

1 Einleitung

- Fernsprech-Festnetz: hohe Bedeutung und Wachstum; auch als Zugangsnetz für Internet und Übergang zum Mobilfunknetz
 - Zugang zum Internet vor allem für private Nutzer
 - Funknetz: extremes Wachstum; in 12 Jahren hat die Zahl der GSM-Teilnehmer allein die Zahl der Festnetzteilnehmer überschritten
Datendienste gewinnen an Bedeutung; 3G mit Hochgeschwindigkeitsdatendiensten
 - Internet: gewinnt immer mehr an Bedeutung; rasantes Wachstum;

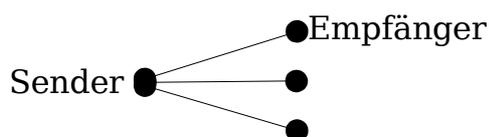
 - Rechner bilden zentrale Komponenten der Telekommunikationsanlagen
 - ermöglicht neue Telekommunikationsdienste
 - Digitalisierung von Sprach- und Bildinformationen
 - ermöglicht Integration mit Datenübertragungsdiensten
- ⇒ Informatik und Telekommunikation eng verbunden
- Inhalt der Vorlesung
 - Kommunikation in öffentlichen Netzen; Übertragung digitaler Information über größere Entfernung
 - Schwerpunkt auf informatischen Aspekten der Telekommunikation

1.1 Grundlegende Begriffe und Verfahren

Telekommunikation: wurde zunächst als Sprach- und Bewegtbildkommunikation über große Entfernung mit Hilfe analoger Signale verstanden

- durch Verwendung digitaler Sprache zur Beschreibung von Nachrichten wurde Neudefinition erforderlich
- Telekommunikationsgesetz: Telekommunikation ist der technische Vorgang des Aussendens, Übermittels und Empfangens von Nachrichten jeglicher Art in der Form von Zeichen, Bildern oder Tönen mittels Telekommunikationsanlagen.
- Nachricht ist eine Mitteilung einer oder mehrerer Informationen. Information ist Wissen über ein Ereignis, Tatbestand oder Sachverhalt.

Informationsverteilung



Nachrichtenvermittlung



Informationsgesellschaft

- seit Anfang der 70er
- Definition: Hochtechnologisierte Industriegesellschaft, in der Informations- und Kommunikationstechnik bestimmend für das wirtschaftliche, kulturelle und soziale Leben sind.
Wichtigstes Merkmal: Mehrheit der arbeitenden Bevölkerung direkt oder indirekt mit dem Sammeln, Weiterleiten und Verarbeiten von Information beschäftigt.

Multimediasgesellschaft: mit Fokus auf Digitalisierung und Integration von Text, Bild, Sprache auf einem Rechner oder Übertragungsweg

Telematik: Telekommunikation + Informatik

Heute Teilgebiet der Informatik: das sich mit der Kommunikation von Daten über „größere“ räumliche Entfernung befasst.

- Anwendungen:
 - Verkehrstelematik: rechner- und kommunikationsgestützte Verkehrsleitsysteme
 - Telemedizin: Ferndiagnose, Patientenüberwachung, Telechirurgie

Unterschiede

analog / digital (binär | tertiär | okternär)

Abtastung zeitkontinuierlich → zeitdiskret

Quantisierung wertkontinuierlich → wertdiskret

Codierung

Daten ↔ Signal

analoge Daten: Audio, Video

digitale Daten: Textzeichen codiert in Folgen von Bits
verbreitetster Code: IRA (International Reference Alphabet)
frühere Bezeichnung: IA5 (International Alphabet No. 5)
US-nationale Version: ASCII

analoge Signale: kontinuierlich sich ändernde elektromagnetische Welle
über leitungsgebundene und nicht leitungsgebundene Medien (zwingend bei Funk, Lichtwellenleiter)

digitale Signale: Sequenz von Spannungsimpulsen (z.B. konstant positiv für

binäre 0, konstant negativ für binäre 1) über metallische Leiter

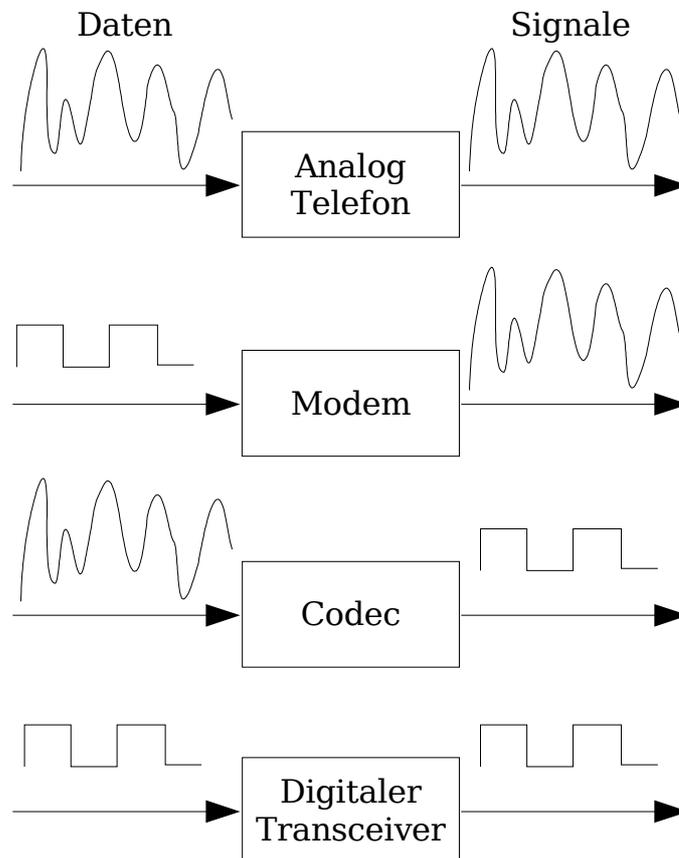
Nachteile der digitalen Übertragung:

- höhere Dämpfung insbesondere bei hohen Frequenzen
- höhere Bandbreite

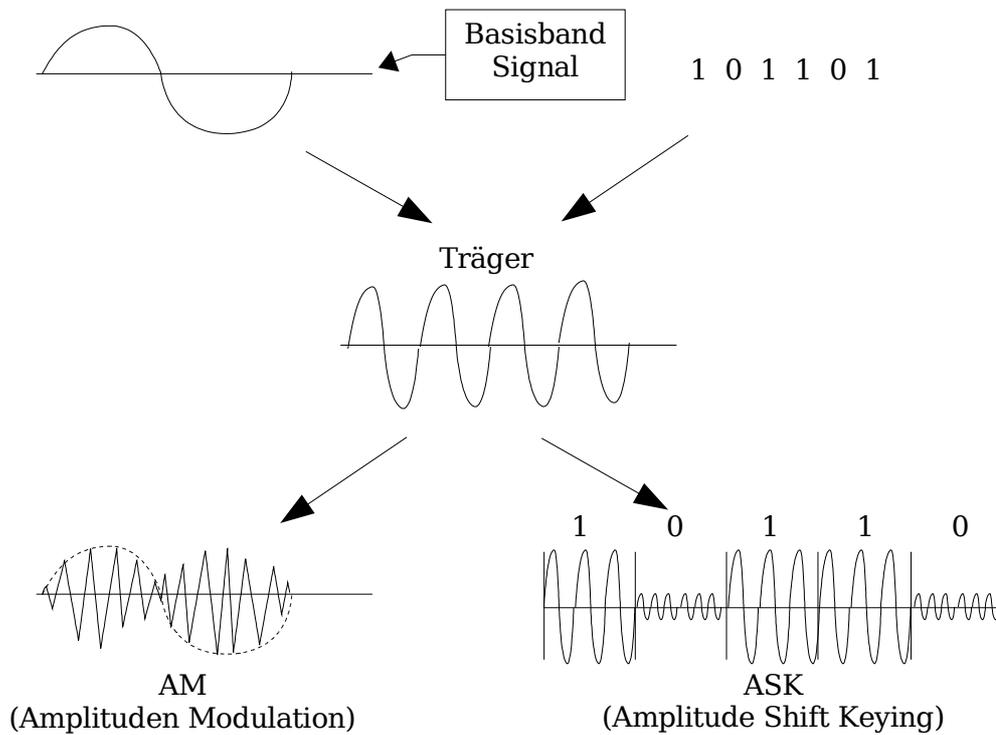
Vorteile:

- weniger empfindlich gegenüber Störern
- Regeneratoren statt Verstärker
 - ↳ Übertragung ist von Entfernung unabhängig
- störungsfreiere Mehrfachzugriffsverfahren
- effizientere Vermittlungstechniken

Umwandlung in analoges Signal



Analoge Übertragung digitaler / analoger Daten



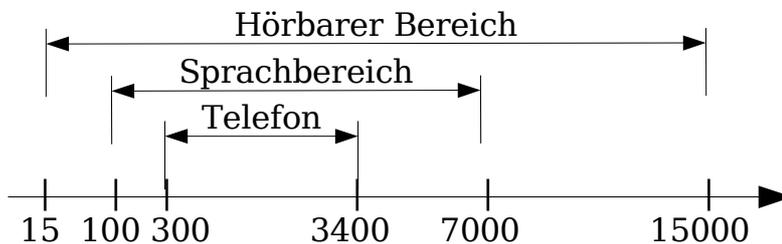
	Modulation	Codierung
Input / Output	Analoges Signal	Digitales Signal
Analoge Daten	AM, FM, PM	
Digitale Daten	ASK, FSK, PSK, QAM, ...	NRZ, Manchester Bi-polar-AMI

*SK Shift Keying

PCM = Pulse Code Modulation für Sprache

Digitalisierung von Sprachsignalen

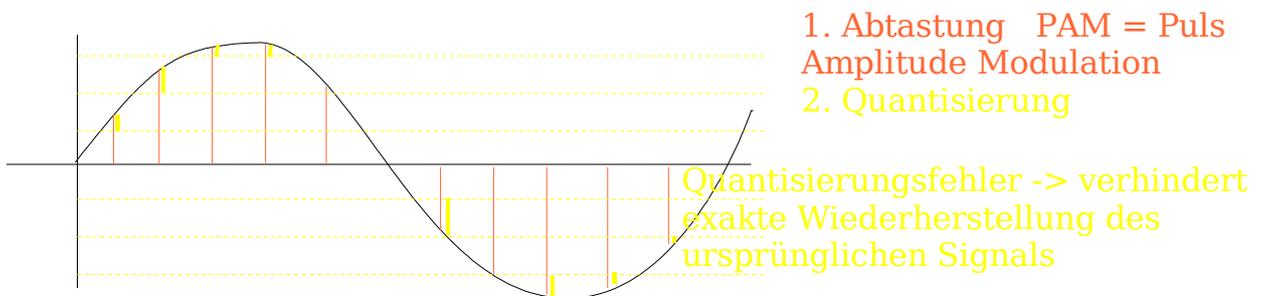
- Frequenzspektrum von Sprache = 100 – 7000 Hz
akzeptable Reproduktion möglich mit 300 – 3400 Hz (mimiert erforderliche Übertragungskapazität)



- Abtast-Theorem: konservative Wahl für Abtastrate: 8000 Hz

PCM-Verfahren

- Abtastung mit 8000 Hz
- Quantisierung: Einteilung des gemessenen Amplitudenwertes in 256 Intervalle
- Codierung: binär \Rightarrow 8 bit
- resultierende Übertragungsrate: $8000 * 8 \text{ bit/s} = 64\text{Kb/s}$



bei linearer Quantisierung:

mittlerer absoluter Quantisierungsfehler ist immer gleichgroß unabhängig vom Signalpegel

\Rightarrow niedrige Signalpegel werden relativ stärker gestört

Verbesserung:

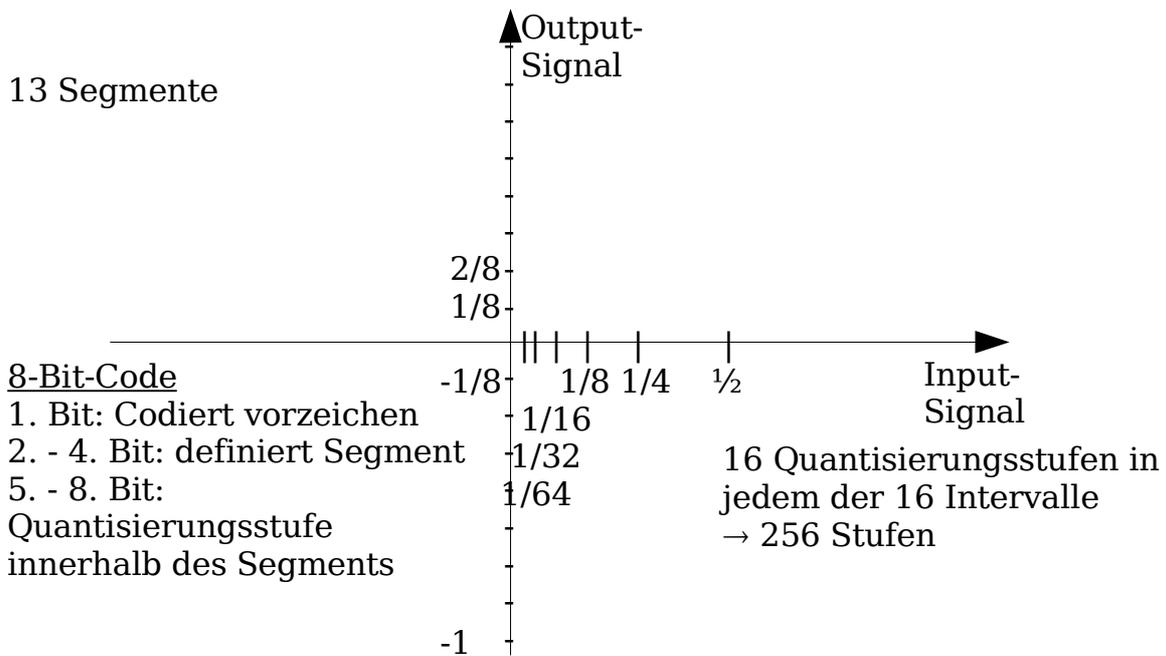
nichtlineare Quantisierung:

- verwendet größere Zahl von Quantisierungsleveln für niedrigere Signalpegel und weniger für höhere Signalpegel
 \Rightarrow Gesamtstörung wird reduziert

- Companding: gleicher Effekt durch compressing - expanding des analogen Input-Signals \rightarrow größere Verstärkung schwacher Signale

\rightarrow deutliche Reduktion des Signal-zu-Stör-Verhältnisses

- A-Kennlinie: mit 13 Segmenten



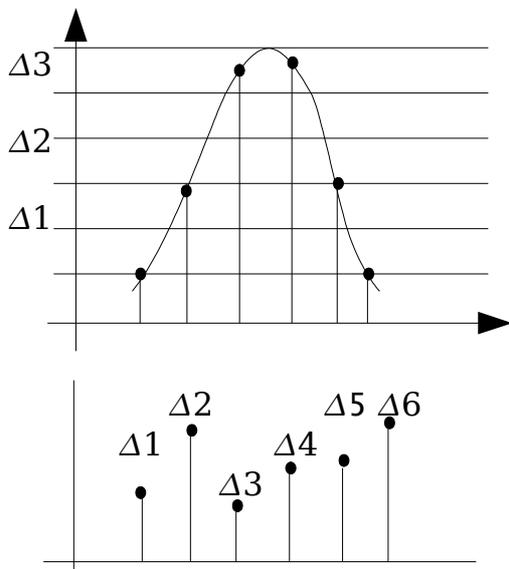
-u-Kennlinie in USA und Japan: 15 Segmente

⇒ inkompatibel, Umsetzung erforderlich für digitale Verbindung zwischen USA und Europa

DPCM = Difference Pulse Code Modulation

-in der Regel hohe Korrelation der PAM-Signale

↳ hoher Gewinn an Bandbreite bei Kodierung des Delta zwischen benachbarten Amplituden anstelle des absoluten Werts



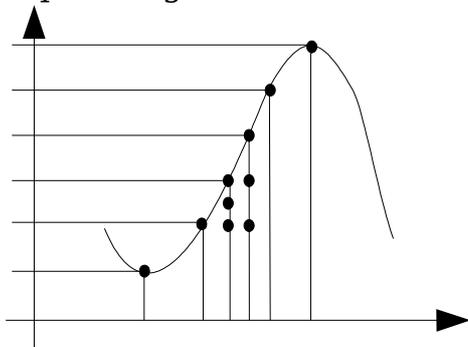
⇒ 4 Bits statt 8 ausreichend für Codierung

→ bei starker Abweichung zwischen aufeinanderfolgenden Abtastraten muss bis zum maximal darstellbaren Wert abgeschnitten werden

- empfindlich gegenüber Verlust eines Abtastwerts
- weitere Verbesserung von DPCM
 - Codierung der Differenz zu einem nach festen Regeln ermittelten Vorhersagewert (Prädiktor) basiert auf Historie der Abtastwerte und statistischen Gegebenheiten
 - ⇒ Wahrscheinlichkeit für Abschneiden reduziert

ADPCM (Adaptive differential PCM)

- Abtastintervalle und Regeln für Prädikation werden dynamisch an das Übertragungssignal angepasst.
- Bei sehr starker Signalsteigung werden Quantisierungsstufen vergrößert
- ⇒ mit nur 4 Bits (15 Level) sind auch sehr große Deltas ohne Abschneiden der Amplitude darstellbar
- Anwendung in der Mobilkommunikation
- ITU-Empfehlung G.726



Multiplexverfahren

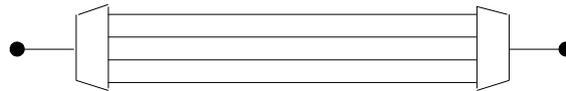


Ziel: Interferenzfreie Übertragung logischer Verbindungen auf einem physikalischem Übertragungsweg

- Mehrfachnutzung teurer Übertragungswege
- effiziente Nutzung der Übertragungen von Hochgeschwindigkeits-Telekommunikation nutzen
- in der Regel bietet das physikalische Medium mehr Kapazität als von einer Quelle benötigt wird

Inversmultiplexen

Nachrichten-
quelle
Bandbreite
 $4 N$



z.B. 4 physikalische Leitungen oder Kanäle mit je N Bandbreite

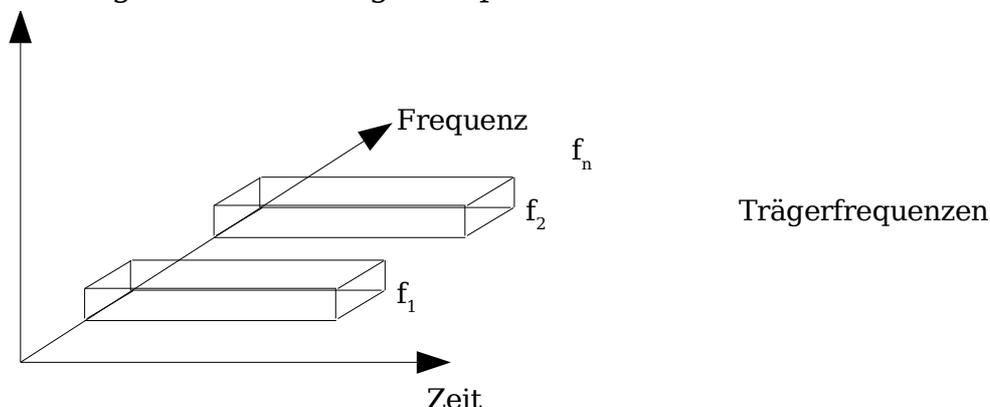
- Nachrichten einer Quelle werden aufgeteilt auf mehrere schmalbandige Träger (Kanäle)
- z.B. ISDN, xDSL

Multiplexverfahren

- Frequenzmultiplex
 - Wellenlängenmultiplex (bei Lichtwellenleitern)
- Zeitmultiplex
 - synchron
 - asynchron
- Raummultiplex
 - in leitungsgebundenen Systemen
 - in Funksystemen
- Codemultiplex

Frequenzmultiplex (FDM = Frequency Division Multiplexing):

- für analoge und digitale Information
- jeder Signalquelle wird ein anderes Frequenzband innerhalb der zur Verfügung stehenden Bandbreite zugeteilt
- Modulation (AM, FM, PM) notwendig zur Verschiebung des Signals im Basisband in das gewünschte Trägerfrequenzband



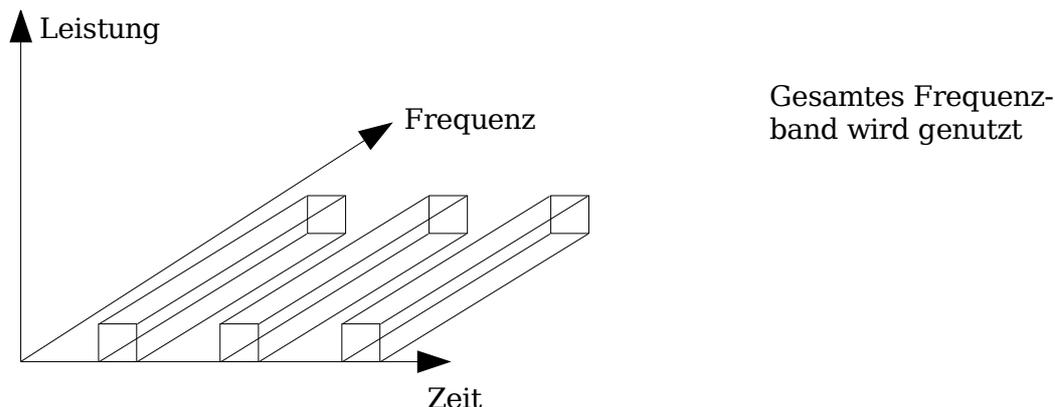
FDMA = Frequency Division Multiple Access

Wellenlängenmultiplex (WDM = Wavelength Division Multiplexing):

- Form des Frequenzmultiplex, verwendet bei Lichtwellenleitern
- Nutzung eines Lichtstrahls bestimmter Wellenlängen für einen Datenkanal

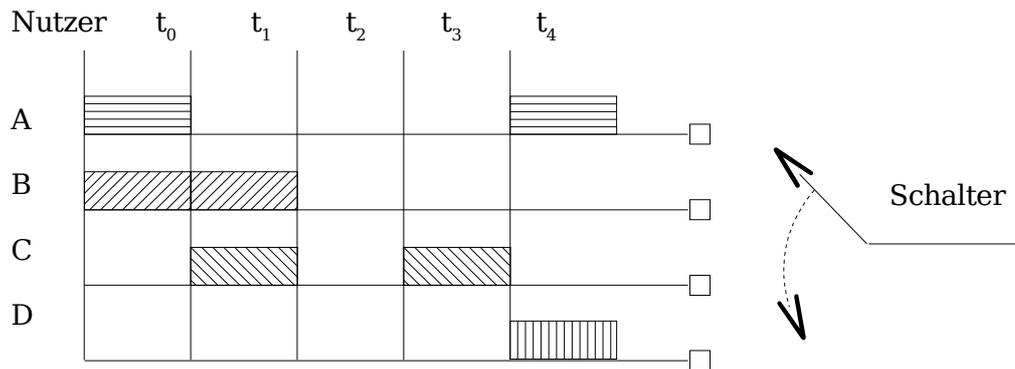
Zeitmultiplex (TDM = Time Division Multiplex):

- nur für digitale Information
- jeder Signal-Quelle wird das gesamte zur Verfügung stehende Frequenzband in einem bestimmten Zeitschlitz zugeordnet
- → zeitliche Verschachtelung der Signale unterschiedlicher Quellen
- synchrones und asynchrones Zeitmultiplex

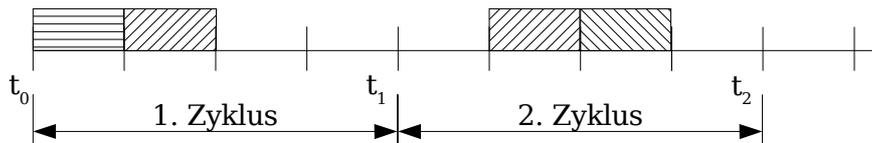


TDMA = Time Division Multiple Access

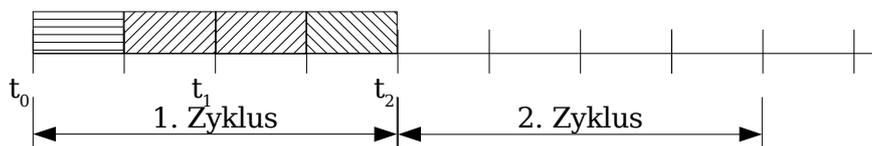
- synchrones Zeitmultiplex
 - einem Kanal wird ein bestimmter Zeitschlitz fest zugeteilt
 - Anwendung z.B. bei GSM
- asynchrones (statistisches) Zeitmultiplex
 - Zeitschlitz wird nur bei Bedarf zugeteilt
 - Zuordnung der logischen Verbindung nicht durch Zeitlage möglich, sondern muß durch mitgegebene Adressinformation hergestellt werden
 - → effizientere Ausnutzung eines Übertragungsweges
 - → niedrigere Datenrate möglich, oder bei gleicher Datenrate können mehr Quellen unterstützt werden
 - → zeitweise kann Summe der Übertragungsraten die Kapazität des Übertragungsweges überschreiben
 - Lösung: Pufferung im Multiplexer
 - Anwendung: ATM (Asynchronous Transfer Mode)



synchrones TDM

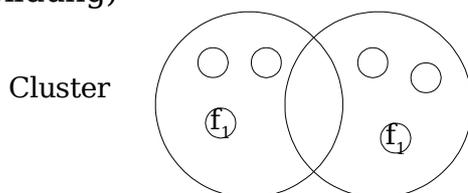


asynchrones TDM



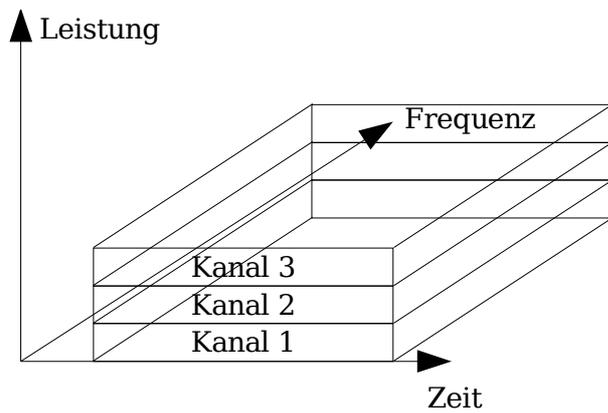
Raummultiplex (SDM = Space Division Multiplex)

- Leitungsgebunden: jede Leitung eines Leitungsbündels für eine logische Verbindung
- Funkübertragung: zellulärer Mobilfunk: Frequenzaufteilung auf Zellen (Clusterbildung)



Codemultiplex

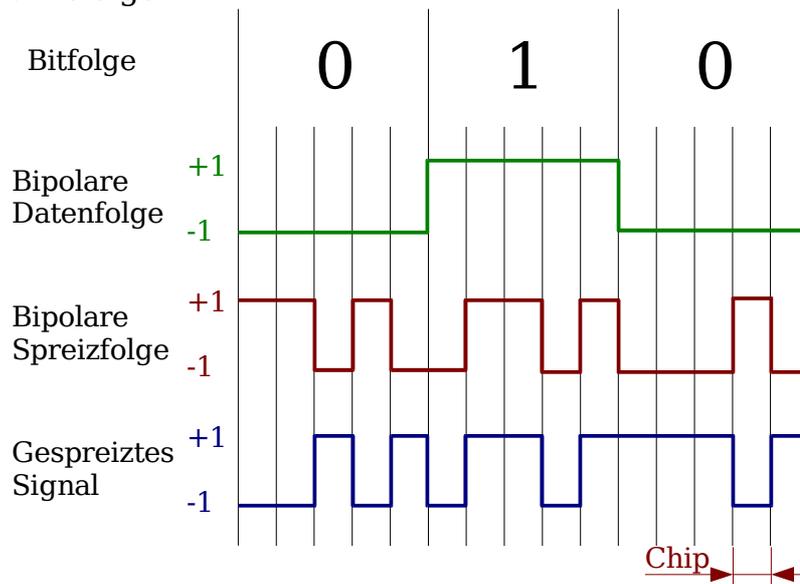
- Signale einer Quelle werden mit einer Spreizfolge
 - ↳ schmalbandiges Signal wird in breitbandiges umgewandelt
 - ↳ spektrale Leitungsdichte einer Quelle wird abgesenkt
- die Signale unterschiedlicher Quellen werden durch unterschiedliche Spreizfolgen (orthogonale Codes) getrennt



Gesamte Frequenzbandbreite wird genutzt

– Anwendung: z.B. UMTS, 3. Mobilfunkgeneration

Beispiel: Bitfolge



Spreizfaktor = 5
(Anzahl Spalten pro Bit)

$$\text{Spreizfolge} = \text{Anzahl Chips pro Bit} = \frac{\text{Bitzeit}}{\text{Chipzeit}}$$

Bipolare Spreizfolgen unterschiedlicher Quellen müssen zueinander orthogonal sein, d.h. das Integral über die Produkte zweier Folgen über eine Periode soll Null sein.

m Chips, Chipvektor von Sender S und Sender T

$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i \cdot T_i = 0$$

$$\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i \cdot s_i = 1$$

- unempfindlich gegenüber frequenzselektiven Störungen
- Kommunikation sogar noch unter der Rauschschwelle möglich

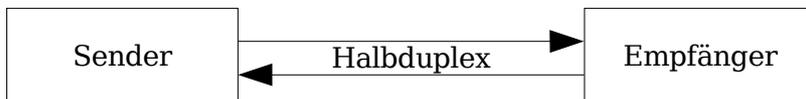
Betriebsarten

- gemäß ANSI-Definition

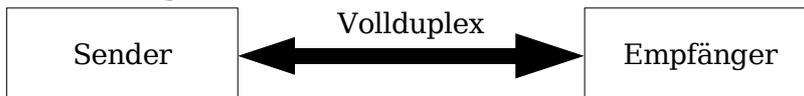
- Simplex: Einer sendet, einer oder mehrere empfangen
Anwendung: z.B. Rundfunk, Paging-Dienste



- Halbduplex: Zu einer Zeit kann immer nur einer senden, der andere empfangen
Anwendung: Telexnetz



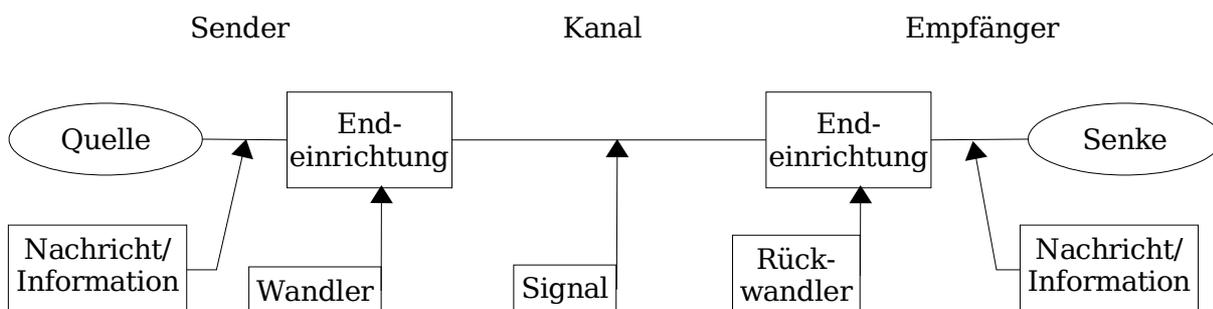
- Vollduplex: gleichzeitiges Senden / Empfangen in beide Richtungen möglich
Anwendung: z.B. ISDN



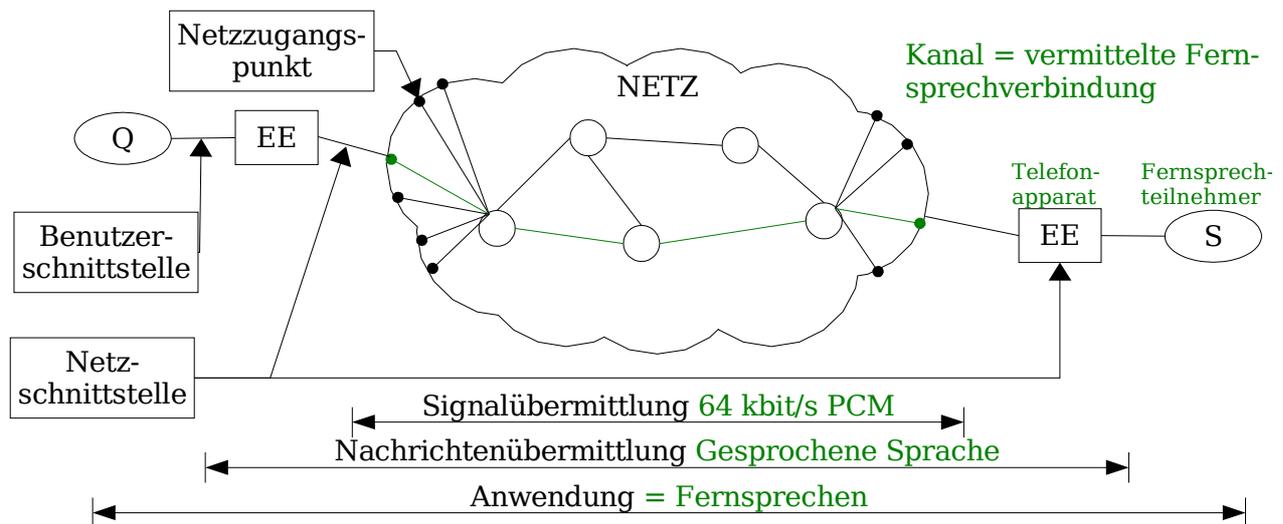
Duplexverfahren = Verfahren zur Richtungssteuerung

- FDD = Frequency Division Duplex
Richtung mit getrennten Frequenzbändern
Duplexeinheit notwendig zur Richtungstrennung (Sende- / Empfangsfilter)
- TDD = Time Division Duplex
Richtung in verschiedenen Zeitlagen
benötigt keine Duplexeinheit, aber mehr als doppelt so hohe Bitrate wie FDD

1.2 Kommunikationsmodell



Kanal: einzelner Pfad auf einer Leitung zwischen Quelle und Senke durch Trennung FDM / TDM / SDM / CDM erzeugt



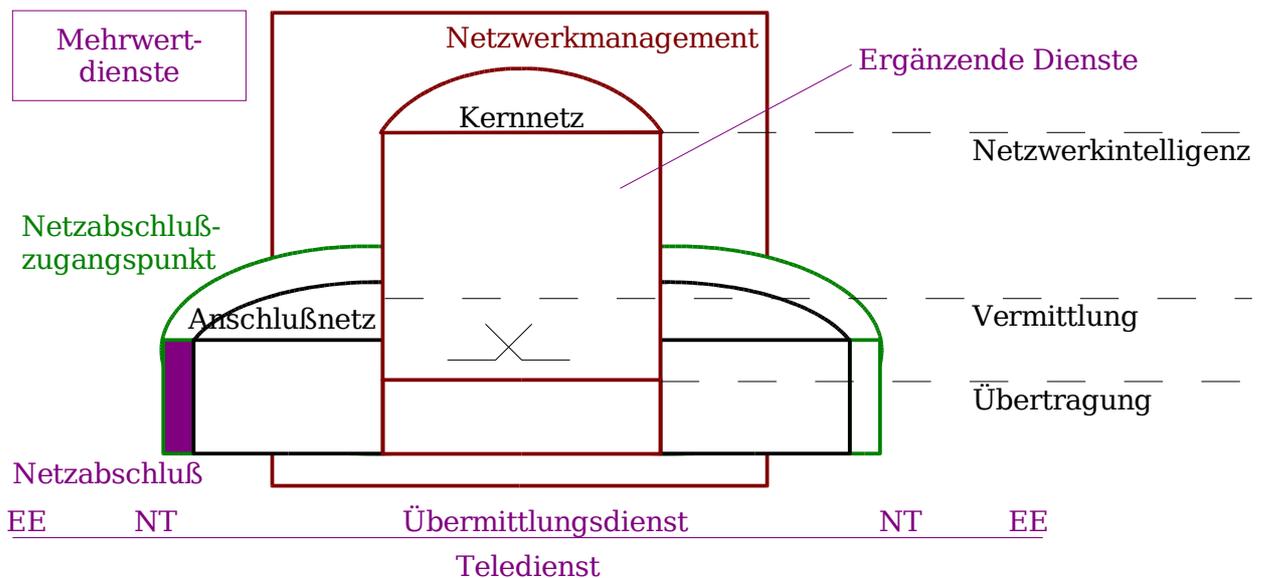
Mögliche Nutzinformation

- Audio (Ton bzw. Sprache)
- Text (Schriftzeichen)
- Bild
 - fest (Grafik, Foto)
 - bewegt (Video, Animation)
- Daten (Binärdateien)
- Dienst: Fähigkeit des Netzes, Information einer bestimmten Art zu übertragen

Historische Entwicklung der Netze

- Bisher: Netze spezialisiert auf Informationsart (Dienst Fernsprechnet (Sprache), Fernschreibnetz (Text), Fernsehnetz (Bild), Datex-Netz (Daten))
- Heute: Konvergenz der Netze, Netzschnittstellen und Endeinrichtungen zu wenigen integrierten Netzen, aufgrund der Digitalisierung möglich
ISDN: Integrated Services Digital Network (dienst-integrierendes digitales Netz)

Referenzmodell für Telekommunikationsnetz



Anschlußnetz (Access Network):

verbindet Teilnehmer mit der Orts- oder Teilnehmervermittlungsstelle (OVSt / TVSt)

Kernnetz (Core Network):

verbindet Vermittlungsknoten untereinander

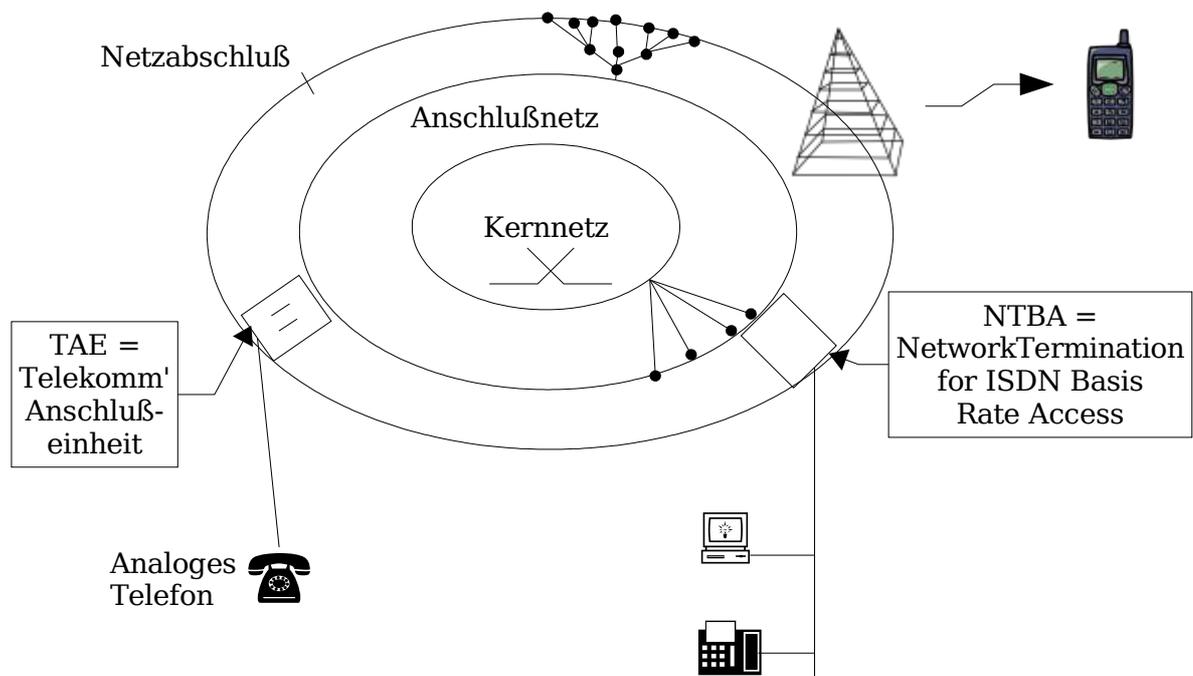
Netzabschluß (Network Termination):

Anschluß an das Telekommunikationsnetz beim Teilnehmer; Teil des Netzes
 ⇒ Fernwartungsfunktionen eingebaut; Zugang zum Kommunikationsnetz für das Endgerät

Netzwerkmanagement:

zusätzliche Funktionalität, im wesentlichen zur Überwachung, Planung, Steuerung des Kommunikationsnetzes

z.B.: Fehlermanagement
 Konfigurationsmanagement
 Performancemanagement



Übertragungsebene

gebildet durch verlegte Zugangs- und Verbindungsleitungen oder Funkzugänge
 Richtfunk-, Satellitenstrecken

Aufgabe: kostengünstiger, effektiver und fehlerfreier Transport der Nutz-
 information

Übertragungsmedien:

- 2-Drahtleitungen (vor allem im Anschlußnetz)
- Lichtwellenleiter
- Koaxkabel (im Anschlußnetz für Kabelfernsehen)
- Funk oder Kombination

Übertragungstechnik: im gesamten Netz

- SDH (Synchrone Digitale Hierarchie)
- PDH (Plesiochrone Digitale Hierarchie)
- TDMA
- FDMA
- CDMA

überwiegend im Anschlußnetz:

- xDSL (Digital Subscriber Line)

Funktionalität:

- Multiplexen
- Concentration
- Cross Connection
- A/D-Wandlung für PSTN (Public Switched Telephone Network)

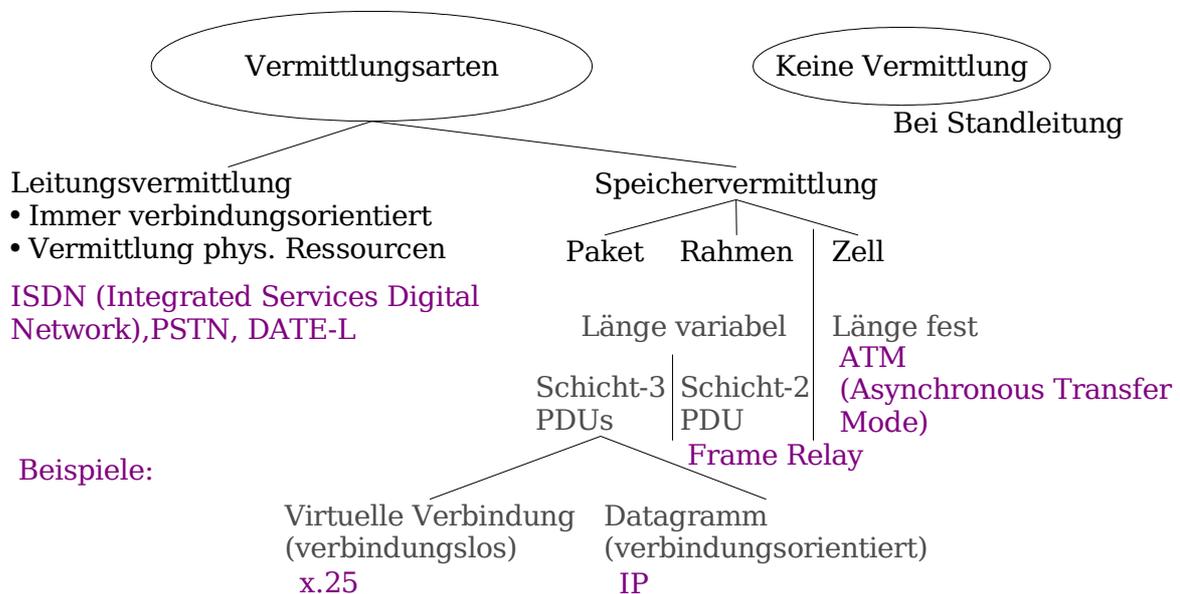
Vermittlungsebene

gebildet durch Vermittlungsstellen mit eigener Hierarchie (TVSt, Fernvermittlungsstellen FVSt)

Vernetzung durch Nutzung der Übertragungsebene

Aufgabe: Bereitstellen von Verbindungen

Verfahren:



CS (Circuit Switched)

PS (Packet Switched)

Frame Mode

Cell Mode

Netzwerkintelligenz (Dienstebene)

Zusatzdienste: speziell gekennzeichnete Adressen spezifizieren bestimmte Dienste (nicht Zugangspunkte)

Adresse wird als Dienstaufwurf erkannt und abhängig von Dienst und geforderten Eigenschaften wird Zieladresse identifiziert und an Vermittlungsebene übergeben.

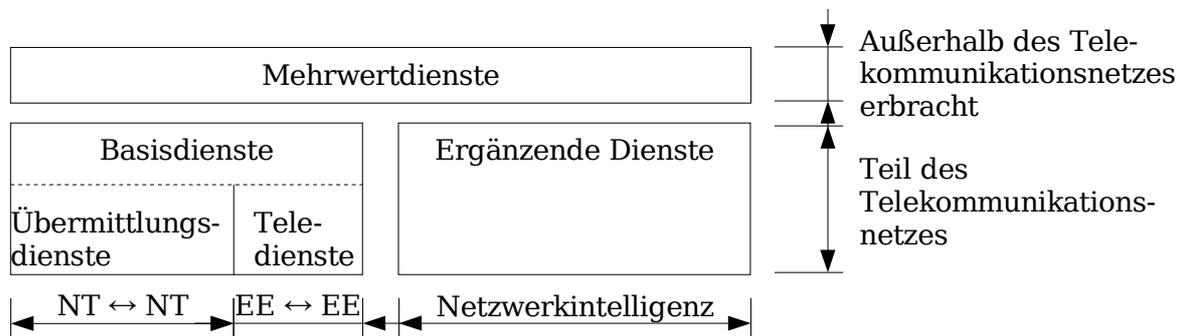
Beispiel: Bestelldienst, z.B. ortsabhängige Zuordnung der Zieladresse, je nach Herkunft des Anrufs

Call Center, z.B. zeitabhängig, abhängig vom Dienstplan, Weiterleiten eines Anrufs

für Teilnehmer transparent

1.3 Netze und Dienste

Übersicht über Telekommunikationsdienste



Basisdienste: Funktionen einer OSI-Schicht (Open System Interconnection)

- Diese der OSI-Schicht 1-3;
Übermittlungsdienste oder Trägerdienste (Bearer Services)
Stellen dem TLN bestimmte Übertragungskapazität (max. Bitrate) zur Verfügung, einschließlich Verbindungsauf- und -abbau
Art der Nutzkommunikation bleibt dem TLN überlassen
z.B. Datex-P
Standleitung oder Datendirektverbindung (DDV)
- Teledienst: Dienste der OSI-Schicht 1-7
Ende-zu-Ende-Kommunikation einschließlich Sicherstellung der Kompatibilität der Endeinrichtungen
z.B. Telefon, Telefax, Telex
- Ergänzende Dienste oder Dienstmerkmale (Supplementary Services)
Unterstützen die Nutzung der Basisdienste
auch zur Abwicklung der Kommunikationsprozesse, können nur mit Basisdiensten gemeinsam verwendet werden
Beispiele:
 - ↳ Rufumleitung
 - ↳ Anklopfen
 - ↳ Makeln (Wechsel zwischen aktiven Verbindungen)
 - ↳ Konferenzschaltung, Teletreff
- Mehrwertdienst (Value Added Service): gehen über reine Kommunikationsdienste hinaus
Beispiele:
 - ↳ Speicherdienst (Mailbox) bei Internet Service Provider

- ↳ Abrufdienste (Informationsdienste für z.B. Nachrichten, Kultur, Börse, Sport, Verkehr, Wetter, ...)
- ↳ Transaktionsdienste (geschäftliche Transaktionen, z.B. Online Banking, Teleshopping, Flugreservierung)

In der Regel gegen Entgelt von speziellen Diensteanbietern angeboten
kommerzielle Mehrwertdienste auch als Online-Dienste bezeichnet

Netzkategorien

– nach Zugänglichkeit

↳ öffentlich

↳ privat

– nach Kommunikationsrichtung

↳ Verteilnetze – unidirektional, kein Rückkanal

↳ Vermittlungsnetze – bidirektional

– nach Übertragungsmedium

↳ leitungsgebunden

↳ drahtlos

• Paktevermittelte Datenübertragung

Netze: Datex-P (Data Exchange / Paketvermittlung)

- 1980 in Betrieb genommen

- 9,6 Kb/s

- 6,4 kb/s bei synchroner Übertragung mit Vermittlung

- 1,92 Mb/s bei Standleitungen

- Bitfehlerwahrscheinlichkeit 10^{-9}

ISDN über B- oder D-Kanal

• Rahmenvermittlung

- Vermittlung auf Schicht 2

- Schicht 3 kann weitgehend entfallen

- Fehlererkennung und -behandlung in dem Endsystem

→ bei zuverlässigen Übertragungsmedien deutlich verkürzte Übertragungszeiten

Netz: Frame Link Plus der Deutschen Telekom mit Übertragungsraten bis zu 2 Mb/s

Anwendung für LAN – LAN-Verbindung über größere Entfernung

• Zellvermittlung (Cell Switching)

- kleinere Pakete fester Länge = Zellen
- virtuelle Verbindung
- internationaler Standard ist ATM

Netze: T-ATM der Deutschen Telekom

Anwendung: Videokonferenzen, Sprachanwendungen

DATEX-M (Data Exchange / Multimegabit)

Dt. Telekom

bis zu 140 Mbit/s; DQDB (Distributed Queue Dual Bus)

- Telefondienst
 - analog + handvermittelt ab 1877 (1881 – 1966 in BRD, in Potsdam – 1944)
 - analog + automatisiert ab 1892 (- 1998 in Deutschland)
 - mit Hebdrehwähler (Strowger-Wähler)
 - Impulswahlverfahren (IWV)
 - Mehrfrequenzwahlverfahren (MFV)
 - digital: ab 1970er
- Simplex-Dienst: Funkruf
 - reine Empfangsgeräte (Pager)

Simplex Funknetze: Cityruf
- Halbduplex-Dienst: Bündelfunk
 - für geschlossene Benutzergruppen (Transportunternehmen, Außendienst)

Halbduplex Netz: TETRA (Terrestrial Trunked Radio)
- Telefax (Fernkopierdienst)
 - 1979 von der Deutschen Bundexpost eingeführt

Netz: öffentliches Telefonnetz
Telefax-Endgeräte Gruppen

 - G3: für analogen und ISDN-Anschluß: 200 x 200 dpi, ca. 1 Min / DIN A4-Seite
 - für ISDN-Anschluß: 400 x 400 dpi, ca. 6 s / DIN A4-Seite

2 ISDN

Entstehung und Entwicklung

Ziel: Integrierte Übertragung aller Nachrichten (Sprache, Text, Bilder, Daten)

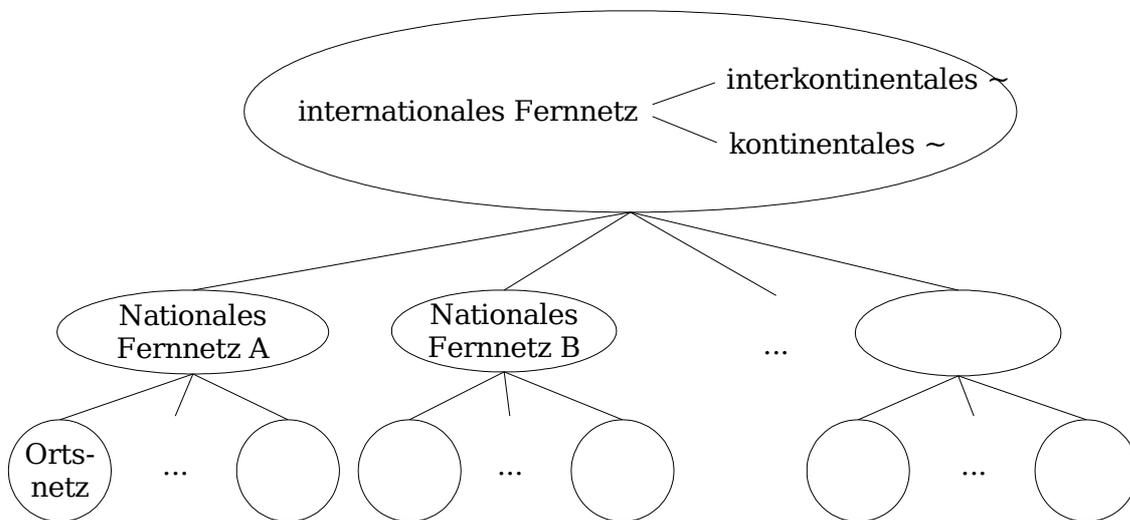
- Prozess begann 1974 mit IDN (Integriertes Text- und Datennetz): gemeinsames Transportnetz für Telex, Teletex, Datex-L, Datex-P und Festverbindung mit unterschiedlichen Teilnehmerschnittstellen
- S-ISDN (Schmalband, auch N-ISDN für Narrow Band) integriert IDN und das digitale Fernsprechnet, seit 1990

- B-ISDN (Breitband). Standardisiert seit 1988, in Betrieb seit 1996
Übertragungsraten: Vielfache von 155MB/s
- Charakteristika:
 - ↳ weltweit standardisiertes, digitales Kommunikationssystem (CCITT, seit 1994 ITU (International Telecommunication Union))
 - ↳ transparente, digitale leitungsvermittelte 64kb/s-Verbindungen
 - ↳ Anschluß der Teilnehmer-Endeinrichtungen über bereits verlegte Telefonleitung

2.1 Das digitale Übermittlungsnetz

Struktur: international 3 Hierarchie-Ebenen

internationales Fernsprechnet



internationales Fernnetz: verbindet nationale Fernnetze

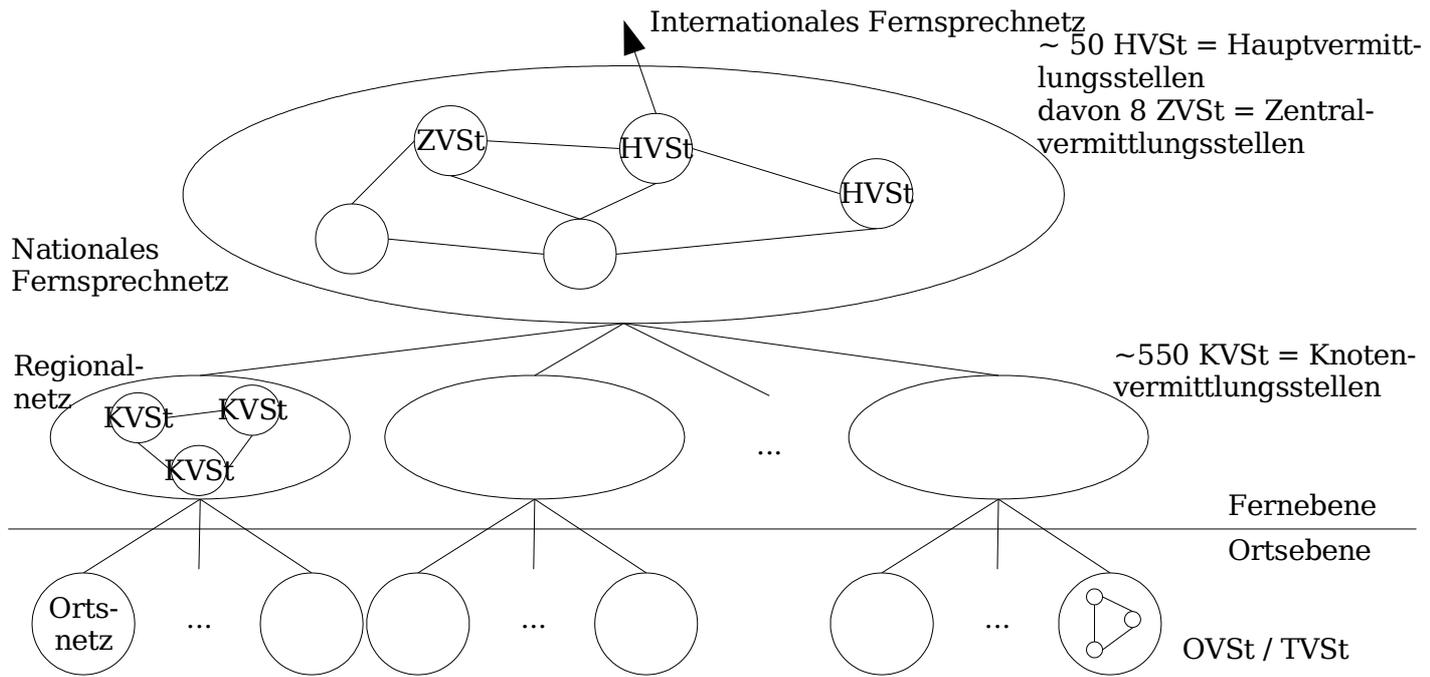
nationales Fernnetz: verbindet Ortsnetze

Ortsnetz: besteht aus 1 oder mehreren Teilnehmervermittlungstellen / Ortsvermittlungstellen (TVSt / OVSt), Endeinrichtungen und Verbindungen zwischen OVSt und dem Anschlußnetz

Betreiber nur im Fernnetzbereich nennt man Verbindungsnetzbetreiber

Betreiber nur im Ortsnetzbereich nennt man Teilnehmernetzbetreiber

nationales Fernsprechnet



- Adressierung im Fernsprechnet gemäß ITV-T-Empfehlung E.164

↳ internationale Norm

↳ seit 1997 Erweiterung von 12 auf 15 Ziffern (E.163 → E.164)

- Format:

Verkehrsausscheidungsziffer	Land	Ort	Teilnehmer	ISDN-Subadresse
5	2	2 .. 5	11 .. 8	Wird transparent übertragen
z.B. 0 national	Länderkennzahl (country code)	Ortsnetz-kennzahl (OKNZ, national destination code)	Teilnehmerkennzahl (subscriber number)	Verwendung z.B. nur Adressierung von Rechnern in einem LAN
00 international		Nationale Rufnummer (≤ 13 Stellen)		
		Internationale Rufnummer		
		ISDN-Rufnummer		

Internationale Schreibweise für

+ 4 9 91 31 9348xxx
Kontinent Länderkennzahl ZVSt KVSt TLN-Kennzahl

ZVSt in Deutschland

- 2 Düsseldorf
- 3 Berlin
- 4 Hamburg
- 5 Hannover
- 6 Frankfurt
- 7 Stuttgart
- 8 München
- 9 Nürnberg

Leitweglenkung: der tatsächliche Weg, den eine Verbindung im Netz nimmt, kann von der durch die Nummerierung vorgegebenen Hierarchie abweichen.
Gründe:

- kürzere oder wirtschaftlichere Verbindung
- oder als Reaktion auf Ausfall / Überlast

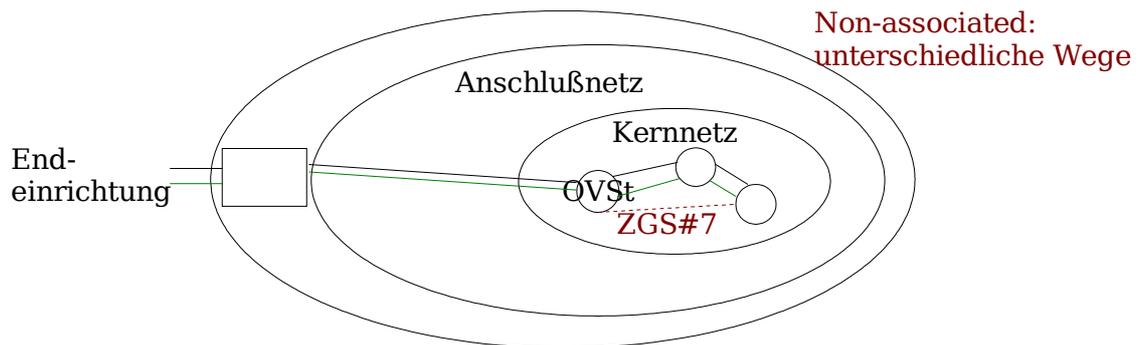
Signalisierung

- Aufgaben
 - Auf- und Abbau von Verbindungen
 - Steuerung von Nutzverbindungen
 - Gebührenerfassung
 - Prüf- / Wartungsarbeiten

Signalisierung (Zeichengabe) = Übermittlung von Information, die die Steuerung von Nutzverbindungen oder zugeordneten Leistungsmerkmalen ermöglichen (ergänzende Dienste)

- Arten von Signalisierung
 - Outband: Übertragung der Signalisierungsinformation in besonderem Kanal
 - Kanalgebundene Zeichengabe (Channel Associated Signalling)
feste Einteilung und Zuordnung zu Nutzverbindungen
bei Zeitmultiplex: $\hat{=}$ synchron
 - Zentralkanal Zeichengabe (Common Channel Signalling)
keine Unterteilung \rightarrow Signalisierungsnachricht enthält spezielle Kennung, die Zuordnung zu Nutzkanal erlaubt
bei Zeitmultiplex: $\hat{=}$ asynchron
 - Inband: Übertragung der Signalisierungsinformation zusammen mit der Nutzinformation in einem Kanal
- im ISDN-Kernnetz: Zentralkanal-Zeichengabe
 - internationaler Standard Zeichengabesystem Nr. 7 (Signalling System #7, SS#7, ZGS#7)
 - erstes Zentralkanalzeichengabesystem
 - erstmalige Trennung von Signalisierungswegen und Nutzdatenwegen
 - Signalisierungskanal wird in getrennten 64 kb/s-Kanälen vermittelt
 - es entsteht ein dem Nutzwegenetz überlagertes Zeichengabe- (Si- gnalisierungs-) Netz
- ISDN-Anschlußnetz:
D-Kanal-Protokoll

Multiplexverfahren im ISDN-Kernnetz



– Synchrones Zeitmultiplexverfahren

– Multiplexrahmen

$32 \times 8 \text{ bit} / 125 \mu\text{s} = 2048 \text{ kB/s}$							
Kanäle							
0	1	2	...	16	17	...	31
	8 bit						

Meldewort: Fehlermeldungen u. Alarme

Rahmenkennung

Abwechselnd übertragen

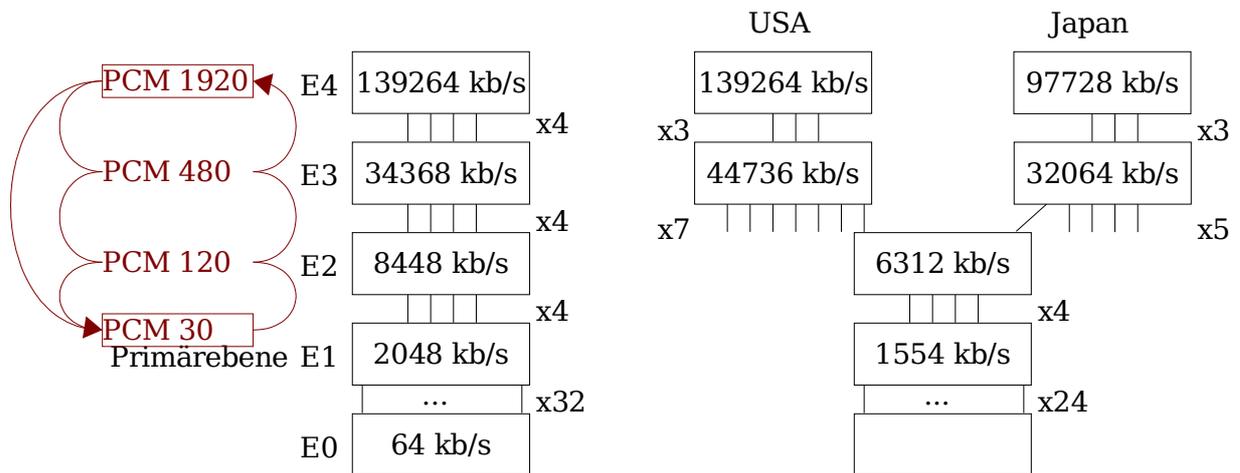
Signalisierungskanal: kanalgebunden

– Europäischer Standard

– in USA und Japan Standard mit 24 Kanälen

$(24 \times 8 + 1) \text{ Bit} \times 8000/\text{s} = 1544 \text{ kB/s}$				
1 Bit				
	1	2	...	24
		8 Bit		

– Mehrere Multiplexebenen → Multiplexhierarchie: PDH = Plesiochrone Digitale Hierarchie



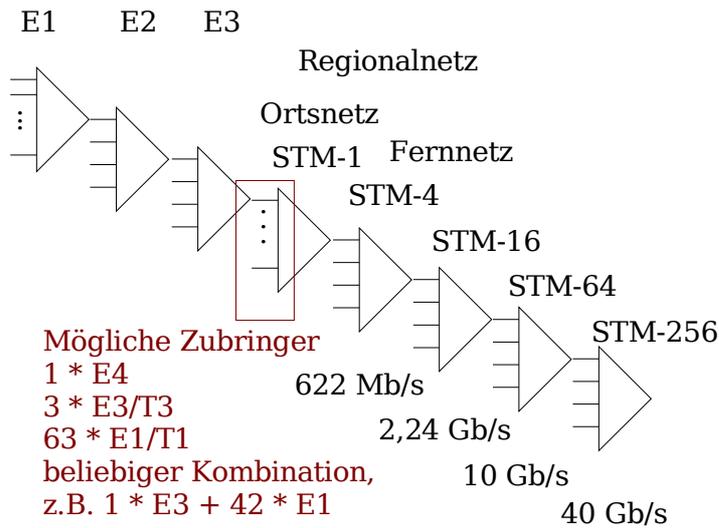
<<siehe Folie „2.1 Das digitale Übermittlungsnetz – PDH Multiplexprinzip“>>

Nachteile:

- Unterschiedliche Standards
- Umständlicher Zugriff auf Kanäle tieferer Stufen, aufgrund eingefügter Stopfbits
Demultiplexen über mehrere Stufen notwendig
- Ablösung von PDH durch SDH
 - ↳ weltweit einheitlicher Standard für Übertragungsnetze mit Bitraten > 140 Mb/s
 - ↳ Basis für Breitband-ISDN

SDH – Synchroner Digitale Hierarchie

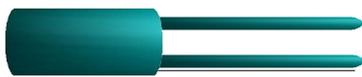
- entwickelt als Anpassung an gestiegene Übertragungskapazität durch Glasfasertechnik
- in USA als SONET (Synchronous Optical Network)
- flexibler Zugriff auf einzelne PCM-Kanäle bis auf PCM30-Ebene über Pointer
- SDH-Multiplexer arbeiten taktsynchron
- Übertragung der Nutzinformation unter Verwendung von synchronen Transportmodulen (STM) mit einheitlicher Struktur
- Basistransportmodul: STM-1-Rahmen Übertragungsrate = 155 MB/s



2.2 Teilnehmerschnittstellen

Anschlußarten:

– Basisanschluß (Basic Access, BA)

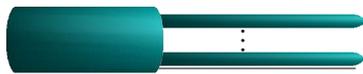


2 leitungsvermittelte B-Kanäle je 64 kb/s
1 (Querband-) Signalisierungskanal
(D-Kanal mit 16 kb/s)

↳ B-Kanäle sind unabhängig vermittelbar, können auch einer

↳ D-Kanal für Signalisierung, aber auch Daten mit 9,6 kb/s

– Primäremultiplexanschluß (Primary Rate Access, PRA)



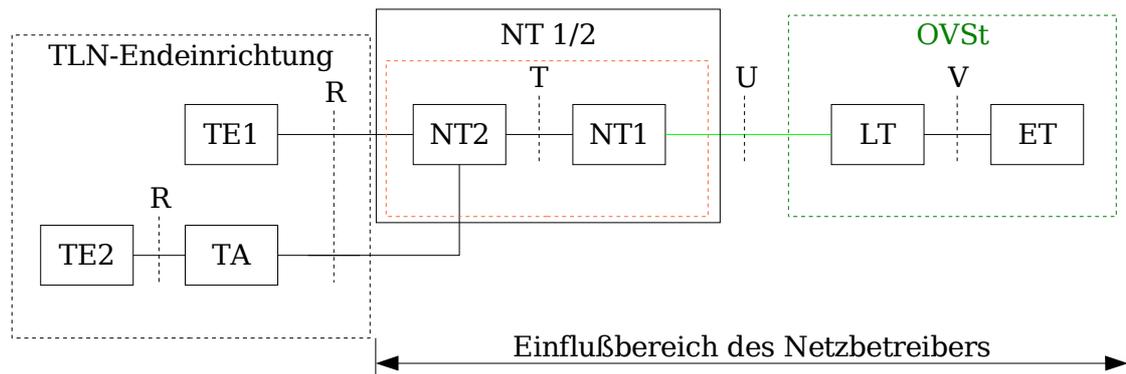
30 B-Kanäle je 64 kb/s \Rightarrow 1,92 MB/s
1 D-Kanal mit 64 kb/s

↳ für Geschäftskunden mit eigener Nebenstellenanlage (PABX – Private Branch Exchange)

Architektur der TLN-Schnittstelle

– ITV-T Referenzmodell

TE1 (Terminal Equipment): ISDN-fähiges Endgerät



TE2: Konventioneller nicht ISDN-fähiges Endgerät mit z.B. V.24, X21, a/b-Schnittstellen

TA (Terminal Adapter): Anapassungseinrichtung für nicht-ISDN-fähiges Endgerät; Bitratenanpassung und Protokollumsetzung

NT2 (Network Termination): Netzabschluß mit Vermittlungsfunktion zur Ankopplung von Subsystemen wie Telefonanlagen oder LANs (LAYER 2 & 3, z.B. durch Telekommunikationsanlage realisiert) beim Basisanschluß nicht vorhanden

NT1: Physikalischer Netzabschluß, Umsetzung 4/2-Drahtleitung
Notspeisung der Endgeräte; Echokanal Zugriffssteuerung
Leitungsprüfung (Testschleifen)

LT (Line Terminator): Gegenstück zum NT1 (Layer 1)

ET (Exchange Terminator): Vermittlungsabschluß, Schnittstelle zum Transportnetz (PDH, SDH, ...)

S: Schnittstelle zu ISDN-fähigen Endgeräten
international genormt
S₀ für Basisanschluß
S_{2M} für Primärmultiplexanschluß

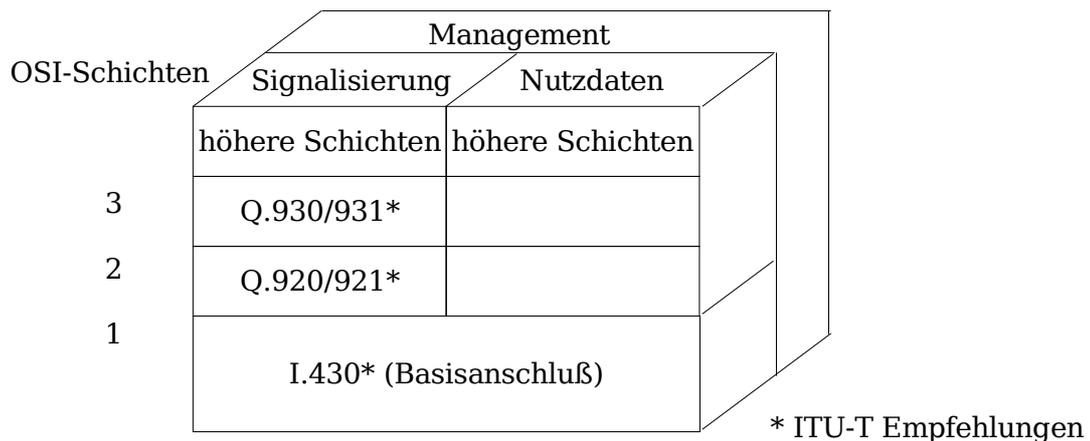
R: Schnittstelle zu nicht ISDN-fähigen TEs
z.B. analoge Telefone (a/b-Schnittstelle), über Modem angeschlossene TEs
oder X.25-Datenendgeräte

T: innerhalb des Netzabschlusses, fällt beim Basisanschluß mit der S₀-Schnittstelle zusammen (T/S₀)

U: Ortsanschlußleitung (2-Draht-Leitung)
U_{k₀} für Basisanschluß
U_{2M} für Primärmultiplexanschluß

V: innerhalb der OVSt

2.3 ISDN-Protokoll Referenzmodell



Signalisierungsebene (Control Plane): Protokolle 1 - 3 standardisiert
Transport paketvermittelter Daten

Nutzdatenebene (User Plane): Protokolle abhängig von Nutzdatenübertragung

- PCM-codierte Sprache
- Datenübertragung ins Internet → PPP mit TCP/IP
- Datex-P-Übertragung im B-Kanal → Schichten 2 und 3 von X.25

Managementebene (Management Plane)
tauscht PDUs mit anderen Ebenen aus zum

- Monitoring von Dateneinheiten der anderen Ebenen
- Behandlung nicht behebbarer Fehler

2.4 Bitübertragungsschicht der ISDN-Teilnehmerschnittstellen

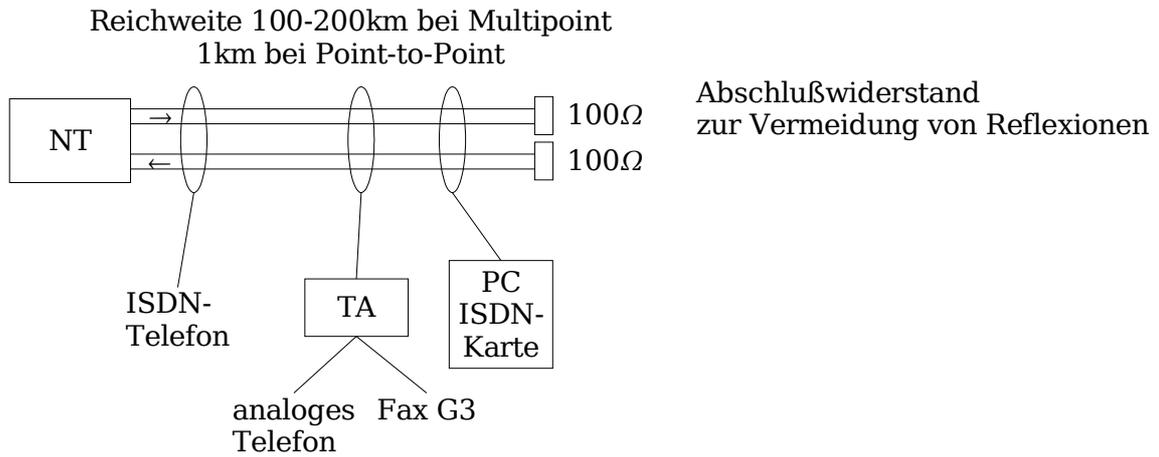
Schicht 1-Protokoll für

- S_0 Endgerät-Netzanschluß
- U_{k_0} Netzanschluß (NT1) – Leitungsanschluß der OVSt (LT)

2.4.1 S_0 -Schnittstelle

Bus-Anschlußszenario

Übertragungsmedium: passive 4-Draht-Leitung, 2 Doppeladern (Space Division Duplex)



≤ 8 Endgeräte

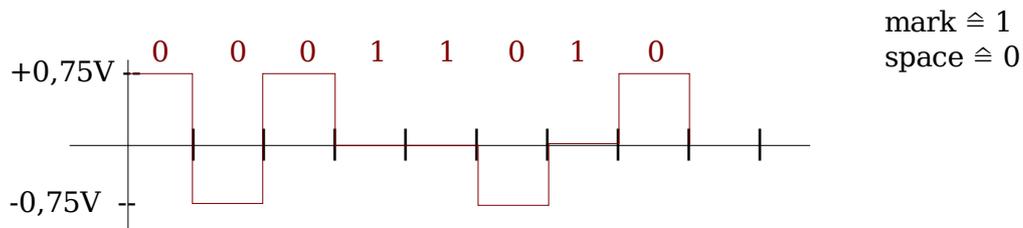
≤ 4 Endgeräte ohne eigene Stromversorgung

Funktionen der S_0 -Schnittstelle

TE		NT
Übertragung von Nutzdaten mit 2 x 64 kb/s	2 B-Kanäle	%
Signalisierung mit 1 x 16 kb/s	D-Kanal	%
Schritttaktsynchronisation	mod. AMI-Leitungscode	%
Oktettsynchronisation	Position der D-Kanäle im Rahmen	%
Rahmensynchronisation	Leitungscodeverletzung	%
Buszugriffssteuerung	über Echokanal	%
Fernspeisung		%
TE-Aktivierung		%
TE-Deaktivierung		%
Anschaltzustandsüberwachung		%

Leitungscode

- modifizierter AMI-Code (Alternate Mark Inversion)
- pseudoternärer Code: 3 Signalzustände
2 diskrete Werte
- Codierungsvorschrift: 0 → 0V
AMI 1 → alternierend $+U_H / -U_H$
- bei S_0 : logische Zuordnung von 1 und 0 vertauscht
eigentlich Alternate Space Inversion



Eigenschaften:

- Gleichstromfrei
notwendig wegen Verwendung von Übertragern
- 0-Folge zur Selbstsynchronisation
→ Schrittsynchronisation

Rahmenstruktur

<<siehe Folie „2.4.1 S₀-Schnittstelle – Rahmenstruktur“>>

- Kapazität für Information (Nutzdaten + Signalisierung): 144 kb/s in jede Richtung
- Rahmenlänge: 48 bit =
 12 bit Übertragungssteuerung Schicht-1
 + 36 bit Information
 Übertragungszeit pro Rahmen: 250 μ s
 Bruttobitrate: 192 kb/s
- unterschiedliche Rahmenstruktur für Sende- und Empfangsrichtung
- Zeitmultiplexverfahren

Rahmensynchronisation

- durch 2 Codeverletzungen
- 1. Codeverletzung:
 - F immer +U_h-Pegel \Rightarrow logischer Wert 0⁺
folgendes L-Bit immer 0⁻
 - Regel: nächste folgende 0 muß wieder 0⁻
spätestens mit FA-Bit (immer logische 0), d.h. das 14. Bit im Rahmen
- 2. Codeverletzung
 - letztes 0-Bit im Rahmen ist immer positiv Impuls „0⁺“
(da entweder L-Bit auf 0⁺ ausgleicht oder gleich „1“)
 - erstes Bit im Rahmen (F-Bit) ist ebenfalls auf „0⁺“ festgelegt

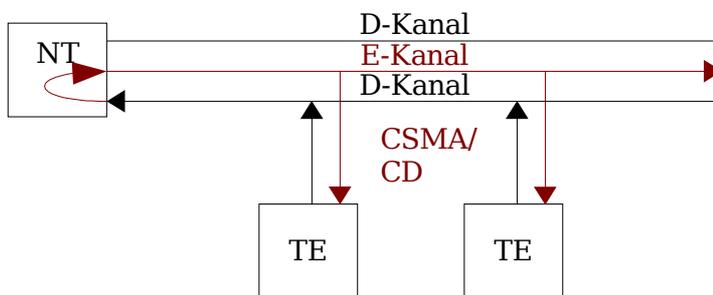
Entscheidungsregel beim Empfänger:

- 3 aufeinanderfolgende Paare von Codeverletzungen erkannt
 \Rightarrow Synchronisation erfolgreich

- Wenn nach 2 Rahmen keine Codeverletzung erkannt
 ⇒ Verlust der Synchronisation

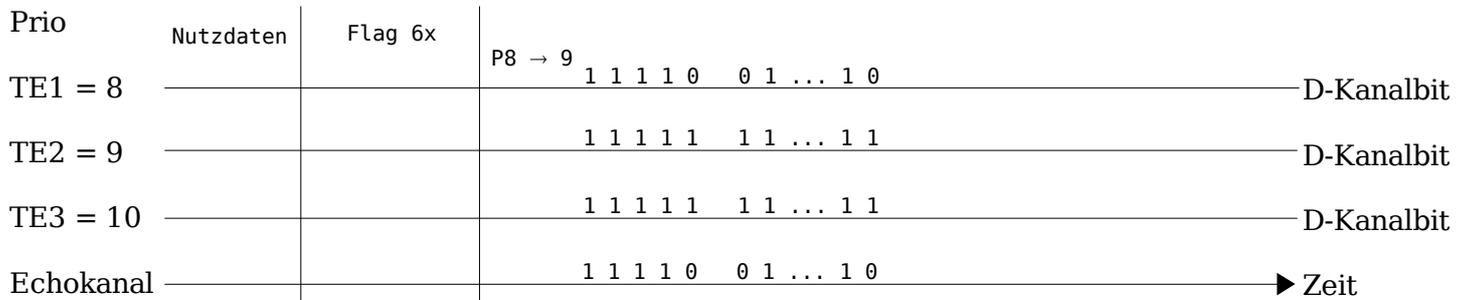
Buszugriffssteuerung:

- ähnlich CSMA/CD, mit Verbesserungen
- notwendig wegen Mehrpunktverbindung, bis zu 8TE
- max. 2 TEs können gleichzeitig auf dem B-Kanal senden (B1 und B2)
- max. 1 TE kann zu einer Zeit im D-Kanal senden
- NT sendet E-Bit im Echokanal in Richtung TEs
 E-Bit entspricht dem jeweils letzten Bit, das der NT im D-Kanal empfangen hat

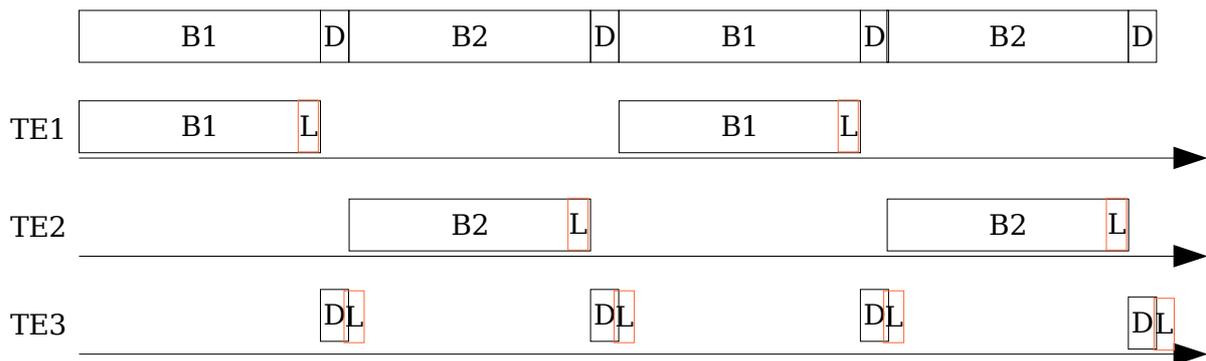


Zugriffskontrolle

- nicht-sendewilliges TE: sendet nur „1“-en in D-Kanal (Nullspannung)
- sendewillige TE führen folgende Schritte durch:
 - Vor dem Senden: Testen, ob der Kanal frei. Lesen des E-Bit, falls mindestens 8 aufeinanderfolgende 1en ⇒ Kanal frei
 - Während des Sendens: Test, ob ein anderes TE gleichzeitig im D-Kanal sendet
 Falls ja, Abbruch des Sendevorgangs
 Sender einer 0 erkennt Kollision nicht und sendet einfach weiter
 Irgendwann bleibt nur ein TE x übrig, das seinen Rahmen vollständig übertragen kann.
 - Nach erfolgreichem Senden: TEx setzt seine Priorität herab, durch Erhöhen der Zahl abzuwartender „1“-en. Nach dem ersten Auftreten der geforderten Zahl an „1“-en im E-Kanal darf TEx seine Priorität wieder auf normal setzen.



Warum mehr L-Bits in Senderichtung?



(De-)Aktivierungsprozedur

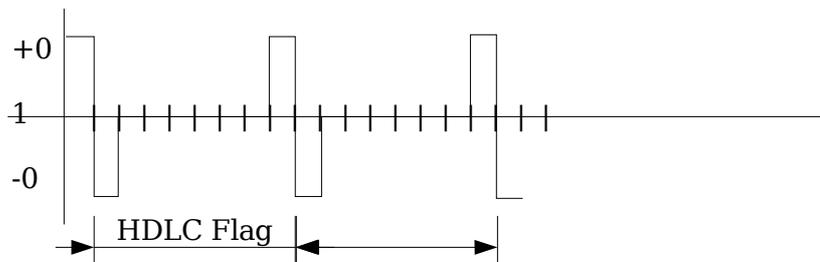
Ziel: Leistungseinsparung bei Inaktivität der Endgeräte
 → Schalten in Ruhezustand (Power-Down)

- zur Kommunikationsbereitschaft müssen TEs wieder aktiviert werden
- Aktivierung / Deaktivierung gilt für gesamte S₀-Schnittstelle
- Aktivierung kann sowohl vom NT als auch vom TE ausgehen

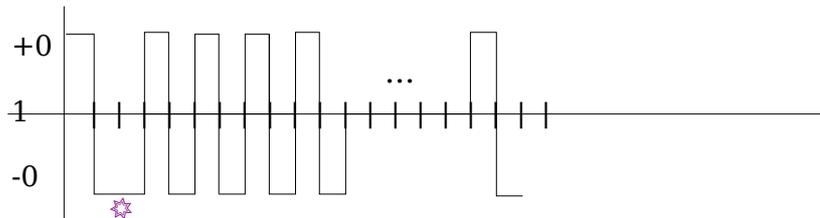
Aktivierungsprozedur

Info S0: Kein Signal

Info S1: TE sendet kontinuierliche Folge „01111110“ mit 1,92 MB/s, asynchron

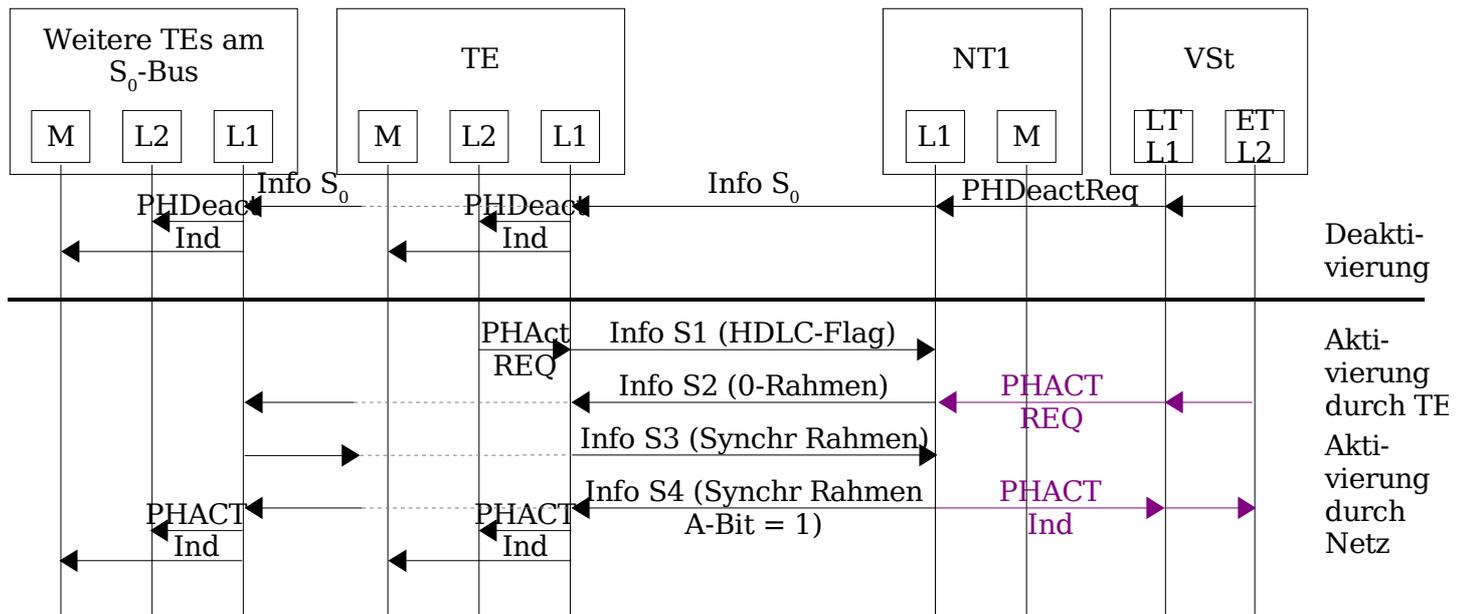


Info S2: NT sendet 0-Rahmen mit Codierungsverletzung



Info S3: TE sendet synchronisierten S_0 -Rahmen, voll betriebsbereit mit B-, D-Bits auf 0 gesetzt

Info S4: NT sendet leeren S_0 -Rahmen, in dem der E-Kanal das empfangende D-Kanalbit enthält und das A-Bit=1

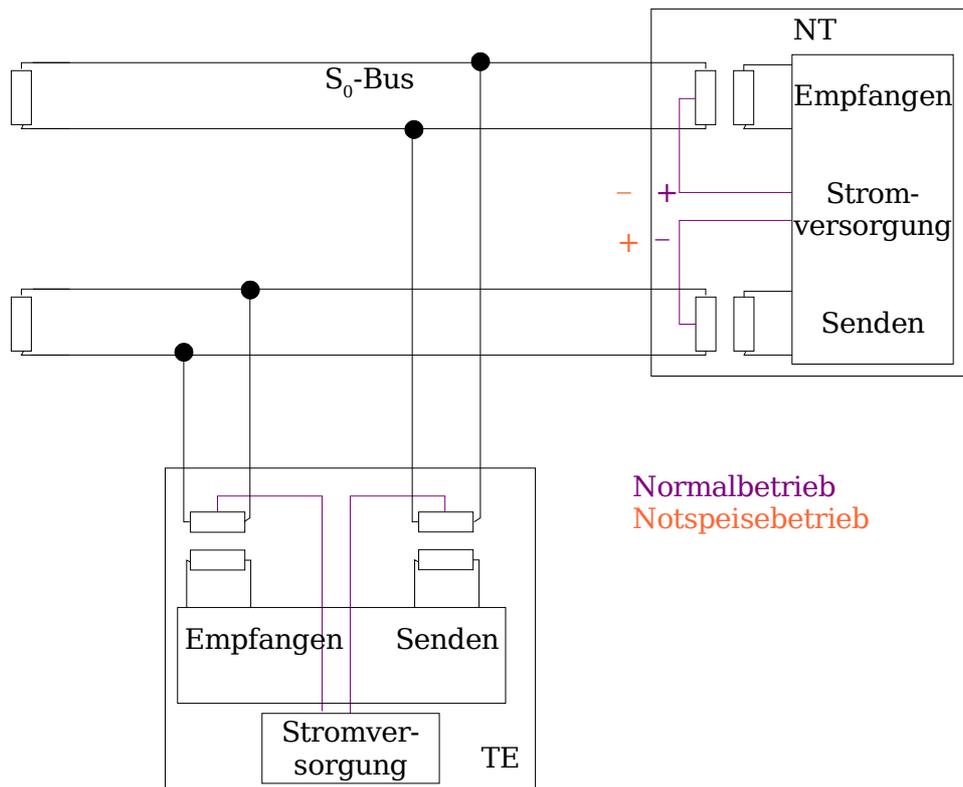


- bei Aktivierung durch TE: Prozedur beginnt mit Schritt 1
- bei Aktivierung durch NT: Prozedur beginnt mit Schritt 2
- Deaktivierung immer vom Netz

Stromversorgung

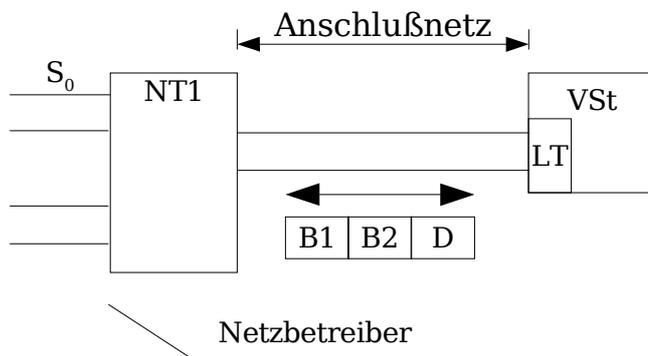
- am analogen Anschluß immer durch OVSt, von 220V-Netz unabhängig
- bei ISDN:
 - Normalbetrieb: 220V-Versorgung über NT
 - Notspeisebetrieb: keine lokale Spannungsversorgung
- im Normalbetrieb stellt NT die Speisung von max. 4 Telefonen sicher (jedes ≤ 1W)
- im Notspeisebetrieb: NT wird von OVSt gespeist und versorgt zusätzlich ein Endgerät am S₀-Bus
Endgerät muß auf Notspeiseberechtigung umschaltbar sein (≤ 400mW)

Realisierung über Leitungswege (Phantomspeisung)



2.4.2 U_{k0}-Schnittstelle

k: Echokompensation; 0: Basisanschluß



- Bitübertragungsprotokoll für Punkt-zu-Punkt Verbindung NT ↔ LT
- Richtungstrennung
 - (TDD-Variante $\underline{U}_{pingpong}^{p0}$ geringe Reichweite 2 - 6 km
Verwendung für Anschluß von TK-Anlagen)
 - Gleichlageverfahren mit Echokompensation
Doppelader mit 0,6mm Ø bis 8 km
Doppelader mit 0,4mm Ø bis 4,2 km
⇒ 99,5% der bestehenden 2-Drahtleitungen ohne zusätzliche Regeneratoren verwendbar
- Leitungscode: nicht international genormt, in Deutschland 4B/BT-Code oder MMS 42 (Modified Monitor Sum 4B/BT)

Vollduplex Übertragung mit Echokompensation

- Gleichlageverfahren, d.h. keine räumliche, zeitliche oder frequenzmäßige Trennung der Übertragungsrichtungen
- Gabel an beiden Enden des Übertragungsweges ermöglicht Signale in eine Richtung und verhindert die Gegenrichtung
- Reflexionen an der Gabel und im Übertragungsweg → Echo des Sendesignals im Empfangskanal
- Echokompensator: bildet Echo adaptiv nach und substrahiert es vom Signal der Empfangsrichtung

Leitungscode MMS43, 4B/3T

- Redundanter Code $2^4 \rightarrow 3^3$
- Redundanz wird genutzt für Fehlerüberwachung (RDS = Running Digital Sum)

<<siehe Folie „U_{ko}-Schnittstelle – Leitungscode“>>

Anmerkungen zur Folie: Für Codierung: Letzte Zeile: ++0 → FS: 3 dort 00-, dann geht man in Zustand 2, hier 00-, von wo aus man wieder in Zustand 1 geht. (jeweils letzte Zeile)

- von Dt. Telekom ausgewählt
- Fehlererkennung: Ergebnis der RDS im Decoder des Empfängers darf zu keinem Zeitpunkt
 - ↳ -1 unterschreiten oder
 - ↳ +4 überschreiten

Vorteile der Mms43-Codierung:

- 25%-Reduzierung der Schrittrate
- geringere Bandbreite als AMI-Code
- Fehlerüberwachbarkeit
- gute Taktableitbarkeit

Nachteil:

- aufwendige Realisierung

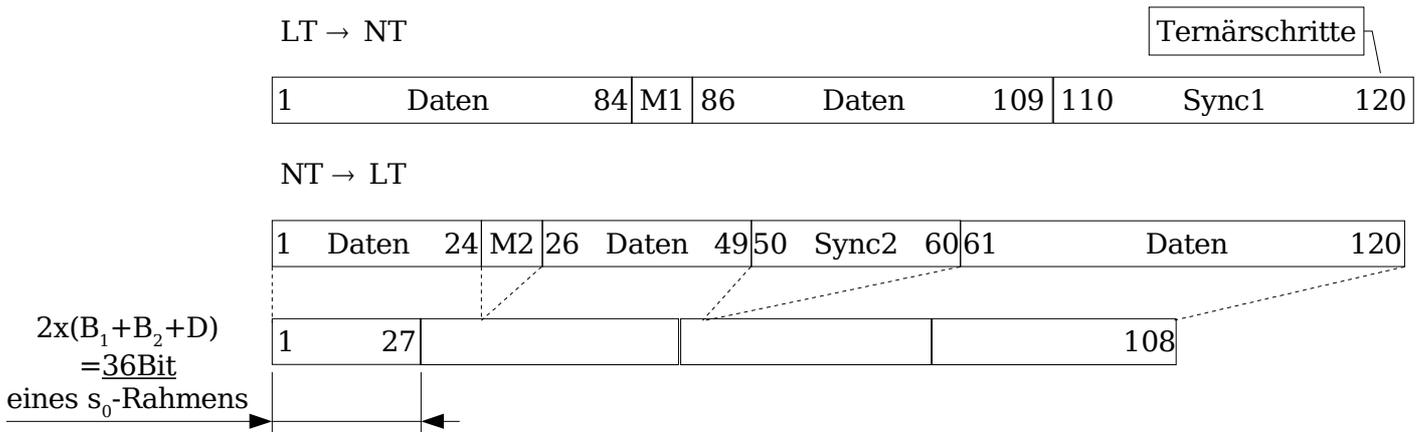
Leitungscode 2B/1Q

2 Binär	1 Quarternär
10	+2,5V
11	+0,8V
01	-0,8V
00	-2,5V

Vorteil: reduziert Übertragungsrate auf 80kBaud

U_{k0}-Schnittstelle – Rahmenstruktur

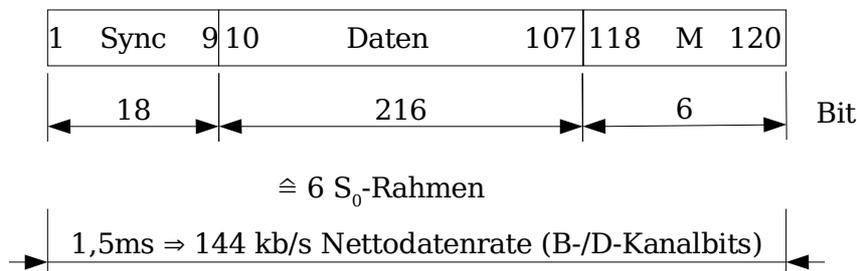
- abhängig von Leitungscodierung bei 4B/3T-Code



- M1 = Meldewort für Steuerung von Prüfschleifen
M2 = Meldewort für Rahmenfehler
- Sync = 11-Bit Synchronisationswort zur Rahmensynchronisation
- 144 kbit/s → 108 kbaud Nettorate
- benötigte Bandbreite 96 kHz

Für 2B/1Q

- gleiche Rahmen für beide Richtungen, Daten verwürfelt („scrambled“)



2.5 Die Sicherungsschicht im D-Kanal

- Schicht 2 des D-Kanal-Protokolls
- durch ITU-Standard I.440/441 (auch Q.920/921)
- Dienst: Gesicherte Übertragung von Signalisierungsinformation (Schicht-3)

Nachrichten) bzw. paketvermittelte X.25-Nutzdaten

- Protokoll: LAPD (Link Access Protocol on D-Channel), basiert auf HDLC-Protokoll
- Aufgaben:
 - Aufteilung der Nachrichten in Blöcke
 - Rahmensynchronisation

<<siehe Folie „ISDN-Protokoll-Stack“>>

- Erkennen und Korrigieren von Datenverlust
- Erkennen von Datenverfälschung
- Unterstützung von Mehrpunkttopologien (mehrere TEs am S₀-Bus)
- Unterstützung mehrerer Schicht-3 Instanzen

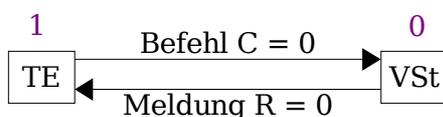
<<siehe Folie „Die Sicherungsschicht im D-Kanal – Rahmenaufbau“>>

- Blockprüfung: mit FCS (Frame Check Sequence)
Generatorpolynom: CRC-16: $x^{16} + x^{12} + x^5 + x^0$
- Adreßfeld: SAPI = Service Access Point Identifier
 - Signalisierung SAPI = 0
 - Paketdatenübertragung SAPI = 16
 - Endgeräte-Adressverwaltung SAPI = 63 (TEI-Verwaltung)

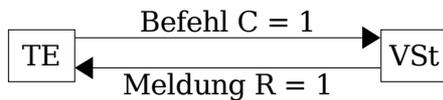
Länge 6 Bit \Rightarrow 64 Services möglich

- EA (Extended Address): Erweiterungsbit zur Unterscheidung von 2-Oktett-Adressfeld bei LAPD und 1-Oktett-Adressfeld bei LAPB (Schicht-2-Protokoll von X.25)
Oktett 2: EA = 0 \Rightarrow 2-oktettiges Adreßfeld
EA = 1 \Rightarrow 1-oktettiges Adreßfeld
Adreßfeld endet dort, wo EA-Bit den Wert 1 hat
- TEI (Terminal Endpoint Identifier): zur Unterstützung mehrerer Endgeräte am S₀-Bus
TEI entweder durch VSt vergeben oder fest eingestellt (DIP-Schalter in TE)
Adreßwertebereiche: 0 ... 63 für im Endgerät statische Adresse
64 ... 126 für dynamisch von der VSt zugeteilte Adr.
127 Gruppenadr. für alle am Bus angeschl. TE

- C/R (Command / Response): Kennzeichnung von Befehl und Meldung



Kommando an ...



Meldung von ...

Informationsrahmen (I-Rahmen)

gesicherte Übertragung von Schicht-3-PDUs

Steuerfeld enthält:

N(S) = Sendereihenfolgennummer Wertebereich 0 ... 127

N(R) = Empfangsreihenfolgennummern Wertebereich 0 ... 127
enthält Nr. des nächsten erwarteten Rahmen

Sendefenstergröße Basisanschluß = 1

Sendefenstergröße Primärmultiplexanschluß = 7

Sendefenstergröße für Paketdaten = 3

Verfahren: Go-back-n

Empfangsfenstergröße = 1

Poll-Bit (P):

= '0' ⇒ Quittung (ACK) mit Steuerrahmen oder Informationsrahmen

= '1' ⇒ Quittung (ACK) unmittelbar mit Steuerrahmen

Steuerrahmen

Oktett 4, Bit 3 2

- 0 0 RR: - Bestätigungsrahmen für alle Rahmen mit $N(S) < N(R)$
- wird verwendet, falls es keinen Rückverkehr gibt oder Poll-Bit = 1
- Aufhebung eines zuvor gesendeten „Receive Not Ready“

RNR (Receive Not Ready):

- Meldung der momentanen Nichtempfangsbereitschaft, z.B. wegen ungenügend Pufferplatz
- Aufhebung durch RR, REJ, UA (unnumbered ACK)

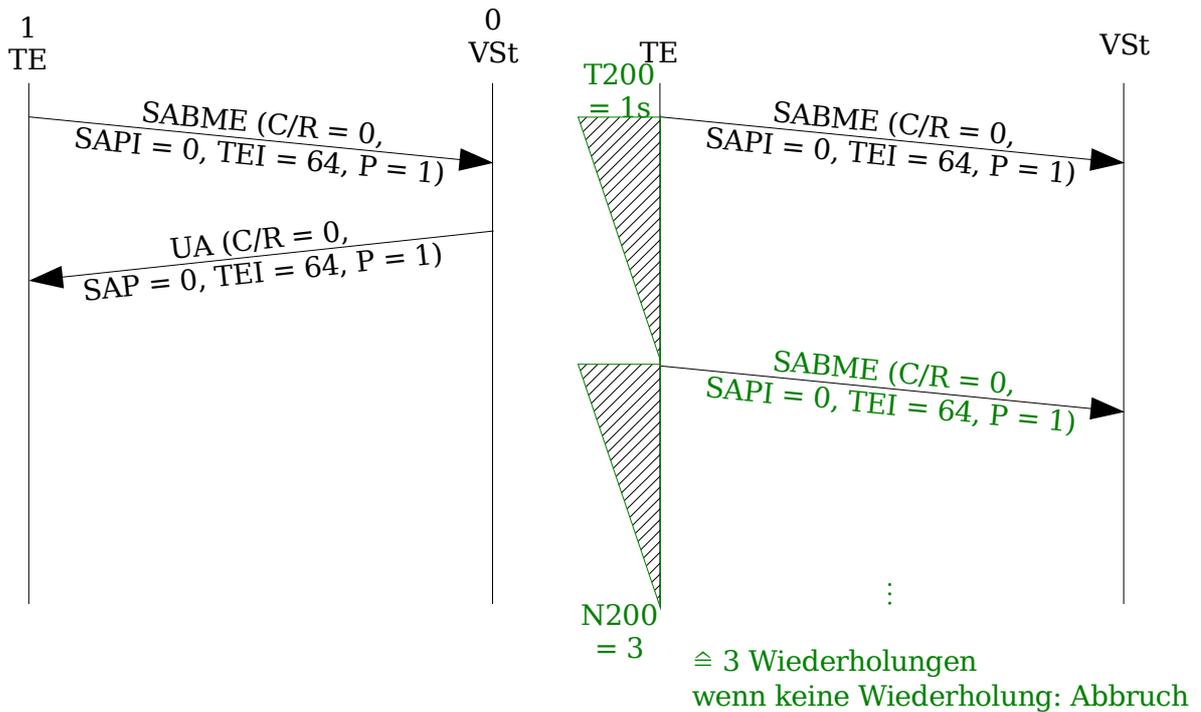
REJ (Reject):

- zeigt erkannten Übertragungsfehler oder verlorengegangenen Rahmen an
- fordert Wiederholung von I-Rahmen ab einschließlich N(R)
- Aufhebung des RNR

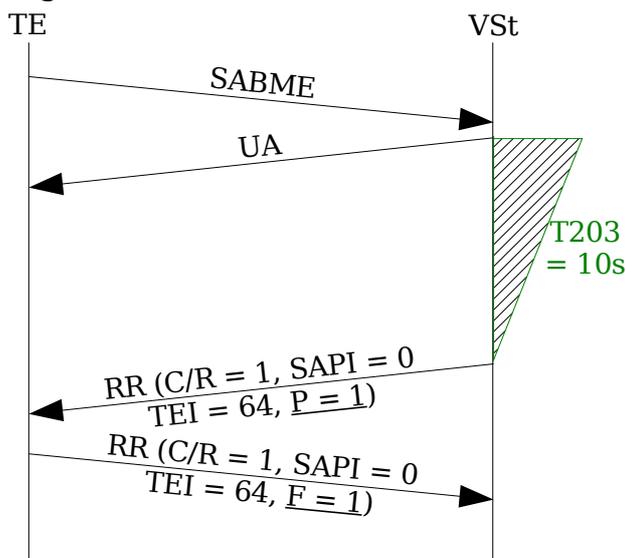
U-Rahmen-Typen (codiert in Oktett 4)

- SABME = Set Asynchronous Balanced Mode Extended
 - Aufforderung in den quitierten Mehrrahmenmodus zu wechseln
 - Balanced: Gleichberechtigte Partnerinstanzen
 - Extended: mod 128 Reihenfolgenr. (SABM von HDLC mod 8 Reihenfolgenr.)

- DM = Disconnected Mode
 - Teilt mit, daß Partnerinstanz momentan nicht bereit ist, in den gesicherten Mehrrahmenmodus zu wechseln (z.B. als NAK zu SABME)
 - oder im Fehlerfall, falls SABME/UA-Austausch nicht stattgefunden hat und Rahmen für gesicherten Modus angekommen
- UI = Unnumbered Information
 - für unquittierte Informationsübertragung
 - Managementinformation (SAPI = 63): Schicht 2-Information z.B. für TEI-Vergabe, -Überprüfung, -Rücknahme
 - ankommender Anruf am Endgerät (Schicht-3-Information)
- DISC = Disconnect
 - beendet Mehrrahmenmodus
 - kann von beiden Seiten initiiert werden
 - wird quittiert mit UA
- UA = Unnumbered Acknowledge
 - Bestätigung für SABME oder DISC-Aufforderung
 - ein zuvor gesendetes RNR wird dadurch aufgehoben
- FRMR = Frame Reject Block
 - Fehler, der durch wiederholtes Aussenden des Rahmens nicht behoben werden kann
 - typischer Prozedur- oder Protokollfehler, d.h. typisch für SW-Entwicklungsphase
 - Enthält Informationsfeld mit Begründung für Reject, z.B.
 - undefiniertes Steuerfeld, z.B. durch TE mit älterer Protokollversion
 - Fehler im N(R)-Feld, z.B. Quittieren eines Rahmens, der noch gar nicht gesendet wurde
 - Falsche Blocklänge: I-/S-/U-Rahmen mit falscher Länge oder unerlaubtes Informationsfeld
- XID = Exchange Identification
 - vom Verbindungsmanagement verwendet
 - verhandelt Systemparameter: Timeouts, Wiederholungszähler, max. Oktettanzahl im I-Feld, Fenstergröße, Rahmenpuffergröße
 - wird im Allgemeinen nicht verwendet, da Parameter bereits in Q.921 festgelegt



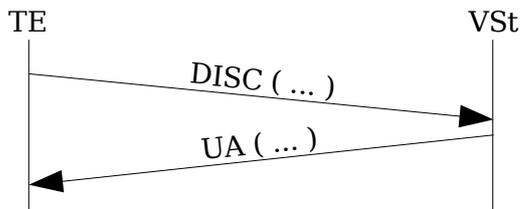
Aufbau der Verbindung in der Regel nur vom TE aus möglich, da die VSt die Konfiguration der TEs am S_0 -Bus nicht kennt.



Q.921 Parameter

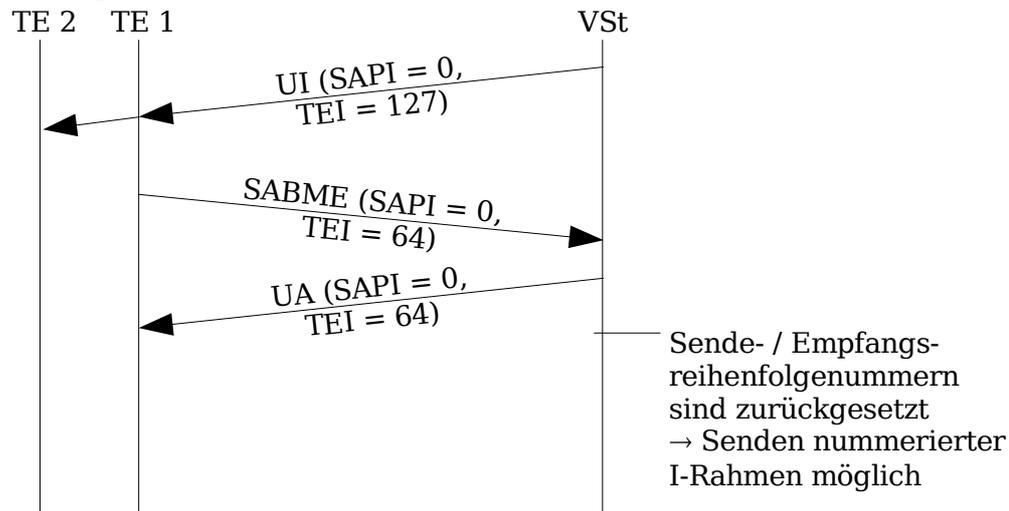
- $T200 = 1s$ Maximale Zeit bis zur Quittung eines Rahmens
- $T203 = 10s$ Maximale Zeit ohne Rahmenaustausch
- $N200 = 3$ maximale Anzahl an Wiederholungsversuchen zum Erhalt einer Quittung, nachdem $T200$ abgelaufen ist

Abbau einer Schicht-2-Verbindung



kann von beiden Seiten initiiert werden

Verbindungsaufbau bei ankommendem Ruf



Nummerierte Informationsübertragung

- Reihenfolgennummern mod 128
- Variable zur Steuerung der nummerierten Informationsübertragung
 - V(s) = Send State Variable: Initialwert = 0
Merker für Sequenznummer des nächsten zu sendenden I-Rahmens wird in N(s) an die Partnerinstanz übertragen
 - V(R) = Receive State Variable: Initialwert = 0
Merker für Sequenznummer eines I-Rahmens, der als nächster von der Partnerinstanz erwartet wird
 - V(A) = Acknowledge State Variable: Initialwert = 0
Merker für den letzten vom Partner quittierten Rahmen wird mit N(R) empfangen

V(s) wird mit jedem gesendeten I-Rahmen inkrementiert

Schicht-2-Instanz darf I-Rahmen senden, wenn $V(A) + k > V(s)$

k: Fenstergröße

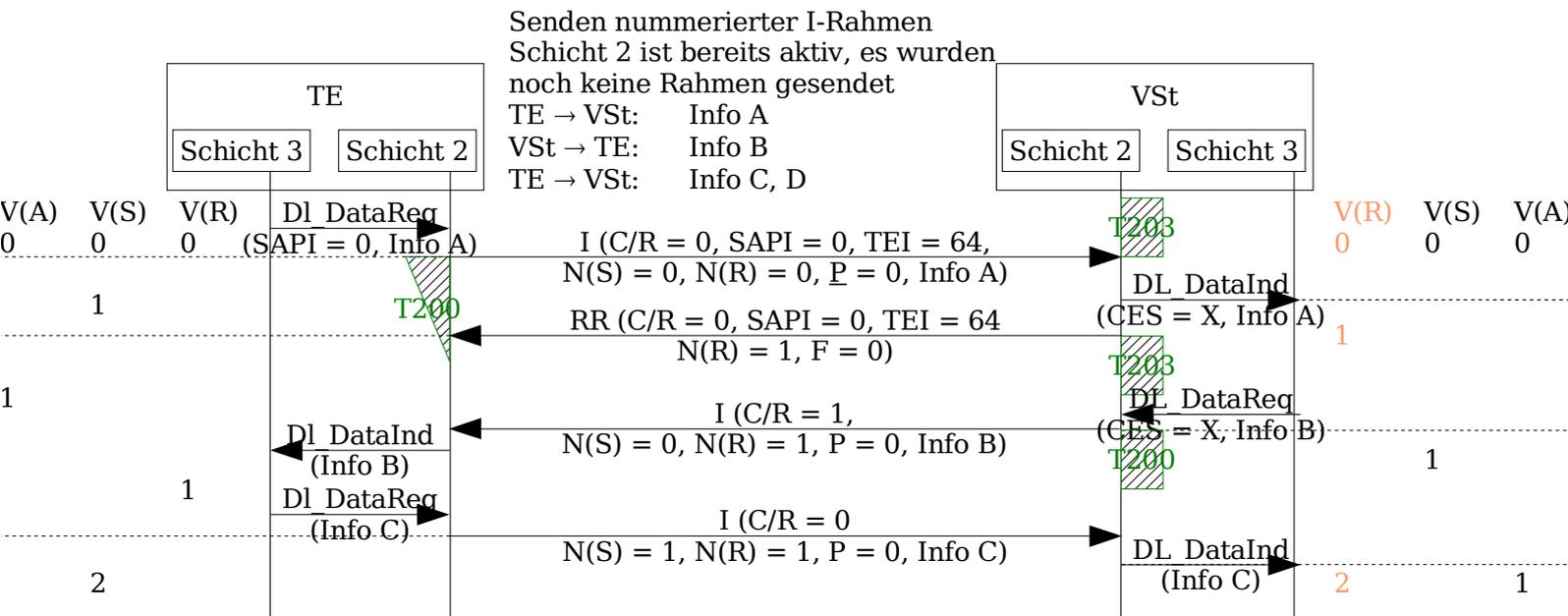
D₁₆: k=1

D₆₄: k=7

Paketdaten: k=3

V(R) wird nach jedem korrekt empfangenen Rahmen inkrementiert

V(A) erhält den Wert von N(R), wenn $V(A) \leq N(R) \leq V(S)$



2.6 Die Vermittlungsschicht im D-Kanal

- Schicht 3 in D-Kanal, Protokoll DSS1 (Digital Subscriber Signalling System No. 1)

- enthält die für den Benutzer sichtbaren Funktionen des ISDN

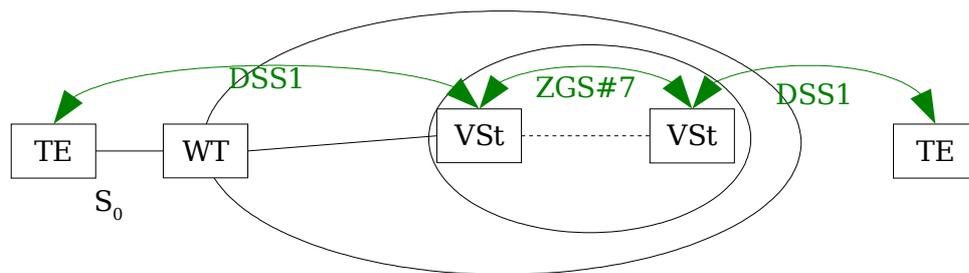
- Standardisiert durch ITU-T Normen Q.930 / Q.931

- Dienst: Signalisierung (Aufbau, Steuerung, Abbau) von leitungsvermittelten Verbindungen (Circuit Switched Bearer Services, CSBS) in D-Kanal

- Satz von Nachrichtentypen zur Abwicklung des Protokolls

- Schicht-3-Nachrichten werden in Info-Feld eines I- bzw. UI-Rahmens übertragen

- Verwendung des DSS1-Protokolls zwischen TE und Vermittlungsstelle



- wirkt Ende-zu-Ende, d.h. SETUP-Nachricht des rufenden

TLNs (z.B. durch Abheben des Hörers erzeugt)

kommt beim Partner-TE auch als SETUP-Nachricht an (Netzintern wird durch ZGS#7 aus SETUP eine IAM = Initial Address Message)

Aufgaben:

- steuert Informationsflüsse der Nutzkanäle, Rufsteuerung (Call Control)

- Dienstmerkmalbehandlung (Supplementary Services, Q.932)

Standards: internationaler Standard der ITU-T: DSS1

nationaler Standard in Deutschland: 1TR6 (1. Technische Richtlinie Nr. 6)

europaweite Vereinheitlichung nationaler ISDN-Ausprägungen: E-DSS1

<<siehe Folie „2.6 Die Vermittlungsschicht im D-Kanal – Nachrichtenaufbau“>>

- Protokolldiskriminator (PD)

zur Unterscheidung unterschiedlicher Schicht-3-Protokolle im D-Kanal

PD = 8 für DSS1 (Q.931, Internationaler Standard)

PD = 65 für 1TR6 (Nationaler Standard)

PD = 9 für DSS2 (Q.2931, B-ISDN)

PD = (16 – 63, 80 – 154) für X.25 Schicht-3-Protokoll

Schicht-3-Instanzen sind für ein bestimmtes Protokoll ausgelegt. Nachrichten mit anderen PD werden verworfen

- Call Reference:

Kennzeichnet alle Nachrichten, die zu einer Signalisierungsaktivität (Transaktion) gehören

Zur Unterscheidung paralleler Signalisierungsaktivitäten am Basisanschluß; auch innerhalb eines Endgeräts

Vom Initiator (TE oder VSt) zu Beginn einer Transaktion festgelegt (z.B. TLN hebt ab)

wird in allen Nachrichten zwischen TE und VSt bis zum Ende der Transaktion verwendet

Beispiel: Herstellen einer Konferenzschaltung zu mehreren TLN Halten und Makeln

Format:

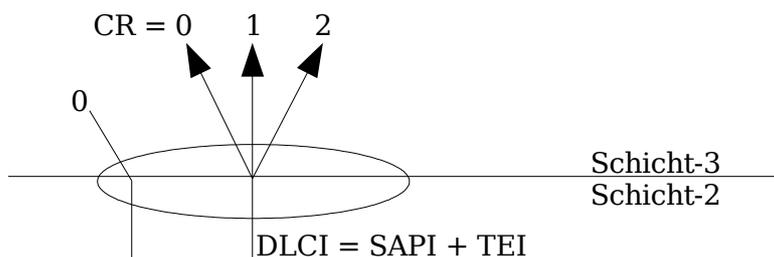
7	6	5	4	3	2	1	0	Oktett	
0	0	0	0	0	0	0	1	2	- Längenangabe - CR Nummer = 0 ... 127
F		CR Number						3	

CR

Flag

F = 0 für die Seite, die Transaktion initiiert

F = 1 für die antwortende Seite



CR-Werte unterschiedlicher Schicht-2-Verbindungen kennzeichnen immer unterschiedliche Transaktionen, auch wenn die CR-Werte gleich sind.

Ausnahme: kommender Ruf: hier legt die VSt den CR-Wert fest und überträgt ihn mit Gruppen-TEI = 127

die TEs antworten mit jeweiligem TEI und demselben CR-Wert

keine Ende-zu-Ende-Bedeutung; auf der Seite des Partner-TEs wird neuer CR-Wert verwendet

Spezielle CR-Werte:

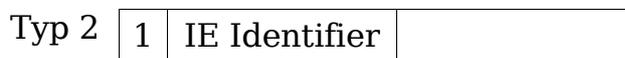
Dummy CR, Länge 0, Verwendung für Aufruf von Leistungsmerkmalen; wenn keine Transaktion besteht (z.B. Einrichtung der Rufumleitung)

globale CR, Wert = 0, Verwendung für Aktionen, die alle Transaktionen betreffen (z.B. Reset eines Basisanschlusses)

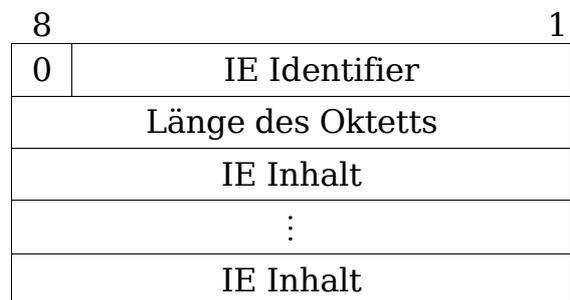
<<siehe Folie „2.6 Die Vermittlungsschicht im D-Kanal – Message Type>>

Informationselemente

- dem Nachrichtenkopf können Informationselemente (IEs) folgen, z.B.
 - Wahlziffern
 - Display-Information über Leistungsmerkmale
Anzeige von Gebühreninformation
 - Rufnummernidentifizierung
- IEs beschreiben den Inhalt einer Nachricht genauer bzw. übermitteln weitere Information
- IEs können
 - zwingend vorgeschrieben (mandatory) oder
 - wahlfrei (optional)
- Nachrichtenaufbau kann sich abhängig von der Senderichtung unterscheiden
- Format
 - Länge der Elemente
 - 6 IEs mit fester Länge (5 + 1 SHIFT-Element) = 1 Oktett lang
 - 128 IEs mit variabler Länge ≤ 256 Oktetts möglich innerhalb eines Codesatzes
 - Unterscheidung der Länge fest / variabel in Bit 8 des 1. Oktetts
 - 8. Bit = 1 ⇒ 1 Oktett
 - 8. Bit = 0 ⇒ > 1 Oktett

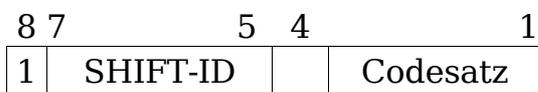


Feste Länge



Variable Länge

- Umschalten zwischen Codesätzen
 - mit Hilfe des SHIFT-IEs



- 8 Codesätze mit je 133 IEs (5 1-oktettige + 128 variable)
- Regelcodesatz wird solange verwendet, bis SHIFT auf anderen Codesatz umschaltet
- entweder nur für eine Nachricht gültig (non-locking SHIFT) oder bis zum nächsten SHIFT (locking SHIFT) → Unterscheidung in Bit 4
- restliche 3 Bits codieren Codesatz:
 - Codesatz 0 (Regelcodesatz) für international festgelegte TEs (gemäß ITU)
 - Codesatz 5 für europäische IEs (gemäß ETSI)
 - Codesatz 6 für national festgelegte IEs
 - Codesatz 7 für anwenderspezifische IEs

IE Bearer Capability (BC)

- benötigte Informationstransfer- und Zugriffsattribute für den Nutzkanal
- Netz kann anhand des BC IE prüfen, ob das geforderte Übermittlungsdienst-Anforderungsprofil zur Verfügung gestellt werden kann
- garantiert, daß nur dienstkompatible TE antworten
- Mandatory in Nachricht „Setup“
- BC spezifiziert z.B.
 - Übertragungsmodus: leitungs- / paketvermittelt
 - Übermittlungsdienst: Sprache (digital), uneingeschränkte digitale Daten, 3,1 kHz Audio, ...
 - Übertragungsrate: paketvermittelt 64 kb/s, 2 x 64 kb/s, 6 x 64 kb/s bei Breitband
 - Schicht 1-3 Protokollkennung

IE Channel Identification (Kanalidentifikation)

- kodiert Nutzkanal für die Verbindung
- TE kann dem Netz mitteilen, ob ein B-Kanal gewünscht wird und, wenn ja, welcher
- Am Basisanschluß: B1, B2, D-Kanal
- Am Primärmultiplexanschluß: ein 64 kbit/s-Kanal oder Vielfache davon

IE Facility

- zum Aufruf und zur Steuerung von Leistungsmerkmalen
- Beispiele: Anrufumleitung, automatischer Rückruf, Konferenz
- nach ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1)
- Komponententypen: für Aufruf einer Operation: Invoke-Komponente
für erfolgreiche Ausführung: Return Result-Komponente

für nicht erfolgreiche Ausführung: Return Error-Komp.
Für Abweisung: Reject-Komponente

IE Cause

- enthält Begründung für gesendete Nachricht
- kodiert i.A. Fehlermeldungen
- z.B. TLN hat aufgelegt, Protokollfehler, Dienst nicht verfügbar

<<siehe Folie „Basic Call“>>

Aufruf und Steuerung des Dienstmerkmals „Automatischer Rückruf bei besetzt“
(Completion of Calls to Busy Subscriber, CCBS)

<<siehe Kopie 'Automatischer Rückruf bei „Besetzt“>>

<<siehe Folie „2.6 Die Vermittlungsschicht im D-Kanal – Zusammenhang Schichten 1 – 3“>>

<<siehe Folie „2.6 Die Vermittlungsschicht im D-Kanal – Schicht 2 – Rahmen“>>

2.7 X-25 Zugang

X.25 = CCITT-Empfehlung für die Schnittstelle zwischen DEE (Datenend-einrichtung) und Datenübertragungseinrichtung (DÜE)

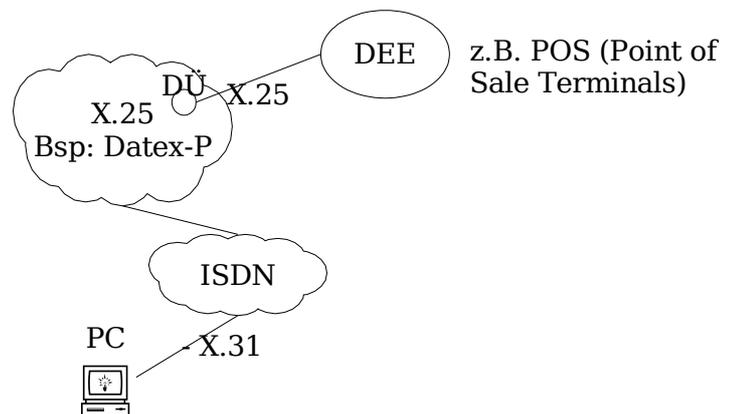
X.25 deckt Schicht 1 – 3 des ISO-OSI-Kommunikationsmodells ab

Schicht 1: X.21 am häufigsten serielle, synchrone, Vollduplexübertragung

Schicht 2: LAPB (Link Access Procedure Balanced)

Anpassung des HDLC-Schicht-2-Protokolls für die X.25-Schnittstelle, z.B. nur für PTP (Punkt zu Punkt)-Verbindung

Schicht 3: X.25/3



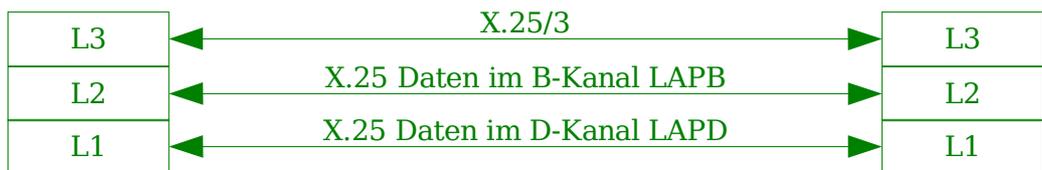
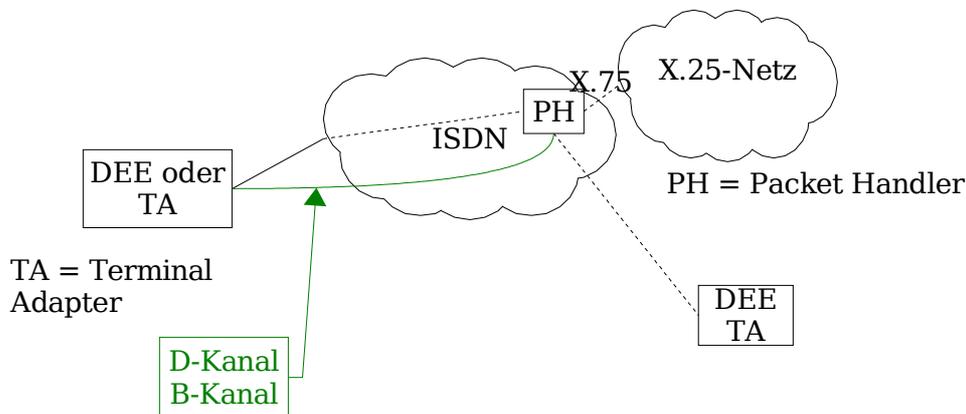
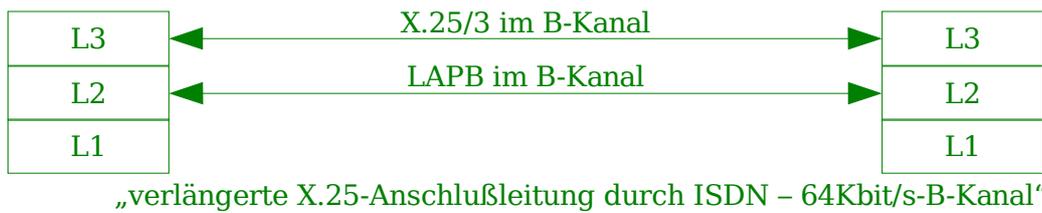
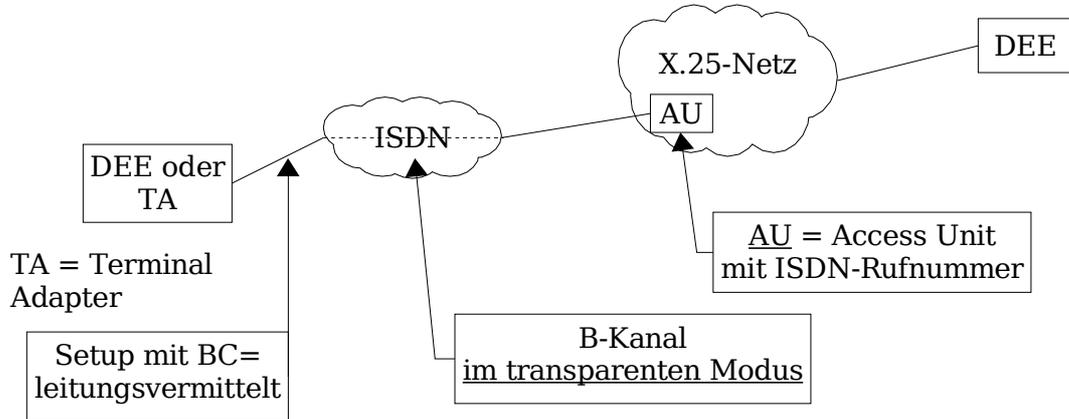
- X.31: Standard der ITU: spezifiziert Anschluß von DEE mit X.25-Schnittstelle an ISDN für Bitraten bis zu 64 Kbit/s

2 Arten von paketvermittelten Diensten im ISDN:

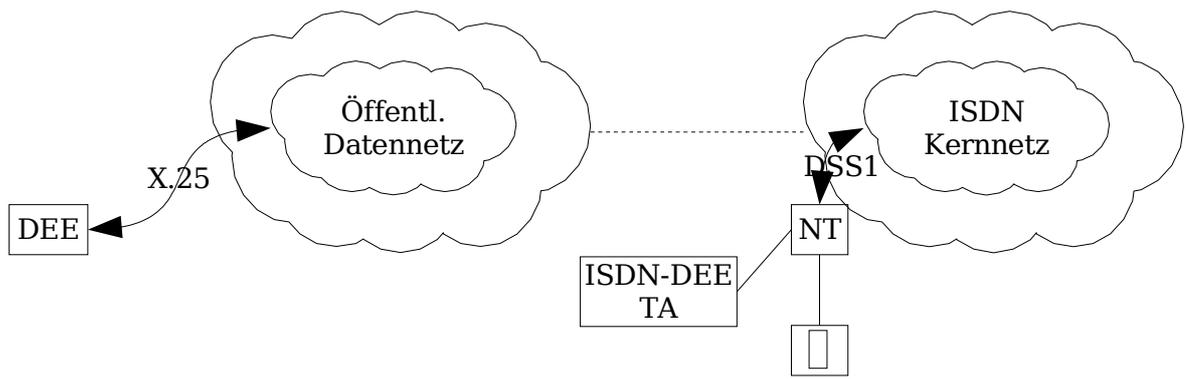
X.31, Case A: Leitungsvermittelter Zugang nur im B-Kanal (Minimalintegration)

X.31, Case B: ISDN-Dienst „Virtuelle Verbindung“ mit Paketvermittlung (Maximalintegration)

- gewählte Verbindung im B-Kanal / D-Kanal (Virtual Circuit Bearer Service, VCBS)
- permanente Verbindung über den D-Kanal (Permanent Logical Link; PLL)



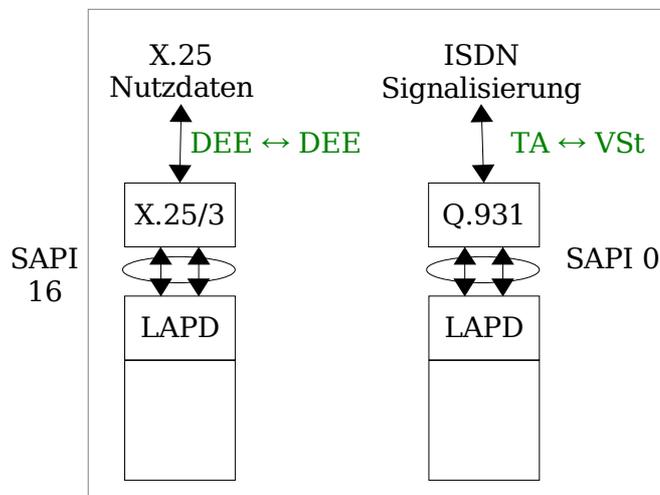
<<siehe Folie „2.7 X.25-Zugang zu Paketdatennetzen – Gewählte Virtuelle Verbindung über D-Kanal“>>

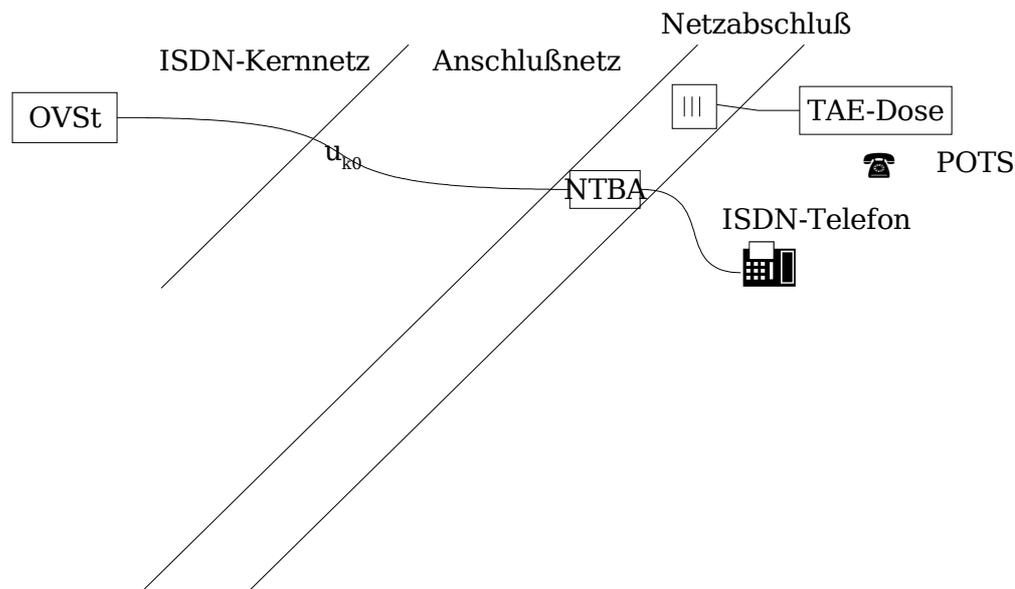


X.31, Case B

über D-Kanal

Über B-Kanal





3 xDSL

DSL = Digital Subscriber Line

xDSL = Oberbegriff für verschiedene DSL-Technologien

Ziel: Erhöhung der übertragbaren Bitrate im Anschlußnetz, wobei bereits verlegte 2-Draht-Leitungen als Übertragungsmedium dienen soll

→ Breitbandanschluß

Breitband: Definition nach ITU-T I.113

> 2,048 MBit/s in Europa

> 1,544 MBit/s in USA

Kupferkabel Frequenzspektrum – 1,1 MHz und mehr

Alternative Technologien zum Ausbau des Anschlußnetzes

- analoge Modems (≤ 56 Kb/s)
- Kabelmodem, Koaxkabel für LWL für CATV
- Powerline (Stromversorgungsnetz)
- FTTH = Fiber to the Home
- Funk (fest oder mobil)
 - WLL = Wireless Local Loop
 - aktuelles Beispiel: WiMAX (= Worldwide Interoperability for Microwave Access)
 - Frequenzband: 2 GHz - 11 GHz ohne Sichtverbindung
 - 66 GHz mit Sichtverbindung
 - Datenraten ≤ 70 MB/s
 - Reichweite vgl. Mit GSM-Zellen
 - GSM, UMTS-Mobilfunk

- Satelliten

Vergleich der Zugangstechniken

– Nachteile der analogen Modems:

- ↳ zu langsam
- ↳ nutzen Telefonbandbreite, können nicht simultan mit Sprachdienst verwendet werden
- ↳ Anwählen eines ISP notwendig für jede Verbindung
- ↳ Trennung zwischen Sprachdienst und Internet erfolgt erst in der OVSt

– Nachteile von Kabelmodem:

- ↳ zwar schneller und immer verbunden, aber nicht überall verfügbar

– Bei Kabelmodem, xDSL oder Powerline erfolgt Trennung zwischen Sprachdienst und Internet im Anschlußnetz

– weitere Vorteile von DSL:

- ↳ schnell
- ↳ immer verbunden
- ↳ überall verfügbare Telefonanschlußleitung nutzbar

Motivation für den Ausbau des Anschlußnetzes durch xDSL

- ursprünglich: PAY-TV Video on Demand
- heute: hauptsächliche Anwendung ist Internetzugang
- zukünftig eventuell Voice over DSL (VoDSL)
- sonstige:
 - ↳ Telearbeit
 - ↳ Sicherungstechnik

Funktionsprinzip

- Wiederverwendung der bestehenden Kupferleitungen zum Telefonfestnetzanschluß
- POTS (Plain old Telephone Service) und S-ISDN nutzen nicht die komplette Kapazität der 2-Draht Kupferleitung
- xDSL nutzt verbleibende Kapazität durch neue Modemtechnologie
DMT = Discrete MultiTone
- POTS nutzt bis zu 4 KHz
S-ISDN mit 2B/1Q-Leitungscode: bis 80 KHz
mit 4B/3T-Leitungscode: bis 120 KHz

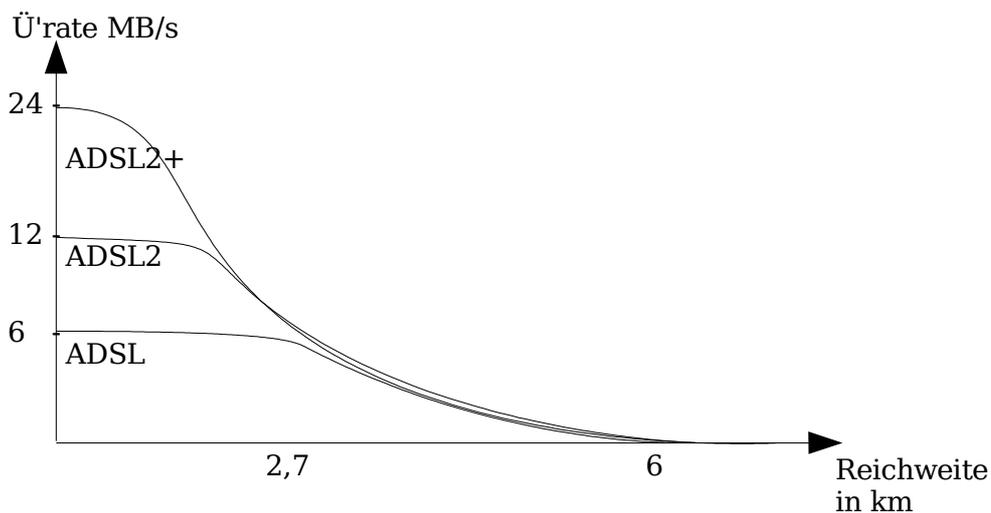
x-DSL-Techniken

- symmetrische
= gleiche Bitrate in Upstream ↑ und Downstream ↓
 - SDSL
= Single Line DSL
 - kann nicht simultan mit Sprachdienst genutzt werden
 - Anwendung für Server-Anbindung
 - HDSL
= High Bit Rate DSL
 - höhere Reichweite als SDSL
 - in 80er Jahren entstanden
- asymmetrische
= höhere Bitrate im Downstream
 - ADSL
= Asymmetric DSL
 - seit 90er ≤ 8 MB/s ↓
 - ↓
ADSL 2 ≤ 12 MB/s ↓
 - ↓
ADSL 2+ ≤ 24 MB/s ↓
 - VDSL
= very high bit rate DSL
 - zukünftige Technologie

3.1 ADSL

- 1989 Bezeichnung von Fa. Bellcore eingeführt
- 1998 öffentlich ADSL-Netze in USA und Kanada
- 1998 erste Feldversuche in Deutschland
- Ende 2001 öffentlicher Betrieb in allen deutschen Ballungszentren

	Reichweite	Übertragungsrate
ADSL	< 6 km	↓ 1,5 – 8 Mbit/s, ↑ ~ 128 – 640 kB/s
ADSL2	< 6,2 km	↓ 12 Mbit/s, ↑ ~ 600 kB/s
ADSL2+	< 1,5 km	↓ 24 ↑ ~ 600 kB/s



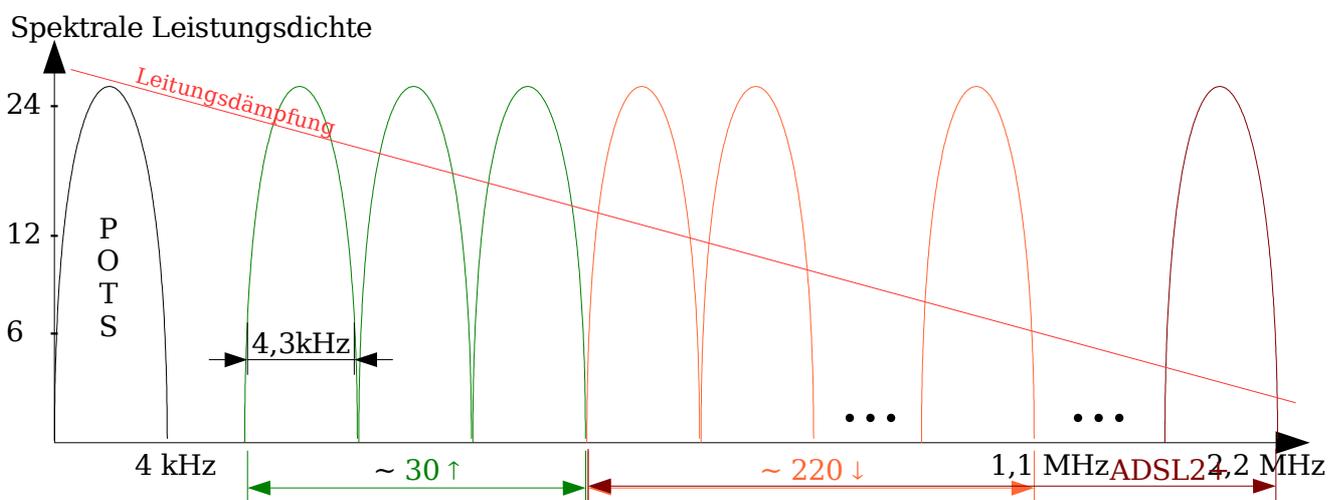
ADSL2: Standard existiert seit März 2003

Versatel, seit März 2005 in einigen Regionen, z.B. Nürnberg und München in Betrieb mit 6 MB/s

ADSL2+: auch von Versatel in Betrieb genommen, momentan auf Berlin begrenzt, 2 Tarife:

- 12 MB/s
- 16 MB/s jeweils Downstream
- 600 KB/s Upstream

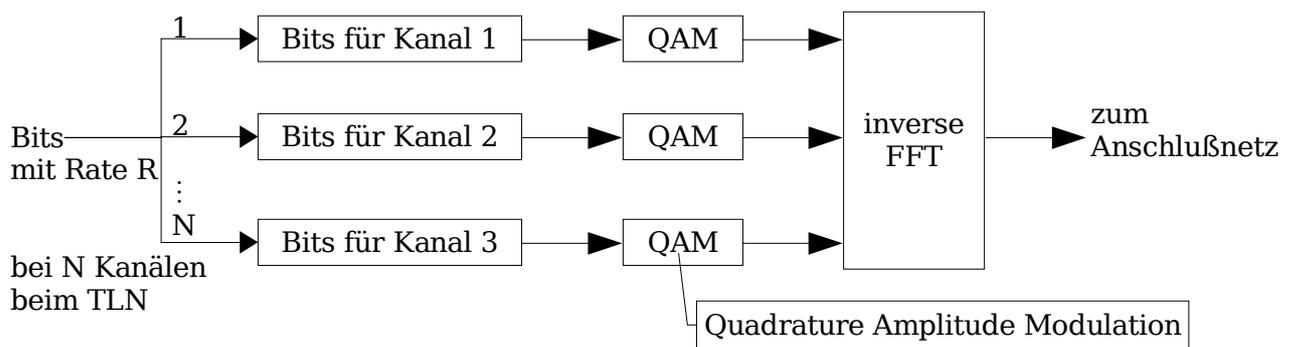
Multiplex und Duplexverfahren bei ADSL



Modulationsverfahren: DMT = Discrete Multitone

- bis zu 255 Kanäle (auch Tones genannt) für ADSL und ADSL2
- jeder Kanal: 4,3 KHz

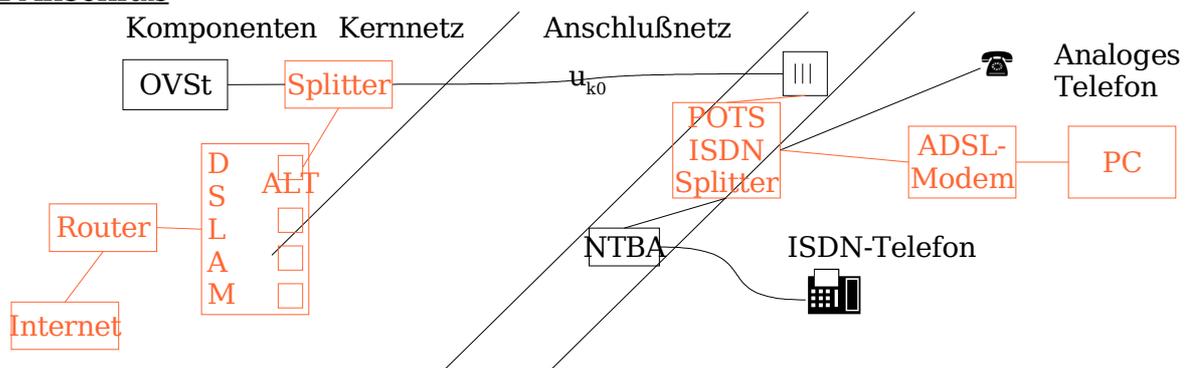
Multiplexverfahren:



Duplexverfahren:

- a) FDD → bei T.DSL eingesetzt
- b) Echokompensation: Uplink- und Downlink-Band überlappen
 - Überprechen
 - + mehr Downstream-Kapazität oder mehr Reichweite
 - teures Verfahren zur Echokompensation

ADSL-Anschluß



Splitter: Frequenzweiche, trennt analogen oder ISDN-Anschluß von ADSL-Anschluß

- Tiefpaßfilter: blockiert Signale über 4 KHz und sendet niedrige Frequenzen zum Telefon
 - Hochpaßfilter: blockiert niederfrequente Signale und leitet höhere Signale zum ADSL-Modem
- ⇒ simultane Nutzung für DSL-Datenverbindung z.B. ins Internet und Sprachverbindung über Telefon

DSL-Modem: Breitbandmodem zwischen Splitter und PC, Funktionalität: DMT-Modulation und Test und Anpassung der Bitraten

RJ54-Buchse zum PC
 RJ11-Buchse zum Telefon
 oft in den Router integriert (DSL-Router)

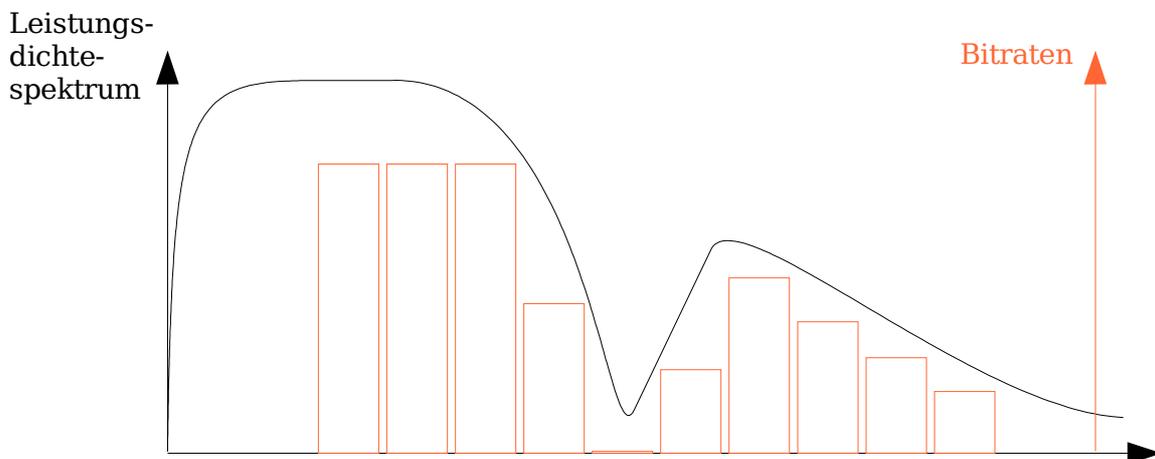
- ALT = ADSL-Line Termination: 1 ALT / Kundenmodem
 Bitumwandlung der ADSL-DMT Kanäle in Bitstrom nach dem Protokoll des jeweiligen Breitbandnetzes

- DSLAM = DSL-Access Multiplexer: multiplext ADSL-Signale mehrerer ALTs und führt sie dem Breitbandnetz zu

Problem ISDN + ADSL

- ISDN nutzt Spektrum 0 ... 80 KHz bei 2B1L2-Leitungscode auf U_{k_0} und 0 ... 120 KHz bei 4B3T-Leitungscode auf U_{k_0}
- Notwendigkeit, das ADSL-Frequenzband zu verschieben oder die Bänder zu kombinieren
2 Möglichkeiten:
 - Inband-Methode: ISDN-Daten werden in ADSL-Datenstrom integriert, in Vermittlungsstation wieder aussortiert
 - + ADSL-Standard bleibt unverändert
 - gesamte Kommunikation läuft über ADSL-Modem, bei Ausfall weder Telefondienst noch Datenübertragung verfügbar
 - zusätzliche Verzögerung der ISDN-Sprachdaten
 - Outband-Methode: nicht ausreichend, einen ISDN-Splitter zu bauen, der die Frequenzen bei 120 KHz nicht nutzt, da gemäß ADSL-Standard im unteren Frequenzbereich Signalisierung stattfindet, z.B. in Initialisierungsphase
 - Modifikation des ADSL-Standards, indem Signalisierung in höheren Frequenzbereich verlegt wird

Dynamische Bitratenanpassung



erlaubt effiziente Nutzung der verfügbaren Kanalkapazität

Befähigt das DSL-System die Anzahl der Bits/Symbol für jeden Subkanal zu variieren abhängig vom Signal-Rausch-Verhältnis (SNR – Signal to Noise Ratio)

- ADSL-Modem sendet Testsignale über jeden Kanal um SNR zu bestimmen
- in Kanälen mit schlechtem SNR werden weniger Bits/Symbol übertragen ist SNR zu niedrig, wird der Subkanal gar nicht genutzt.

Bitratenanpassung wird bei Inbetriebnahme des ADSL-Modems durchgeführt

Für Bestimmung der Kanalqualität wird bekannte DMT-Symbolfolge verwendet und eine feste Sendeleistung eingestellt

Für Signalisierung wird robustes Modulationsverfahren verwendet, z.B. BPSK, QPSK

Beim Übergang in normalen Datentransfer wird in Modulationsverfahren QAM mit jeweils vereinbarter höherer Ordnung gewechselt, z.B. QAM-16, QAM-32.

VDSL

basiert auf hybrider Anschlußtechnik

Glasfaser kombiniert mit Kupfer

FTTC = Fiber to the Curb: Glasfaser bis zum „Straßenrand“, danach Kupferleitung

FTTH = Fiber to the Home: Glasfaser bis zum Gebäude, Gebäudeverkabelung mit Kupferleitung

4 GSM = Global System for Mobile Communication

4.1 Zellulare Netze

<<siehe Folie „3. GSM“>>

GSM = Digitales zellulares Mobilkommunikationssystem

Systeme vor GSM: analoge Mobilfunksysteme, nicht kompatibel, werden parallel eingeführt

Beispiele: TACS = Total Access System in GB

NMT = Nordic Mobile Telephone in Skandinavien

C-Netz in Deutschland

AMPS = American Mobile Phone System

→ spezielles Telefon für jedes System notwendig

→ geringere Kapazität

Historie

1982: Vorschlag einen pan-europäischen Standard zu spezifizieren, Initiative von europäischen Telekommunikationsunternehmen

Verwendung des 900 MHz Frequenzbandes

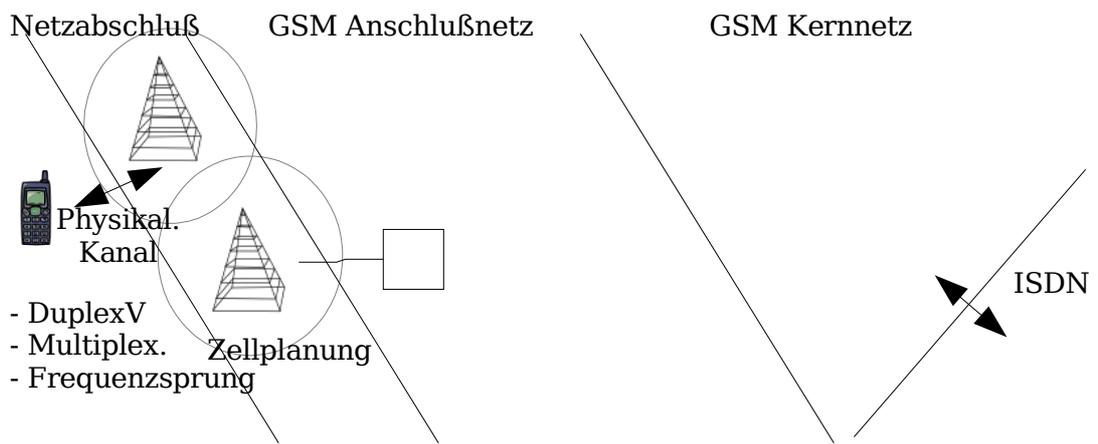
GSM-Standardisierungsgruppe (Group Spéciale Mobile) wurde gebildet

1982 – 85: Diskussion, ob analog oder digital → Entscheidung für digitales System

1986: Entscheidung für Schmalbandlösung

Gleichzeitig unterzeichnen Netzbetreiber in 13 europäischen Staaten MoV (Memorandum of Understanding) in dem sie sich verpflichten, den GSM-Standard einzuhalten

1992: Beginn des kommerziellen Betrieb



<<siehe Folie „3.1 Zellulare Netze – Nutzung der Funkschnittstelle“>>

Frequenzsprungverfahren

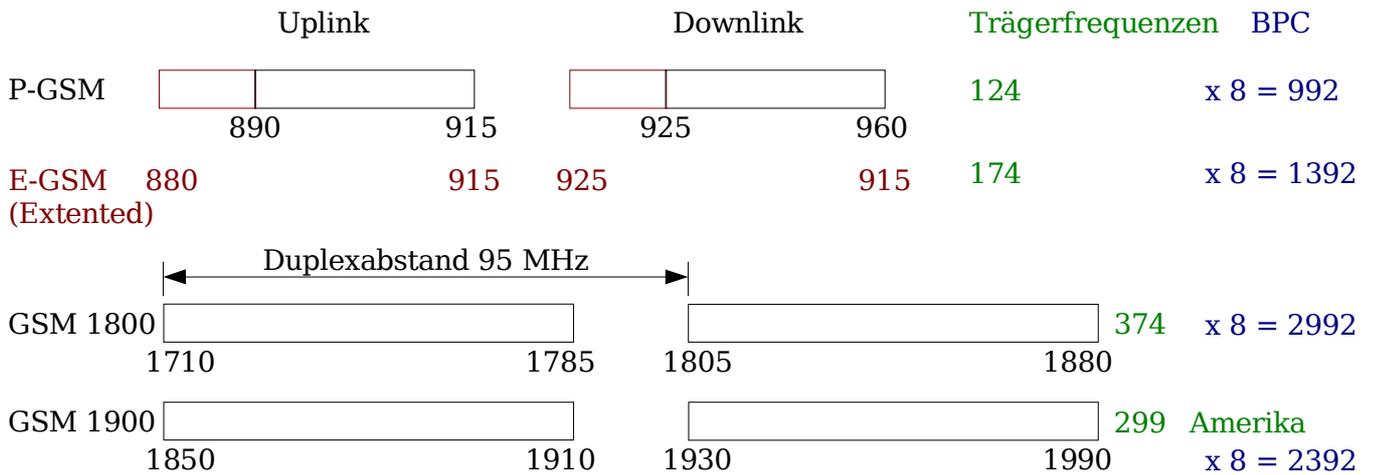
- Motivation
 - Mobilfunkkanäle weisen frequenzselektive Störungen auf
 - kann mit dem Abstand zur Antenne zunehmen
- Lösung: Frequency Hopping (FH), optional
 - periodische Wechsel der Frequenz während der Übertragung mit jedem gesendeten Time Slot \Rightarrow rund 217 Sprünge / Sekunde
 - Ausmitteln frequenzselektiver Störungen
 - erforderliches Signal-Rausch-Verhältnis (Signal to Noise Ratio, SNR) sinkt:
 - ohne FH $SNR \geq 11$ dB
 - mit FH $SNR \geq 9$ dB
 - Hopping-Frequenzen sind Teilmenge der Zellfrequenzen

<<siehe Folie „3.1 Zellulare Netze – Frequenzsprungverfahren“>>

Physikalischer Kanal auf der Funkschnittstelle (Basic Physical Channel, BPC) definiert durch

- Trägerfrequenz bzw. Folge von Frequenzen bei FH
- Zeitschlitznummer, Time Slot Number (TSN)

GSM-Frequenzspektrum:

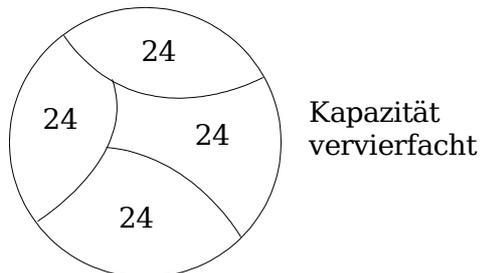


Frequenzaufteilung auf Mobilfunknetzbetreiber

in Deutschland:	T-Mobile	D1	GSM 900 und GSM 1800
	Vodafone	D2	GSM 900 und GSM 1800
	E-Plus	E1	nur GSM 1800
	O2	E2	nur GSM 1800

Zellplanung

- alle verfügbaren Frequenzen in einer Zelle
- Aufteilung des abzudeckenden Gebiets in Cluster und Frequenzwiederholung

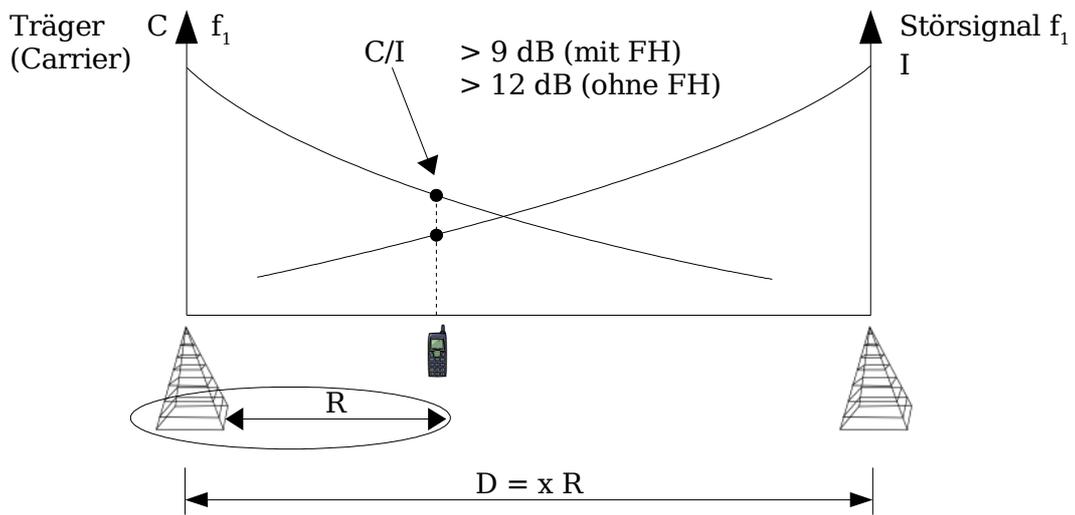


Cluster = Menge von Zellen, in der alle verfügbaren Frequenzen nur genau einmal verwendet werden.

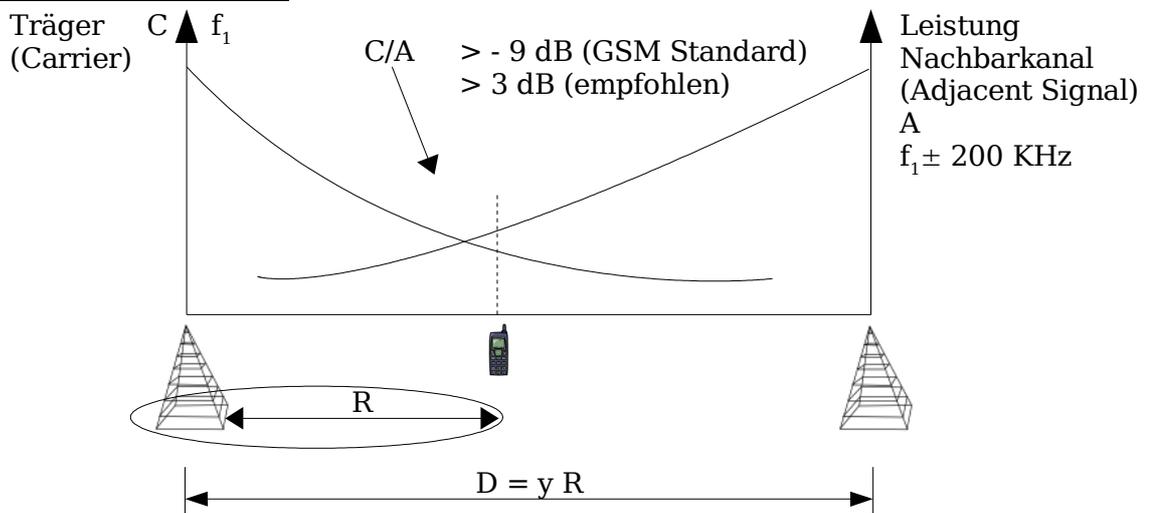
Gleichkanalinterferenz

= Interferenz von Frequenzträgern gleicher Frequenz

Leistung gewünschtes Signal C
 Leistung Störsignal (Interferer) I
 Frequenzwiederholabstand D
 Zellradius R



Nachbarkanalinterferenz

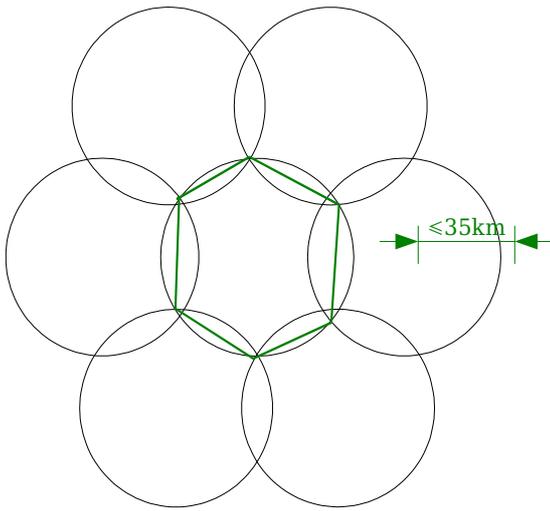


Zellplan

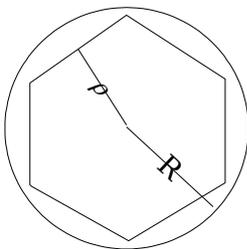
Ziel:

1. Abdeckung sicherstellen
2. Interferenz vermeiden

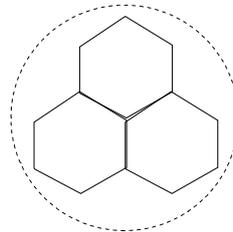
Idealisiertes Funknetzmodell



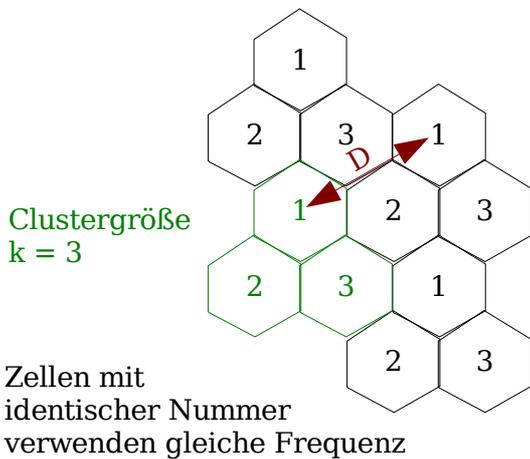
$$\rho = \frac{\sqrt{3}}{2} R$$



Antenne 360°
Omni Zelle



Mit 120°
→ 3-Sektor Standort



Clustergröße
 $k = 3$

Zellen mit
identischer Nummer
verwenden gleiche Frequenz

$$D = 3 * R$$

Typisch sind Clustergrößen
 $k = 12 \Rightarrow D = 6 * R$
 $k = 9 \Rightarrow D = \sqrt{3} * 3 R$
 $D = \sqrt{3k} * R$

<<siehe Folie „3.1 Zellulare Netze – Zellplanung“>>

Je größer k desto größer der Frequenzwiederholabstand D und desto größer $\frac{C}{I}$
 und desto höher die Übertragungsqualität
 aber desto weniger Frequenzen / Zelle

⇒ k muß Kompromiß aus Qualitäts- und Kapazitätsgesichtspunkten bilden

Verkehrsanalyse zu Ermittlung der geforderten Kapazität:

Verkehr = Belegzeit eines Kanals pro Zeiteinheit
 gemessen in Einheit Erlang (E); 1 E = 1 Anrufstunde / Stunde
 ⇒ 1 TLN kann maximal 1 Erlang Verkehr erzeugen

Kapazität der Zelle ist abhängig von

- der Anzahl der Kanäle und
- der akzeptablen Blockierwahrscheinlichkeit eines Anrufwunsches (= Grade of Service, GoS)
 typisch GoS = 1% - 2%

Erlang'sches Verlustsystem

Annahmen: Erlang'sches Verlustsystem, keine Warteschlangen, Zahl der Teilnehmer >> Zahl der Kanäle
 Passon-verteilter Ankunftsprozeß
 ⇒ Blockiermodell von Erlang anwendbar

<<siehe Blatt „Erlang B-Tabelle für Anzahl Kanäle n von 1 bis 50, und GoS von 0,7% bis 40%“>>

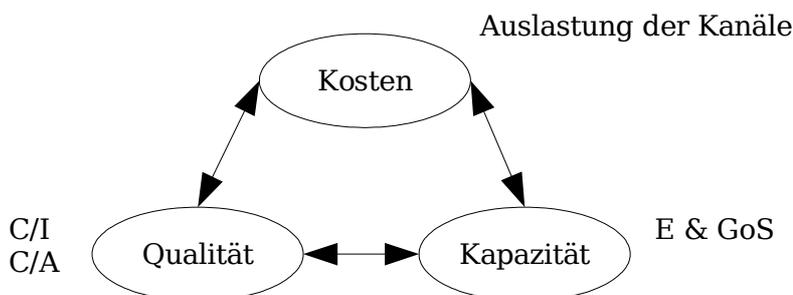
Beispiel: 2 Frequenzen ⇒ 16 Kanäle ⇒ i.d.R. 14 für Nutzdaten
 2 für Signalisierung

GoS = 2%

Wieviel Verkehr kann die Zelle bedienen? Verkehrsangebot $A_{Zelle} \approx 8,2 E$
 Wieviele TLN können in der Zelle bedient werden?

Annahme: durchschnittlicher Verkehr / TLN in der Hauptverkehrszeit typischerweise 15 – 25 mE

$A_{TLN} = 1 \text{ TLN erzeugt } 25 \text{ mE} \rightarrow \text{Anzahl möglicher Teilnehmer: } \frac{A_{Zelle}}{A_{TLN}} = 328$



R verringern → Kapazität / Zelle wird erhöht → Kosten steigen

Zellallokation: Standorte (3-Sektor Antennen): A, B, C, D

Zellen / Standort: 1, 2, 3 ↕

Netzbetreiber: verfügbare Frequenzen: 1 .. 26

A1	B1	C1	D1	A2	B2	C2	D2	A3	B3	C3	D3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13					...						24
25	26										

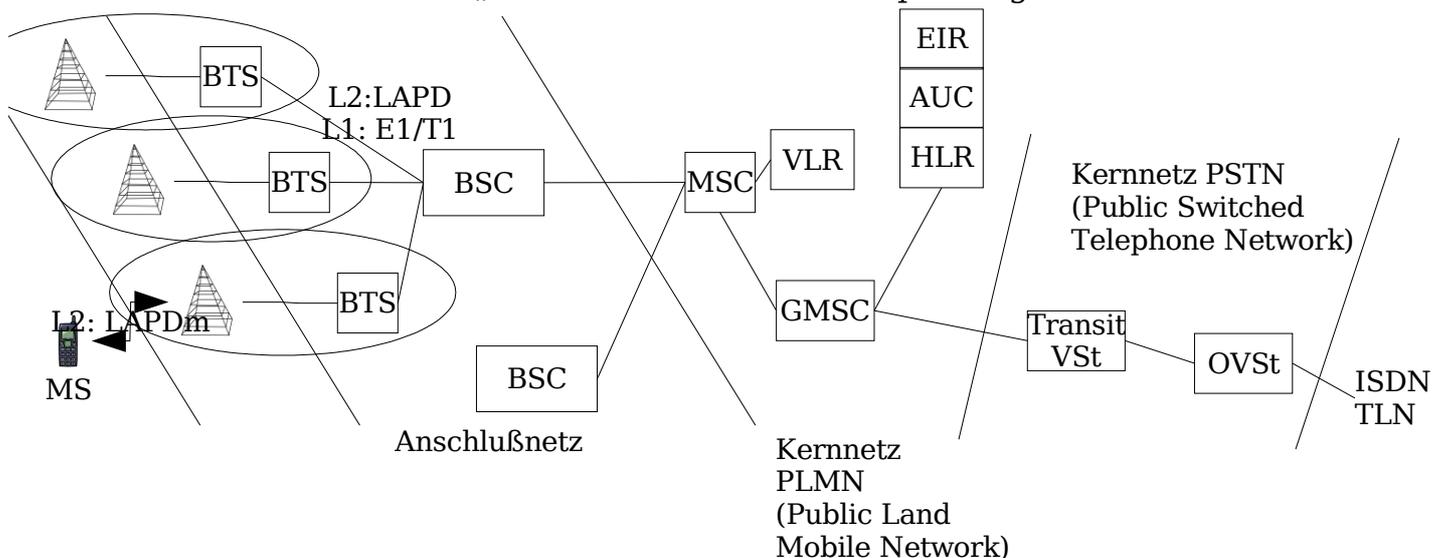
Zellallokation

(Cell Allocation)

$$\frac{C}{A} \rightarrow D = yR$$

Benachbarte Frequenzen müssen in einer Zelle vermieden werden, sollten aber auch in benachbarten Zellen nicht verwendet werden.

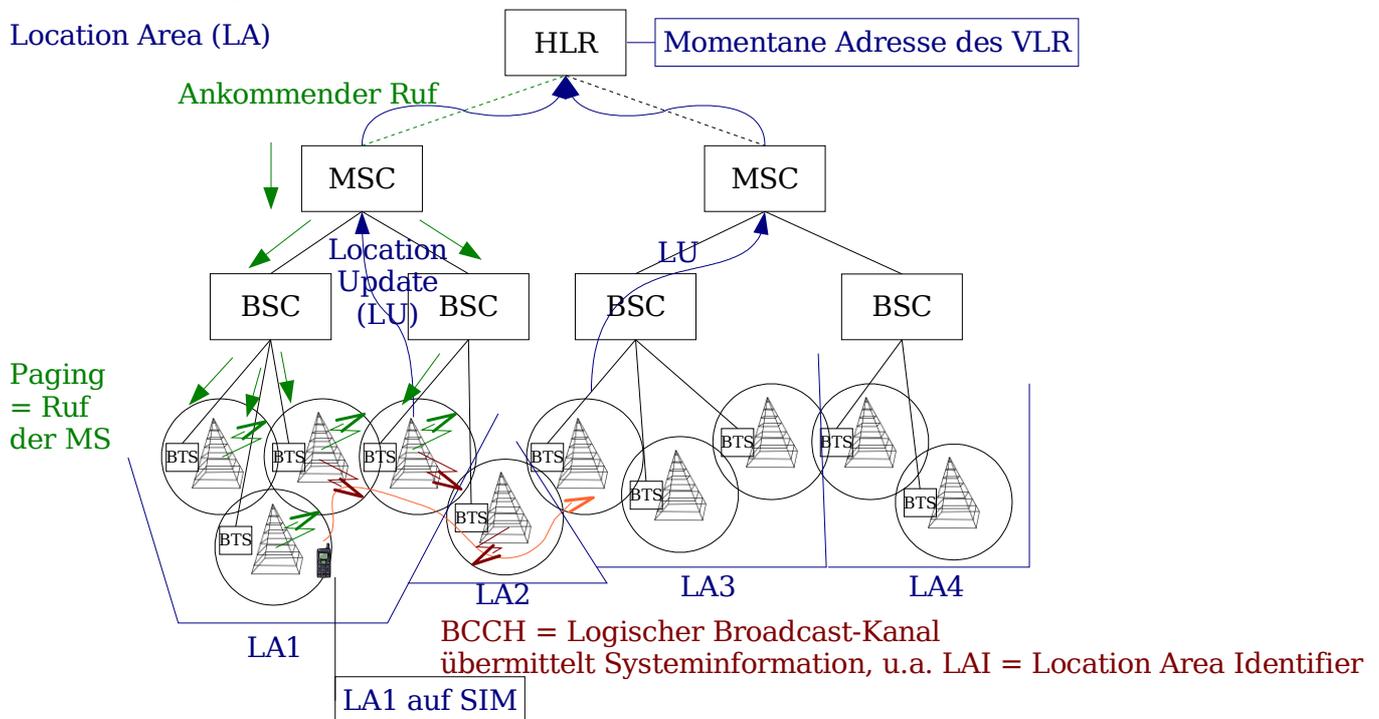
<<siehe nochmal Folie „3.1 Zellulare Netze – Zellplanung“>>



- Mobilstation (Mobile Station, MS): mobiles Endgerät (mobile equipment) + SIM (Subscriber Identity Module) (SIM: DB; zur Personalisierung; wichtigster Inhalt: administrative / TLN / sicherheitsbezogene / Heimat-PLMN-Daten)
- Basisstation (Base Transceiver Station, BTS):
 - Funkversorgung genau einer Zellen
 - erste Konzentradorstufe, multiplext und konzentriert Verkehr der Funkschnittstelle auf E1/T1
 - typisch: 2 – 6 Frequenzen / Zelle
 - funkspezifische Signalverarbeitung
 - terminiert Schicht 2 der Funkschnittstelle (LAPD_m)
- Base Station Controller:
 - zweite Konzentradorstufe, typisch bis zu 10 BTS pro BSC
 - Gesprächsaufbau, -abbau, Funk-Ressourcen-Management (Weiterreichen aktiver Verbindungen, Leistungsregelung, Frequenzzuweisung, Zeitschlitz-zuweisung)
- Mobile Switching Center, MSC:

- Vermittlung innerhalb des Mobilfunknetzes, vgl. mit PSTN-VSt mit zusätzlicher Mobilitätsunterstützung
- BSC-übergreifendes Weiterreichen (Handover)
- Gateway MSC, GMSC:
 - realisiert Übergang vom Heimat-PLMN in PSTN oder anderes PLMN
- Home Location Register, HLR, Heimatregister:
 - ~ 8 pro Netzbetreiber in Deutschland
 - statische personenbezogene Kenndaten jedes Mobilfunkkunden des Netzbetreibers
 - aktuelle Informationen über ungefähren Aufenthaltsort jedes Kunden im Netz insbesondere momentan VLR-Adresse und Informationen über aktivierte Leistungsmerkmale
- Visitor Location Register, VLR (Besucher Register): aktuelle Information über alle TLN (eigene Kunden oder Kunden anderer Netzbetreiber) im Einzugsbereich des VLR (Location Area)
- EIR, Equipment Identification Register: feste (IMEI) und aktuelle (Diebstahl) gerätebezogene Information
- AUC, Authentication Center:
 - geheime Schlüssel zur TLN-Authentifizierung und Nutzdatenverschlüsselung

Location Update



LA ist definiert als der Bereich, in dem die MS sich bewegen kann, ohne „Location Update“ im System. Ein LA wird von einem oder mehreren BSCs gesteuert,

aber nur von genau einem MSC.

LA umfaßt ein oder mehrere Zellen und ist so dimensioniert, daß zu häufige „Location Updates“ vermieden werden. Größe des LA wird andererseits begrenzt durch die verursachte Last durch Paging Requests.

⇒ LA-Größe ist Kompromiß aus Last durch LU und Paging.

4.2 GSM Adressierung und Kennziffern

- LAI = Location Area Identity: hierarchisch gegliedert und international eindeutig

LAI = MCC + MNC + LAC

MCC: Mobile Country Code (3 Ziffern)

z.B. 262 Deutschland

240 Schweden

MNC: Mobile Network Code (2 Ziffern)

z.B. 01 T-Mobile

02 Vodafone

03 E-Plus

04 O2

LAC: Location Area Code (5 Ziffern, maximal 16 Bits ⇒ 65535)

TLN-Kennziffern

- IMSI = International Mobile Subscriber Identity; eindeutige Teilnehmeridentität, nur innerhalb GSM bekannt

IMSI = MCC + MNC + MSIN

im HLR und auf SIM gespeichert

MSIN: Mobile Subscriber Identification Number: vom Betreiber vergeben

- MSISDN = Mobile Station ISDN Number: Rufnummer des Mobilfunk-TLN im öffentlichen Telefonnetz; im HLR gespeichert

MSISDN = CC + NDC + SN

CC: Country Code, z.B. 49 für Deutschland

Heimat-

NDC: National Destination, z.B. 172, 171, 177 ...

PLMN

SN: Subscriber Number, max. 10 Ziffern

- MSRN = Mobile Station Roaming Number

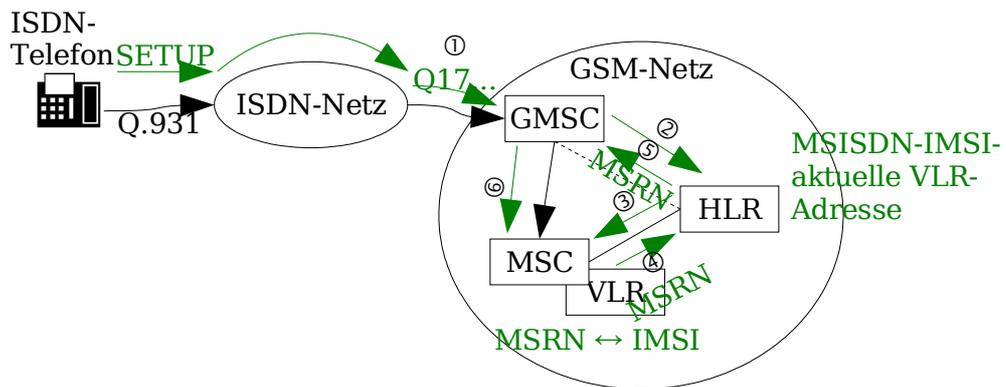
MSRN = CC + NDC + SN

CC des aktuellen VLR

NDC des besuchten Netzes

SN im aktuellen Netz

Geräte-Kennziffer: IMEI = International Mobile Equipment Identity; vom Hersteller des Gerätes vorgegeben, Netzbetreiber speichert IMEI im EIR



- ① GMSC empfängt ankommenden Ruf mit MSISDN
- ② GMSC erfragt Routing Information beim HLR
- ③ HLR verwendet MSISDN, um TLN-Daten zu finden. Sendet Aufforderung an aktuelles MSL eine Roaming Nr zuzuweisen
- ④ MSC vergibt Roaming Nr und antwortet mit MSRN
- ⑤ MSRN von HLR an GMSC
- ⑥ Weiterleiten des ankommenden Rufs an aktuelles MSC mit Hilfe der MSRN