



Rechnernetze II

SoSe 2020

Roland Wismüller
Betriebssysteme / verteilte Systeme
roland.wismueller@uni-siegen.de
Tel.: 0271/740-4050, Büro: H-B 8404

Stand: 24. April 2020



Rechnernetze II

SoSe 2020

1 *Wide Area Networks (WANs)*



Inhalt

- ➔ Einführung
- ➔ Etwas Theorie zur Signalübertragung
- ➔ Telefonnetz und Modems
- ➔ Protokolle für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen: HDLC, PPP
- ➔ Protokolle für paketvermittelte WANs: *Frame Relay*, ATM
- ➔ ADSL

- ➔ Tanenbaum, Kap. 1.5.2, 2.1, 2.5.1-2.5.4, 3.6
- ➔ Peterson, Kap. 2.3, 3.3
- ➔ Kurose, Ross, Kap. 5.8-5.10
- ➔ CCNA, Kap. 2, 3, 4, 6

1.1 Einführung



Charakteristika von WANs

- ➔ Verbinden Geräte (typ. Router) über größere geographischer Entfernung
- ➔ Nutzen Dienste von Kabelbetreibern (*Carrier*)
 - ➔ z.B. Telefonanbieter, Kabelfernseh-Anbieter, ...
- ➔ Nutzen verschiedene Typen serieller Verbindungen

Einsatz von WANs

- ➔ Kommunikation zwischen Firmenstandorten
- ➔ Kommunikation zwischen verschiedenen Firmen
- ➔ Entfernter Zugang für Firmenmitarbeiter
- ➔ Internet-Zugang für Haushalte
- ➔ ...

Anmerkungen zu Folie 17:

Im WAN-Bereich werden Daten auch bei hohen Bandbreiten seriell übertragen (im Gegensatz z.B. zu neueren Ethernet-Standards, in denen Daten teilweise parallel über mehrere Adernpaare übertragen werden), da dies bei langen Leitungen technische Vorteile bietet (einfachere Taktsynchronisation, Übersprechen, ...).

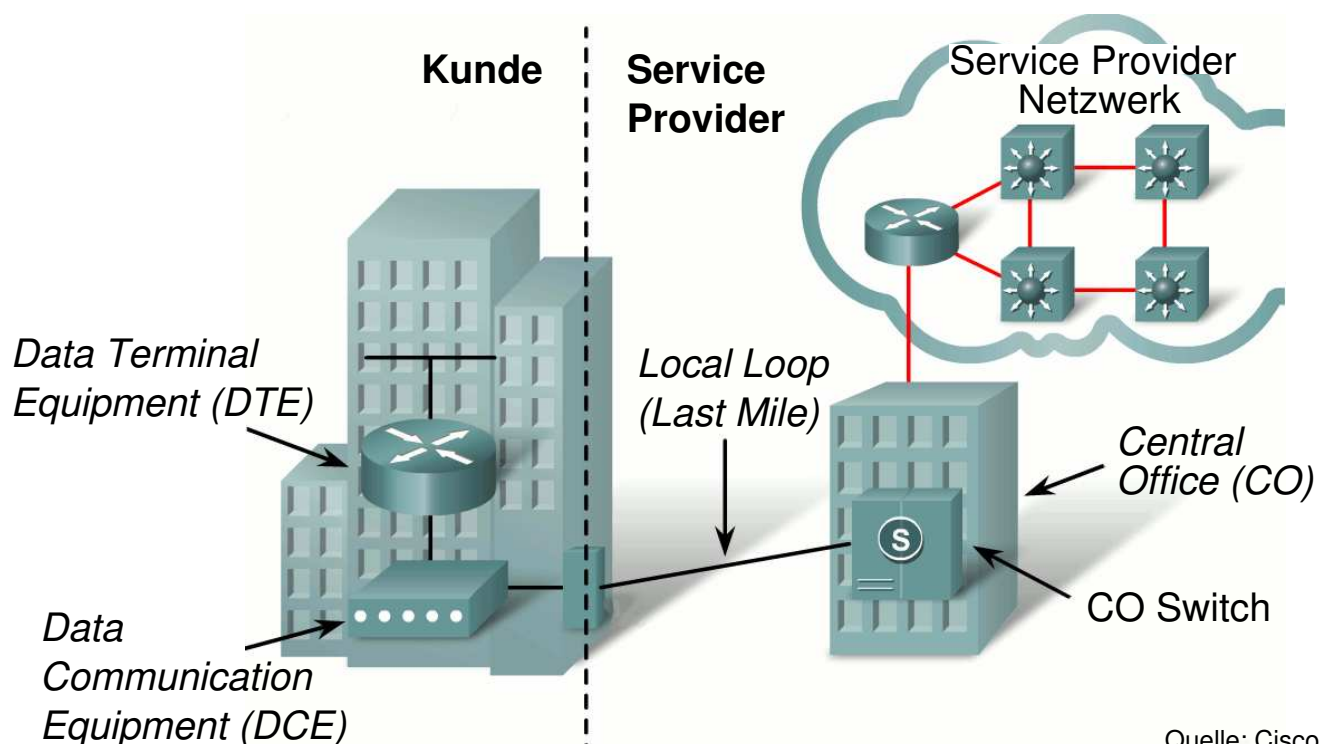
WAN ist nicht mit Internet gleichzusetzen! Das Internet nutzt WANs, aber nicht jedes WAN ist Teil des Internets. Primär dienen WANs dazu, geographisch entfernte Standorte zu vernetzen (unabhängig von einem eventuellen Internet-Zugang).

17-1

1.1 Einführung ...



Typische Anbindung an ein WAN



Quelle: Cisco

Anmerkungen zu Folie 18:

Der **Demarkationspunkt** (*Demarcation Point*) gibt die Stelle an, an der die Verantwortlichkeit für Verbindungen und Geräte vom Service-Provider auf den Kunden übergeht. In den USA liegt dieser Punkt zwischen dem DCE Gerät und der *Local Loop*, d.h. das DCE Gerät gehört dem Kunden. Ausserhalb der USA ist der Demarkationspunkt zwischen DTE und DCE (d.h., das DCE Gerät gehört noch dem Service-Provider und wird auch von diesem administriert). In Deutschland galt diese Regelung („Routerzwang“) bis August 2016. Seitdem dürfen Kunden auch eigene DCE Geräte (Router) an die *Local Loop* anschließen und diese selbst administrieren.

18-1

1.1 Einführung ...



WAN Protokolle

- ➔ WANs decken nur die OSI-Schichten 1 und 2 ab
- ➔ Typische Protokolle der Bitübertragungsschicht:
 - ➔ EIA/TIA-232 (RS-232): bis zu 64 kb/s, kurze Distanz
 - ➔ EIA/TIA-449/530 (RS-422): bis 2 Mb/s, längere Distanzen
 - ➔ HSSI (*High-Speed Serial Interface*): bis 52 Mb/s
 - ➔ V.35: ITU-T Standard, bis 2,048 Mb/s
- ➔ Typische Protokolle der Sicherungsschicht:
 - ➔ HDLC, PPP: für dedizierte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
 - ➔ ISDN: leitungsvermittelt
 - ➔ Frame Relay, X.25, ATM: virtuelle Leitungsvermittlung



Optionen für WAN-Verbindungen

- ➔ Nutzung einer privaten Infrastruktur
 - ➔ dedizierte Verbindungen
 - ➔ gemietete Leitungen (Standleitung): T1/E1 (☞ 1.3.2)
 - ➔ vermittelte Verbindungen
 - ➔ leitungsvermittelt (Einwahlverbindung): analoge Telefonleitung (☞ 1.3.1), ISDN (☞ 1.3.2)
 - ➔ paketvermittelt (virtuelle Leitungsvermittlung): Frame Relay (☞ 1.5.1), X.25, ATM (☞ 1.5.2)
- ➔ Nutzung des öffentlichen Internets
 - ➔ Zugang z.B. über DSL (☞ 1.6) oder Kabelmodem
 - ➔ Einsatz von VPNs (☞ 5.2 und RN_I, 6.7)

1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung



Problem bei seriellen Leitungen:

- ➔ Bandbreite der Leitungen ist begrenzt
 - ➔ höhere Frequenzen werden stark gedämpft
 - ➔ höchste nutzbare Frequenz abhängig von Leitungsart und -länge
- ➔ Bei analogen Telefonleitungen
 - ➔ Grenzfrequenz durch Filter künstlich auf 4 kHz reduziert
- ➔ Frage: Welche Übertragungsrate (bit/s) ist auf einer Leitung mit gegebener Grenzfrequenz (Bandbreite) möglich?
- ➔ Antworten liefern:
 - ➔ Fourier-Analyse
 - ➔ Nyquist-Theorem
 - ➔ Shannon'sches Theorem

Anmerkungen zu Folie 21:

Bei analogen Telefonleitungen wird die Grenzfrequenz durch Filter in den Teilnehmervermittlungen reduziert, die nur Frequenzen < 4 kHz passieren lassen. Damit können Störungen effektiv unterdrückt werden, ohne die Verständlichkeit der Sprache wesentlich zu verschlechtern.

21-1

1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



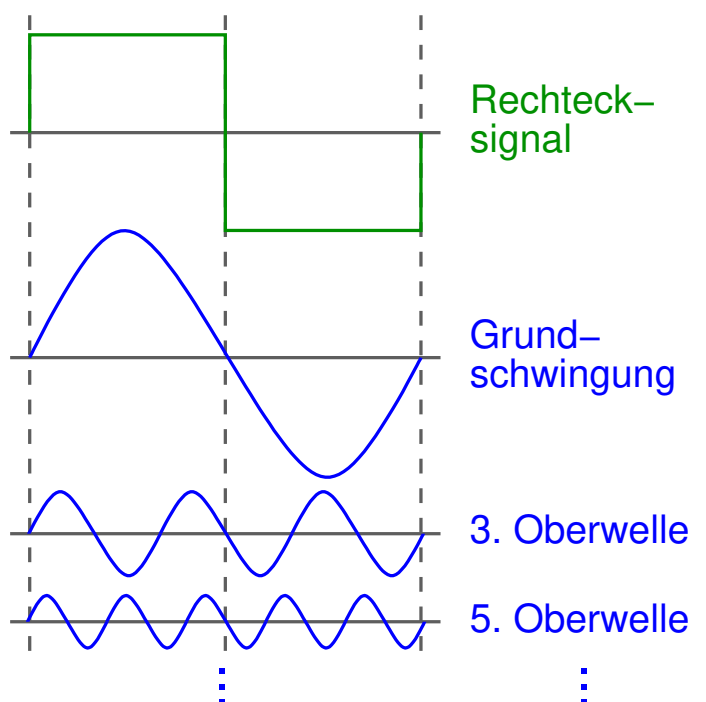
Fourier-Analyse

➔ Jedes (periodische) Signal läßt sich als Summe von Sinusschwingungen darstellen

➔ z.B. Rechtecksignal:

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{4 \cdot \sin((2k - 1)\omega t)}{(2k - 1)\pi}$$

➔ Damit u.a. Auswirkungen begrenzter Bandbreite einfach zu ermitteln

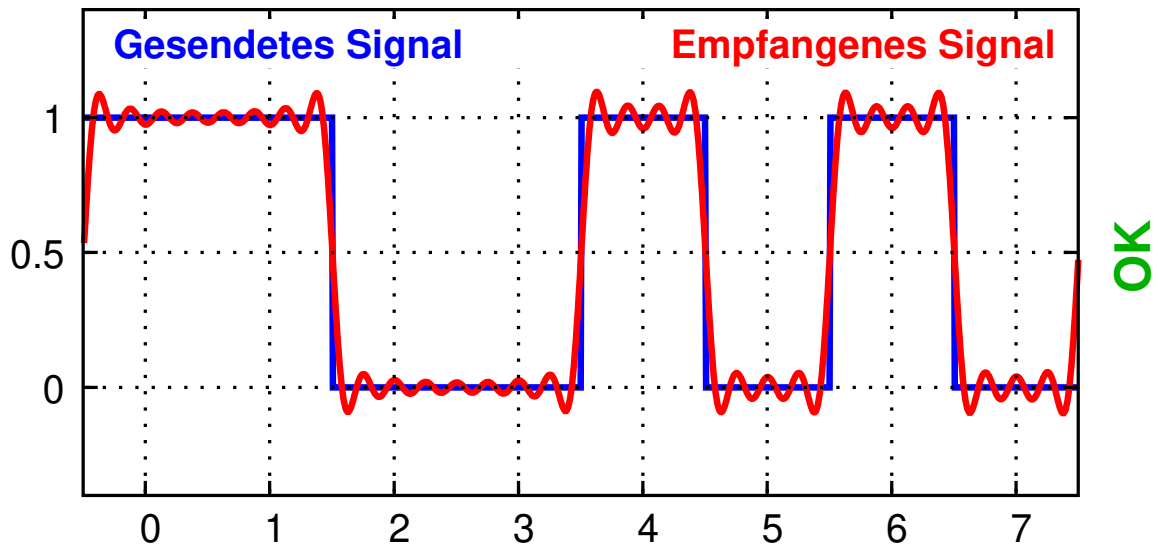


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 9600 Hz

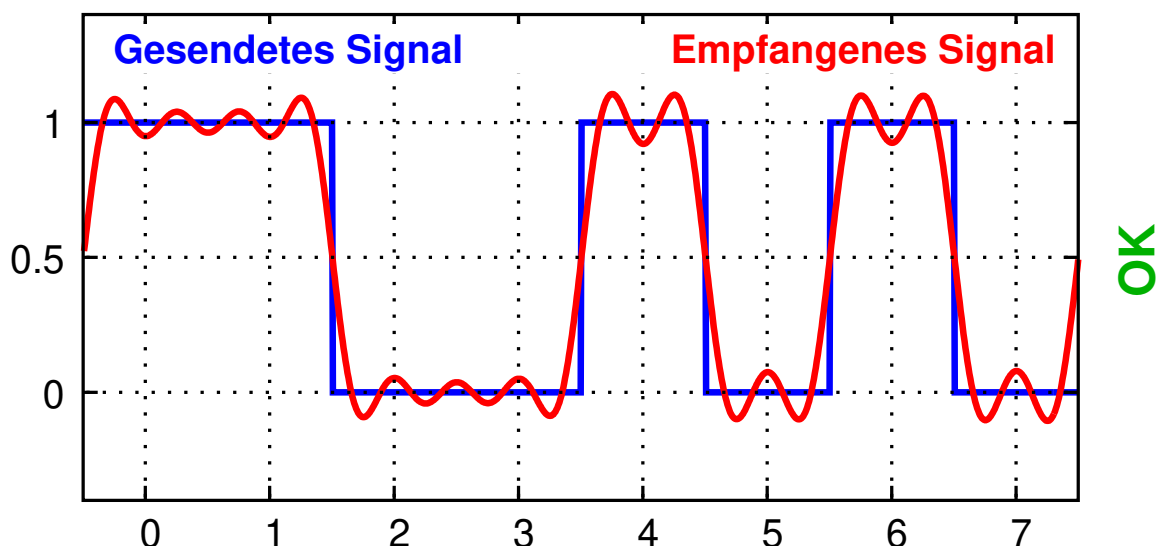


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 4800 Hz

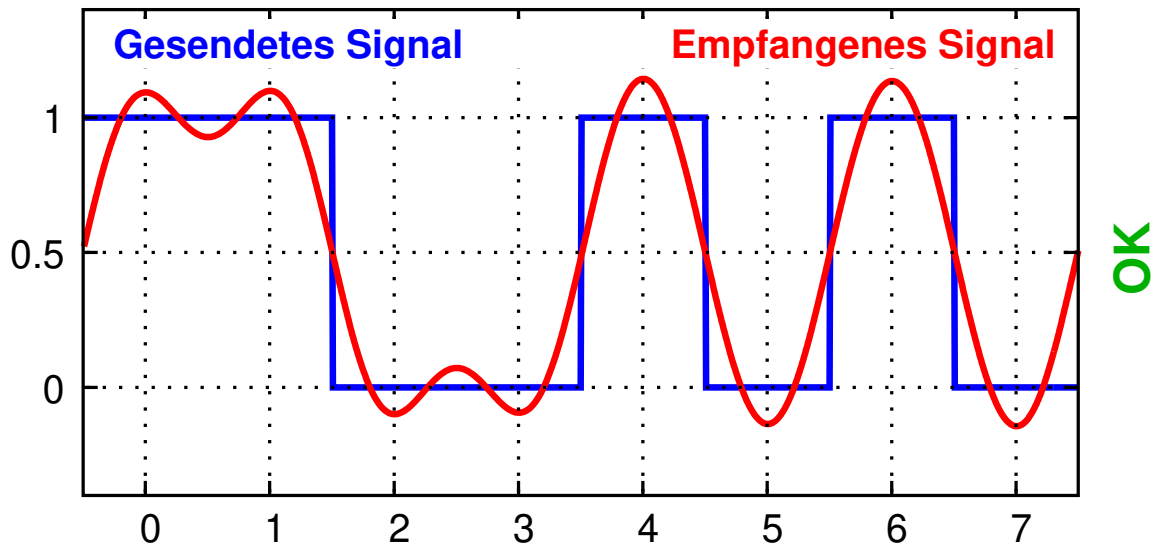


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 2400 Hz

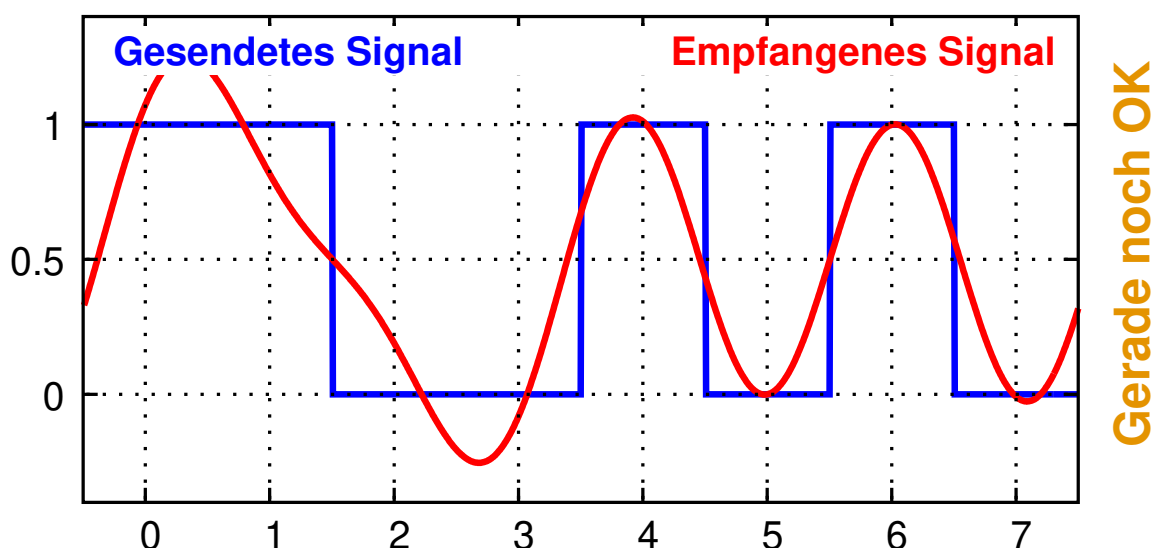


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 1200 Hz

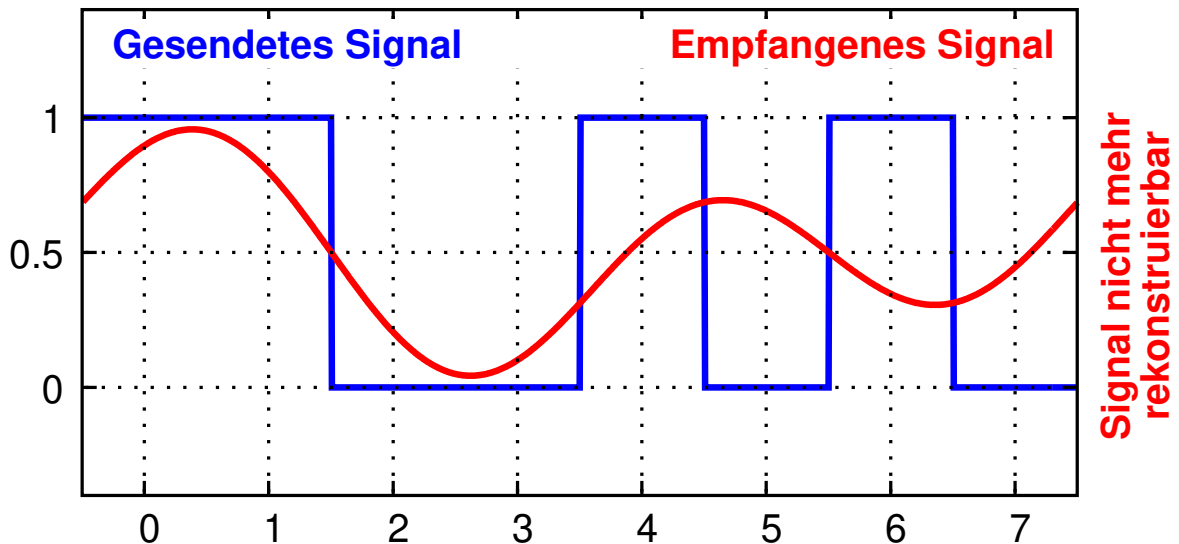


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 600 Hz

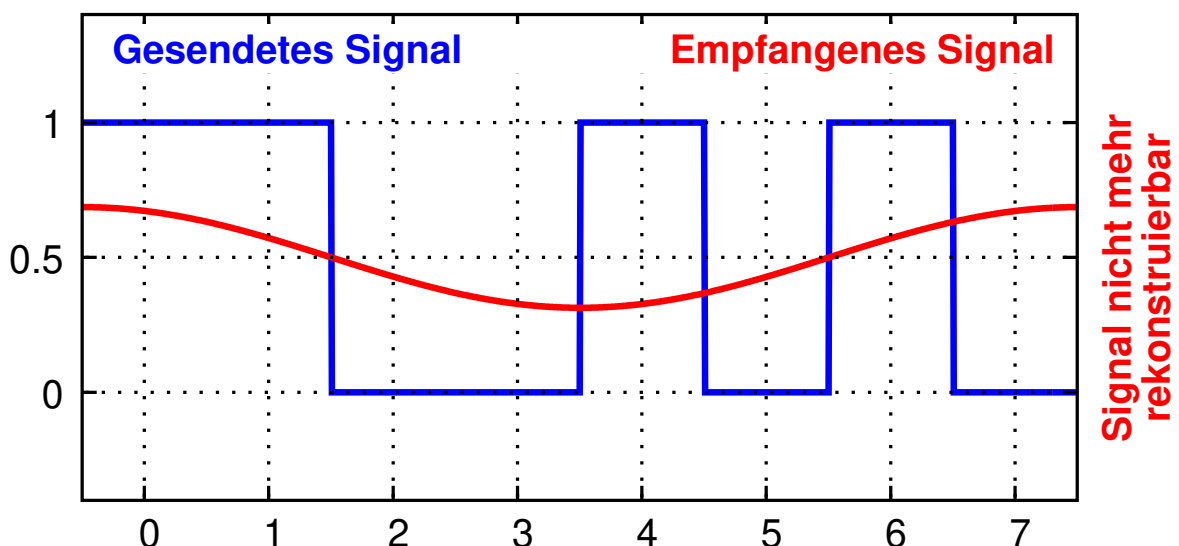


1.2 Etwas Theorie zur Signalübertragung ...



Zur Auswirkung der Leitungsbandbreite

- ➔ Übertragung eines 8-Bit Wortes, NRZ-Codierung, 2400 bit/s
- ➔ Bandbreite der Leitung (Grenzfrequenz): 300 Hz





Nyquist-Theorem (Abtasttheorem)

- ➔ Ein Signal mit Bandbreite H [Hz] kann mit $2 \cdot H$ (exakten) Abtastwerten pro Sekunde vollständig rekonstruiert werden
- ➔ Die maximal sinnvolle Abtastrate ist daher $2 \cdot H$ [1/s]
- ➔ Folgerung für Übertragung mit 1 Bit pro Abtastung:
 - maximale Datenübertragungsrate = $2 \cdot H$ [bit/s]
 - siehe Beispiel: 2400 bit/s erfordern 1200 Hz Bandbreite
- ➔ Höhere Übertragungsraten sind möglich, wenn pro Abtastung mehr als 1 Bit gewonnen wird
 - Übertragungsrate ist dann begrenzt durch das **Rauschen** der Leitung



Shannon'sches Theorem

- ➔ Max. Datenübertragungsrate = $H \cdot \log_2(1 + S/N)$
- ➔ S/N = **Rauschabstand (Signal/Rauschverhältnis)**
 - (Leistungs-)Verhältnis von Signalstärke zu Rauschen
 - definiert maximale Genauigkeit der Abtastung

Zur Unterscheidung von Übertragungs- und Abtastrate

- ➔ Einheit **bit/s** für Übertragungsrate
- ➔ Einheit **Baud** (Zeichen/s) für Abtastrate

Anmerkungen zu Folie 30:

Das Nyquist-Theorem besagt, dass wir maximal $2 \cdot H$ Abtastungen durchführen können. Wenn die maximale Datenübertragungsrate $H \cdot \log_2(1 + S/N)$ ist, erhalten wir dieser Abtastrate

$$\frac{H \cdot \log_2(1 + S/N)}{2 \cdot H} = \frac{\log_2(1 + S/N)}{2} = \log_2(\sqrt{1 + S/N})$$

Bits pro Abtastung.

Die Wurzel kommt daher, dass das Signal-/Rauschverhältnis als Leistungsverhältnis angegeben wird, nicht als Spannungsverhältnis. Wenn die Signalspannung 4-mal so groß ist wie die Rauschspannung, können wir 4 Spannungsbereiche unterscheiden und damit 2 Bits an Information gewinnen. Das Signal-/Rauschverhältnis ist dabei 16 (4-fache Spannung \Rightarrow 16-fache Leistung), und $\log_2(\sqrt{1 + 16}) = 2.0437\dots$ ist gerade etwas größer als 2.

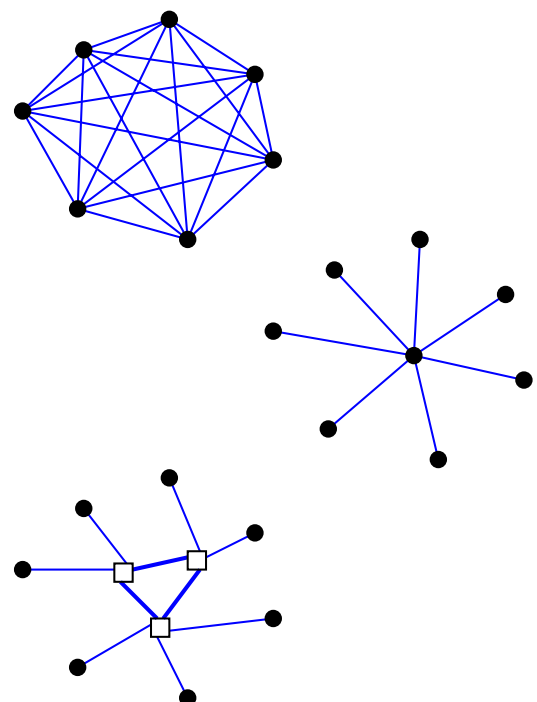
30-1

1.3 Telefonnetz und Modems



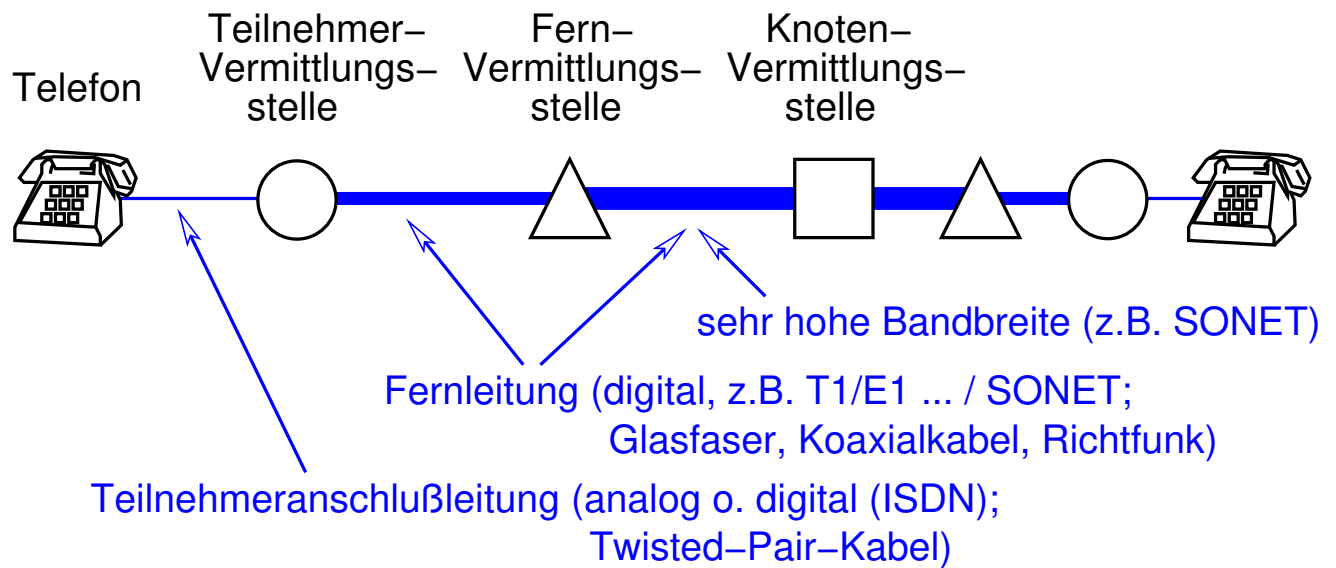
Struktur des Telefonnetzes:

- ➔ Zu Beginn: vollständige Vernetzung
 - ➔ mit wachsender Teilnehmerzahl unpraktikabel
- ➔ Bell (1878): erstes Vermittlungsamt
 - ➔ Stern-Topologie
- ➔ Danach: Vernetzung der Vermittlungen
 - ➔ Hierarchie von Vermittlungen





Typischer Leitungsweg bei mittlerer Entfernung:



- ➔ Analog/digital-Wandlung (bzw. umgekehrt) ggf. durch Codecs (*Coder/Decoder*) in den Teilnehmervermittlungen

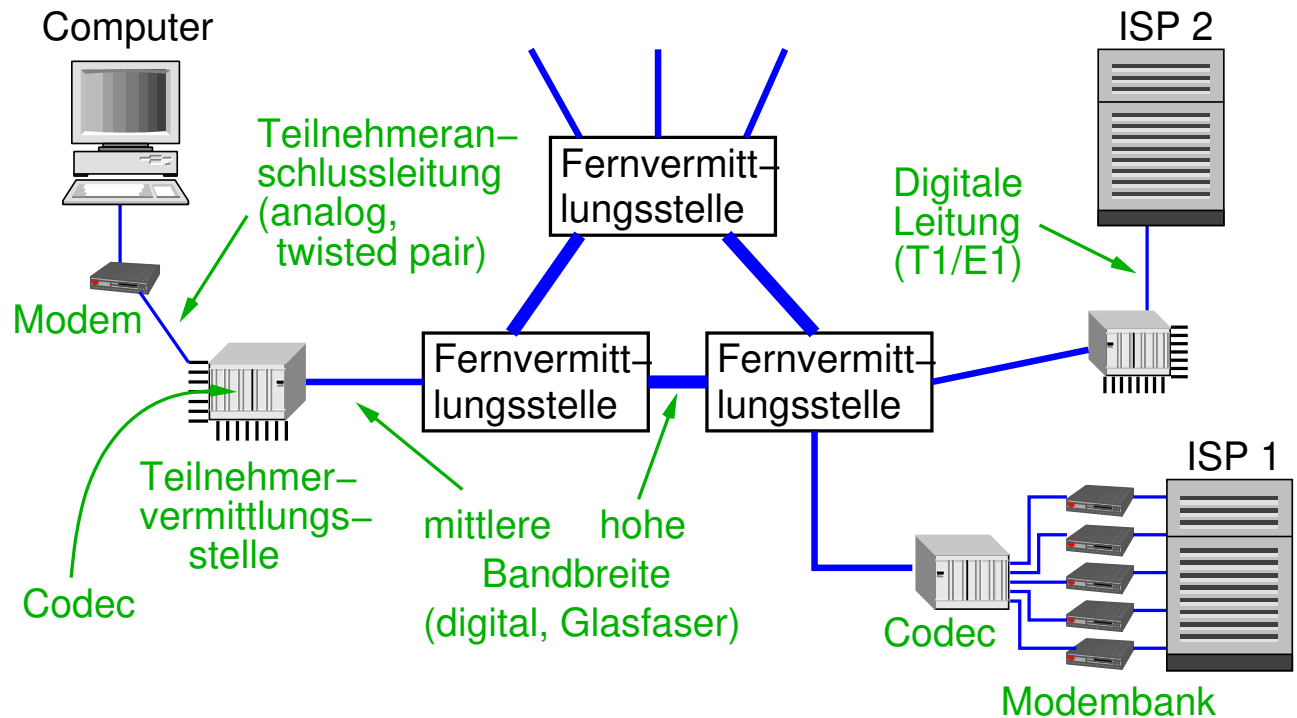


Digitale Übertragung und Multiplexing

- ➔ PCM (*Pulse Code Modulation*): Sprachsignale werden im *Codec* digitalisiert:
 - ➔ 8000 Abtastungen/s (alle $125 \mu s$)
 - ➔ 7 oder 8 Bit pro Abtastung
- ➔ Zusätzlich Übertragung von Steuerinformation (Signalisierung)
- ➔ Multiplexing mehrerer Gespräche auf eine Leitung
 - ➔ Zeitmultiplexing: byte- oder bitweise
- ➔ Beispiele: T1/E1, SONET (☞ **1.3.2**)



Anschluß eines Rechners über Modem:



1.3.1 Modems ...



Standardmodems

- ➔ Arbeiten mit 2400 Baud
- ➔ Bei 1 Bit pro Abtastung damit: max. 2400 bit/s
- ➔ Für höhere Übertragungsraten: spezielle Modulationsverfahren
 - ➔ QPSK (**Quadrature Phase Shift Keying**)
 - ➔ QAM (**Quadrature Amplitude Modulation**)
 - ➔ erlauben mehr als 1 Bit pro Abtastung (Zeichen)
- ➔ Grenze durch Rauschen: 14 Bit pro Zeichen
 - ➔ 33.600 bit/s, Standard V.34bis
- ➔ Modems testen die Leitungsqualität bei Verbindungsaufbau
 - ➔ ggf. geringere Übertragungsrate

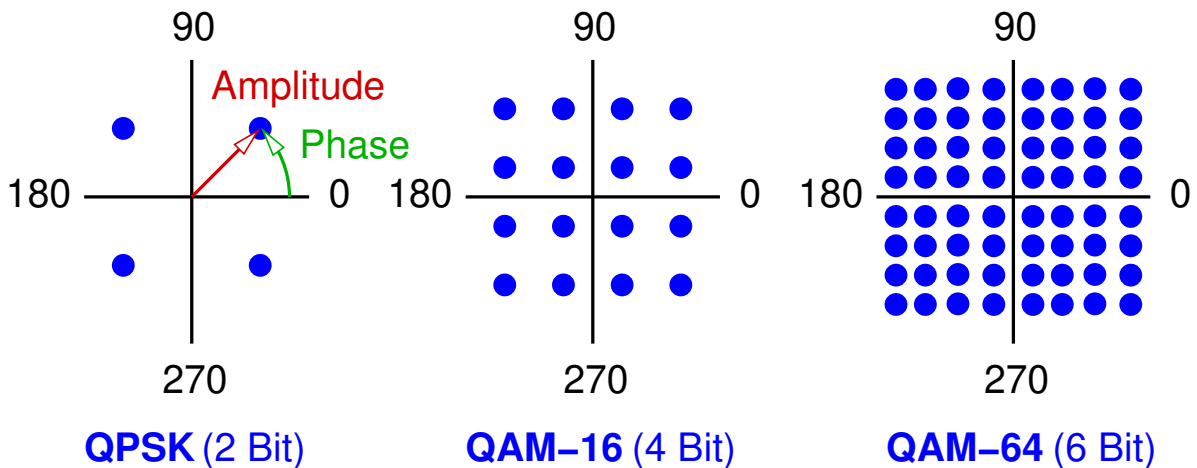
1.3.1 Modems ...



(Animierte Folie)

Modulationsverfahren QPSK und QAM

- ➔ Funktionsprinzip:
 - ➔ jeweils n Bits bestimmen **Amplitude** und **Phase** des Signals
- ➔ Beispiele:



1.3.1 Modems ...



56 kbit/s Modems (V.90)

- ➔ Voraussetzung: Zielrechner (Provider) ist digital ans Telefonnetz angeschlossen
- ➔ Asymmetrische Übertragung:
 - ➔ *upstream*: herkömmliche Modemtechnologie mit 33,6 kbit/s
 - ➔ *downstream*: 56 kbit/s
- ➔ Übertragungstechnik für *downstream*-Kanal:
 - ➔ digitale Datenübertragung bis zur Teilnehmervermittlung
 - ➔ dort Umwandlung in Analogsignal
 - ➔ Modem digitalisiert das ankommende Signal
 - ➔ 8000 Abtastungen / s (4 kHz Bandbreite!)
 - ➔ 8 Bit pro Abtastung (1 Bit als Redundanzbit)

Anmerkungen zu Folie 37:

Bei dieser Technik muß beachtet werden, daß das Modem das ankommende Signal zu den richtigen Zeitpunkten digitalisieren muß (Es geht ja nicht darum, das Analogsignal zu rekonstruieren, sondern als Abtastwert genau das übertragene Byte zu bekommen). Der Empfangstakt des Modems muß also laufend mit dem Sendetakt des Codecs synchronisiert werden.

Wollte man auch *upstream* die 56 kbit/s erreichen, müßte sich der Empfangstakt des Codecs an den Sendetakt des Modems anpassen. Da die Codecs aber eigentlich nur zur Digitalisierung von Sprache gedacht sind, besitzen sie eine derartige Möglichkeit nicht. Wenn man also nicht neue Codecs verwenden will, muß man es umgekehrt machen: der Sendetakt des Modems paßt sich an den vorgegebenen Empfangstakt des Codecs an. Das ist relativ schwierig, wird aber im V.92 Standard so gemacht.

37-1

1.3.2 Telefonstandards



Integrated Services Digital Network (ISDN)

- ➔ Integriert Telefon-, Telex- und Datendienste (Datex-L, Datex-P)
- ➔ Digitale Teilnehmeranschlußleitungen
- ➔ Basisanschluß (S₀)
 - ➔ zwei 64 kb/s Nutzkanäle (B-Kanäle) und ein 16 kb/s Steuerkanal (D-Kanal)
 - ➔ Übertragung im Zeitmultiplex
- ➔ Primärmultiplexanschluß
 - ➔ 30 B-Kanäle á 64 kb/s und ein D-Kanal á 64 kb/s im Zeitmultiplex
 - ➔ entspricht E1-Anschluß

Anmerkungen zu Folie 38:

In Deutschland sollte ISDN nach den Plänen der Telekom ursprünglich bis Ende 2018 eingestellt werden, dies ist jedoch bis nicht vollständig erfolgt. Anschlüsse für Geschäftskunden sollen bis Ende 2020 ersetzt werden. Andere Betreiber bieten ISDN noch bis Ende 2022 an.

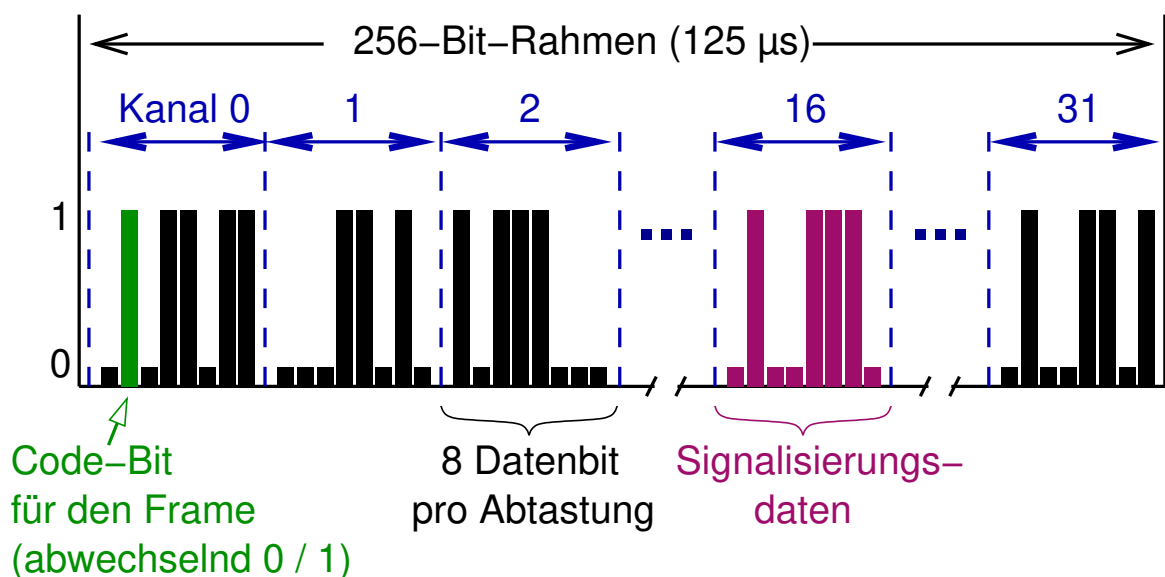
38-1

1.3.2 Telefonstandards ...

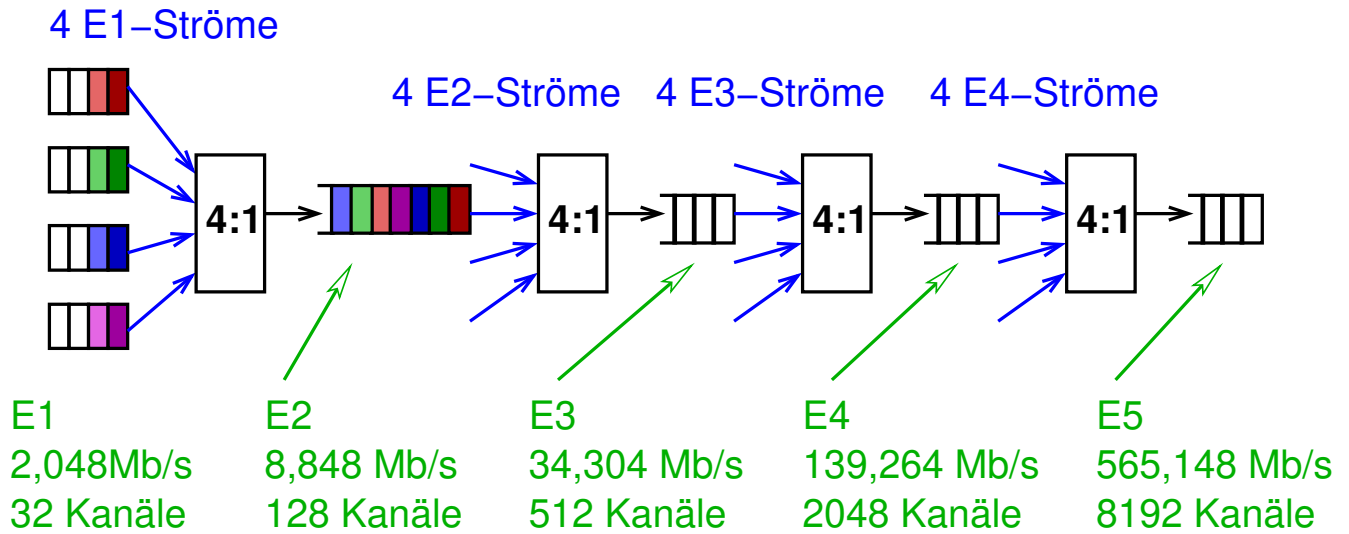


Kanalstruktur von Primärmultiplexanschlüssen

➔ In Europa: E1-Träger: 32 Zeitschlitz mit 8 Bit, 2,048 Mb/s



Multiplexing von E1-Strömen



➔ Bitweises Multiplexing ⇒ gleichmäßiger Bitstrom nach Demultiplexing (ein Abtastwert alle 125 μ s)

Anmerkungen zu Folie 40:

In USA und Japan gibt es statt des E1-Trägers den sog. T1-Träger. Er besitzt 24 Zeitschlitz mit je 8 Bit, wobei das Sprachsignal aber nur mit 7 Bit abgetastet wird. Das achte Bit jedes Zeitschlitzes wird zur Signalisierung verwendet.

Das Multiplexing erfolgt bei T1 ebenfalls bitweise, allerdings mit unterschiedlichen Multiplexraten: $T2 = 4 * T1$, $T3 = 7 * T2$, $T4 = 6 * T3$.



SONET (*Synchronous Optical Network*)

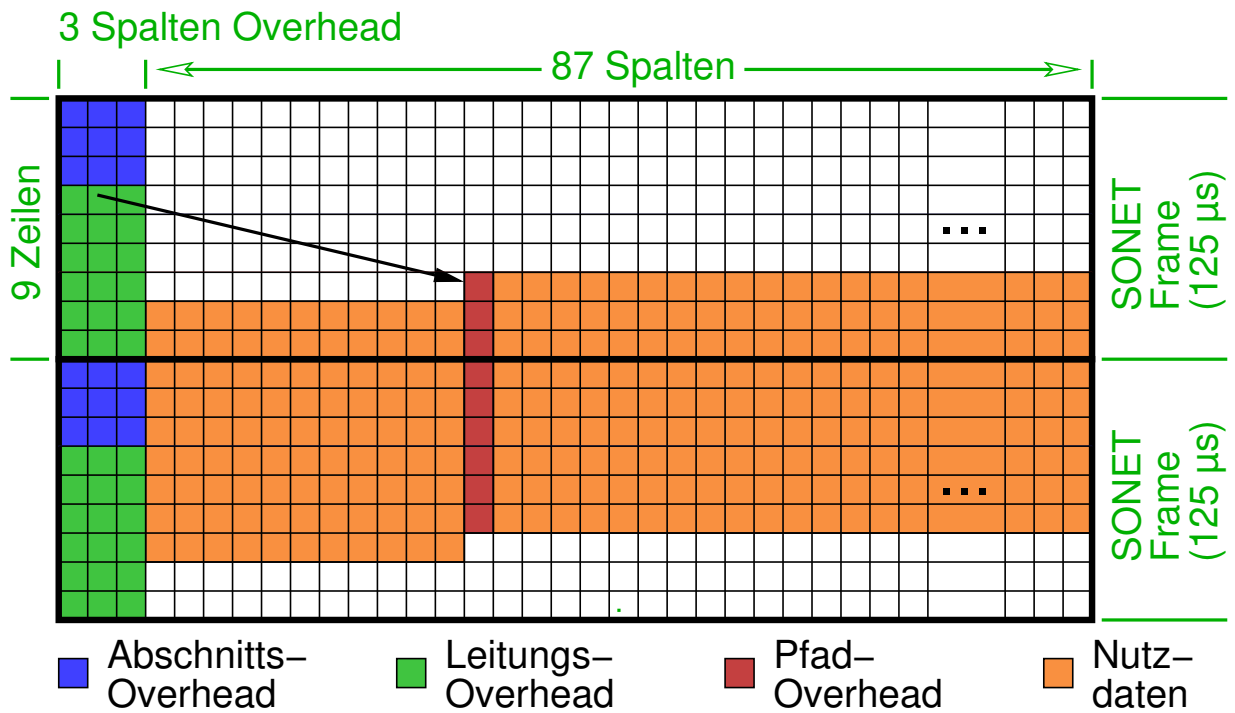
- ➔ Vorherrschender Standard für Fernübertragung auf Glasfaser
- ➔ Wichtige Eigenschaft: synchrones Netzwerk
 - ➔ Takte aller Teilnehmer sind genau synchronisiert
 - ➔ Daten kommen beim Empfänger in dem Zeitabstand an, in dem Sender sie geschickt hat
- ➔ Leitungsvermittelt
- ➔ Steuer- und Verwaltungsinformation werden in den Datenstrom eingestreut
- ➔ Hier zwei Aspekte:
 - ➔ Framing
 - ➔ Multiplexing



SONET Framing (*STS-1: niedrigste Datenrate*)

- ➔ Feste Framegröße: 810 Byte
- ➔ Alle 125 μs Übertragung eines Frames
 - ➔ permanent, d.h. ggf. Frames ohne Nutzdaten
 - ➔ damit: 51,84 MBit/s Datenrate
- ➔ Kein Bit- oder Bytestuffing
- ➔ Erkennung des Frame-Anfangs durch 2-Byte-Muster
 - ➔ wenn dieses alle 125 μs (d.h. alle 810 Bytes) auftaucht, ist Empfänger synchronisiert
- ➔ Nutzdaten können an beliebiger Stelle des Frames beginnen
- ➔ STS-1 kann einen E3-Strom aufnehmen

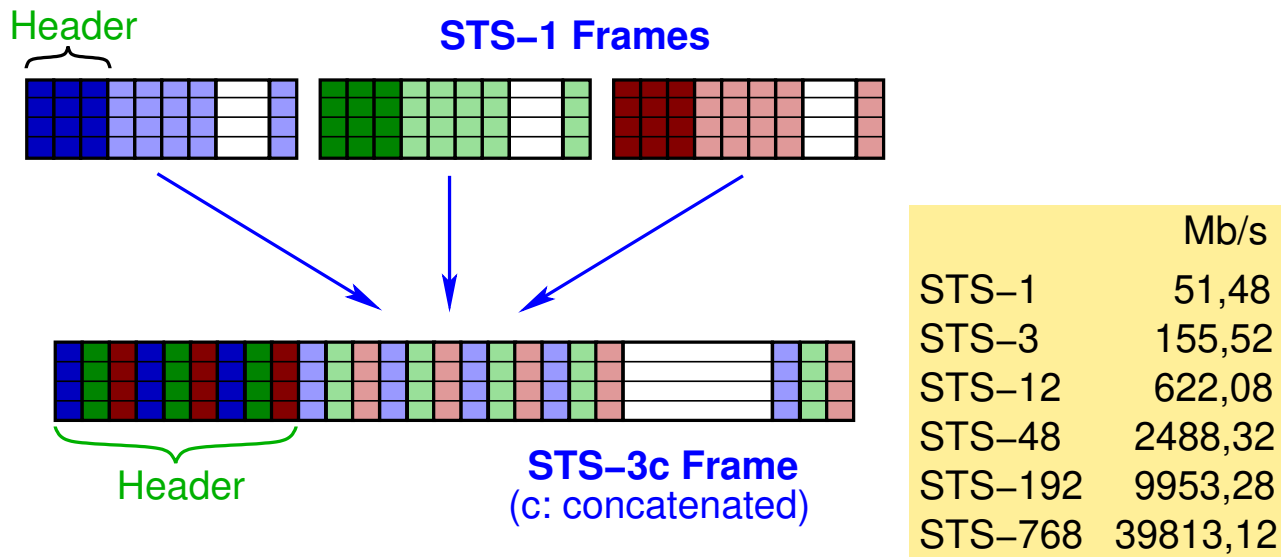
SONET: Aufbau eines STS-1 Frames



Anmerkungen zu Folie 43:

- ➔ SONET bezeichnet Frame- bzw. Paketheader als „Overhead“
- ➔ Der Abschnittsoverhead ist ein Header, der Daten zwischen jeweils zwei verbundenen Regeneratoren (Repeatern) austauscht
- ➔ Der Leitungsoverhead entspricht einem Sicherungsschicht-Header
- ➔ Der Pfadoverhead entspricht einem Vermittlungsschicht-Header

SONET: spaltenweises (= byteweises) Multiplexing



➔ STS-x: elektrische, OC-x optische Übertragung

1.4 Protokolle für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen

1.4.1 HDLC: High Level Data-Link Control

- ➔ Weit verbreitetes Schicht-2-Protokoll (ISO/IEC 13239:2002)
 - ➔ viele Variationen/Ableger: z.B. LAP (Teil von X.25)
- ➔ Eigenschaften:
 - ➔ bitorientiert, Framing mit Bitstuffing
 - ➔ zuverlässige Übertragung (Übertragungsfehler, Reihenfolge)
 - ➔ *Sliding-Window-Algorithmus* mit Fenstergröße 7
 - ➔ akkumulative und negative ACKs
 - ➔ Flußkontrolle
- ➔ Drei verschiedene Frame-Typen:
 - ➔ *I-Frame*: zur Datenübertragung, mit Sequenznummer
 - ➔ *S-Frame*: Steuerung des Datenflusses
 - ➔ *U-Frame*: Steuer- und Datenframes ohne Sequenznummer



Frame-Format

Bits	8	8	8	var.	16	8
	Flag 01111110	Adresse	Steuerung	Nutzdaten	Prüfsumme (CRC-16)	Flag 01111110

- ➔ **Adresse** zur Unterstützung von Punkt-zu-Multipunkt-Verbindungen
- ➔ **Steuerung**: enthält je nach Frame-Typ
 - ➔ Sequenz-Nummer des Frames
 - ➔ Sequenz-Nummer für (negative) Bestätigung
 - ➔ Kommando
- ➔ Der Datenteil kann beliebig lang sein
- ➔ Erweiterung (Cisco):
 - ➔ 16-Bit Feld nach Steuerung: übertragenes Schicht-3-Protokoll

1.4 Protokolle für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ...



1.4.2 PPP: Punkt-zu-Punkt Protokoll

- ➔ Protokoll der Sicherungsschicht im Internet
 - ➔ für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
 - ➔ z.B. Modemverbindung, Standleitung
 - ➔ oft auch PPP über Ethernet (PPPoE)
- ➔ Anforderungen / Aufgaben:
 - ➔ Unterstützung verschiedener Leitungsarten
 - ➔ seriell, parallel, synchron, asynchron, ...
 - ➔ Framing und Fehlererkennung
 - ➔ Unterstützung verschiedener Vermittlungsschicht-Protokolle
 - ➔ Aushandeln von Adressen der Vermittlungsschicht
 - ➔ Authentifizierung
- ➔ Nicht: Fehlerbehandlung, Reihenfolgeerhaltung, Flußkontrolle

PPP Frame-Format

Bytes	1	1	1	1 oder 2	var.	2 oder 4	1
	Flag	Adresse	Steuerung	Protokoll	Nutzdaten	Prüfsumme	Flag
	01111110	11111111	00000011				01111110

- ➔ Basis: HDLC Frame-Format
- ➔ Eindeutige Framekennzeichnung durch *Byte-Stuffing*
- ➔ **Adresse** und **Steuerung** ungenutzt / für Erweiterungen
- ➔ **Protokoll** zum Demultiplexen empfangener Frames
 - ➔ an höhere Protokolle, z.B. IP, AppleTalk, DECnet, ...
 - ➔ an Teilprotokolle von PPP, z.B. LCP, NCP
- ➔ Max. Länge des Datenteils kann bei Verbindungsaufbau ausgehandelt werden (Default: 1500 Bytes)
- ➔ **Prüfsumme**: CRC, Länge wird ausgehandelt

Anmerkungen zu Folie 48:

Genaugenommen kann PPP mit *Byte-Stuffing* oder mit *Bit-Stuffing* arbeiten. Welches Verfahren verwendet wird, hängt von der Übertragung auf Schicht 1 ab. Bei synchroner Übertragung wird *Bit-Stuffing* verwendet, bei asynchroner Übertragung (z.B. RS-232) wird *Byte-Stuffing* verwendet, da die Übertragung hier wortweise passiert.

LCP *Link Control Protocol*

- ➔ Für Initialisierung, „Wartung“ und Abschalten der Leitung
- ➔ Verbindungsaufbau:
 - ➔ Aushandeln der Leitungsoptionen
 - ➔ Initiator schlägt vor (*configure request*)
 - ➔ Partner nimmt an (*ack*) oder lehnt ab (*nak, reject*)
 - ➔ ggf. Authentifizierung
 - ➔ danach: Konfiguration der Vermittlungsschicht durch NCP
- ➔ Weitere spezielle LCP Frames für
 - ➔ Prüfen der Verbindung (*echo request / reply*)
 - ➔ Trennen der Verbindung (*terminate request / ack*)

Anmerkungen zu Folie 49:

Zum Aushandlungsprotokoll für Leitungsoptionen:

- ➔ Eine *reject*-Antwort bedeutet, daß der Partner die Option an sich nicht versteht oder ablehnt. Das Antwortpaket enthält dabei die betreffende Option.
- ➔ Eine *nak*-Antwort bedeutet, daß der Partner die Option prinzipiell versteht und akzeptiert, nicht aber den vorgeschlagenen Wert dieser Option. Im Antwortpaket sendet er seinen Vorschlag für den Wert zurück.

Authentifizierung

- ➔ Optional, Aushandlung bei Verbindungsaufbau
 - ➔ einseitige und wechselseitige Authentifizierung möglich
- ➔ PAP (Password Authentication Protocol)
 - ➔ einmalige Übertragung von Nutzernamen und Passwort
 - ➔ im Klartext!
- ➔ CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol)
 - ➔ 3-Wege Handshake: *Challenge*, *Response*, (N)ACK
 - ➔ *Response* ist Hashwert über Passwort und *Challenge*
 - ➔ Authentifizierung kann jederzeit wiederholt werden
- ➔ Keine Verschlüsselung bzw. Authentifizierung der Daten!

Anmerkungen zu Folie 50:

Die Authentifizierung mit PAP und CHAP ist jeweils nur einseitig, allerdings kann die Authentifizierung in beiden Richtungen ausgehandelt werden, womit sich eine wechselseitige Authentifizierung ergibt.



NCP *Network Control Protocol*

- ➔ Familie von Protokollen
 - ➔ spezifisch für jeweiliges Vermittlungsschicht-Protokoll
- ➔ NCP erst nach Verbindungsaufbau mit LCP verwendbar
- ➔ spezielles NCP für IP: IPCP (*IP Control Protocol*)
 - ➔ Ausgehandelt werden können u.a.:
 - ➔ IP-Adresse
 - ➔ DNS-Server
 - ➔ TCP/IP-Header-Kompression
- ➔ Nach Konfiguration mit NCP: PPP durch Vermittlungsschicht-Protokoll nutzbar

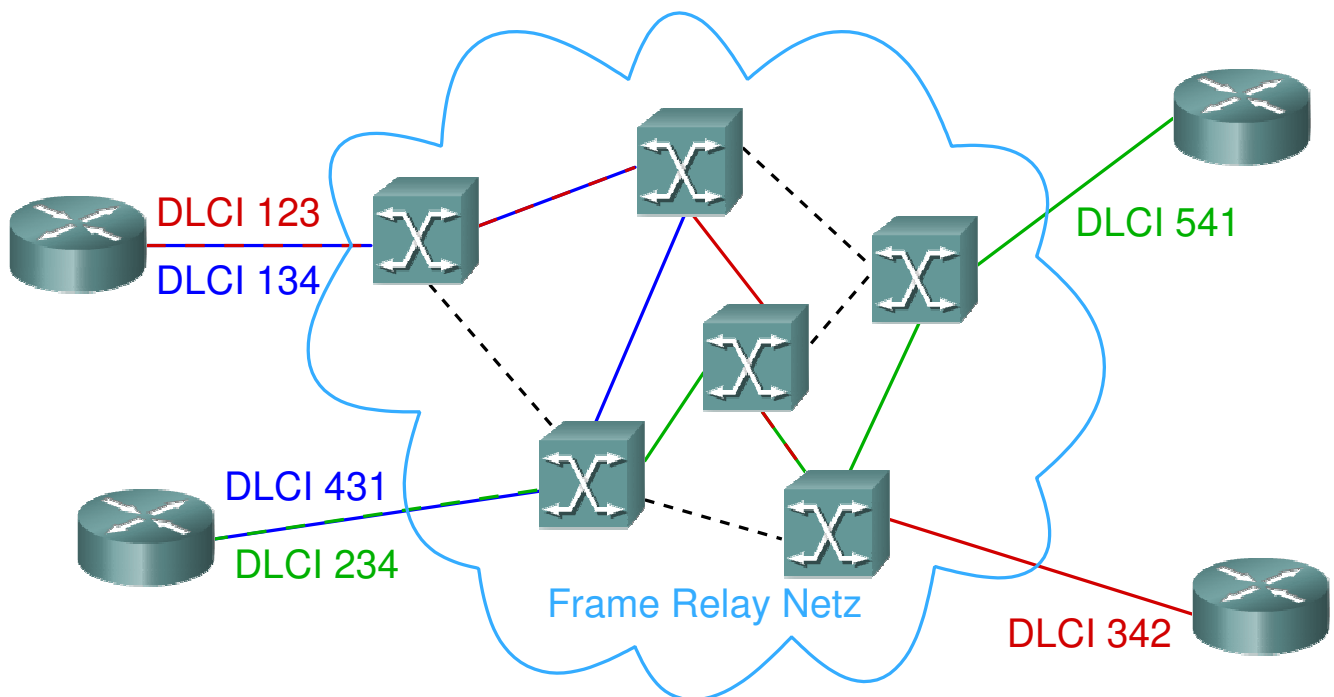
1.5 Protokolle für paketvermittelte WANs



1.5.1 *Frame Relay*

- ➔ Paketvermittelte Übertragungstechnik für virtuelle Verbindungen
- ➔ Von vielen Netzanbietern als Alternative zu Standleitungen angeboten
- ➔ Basiert auf dem älteren X.25-Protokoll, ursprünglich für ISDN entwickelt
- ➔ Eigenschaften:
 - ➔ unzuverlässig, keine Flußkontrolle, einfache Überlastkontrolle
 - ➔ *Switched* und *Permanent Virtual Circuits* (SVC, PVC)
 - ➔ nur lokal gültige Verbindungs-Identifikatoren
 - ➔ DLCI: *Data Link Connection Id*

Virtuelle Verbindungen



1.5 Protokolle für paketvermittelte WANs ...

1.5.2 ATM, *Asynchronous Transfer Mode*

- ➔ Entwickelt Anfang der 90'er Jahre
 - Ziel: Eignung für alle Arten digitaler Kommunikation (Telefonie, Video, Computernetze, ...)
- ➔ Verbindungsorientiert und paketvermittelt
 - Aufbau virtueller Verbindungen
- ➔ Zellen ($\hat{=}$ Frames) fester Länge
 - 53 Byte: 5 Byte Header, 48 Byte Nutzdaten
 - einfaches Forwarding in Hardware
 - *Quality-of-Service* Garantien vereinfacht
 - Leitung durch Zelle nur kurz belegt



Zellenformat

Bits	4	8	16	3	1	8	384 (48 Byte)
	GFC	VPI	VCI	Type	CLP	HEC (CRC-8)	Nutzdaten

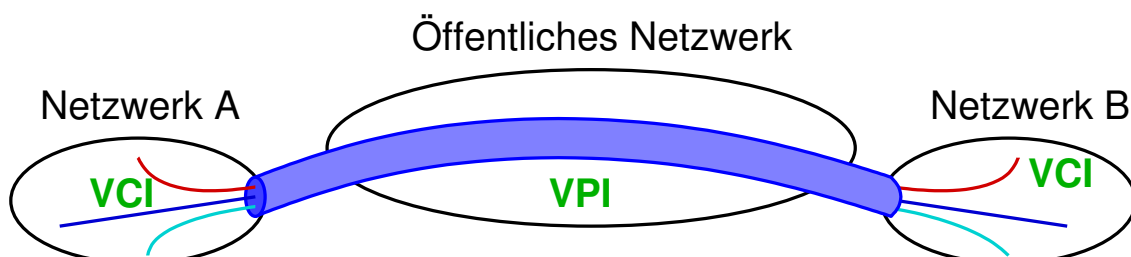
- ➔ **GFC:** *Generic Flow Control* (meist ungenutzt)
- ➔ **VPI:** *Virtual Path Identifier*, **VCI:** *Virtual Circuit Identifier*
 - ➔ hierarchischer Bezeichner für virtuelle Verbindung
- ➔ **Type:** Steuer-/Benutzerdaten; bei Benutzerdaten: je ein Bit für Überlastkontrolle und Signalisierung
- ➔ **CLP:** *Cell Loss Priority* im Überlastfall
- ➔ **HEC:** *Header Error Check:* CRC-8 des Headers

1.5.2 ATM, Asynchronous Transfer Mode ...



VPI und VCI

- ➔ VPI zum Aufbau einer „Leitung“ durch das öffentliche Netz
- ➔ Innerhalb dieser Leitung werden durch VCI mehrere Verbindungen gemultiplext
- ➔ VCI zur Identifikation innerhalb der lokalen Netze



- ➔ Vgl. hierarchischer Aufbau von IP-Adressen



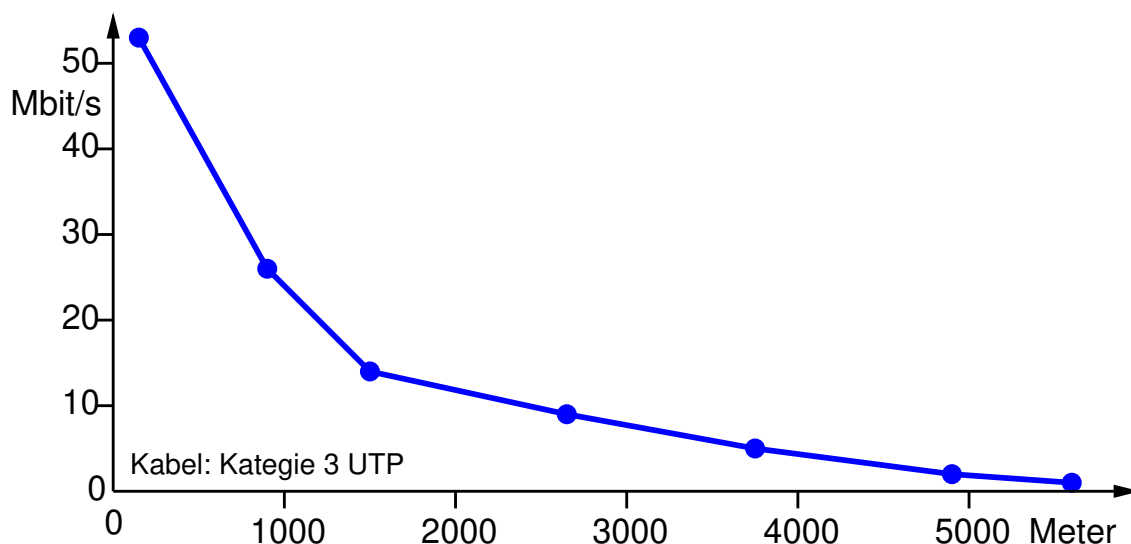
AAL: ATM Adaptionsschicht

- ➔ Schicht zur Anpassung von ATM an andere Dienste
 - ➔ mehrere Typen, je nach Anforderungen
- ➔ AAL 1: verbindungsorientiert, konstante Bitrate
 - ➔ z.B. unkomprimierte Sprache
- ➔ AAL 2: verbindungsorientiert, variable Bitrate, zeitsynchron
 - ➔ z.B. komprimiertes Audio / Video
- ➔ AAL 3/4: paketorientiert, variable Bitrate, keine Echtzeit
 - ➔ Hauptaufgabe: Pakete in Zellen zerlegen und zusammenbauen
 - ➔ z.B. für X.25, IP
- ➔ AAL 5: wie AAL 3/4, aber mit weniger Overhead

1.6 ADSL

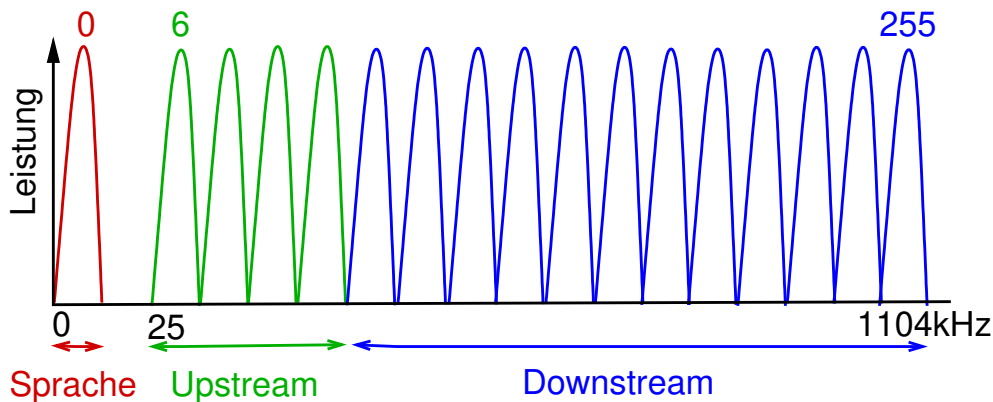


- ➔ Ziel: Internet-Zugang über Telefon-Teilnehmeranschlußleitung
- ➔ Maximale Übertragungsrate abhängig von der Entfernung zur Teilnehmervermittlung:



Übertragungstechnik: DMT (Discrete MultiTone)

- ➔ Einteilung in 256 Frequenzkanäle, je 4 kHz breit:



- ➔ Aufteilung in Up- und Downstream flexibel
 - meist 80-90% für Empfangskanal
- ➔ Auf jedem Kanal: QAM (4000 Baud, max. 15 Bit pro Zeichen)

Anmerkungen zu Folie 59:

- ➔ Der Abstand der Kanäle beträgt 4,3125 kHz
- ➔ In Deutschland ist der Frequenzbereich bis 138 kHz für Telefonie reserviert, um ein einheitliches ADSL-Schema für Analog und ISDN-Anschlüsse zu haben
- ➔ Beim Verbindungsaufbau werden die Kanäle ausgemessen
 - auf jedem Kanal wird ein dem Signal/Rauschabstand angepaßtes QAM-Verfahren eingesetzt
 - gestörte Kanäle werden ausgeblendet
- ➔ S-DSL arbeitet anders:
 - symmetrische Aufteilung in *up-* und *downstream*
 - der gesamte Frequenzbereich ab 0 Hz wird für DSL genutzt, ein Telefon kann also nicht mehr angeschlossen werden
 - als Modulation wird nicht DMT verwendet, sondern CAM (*Carrierless Amplitude Phase Modulation*) oder TC-PAM (*Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation*)
- ➔ ADSL2 nutzt bessere Signalverarbeitung und Codierung zur Erhöhung der Datenraten (max. 12 Mb/s downstream und 3.5 Mb/s upstream)
- ➔ Bei ADSL2+ ist der Frequenzbereich verdoppelt (bis 2208 kHz). Zusätzlich erlaubt ADSL2+ auch die Anpassung der Datenrate bei bestehender Verbindung.

1.7 Zusammenfassung / Wiederholung



- ➔ Fourier-Analyse
 - ➔ jedes Signal kann in Summe von Sinusschwingungen zerlegt werden
- ➔ Nyquist-Theorem
 - ➔ Signal mit Bandbreite H : max. $2 \cdot H$ Abtastungen / s
- ➔ Shannon'sches Theorem
 - ➔ Leitung mit Bandbreite H und Rauschabstand S/N : max. Datenübertragungsrate $H \cdot \log_2(1 + S/N)$
- ➔ bit/s versus Baud

1.7 Zusammenfassung / Wiederholung ...



- ➔ Modems
 - ➔ bis 33.600 bit/s: QAM
 - ➔ Modulation von Phase und Amplitude, bis 14 Bit pro Abtastung
 - ➔ 56 kbit/s: asymmetrische Übertragung
 - ➔ *downstream*: 8000 Abtastungen mit 7+1 Bit
 - ➔ Provider digital ans Telefonnetz angeschlossen
- ➔ Telefonnetz (T1/E1, SONET)
 - ➔ synchrone Netze (garantierte, konstante Datenrate)
 - ➔ bit- bzw. byteweises Multiplexing
 - ➔ mehrere Datenströme über ein Kabel
 - ➔ taktbasiertes Framing (kein Bit-/Bytestuffing)



- ➔ PPP: Sicherungsschicht-Protokoll im Internet
 - ➔ unzuverlässig, keine Flußkontrolle
 - ➔ optionale Authentifizierung (PAP, CHAP)
 - ➔ Aushandlung von Parametern für Vermittlungsschicht
- ➔ *Frame Relay*
 - ➔ virtuelle Verbindungen
- ➔ ATM
 - ➔ Zellenvermittlung, virtuelle Verbindungen
- ➔ ADSL: 256 Kanäle á 4 kHz, jeweils mit QAM