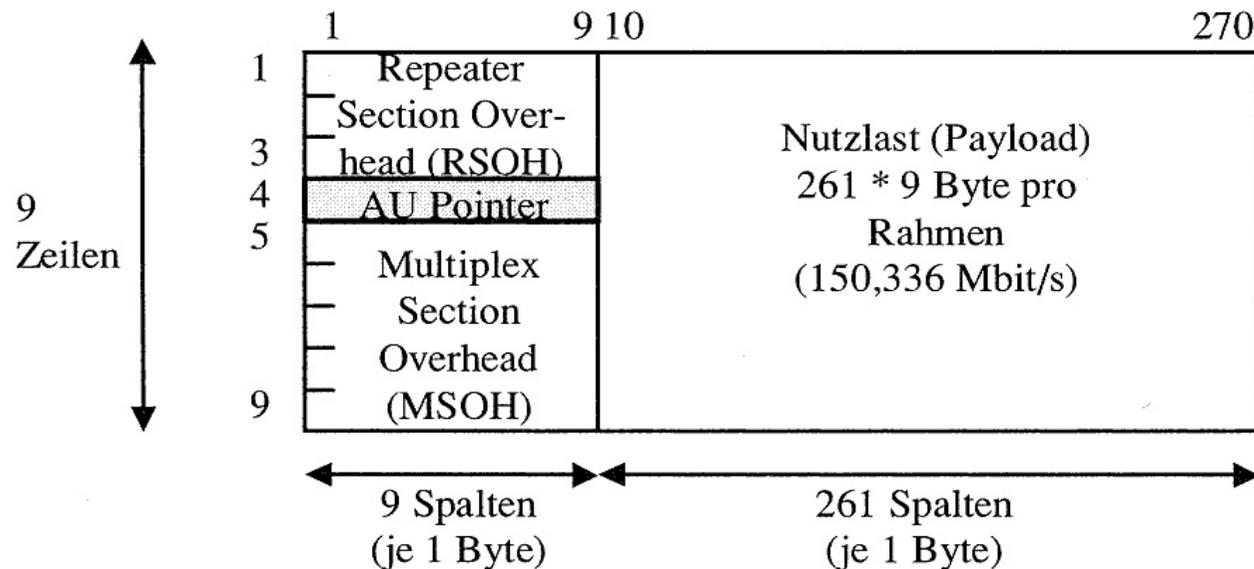


4.2.3.3 SDH – Hierarchiestufen

Hierarchiestufe SDH	Bitrate	Hierarchiestufe SONET	Signalbezeichnung SONET
--	51,84 Mbit/s	STS-1	OC-1
STM-1 *	155,52 Mbit/s	** STS-3	OC-3
STM-2	207,36 Mbit/s		
STM-3	466,56 Mbit/s	STS-9	OC-9
STM-4 *	622,08 Mbit/s	** STS-12	OC-12
STM-6	933,12 Mbit/s	STS-18	OC-18
STM-8	1244,16 Mbit/s	STS-24	OC-24
	1866,24 Mbit/s	STS-36	OC-36
STM-16 *	2488,32 Mbit/s	** STS-48	OC-48
STM-32	4976,64 Mbit/s	STS-96	OC-96
STM-64	9953,28 Mbit/s	STS-192	OC-192

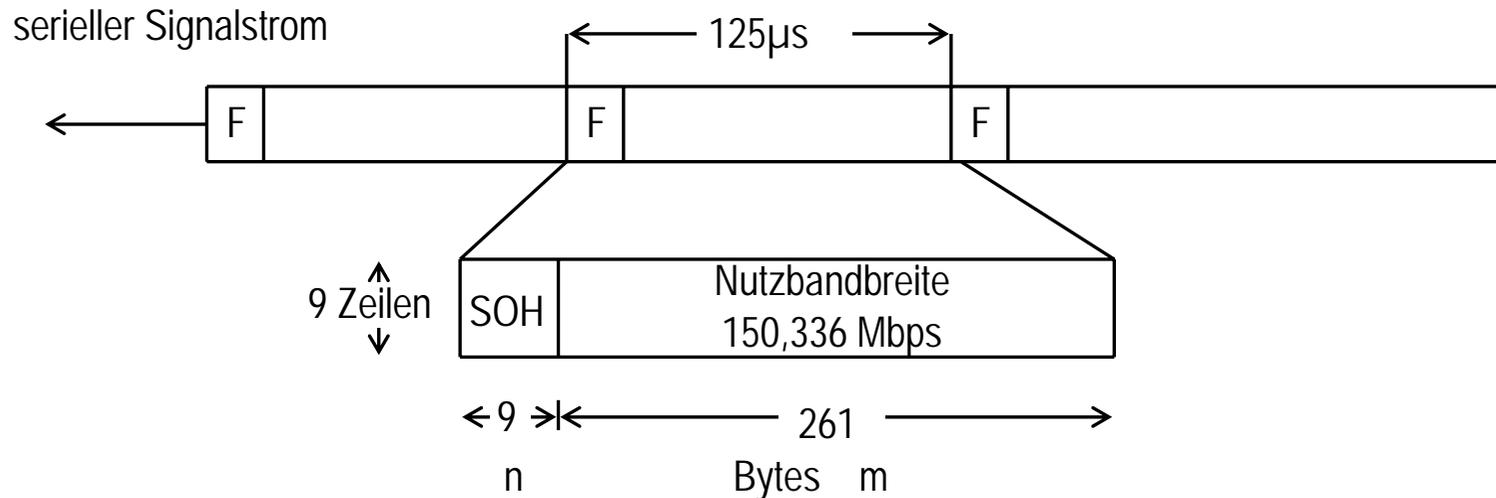
4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (1)

- ❑ SDH überträgt Nutz- und Steuerdaten in einer (potentiell unendlichen) Folge von Rahmen. Jeder Rahmen besteht aus Overhead (Steuerdaten) und Payload (Nutzdaten und weitere Daten)
- ❑ STM-1-Rahmen:



4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (2)

2430 Byte-Rahmen, der mit 155.52 Mbps übertragen wird, d.h. Rahmenzeit = $125\mu\text{s}$ = Zeitwert zwischen 2 PCM Abtastwerten. Jedes Byte entspricht also Kanalkapazität 64kbps



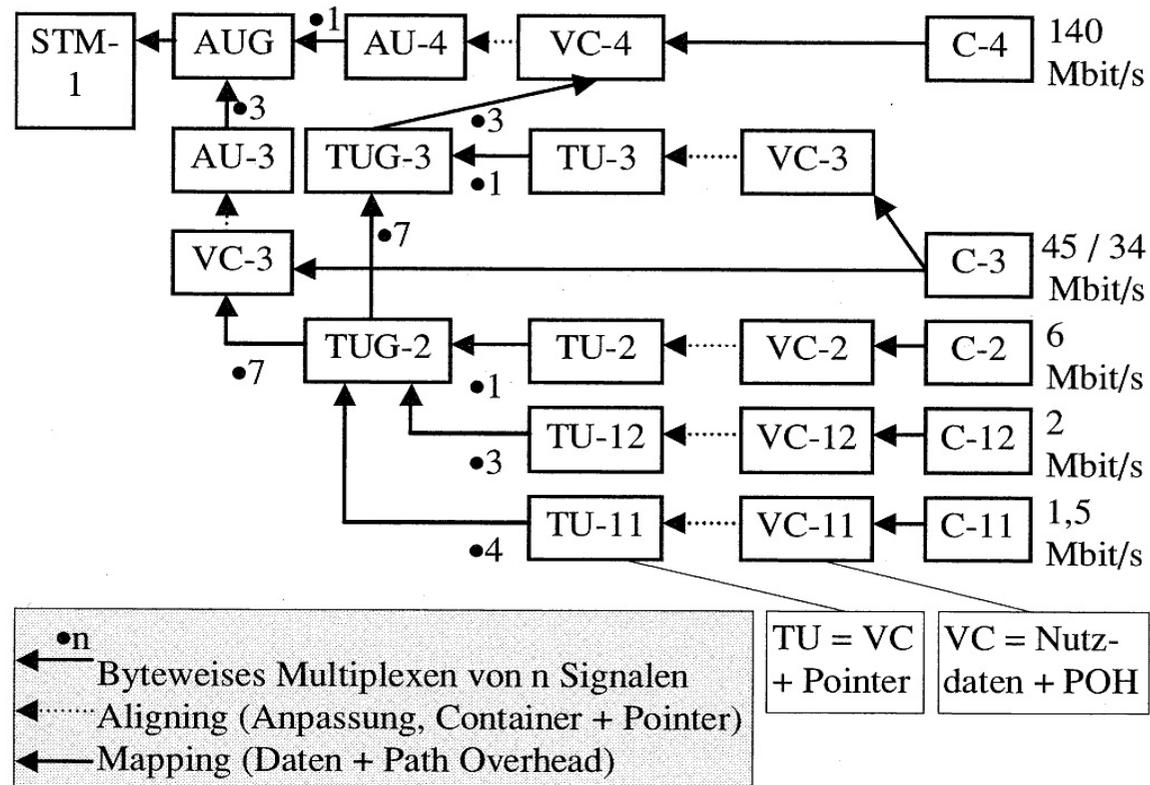
4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (3)

- ❑ SOH-Bytes gewährleisten nur Transport von SDH-Nutzdaten zwischen zwei Netzelementen, haben nur in Section Gültigkeit
- ❑ Datentransport geschieht durch Einschachtelung von ineinander passenden Virtuellen Containern (VC) unterschiedlicher Größe und Struktur in das Nutzlastfeld
- ❑ Jeder VC besteht wieder aus einem Nutzlast-Container C und einem Pfadoverhead (POH).
- ❑ Einschachtelung der VC in Transportmodul nicht statisch, sondern dynamisch. Zum Auffinden der VC-Grenzen werden im jeweils hierarchisch höheren Steuerfeld Zeiger auf Container-Beginn mitgeführt. Wegen Synchronität können auch Laufzeit- und Taktdifferenzen ausgeglichen werden.

4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (4)

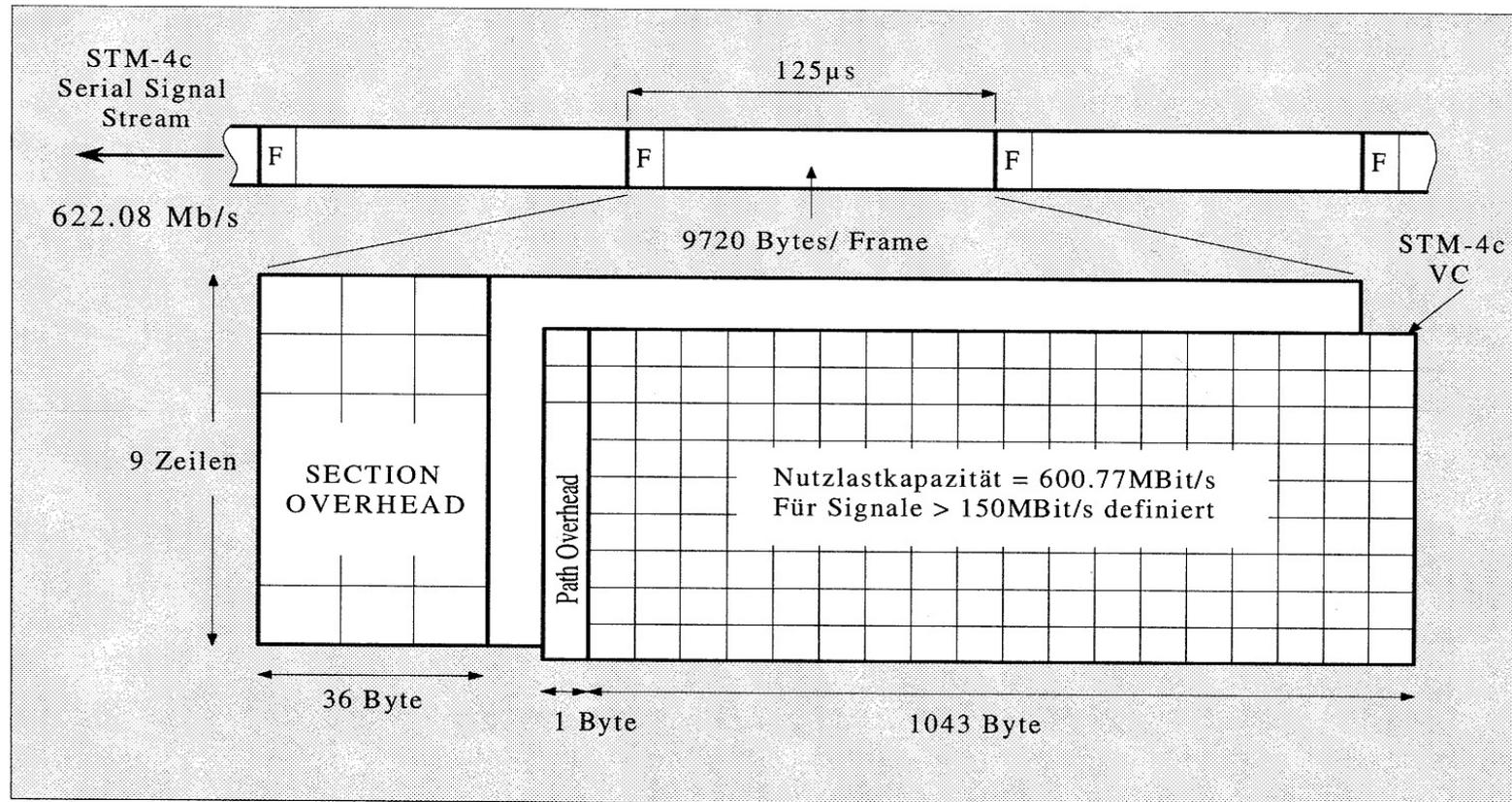
- ❑ **Container (C-i)**: Bereiche im Rahmen mit bestimmter Nutzlast (C4-C11). Jeder Container erhält zusätzlich POH mit Überwachungsinfo pfadbezogen.
- ❑ **Virtueller Container (VC-i)**
- ❑ **Tributary Unit (TU-i)**: VC und zugehörige Zeiger. Dadurch Auffinden der VCs in den unterschiedlichen Phasenlagen eines Rahmens.
- ❑ **Tributary Unit Group (TUG)**: Zusammenfassung von TU-i
- ❑ **Administrative Unit (AU-i)**
- ❑ **Administrative Unit Group (AUG)**
- ❑ **Synchronous Transport Module (STM-n)** Rahmen höherer Ordnung entstehen durch Multiplex niedrigerer STM-Rahmen $STM-n = n \times STM-1$

4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (5)



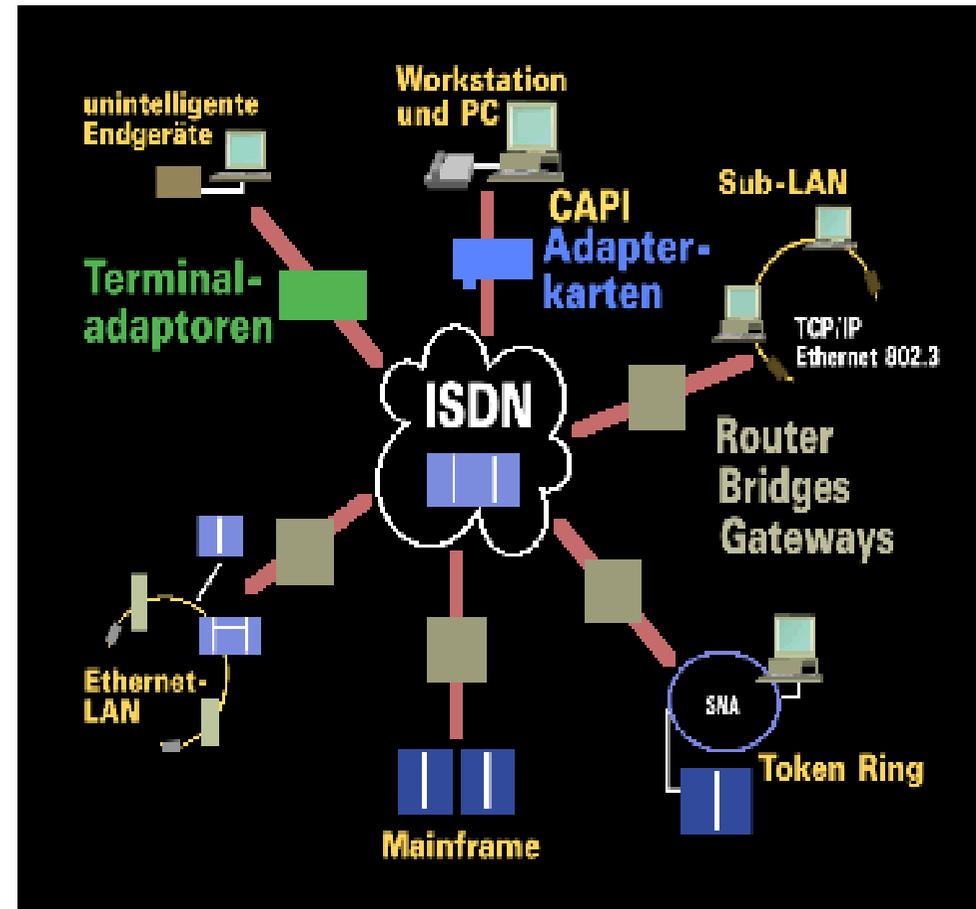
4.2.3.4 SDH – Multiplexstruktur (7)

□ STM4c - Transportmodul



4.2.4 ISDN

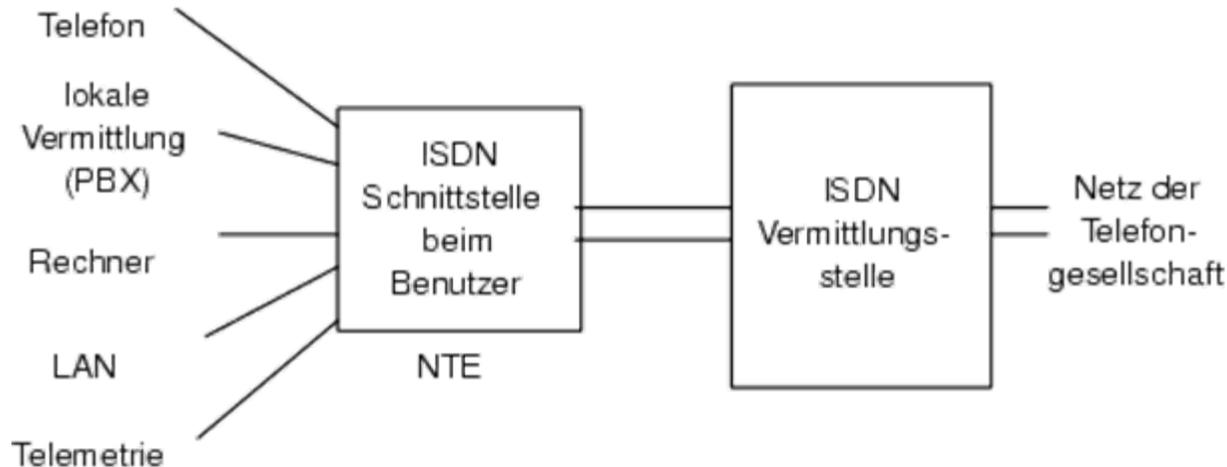
- ❑ **Früher: Trennung von unterschiedlichen Netzen für unterschiedliche Dienste ->**
 - Telefonnetz
 - Netz für Datenübertragung
 - Kabelnetz für Fernsehprogramme
- ❑ **Ziele von ISDN (Integrated Services Digital Network):**
 - Eliminierung des Problems der verschiedenen Zugriffsmethoden (Telefon, Daten, Video, etc.)
 - Bereitstellung einer integrierten Umgebung zur Übertragung verschiedenen Dienste
- ❑ **Szenario (ab etwa 1989)**



4.2.4.1 Aufbau eines ISDN-Benutzeranschlusses (1)

- ❑ **Integration verschiedener Services zur Übertragung in einem gemeinsamen Netz wie**
 - Telefon
 - Daten
 - Video
 - Telemetriedienste (Alarm, Zählerstand)
- ❑ **Innerhalb einer Telefongesellschaft können unterschiedliche Netze verwendet werden**
 - Dieses bleibt dem Kunden jedoch verborgen

4.2.4.1 Aufbau eines ISDN-Benutzeranschlusses (2)



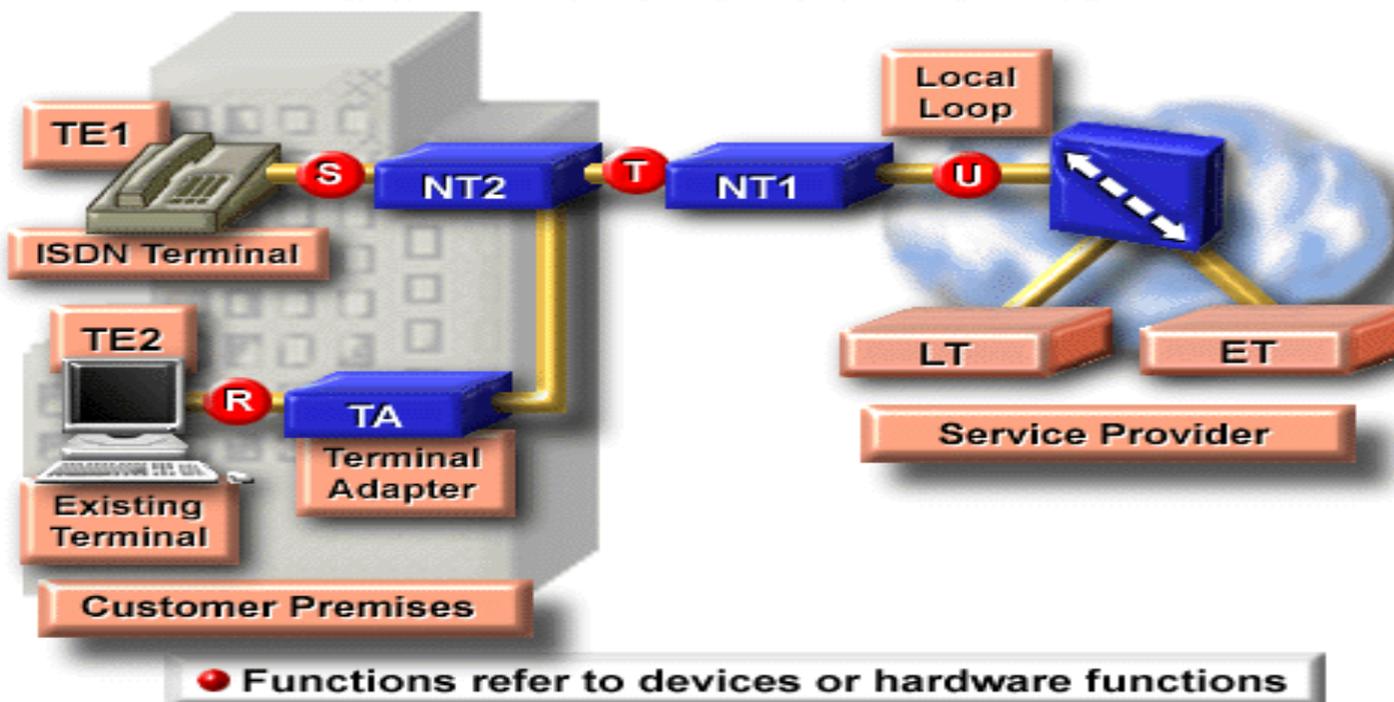
- **Das NTE kann z.T. von der Telefongesellschaft gestellt oder vom Benutzer gekauft werden**
 - Bei der Verbindung zwischen ISDN Vermittlungsstelle und der ISDN-Schnittstelle auf der Benutzerseite spricht man gelegentlich von einer digitalen Pipe
 - Bei den Endgeräten spricht man von Terminal Equipment TE
 - NTE = „Network Terminating Equipment“: Digitale Pipe kann mehrere unabhängige Kanäle unterstützen -> Erzeugung eines Bitstroms durch Zeitmultiplex (bei ADSL wird Frequenzmultiplex für die Übertragung genutzt)

4.2.4.2 ISDN Referenzmodell

□ Aufbau und Referenzpunkte eines NTE:

- NTE stellt die Verbindung zwischen den Benutzerendgeräten und der Vermittlungsstelle her
- Dabei soll nicht nur der Anschluss von ISDN-Geräten, sondern auch der von nicht-ISDN-Geräten möglich sein

ISDN Reference Points



TE1, TE2 sind Geräte des Benutzers. TE1 bezieht sich auf ISDN-Geräte und TE2 auf Nicht-ISDN-Geräte. U,T,S,R sind Standard-Zugriffspunkte für den Anschluss

4.2.4.3 ISDN-Kanäle (1)

- **Der ISDN-Standard umfasst eine Reihe von verschiedenen Kanälen, die mittels des TDM-Verfahrens miteinander verzahnt werden.**

Bekannteste Kanäle:

- **B-Kanal:** 64 kbps transparenter, leitungsvermittelter, digitaler Kanal für Sprache und Daten
- **D-Kanal:** 16 kbps paketvermittelter, digitaler Kanal für Signalisierungsdaten. Kann u. U. für klein Datenmengen zur Datenübertragung verwendet werden
- Zusätzlich gibt es noch die digitalen H-Kanäle
HO 384 kbps, H11 1536 kbps und H12 1920 kbps
- A 4kHz analoger Telefonkanal, C 8/16 kbps digitaler Kanal und E 64 kbps digitaler ISDN-Signalkanal. Bisher spielen jedoch die B- und D-Kanäle die wichtigste Rolle
- Daten- und Signalisierungskanäle sind strikt getrennt
- Wähl- und Festverbindungen werden unterstützt

4.2.4.3 ISDN-Kanäle (2)

- **Vorgesehene ISDN-Anschlussarten: Von ITU bzw. ANSI sind nur standardisierte Kanalkombinationen erlaubt**
 - **Basisanschluss: 2 B + 1 D**
(heißt S_0 , D-Kanal 16 kbit/s = 144 kBit/s netto, Vierdrahtschnittstelle)



- **Primäranschluss 30 B + 1 D**
(heißt S^{2M} , D-Kanal 64 kbits/s = 2048kBit/s netto)
In USA und Japan existiert ein etwas modifizierter Primäranschluss:
23 B + 1 D



4.2.4.4 ISDN-Funktionseinheiten (1)

□ Lokaler Anschluss NT1

- NT1 repräsentiert die Schnittstelle zwischen der Benutzerumgebung und der Telefongesellschaft
- NT1 wird üblicherweise als Endpunkt der Telefongesellschaft beim Kunden angesehen.
- Funktionen der NT1:
 - Überwachung von Performanz, Stromzufuhr, Multiplexing zwischen den verschiedenen ISDN-Kanälen (B/D-Kanäle). NT1 beinhaltet Funktion der OSI-Schicht 1; U-Zugriffspunkt wird nur von ANSI und nicht von ITU spezifiziert, U-Schnittstelle (2 Draht) muss je Richtung 192kBit/s (144KBit/s netto + 48kBit/s Synchronisation) übertragen.
 - Zugriffspunkt T spezifiziert Schnittstelle für Basisdienste (z.B. einfacher ISDN-Telefonanschluss). Zugriffspunkt beschränkt sich auf Schicht 1, d.h. die Bitübertragung

4.2.4.4 ISDN-Funktionseinheiten (2)

□ Lokale Vermittlung NT2:

- Darunter kann man sich ein benutzer-eigenes Vermittlungssystem (PBX) vorstellen, d.h. Funktionen von NT2 sind:
 - Vermitteln und Multiplexen auf Benutzerseite
 - Intelligentes Gerät mit Funktionen der OSI-Schicht 1 bis 3 (D-Kanal-Signalisierung)
 - Zugriffspunkt S spezifiziert Schnittstelle für zusätzliche Dienste. Zugriffspunkt umfasst die Schichten 1 bis 3

□ Terminal Adapter TA:

- TA dient dazu, dass sich Nicht-ISDN-Geräte gegenüber dem Netz wie ein ISDN-Gerät präsentieren
- Erlaubt damit den Anschluss von analogen Telefonen
 - Zugriffspunkt R unterstützt existierende Standards (X-Standards, V-Standards, a/b Schnittstelle)

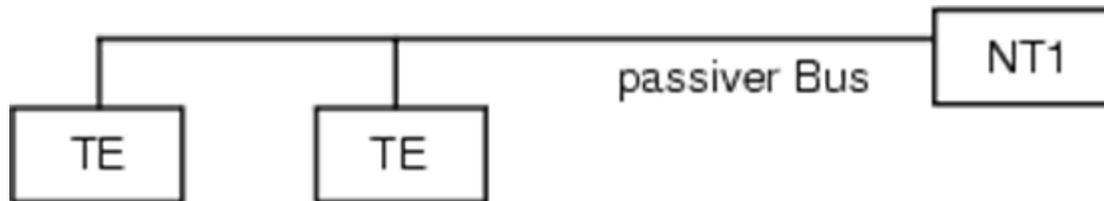
4.2.4.5 ISDN-Bitübertragungsschicht (1)

□ Anschluss an NT1 bis NT2: Konfigurationen

- Punkt-zu-Punkt-Konfiguration



- Punkt-zu-Multipunkt-Konfiguration



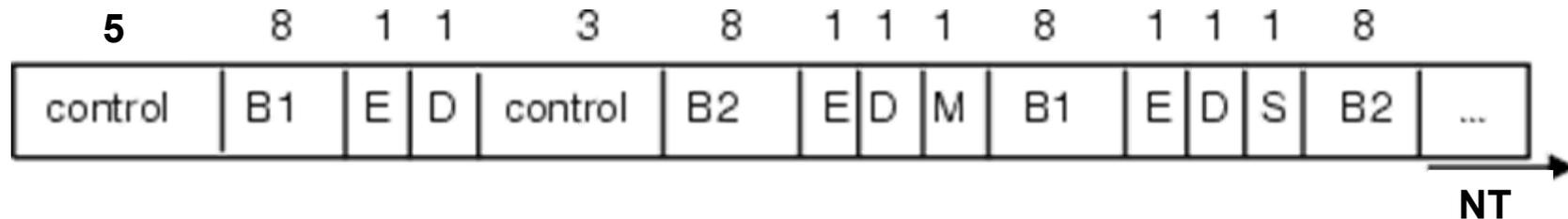
- Der passive S_0 -Bus enthält keine aktiven Komponenten wie Verstärker oder Repeater
- Variante: ISDN 6-fach Steckerleiste (kollabierter Bus)

4.2.4.5 ISDN-Bitübertragungsschicht (2)

- Punkt-zu-Mehrpunkt-Konfiguration
 - Anschluss von bis zu 8 ISDN-Geräten am S_0 -Bus;
 - Länge bis zu maximal 200m;
 - Geräte können passiv die Aktivität auf dem Bus verfolgen, ohne ihn zu beeinflussen
 - Jedes ISDN-Gerät (TE) hat eindeutige Adresse;
 - festgelegt nach NT1
 - Verbindung zwischen TE und NT1 besteht aus 2 Leitungspaaren, aufgeteilt in Send/Receive
 - Da i.a. für die Verbindung zwischen NT1 und ISDN-Vermittlungsstelle nur 1 Leitungspaar zur Verfügung steht (Zugriffspunkt U), ist ein spezieller Mechanismus für die Realisierung von Voll-Duplexverbindung notwendig (zu teuer, alle Leitungen neu zu verlegen)

4.2.4.5 Aufbau eines ISDN-Frames

- ❑ Für die Kommunikation zwischen NTE und TE an den S- bzw. T-Zugriffspunkten.
- ❑ Format ist richtungsabhängig (TE-Rahmen, NT-Rahmen)



- Control dient u.a. zur Framesynchronisation
 - S-Bit ist für zukünftige Standardisierung und M-Bit ist eine Anzeige für einen Multiframe, d.h. Gruppieren von Frames
 - Die E-Bits dienen zur Auflösung der Konkurrenz zwischen mehreren ISDN-Geräten bei Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung
- Übertragung von 48 Bit-Frame in 250 Mikrosekunden -> Datenrate 192 kbps (4000 Rahmen pro Sekunde)
- 36 Datenbits pro Frame (16 B1, 16 B2, 4 D) in 250 Mikrosekunden -> Rate für Benutzerdaten 144 kbps

4.2.4.5 Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung (1)

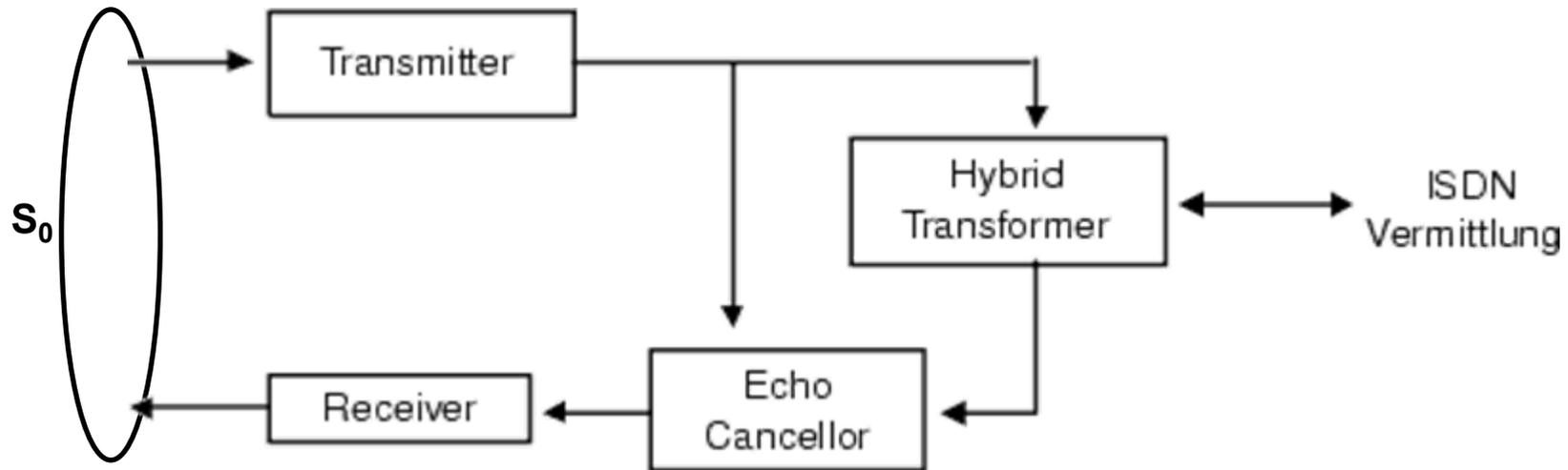
- ❑ Ein B-Kanal wird jeweils einem TE am passiven Bus zugeordnet
- ❑ D-Kanal wird von allen angeschlossenen TEs gemeinsam benutzt, d.h. mehrere TEs können auf D-Kanal gleichzeitig senden -> „Contention“-Mechanismus zur Auflösung der Konkurrenz notwendig. Passiver Bus agiert logisch wie ein AND-Gatter, d.h. Voltsignal auf Leitungskabel wird nicht additiv berechnet, d.h.
 - 1-Bit (0 Volt) bei NT -> alle TE setzen 0 Volt
 - 0-Bit (750 mV) bei NT -> ein oder mehrere TE setzen 750 mV

4.2.4.5 Punkt-zu-Multipunkt-Verbindung (2)

- Auflösung der Konkurrenz mittels E-Bit
 - Ziel ist es, dass nur ein TE auf D-Kanal sendet
 - TE sendet Bit auf D-Kanal und wartet auf nächstes E-Bit auf empfangenem Frame von NT, bevor TE nächstes Signal auf D-Kanal sendet.
- E-Bit des Frame NT -> TE ist ein Echo des D-Bit des Frame TE -> NT
 - TE überwacht die E-Bits des Frames NT -> TE, falls E-Bits nicht mit den gesendeten D-Bits (d.h. D-Kanal Information) übereinstimmen
 - Beendet TE seine Übertragung auf D-Kanal, da Konkurrenz mit anderen TEs



4.2.4.5 Realisierung von Voll-Duplex-Verbindungen



- ❑ Mittels des Echo Cancellors wird das Sendesignal vom Empfangssignal subtrahiert, d.h. Echo des Sendesignals wird eliminiert
- ❑ Hybrid Transformer verbindet 2 Leitungspaare mit einem Leitungspaar zur ISDN-Vermittlung

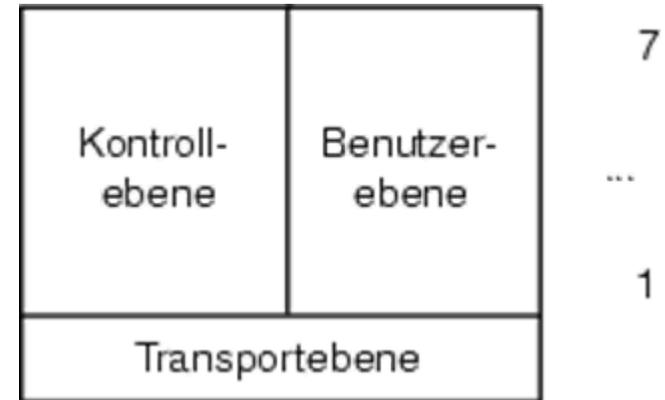
4.2.4.5 Ablauf des Buszuteilungsverfahrens

- **while** Sendewunsch **do** {
 - receive E-Bits; /* überprüfe, ob Kanal frei zum Senden */
 - if** mehr als 8 E-Bits mit "1" empfangen **then** { /* D-Kanal ist frei; es darf gesendet werden */
 - while** D-Bits zu senden **do** {
 - send D-Bit;
 - receive E-Bit;
 - if** D-Bit \neq E-Bit **then** /* Kollision */ abort innere **while** -Schleife;
 - }
 - if** alle D-Bits erfolgreich gesendet **then** Sendewunsch := **false** ;
 - }
- Über D-Kanal wird Kontrollinformation übertragen: jedes TE sendet ein spezifisches Muster

4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (1)

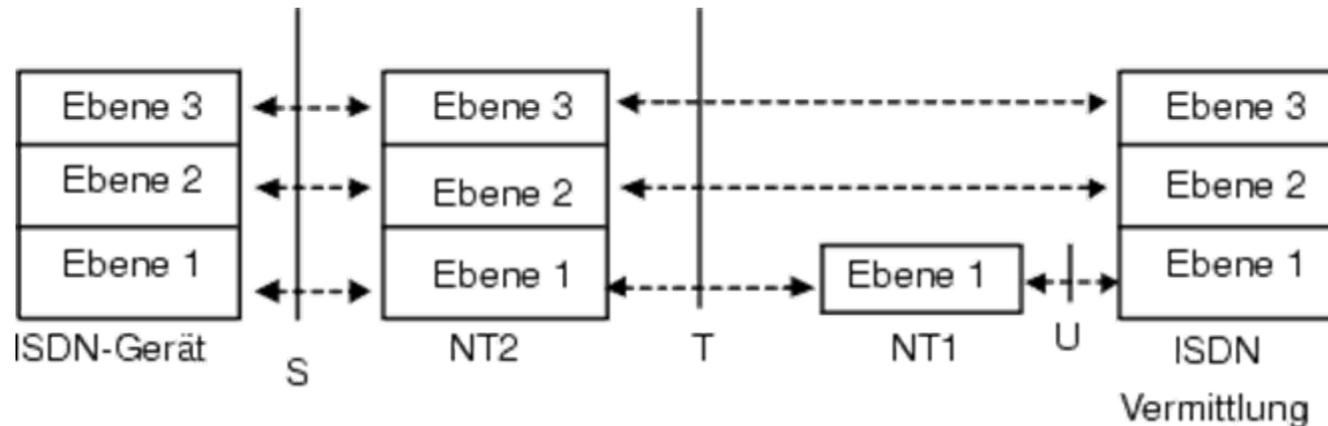
□ Übersicht

- **Benutzerebene** dient zur Übertragung von Benutzerinformation, z.B. Sprache, Video, Daten
Unterstützt werden **Leitungs-, Frame-, und Paketvermittlung**
- **Kontrollebene** dient zur Übertragung von Kontrollinformation.
 - Separate Kontrollebene im Gegensatz zu anderen Protokollen, wo Kontrolle und Benutzerdaten miteinander vermischt sind; z.B. Kontrollinformation über Benutzerverbindungen, Einrichten/Beenden einer Verbindung (d.h. Adresse des Ziel-NTE); Anpassen von Service-Eigenschaften während einer Verbindung; realisiert mittels D-Kanal; die Verwendung eines separaten Kanals für den Austausch von Kontrollinformation resultiert in dem schnelleren Einrichten von Verbindungen
- **Transportebene** repräsentiert das physische Übertragungsmedium



4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (2): D-Kanal

□ D-Kanal Protokollebenen (DSS1)



- Ebene 1:
 - beschreibt Codierungs- und Verbindungseigenschaften
 - Verbindung ist synchron, seriell und voll-duplex
 - B-Kanäle und D-Kanal benutzen gemeinsames physisches Übertragungsmedium
 - Verwendung von TDM zum Trennen der Kanäle
 - Beschrieben in I.430 und I.431

4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (3): D-Kanal

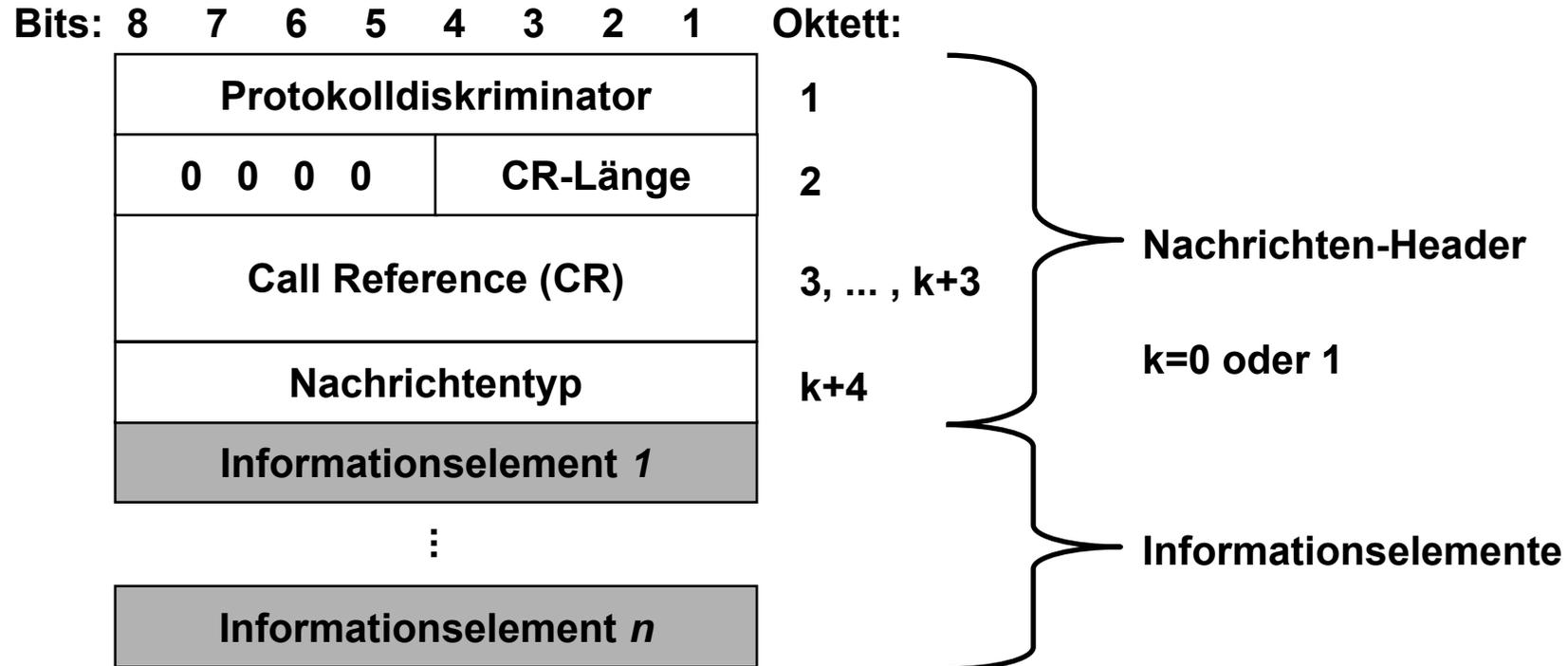
- Ebene 2:
 - Beschreibt Funktionen zur fehlerfreien Kommunikation über physische Verbindung im D-Kanal (Q.920, Q.921)
 - Definiert die logische Verbindung zwischen Benutzer und ISDN-Netz
 - Protokoll unterstützt Regeln, um mehrere TEs zu multiplexen (mittels LAPD = Link Access Procedures on D-Channel)
- Ebene 3:
 - Spezifiziert die Benutzer-Netz-Schnittstelle, Q.930
 - Umfasst Kontrollnachrichten zum Anfordern von Diensten vom Netz
 - Da D-Kanal nur die Schnittstelle zwischen Benutzer und Netz spezifiziert, sind die OSI-Ebenen für die Ende-zu-Ende-Kommunikation nicht relevant

□ Austausch von Kontrollnachrichten

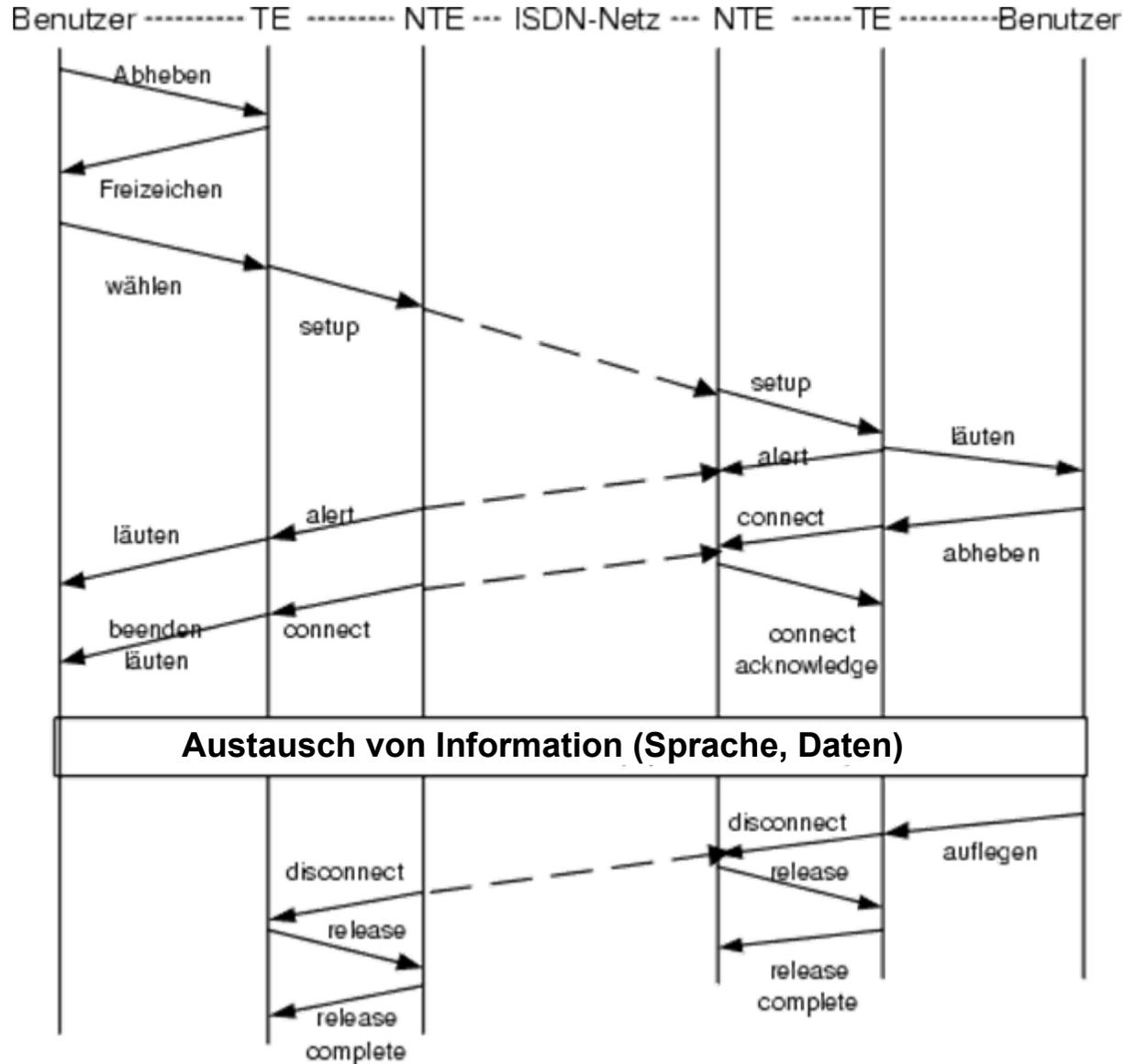
- Aufbau einer Benutzerverbindung auf der Basis von Leitungsvermittlung
- weiteres Beispiel „Anklopfen“:
während eines Gesprächs wird ein weiterer Verbindungsaufbauwunsch mit Telefonnummer angezeigt

4.2.4.6 ISDN-Protokollarchitektur (4): D-Kanal

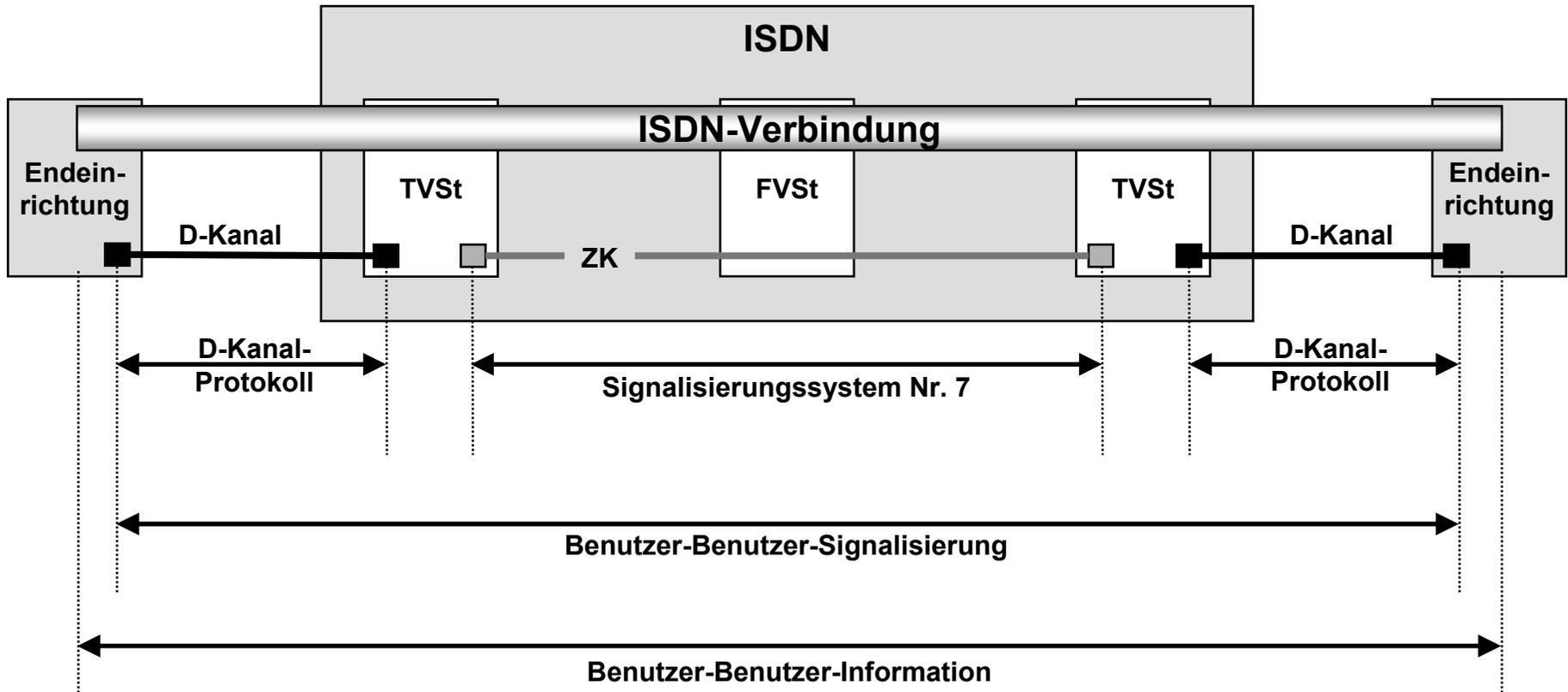
□ Protokollstack



4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (1)



4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (2)



F/TVSt: Fern/TeilnehmerVermittlungsstelle, ZK: Zentral(Signalisierungs)Kanal

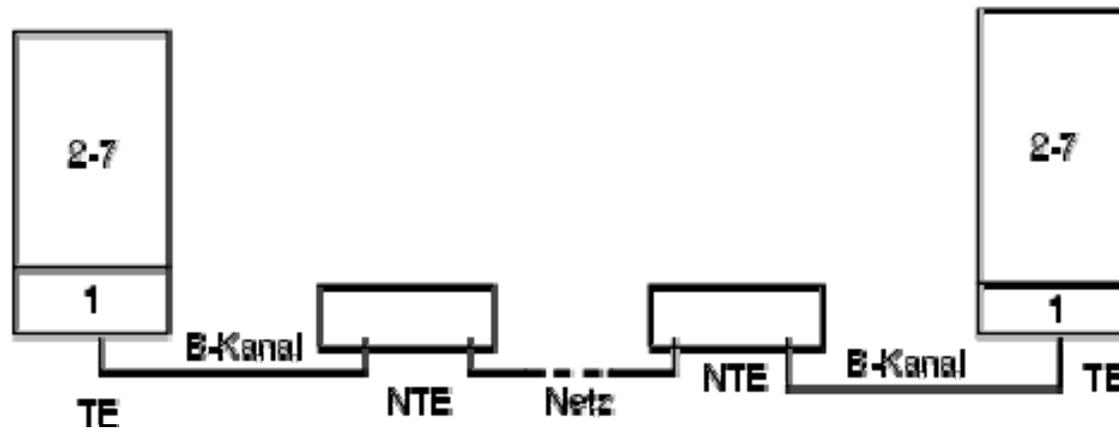
4.2.4.7 Austausch von Kontrollnachrichten (3)

□ Nachrichtenelemente im D-Kanal Protokoll

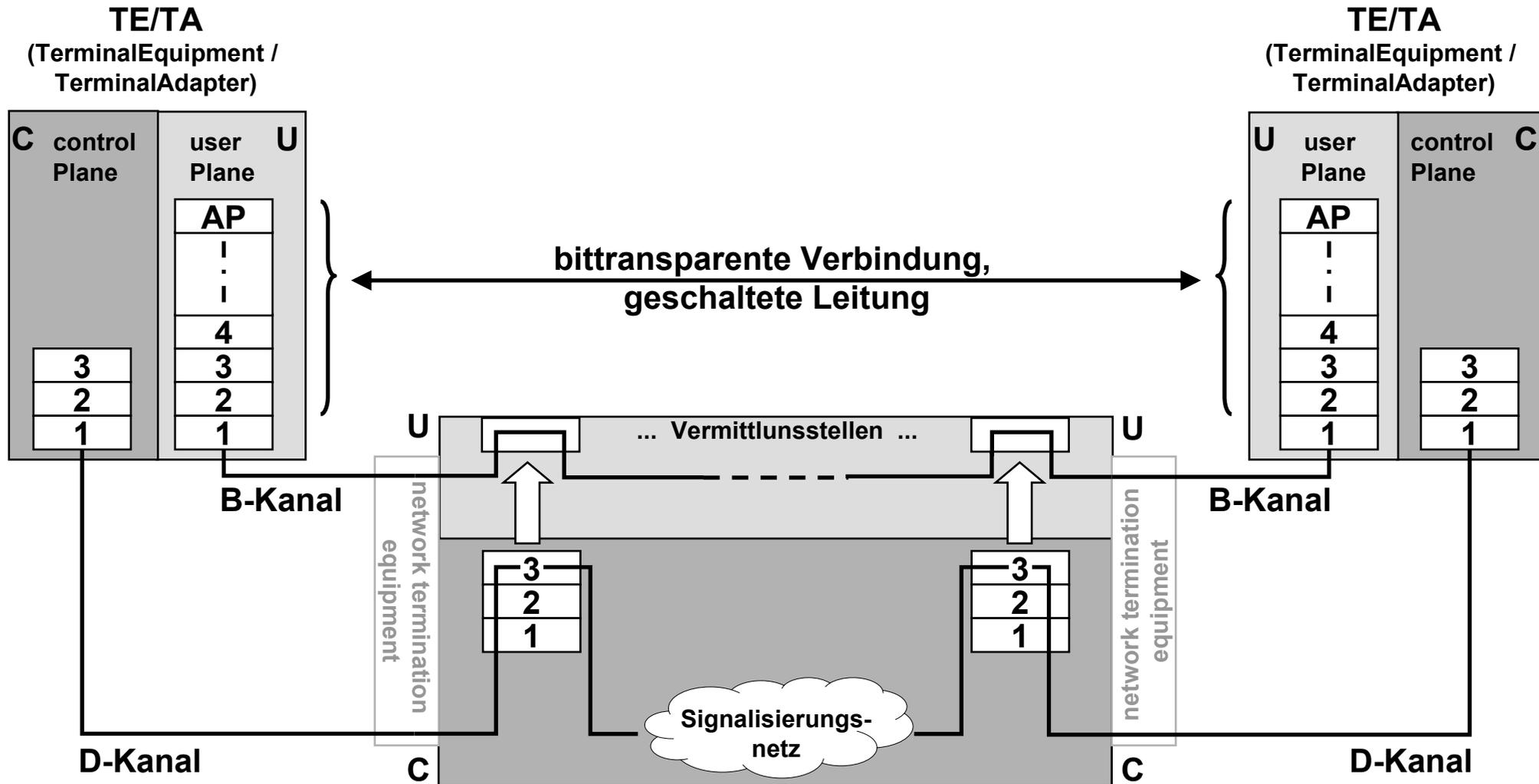
- Protokolldiskriminator: Unterscheidung Q.931 oder 1TR6
- Call Reference: Identifizierung der Signalisierungsvorgänge
- Informationselemente:
 - beim Aufbau:
SETUP, SETUP_ACK, CALL_PROCEEDING, PROCESS, ALERT, CONNECT, CON_ACK
 - beim Abbau:
DISC, RELEASE, RELEASE_COMPLETE
 - weitere Elemente für Dienstmerkmale wie:
Anklopfen, Anrufweitchaltung, Gerätewechsel, 3er-Konferenz, Rufnummernanzeige, geschlossene Benutzer Gruppe,

4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (1): Leitungsvermittlung

- ❑ ISDN unterstützt verschiedene Dienstarten:
- ❑ Leitungsvermittlung
 - Aufbau eines transparenten 64 kbps Übertragungsweges



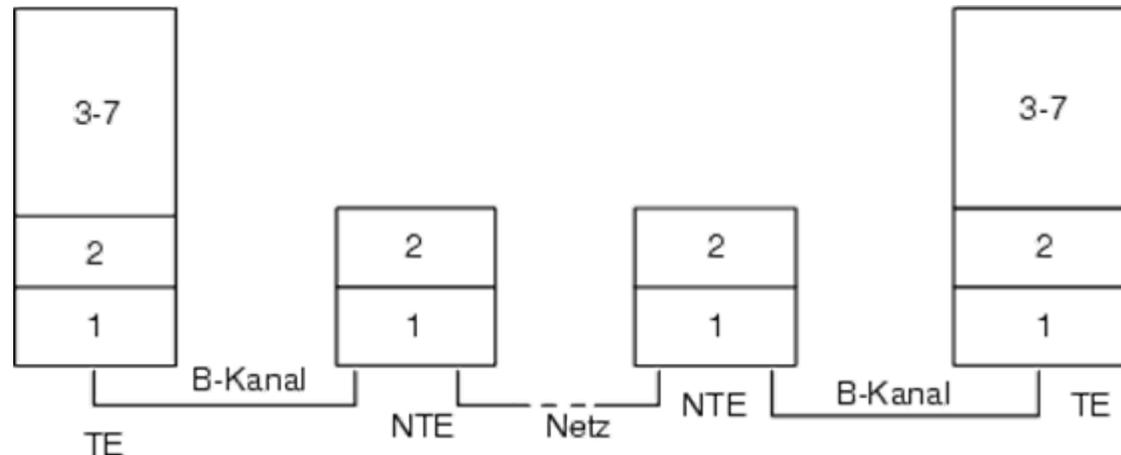
4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (2): Leitungsvermittlung



Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

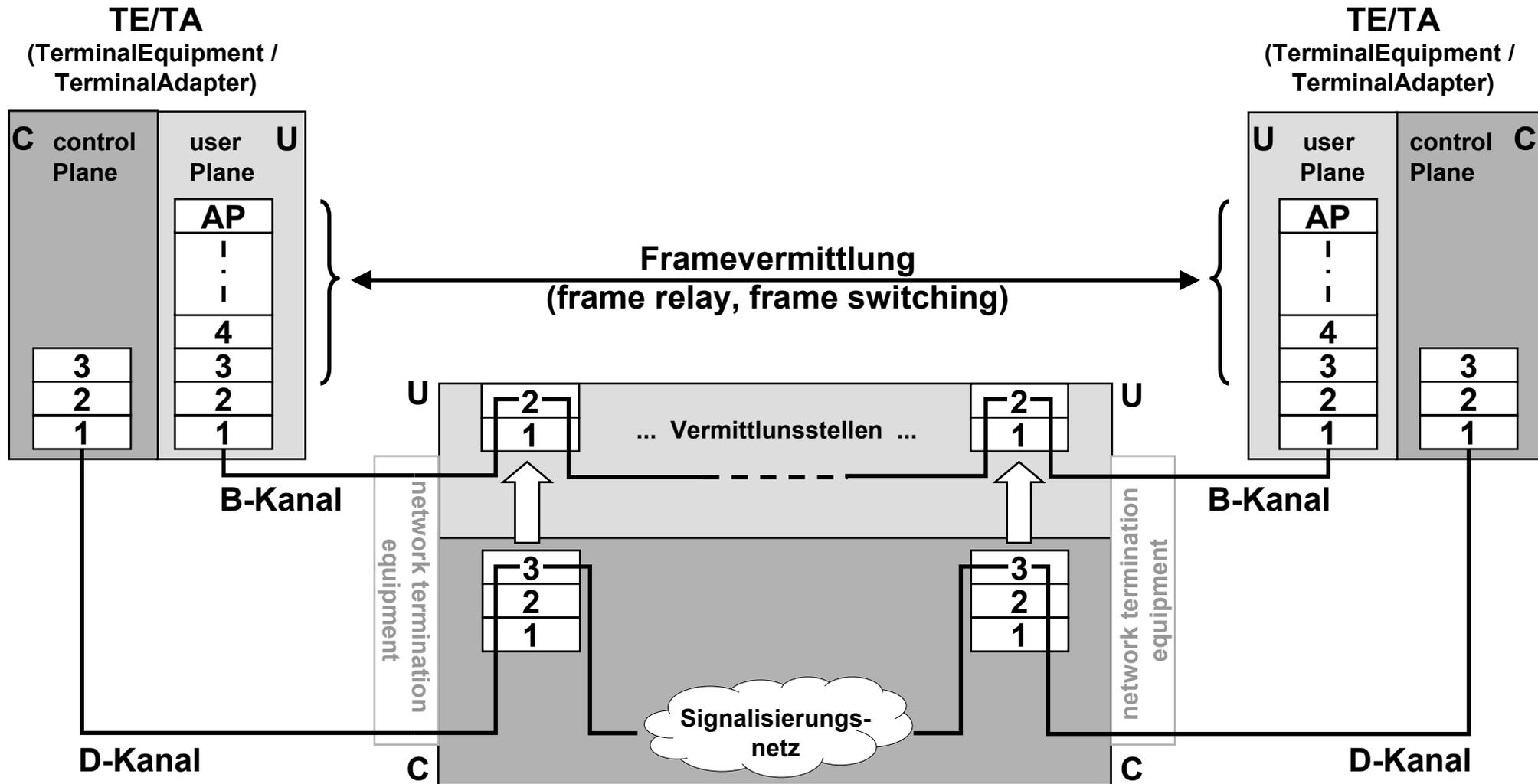
4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (3): Framevermittlung

□ Framevermittlung: Aufbau eines virtuellen Pfades



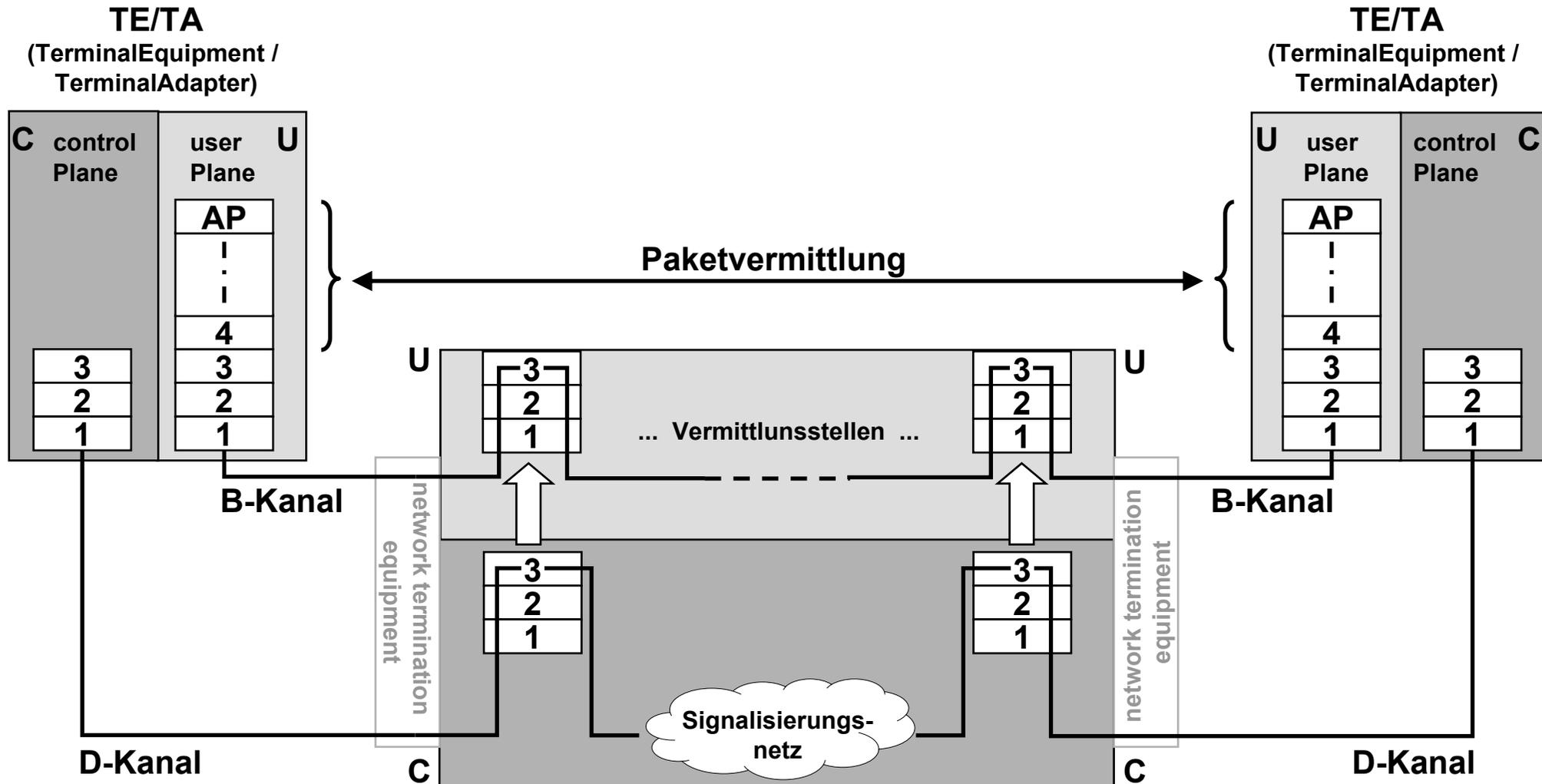
- Frames enthalten Schicht 2 Routing-Information für die Zwischenknoten
- Framevermittlung ist einfacher als Paketvermittlung, da der Aufwand von Schicht 3 entfällt -> höhere Datenraten möglich
- Unterscheidung in
 - Frame-Relay: unterstützt keine Fluss- und Fehlerkontrolle auf der Frame-Ebene. „Best-Try“-Methode
 - Frame-Switching: Netz stellt Prozeduren zur Fluss- und Fehlerkontrolle auf der Frame-Ebene bereit. Verfahren aufwendiger; wegen Overheads wird oft Frame-Relay bevorzugt.

4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (3): Framevermittlung



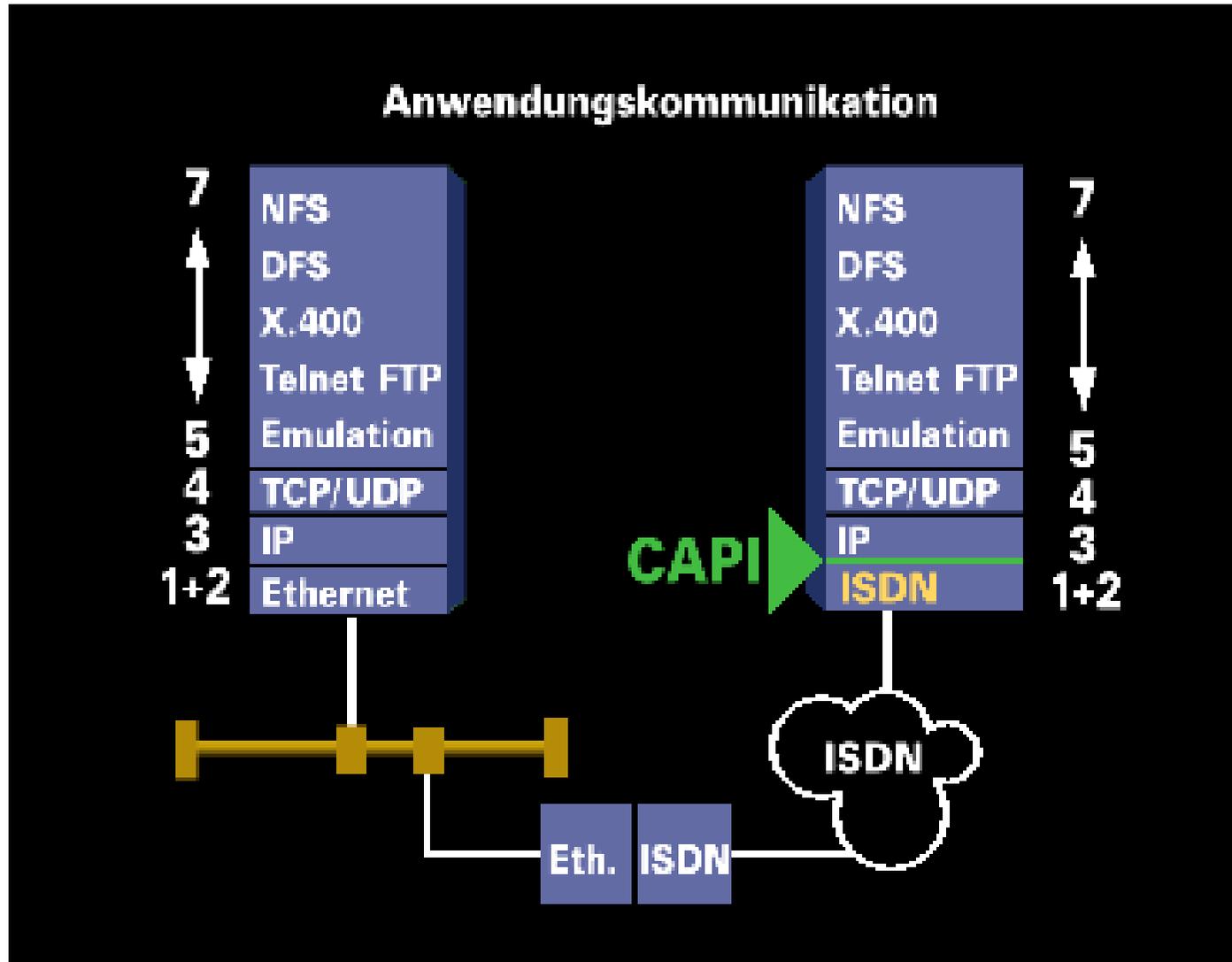
Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

4.2.4.8 ISDN-Vermittlungsdienste (4): Paketvermittlung



Nach: F. Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley 1996, 6. Auflage, Seite 467

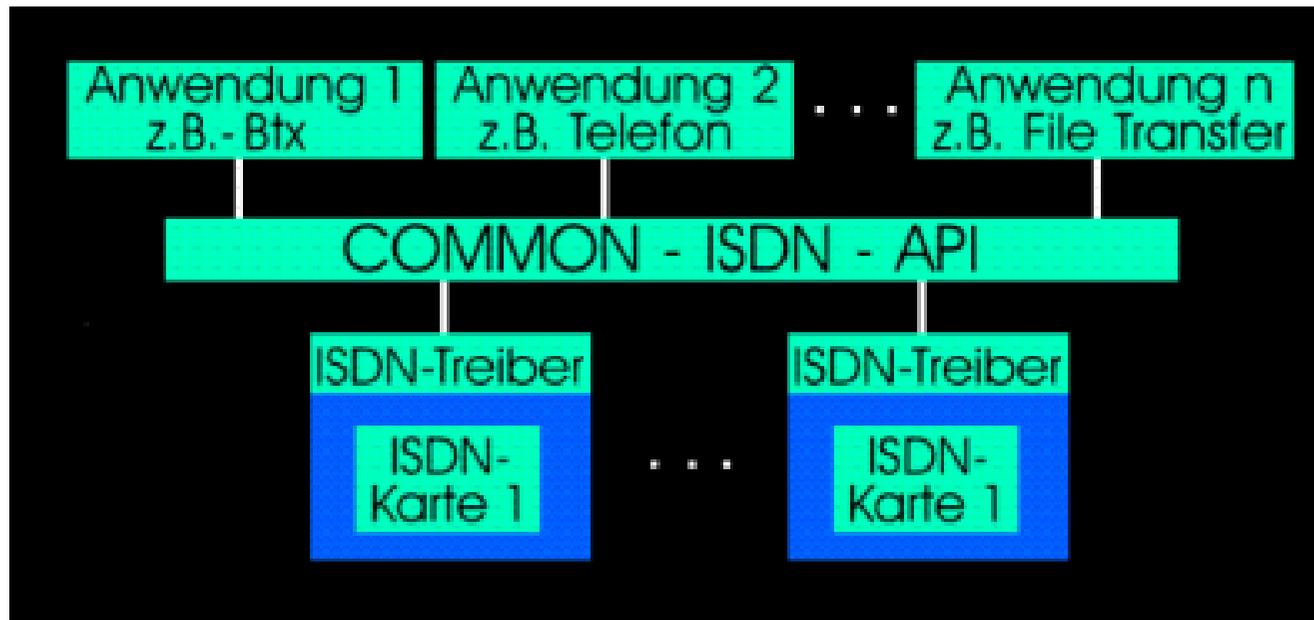
4.2.4.9 CAPI - Common Application Programming Interface (1)



4.2.4.9 CAPI (2)

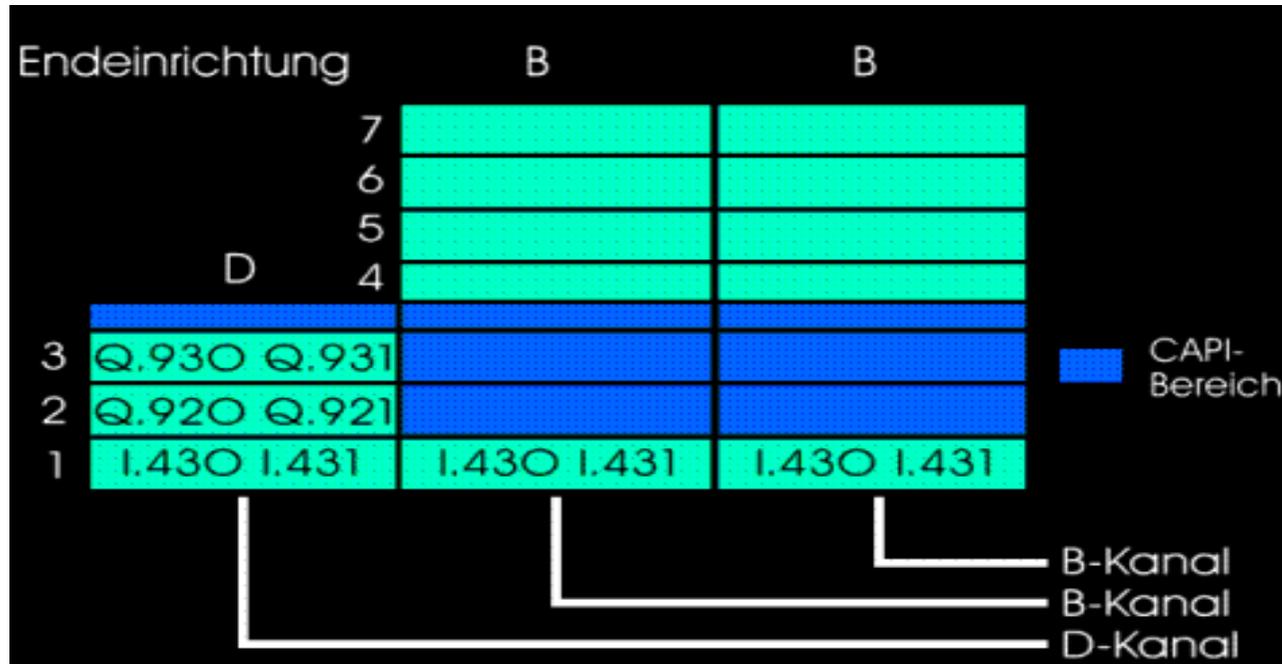
□ Eigenschaften

- Standard für die Schnittstelle zwischen Anwendung und Kartentreiber
- CAPI stellt eine Software-Schnittstelle dar, die den einfachen Zugriff auf ISDN-Adapterkarten erlaubt und die uneingeschränkte Nutzung ihrer Funktionalität gewährleistet



4.2.4.9 CAPI (3)

□ CAPI im OSI-Referenzmodell



□ CAPI Version 2.0: Standardisierung der CAPI-Schnittstelle

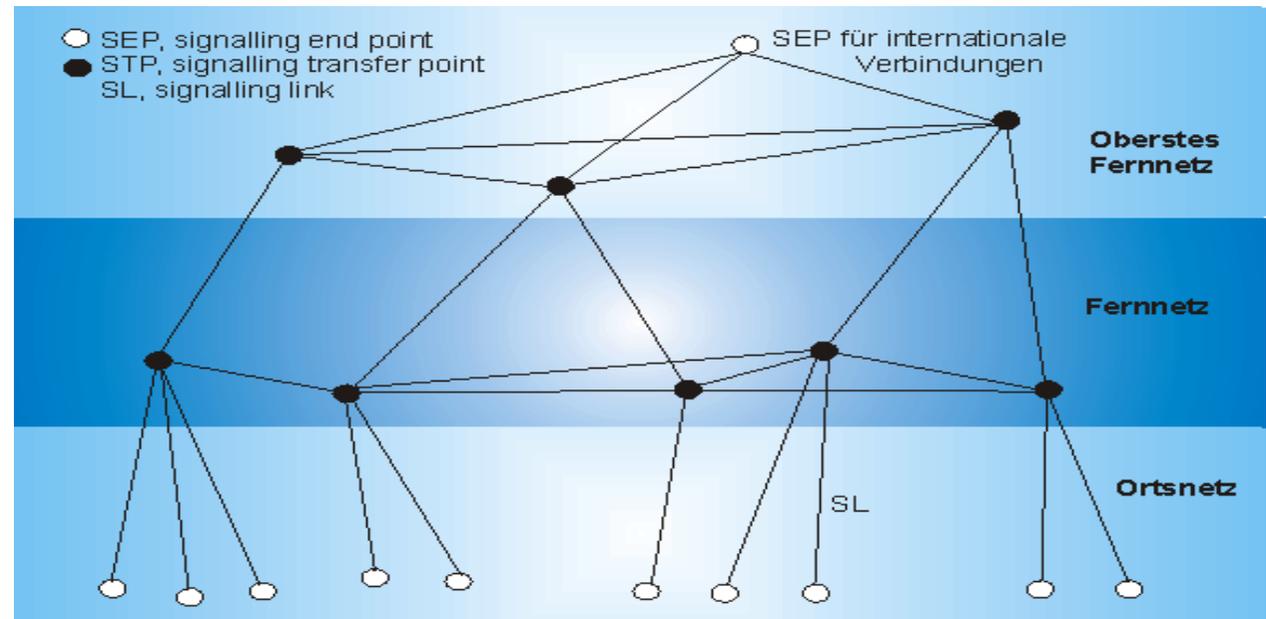
- Es wurden sowohl die Leistungsmerkmale der Schnittstelle verbessert als auch die Abhängigkeiten von nationalen ISDN-Spezifika beseitigt
- Die Version 2.0 wurde für das Euro-ISDN entwickelt und unterstützt daher das DSS-1-Protokoll

4.2.4.10 Signalling System No. 7 (SS7)

□ Eigenschaften

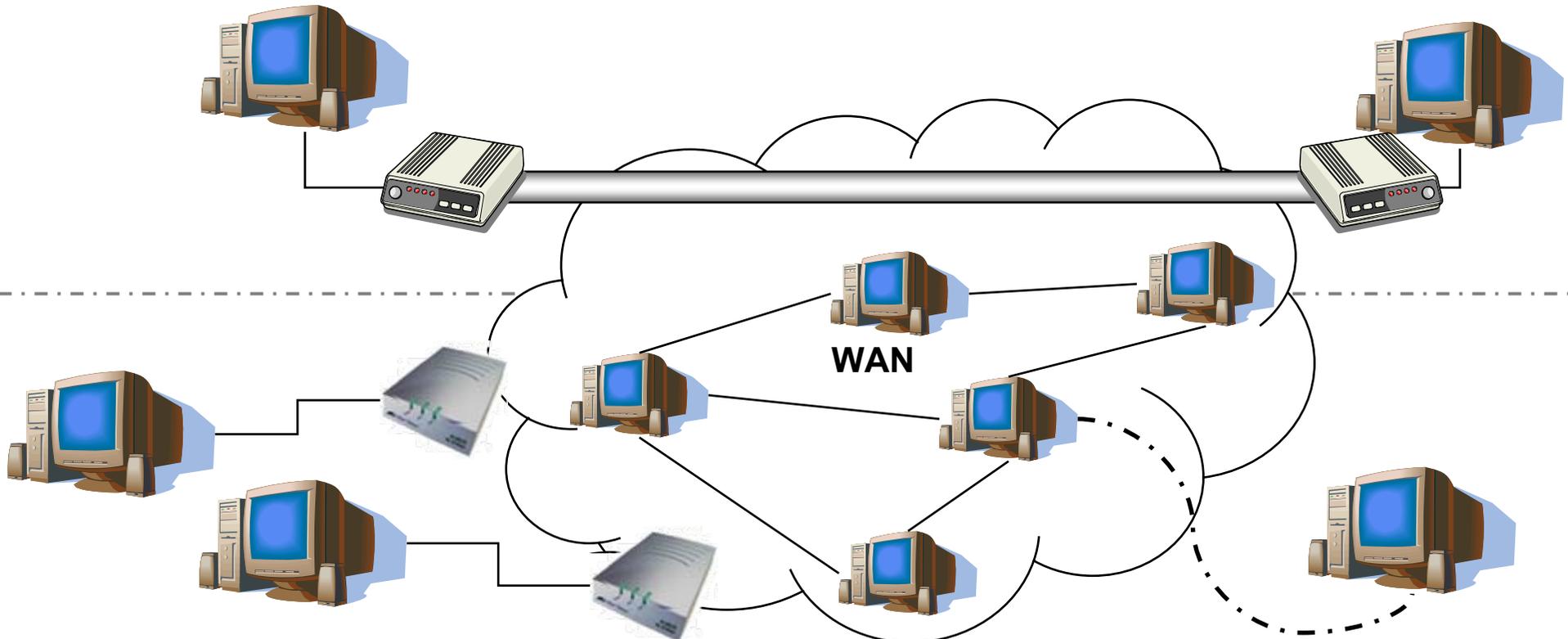
- SS7 ist ein Signalisierungs-Protokoll für digitale Fernsprechnetze
- Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Außenband-Signalisierung; Das Signalisierungssystem arbeitet dabei vollkommen getrennt von der Nutzdatenübertragung
- Generell ist die Struktur eines SS7-Netzes im Teilnehmerbereich sternförmig aufgebaut und im Fernbereich vermascht

● SS7-Netzstruktur



4.3 Endsystemanbindungen

4.3.2 Anbindung über WAN (Modem, Terminalmultiplexer)



4.3.4 Last-Mile-Zugangstechniken (Schicht 1): xDSL

4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links (Schicht 2): SLIP, PPP

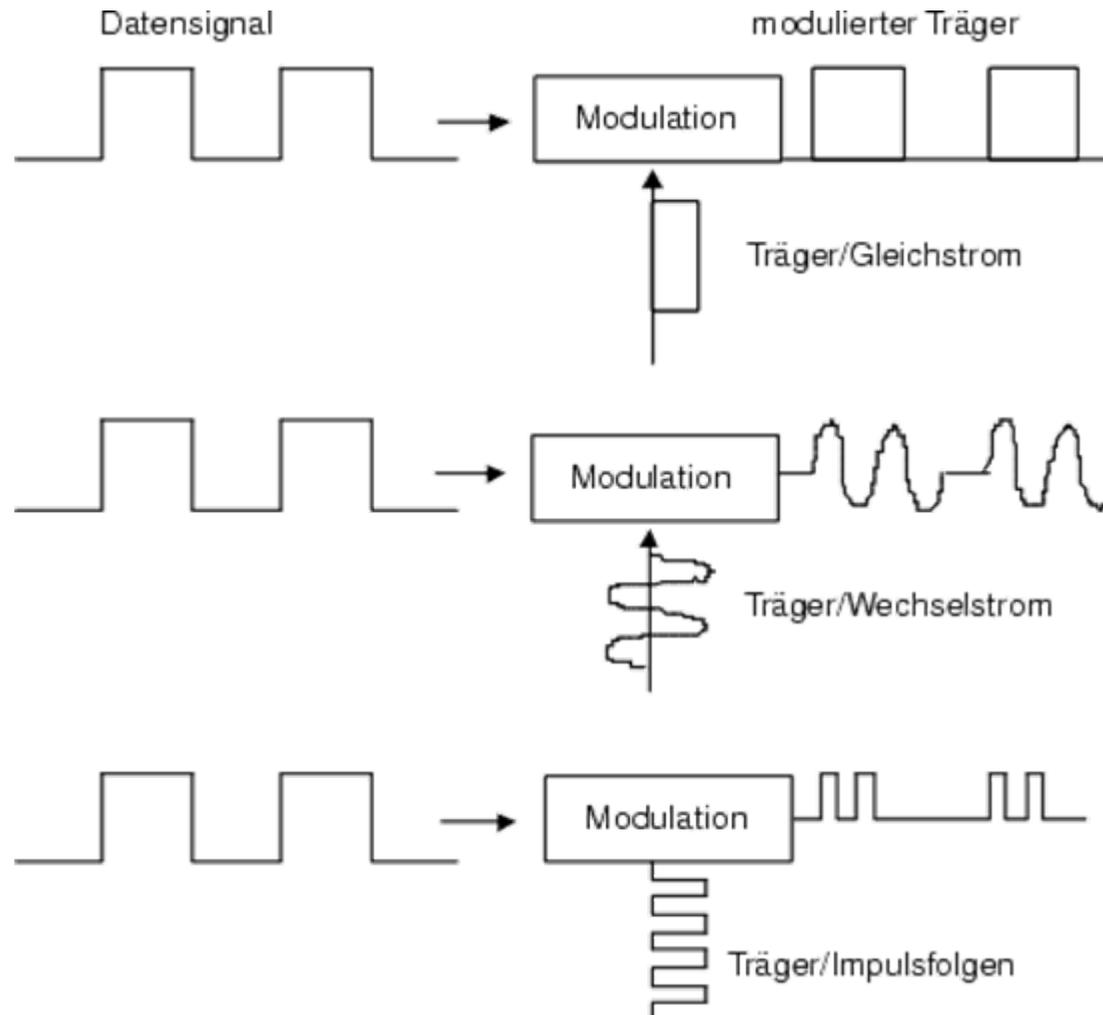
4.3.1 Grundlagen: Modulationstechniken

4.3.1 Modulation

□ **Definition: Unter Modulation versteht man**

- Umsetzung eines Quellensignals in eine andere Signalform, d.h. ein Träger wird im Rhythmus (digital, analog) des zu übertragenden Datensignals gesteuert
- Abhängig vom Träger wird unterschieden in Modulation von Gleichstrom, Wechselstrom oder Impulsfolgen
- Unter Modulation versteht man die Konvertierung von binären Daten auf elektrische Signale, und zwar in eine Form, die für die Übertragung über ein Netz geeignet ist, z.B. PSTN

4.3.1 Modulation abhängig vom Träger



Modulation umfasst die Schritte Signalabtastung, Signalwandlung und Codierung des Trägersignals

4.3.1 Modulationsarten

❑ **Analoge Modulation:**

- Modulation eines analogen oder digitalen Signals auf ein meist sinusförmiges Trägersignal
 - Beispiel: Übertragung auf analogen Fernmeldeleitungen im Fernsprechnet

❑ **Digitale Modulation:**

- Modulierung auf einen Pulsvorgang (Pulsmodulation). Das verwendete Modulationsverfahren ist stark abhängig vom Medium und den Anforderungen an die Übertragung

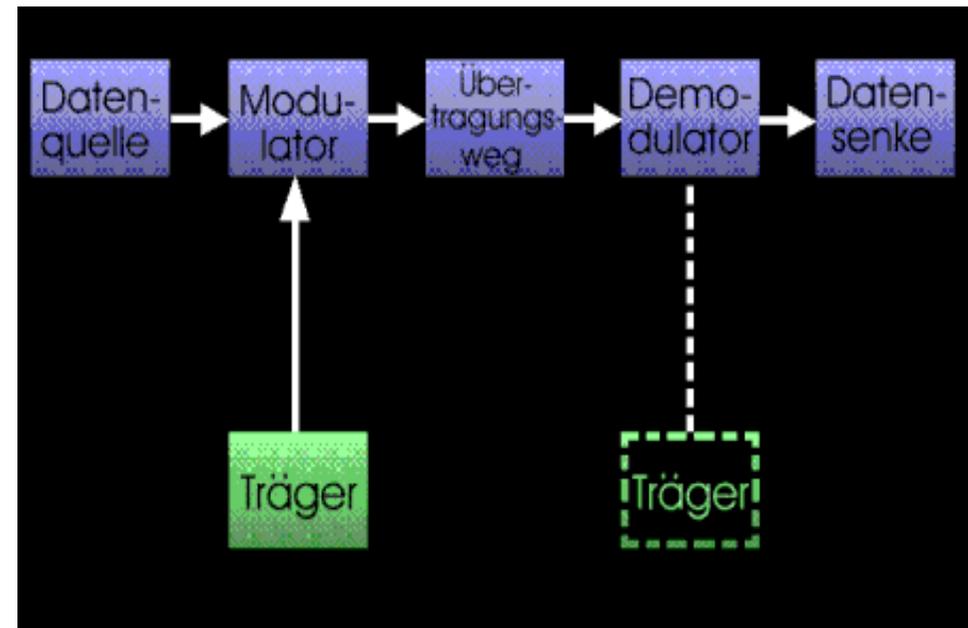
4.3.1 Anforderungen an Modulation

□ Allgemeine Anforderungen an Modulation:

- Gute Anpassung an Medium
- Möglichst hohe Informationsdichte
- Hohe Störfestigkeit
- Kostengünstig zu realisieren

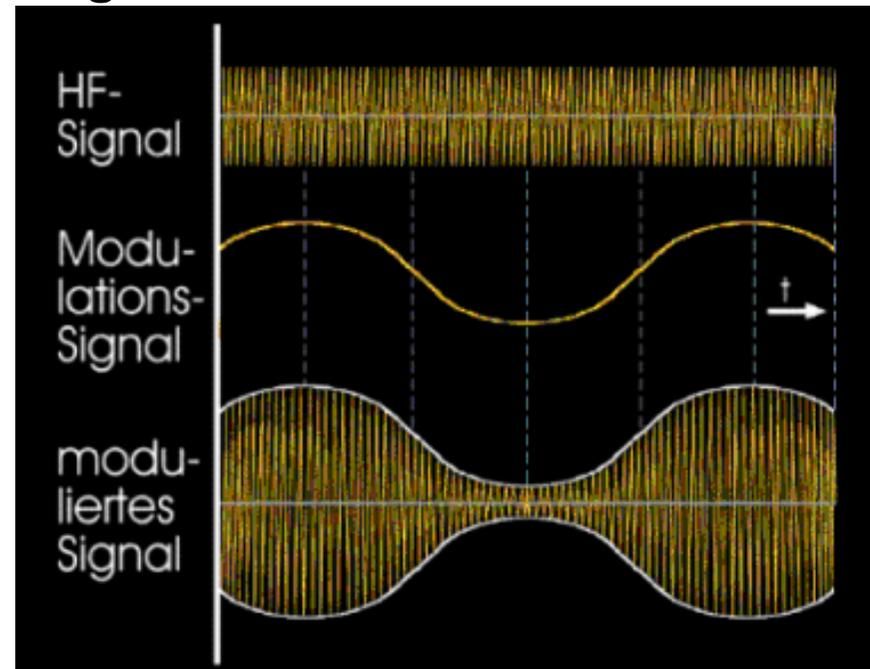
□ Modulation umfasst die Schritte

- Signalabtastung
- Signalwandlung
- Codierung des Trägersignals



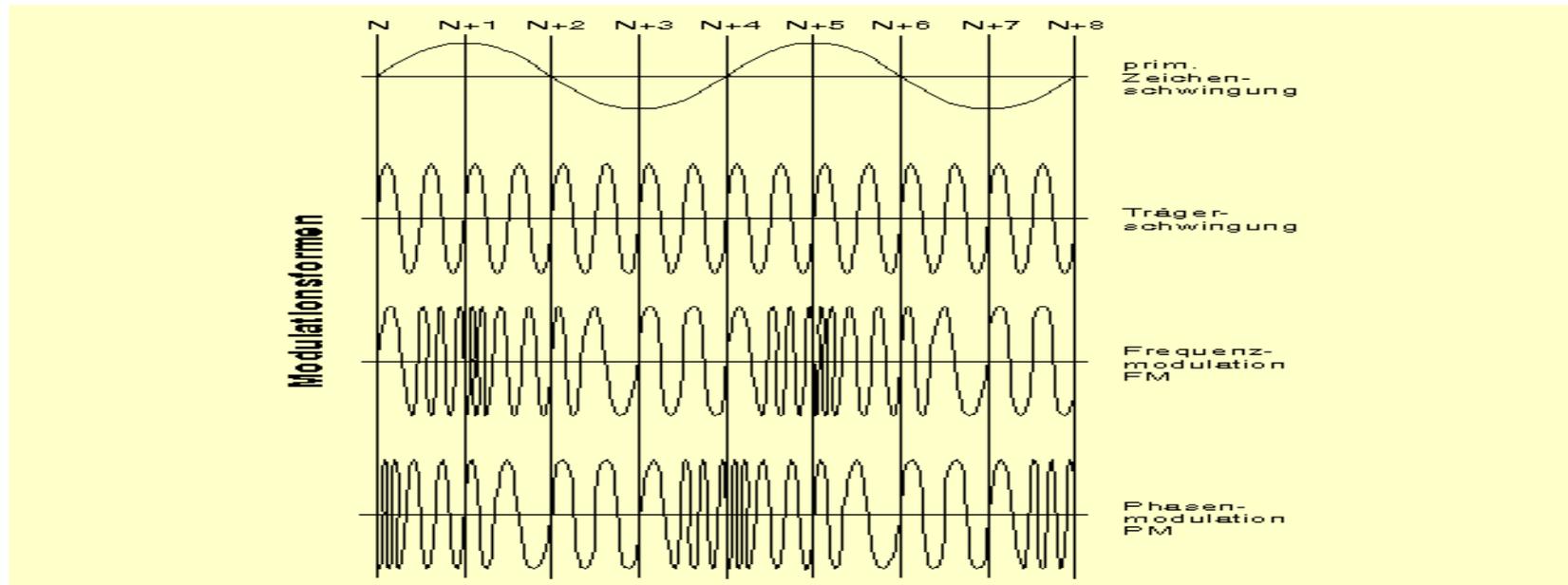
4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (1)

- ❑ **Merke: Man kann durch geeignete Modulation**
 - Analoge Information digital/analog übertragen
 - Digitale Information digital/analog übertragen
- ❑ **Unterscheidung von 3 Basistypen analoger Modulation:**
 - **Amplitudenmodulation:**
 - Bei gleichbleibender Frequenz des Trägersignals wird die Amplitude geändert
 - Bei Darstellung von Binärsignalen werden 2 unterschiedliche Spannungsebenen für 0-Bit und 1-Bit gewählt
 - Probleme mit Signaldämpfung:
 - Signalgröße = Höhe der Amplitudenveränderung des Trägersignals
 - Signalfrequenz = Schnelligkeit der Amplitudenänderung des Trägersignals



4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (2)

- Frequenzmodulation:
 - Bei gleichbleibender Amplitude des Trägersignals wird die Frequenz geändert
 - Verfahren ist relativ störsicher
 - Jedoch genügend Bandbreite erforderlich, um Demodulation zu erleichtern
 - Bei Binärsignalen nur 2 unterschiedliche Frequenzen notwendig
 - Verfahren wird oft verwendet für langsame Modems (300, 1200 Baud)



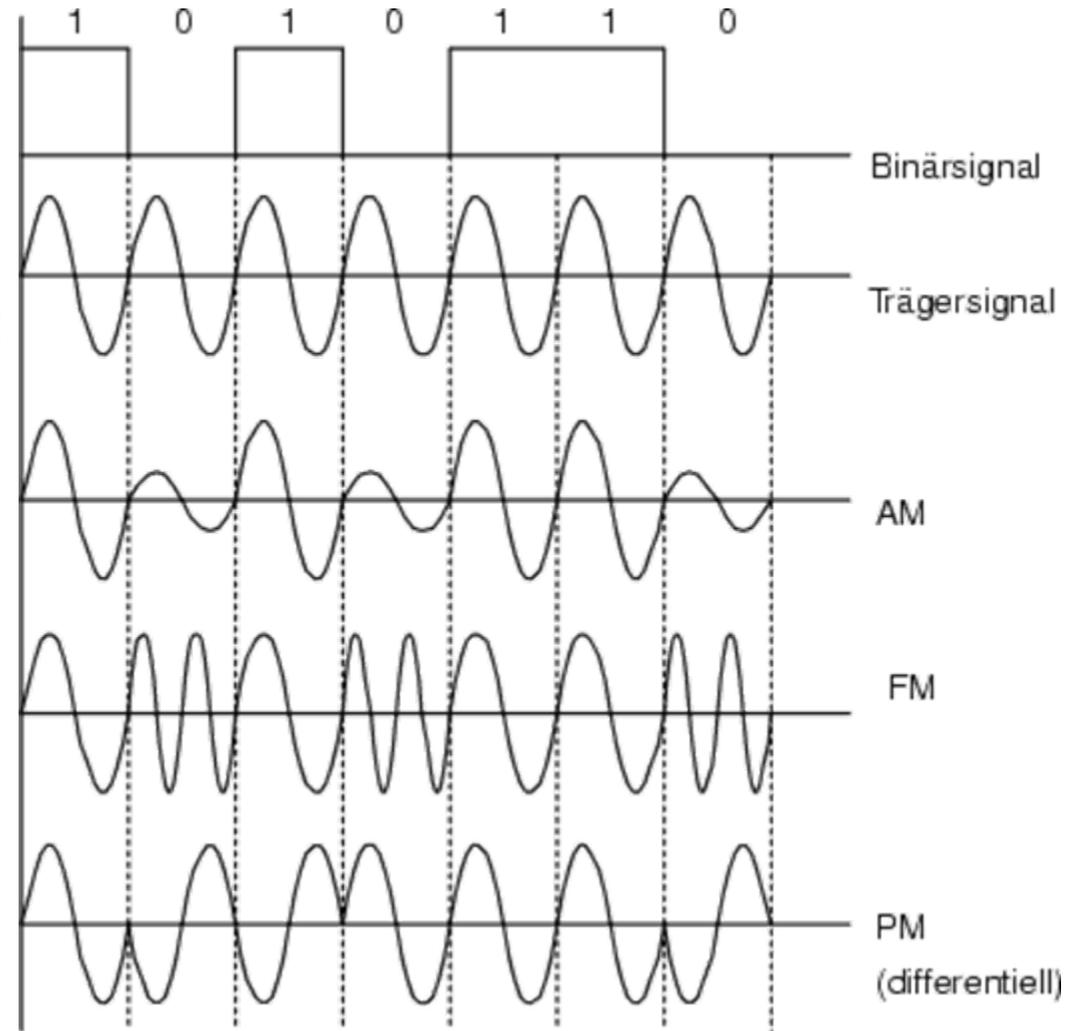
4.3.1.1 Basistypen analoger Modulation (3)

- Phasenmodulation:
 - Bei gleichbleibender Amplitude und Frequenz des Trägersignals wird die Phase verschoben. Im Englischen wird hier von PSK („Phase Shift Keying“) gesprochen
 - 2 Varianten
 - Kohärente PM: Single Bit PSK mit „1“ = 90 Grad-Änderung und „0“ = 270 Grad-Änderung. 2 feste Trägersignale für 0-Bit und 1-Bit mit jeweils 180° Phasenverschiebung; Empfängerseite benötigt Referenzsignal, um Phase zu bestimmen, relevant ist der absolute Phasenwert
 - Differentielle PM: Übergang 01 oder 10 entspricht festem Sprung (z.B. 180°). Phasenverschiebung abhängig vom aktuellen Bit und dem zuletzt übertragenen Bit; Demodulation muss die Phasenverschiebung bestimmen und nicht den absoluten Wert; Beispiel: 1-Bit behalte Phase bei; 0-Bit verschiebe Phase um 180°

4.3.1.1 Übersicht der Modulationsmethoden

- **Im Beispiel bei PM (differential):**
1-Bit behalte Phase bei; 0-Bit
Phasenverschiebung um 180°.
Verwendung bei Modems:

- Langsame Modems:
meist FM
- Schnelle Modems: PM oder
auch Kombination davon ->
QAM = Quadratur-
amplitudenmodulation

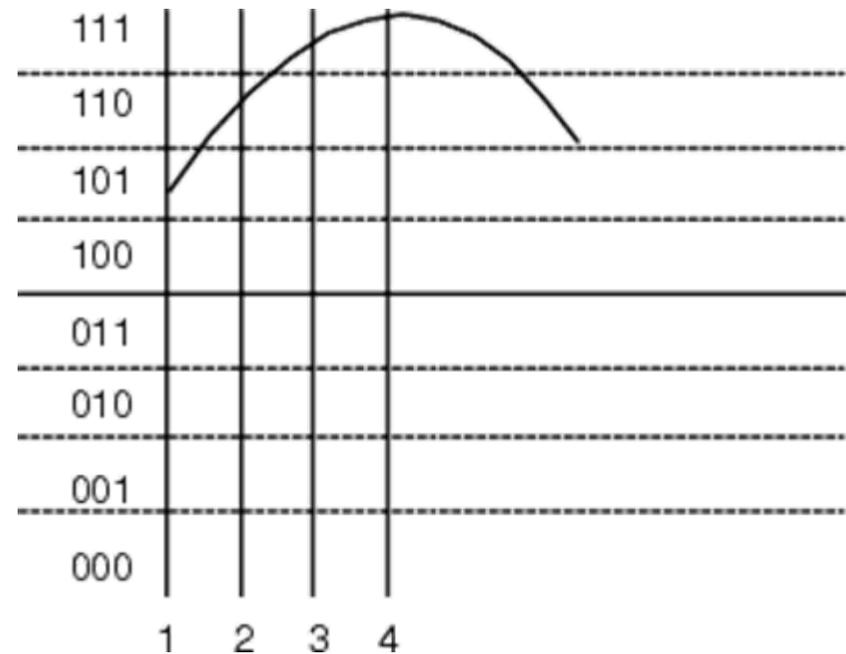


4.3.1.2 Puls Code Modulation (PCM-Verfahren)

- ❑ **Abtastung eines Analogsignals und Umwandlung in eine Impulsfolge. Dieses Verfahren wird im Zusammenhang mit ISDN angewandt, um analoge Sprache in eine digitale Nachricht umzuwandeln, die über das ISDN-Netz übertragen wird.**
- ❑ **Wichtige Bedingungen:**
 - Abtasthäufigkeit ≥ 2 mal Signalbandbreite (Abtasttheorem)
 - Jede Abtastung wird durch 7 oder 8 Bit dargestellt
- ❑ **Unterteilung der Amplitude in Bereiche, denen jeweils eine Binärcodierung zugeordnet wird**
 - Beispiel: Sprache wird 8000 mal pro Sekunde abgetastet \rightarrow 4kHz Bandbreite für Information. Dies ist die für Telefon verwendete Bandbreite
 - (1) Abtasten analoger Signalkurve mit Abtasttheorem: Abtasttheorem: Abtasthäufigkeit ≥ 2 mal Signalbandbreite. Für das Telefon gilt: Band ca. 4 kHz (300-3400 Hz); Tastrate 8 kHz, alle 125 Mikrosekunden. Damit ergibt sich als Datenrate $2 \cdot \text{Bandbreite} \cdot \log_2 \text{Signallevel}$, d.h. es gilt $8000 = 2 \cdot 4 \text{ kHz}$
 - (2) Kodieren des Abtastwertes: 8 Bits
 - Aus (1),(2) ergibt sich damit eine Übertragungsrate von 64 kbit/s (z.B. bei ISDN)

4.3.1.2 PCM-Verfahren: Beispiel

□ Bitstrom 101 110 111 111 ...

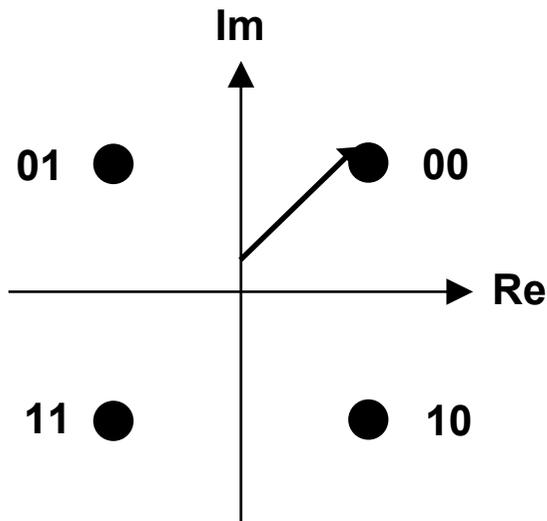


- PCM-Verfahren wird bei den T1 Verbindungen zwischen Fernsprechvermittlungen eingesetzt.
- Variation ist die Delta-Modulation, bei der sich benachbarte Abtastwerte jeweils nur um +1 oder -1 unterscheiden
 - Falls Signalwert größer als Vorhersagewert -> 1-Bit
 - Falls Signalwert kleiner -> 0-Bit

Probleme, falls sich Signale sehr schnell ändern

4.3.1.3 QAM-Modulation (1)

- ❑ **Häufigste Technik für Modems mit hohen Datenraten: Quadraturamplitudenmodulation (QAM)**
 - Kombination aus Amplituden- und Phasenmodulation
- ❑ **Es gibt n-QAM mit $n = 16, 64, 256, 1024$ Signalwerten \rightarrow 4, 6, 8, 10 Bits je Signaländerung. Bei 2^i -QAM werden also pro Schritt i Bits übertragen**
- ❑ **Bei 4-QAM werden also 2 Bits (sog. Dibit) pro Schritt übertragen**
- ❑ **Phasendiagramm: Jeder Codepunkt liegt in einer bestimmten Entfernung (AM) und einem bestimmten Phasenwinkel (PSK)**

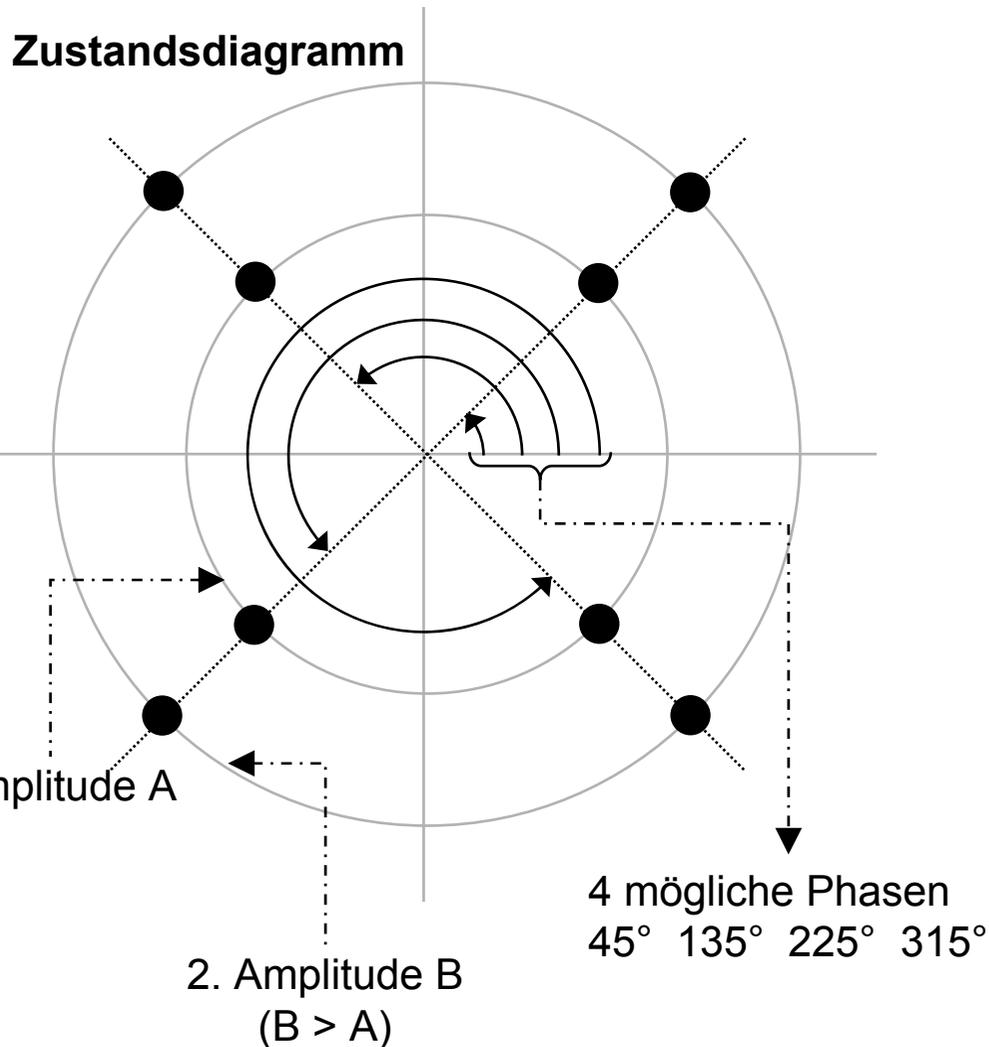


4-QAM

Bitpaar	Amplitude	Phase
00	1	45°
01	1	135°
10	1	225°
11	1	315°

4.3.1.3 QAM-Modulation (2)

- 8 QAM mit zwei möglichen Amplituden und vier möglichen Phasen



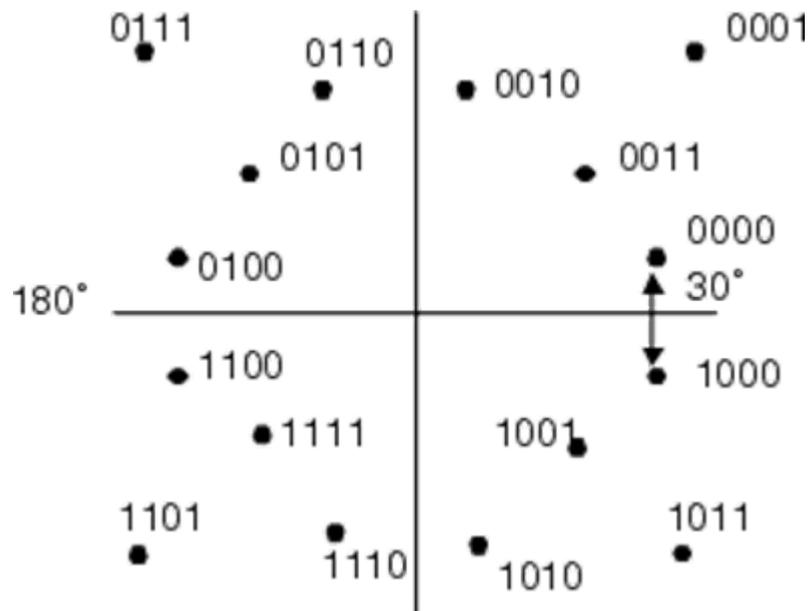
Zuordnungstabelle

Kombination von 4 Phasen mit 2 Amplituden ergibt $2 \cdot 4 = 8$ mögliche Zustände. Damit sind pro Zustand 3 Bits übertragbar ($2^3 = 8$)

Bits	Amplitude	Phase
000	A	45°
001	A	135°
010	A	225°
011	A	315°
100	B	45°
101	B	135°
110	B	225°
111	B	315°

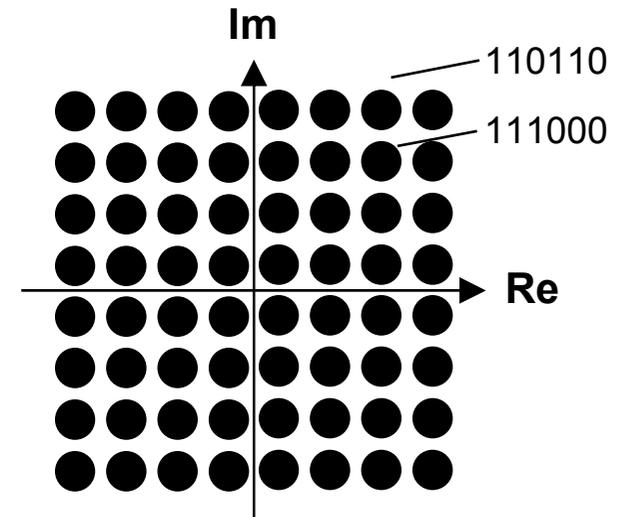
4.3.1.3 QAM-Modulation (3)

16 QAM: verschiedene Signalwerte aus der Kombination von 12 Phasenverschiebungswerten (Abstand min. 30°) und 3 Amplitudenwerten

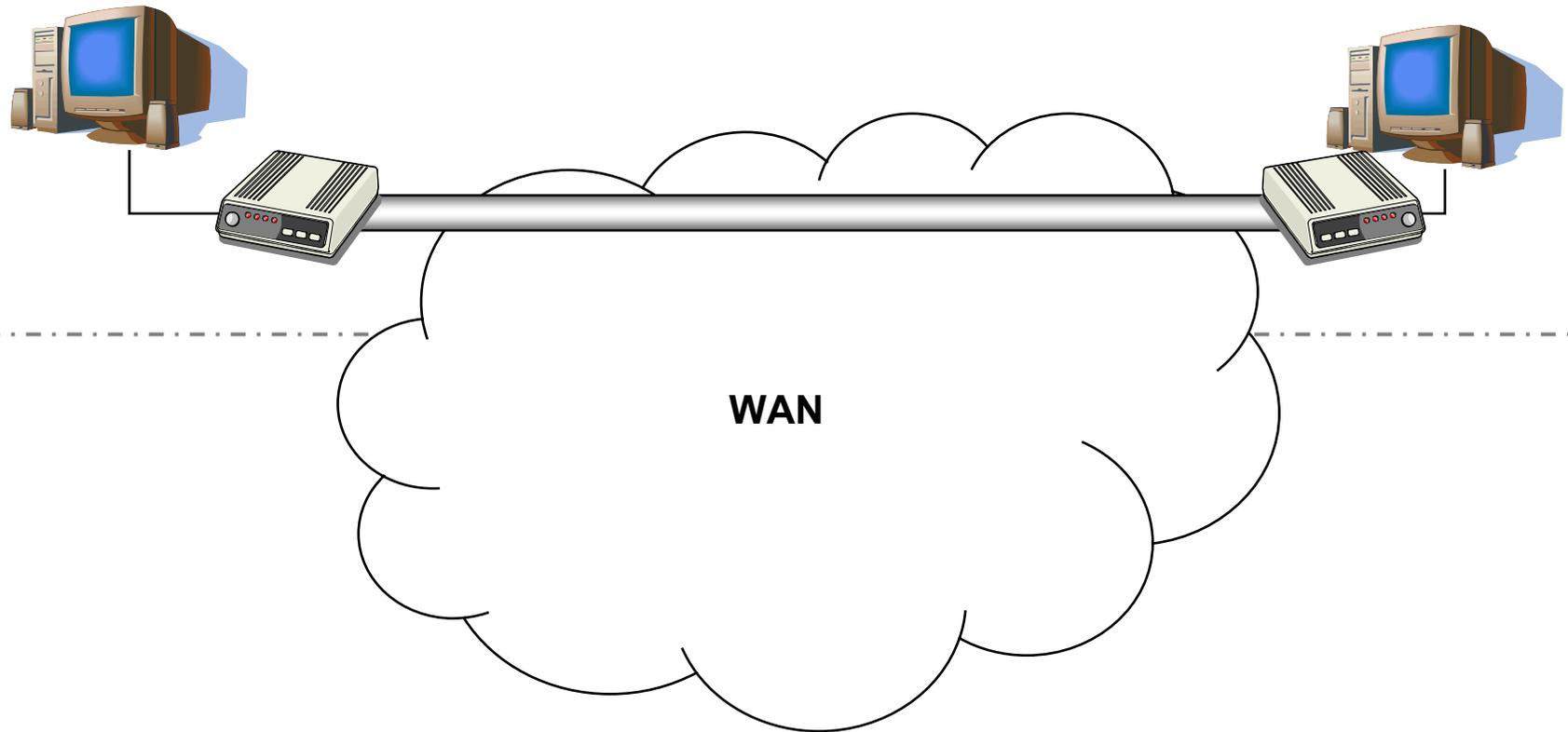


64 QAM:

64 mögliche Kombinationen entspricht 6 Bits pro Zustand ($2^6=64$)



4.3.2 Anbindung über WAN

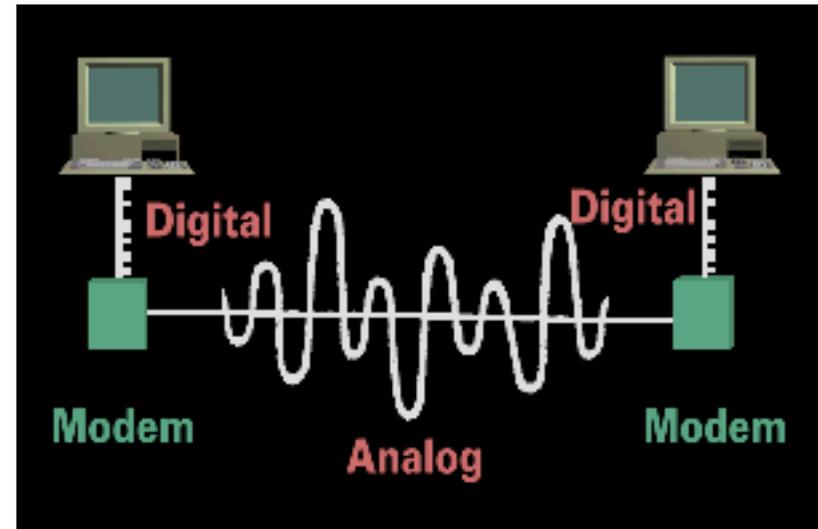


- 4.3.2.1 Modems
- 4.3.2.2 Terminalmultiplexer

4.3.2.1 Modems

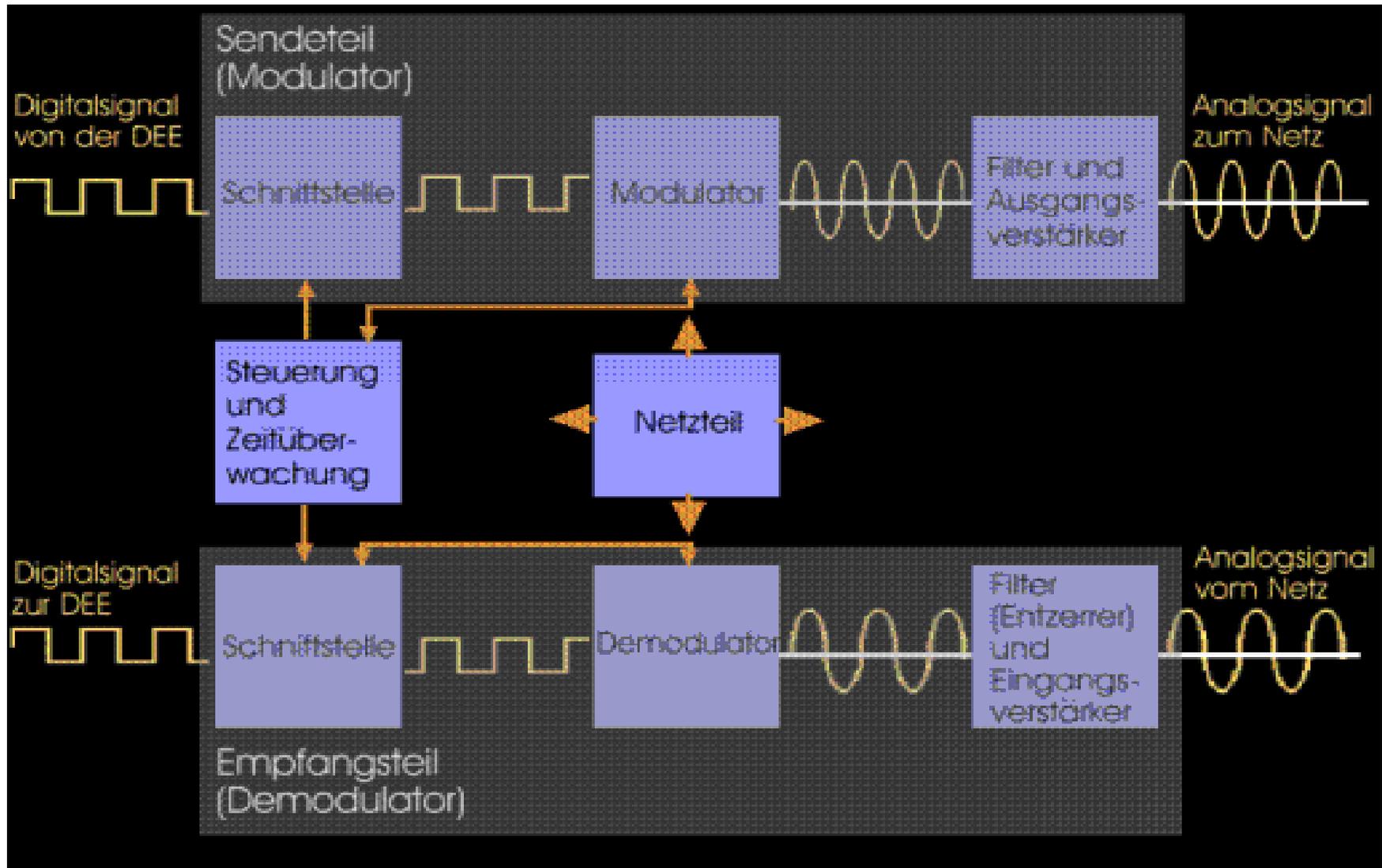
❑ Modems gibt es zur Anpassung an

- Analoge Festleitungen
- Analoge Wählleitungen
- ISDN (PCM-Modems)
- ADSL (ADSL-Modems)
- Koaxialkabel (HF-Modems)
- LWL (optische Modems)
- Mobilnetze (Funkmodems)
- Satellitennetze



- ❑ Modems spielen als LAN-Zugangstechnik heute noch eine Rolle bei der Verwendung von analogen Telefonleitungen
- ❑ Modems gibt es als einzelne Geräte oder integriert auf Interface-Karten
- ❑ Modems müssen angepasst sein an die Leistungsfähigkeit der UART (Universal Synchronous Receiver/Transmitter, Baustein, der z.B. im PC die Parallelschnittstelle auf die serielle E/A-Schnittstelle abbildet) UART Chip 16550 schafft 1152 kbps.
- ❑ Für tragbare PCs gibt es PCMCIA-Modemkarten

4.3.2.1.1 Prinzipieller Aufbau



4.3.2.1.1 Aufgaben von Modems (1)

□ Die Aufgaben von Modems sind umfangreich:

- Anpassung an Leitung bzgl. elektrischer Eigenschaft (Interferenz, Rauschen, Amplitudenschwankung, Phasen-Jitter (Verzögerungsschwankung), Synchronisation) -> physikalische Anpassung
- Übertragungsleitung anschalten
- Datenendgerät betriebsbereit machen (z.B. über Datentaste, automatische Umschaltung -> funktionelle Anpassung
- Umwandlung der digitalen Gleichstromsignale der DTE in Tonfrequenzsignale (Modulator)
- Rückgewinnung der Signale (Demodulator)
- Vorschriftsmäßiger Leitungsabschluss: Damit sieht das Netz keinen Unterschied zwischen Telefon und DEE (betrifft Frequenzbereich, Pegel, Leiter, etc.)

4.3.2.1.1 Aufgaben von Modems (2)

- Umschalten von Fernsprechen auf Datenübertragung bei Wählverbindungen
- Auf/Abbau von Verbindungen
- Callback-Funktion
- Automatische Abstimmung der Kompatibilität
- Adaptive Bitratenanpassung
- Überwachen der Datenübertragung durch Auswertung des Signalpegels
- Steuerung der Schnittstellensignale in Abhängigkeit von Betriebsart: In Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart (simplex, halb-duplex oder voll-duplex)
- Korrektur von Übertragungsfehlern
- Datenkompression
- Bereitstellen von Daten für Betriebsüberwachung

4.3.2.1.2 Modem-Standards (1)

□ Normen für Datenübertragung:

- V.32 bis: Übertragungsrate bis 14.400 bps mit permanenter Anpassung der Rate (Fallback auf 12.000, 9.600, 7.280, 4.800 bps). Nutzt Fehlerkorrektur und Datenkompression gemäß V.42 bis
- V.34: Übertragungsrate bis 28.800 bps (unter Verwendung einer Kompressionstechnik 4:1 theoretisch bis 115 kbps); duplex
- V.34 bis: Übertragungsrate bis 32.000 bps
- V.90: 56 kbps Modem (benutzt 256 diskrete Signallevel). Voraussetzung: Server ist bis zur Kunden-Vermittlungsstelle digital angeschlossen. Somit wird nur Server -> DTE mit 56 kbps übertragen (letztes Linkstück ist sehr kurz, nur dort analoges Signal), sonst mit V.34

4.3.2.1.2 Modem-Standards (2)

Empfehlung	Geschwindigkeit bis	asynchron	synchron	Halbduplex	Duplex	Modulation
V.21	300 bit/s	x			x	Frequenz-Modulation
V.22	1.200 bit/s	x	x		x	Phasen-Differenz-Modulation
V.22bis	2.400 bit/s	x	x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.23	600/1.200 bit/s	x	x	x		Frequenz-Modulation
V.26	2.400 bit/s		x		x	4-Phasen-Differenz-Modulation
V.26bis	2.400 bit/s		x	x		4-Phasen-Differenz-Modulation
V.26ter	2.400 bit/s		x		x	Differenz-Phasen-Sprung-Modulation
V.27	4.800 bit/s		x		x	8-Phasen-Differenz-Modulation
V.27bis	4.800 bit/s		x	x		8-Phasen-Differenz-Modulation
V.29	9.600 bit/s		x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.32 V.32bis V.32terbo	9.600 bit/s 14.400 bit/s 19.200 bit/s	x	x		x	Quadratur-Amplituden-Modulation
V.fast V.34	34.000 bit/s mit Kompression	x	x		x	Mehrfrequenz-Modulation Quadratur-Amplitudenmodulation
V.90	56.000 bit/s 34.000 bit/s	x	x		Down Up	

4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Anschluss von entfernten Terminals

- ❑ Früher: Terminals wurden direkt an Computer angeschlossen
- ❑ Heute: Auch möglich, eine Anzahl von Terminals zu einem Cluster zusammenzufassen, das über ein Netz mit Computern verbunden ist -> Amoeba Architektur (vgl. Vorlesung „Verteilte Anwendungen“)
 - Ansatz wird meist beim Anschluss von entfernten Terminals an zentrale Funktionseinheiten verwendet
- ❑ Auch Add-Drop-Multiplexer (ADM) z.B. bei SDH-, ATM- oder FrameRelay-Netzen können als Terminalmultiplexer verwendet werden

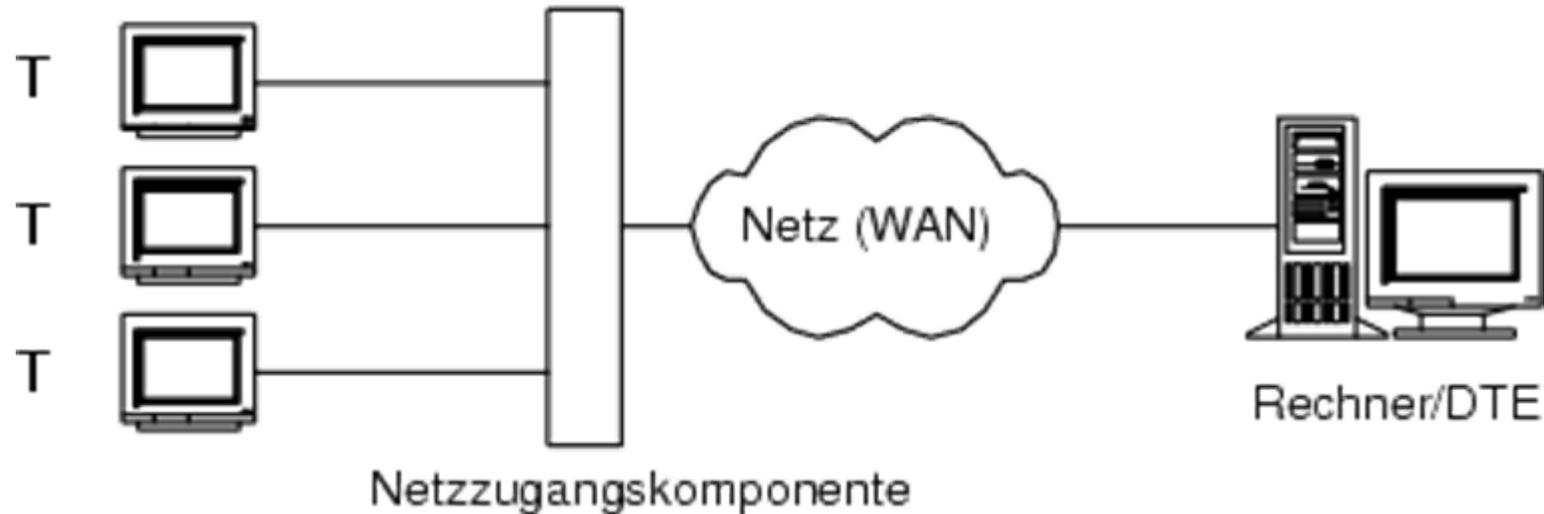
4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Aufgaben

□ Konzentratorkfunktion (Terminal-Server)

- Hauptaufgabe: Informationsübertragung zwischen Terminals und Computer
- Übernehmen zusätzlich Aufgaben wie Netzzugangsprüfung (z.B. Passwort des Benutzers), Zwischenspeicherung von Nachrichten, Datenkompression und Verschlüsselung
- Beispiele für Terminalserver:
 - SNA-Konzentrator
 - X.25 PAD
 - Communication Controller
- Anschlussmöglichkeiten über Terminalserver
 - Multidrop-Leitung
 - Punkt-zu-Punkt-Verbindung

4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Anschlussarten (1)

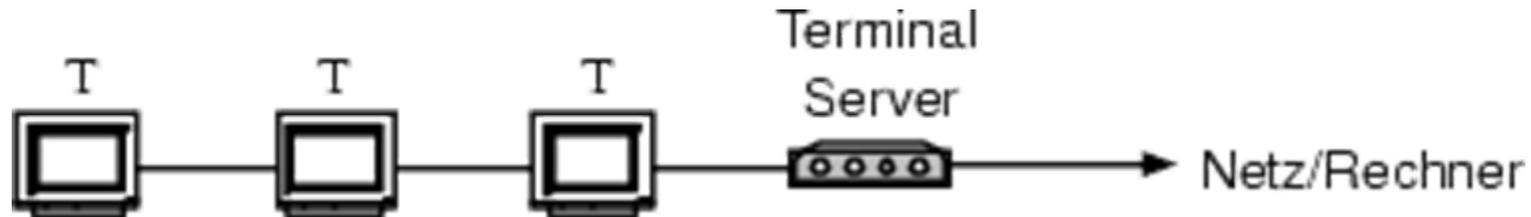
- Anschluss der Terminals erfolgt über ein Netz



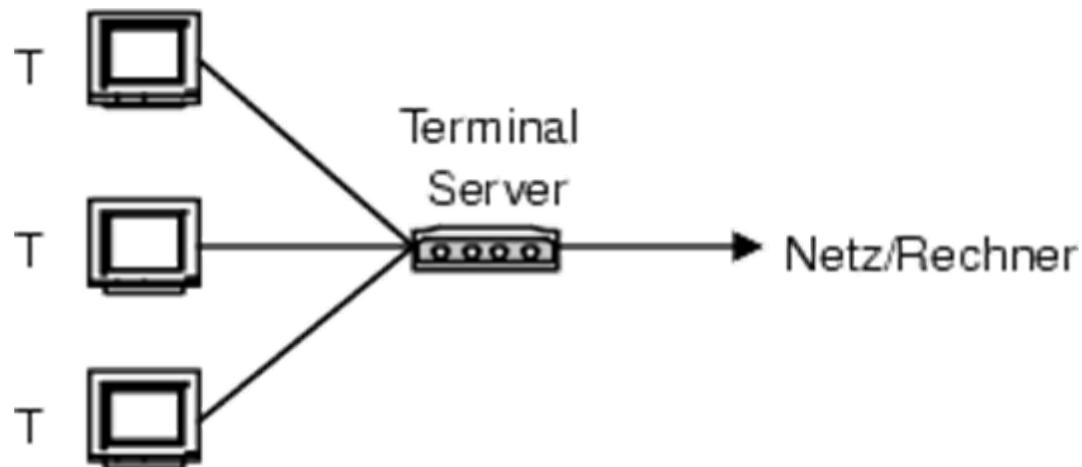
- Der Netzzugang kann „standalone“ sein
 - Beispiele: externes Modem, X.25-PAD, FRAD. Ein weiteres Beispiel ist ein SNA-Konzentrator. Dieser und der S25-PAD werden auch als Terminal-Server bezeichnet.
- Der Netzzugang kann „onboard“ im Terminal integriert sein.
 - Beispiel: integriertes Modem, Interface-Karte

4.3.2.2 Terminalmultiplexer: Anschlussarten (2)

❑ Multidrop-Leitung



❑ Punkt-zu-Punkt-Verbindung



4.3.2.2 Komponentenbeispiele



Cyclades-TS100



Cyclades-TS400



Cyclades-TS800



Cyclades-TS1000

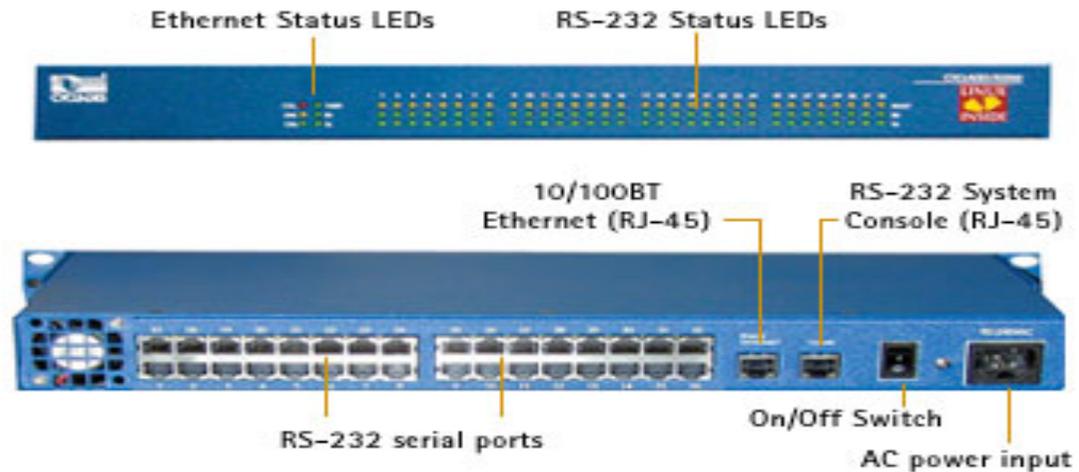


Cyclades-TS2000

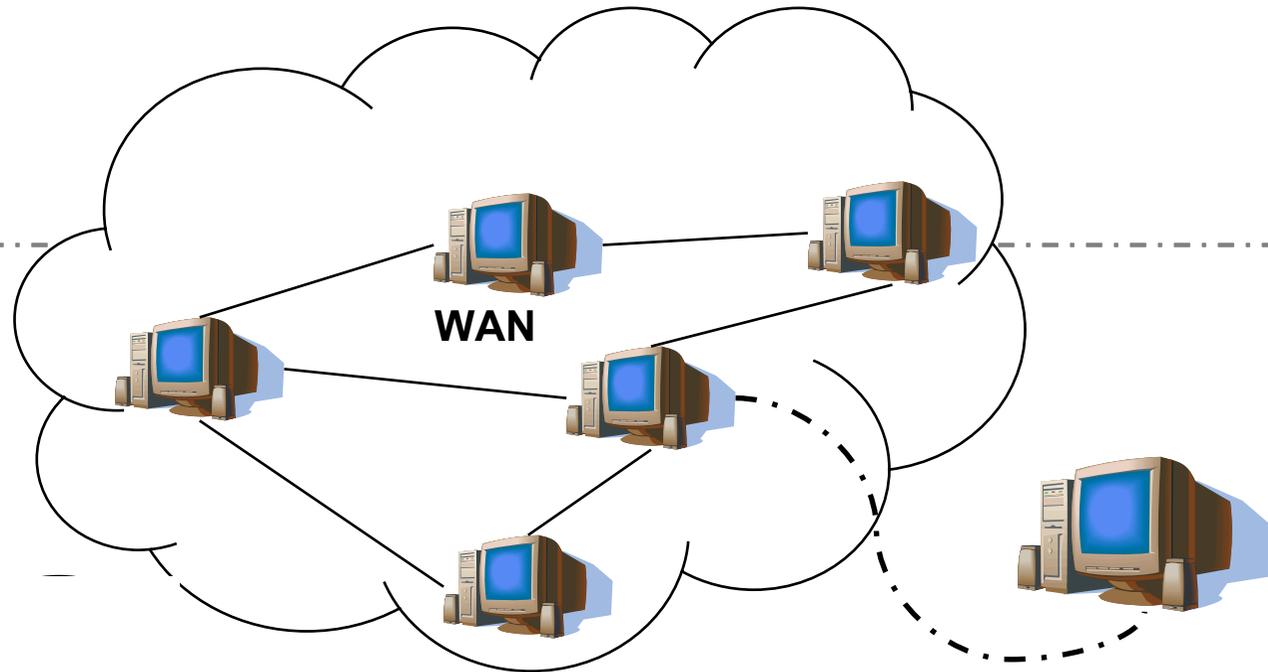


Cyclades-TS3000

Cyclades-TS2000



4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links: SLIP, PPP



4.3.3 Zugangstechniken für serielle Links: SLIP, PPP

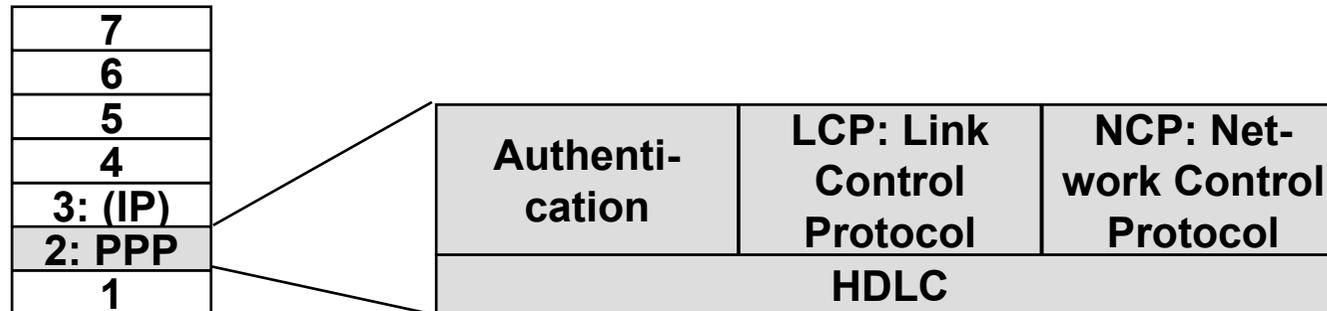
- ❑ **Nutzung von seriellen Links zur Anbindung von Systemen an ein WAN (IP-Netz)**
- ❑ **Serielle Links können wiederum über ein WAN etabliert sein z.B. per Modem oder ISDN**

- ❑ **SLIP und PPP werden unterhalb von IP eingesetzt**

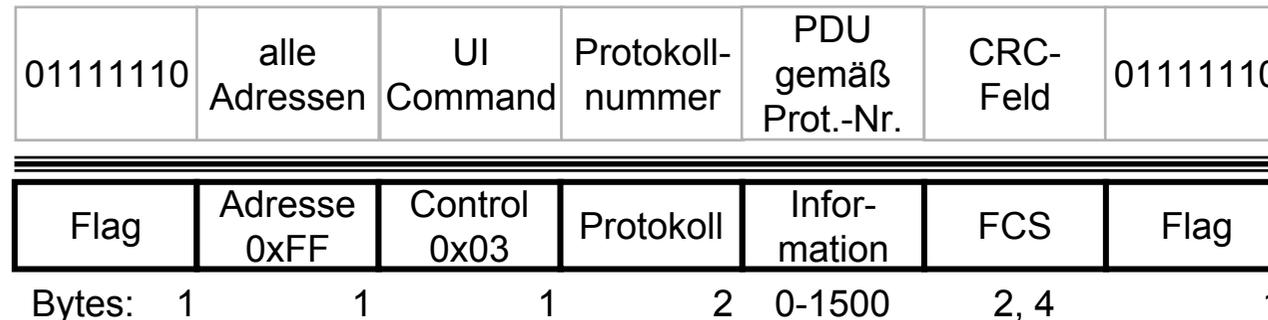
- ❑ **SLIP**
 - Framing von IP-Datagrammen durch „Sonderzeichen“ auf seriellen Links
 - Praktisch kaum noch eingesetzt
 - Keinerlei Fehlerkorrektur
- ❑ **PPP (RFC 1661, 2153, Weiterentwicklung: Multilink PPP – RFC 1717)**
 - Framing, Flusskontrolle und Fehlerkorrektur
 - State-of-the-Art-Protokoll zur Anbindung an IP

4.3.3 PPP: Protokollaufbau (1)

□ Protokoll-Stack



□ PDU (baut auf HDLC auf)



HDLC-Rahmen

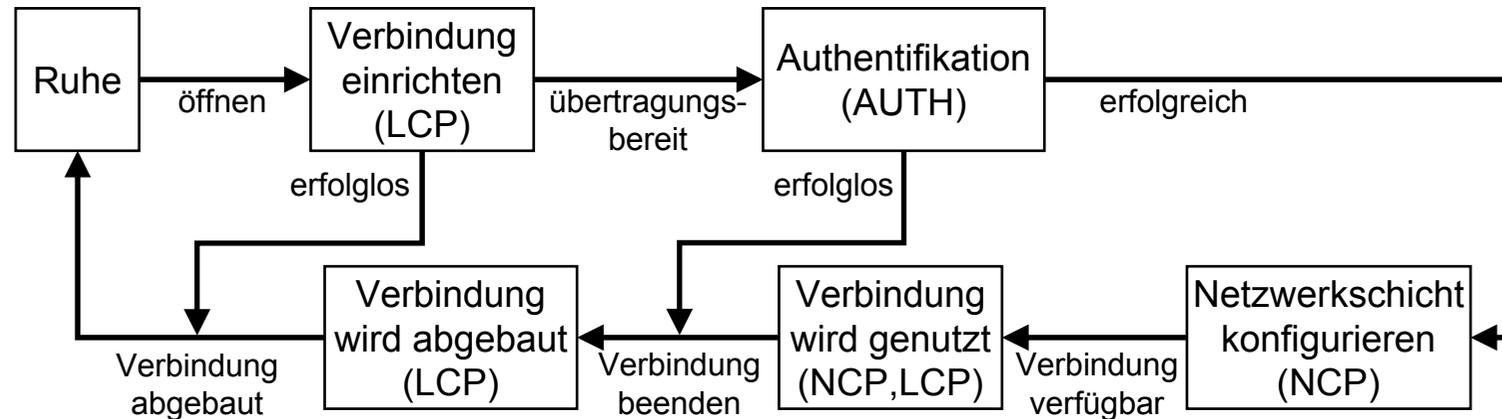
4.3.3 PPP: Protokollaufbau (2)

□ Authentication

- Zugangsprüfung, am Netzrand
 - Login (Name, Passwort)
 - Encrypted Login (Name, Passwort verschlüsselt)
 - Dial Back
 - PCMCIA Card oder Software Key
- Benutzte Techniken:
 - CHAP, PAP, Kerberos zur Authentifizierung
 - RADIUS zur Anbindung zentraler Benutzerverwaltungen

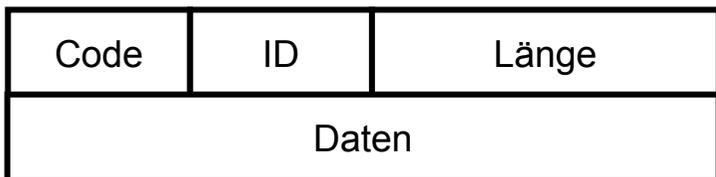
4.3.3 PPP: Protokollaufbau (3)

□ Phasendiagramm



□ LCP (Link Control Protocol)

- Verbindungsauf- und abbau
- Verhandlung von Optionen
- Ermittlung der Verbindungsqualität

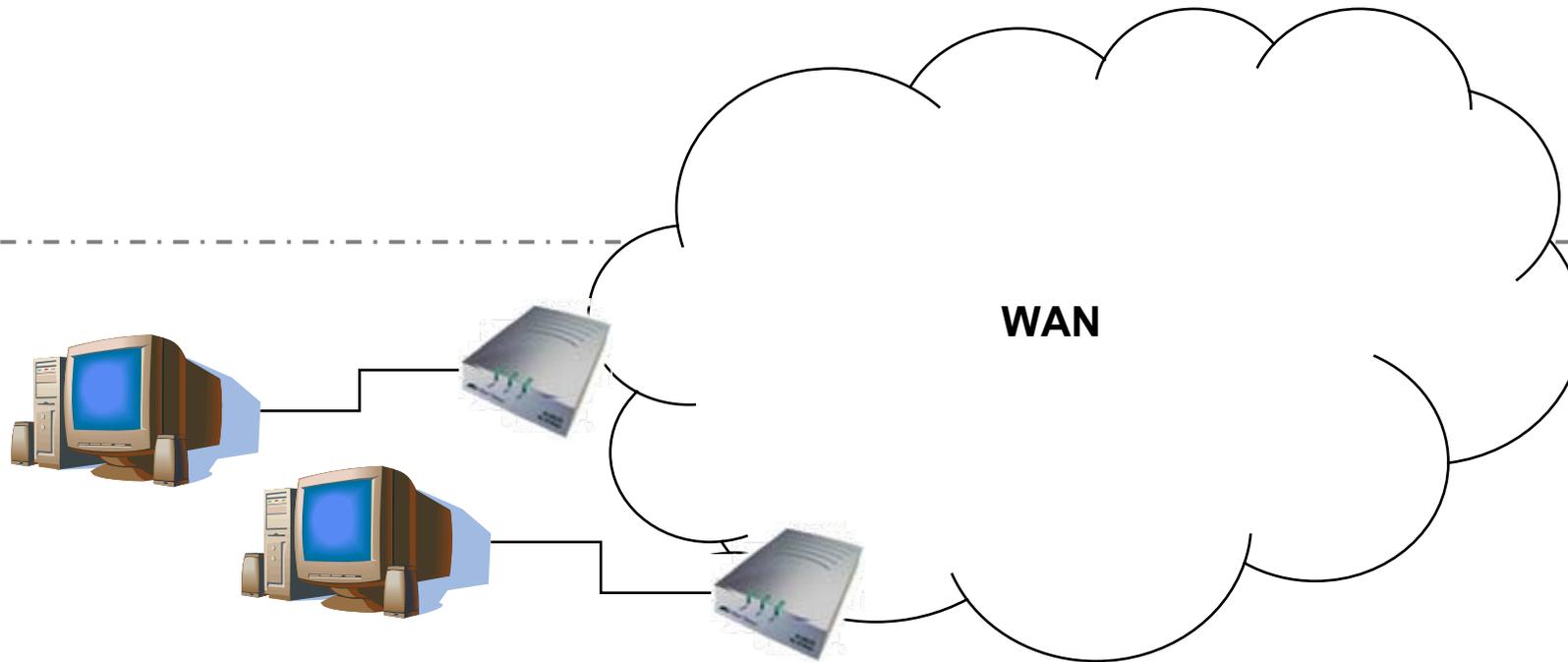


0 7 8 15 16 31

LCP-Codes

1	Configure Request	7	Code Reject
2	Configure ACK	8	Protocol Reject
3	Configure NAK	9	Echo Request
4	Configure Reject	10	Echo Reply
5	Terminate Request	11	Discard Request
6	Terminate ACK		

4.3.4 Last-Mile-Zugangstechniken



4.3.4 xDSL als Zugangstechnik

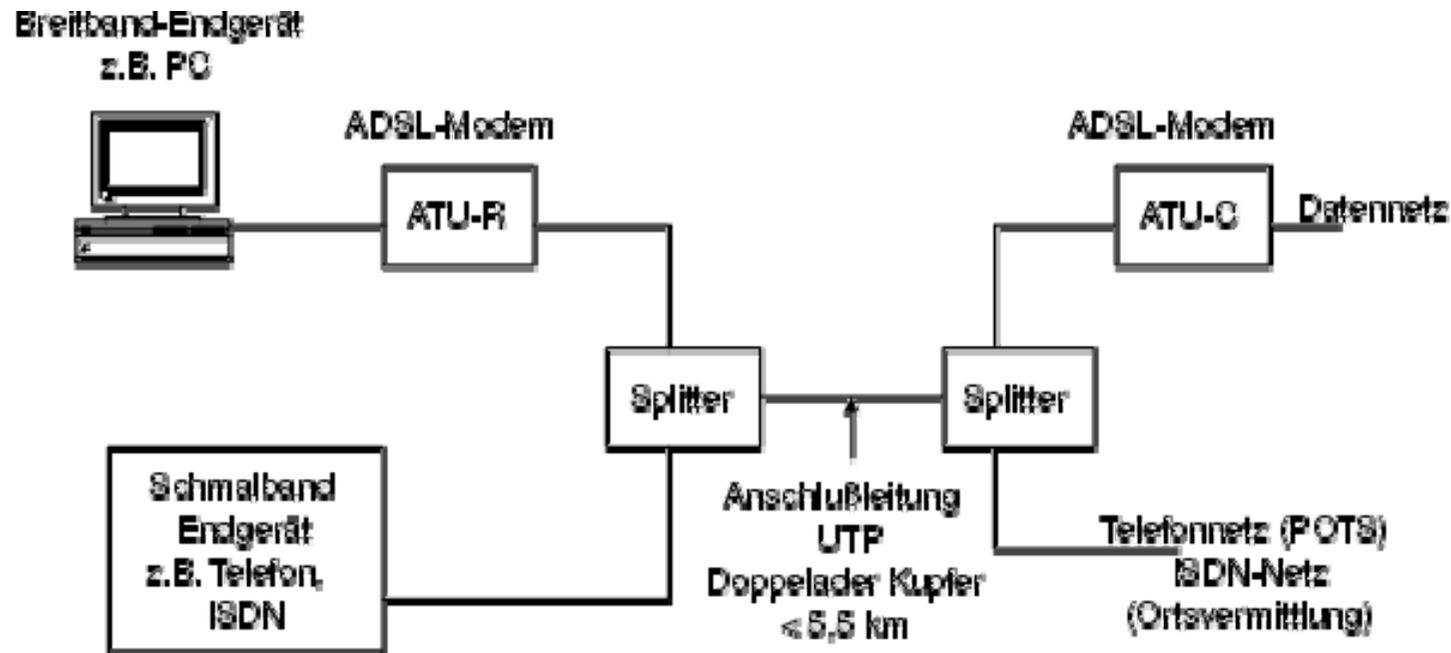
- ❑ **DSL – Digital Subscriber Line (digitales Anschlussleitungssystem)**
 - Versuch, die bestehende Kupfer-Infrastruktur der „Last Mile“, d. h. die Telefonleitungen (UTP) bei den Hausanschlüssen mittels neuer Übertragungsverfahren für höhere Bandbreiten (Datenkommunikation) nutzbar zu machen (derzeit bis ca. 60 Mbps)
- ❑ **xDSL-Systeme: Kriterien: Reichweite und Symmetrie**
 - **Symmetrisch: HDSL, SDSL (High Bit Rate, Single Twisted Pair)**
 - Ursprünglich benötigte HDSL zwei Kupferpaare
 - HDSL erlaubt symmetrische Übertragung von T1 bzw. E1 (1,5 oder 2 Mbps)
 - Neuere Entwicklung HDSL2 benötigt nur ein Kupferpaar
 - SDSL erfordert nur ein Kupferpaar
 - Es erlaubt Übertragungsraten bis zu 768 kbps
 - **Reichweite:**
 - SDSL, ADSL: über 2 km (bis zur nächsten Ortsvermittlung)
 - HDSL: auch über 10 km
 - VDSL: bis 1,5 km

4.3.4.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- ❑ **Asymmetrisch (z.B. für Abrufdienste wie WWW geeignet)**
- ❑ **Downstream 1,5 bis 8 Mbps**
- ❑ **Upstream 1 Mbps**
- ❑ **Geschwindigkeit ist entfernungsabhängig, z.B.**
 - Für 2 Mbps ca. 4,6 km – 5,5 km
 - Für 6 Mbps ca. 2,7 km – 3,7 km
- ❑ **Mit POTS-Splitter zusätzlich Telefonverkehr möglich, also Aufteilung in 3 Kanäle**
 - Am Eingang wird mit Hilfe eines Splitters der Telefonverkehr abgespalten
 - Dann bleiben 2 Kanäle für Downstream und Upstream

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

□ Architektur:



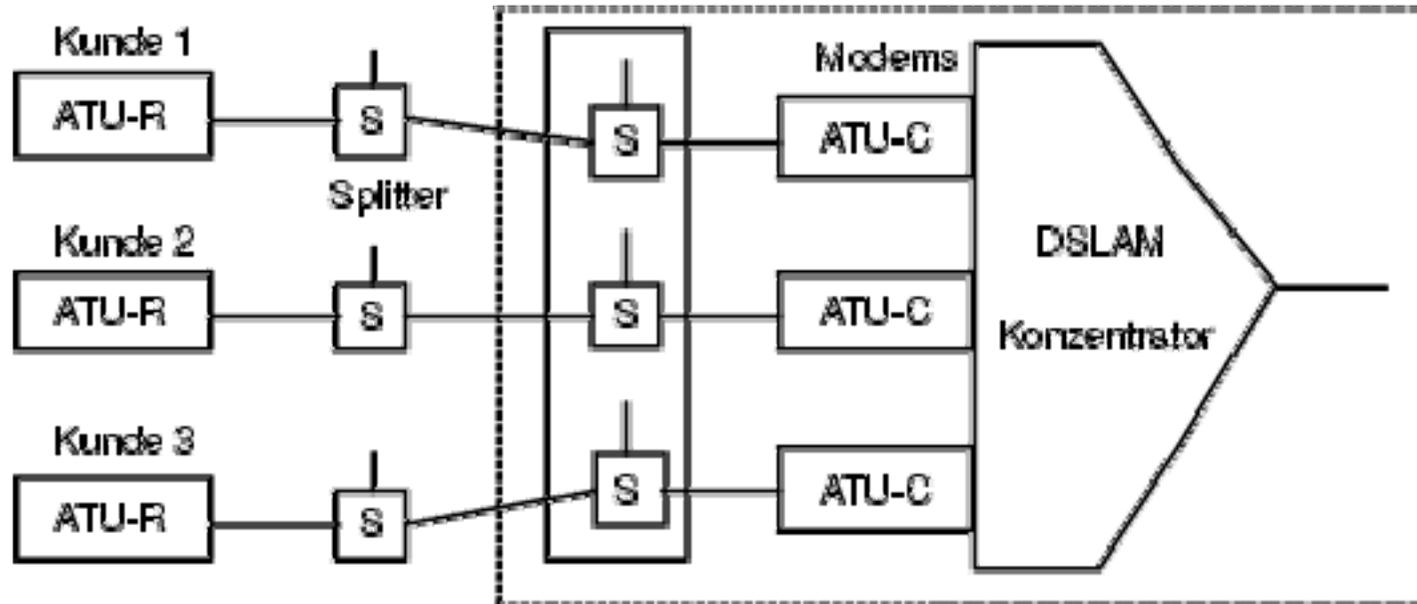
- ATU: ADSL Übertragungseinheit:
 - C („Control Office“): Übertragungseinheit in der Vermittlungsstelle
 - R („Remote Office“): Übertragungseinheit beim Endkunden („Subscriber“)

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

- Splitter trennt traditionellen Telefonverkehr von Datenverkehr:
 - Der Telefonverkehr wird im unteren Frequenzbereich übertragen; es findet ein Frequenzmultiplexing statt.
 - Nur bei analogem Telefon (POTS): der Telefonverkehr im Bereich 0-4 kHz; Upstream (ca. 25 kHz bis 138 kHz) und downstream (ca. 156 kHz bis 1 MHz).
 - Bei ISDN liegt der Telefonverkehr im Bereich 880 kHz

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

□ Vermittlungsstelle



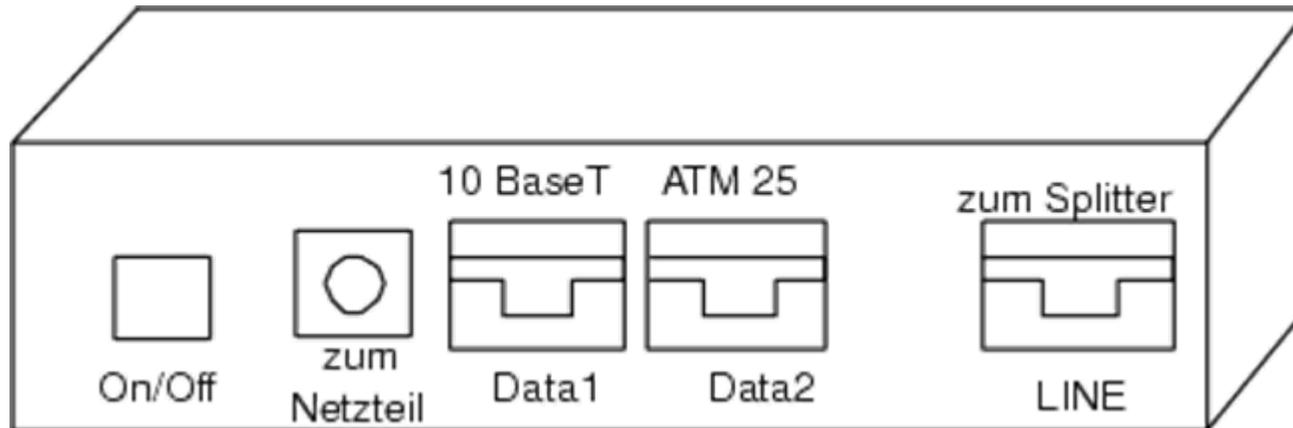
- DSLAM („DSL Access Multiplexer“): Zusammenfassung von ADSL Modems. DSLAM implementiert eine Modem-Sharing Architektur; jeweils ein ADSL Modem (ATU-C) ist einem Kunden zugeordnet.

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

□ ATU-R

- Eigenschaften von ATU-R

- Kundenseitig zwei RJ45-Buchsen wie bei 10BaseT (zum Ethernet-Anschluss)
- Splitterseitig RJ11-Buchse zum Splitterfilter
- Ferner 8-poliger DIN-Stecker für Spannungsversorgung



4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

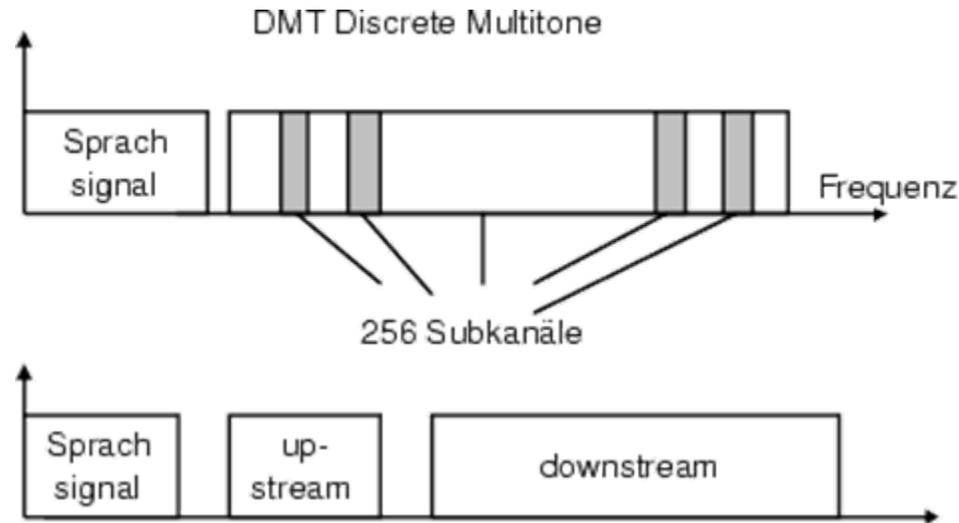
- **Varianten: Bitraten bei ADSL können in Stufen von 32 kbit/s eingestellt werden. Übliche Werte sind downstream 6Mbps, upstream 640 kbps**

Summenrate ist begrenzt und entfernungsabhängig!!

- ADSL 1: QAM für 1,536 Mbps (T1), 16 kbps upstream, POTS (Telefon), Videos nach MPEG1: 5,5 km
- ADSL 2: DMT downstream 3,072 bzw. 4.608 Mbps, upstream 640 kbps, ferner 384 kbps full duplex: 3 km
- ADSL 3: 6.144 Mbps mit 1,8 km

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

□ Modulation mit ADSL



- QAM: 4 Level Pulse Amplitude Modulation (entspricht 2 Bits pro Taktschritt)
- CAP („Carrierless Amplitude and Phase“): 7 Bits pro Taktschritt durch Phasenmodulation und Amplitudenmodulation

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

- DMT („Discrete Multitone“): Multicarriermodulation
 - Frequenzband wird in 256 Teilbänder zerlegt mit jeweils eigener Verbindung. Datenstrom wird auf Teilbänder verlegt und bei Demodulation wieder zusammengefügt (Inverses Multiplexen)
 - Übertragungsfrequenzbereich 20 kHz – 1,2 MHz. DMT-ADSL: Upstream 30-138 kHz und downstream oberhalb von 138 kHz. Die Frequenzbereiche von CAP-ADSL hängen jeweils von der Baudrate ab, z.B. für up mit 85 kbaud: 35- 132 khz und für down mit 1088 baud: 240 kHz – 1491,2 kHz

4.3.4.1 ADSL (Fortsetzung)

□ Vorteile – Nachteile:

● Vorteile ADSL:

- Verdrillte Zweidrahtleitung flächendeckend zur Verfügung
- ADSL technisch ausgereift, wird als Dienst angeboten
- Kompatibilität zum Telefon und ISDN
- ADSL-Modems können leicht ein/abgebaut werden
- Bedarf eines Privathaushalts leicht abgedeckt
- Verschiedene Bitratenkonfiguration

● Nachteile ADSL:

- Wegen Entfernungsbegrenzung nur in dicht besiedelten Gebieten (max. 5 km bis zur nächsten Vermittlungsstelle) einsetzbar
- Nur ein Videofilm pro Haushalt (im Gegensatz zu Breitbandverteilnetzen auf Koaxbasis)

4.3.4.2 DSL-Varianten

□ **UADSL (Universal ADSL), G.lite, ADSL light**

- Wie ADSL, jedoch ohne Splitter, zielt auf SOHO („Small Office – Home Office“).
- Telefonverkehr wird nicht herausgefiltert und auf separater Leitung weitergeleitet
- UDSL hat reduzierte Übertragungsgeschwindigkeiten von 500 kbit/s bis 1 Mbit/s und eingeschränkte Übertragungsmöglichkeiten bei gleichzeitiger Benutzung einer Telefonverbindung. In diesem Fall wird die ADSL-Verbindung unterbrochen.

□ **HDSL (High Speed Digital Subscriber Line)**

- Zielt auf Geschäftskunden, LAN-Anschlüsse
- Bidirektionale und symmetrische Anschlüsse für 2.048 Mbps (E1) bzw. 1.544 Mbps (T1)
- Ermöglicht interaktive Videodienste bzw. 24/30 ISDN-Kanäle
- Ca. 3,5 km
- Benutzt 2 symmetrische Kupferdoppeladern
- Übertragung im HDSL-Dual-Duplex-Verfahren

4.3.4.2 DSL-Varianten

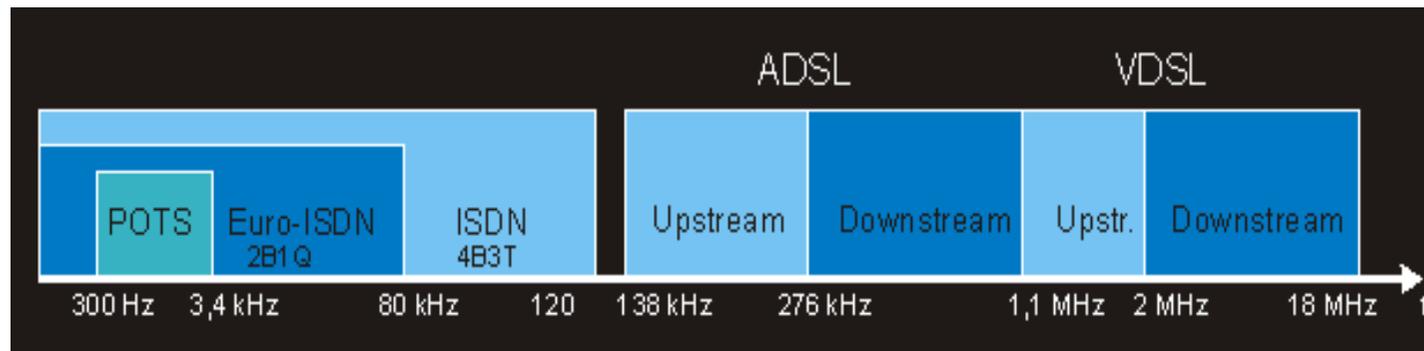
□ SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)

- SDSL ist ein Verfahren für Vollduplex-Übertragungen mit symmetrischen Übertragungsgeschwindigkeiten von 64 kbit/s bis 1,544 Mbit/s (T-1-Leitung) bzw. 2,048 Mbit/s über die Kupfer-Doppeladern
- Die maximale Entfernung liegt bei 3,5 km
- Für SDSL wurde bei der ETSI ein neues Standardisierungsvorhaben gestartet, bei dem auch niedrigere Übertragungsraten als 2,048 Mbit/s möglich sein sollen
- Die Übertragungsrate soll durch Bitratenadaption an die Übertragungskapazität der Anschlussleitung angepasst werden
- SDSL eignet sich besonders für Intranet-Anwendungen wie LAN-Kopplungen oder Videokonferenzen und ist prädestiniert für Teleworker und SOHO-Anwendungen

4.3.4.2 DSL-Varianten

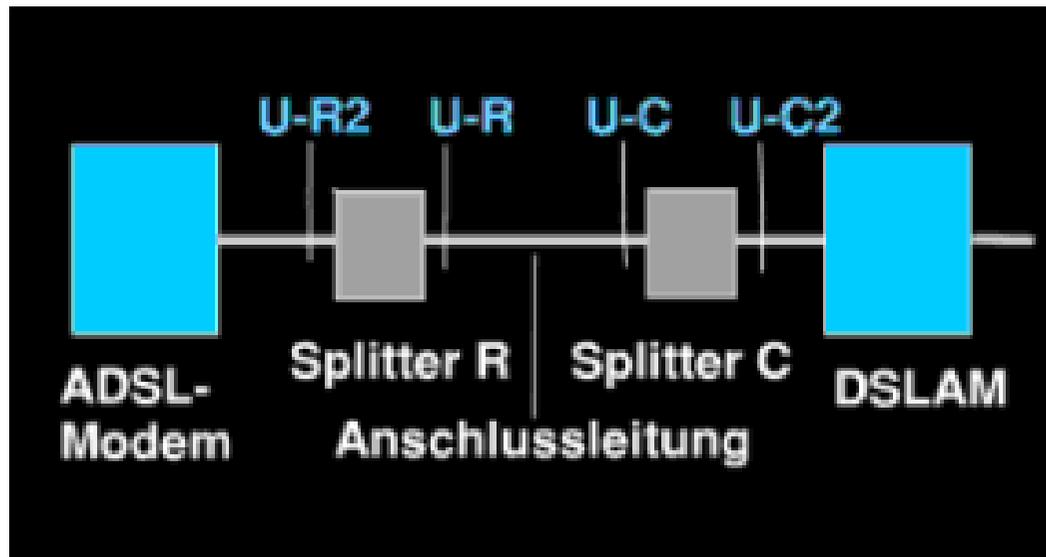
□ VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)

- Bitraten
 - Upstream 2 Mbps, downstream 13 Mbps bei 1500 m Entfernung
 - Upstream 2 Mbps, downstream 16 Mbps bei 1000 m Entfernung
 - Upstream 13 Mbps, downstream 13 Mbps bei 500 m Entfernung
 - Upstream 24 Mbps, downstream 26 Mbps bei 300 m Entfernung
- Sieht neben Datenübertragung auch Telefonie/ISDN vor. VDSL befindet sich noch in der Normungsphase



4.3.4.2 DSL-Varianten

- **DSLAM (digital subscriber line access multiplexer)**
 - Komponente, die mehrere DSL-Leitungen zusammenfasst und mit einer übergeordneten Einrichtung, beispielsweise einem ATM-Switch verbindet. Der DSLAM multiplext die Datenströme der DSL-Strecken auf eine hochratige Verbindungsleitung zu einem Breitbandnetz und hat meist Switching-Funktionalität.



4.3.4.3 Übersicht xDSL Technologie und Standards

	ADSL	HDSL	RDSL	VDSL	SDSL	ISDN (S0)
Download Bitrate	1.544 Mbit/s - 6 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	- 6,1 Mbit/s	- 51 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	160 kbit/s
Upload Bitrate	64 kbit/s - 384 kbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	- 1,544 Mbit/s	1,6 Mbit/s - 2,3 Mbit/s	128 kbit/s - 1,544 Mbit/s	160 kbit/s
Kodierung	CAP, DMT	CAP, 2B1Q	DMT	CAP	CAP	2B1Q
Standard	ANSI T1.413					ITU 1.120-1.451

4.3.4.3 Übersicht xDSL-Technologie und Standards

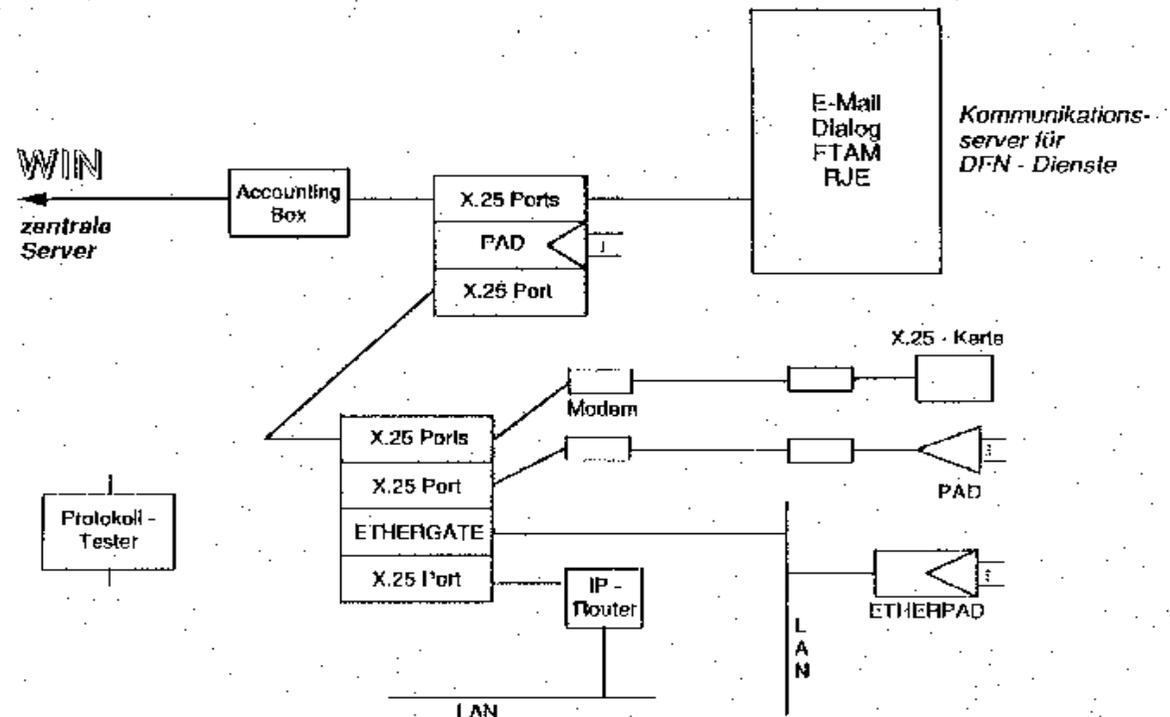
Technologie	Downstream	Upstream	Reichweite	Standardisierung	Status
UADSL	1 Mbit/s	1 Mbit/s	2-3 km	bisher nicht standardisiert	größere Feldversuche in Noramerika und asiatisch-pazifischen Raum, Rollouts ab 2000 beginnend
HDSL II	768 kbit/s	768 kbit/s	3-5 km	von ANSI definiert	Feldversuche in Europa ab 2000
ADSL	8 Mbit/s	768 kbit/s	2-3 km	ANSI, ETSI ADSL Standard, ITU-Rec. G.992.1, Standardisierung weitgehend abgeschlossen	in erfolgreichen Feldversuchen erprobt, Serien-Rollout für Massenmarkt in USA und Europa hat begonnen
VDSL	52 Mbit/s	13 Mbit/s	bis 1,5 km	Standardisierung durch ETSI/ANSI schreitet voran	Erste Feldversuche seit 1998, Rollouts ab ca. 2003 zu erwarten

4.4 Historische WAN Entwicklung am Beispiel des WIN

- X.25 WIN
- B-WIN
- G-WIN
- X-WIN

4.4.1 DFN: X.25 WIN (1)

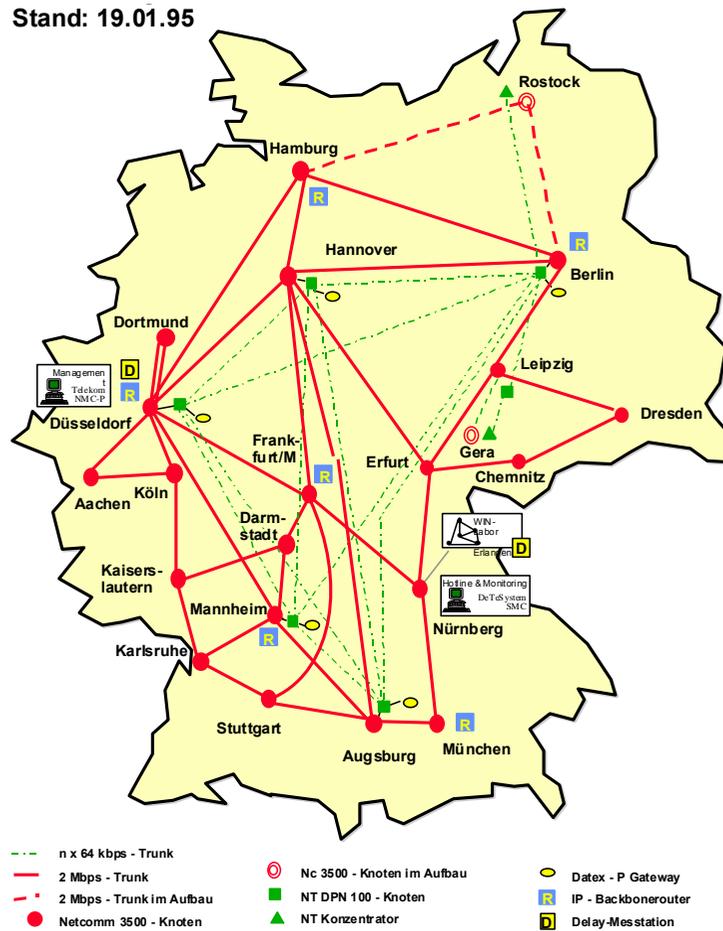
- ❑ In Betrieb: 1987 – 1998
- ❑ Erste Generation eines flächendeckenden Wissenschaftsnetzes
- ❑ Realisiert durch VPN auf öffentlichem X.25-Netz
- ❑ Betreiber: Bundespost
- ❑ Anschlussraten i.d.R. bis 64 Kbps, ab 1991 bis 2 Mbps



Musterkonfiguration

4.4.1 DFN: X.25 WIN (2)

□ WIN in Deutschland (Anfang 1995)



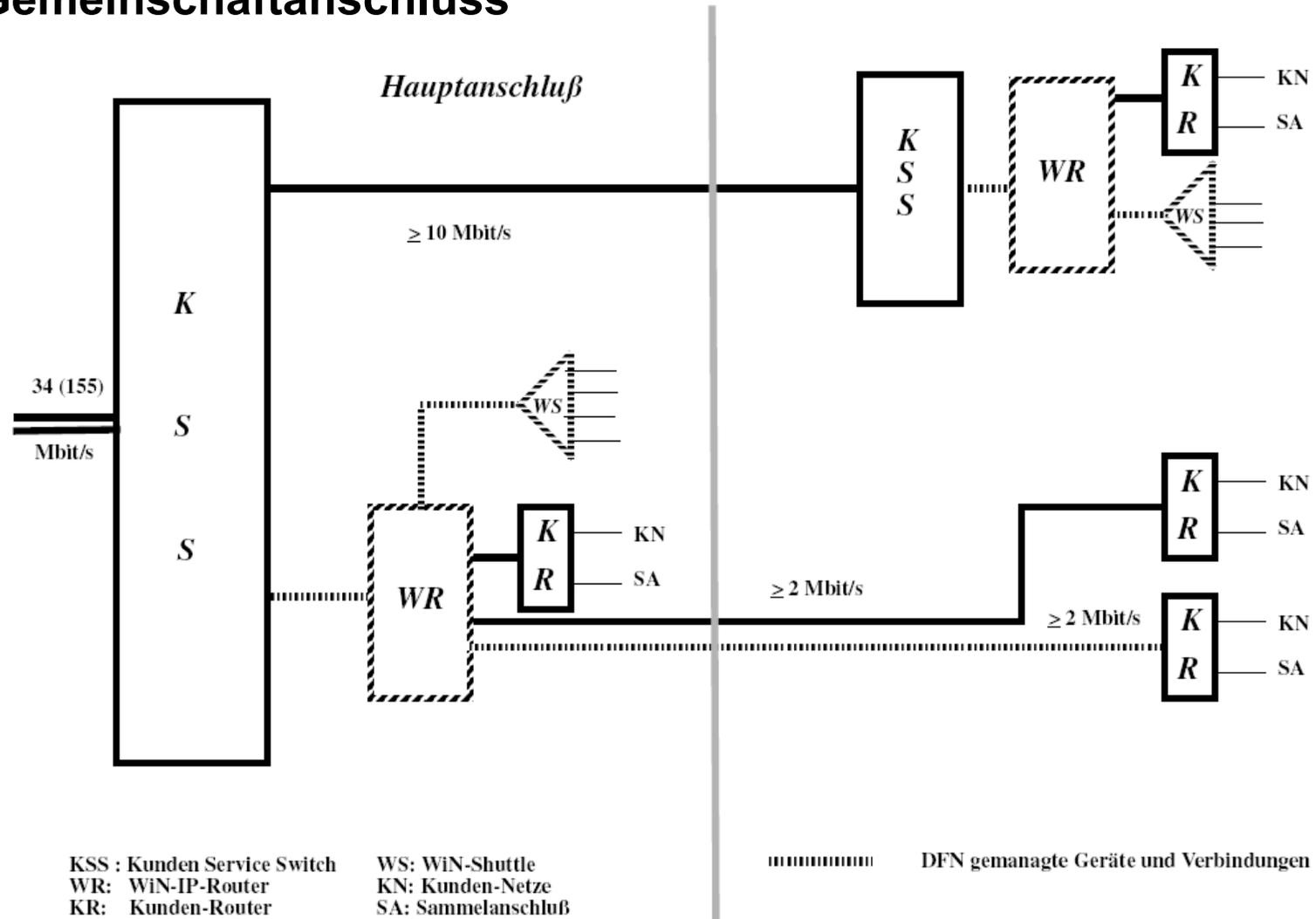
4.4.2 DFN: B-WIN (1)

- In Betrieb: 1996 – 2001**
- Technik: IP over ATM**
- Betreiber**
 - ATM: Deutsche Telekom
 - IP-Konnektivität: DFN

- Abschlussraten bis 155 Mbps**

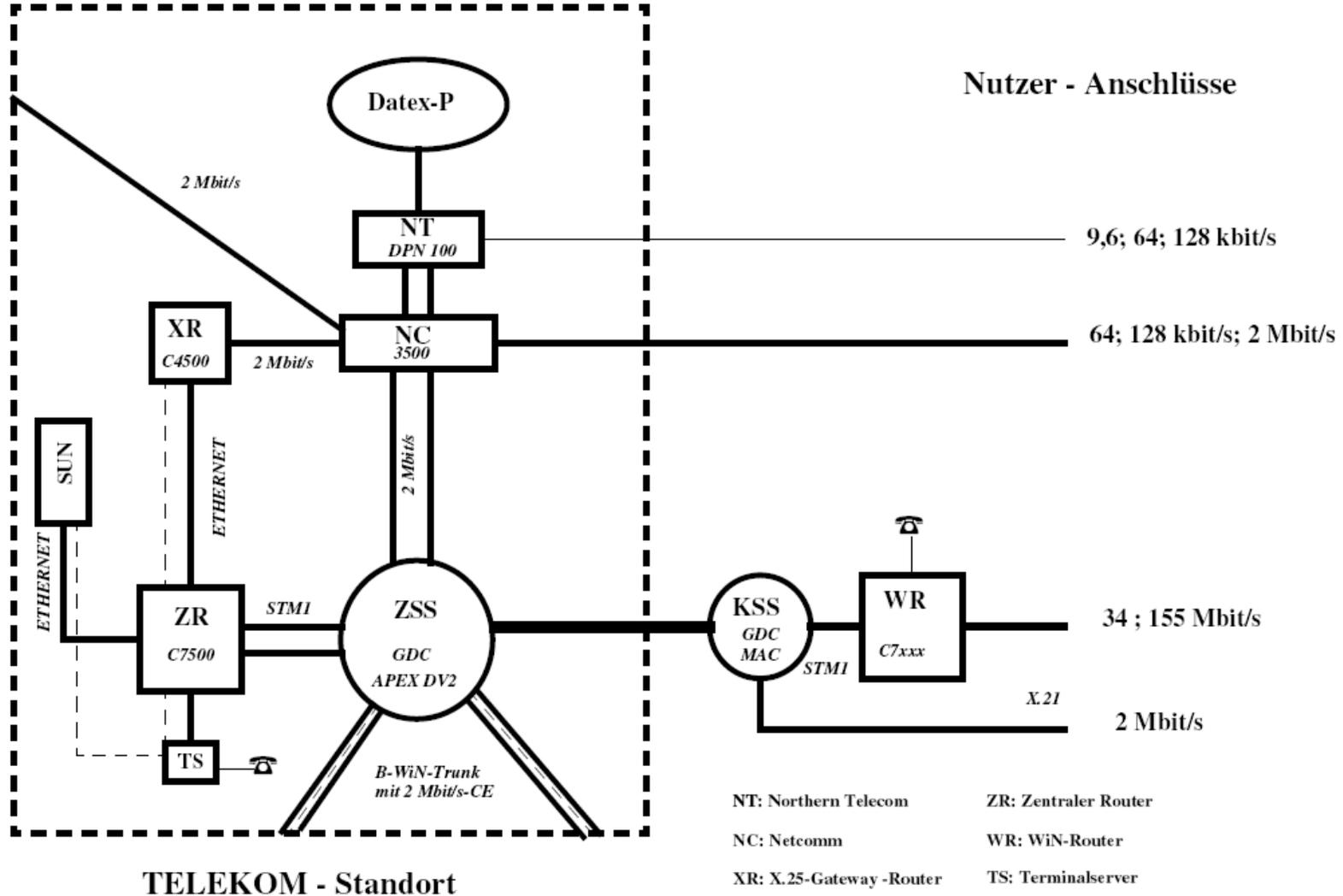
4.4.2 DFN: B-WIN (2)

□ Gemeinschaftsanschluss



4.4.2 DFN: B-WIN (3)

□ Anschlussarten



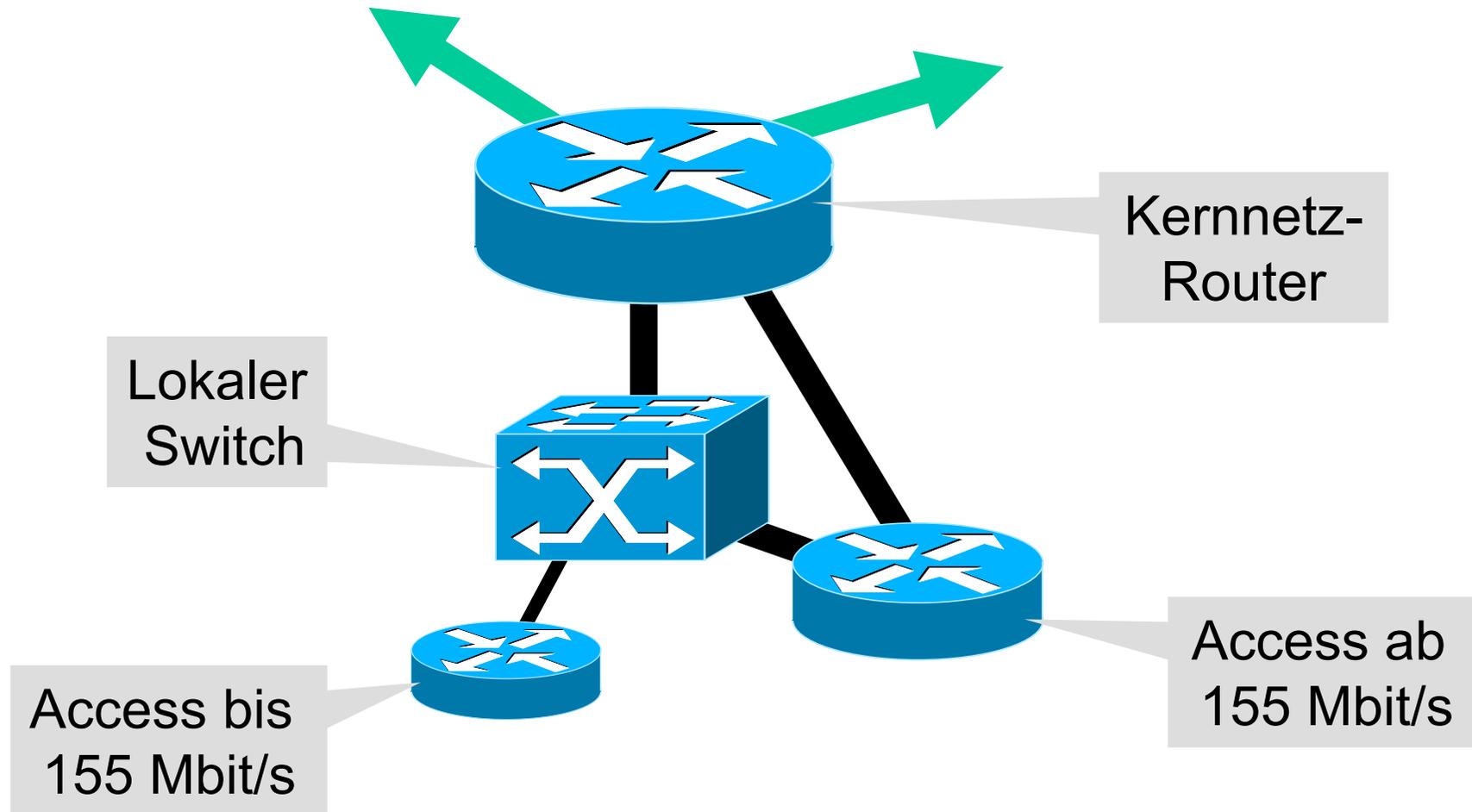
4.4.3 DFN: G-WIN (1)

- In Betrieb 2000 – 2005**
- Technik: IP (und ATM) über SDH (mehrfaches Ringnetz)**
- Betreiber:**
 - SDH-Plattform: Telekom
 - ATM über SDH: Telekom
 - IP-Konnektivität: DFN
 - DFN-Dienste (Videokonferenz, Roaming): DFN
- 27 Kernnetzstandorte im Backbone vom DFN vorgegeben**
- Vorgegebene Wachstumsprognose (Volumen): Faktor 2 pro Jahr**

- Etwa 490 Zugangsleitungen von Nutzereinrichtungen zum Kernnetz**
- Anschlussraten von 120 Kbps bis 622 Mbps**
- Monatsdurchsatz bis zu 2 Petabyte (Ende 2005)**

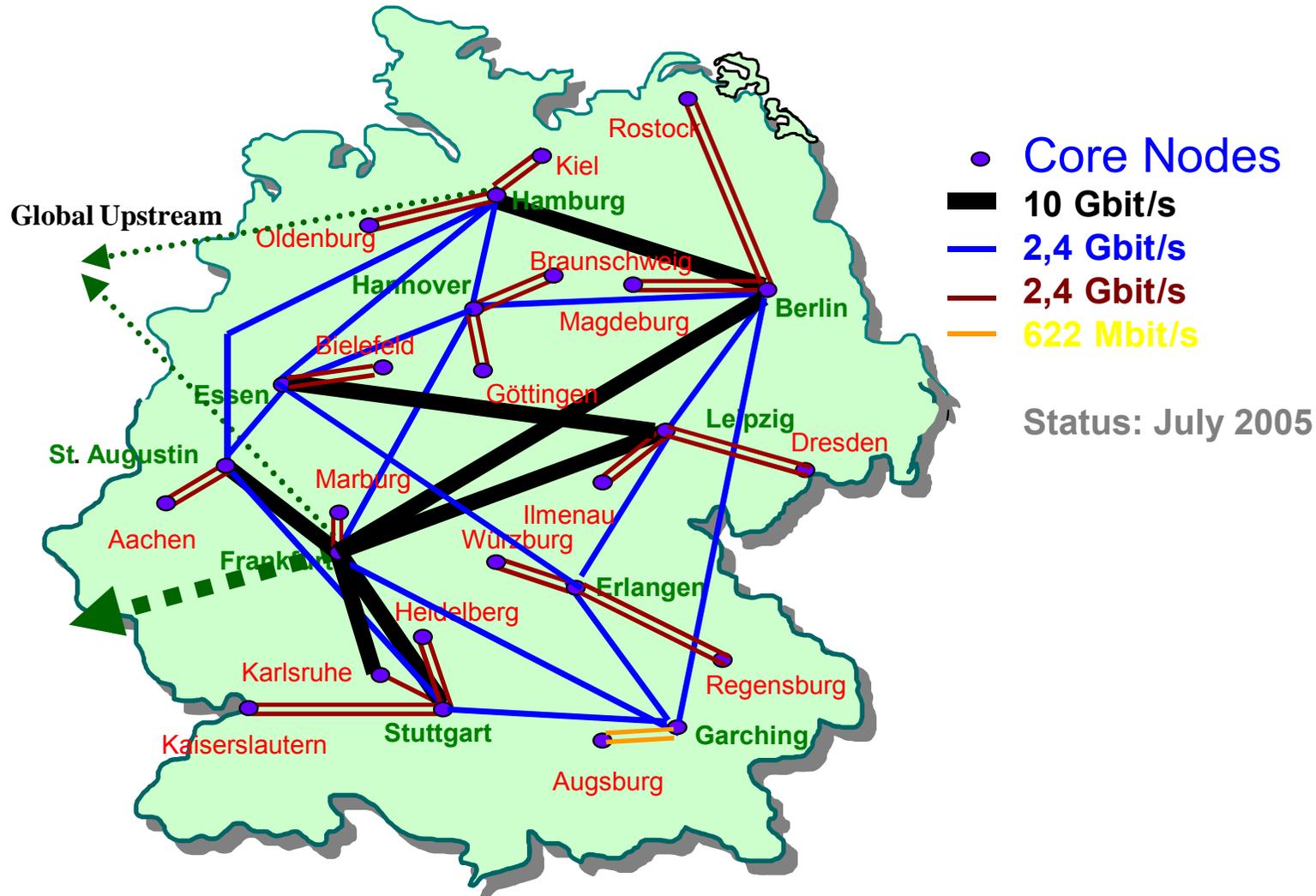
4.4.3 DFN: G-WIN (2)

□ Typische IP-Technik an einem L1-Knoten



4.4.3 DFN: G-WIN (3)

□ G-WIN in Deutschland (Juli 2005)



4.4.3 DFN: G-WIN (4)

□ Verbindung zu anderen Netzen

- Innerhalb der Wissenschaftswelt

- Verbund mit anderen NRENs über europäisches Backbone (betrieben von DANTE)
- Transatlantikverbindungen nach

GÉANT

USA

- Zu kommerziellen Netzen

- Gemeinsamer Peering-Knoten DE-NIC in Frankfurt mit anderen
- Direkte Peering-Abkommen mit ISPs z.B.
- Austauschpunkte mit in Frankfurt und Hamburg

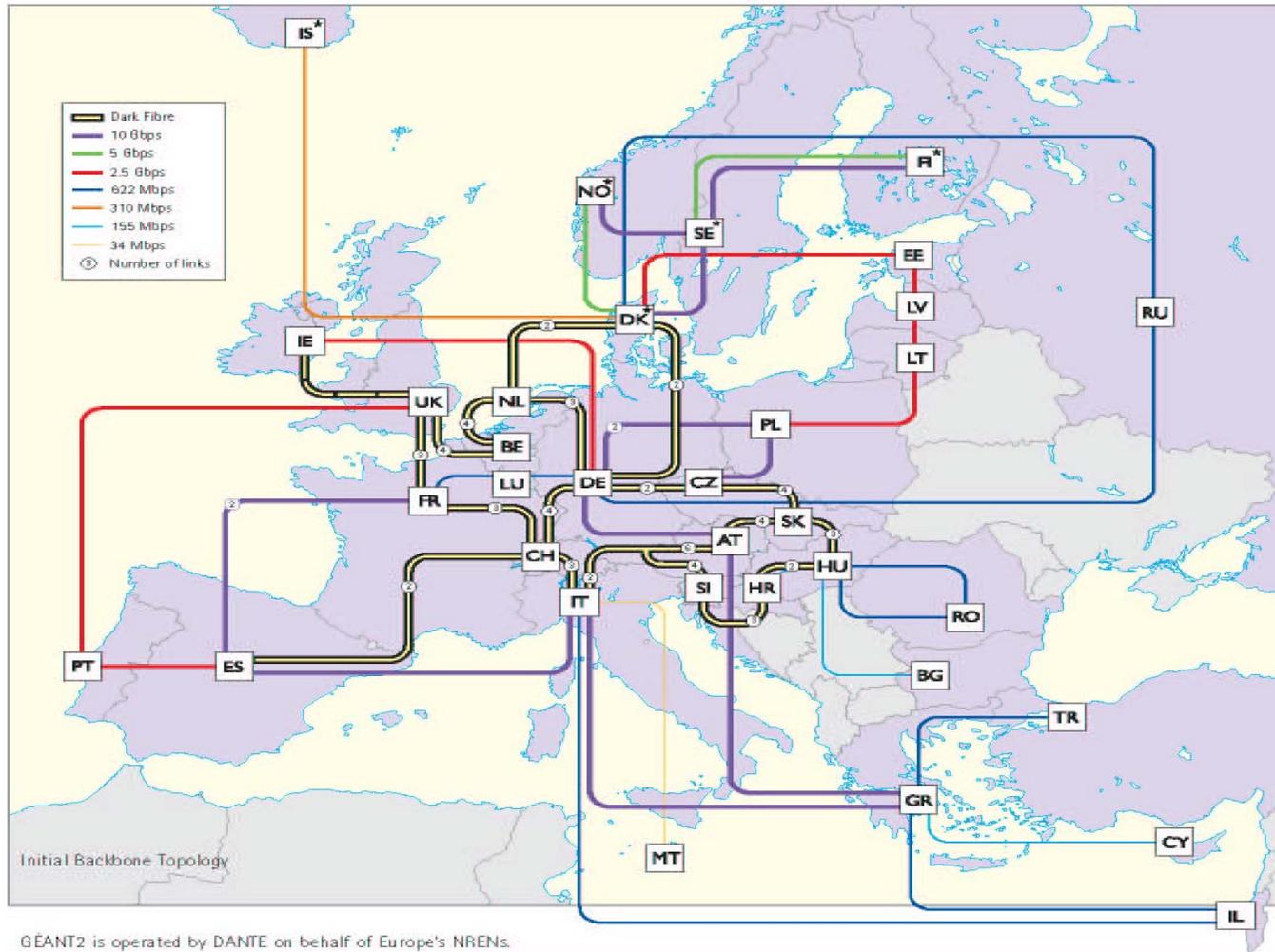
ISPs

T-Online

Global-Upstream

4.4.3 DFN: G-WIN (5)

□ GÉANT: europäisches Backbone



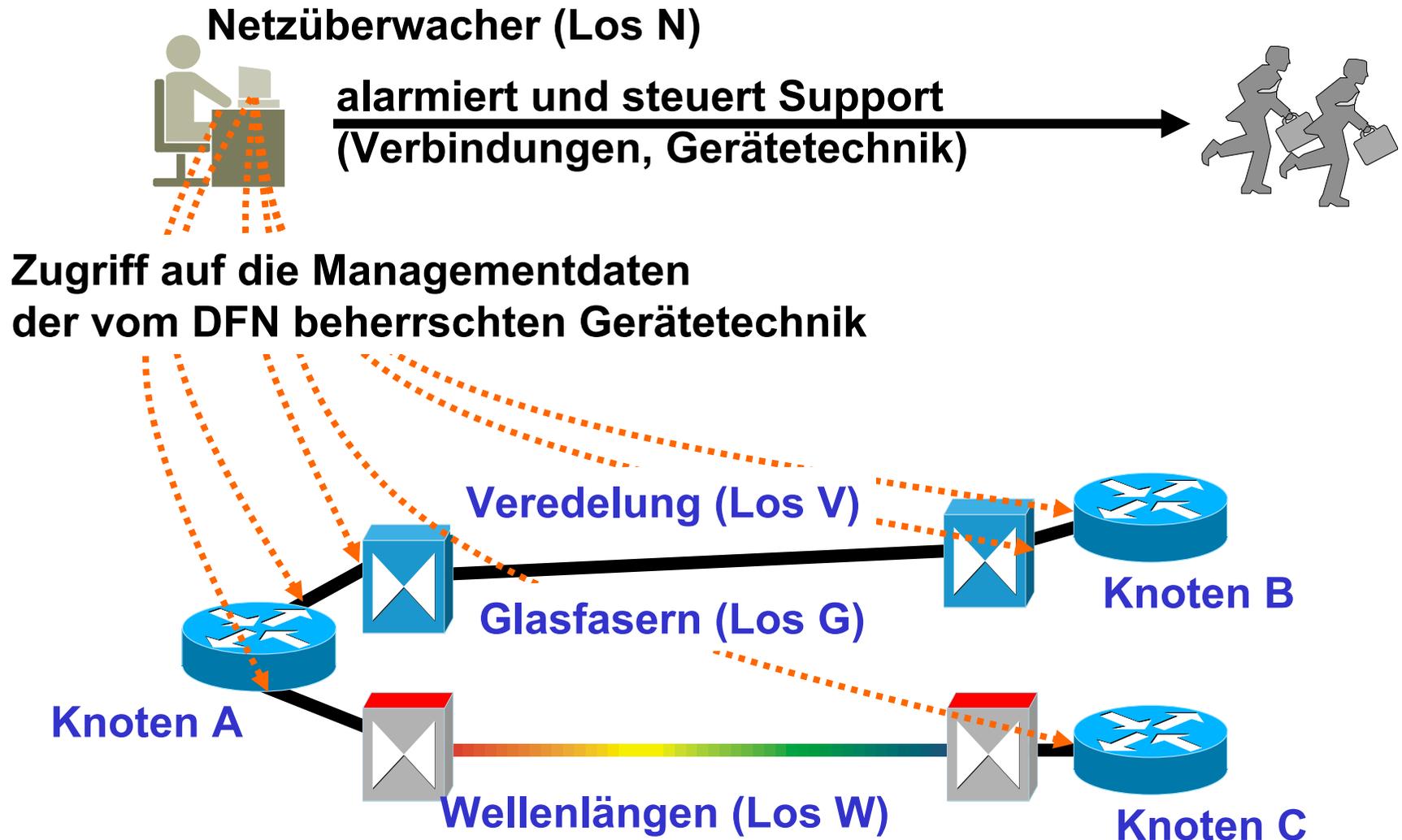
4.4.4 DFN: X-WIN (1)

- In Betrieb: ab 1.1. 2006**
- 41 statt 27 Netzknoten im Backbone, somit kürzere Zugangsleitungen**
- Technik: Im Kernnetz Mix aus Wellenlängen und Glasfaser (dark fiber)**
- Betreiber: „Oberhalb“ der Faser vom DFN (größere Fertigungstiefe)**

- Netzstruktur**
 - Durch mathematische Verfahren optimiert
 - Kernnetzbausteine in Art und Menge an Bedarf anpassbar
 - Speziallösungen (z.B. VLAN) kostenorientiert gut planbar
- Ausschreibung in 4 Losen (Glasfasern, Wellenlängen, Veredelung, Monitoring)**
- Ethernet als Interfacetechnik**

4.4.4 DFN: X-WIN (2)

□ Betriebskonzept



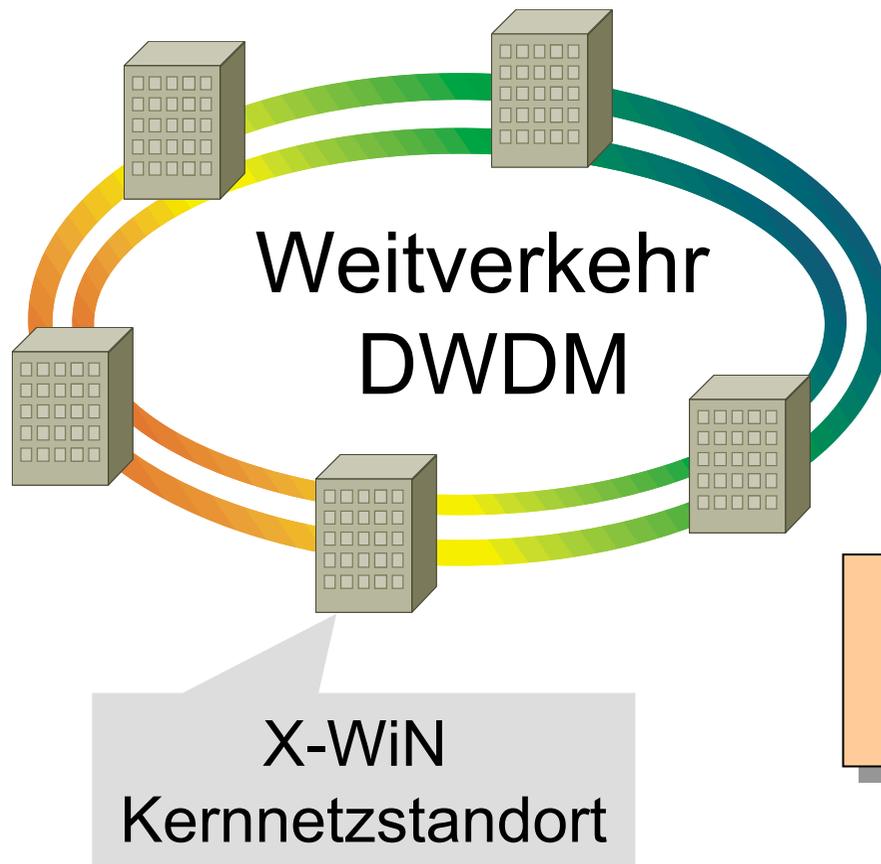
4.4.4 DFN: X-WIN (3)

- Stark geschützte physische Topologie
 - Gesicherte Trassen
 - Vermaschte Ringstruktur
 - Weitere mathematische Optimierung soll aufzeigen, wie die physische Topologie sinnvoll ergänzt werden kann



4.4.4 DFN: X-WIN (4)

□ DWDM im X-WIN

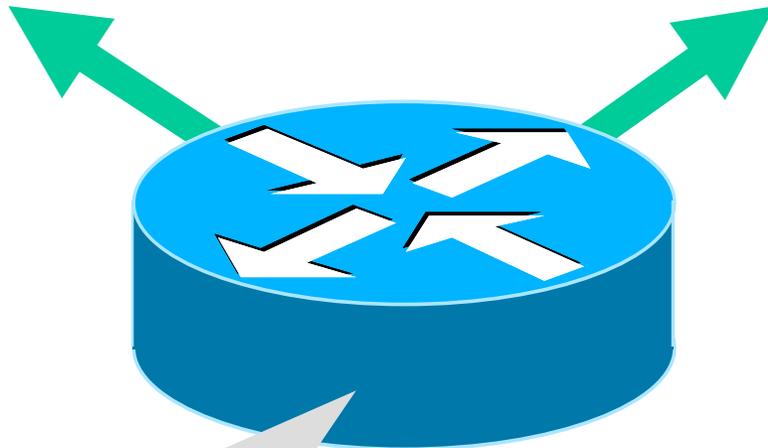


- Homogen im Fasernetz
- Carrier-grade
- Hot-swap SW und HW
- Mehr USV / Klima Reserve
- 24/7 Überwachung
- optische Protektion möglich

Eigenes DWDM-Netz eliminiert
Änderungsbedarf für Dritte:
Umgebaut wird nur für Zwecke des DFN.

4.4.4 DFN: X-WIN (5)

□ IP-Knoten im X-WIN



- Zwei Routeprozessoren
- Mindestens zwei Netzteile
- Hot-swap SW und HW
- Mehr USV / Klima Reserve
- Weniger Konfiguration
- Weniger Hops
- 24/7 Überwachung

Kernnetz-Router
und Access
alle Schnittstellen

Typischerweise geringe Fluktuation der Anwender in Wissenschaftsnetzen erlaubt Aufhebung der Trennung von Kernnetz und Access: Viele Vorteile!