

- ❑ Multiplexen unterschiedlicher Verbindungen in Schicht 3
- ❑ Flusskontrolle sowie Fehlererkennung und –behebung sowohl in Schicht 2 als auch in Schicht 3
- ❑ In-Band-Signalisierung
  - ❑ Kontrolldateneinheiten werden über die gleiche virtuelle Verbindung transportiert wie Nutzdaneinheiten
- ❑ Problem
  - ❑ Hoher Overhead führt zu ineffizienter Nutzung des Mediums
    - Fehlerkontrolle auf den Übertragungsabschnitten wegen geringer Fehlerraten eigentlich nicht notwendig.
    - Für das Senden einer Dateneinheit auf Schicht 3 pro Übertragungsabschnitt Dateneinheit und Quittung in Schicht 2 erforderlich
  - ❑ Zustandshaltung in den netzinternen Knoten erforderlich



- ❑ Verfahren zur schnellen Paketvermittlung (zwischen X.25 und ATM)
- ❑ Höhere Übertragungsgeschwindigkeit als X.25 ( durch Reduzierung des Protokoll-Overheads erreicht, 2 Mbit/s (typisch) bis 45 Mbit/s (max)
- ❑ geht von fast fehlerfreien Übertragungswegen (Glasfaser-Leitungen) und intelligenten Endgeräten aus (besser als  $10^{-9}$ )
- ❑ weniger Fehlersicherungsmaßnahmen
- ❑ implementiert nur OSI-Schichten 1 und 2
- ❑ Flusskontrolle sowie Fehlerkontrolle finden Ende-zu-Ende statt und müssen von höheren Schichten in den Endgeräten behandelt werden
- ❑ unterstützt die Übertragung von Paketen mit variabler Länge (Frames)
- ❑ Verbindungsorientiert: typisch Permanent Virtual Circuit (PVC) aber auch Switched Virtual Circuit (SVC)
- ❑ Aufgabe: Verbindung von LAN's über große Entfernungen



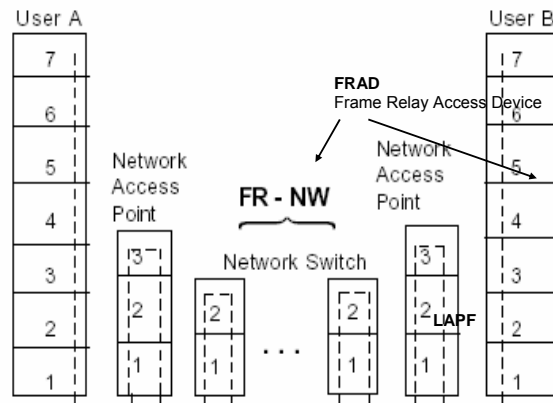
Frame Relay implementiert keine Schicht-3-Funktionen (nur Schicht-2-Kernfunktionen).

Bei modernen digitalen Übertragungsleitungen hat sich die Bitfehlerrate von  $10^{-6}$  auf  $10^{-10}$  verringert.

Deshalb:

- keine Flußsteuerung,
- kein Schiebefenstermechanismus (keine ACK's),
- keine automatische Übertragungswiederholung zwischen Knotenrechnern des Frame-Relay-Netzwerkes.

Rahmen können auf direktem Weg verworfen werden.

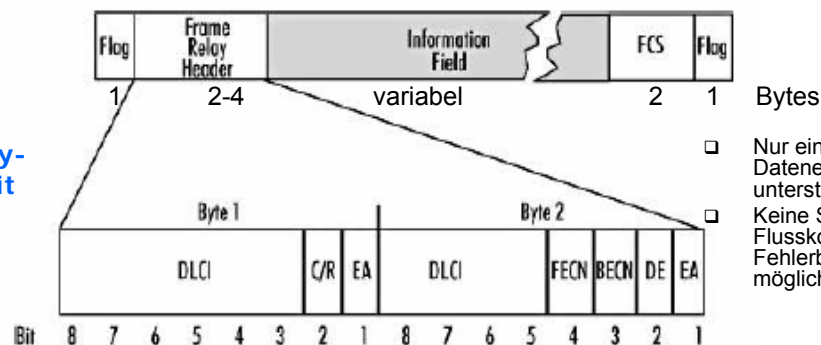


LAPP Link Access Procedure for Frame Mode Bearer Service (Q.922)

nach Irmischer



## Frame-Relay-Dateneinheit

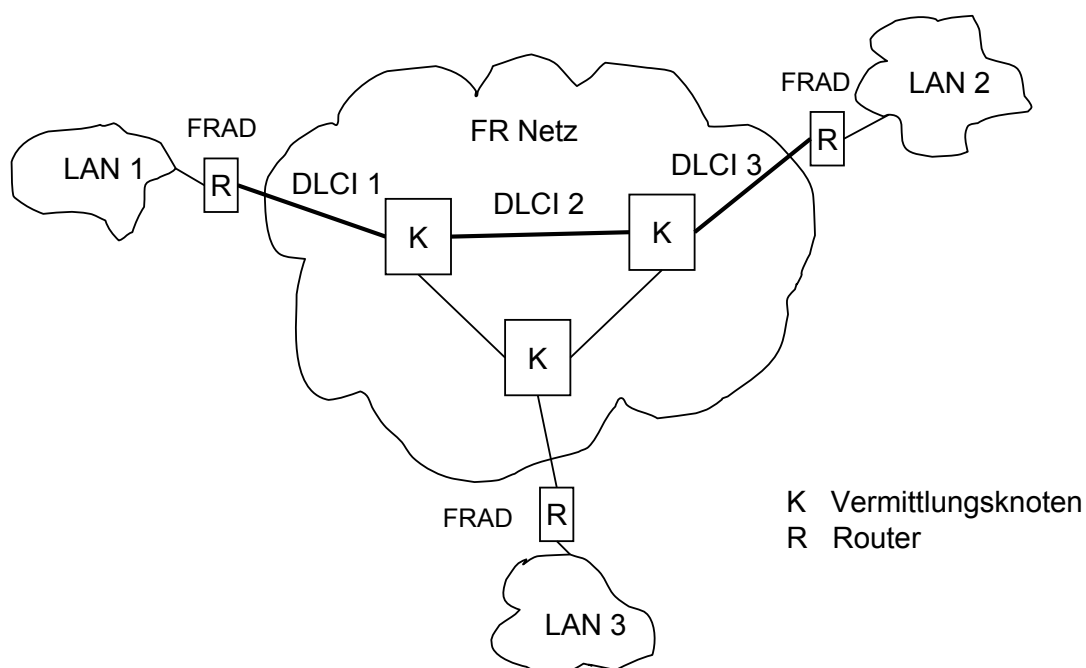


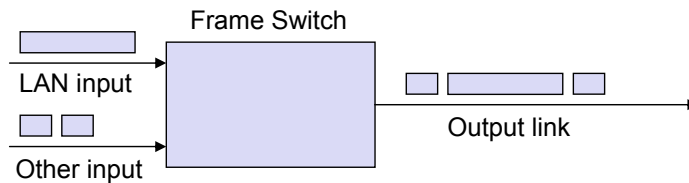
- Nur ein Typ von Dateneinheiten wird unterstützt
- Keine Sequenznummer: Flusskontrolle und Fehlerbehebung nicht möglich

- DLCI** Data Link Connection Identifier  
**C/R** Command/Response Field Bit (application specific; not modified by network)  
**FECN** Forward Explicit Congestion Notification und  
**BECN** Backward Explicit Congestion Notification: vom Netzwerk gesetzte Bits; Informieren den Benutzer, dass mit einer Netzwerk-Überlastung in der Übertragungs- bzw. Gegenrichtung zu rechnen ist.  
**DE** Discard Eligibility-Bit: Signalisiert, dass dieser Rahmen vorzugsweise vor anderen Rahmen bei einem Übersteigen der CIR-Datenrate verworfen werden kann.  
**FCS** Frame Check Sequence: CCITT Polynomial ( $x^{16} + x^{12} + x^5 + x + 1$ )  
**EA** Extension Bit: Erlaubt Erweiterung des Headers auf 3 oder 4 Bytes.

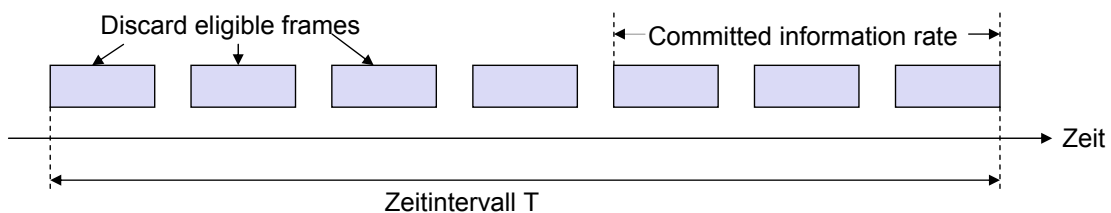


- ❑ Zugehörigkeit eines Datenframes zu einer virtuellen Verbindung wird durch die im Frame-Header enthaltene DLCI-Nummer (Data Link Connection Identifier) festgelegt.
- ❑ pro Port theoretisch 1024 virtuelle Verbindungen (10 Bit DLCI)
- ❑ DLCI's haben nur lokale Bedeutung (Schicht 2 !)
- ❑ Permanente Verbindung (PVC): DLCI's werden vom Netzbetreiber zugeordnet
- ❑ Verbindung: Folge von Teilstrecken, denen jeweils verschiedenen DLCI's zugeordnet sind
- ❑ Nur korrekte Frames mit einer gültigen DLCI-Nummer werden weitertransportiert und ansonsten einfach verworfen
- ❑ Rahmengröße 5 ... 8192 Bytes
- ❑ DLCI-Zuordnung:
  - ❑ 0: Inband-Signalisierung
  - ❑ 16-1007: für Frame Relay – Verbindungen
  - ❑ 1023: Für Local Management Interface (LMI)
  - ❑ Andere Werte sind reserviert





- ❑ Die Übertragungszeit kann stark schwanken, da eine nicht vorhersehbare Menge von kurzen und langen Rahmen durch das Netzwerk übertragen wird.
- ❑ statistisches Multiplexing in Schicht 2 (bei X.25 in Schicht 3)
- ❑ Reihenfolge der Frames bleibt beim Empfänger erhalten (Virtual Call)
- ❑ Keine isochronen Fähigkeiten, daher kein Einsatz für Audio und Video.

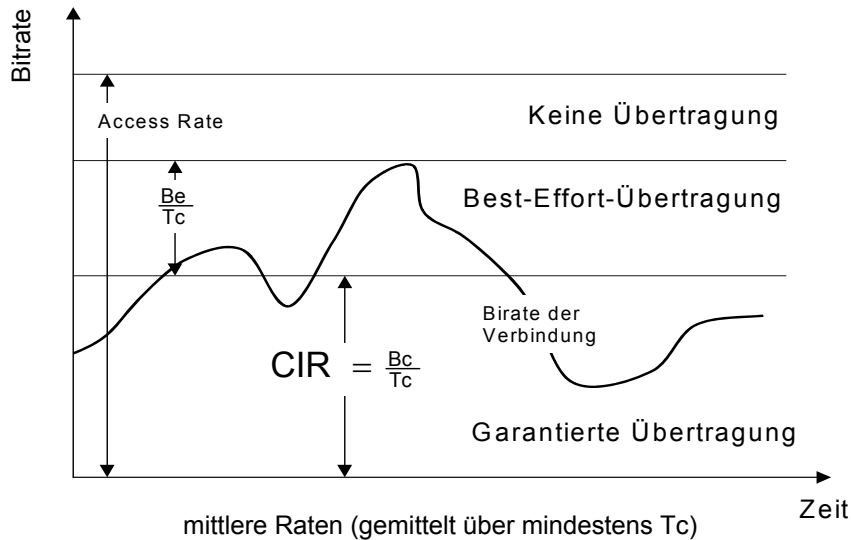


- ❑ Der Betreiber stellt Benutzer bestimmte Datenrate (Committed information rate, CIR) zur Verfügung
- ❑ Betreiber verpflichtet sich, CIR nach Möglichkeit zu übertragen.
- ❑ Bei Nichtauslastung der Verbindungsleitung kann auch schneller als mit CIR übertragen werden.
- ❑ Rahmen mit vom Benutzer gesetztem Discard Eligibility Bit werden bei Überlast vorrangig verworfen



Verkehrsvertrag (Service Level Agreement, SLA) kann folgende Parameter einbeziehen:

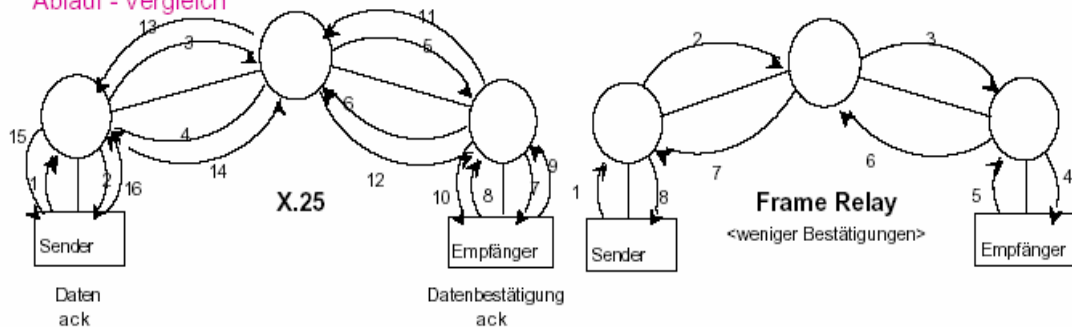
- Die Übertragungskapazität des Netzzuganges (Access Rate, AR) gemessen in bit/s,
- die vereinbarte Übertragungsrate (Committed Information Rate, CIR) gemessen in bit/s,
- ein vereinbartes Zeitfenster der Größe  $T_c$
- die für das Intervall  $T_c$  vereinbarte Burst-Größe (Committed Burst Size,  $B_c$ ) in Bit
- eine darüber hinausgehende Burst-Größe (Excess Burst Size,  $B_e$ ) gemessen in Bit.



## Vergleich X.25 mit Frame Relay

- X.25 wurde für stark fehlerbelastete Leitungen entwickelt (z.B. analoges Telefon-Netz). Führende Rolle von Deutschland und Europa.
- Bei Umstellung auf digitale Leitungen war X.25 in USA noch wenig verbreitet => daher leichtere Einführung von Frame Relay.
- Frame-Relay-Angebot der Telekom erst seit Mitte 1995. Telekom setzt auf ADSL (<--> "Concert" FR - NW der VIAG Interkom).
- S-WiN: X.25; keine Umstellung auf Frame Relay, da B-WiN-Netz ATM (34 Mbit/s, 1996).

### Ablauf - Vergleich

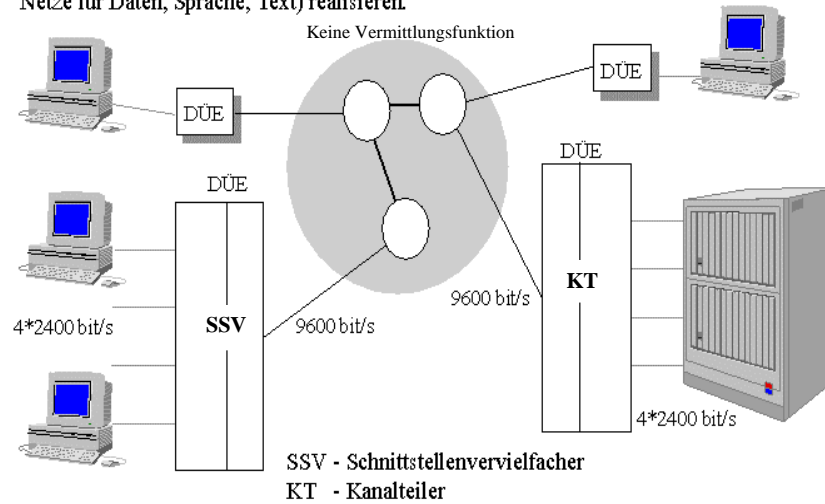


nach Imscher



## Netz für Datendirektverbindungen (DDV)

- ca. 250 000 Festverbindungen aller Geschwindigkeitsklassen, unterschiedliche Schnittstellen und Protokolle
- DDV stehen permanent zur Verfügung, da sie fest durch die Telekom geschaltet sind. Es werden Übertragungsgeschwindigkeiten bis 1920 kbit/s angeboten.
- Über DDV lassen sich Corporate Networks (auf den Bedarf zugeschnittene private Netze für Daten, Sprache, Text) realisieren.

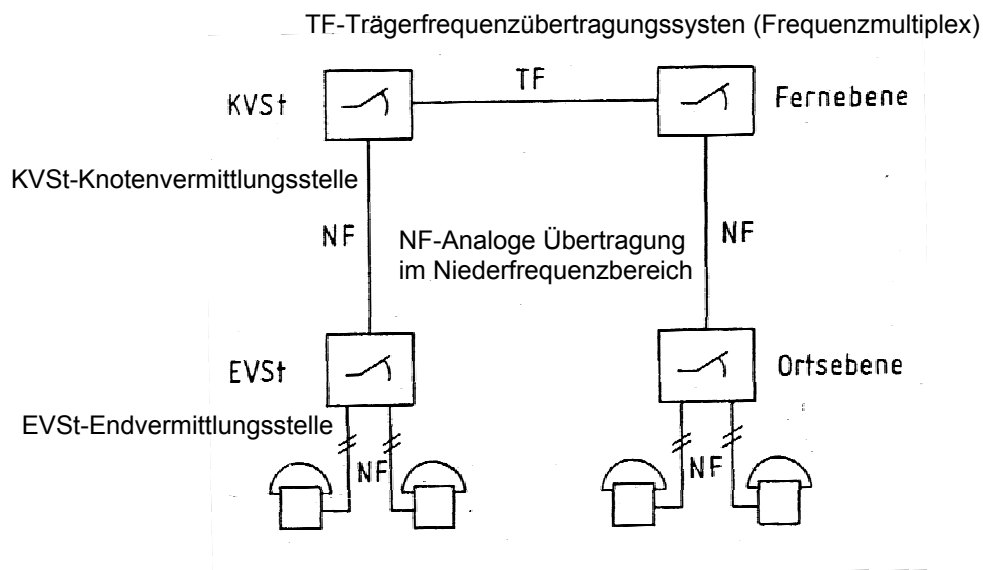


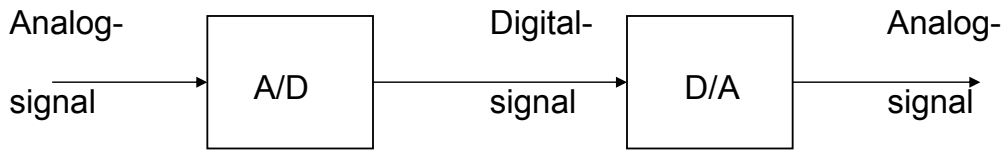
nach Winkler



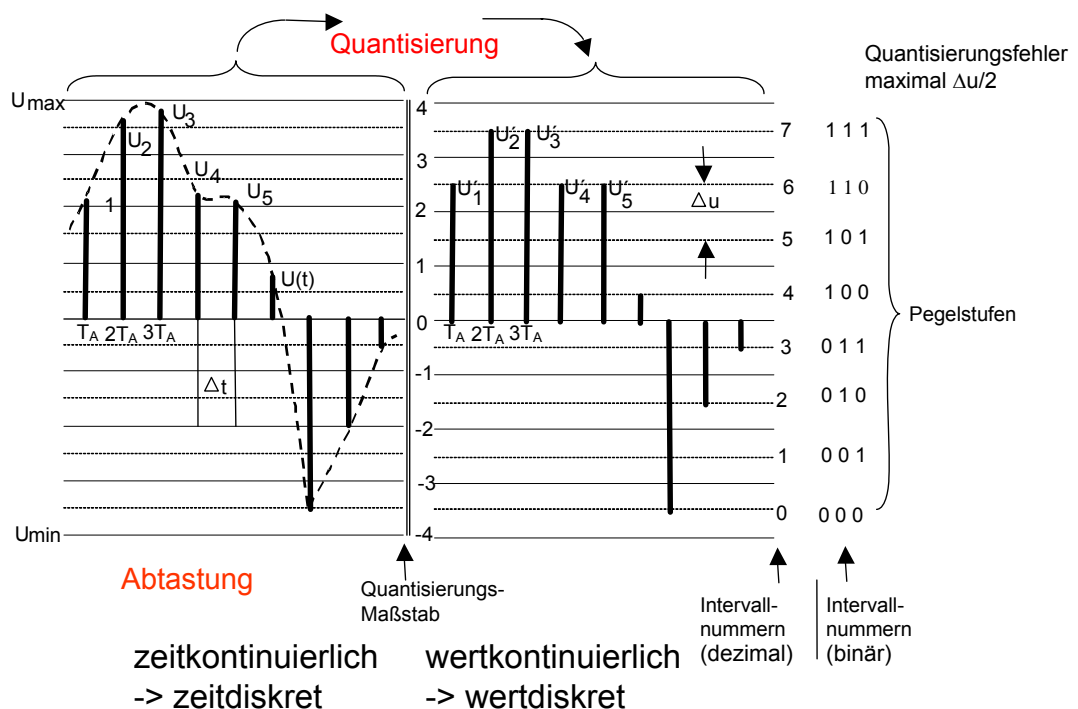
## Der Weg zum ISDN(1)

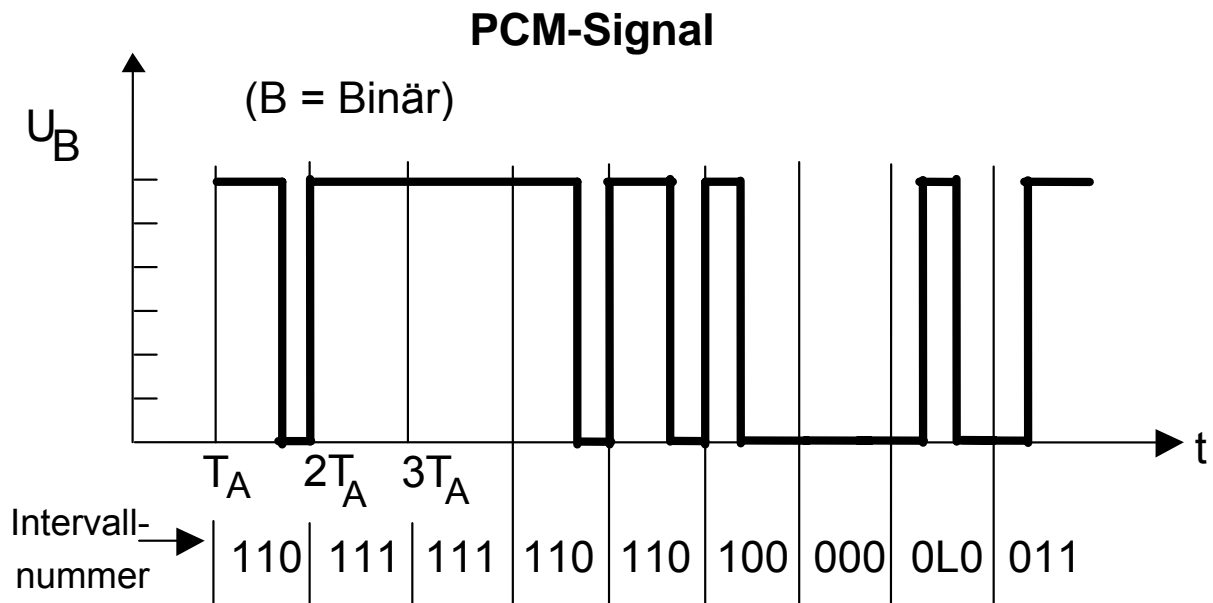
### Digitalisierung des Fernsprechnetzes: Ausgangssituation





- A/D-Wandlung
  - Abtastung des analogen Signals unter Beachtung des Shannonschen Abtasttheorems  
( zeitkontinuierlich → zeitdiskret )
  - Quantisierung des abgetasteten Signals  
( wertkontinuierlich → wertdiskret )
  - Kodierung des quantisierten Signals





- ❑ Bandbegrenzung des analogen Sprachsignals auf  $f_g = 3,4 \text{ kHz}$  (Tiefpass)
- ❑ Abtastung des Analogsignals mit etwa Frequenz  $2f_g$  ( $= 8 \text{ kHz}$ , nach CCITT-G.711)
- ❑ Ungleichförmige Quantisierung mit 256 Pegelstufen – ergibt PCM-Code (Binärcode)
  - ❑ Ziel: Einen konstanten Störabstand zu erhalten
- ❑ Leitungscodierung (HDB3-Leitungscode) und Übertragung
  - ❑ Ziel 1: Taktgehalt für sichere Taktrückgewinnung beim Empfänger zu gewährleisten
  - ❑ Ziel 2: Erzeugung eines gleichstromfreien Signals
- ❑ Ergibt eine Bitrate von

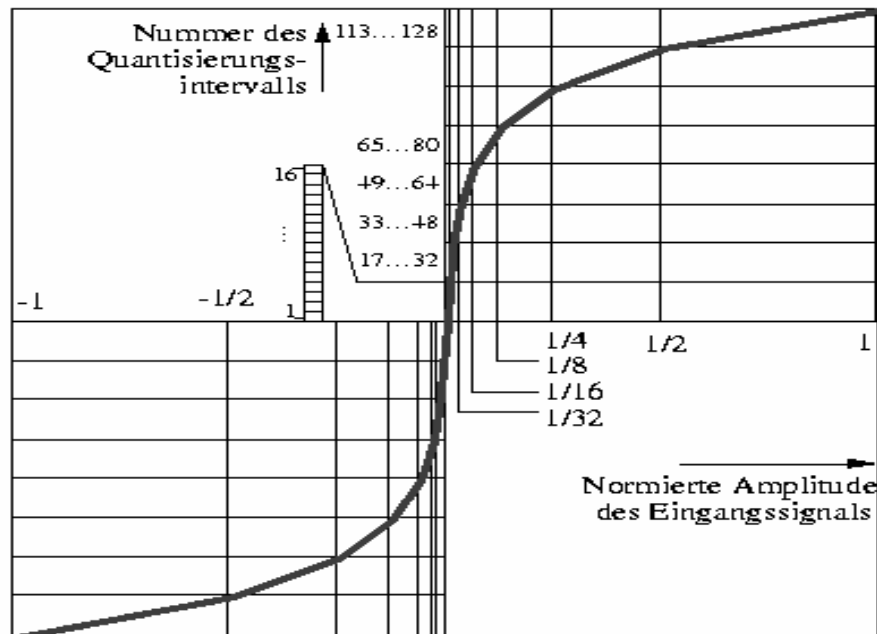
$$8\text{kHz} * \lg 256\text{Bit} = 8000 * 8\text{Bit} = 64000\text{Bit} / \text{s}$$





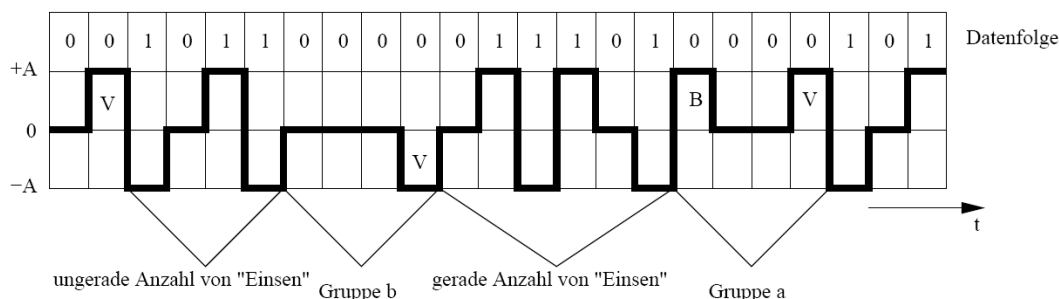
in Europa CCITT-A-Kennlinie  
in USA, Japan  $\mu$ -Kennlinie

(Kompressor, Expander  $\rightarrow$  Kompander)



## High Density Bipolar Code (Modified AMI Code)

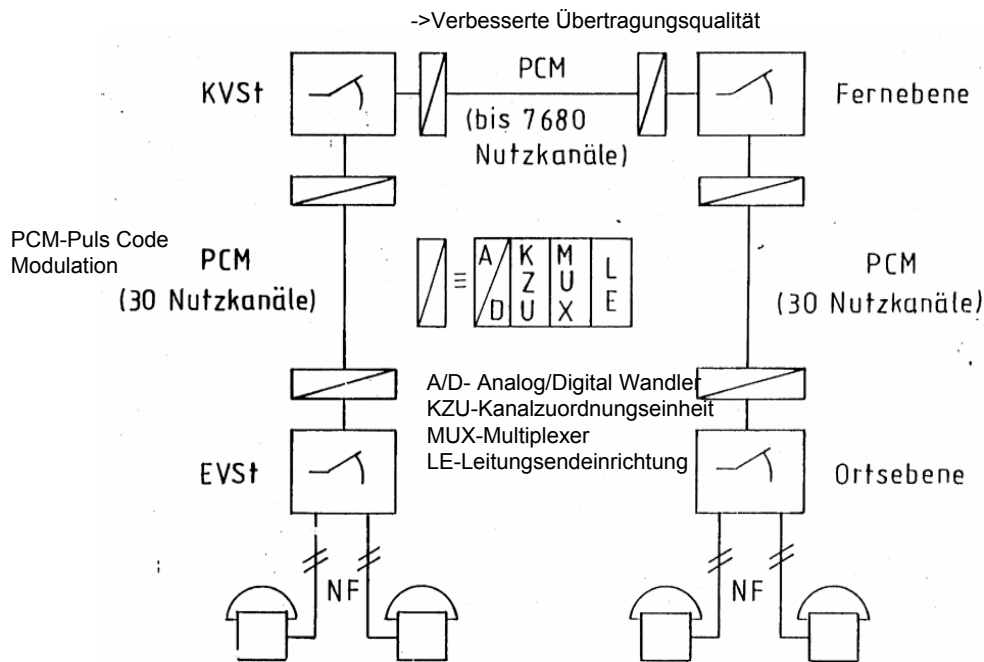
- Ermöglicht Taktrückgewinnung aus Signal, ohne dass Scrambler eingesetzt werden müssen.
- 0-Pegel-Folgen mit maximaler Länge von 3 (sichert Taktgehalt)



- Ersetzung für Binärcode 0000
  - Gruppe a B00V nach gerader Anzahl von Pulsen („Einsen“) seit letzter Ersetzung
  - Gruppe b 000V nach ungerader Anzahl von Pulsen („Einsen“) seit letzter Ersetzung
- B: 1-Bit nach AMI-Regel gesetzt aus <http://www.kn.e-technik.tu-dortmund.de/images/lehre/praktikum/v315.pdf>
- V: 1-Bit als AMI-Codeverletzung
- Gleichstromfreier Code (AMI-Regel für 1-Bits, V-Pegel alternierend)



## Digitalisierung der Übertragungswege



## Digitalisierung der Vermittlungsstellen

