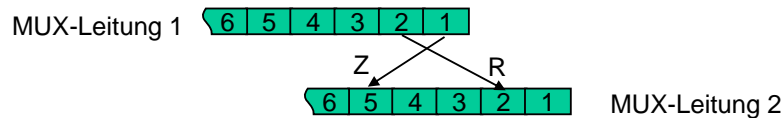


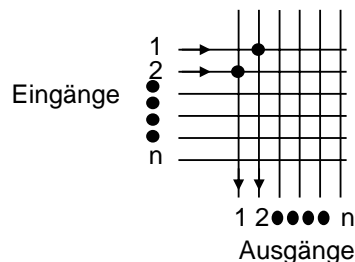
- Kommunikation in Multiplexsystemen
 - Konzentration (Multiplexen) von Nutzerdaten in Multiplexdatenströme
 - **Synchrone slotweise Vermittlung** innerhalb von Multiplexdatenströmen und in andere Multiplexdatenströme
 - Durch Demultiplexen (inverses Multiplexen) Rückgewinnung der Nutzerdaten aus den Multiplexdatenströmen und deren Zuführung zu den Endgeräten
- Zur Vermittlung werden **Zeitkoppler- und Raumkoppler** verwendet (Zeit- u. Raumvielfach)
 - **Raumkoppler (R):**
 - wahlfreie Durchschaltung gleichzeitiger Zeitslots zwischen verschiedenen MUX-Leitungen (speicherfrei, zeitgleich)
 - **Zeitkoppler (Z):**
 - Wahlfreies Umordnen der Zeitschlitze auf einer MUX-Leitung (zwischenspeichern, zeitversetzt)



- Koppereinrichtungen können **blockierungsfrei** oder **nicht blockierungsfrei** sein
- Koppereinrichtungen bestehen meist aus mehreren Koppelstufen von Raum- und Zeitkopplern (Mehrfach-Raum- bzw. Zeitpfade) z.B.: R-Z-R Z-R-Z Z-R-Z-R-Z Z-R-R-R-Z R-R-Z-R-R



- **Merkmale:**
 - Anzahl der Kontakte ~ n² (aufwendige Kosten)
 - Schlechte Auslastung der Koppelpunktzahl
 - Prinzip



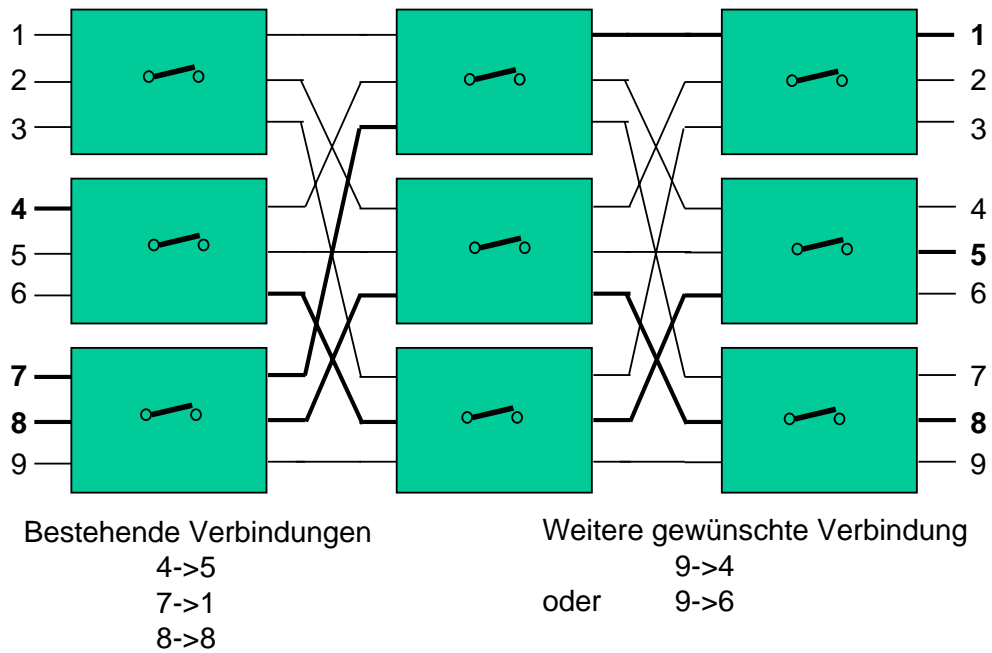
- Simplex-Koppler
- Blockierungsfrei !!!

n = Anzahl der Ein-/Ausgänge

- Koppereinrichtung im Multiplexbetrieb genutzt
 - Kopplung für jeden Zeitslot anders
 - führt zu Mehrfachausnutzung der Koppelpunkte
- Verlust eines Koppelpunktes -> Verlust einer Verbindungsmöglichkeit (nur ein Weg vorh.)
- Modularisierung führt zu Mehrstufenkopplern--> Blockierungsfreiheit ???
- Mehrstufenkoppler:
 - Anzahl der Kreuzungspunkte vermindert-> Auslastung der Kreuzungspunkte erhöht
 - Es gibt mehrere Wege zwischen zu verbindenden Endpunkten (Ausfallsicherheit)
 - Blockierungsfreiheit ???

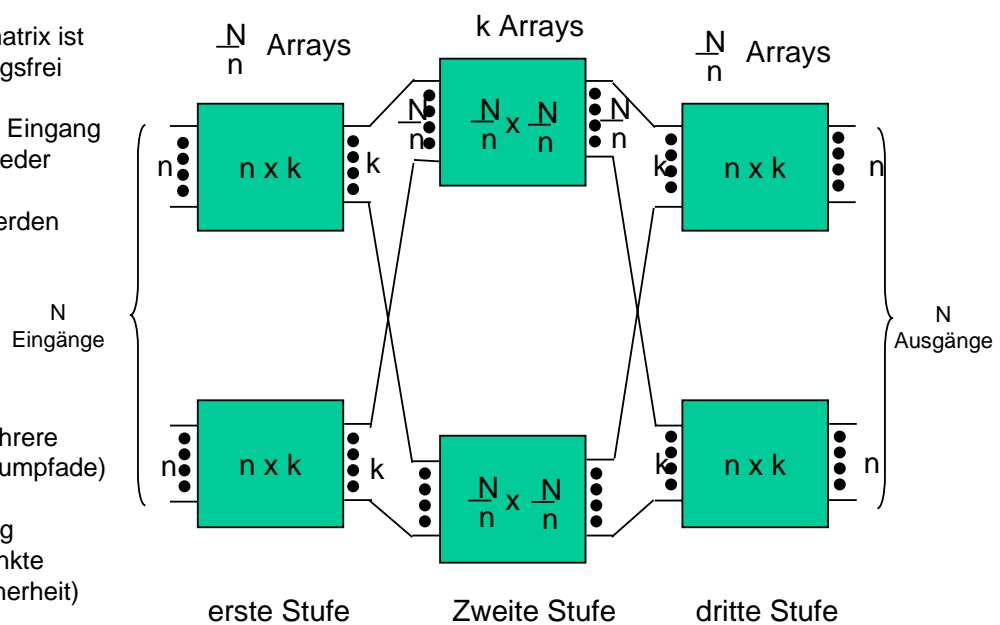
$$\frac{n\text{-Verbindungen}}{n^2\text{-Schalter}} = \frac{n}{n^2} = \frac{1}{n}$$



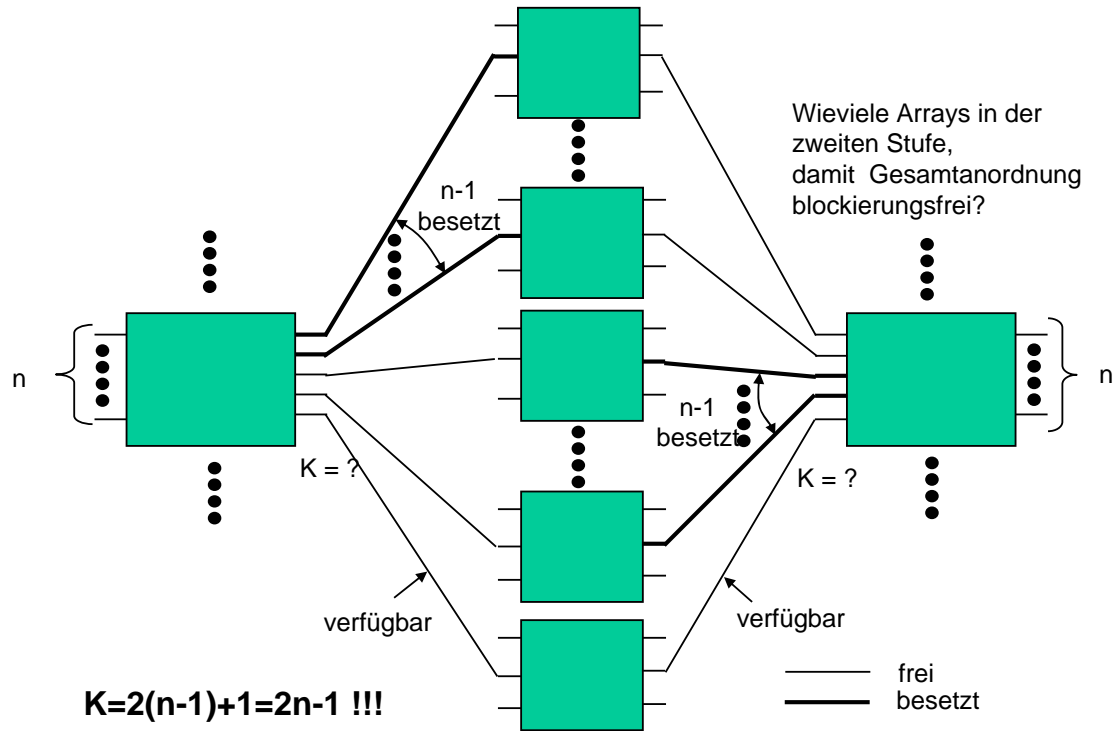


$k=???$ - damit insgesamt blockierungsfrei !

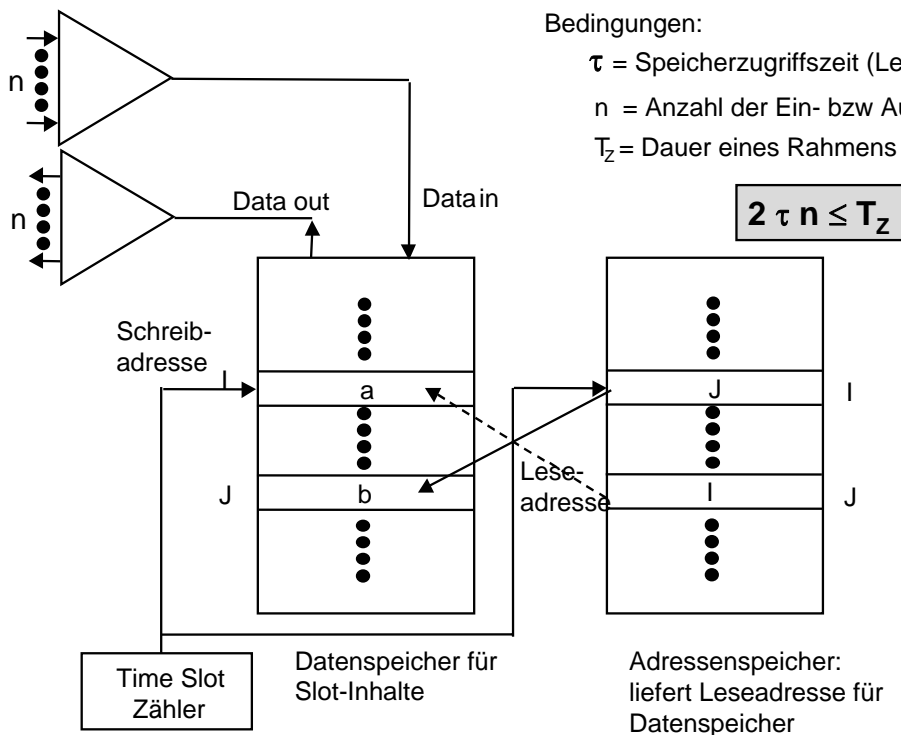
- Jede Teilmatrix ist blockierungsfrei
- Von jedem Eingang aus kann jeder Ausgang erreicht werden
- Es gibt mehrere Wege (Raumpfade) für die Verbindung zweier Punkte (Ausfallsicherheit)



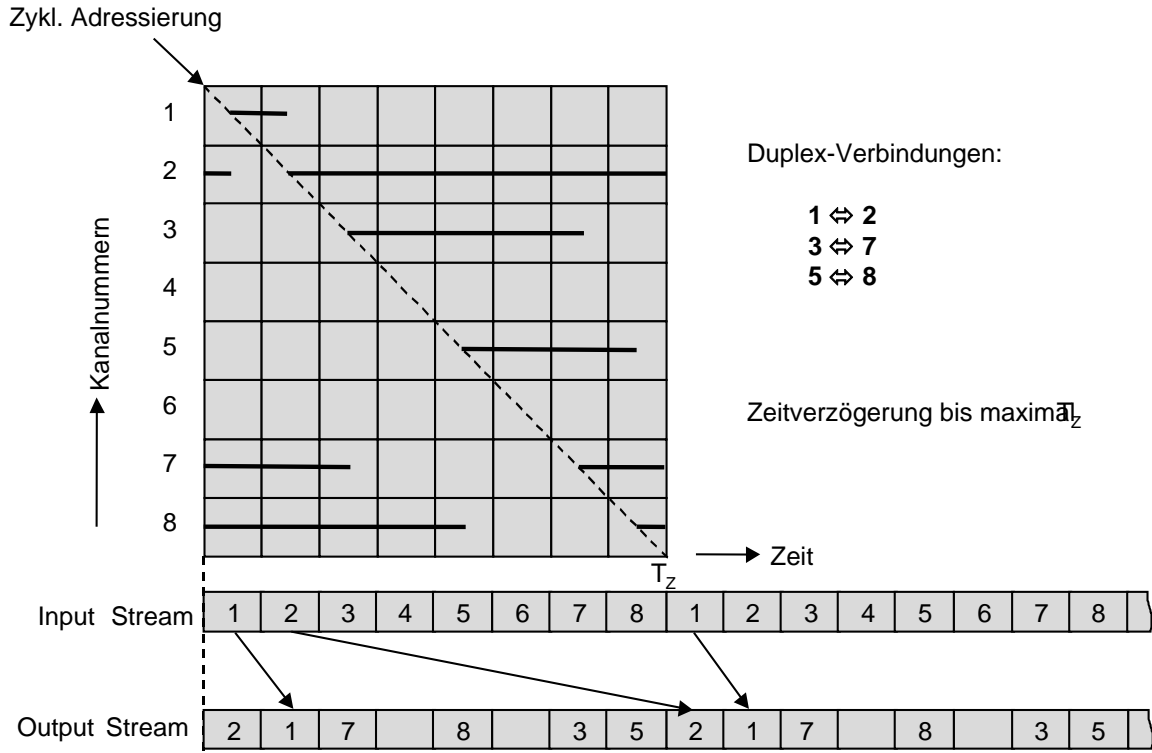
Blockierungsbetrachtung nach Clos



Funktionsprinzip des Zeitkopplers (Z)

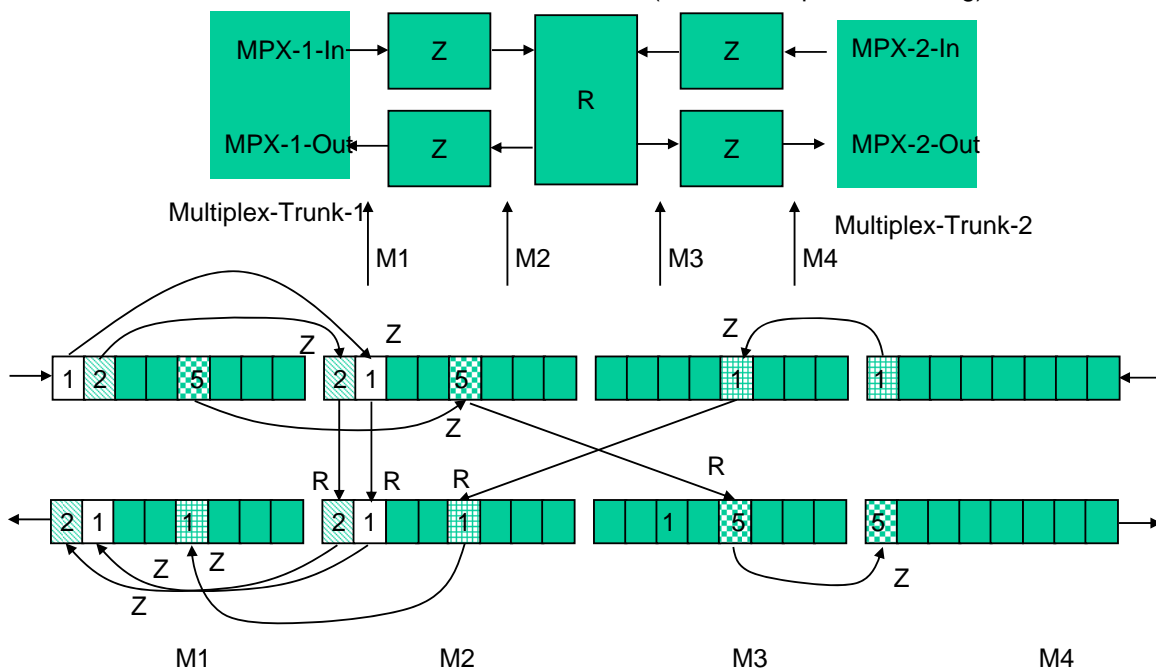


Funktionsprinzip des Zeitkopplers: Zeitdiagramm-Beispiel



Beispiel: Z-R-Z -Koppler-Vermittlung

Duplexverbindungen: MPX-1-Slot-1 ↔ MPX-1-Slot-2 (lokale Duplexverbindung)
 MPX-1-Slot-5 ↔ MPX-2-Slot-1 (entfernte Duplexverbindung)



- ❑ Zugangsnetze verbinden den Teilnehmer mit dem eigentlichen Netz (WAN, MAN)
- ❑ *Leitungsgebundene* (symmetrische Kupferkabel, Koaxialkabel, Glasfaser) und *drahtlose* Zugänge (Funk)
- ❑ Leitungsgebundene Zugangsnetze
 - ❑ Zugang mit Modem
 - ❑ Zugang über ISDN-Schnittstelle U_{k0}
 - ❑ Zugang über xDSL
- ❑ Drahtlose Zugänge
 - ❑ Ungerichtete (schnurloses Telefon, Mobiltelefon, WLAN)
 - ❑ Gerichtete (Richtfunk, Satellit, WiMAX)



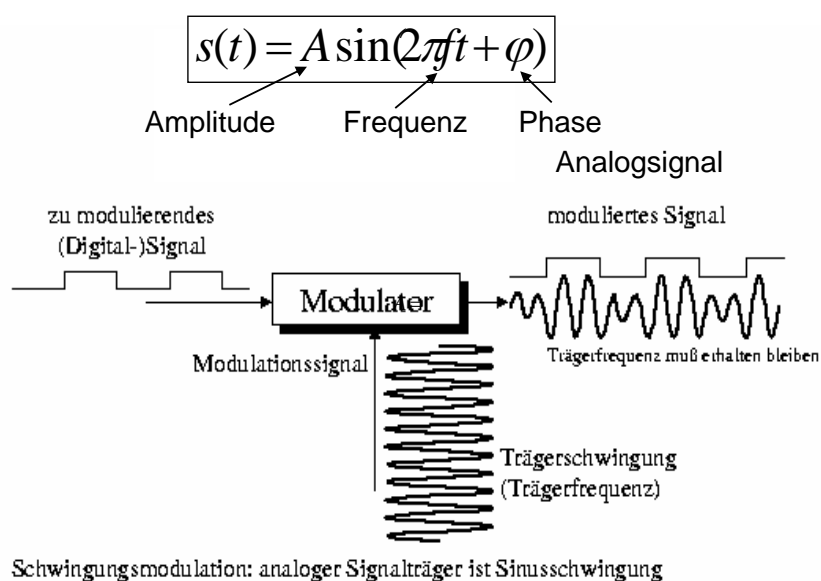
- ❑ Modems dienen zur Datenübertragung über das Fernsprechnetz bzw. über Standleitungen
- ❑ Aufgaben von Modems
 - ❑ D/A-Wandlung (Modulation)
 - ❑ A/D-Wandlung (Demodulation)
 - ❑ Elektrischer Abschluss der Fernsprechleitung (Pegel, Frequenzbereich, Impedanz usw.)
 - ❑ Umschaltung zwischen Telefon und Modem (a/b)
 - ❑ Wählen und Initiieren der Verbindung
 - ❑ Auf- und Abbau der Datenverbindung (Modulationsverfahren, Kompressionsverfahren, Training der Echokompensation)
 - ❑ Überwachung der Datenübertragung (Signalpegel= Carrier)
 - ❑ Steuerung des Modems entsprechend DEE-Signalen und Bereitstellung von Statussignalen

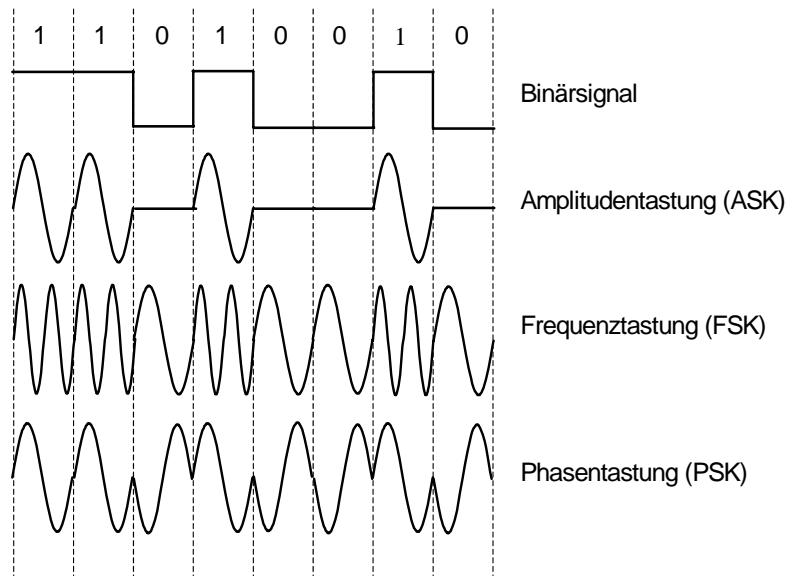


- ❑ Standardisierung zur Modulationstechnik
- ❑ Fehlerkontrolle
- ❑ Datenkompression
- ❑ Übermittlung von Wahlinformation
- ❑ Art der verwendeten Leitung
- ❑ Modemsteuerung



Modems: Prinzip der Trägermodulation (1)





□ CCITT V.21

- ältestes Modulationsverfahren (nur noch benutzt während Verbindungsaufbauphase anderer Modems zur Aushandlung des Übertragungsverfahrens und der Übertragungsparameter)
- Duplex
- Datenrate 300 bit/s
- Signalschrittrate 300 baud (1 bit pro Signalschritt)
- FSK Frequenz Shift Keying
- Sender und Empfänger mit unterschiedlichen Frequenzpaaren
- (Originate-/ Answermodus)

	Senden	Empfangen
Bit 0	1180 Hz	1850 Hz
Bit 1	980 Hz	1650 Hz



□ CCITT V.34 (V.fast)

- Oktober 1994 (ITU-T)
- Duplex, synchron und asynchron
- Datenrate 28800 (33600) bit/s
- Signalschrittrate 2400 (3429) baud (max. 9 bit pro Signalschritt)
- 960 QAM Quadrate Amplitude Modulation
- Trellis-Codierung, Single Carrier
- Echokompensation, Trainingsphase
- Fall Back (dynamischer Anpassungsprozess),
- verschiedene Baudraten
- Adaptive Intelligenz mittels

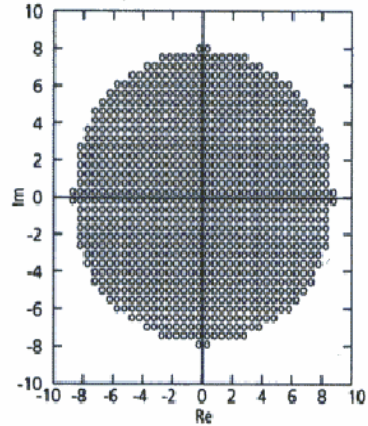
Modulationswerkzeugen

zur optimalen Modulationsanpassung

Baudraten und Bitraten

- 2400 baud
(2400, 4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 16800, 19200, 21600 bit/s)
- 3000 baud
(4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 16800, 19200, 21600, 26400 bit/s)
- 3200 baud
(4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 16800, 19200, 21600, 26400, 28800 bit/s).

Maximale AmplitudenvPhasen-Konstellation bei V.34



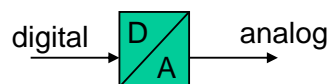
- Kanalkapazität abhängig von Bandbreite des Kanals und Signal-Rausch-Verhältnis

$$\text{max.Bitrate} = f_{K \max} \log_2 \left(1 + \frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Rauschen}}} \right)$$

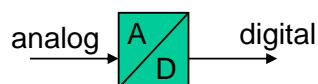
- Rauschabstand (Maß für Signal-Rausch-Verhältnis)

$$r[\text{dB}] = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Rauschen}}} \right)$$

- Signalwandlung an analogen Übertragungsstrecken



ziemlich genaue
Abbildung



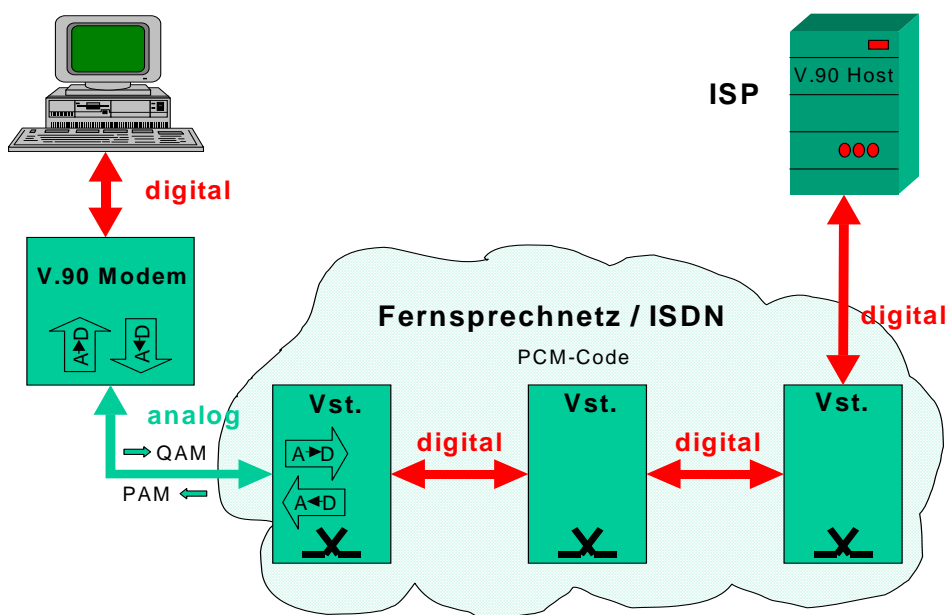
Abbildungsfehler
durch Quantisierung (8 bit/Wert)
-> Folge: Quantisierungsrauschen
ca. $r=30\text{dB} \dots 35\text{dB}$

$$\text{max.Bitrate} = f_{K \max} \log_2 \left(1 + 10^{\frac{r}{10}} \right) = 3000 \log_2 \left(1 + 10^{\frac{35}{10}} \right) \approx 35 \text{ kbit/s}$$

Max. Bitrate infolge Quantisierungsrauschen (nach Shannon)

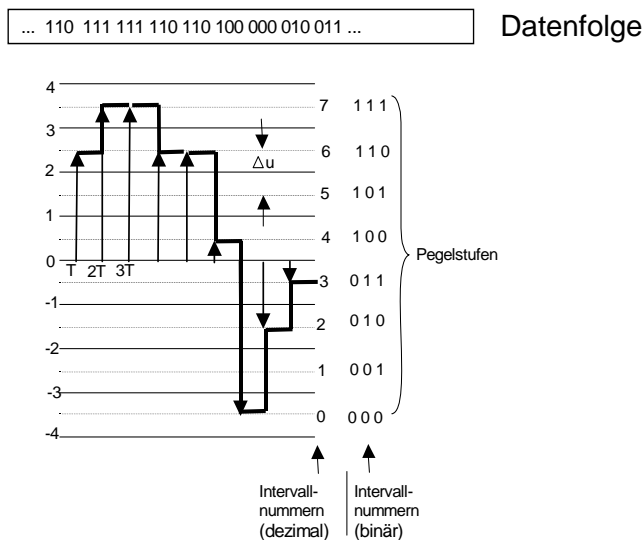


- ❑ 1977 -> das für Nachrichtentechniker für unmöglich gehaltene Ereignis: Modemübertragung mit 56 kbit/s im Downstream überschreitet Grenze von 35 kbit/s
- ❑ Shannons Theorem trotzdem unberührt und gültig (56 kbit/s- Modems verwenden anderes Übertragungsprinzip, PAM statt QAM)
- ❑ Notwendigkeiten zur Anwendung der V.90 Technologie
 - ❑ Digitaler Zugang an einem Ende der Übertragung
 - ❑ V.90 Unterstützung an beiden Enden der Übertragung
 - ❑ Im Downstream: Keine **8Bit-A/D-Wandler** in Vermittlungsstellen beteiligt
 - ❑ V.8 Signalisierungsprotokoll (Digital Impairment Learning)



D/A-Wandlung zu PAM-Signal

- Beispiel: D/A-Wandler mit 8 Pegelstufen



- PAM-Signal muss beim Empfänger wieder digitalisiert werden
 - Pegelstufen, Quantisierung
 - Synchronisation, Taktgehalt



V.90 Technologie

- erreichbare Bitrate 56 kbit/s ($8000\text{Hz} \times 1d128\text{bit} = 8000\text{Hz} \times 7\text{bit}$)
- V.90 Modem-Clients verwenden Puls-Amplituden-Modulation (PAM) im Downstream von einem 56 k-Host
- V.90 Modem-Clients verwenden QAM (V.34, 33,6 kbit/s) im Upstream zu einem 56 k-Host und zu anderen V.90 Modem-Clients

