

Telematik

7. ISDN



Prof. Dr. Martina Zitterbart

Dipl.-Inform. Thomas Gamer

Dipl.-Inform. Martin Röhrich

[zit | gamer | roehricht]@tm.uka.de



7. ISDN

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet

2. Ende-zu-Ende Datentransport
3. Routingprotokolle und -architekturen
4. Medienzugangskontrolle
5. Brücken

III. Übertragungstechnik

6. Datenübertragung

IV. Telekommunikationsnetze

7. ISDN

8. Weitere ausgewählte Beispiele

V. Netzmanagement

9. Netzmanagement

7.0 Telekommunikation – Entwicklung

7.1 Aufbau von Telekommunikationsnetzen

7.2 Ziele und Aufbau von ISDN

7.3 Signalisierung im Teilnehmerbereich:

D-Kanal-Protokolle

7.3.1 Protokoll Q.931 (Schicht 3)

7.3.2 LAP-D Protokoll (Schicht 2)

7.4 Teilnehmer-Schnittstelle S_0

7.4.1 Vierdraht-Übertragungsverfahren

7.4.2 Konfiguration

7.4.3 Multiplexen: S_0 -Rahmen

7.4.4 Konkurrierender Zugriff auf D-Kanal

7.5 Netz-Schnittstelle U_{ko}

7.5.1 Zweidraht-Übertragungsverfahren

7.5.2 Multiplexstruktur: U_{ko} -Rahmen

7.6 Netzinterne Signalisierung

7.7 Ausblick: Internet-Telefonie

7.8 Anhang1: Digitale Übertragung analoger Daten

7.9 Anhang2: Beweis Abtasttheorem

1

Telematik – WS 2009/10

7. ISDN

Institut für Telematik
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



Zielsetzung für Kapitel 7

- Grundkenntnisse über den Aufbau von Telekommunikationsnetzen am Beispiel von ISDN
 - Leitungsvermitteltes Netz
 - ▶ Aufbau einer dedizierten Verbindung zu Beginn der Kommunikation
 - Digitale Kommunikation
 - ▶ Analoge Daten müssen vor der Übertragung in digitale Daten umgewandelt werden
 - Mehrfachzugriff
 - ▶ Einsatz von Multiplextechniken zur gleichzeitigen Nutzung mehrerer Kanäle
 - ▶ Konkurrierender Zugriff auf Signalisierungskanal
 - Trennung zwischen Teilnehmer-Installation und ISDN-Netz

2

Telematik – WS 2009/10

7. ISDN

Institut für Telematik
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de



7.0 Telekommunikation - Entwicklung

- Telekommunikation
 - Austausch von Daten über „größere“ Distanzen
- Frühe Varianten
 - Flügeltelegraphen (Semaphore)

Rauchzeichen [Held99]



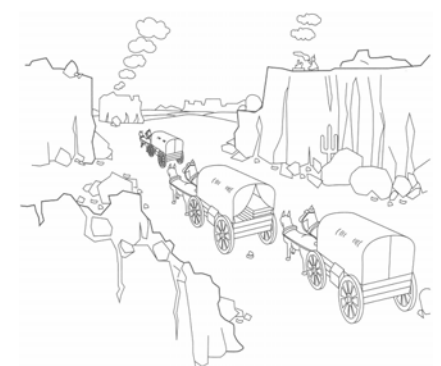
Pleumeur-Bodou



Sainte Foy-lès-Lyon



Marcy sur Anse



3

Telematik – WS 2009/10

7. ISDN

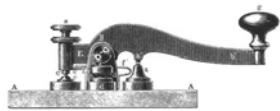
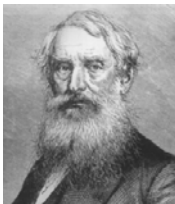
Institut für Telematik
Universität Karlsruhe (TH)

www.tm.uka.de

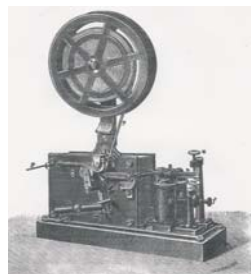


- Morse entwickelt Telegrafie
 - Übermittlung von Texten
 - Verwendung eines Codes
- Erste Entwicklung ca. 1832
- Bekannte Demonstration am 24. Mai 1844
 - Übertragung eines Textes von Washington nach Baltimore
 - ▶ 60 km lange Leitung
 - ▶ „What hath God Wrought“
- Endsysteme

Samuel F. B. Morse (1791-1872)



Telegraphentaste



Streifenschreiber

4



- 1854
 - Gründung „New York – Newfoundland and London Telegraph Company“
- 1856
 - Telegrafieverbindung zwischen New York und Neufundland (Freileitung, Seekabel)
 - Gründung „Atlantic Telegraph Company“
- August 1858
 - 3745 km lange Kabelverbindung zwischen New York und Neufundland verlegt
 - ... nach ein paar Wochen war Kabel defekt
- ... amerikanischer Bürgerkrieg (1861 – 1865)
- Juli 1866
 - Funktionstüchtiges Transatlantikkabel verlegt
 - schneller Informationsaustausch zwischen den Kontinenten



[Grie04]

5



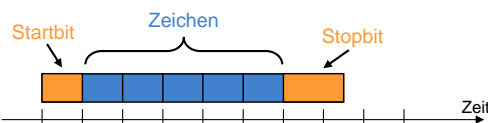
- Fernschreibtechnik (alphabetische Telegrafie)
 - Auch als Telex-Dienst bezeichnet (TELEprinter EXchange)
 - Einsatz ab ca. 1875
- Nutzung eines 5-bit-Alphabets
 - Baudot: Internationales Telegrafenalphabet Nummer 1
 - Murray: Internationales Telegrafenalphabet Nummer 2
 - Vorteil: Feste Codelänge statt variabler Codelänge bei Morsecode
 - Asynchrone Übertragung
 - ▶ Startbit (1) und Stoppbit (1,5) für jedes Zeichen
 - ▶ Datenrate: 50 baud im Halbduplexbetrieb, also 6,67 Zeichen pro Sekunde



Historischer Fernschreiber



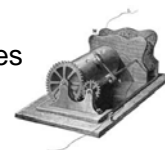
J.-M. F. Baudot (1845 – 1903)



6



- Bakewell entwickelt 1847 den Kopier-Telegraphen
 - Zeilenweise Abtastung und Übertragung eines s/w-Bildes
 - Durchbruch in Deutschland erst 1979 im Telefaxdienst
- Bell meldet 1876 den Fernsprecher als Patent an
 - Schnelle Verbreitung der Telefonie
 - 1877
 - ▶ Erste handvermittelte Ortsfernsprechanlage
 - 1892
 - ▶ Erste selbsttätige Vermittlungseinrichtung
- Integriertes Text- und Datennetz (IDN) ab 1976
 - Wählbare Geschwindigkeiten von 50 – 9600 Bit/s
 - Zusammenfassung der Netze Datex-L, Datex-P und Telex
 - Ab 1981 Erweiterung um Teletextdienst
- Einführung des Bildschirmtext (BTX) im Jahr 1983
 - Fand allerdings nicht die erwartete Beachtung
 - Nutzung eines zentralen IBM-Servers zur Bereitstellung der Inhalte



7



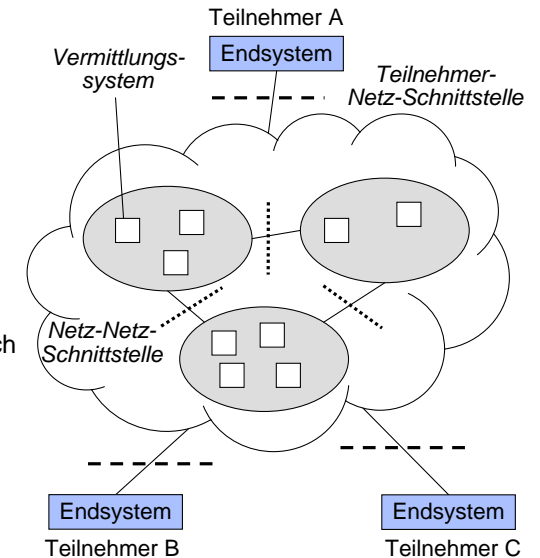
- Ziele
 - Digital bis zum Teilnehmer
 - Integration unterschiedlicher Dienste (z.B. Sprache, Daten, Bild)
- Bereitstellung zusätzlicher Dienste
 - Wahlwiederholung
 - Direktruf
 - Wahl bei aufgelegtem Hörer
 - Umleitung von Anrufen
 - Identifizierung von Anrufern
 - ▶ Fangschaltung konnte vom Angerufenen durch Wählen einer bestimmten Nummer ausgelöst werden
 - ▶ Die am Verbindungsaufbau beteiligten Wähler wurden während laufender Verbindung blockiert
 - ▶ Anhand der Stellung der Wähler in den Vermittlungsstellen konnte der Anrufer durch manuelles „Ablesen“ ermittelt werden



<http://www.s-sforbeck.de/cms/telefonend-vermittlungsstelle/fangen.html>

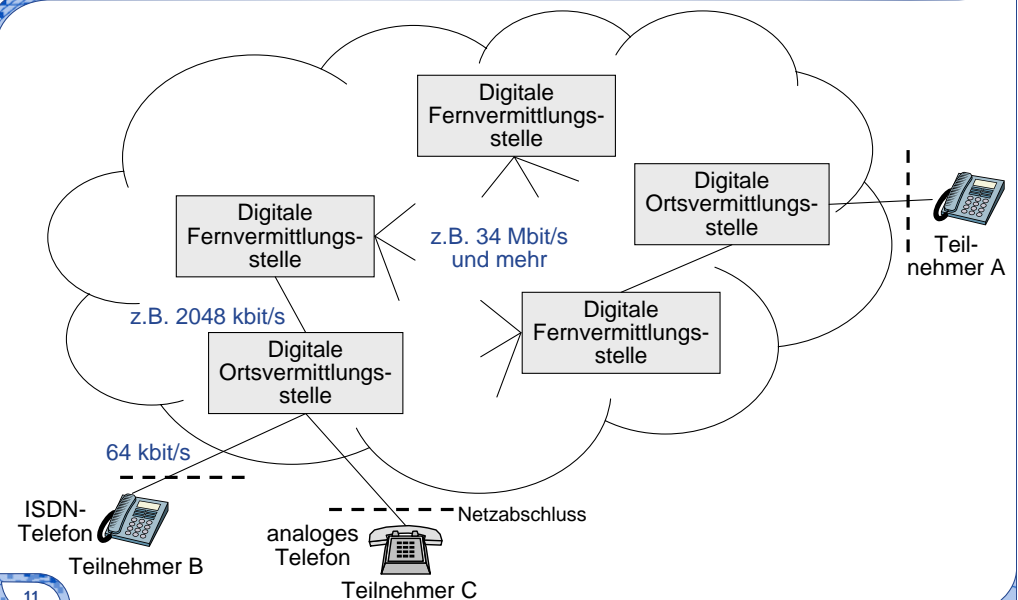
8

- Strikte Trennung zwischen Teilnehmerseite und Netzseite
 - Wohldefinierte Teilnehmer-Netz-Schnittstelle
 - ▶ Netzabschluss
 - Innerer Aufbau (Protokolle, Dienste) bleibt für Teilnehmer transparent
 - ▶ z.B. netzinterne Signalisierung
- Netzzintern
 - Gliederung in Teilnetze möglich
 - ▶ Netz-Netz-Schnittstelle
 - Spezielle Systeme
 - ▶ Vermittlungssysteme, Register (z.B. bei GSM) etc.
- Teilnehmer
 - Nutzer eines Endsystems



9

- Ziele
 - Digitale Kommunikation bis zum Teilnehmer
 - ▶ Bisher war im Telefonnetz der Teilnehmeranschluss noch analog
 - Integration unterschiedlicher Dienste (Sprache, Text, Bild, ...)
- Prinzipien
 - Dienste sollen kompatibel sein mit digitaler 64 kbit/s Verbindung
 - ▶ 64 kbit/s → ableitbar aus Digitalisierung (s. Kap. 7.7)
 - Bereitstellung komplexer Dienste durch das Netz
 - ▶ „Intelligenz“ im Netz, „Features“ (z.B. Rufweiterleitung), Netzmanagement
 - Geschichtete Architektur für den Netzzugang
 - Unterstützung unterschiedlicher Konfigurationen
- Anforderungen der Telefonie stellen Basis für Entwicklung dar



10

11

B-Kanal

- **Nutzdatenübertragung**
- Datenrate: **64 kbit/s**
 - ▶ ca. 5 Schreibmaschinenseiten mit 1600 Zeichen pro Seite
- Mehrere B-Kanäle
 - ▶ operieren unabhängig voneinander
 - ▶ können verschiedene Zielrichtungen haben
 - ▶ können unterschiedliche Daten übertragen (z.B. Sprache, Bilder)
 - ▶ müssen nicht (können aber) zur gleichen Zeit aktiv sein

D-Kanal

- **Signalisierung**
- Datenrate: **16 kbit/s**
- ... auch zur Datenübertragung nutzbar

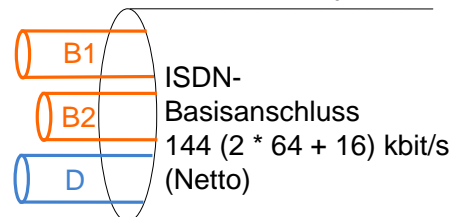
12

- ... hochinteressant auch für den Nutzdatenverkehr
- T-ISDN @ctive
 - Standleitung auf D-Kanal für 9,90 DM / Monat
 - B-Kanäle bei Bedarf zuschaltbar
 - Vom c't-Magazin im Jahr 2000 getestet
 - ▶ Ein FTP-Download auf dem D-Kanal erreichte 2,4-4,8 kbit/s
 - ▶ Häufige Sendepausen, Routingprobleme und periodische Trennung mit neuer IP-Vergabe führten zu Problemen
 - ▶ Für Chat oder Emailbenachrichtigung aber gut nutzbar
- Zusatzdienste
 - E-Mail-Benachrichtigung, Börsenkurse, Wetter, ...
- Datex-P-Verbindungen
- Linux-Projekt zur langsamen, aber kostenlosen Datenübertragung
 - Führt dazu, dass viele Telefongesellschaften diese Funktion abschalteten
- Heute wieder zur Übertragung von SMS-Nachrichten genutzt

13

Basis-Anschluss

- $2 * 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s} (2 * B + D_{16})$

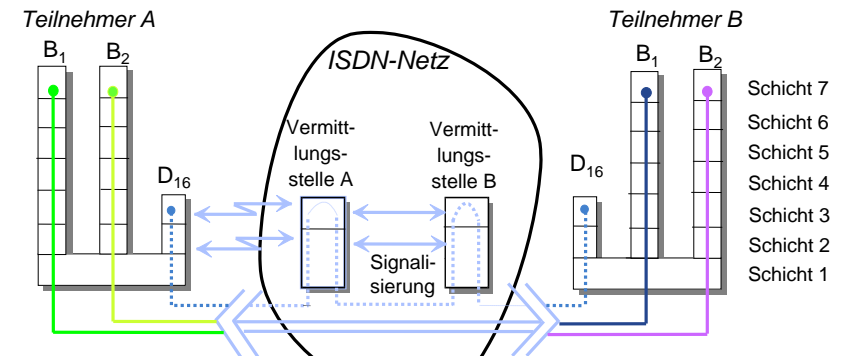


Primär-Multiplex-Anschluss

- H12 (Europa):
 $30 * 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} (30 * B + D_{64}) + 64 \text{ kbit/s (Synch.kanal)} = 2.048 \text{ kbit/s}$
- H11 (USA, Japan):
 $23 * 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} (23 * B + D_{64}) + 8 \text{ kbit/s (Synch.kanal)} = 1.544 \text{ kbit/s}$

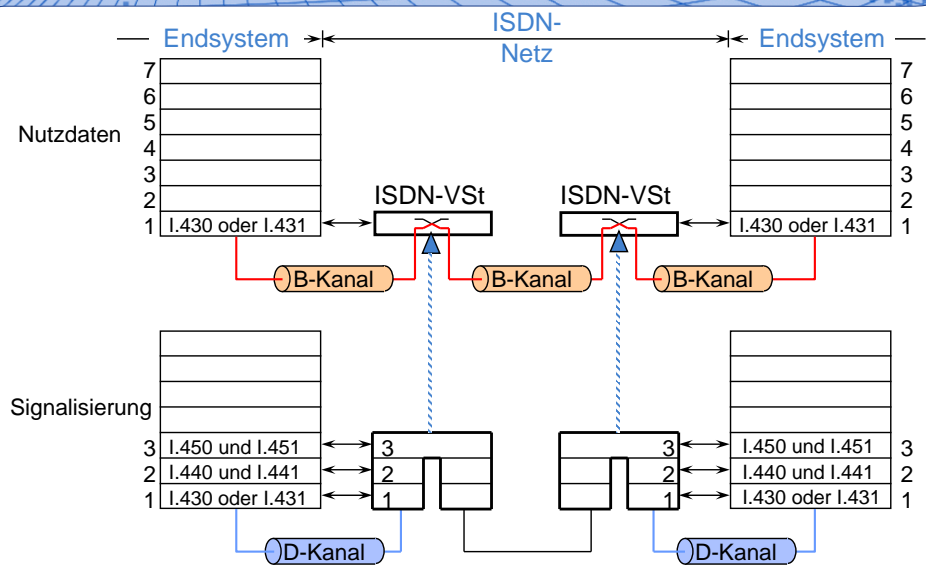
14

Schichtenarchitektur für B- und D-Kanäle



- Teilnehmer-Installation
 - ▶ B-Kanäle
 - ▶ Schicht 1 standardisiert
 - ▶ Schichten 2-7 abhängig von der Anwendung
 - ▶ D-Kanal
 - ▶ Umfasst nur Schichten 1-3
 - ▶ Schichten 2 und 3: D-Kanal-Protokolle
- Netzseite
 - ▶ Netzinterne Signalisierung

15

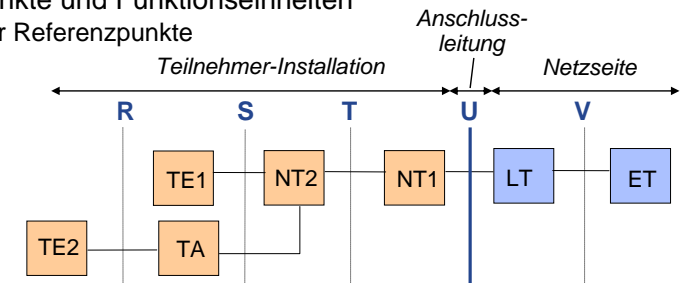


I.xxx → Verweis auf entsprechenden ITU-Standard

16

• ISDN Referenzpunkte und Funktionseinheiten

- Anordnung der Referenzpunkte



• Funktionseinheiten

- ▶ ET: Exchange Termination (Vermittlungsabschluss)
- ▶ LT: Line Termination (Leitungsabschluss)
- ▶ NT1: Network Termination 1 (Netzabschluss 1) (Nur Schicht-1-Funktionen)
- ▶ NT2: Network Termination 2 (Netzabschluss 2) (Schicht-1-, -2-, und -3-Funktionen)
- ▶ TA: Terminal Adaptor (Anpassung nicht ISDN-fähiger Endsysteme)
- ▶ TE1: Terminal Equipment Type 1 (ISDN Endsystem)
- ▶ TE2: Terminal Equipment Type 2 (nicht ISDN-fähiges Endsystem)

17

- Übertragungstechnischer Abschluss der Netzseite (U_{k0} -Schnittstelle)
- Abschluss der Teilnehmerinstallation (S_0 -Schnittstelle)
- Speisung der Teilnehmerinstallation
 - ▶ Normalbetrieb (aus 220V-Netz) min. 4 W
 - ▶ Notbetrieb (von VSt) min. 410 mW
- Ausführung von Betriebsfunktionen
 - ▶ Erkennung von Rahmenfehlern
 - ▶ Schleifenbildung (Tests)
- Der Netzabschluss NT1 führt lediglich Funktionen der Schicht 1 durch
 - ▶ Taktrückgewinnung
 - ▶ Rahmensynchronisation
 - ▶ D-Echo-Kanal-Steuerung
- Der NT2 umfasst Funktionen bis zur Schicht 3, z.B.
 - ▶ Vermittlungsfunktionen
 - ▶ Optional, z.B. bei Telefonanlagen vorhanden
- Oftmals sind NT1 und NT2 in einem Gerät zusammengefasst

18

• ET

- Vermittlungsstelle (Schichten 1 bis 3)
 - ▶ Multiplex- und Demultiplexfunktionen
 - ▶ Verbindungsüberwachung
 - ▶ Fehlerüberwachung und Alarmierung
 - ▶ Kontroll- und Testfunktionen
 - ▶ LAP-D-Protokolle
 - ▶ Signalisierungsfunktionen in Schicht 3

• LT

- Leitungsübertragungseinrichtung
- Umsetzung zwischen relativ niedriggradigem Teilnehmeranschluss und hochgradigem Multiplexanschluss auf der Vermittlungsseite
 - ▶ Umsetzen der Übertragungsverfahren
 - ▶ Ableiten und regenerieren von Takten
 - ▶ Fehlerüberwachung und Alarmerzeugung
 - ▶ Fernstromversorgung des Teilnehmerbereichs

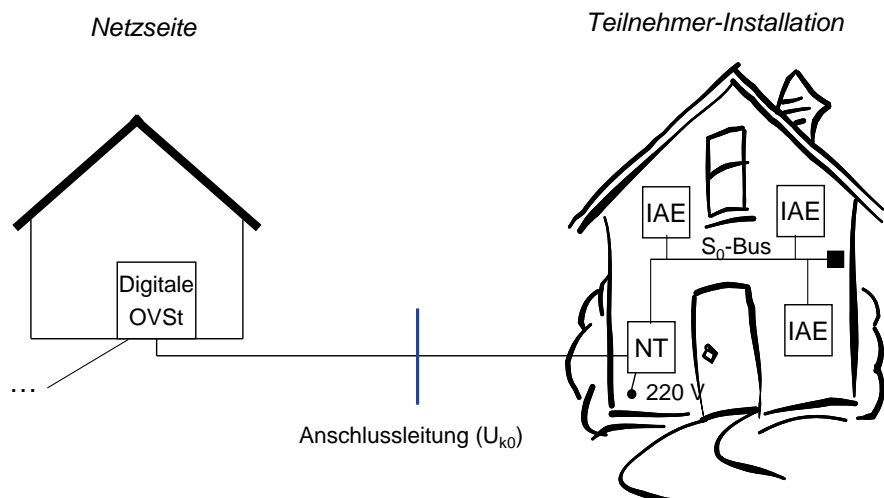
19

- TE1
 - Endsystem, das allen ISDN-Interface-Empfehlungen genügt
- TE2
 - Endsystem, das die ISDN-Interface-Empfehlungen nicht erfüllt
- TA
 - Anpassung an die ISDN-Interface-Empfehlungen, z.B.
 - ▶ Analog/Digital- bzw. Digital/Analog-Wandlung
 - ▶ D-Kanal-Signalisierung
 - Analoge bzw. digitale nicht-ISDN-Endsysteme können hierüber betrieben werden

20

- Die folgenden standardisierten Schnittstellen werden eingesetzt
 - S_0 : Anschlussleitung im Teilnehmerbereich
 - ▶ Bussystem zum Anschluss von maximal 8 Endsystemen
 - U_{K0} : öffentliche Teilnehmeranschlussleitung
 - ▶ Verbindung zwischen Netzabschluss (NT) und digitaler Ortsvermittlungsstelle (ET)
 - U_{P0} : Teilnehmeranschluss an eine Telekommunikationsanlage
 - S_{2M} : Primärmultiplexanschluss
 - ▶ Schnittstelle zwischen Netzabschluss (NT) und Telekommunikationsanlage
 - U_{K2} : Primärmultiplexanschluss
 - ▶ Kupferleitung
 - U_{G2} : Primärmultiplexanschluss
 - ▶ Glasfaser

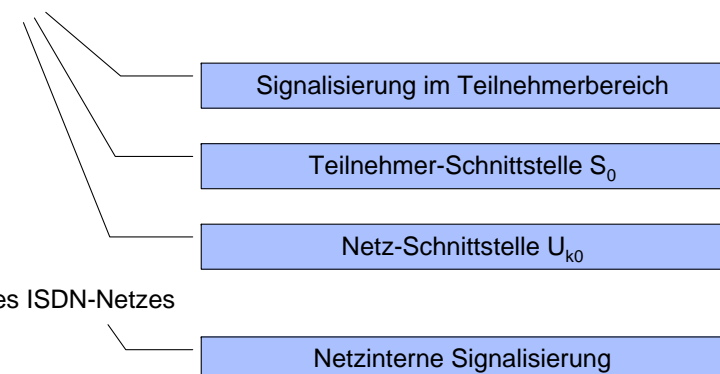
21



OVSt: Ortsvermittlungsstelle
NT: Netzabschluss
IAE: ISDN-Anschluss-Einheit

22

- Klare Gliederung in Teilnehmer-Installation und Netzseite
 - Strukturierung durch Referenzpunkte und Funktionseinheiten
 - Strukturierung durch Schichtenarchitektur
- Im Folgenden nähere Betrachtung ausgewählter Aspekte
 - der Teilnehmer-Installation



23

- Ziel
 - Aufbau einer Kommunikationsverbindung zwischen den Endsystemen über ein ISDN-Netz
 - ▶ Anmerkung: ISDN ist ein leitungsvermittelltes Netz
- Aufgaben
 - Signalisierung zwischen Teilnehmer-Installation und Netzseite
 - Netzinterne Signalisierung im ISDN-Netz übernimmt separates Signalisierungsprotokoll (s. Kap. 7.6)
- In der Schichtenarchitektur
 - Schicht 3: Protokoll **Q.931**
 - ▶ Austausch von Signalisierungsinformation über ISDN-Netz hinweg
 - Schicht 2: **LAP-D** Protokoll (Variante von HDLC)
 - ▶ Austausch zwischen Endsystem und Ortsvermittlungsstelle (Basisanschluss)

24



- Ziele
 - Auf- und Abbau einer Verbindung zwischen Endsystemen
 - ▶ Hierzu Belegung eines B-Kanals im Teilnehmerbereich
 - ▶ Anmerkung: ISDN ist ein leitungsvermittelltes Netz
 - Aushandlung der Teilnehmer-Dienstmerkmale
- Aufgaben
 - Global eindeutige Adressierung der Endsysteme durch ISDN-Adressen
 - Unterstützung verschiedener Dienstmerkmale
 - Flexibles Format der Dateneinheiten – Erweiterbarkeit um neue Dienstmerkmale
- Protokoll
 - **Q.931** – von der ITU-T standardisiert

25



- Aufbau

	ISDN-Adresse			
	ISDN-Nummer (max. 15 Ziffern)		ISDN Subadresse	
Mögliche Ausscheidenziffern (z.B. 0,00)	Landes- kennzahl	Netzkennung/ Ortsnetz- kennzahl	Teilnehmer- nummer	maximal 32 Ziffern
- Ausscheidungsziffern
- ISDN-Nummer (Teilnehmernummer)
 - ▶ Nummer des Anschlusses
 - ▶ Enthält Nummer der Nebenstelle
 - ▶ Enthält eventuell Endsystemauswahlziffer für passiven Bus
- ISDN-Subadresse
 - ▶ Zur Adressierung von Subkomponenten in der gerufenen Endeinrichtung
- Standardisiert durch ITU-T: E.163, E.164, I.330 und I.331

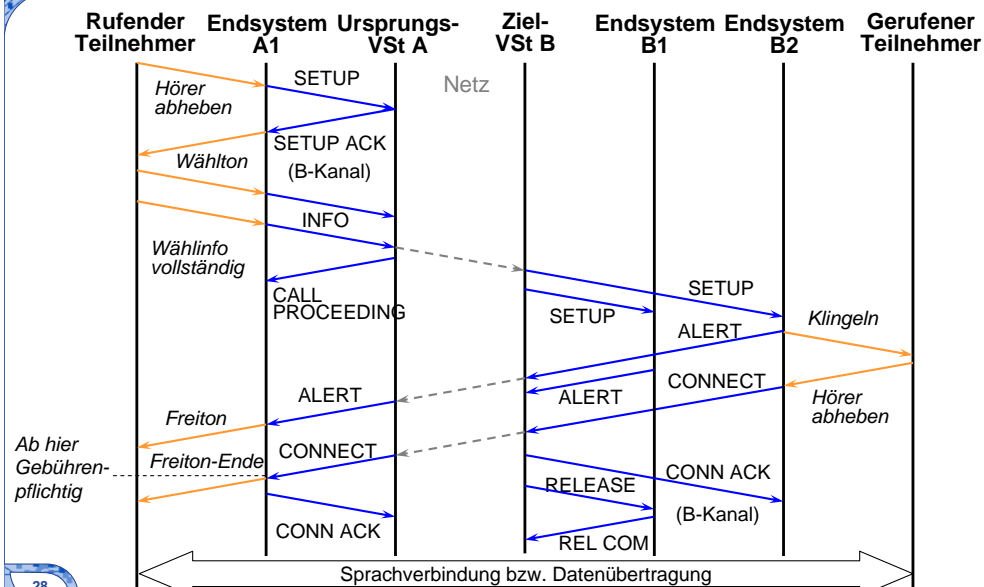
26



- Signalisierungstransaktion zur Bereitstellung einer Verbindung
 - Phasen beim Verbindungsaufbau (zwischen Teilnehmern A und B)
 - ▶ Abgehender Ruf bei Teilnehmer A („wählen“)
 - ▶ Ankommender Ruf bei Teilnehmer B
 - ▶ Rufanzeigephase bei Teilnehmer B („läuten“)
 - ▶ Rufannahmephase von Teilnehmer B
- Dabei muss B-Kanal belegt werden
 - Alternativen zur Belegung des B-Kanals
 - ▶ Es wird *vorgeschrieben*, welcher B-Kanal (B1 oder B2) zu verwenden ist
 - ▶ Es wird *vorgeschlagen*, welcher B-Kanal (B1 oder B2) zu verwenden ist
 - ▶ Die Auswahl des B-Kanals (B1 oder B2) kann *beliebig* vorgenommen werden

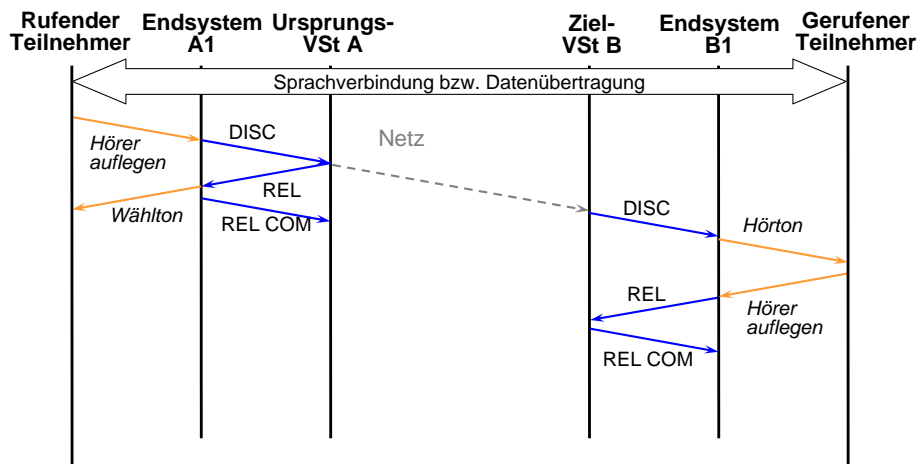
27



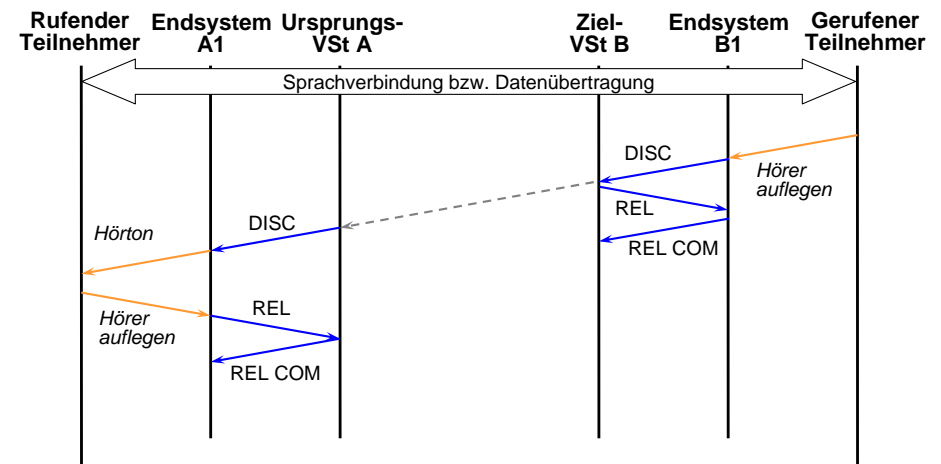


- Drei verschiedene Arten der „Aktionen“
 - Teilnehmer agiert, z.B. Hörer abnehmen („orange“)
 - Austausch von Q.931 Dateneinheiten zwischen Endsystem und Ursprungs- bzw. Zielvermittlungsstelle („blau“)
 - Etablierung einer Verbindung zwischen Ursprungs- und Zielvermittlungsstelle („grau“)
- Wesentliche Schritte
 - Teilnehmer initiiert Aufbau durch Abnehmen des Hörers
 - Wählinformation vollständig
 - ▶ Call Proceeding an Teilnehmer, Verbindungsaufbau durchs ISDN-Netz zur Ziel-Vermittlungsstelle
 - Alle Endsysteme am Teilnehmeranschluss werden informiert
 - Freie Endsysteme antworten mit ALERT
 - ▶ Erstes ALERT bei Vermittlungsstelle zurück an rufenden Teilnehmer
 - Nach Rufannahme (z.B. Hörer abheben) CONNECT an Vermittlungsstelle
 - Empfang CONNECT: B-Kanal durchgeschaltet, Gebührenpflichtig
 - ▶ RELEASE an andere Endsysteme

- Variante 1: rufende Seite legt zuerst auf



- Variante 2: gerufene Seite legt zuerst auf



Nachrichtentyp	Bedeutung von Endsystem zur Vermittlungsstelle (VSt.)	Bedeutung von der VSt. zum Endsystem
Setup	Endsystem leitet Verb.aufbau ein	Für Endsystem liegt ein ankommender Ruf vor
Setup Acknowledge	Quittierung von Setup	Quittierung von Setup
Alerting	Endsystem ist zur Annahme des Rufes bereit, Teilnehmer wird gerufen	Netzseitig konnte die Verbindung bis zum Ziel aufgebaut werden
Connect	Ankommender Ruf wurde angenommen	B-Kanal wird durchgeschaltet
Connect Acknowledge	Keine	Bestätigung für das den Ruf annehmende Endsystem, dass es ausgewählt wurde
Disconnect	Aufforderung zum Auslösen (Verb.abbau)	Auslösen vom Netz gefordert
Release	Freigabe des B-Kanals und der Call Reference	Freigabe des B-Kanals und der Call Reference
Release Complete	Quittierung der Release-Nachricht	Quittierung der Release-Nachricht
Facility	Endsystem fordert Dienstmerkmal für Verb. an	VSt. fordert Dienstmerkmal für Verb. an
Register	Endsystem beantragt bei VSt. Eintragen eines Dienstmerkmals	Keine

32



Aufbau von Verbindungen:

00000001 **Alerting**
 00000010 Call Proceeding
 00000011 Progress
 00000101 **Setup**
 00000111 **Connect**
 00001101 **Setup Acknowledge**
 00001111 **Connect Acknowledge**

Normaler Datentransfer:

00100000 User Information
 00100001 Suspend Reject
 00100010 Resume Reject
 00100100 Hold
 00100101 Suspend
 00100110 Resume
 00101000 Hold Acknowledge
 00101101 Suspend Acknowledge
 00101110 Resume Acknowledge
 00110000 Hold Reject

00110001 Retrieve
 00110011 Retrieve Acknowledge
 00110111 Retrieve Reject

Abbau von Verbindungen:

01000101 Disconnect
 01000110 Restart
 01001101 **Release**
 01001110 Restart Acknowledge
 01011010 **Release Complete**

Dienstmerkmale/Sonstige:

01100000 Segment
 01100010 Facility
 01100100 Register
 01101110 Notify
 01110101 Status Enquiry
 01111001 Congestion Control
 01111011 **Information**
 01111101 Status
 00000000 Escape Code

33



- Grundlegende Zielsetzung beim Entwurf
 - Flexibilität (offen für neue Dienstmerkmale)
 - Effizienz (möglichst wenig Overhead)

Grundsätzlicher Aufbau

- Protokoll-Diskriminator**
 - Verwendetes Protokoll
- Call-Reference** (Referenznummer)
 - Kennzeichnet Transaktion eindeutig
- Nachrichtentyp**
 - Beschreibt Nachricht
- Nachrichtenelemente**
 - Abhängig vom Nachrichtentyp

8	7	6	5	4	3	2	1	Bits
Protokoll-Diskriminator								1 Oktett
Referenznummer (Call Reference)								n Oktette
Nachrichtentyp								1 Oktett
Nachrichtenelement 1								n Oktette
Nachrichtenelement 2								
:								
Nachrichtenelement m								

34



Aufgabe

- Eindeutige Kennzeichnung aller Signalisierungsvorgänge einer Transaktion
- Nur lokal am Teilnehmeranschluss von Bedeutung

Aufbau

- Längenangabe der Referenznummer
- Flag F
 - 0: Transaktion vom Endsystem
 - 1: Transaktion von Vermittlungsstelle

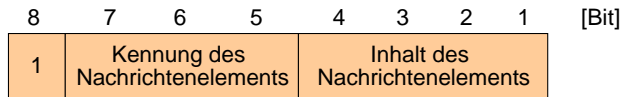
Bits:	8	7	6	5	4	3	2	1	
	0	0	0	0	Länge der Referenznummer				1 Oktett
	F	Referenznummer (Call Reference)							n Oktette

35

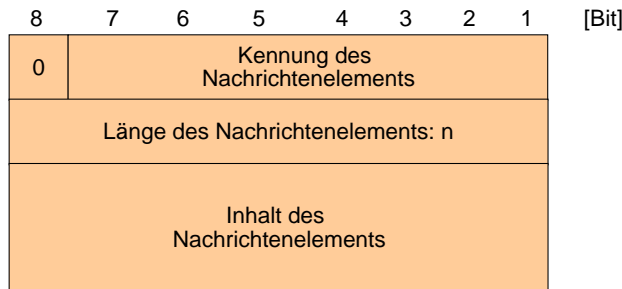


Varianten von Nachrichtenelementen

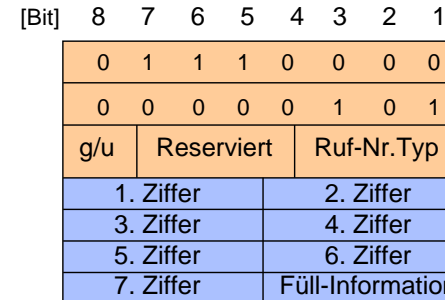
Einzel-Oktett-Nachrichtenelement



Mehr-Oktetts-Nachrichtenelement



Beispiel: Nachrichtenelement Rufnummer



Kennung für gewählte Rufnummer (Zieladresse)

Länge des Rufnummernfeldes (z.B. 5)

Bedeutung der Rufnummer

Ziffern der Rufnummer
BCD-kodiert

g/u: Die Rufnummer hat eine gerade Anzahl oder eine ungerade Anzahl von Ziffern. Im letzteren Fall sind die Bits 1-4 des letzten Oktetts Füllinformation.

Rufnummertyp: normale Rufnummer, Kurzurufnummer oder Subadresse

Weitere ausgewählte Beispiele

- Status der Verbindung
- Benutzter Kanal

Ziel

- Zuverlässige Kommunikation zwischen Endsystem und Vermittlungsstelle
 - Bestätigte Kommunikation, Sendewiederholungen
 - ... Übertragung von Signalisierungs- und Kontrollinformation

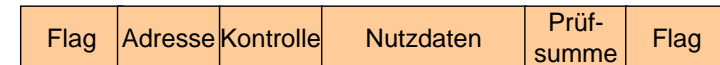
Aufgaben

- Adressierung der angeschlossenen Systeme
 - Vergabe einer eindeutigen ID pro System (Terminal Endpoint Identification, TEI)
 - Zusätzlicher Broadcast-Kanal vorhanden
- Kennzeichnung des zu nutzenden Dienstes
 - Service Access Point Identifier (SAPI) kennzeichnet Art des genutzten Dienstes
 - z.B. Senden von Signalisierungsdaten der Schicht 3 oder Management-Funktionen wie die Vergabe einer TEI
 - SAPI und TEI bilden gemeinsam die Adresse einer logischen Schicht-2-Verbindung: DLCI (Data Link Connection Identifier)
- Bitfehlererkennung
 - Nutzung einer Prüfsumme

Protokoll: Teilmenge von HDLC – als LAP-D bezeichnet (D-Kanal)

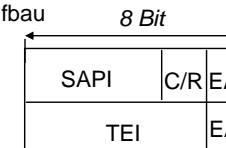
- Auch als Q.921 bezeichnet

Aufbau



Adressfeld besteht aus 16 Bit

- entspricht erweitertem Adressfeld in HDLC-Dateneinheit
- Aufbau



EA = 0: es folgt ein Byte im Adressfeld

EA = 1: Ende des Adressfeldes

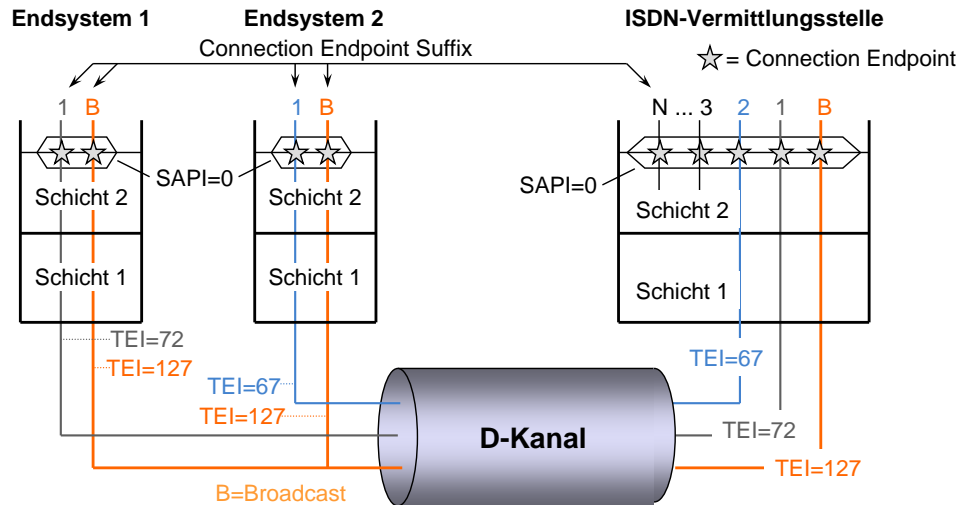
C/R: Command / Response

SAPI (6 Bit) kennzeichnet Art des Dienstes, z.B.

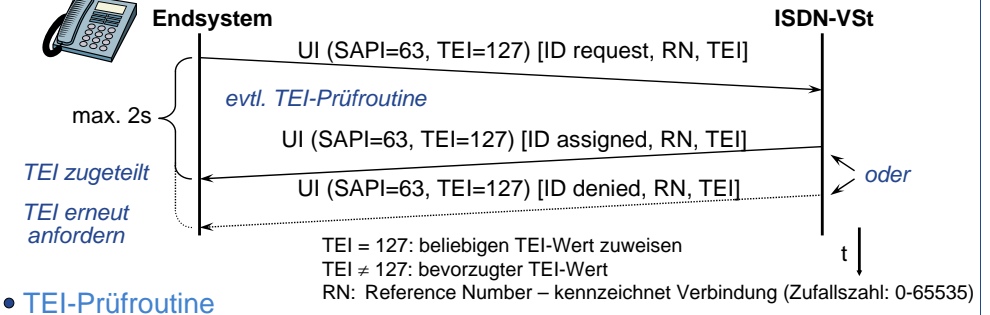
- 0 (Signalisierungsprozeduren)
- 16 (Paketdaten)
- 63 (TEI-Verwaltung)

TEI (7 Bit) kennzeichnet jedes angeschlossene System

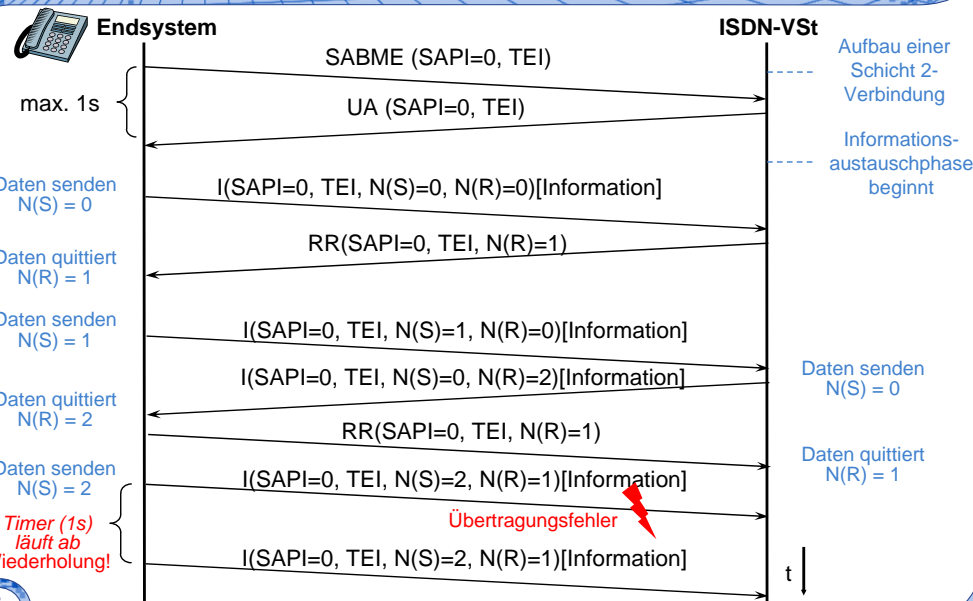
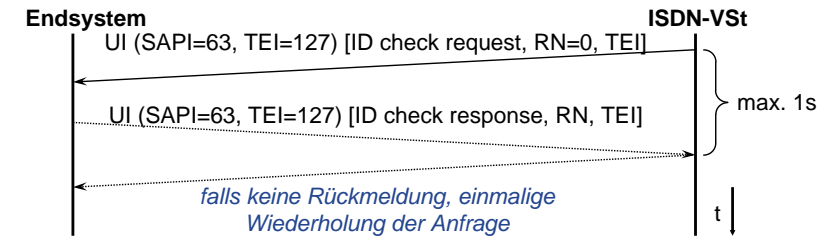
- 0 (nur für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen)
- 1-63 (Endsystem mit festem TEI)
- 64-126 (anzufordernde TEI)
- 127 (Broadcasting)



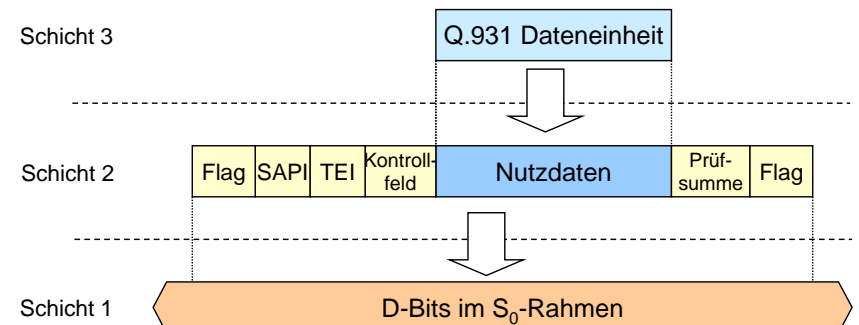
- Connection Endpoint Suffix (CES)
 - Eindeutige Adresse für Dienst der Schicht 2 (von Schicht 3 vergeben)
- Connection Endpoint Identifier
 - SAPI und CES (identifiziert Prozess der Schicht 3 eindeutig)

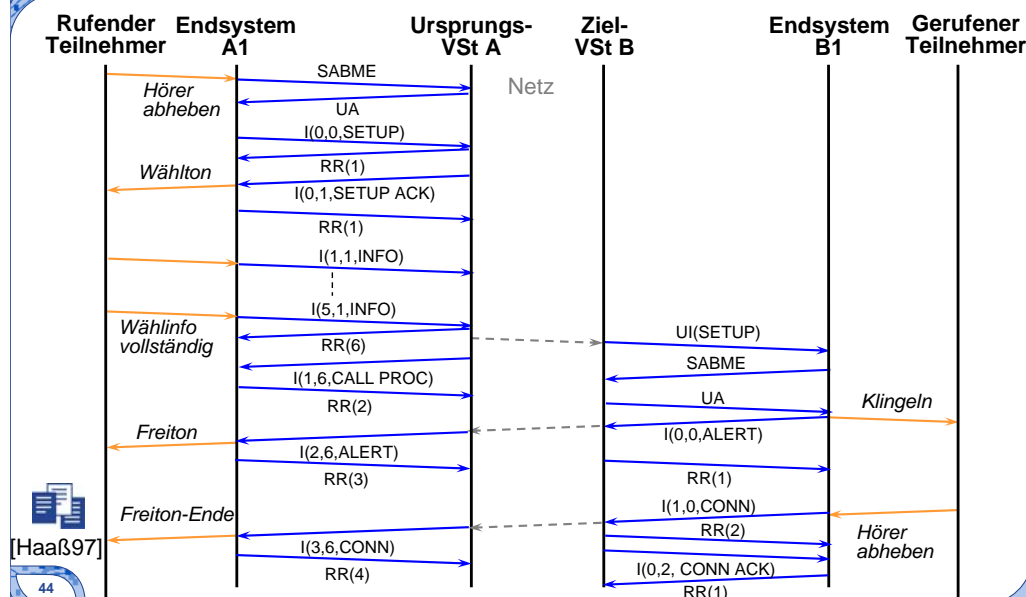


• TEI-Prüfroutine

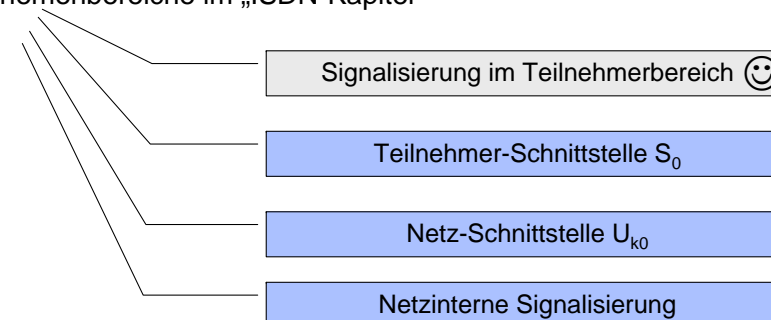


- Q.931 Dateneinheiten eingebettet in Nutzdatenfeld der LAP-D Dateneinheiten
 - Nicht alle LAP-D Dateneinheiten transportieren Q.931 Dateneinheiten
- Signalisierung erfolgt über D-Kanal
 - LAP-D Dateneinheiten werden in den D-Bits des S₀-Rahmens gesendet
- Grobes Schema

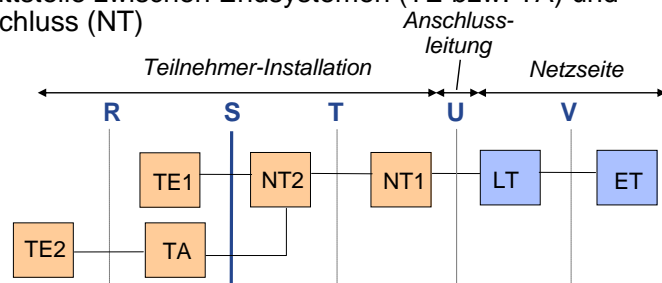




- Sind für die Signalisierung im Teilnehmerbereich verantwortlich
 - Schicht 3: [Q.931](#)
 - Verbindungsauf- und -abbau, Dienstmerkmale ...
 - Flexibles Format der Dateneinheiten
 - Schicht 2: [LAP-D](#) (Teilmenge von HDLC)
 - Zuverlässige Kommunikation zwischen Endsystem und Vermittlungsstelle
- Themenbereiche im „ISDN-Kapitel“

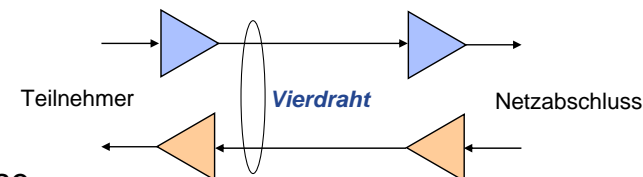


- Wiederholung: Aufbau des ISDN-Netzes
 - S_0 -Schnittstelle zwischen Endsystemen (TE bzw. TA) und Netzabschluss (NT)



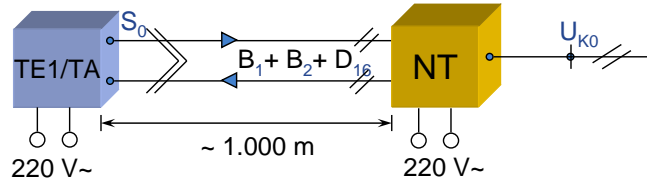
- Charakteristika
 - Vierdraht-Übertragungsverfahren
 - Verschiedene Konfigurationen (Punkt-zu-Punkt, Bus)
 - Multiplexstruktur → S_0 -Rahmen
 - Konkurrierender Zugriff auf D-Kanal

- Wird im Teilnehmeranschlussbereich eingesetzt
 - S_0 -Bus
- Konfiguration
 - Eine Doppelader pro Übertragungsrichtung



- Arbeitsweise
 - Richtungstrennung
 - Entsprechend in jeder Richtung Simplex-Betrieb
 - Einfache Form des Raummultiplex
 - Reichweite
 - 1000 m für Punkt-zu-Punkt-Anschluss
 - 150 m für Busbetrieb
 - Mindestens Datenraten von 144 kbit/s ($2 \cdot 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s}$)

Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Prinzip)

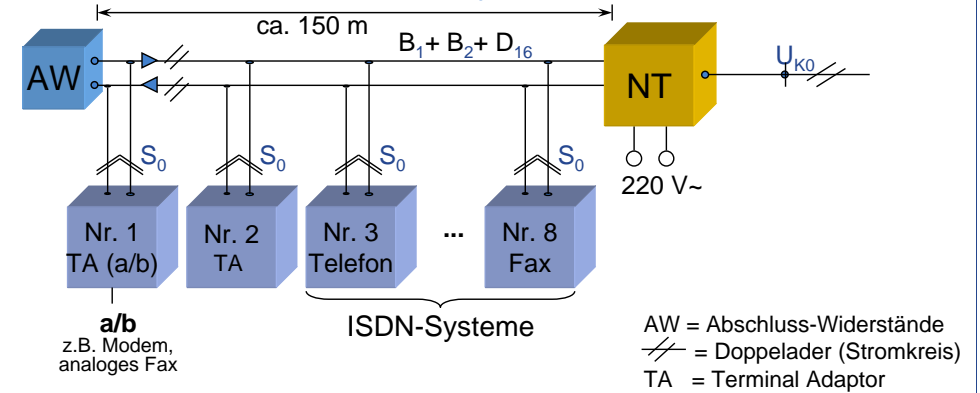


Funktionen

- Multiplexen** mehrerer Kanäle \rightarrow S_0 -Rahmen
 - Im Fall eines Basisanschlusses 2 Datenkanäle ($B_1 + B_2$) und 1 Signalisierungskanal (D_{16})
 - Anwendung von Zeitmultiplex
- Rahmenerkennung**
 - Einfügen von absichtlichen Coderegelerletzungen
- Garantie von **Gleichstromfreiheit**
 - Ausgleichsbits am Ende jedes Teilrahmens eines S_0 -Rahmens
- Weitere Funktionen wie Aktivierung, Deaktivierung, Schleifentests, Mehrfachrahmen, ...

48

Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung: S_0 -Bus (Prinzip: passiver Bus)



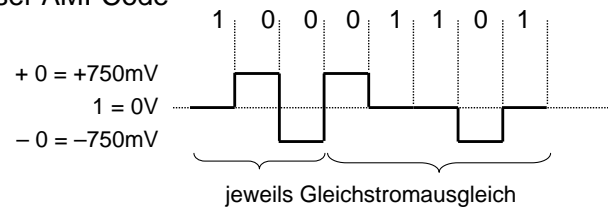
Konkurrierender Zugriff auf den D-Kanal

- Medienzuteilungsverfahren erforderlich
- Behandlung von **Zugriffskonflikten**
 - Kollisionserkennung und -auflösung (Spiegelung D-Kanal in **Echo-Kanal**)

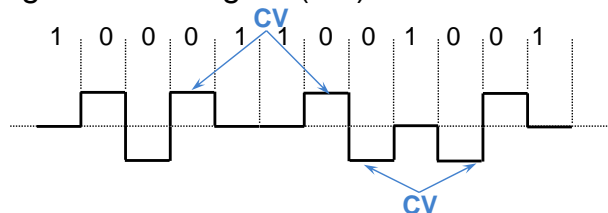
49

Codierung auf Schicht 1 der S_0 -Schnittstelle

- inverser AMI-Code

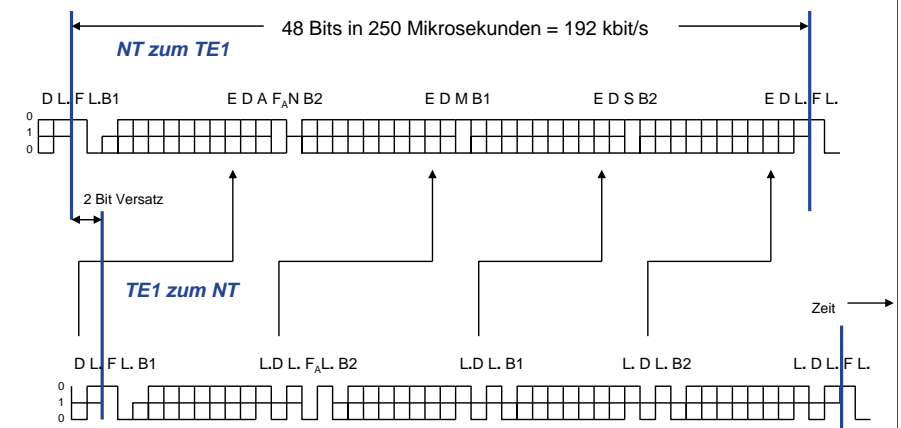


Coderegelerletzungen (CV)



- Auf dem Bus setzt sich „0“ gegenüber „1“ durch

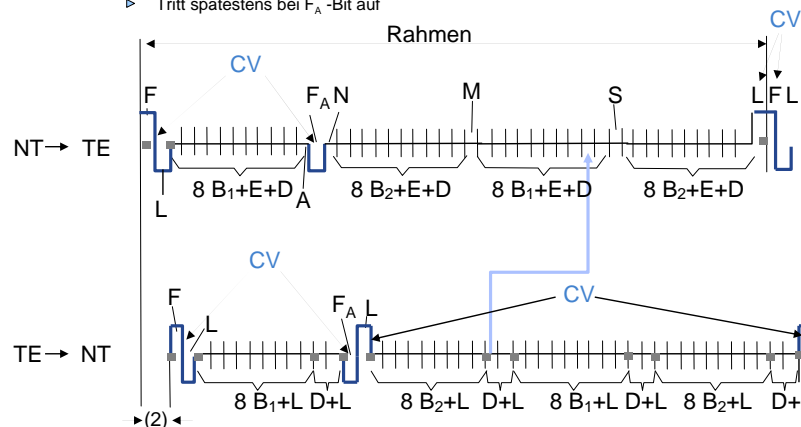
50



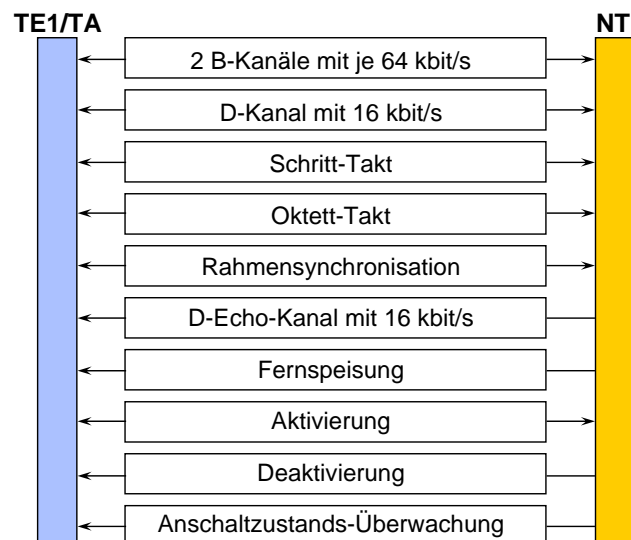
- | | | | |
|----------|----------------------------------|---|--|
| A | = Bit für Aktivierungsprozedur | . | = zwischen je 2 Punkten (.) ist der Rahmen gleichstromfrei |
| B1, B2 | = B-Kanäle | L | = Gleichstrom-Ausgleichsbit (positive Anzahl Pulse) |
| D | = D-Kanal („0“ überschreibt „1“) | N | = F_A logisch negiert |
| E | = Bit für D-Echo-Kanal | S | = S-Bit für S-Kanal (Schleifentests) |
| F_A, F | = Zusätzliches Rahmenbit (=0) | M | = M-Bit für Mehrfachrahmen |

51

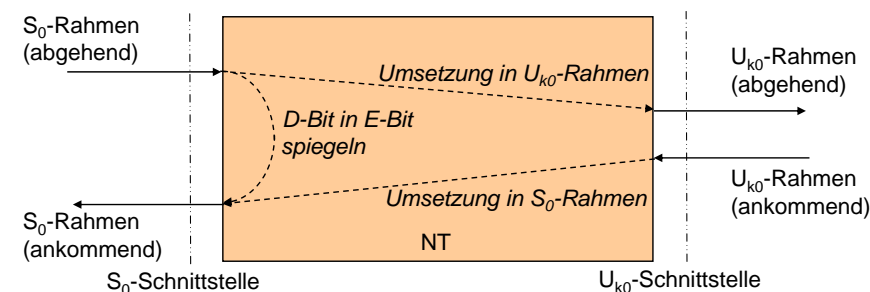
- Vorgehensweise
 - Gezielte Coderegelnverletzungen einfügen
 - Zwei Coderegelnverletzungen pro Rahmen
 - ▶ Erstes F-Bit ist immer „positiv“ und letztes Null-Bit im Rahmen ist ebenfalls „positiv“
 - ▶ L-Bit nach F-Bit und erstes Null-Bit danach sind „negativ“
 - ▶ Tritt spätestens bei F_A -Bit auf



- Vorgehensweise
 - Definition von Teilrahmen in Richtung NT \rightarrow TE
 - ▶ Jeder Teilrahmen (und somit jeder Vollrahmen) ist gleichstromfrei
 - Verwendung des Ausgleichsbits L
 - ▶ Ungerade Anzahl von „0“ wird durch L-Bit auf gerade Anzahl ergänzt
 - ▶ Gleichstromfreiheit im Teilrahmen
 - Jeder „Vollrahmen“ von 48 bit beginnt mit dem Rahmenbit F = „0“



- Beobachtung
 - D-Kanal ist gemeinsames Medium für alle am Bus angeschlossenen Systeme.
 - Systeme greifen konkurrierend auf den D-Kanal zu → **Zugriffskonflikte** (Kollisionen)
- Regelungen für den Medienzugriff auf den D-Kanal
 - Falls keine Rahmen der Schicht 2 (LAP-D-Protokoll) zu übertragen sind, werden '1'-Signale gesendet
 - ▶ führt bei pseudoternärem Code zur Ruhe auf der Leitung
 - NT reflektiert den Wert des D-Bits (Richtung TE → NT) im E-Bit (Echo-Kanal; Richtung NT → TE)



- Medienzugriffsverfahren D-Kanal (Richtung TE → NT)
 - Medium abhören („Carrier Sense“)
 - Systeme hören Echo-Kanal ab
 - Echo-Kanal frei, falls mindestens n '1'-Bits in Folge erkannt wurden
 - Zugriff, falls Echo-Kanal frei
- Zugriffskonflikte möglich
 - Gleichzeitiger Zugriff auf Echo-Kanal durch zwei oder mehr Endsysteme („Multiple Access“)
- Kollisionserkennung („Collision Detection“) und -auflösung
 - Systeme hören während des Sendens den Echo-Kanal weiter ab
 - '0'-Bits überschreiben dabei '1'-Bits
 - System erkennt so, dass anderes System ebenfalls den Echo-Kanal benutzt und bricht Senden sofort ab
- Prioritätsmechanismus
 - Durch die Zahl n wird implizit ein **Prioritätsmechanismus** realisiert (üblicherweise zwei Prioritätsklassen mit $n_1=8$, $n_2=10$)

56



- Beispiel: TE A und TE B wollen auf den D-Kanal zugreifen
 - Ohne Zugriffskontrolle sähen die von den TEs gesendeten Signale und der Echo-Bitstrom z.B. so aus:

	Ruhsignal: binäre Einsen	Begin-Flag
TE A:	... 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 0 ...
TE B:	... 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 0 ...
		Begin-Flag
Echo:	... 1 1 1 1	0 1 1 1 0 1 1 0 ...

Durch die Kollision ist die Bitfolge unbrauchbar

- Mit der Zugriffskontrolle des D-Kanal-Protokolls sieht es so aus:

	Ruhsignal: binäre Einsen	Begin-Flag
TE A:	... 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 0 ...
TE B:	... 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
		kein Begin-Flag
Echo:	... 1 1 1 1	0 1 1 1 1 1 1 0 ...

- TE B erkennt, dass eine gesendete 1 als 0 „zurückkommt“. Deshalb wartet B nun, bis wieder mindestens 8 Einsen im Echo-Bitstrom auftreten, und versucht es dann erneut.

57



- Problem
 - Wenn beide TEs gleichzeitig das Begin-Flag senden, wird dort keine Kollision erkannt
- Lösung
 - Dann wird die Kollision später durch sich unterscheidende SAPIs oder TEIs erkannt. Betrachte dazu den Beginn eines LAP-D-Rahmens:

0 1 1 1 1 1 1 0	0	C/R	SAPI	1	TEI	...
Flag	1	2	3 ... 8	1	2 ... 8	
	Bits			Bits		

- Die SAPIs unterscheiden sich bei verschiedenen Rahmentypen (z.B. =0 für Zeichengabe, =63 Managementfunktion etc.). Die TEIs sind für alle am Bus angeschlossenen Geräte (TEs) unterschiedlich.
- Der gleichzeitige Zugriff klärt sich auf, sobald ein TE A eine 1 sendet und ein TE B eine 0. B merkt nichts von einer Kollision und sendet ungestört weiter. A erkennt die Kollision und stoppt sofort den Zugriff auf den D-Kanal.

58

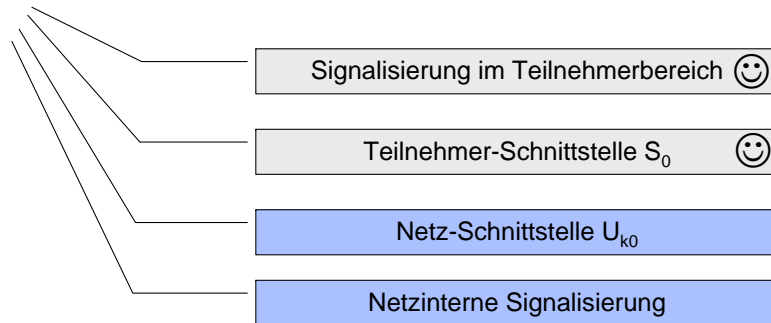


- Frage
 - Wer sendet als nächstes, wenn ein Ende-Flag auftrat?
- Antwort
 - Aktives Endsystem verringert seine Priorität
 - Z.B. warten auf $n=9$ statt $n=8$ Einsen im Echo-Kanal
 - Andere wartende Endsysteme sind so automatisch höher priorisiert
 - Vergabe geringerer Prioritäten (z.B. $n=10$ Einsen warten) ist möglich
- Eine Datenübertragung eines TEs auf dem D-Kanal kann die Signalisierung eines anderen TEs verzögern

59

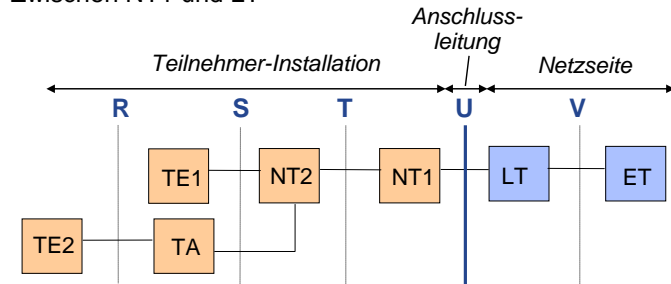


- Charakteristika der Schicht 1 der Teilnehmer-Installation
 - Zeitmultiplex mehrerer Kanäle (u.a. B- und D-Kanäle) → S₀-Rahmen
 - Rahmenerkennung durch Coderegelerletzungen
 - Konkurrierender Zugriff auf D-Kanal (Richtung TE → NT)
 - Echo-Kanal (Richtung NT → TE)
 - Medienzugriffsverfahren (à la CSMA/CD)
- Themenbereiche im „ISDN-Kapitel“



60

- Wiederholung: Aufbau des ISDN-Netzes
 - U_{k0}-Schnittstelle zwischen Teilnehmer-Installation und Ursprungsvermittlungsstelle
 - Zwischen NT1 und LT



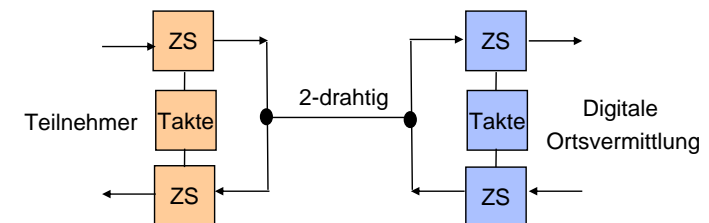
- Charakteristika
 - Zweidraht-Übertragungsverfahren
 - Multiplexstruktur → U_{k0}-Rahmen

61

- Ziel
 - Wiederverwendung vorhandener Verkabelung für ISDN-Anschluss, d.h. Zweidraht-Kupferadern an der Anschlussleitung
 - Investitionssicherung
- Zu überbrückende Distanzen
 - bis zu 8 km (reicht für 99,5% aller Anschlüsse an öffentlichen Netzen aus)
- Eingesetzte Übertragungsverfahren
 - Zeitgetrenntlage-Verfahren**
 - U_{p0}-Schnittstelle für Telekommunikationsanlagen (max. 1000 m zwischen NT und Anlage)
 - Gleichlage-Verfahren mit Echokompensation**
 - U_{k0}-Schnittstelle für Basisanschluss (bis 8 km zwischen NT und VSt.)
- Datenrate
 - Mindestens 144 kbit/s erforderlich (2 * 64 kbit/s + 16 kbit/s)

62

- Zweidraht-Duplexübertragung
 - Die Signale beider Übertragungsrichtungen werden auf dem selben Adernpaar übertragen
 - Senden und Empfangen erfolgt jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten
 - Halbduplex-Betrieb
 - manchmal als Ping-Pong-Verfahren bezeichnet
- Schema



ZS: Zwischenspeicher

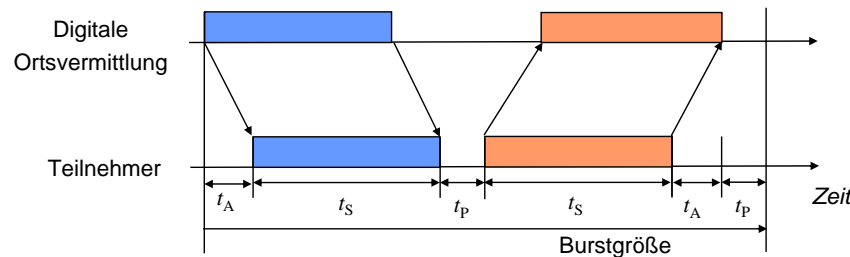
63

Eigenschaften

- Digitale Vermittlungsstelle gibt Takt zur Synchronisation vor, Teilnehmerschnittstelle leitet Takte ab
- Leitungscodierung muss entsprechend hohen Taktgehalt enthalten
- Reichweite begrenzt durch Datenrate und Laufzeit der Signale
 - sei t_A die Ausbreitungsverzögerung, t_S die Sendezeit und t_P eine Schutzzeit
 - dann berechnet sich die effektive Datenrate v bei gegebener Burstgröße B wie folgt

$$v = \frac{B}{2 \cdot (t_A + t_S + t_P)}$$

Ablauf



64

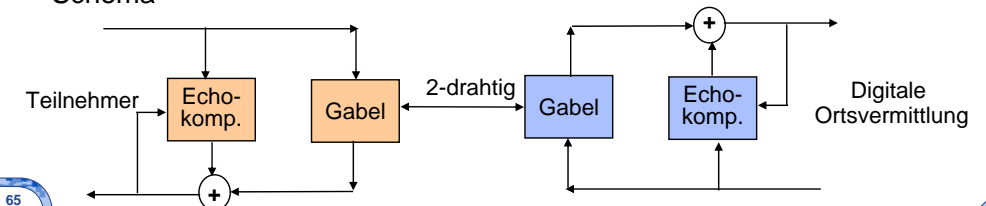
Eigenschaften

- Signale werden in der gleichen Frequenz- und Zeitlage übertragen
 - Gleichzeitiges Senden und Empfangen von Signalen
- Entkopplung durch Gabelschaltung (wie Telefon, Anforderungen aber höher)
- Dadurch höhere Reichweite als Zeitgetrenntlage-Verfahren

Kernelement

- Adaptive Filter
 - erzeugt aus dem Sendesignal ein Kompensationssignal
 - Kompensationssignal unterdrückt die über die Gabel eingespeisten Sendesignale und Echosignale

Schema



65

Eigenschaften an der U_{k0}-Schnittstelle

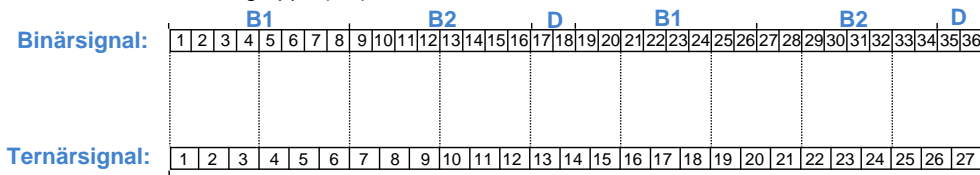
- Duplexübertragung von 144 kbit/s (2*B + D) je Richtung

Leitungscodierung

- MMS43 (4B3T-Codierung) – Übertragung von 4 Bit in 3 Takten

Rahmenaufbau

- Dauer: 1ms, 120 Ternärschritte je Übertragungsrichtung, Datenrate von 160 kbit/s, Baudrate 120 kbaud
- 4 Ternärgruppen mit je 27 ternären Schritten (für B-Kanäle und D-Kanal)
 - Ternärgruppe (TG)

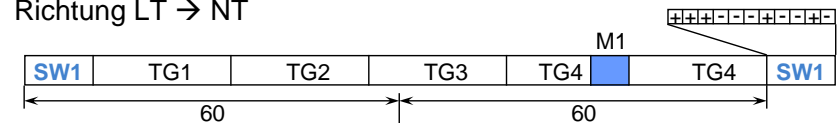


- Synchronisierwort (SW)
- Meldewort (M)

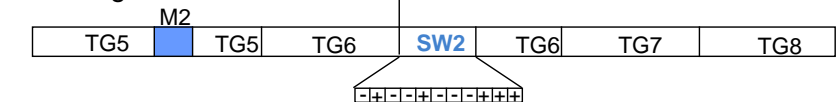
66

Rahmenaufbau

- Richtung LT → NT



- Richtung NT → LT



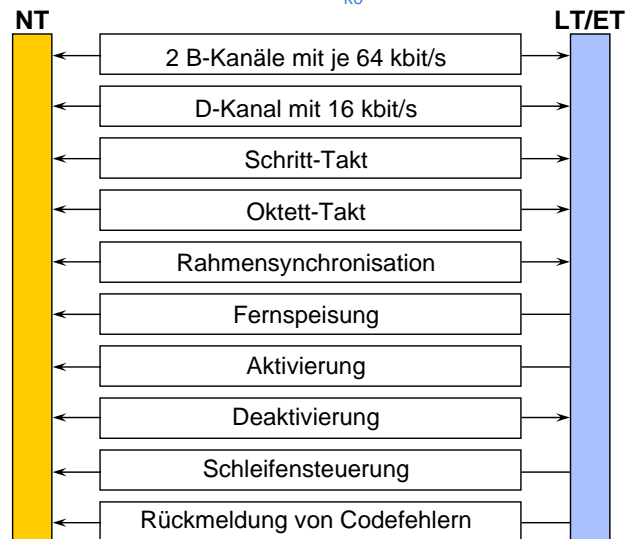
Meldewort

- M1: Kanal zum Schalten von Prüfschleifen
- M2: Melden von Rahmenfehlern

Synchronisierwort (11stelliges Barker-Codewort)

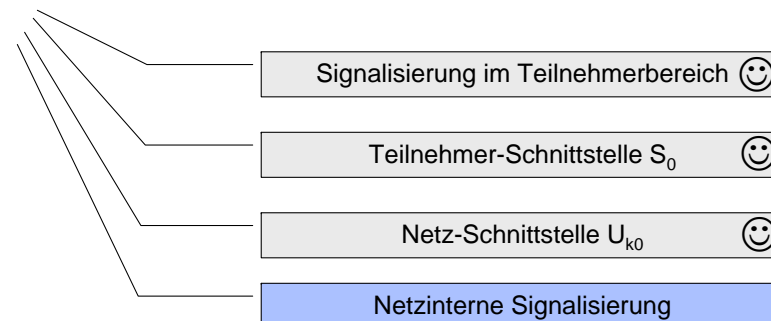
67

Funktionen der U_{k0} -Schnittstelle



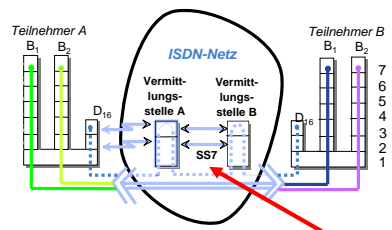
68

- Charakteristika der Schicht 1 der Teilnehmer-Installation
 - Zweidraht-Übertragungsverfahren
 - Zeitgetrenntlage-Verfahren
 - Gleichlage-Verfahren mit Echokompensation
 - Zeitmultiplex mehrerer Kanäle (u.a. B- und D-Kanäle) → z.B. U_{k0} -Rahmen
 - Rahmenerkennung durch Synchronisierwort
- Themenbereiche im „ISDN-Kapitel“



69

- Das Signalisierungssystem Nr. 7 (SS7)
 - Sammlung von Signalisierungs-Protokollen
 - zum Einsatz in (festen und mobilen) Telekommunikationsnetzen
 - Rahmenwerk für dedizierte Signalisierungskanäle
- Hauptaufgaben
 - Übermittlung von Informationen zu Steuerungszwecken
 - Verbindungsmanagement / Verbindungsaufbau / Verbindungsabbau
 - Routing von Verbindungen
 - Mobile Dienste
 - Personal Communication Services (PCS)
 - Roaming
 - Authentifizierung mobiler Teilnehmer
 - Nummernportabilität
 - Mehrwertdienste
 - 0800/0900-Nummern
 - Anrufweiterleitung
 - Rufnummernanzeige
 - Konferenzen
 - Rückruf bei Besetzt / Nichtmelden
 - Bildet Schnittstelle bei Zusammenschaltung verschiedener Telekommunikationsnetze
- Entwicklungsziele
 - Effizienz, Sicherheit, Robustheit



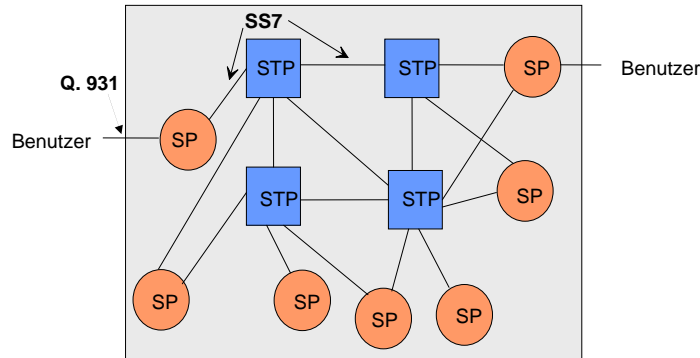
70

- Signalisierung ist strikt getrennt vom Nutzdatentransfer
 - Out-of-Band-Signalisierung
 - Früher: Sicherheitsprobleme durch In-Band-Signalisierung
- Signalisierung Nr. 7 führt die Signalisierung im Netz durch
 - optimiert für 64 kbit/s-Kanäle
 - zuverlässige Übertragung (reihenfolgetreu, keine Verluste, keine Duplikate)
 - geeignet für Festnetze, Mobilnetze und für Satellitenverbindungen
- Signalisierungssystem Nr. 7 (Signaling System Number 7: SS7) ist die standardisierte Signalisierung für ISDN
 - paketorientierte Signalisierung im Netz (nicht an der Nutzerschnittstelle, UNI – dort Q.931)
 - definiert Funktionen im paketorientierten Netz, aber nicht deren Implementierung (z.B. als Zusatzfunktionen in den leitungsvermittelnden Knoten oder als separate „Switching Points“)

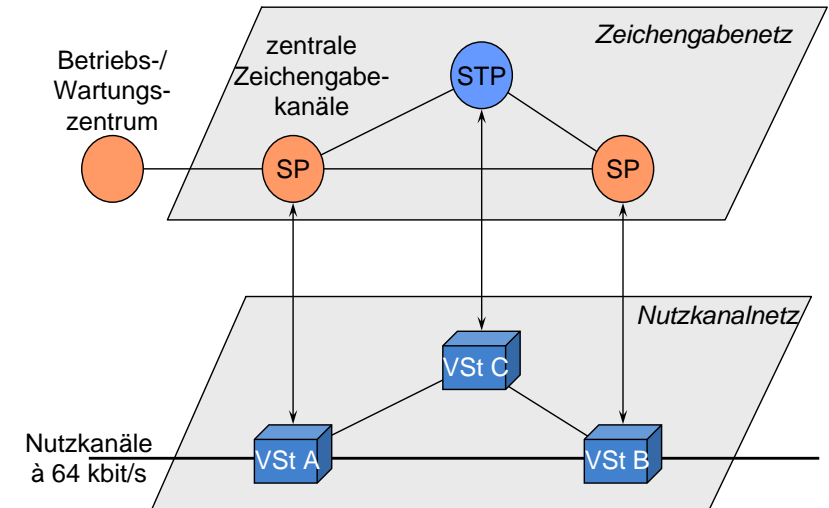


71

- Signalling Point (SP)
 - Komponente des Netzes, die in der Lage ist, SS7-Dateneinheiten zu behandeln
- Signalling Transfer Point (STP)
 - Komponente des Netzes, die Signalisierungs-Dateneinheiten weiterleiten kann
- Signalling Link
 - Datenkanal, der zwei Signalling Points verbindet



72



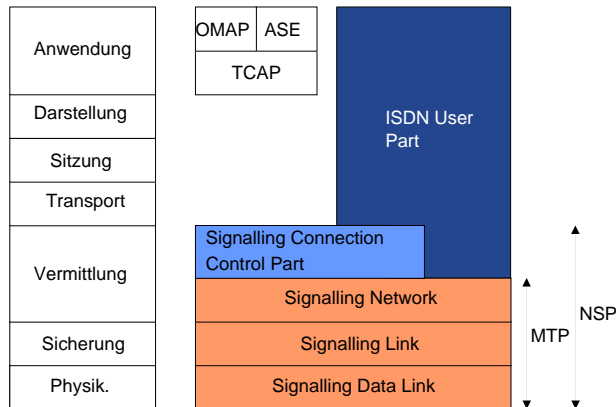
73



- Referenzmodell

OSI-Modell

SS7-Modell



- MTP: Message Transfer Part
- NSP: Network Service Part
- TCAP: Transaction Capabilities Application Part
- OMAP: Operations, Maintenance and Administration Part

74



- Zuverlässiger, verbindungsloser Dienst für das Routing von Dateneinheiten
- Signalling Data Link
 - Entspricht der physikalischen Schicht im ISO/OSI-Referenzmodell, bis 64 kbit/s
- Signalling Link
 - Zuverlässiger Datenaustausch auf einem Übertragungsabschnitt, reihenfolgetreu
 - 3 verschiedene Rahmentypen
 - ▶ MSU (Message Signal Unit) für die eigentliche Signalisierung
 - ▶ LSSU (Level Status Signal Unit) für Kontrollinformation auf der Signal-Link-Ebene
 - ▶ FISU (Fill In Signal Unit), falls keine anderen Daten zur Verfügung stehen
- Flusskontrolle (Sliding Window)
- Fehlerkontrolle
 - ▶ Basismethode (wenn 1-Wege-Verzögerung < 15 ms): Go-Back-N ARQ
 - ▶ Präventive Methode (Verzögerung >= 15 ms, z.B. Satelliten): wiederholt im Leerlauf automatisch noch nicht quittierte MSUs
- Signalling Network
 - Funktionen zur Bearbeitung von Dateneinheiten und zum Netzwerkmanagement

75



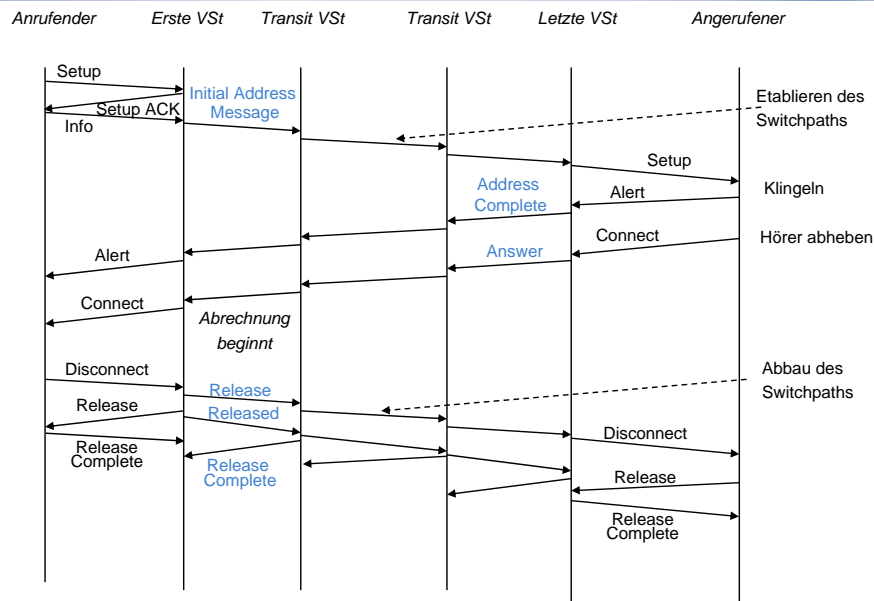
- Erweitert MTP (Adressierung, Datentransfer)
 - Nicht benötigt für klassischen leitungsvermittelten Telefonverkehr
- 4 Dienstklassen werden zur Verfügung gestellt
 - Klasse 0: verbindungsloser Basisdienst
 - Klasse 1: verbindungsloser Dienst mit Folgenummern
 - Klasse 2: verbindungsorientierter Basisdienst
 - Klasse 3: verbindungsorientierter Basisdienst mit Flusskontrolle
- Adressierung
 - In MTP: Ausliefern an bestimmten Knoten, 4 Bits für Dienstanzeige
 - Adressierung, die „Destination Point Codes“ (DPCs) und „Subsystem Numbers“ (SSNs) unterstützt
 - SSN ist lokale Adressinformation, die Benutzer an einem SCCP-Knoten identifiziert
 - Verwendung globaler Titel zur Adressierung möglich

76

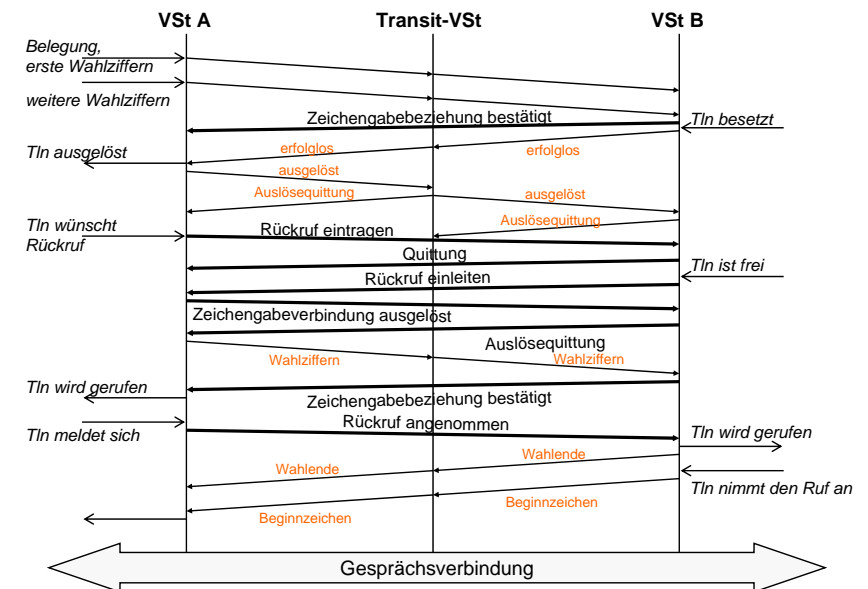


- Namensgebung
 - Unglücklich, denn „User“ meint nicht einen Benutzer, sondern die Tatsache, dass die unteren Schichten von SS7 benutzt werden
- Anforderungen
 - kann auf MTP oder NSP aufsetzen
 - muss mit Q.931 zusammenarbeiten
 - operiert innerhalb des Netzes, transparent für den Benutzer
 - flexibel für spätere Erweiterungen
- Dienste
 - Aufbau und Abbau einer Verbindung
 - ▶ Übertragung von Adressinformation, Initialisierung von Abrechnung, ...
 - Weitere Dienste
 - ▶ Identifikation des Anrufers
 - ▶ Rufweiterleitung
 - ▶ Geschlossene Benutzergruppe
 - ▶ ...

77



78



79



- Teilnehmer A wählt die gewünschte Teilnehmernummer, die dann wie gehabt übermittelt wird, wozu Signalisierungsverbindungen aufgebaut werden
- Der gerufene Teilnehmeranschluss ist besetzt, daher wird die Link-by-Link-Signalisierung ausgelöst, die Ende-zu-Ende-Signalisierungsverbindung bleibt allerdings bestehen!
- Über diese Verbindung wird der Rückrufwunsch der Zielvermittlungsstelle (VSt B) angezeigt
- Ist der gerufene Teilnehmer frei, wird dies über die bestehende Ende-zu-Ende-Verbindung der Ausgangsvermittlungsstelle (VSt A) signalisiert
- Danach wird die Ende-zu-Ende-Signalisierungsverbindung ausgelöst, da die Abhandlung des Leistungsmerkmals beendet ist
- Nach der Annahme des Rückrufs durch den A-Teilnehmer werden neue Signalisierungsverbindungen sowohl Link-by-Link als auch Ende-zu-Ende aufgebaut

80



- Paketvermittelte Netze wurden schon früh für Sprachkommunikation in Betracht gezogen
 - Network Voice Protocol [Coh77]
 - ▶ Veröffentlicht 1977, fünf Jahre vor IP
 - ▶ Stellte rudimentäre Telefoniefunktionen im ARPANET zur Verfügung
- Sprachkommunikation über das Internet benötigt ein für Multimediatdaten angepasstes Transportprotokoll
 - Real-Time Transport Protocol (RTP), 1996 [SCFJ96]
 - ▶ Ermöglicht Übertragung von Datenströmen mit Berücksichtigung von Echtzeitbedingungen
 - Real-Time Streaming Protocol (RTSP), 1998 [ScRL98]
 - ▶ Etabliert eine Sitzung zwischen Teilnehmern und steuert Datenströme mit Echtzeitanforderungen wie beispielsweise RTP-Ströme

81



- ITU-T H.323 standardisierte 1996 „Audio-Visuelle Kommunikation über paketvermittelte Netze“ [ITUH323]
 - H.323 ist ein Rahmenwerk mit über 50 weiteren Standards
 - Als Transportprotokoll wird RTP benutzt
 - Besonderes Augenmerk wurde auf die Integration in bestehende Telefonnetze gelegt
 - ▶ Signalisierung nach Q.931 (wie bei ISDN)
 - ▶ Definition von Gateways
- H.323 konnte sich jedoch nicht als VoIP-Lösung für das Internet etablieren
 - Implementierung des Standards ist sehr komplex
 - Starke Konkurrenz durch IETF-Protokoll SIP [RSCJ+02]

82



- Session Initiation Protocol (SIP), veröffentlicht 2002.
 - Deutlich weniger komplex als H.323
 - Klartextprotokoll ähnlich zu HTTP
 - Beliebiges Transportprotokoll benutzbar, meist wird RTP genutzt
 - Session Description Protocol (SDP) [HaJP06]
 - ▶ Wird innerhalb von SIP zum Konfigurieren der RTP-Ströme benutzt.
- Beispiel: SIP Invite


```
INVITE sip:555-555-12345@bobshost.biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 141.3.71.74:5060; rport; branch=z9hG4bK995301617
From: <sip:497216086413@tm.uka.de>;tag=750695912
To: Bob Direct <sip:555-555-12345@bobshost.biloxi.com>
Call-ID: 433188371@141.3.71.74
CSeq: 20 INVITE
Contact: <sip:497216086413@141.3.71.74:5060>
Max-Forwards: 5
User-Agent: Linphone-1.0.1/eXosip
Subject: Phone call
Expires: 120
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, OPTIONS, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, MESSAGE
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 359
```

83



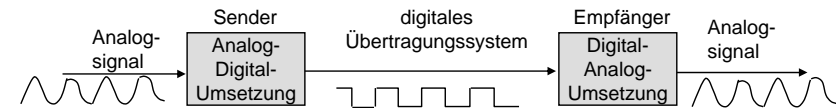
- Quality of Service
 - Paketvermittelte Netze bieten „nur“ Best Effort
 - ▶ Latenz und Paketverlust mindern die Sprachqualität
 - ▶ VoIP-Traffic wird daher von vielen Providern gesondert behandelt
 - NAT macht Terminierung von RTP-Strömen schwierig
 - ▶ Session Traversal Utilities for NAT (STUN) [RoMW08]
 - ▶ VoIP-Provider bieten meist auch STUN-Server an
 - Vielzahl an unterstützten Codecs und Erweiterungen erschwert Client-Entwicklung

84



- Übertragung analoger Daten (dargestellt durch analoge Signale) über digitale Übertragungssysteme erfordert Digitalisierung analoger Daten

- Schema

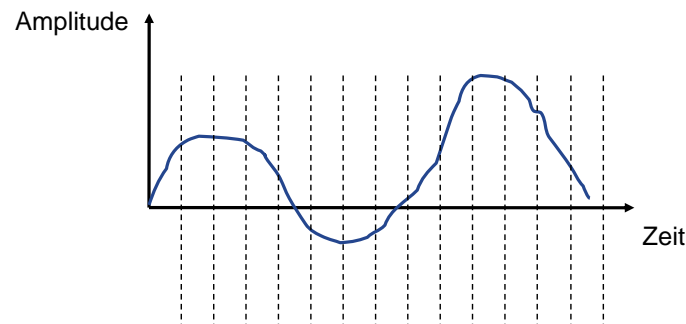


- Ziel
 - Das ursprüngliche Signal muss beim Empfänger wieder rekonstruierbar sein
- Fragestellungen
 - Wie oft muss das Signal abgetastet werden?
 - ▶ Zeitkontinuierlich → zeitdiskret
 - ▶ **Abtastung**
 - In wie viele Amplitudenwerte soll das Signal zerlegt werden?
 - ▶ Wertkontinuierlich → wertdiskret
 - ▶ **Quantisierung**

85



- Für die Zeitdiskretisierung muss eine Abtastung der Analogverläufe des Signals zu diskreten Zeitpunkten erfolgen



- Praktisch wichtig ist die periodische Abtastung (s. Abbildung)
- Der zum Abtastzeitpunkt vorliegende Momentanwert des Analogsignals wird der Quantisierung unterworfen

86



- Problem
 - Wie häufig muss ein analoges Signal für eine Umwandlung in ein digitales Signal abgetastet werden? (periodische Abtastung)
- Abtasttheorem nach Shannon
 - Das Signal $x(t)$ wird periodisch abgetastet mit einer Rate die höher als die doppelte höchste im Signal auftretende Frequenz ist. Die so erfassten Werte enthalten alle Information des ursprünglichen Signals.
 - Die folgenden Signale werden verwendet
 - ▶ $x(t)$ ist bandbegrenzt mit Grenzfrequenz f_h
 - ▶ $p(t)$ ist Abtastsignal mit einer Abtastfrequenz von f_s und damit Intervallen zwischen den Abtastzeitpunkten von $T_s = 1 / f_s$
 - ▶ $x_s(t) = x(t) p(t)$ ist das abgetastete Signal
 - Damit gilt
 - ▶ $x(t)$ kann aus $x_s(t)$ exakt wiedergewonnen werden, wenn $f_s > 2 f_h$.
 - ▶ In diesem Fall entsteht keine Beeinträchtigung aufeinanderfolgender Symbole (Intersymbol Interference, ISI)

87



- Problem

- Wie häufig muss ein analoges Signal periodisch abgetastet werden, um es verlustfrei in ein digitales Signal umzuwandeln?

- Abtasttheorem nach Shannon

Wird das Signal $x(t)$ periodisch mit einer Frequenz abgetastet, die höher als die doppelte höchste im Signal auftretende Frequenz f_{Grenz} ist, enthalten die so erfassten Werte alle Informationen des ursprünglichen Signals.

- Die folgenden Signale werden verwendet

- $x(t)$ ist bandbegrenztes Signal mit Grenzfrequenz f_{Grenz}
- $p(t)$ ist Abtastsignal mit einer Abtastfrequenz von f_A und damit Intervallen zwischen den Abtastzeitpunkten $T_s = 1/f_A$
- $x_s(t) = x(t) \cdot p(t)$ ist das abgetastete Signal

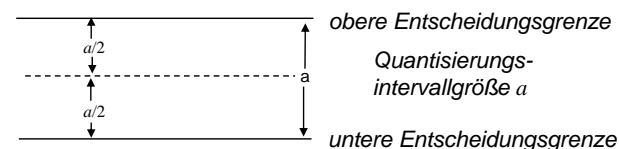
- Damit gilt

- $x(t)$ kann aus $x_s(t)$ exakt wiedergewonnen werden, wenn $f_A > 2 f_{\text{Grenz}}$
- In diesem Fall entsteht keine Beeinträchtigung aufeinanderfolgender Symbole (Intersymbol Interference, ISI)

88



- Der gesamte Wertebereich des Analogsignals wird in eine endliche Anzahl von Quantisierungsintervallen eingeteilt, denen jeweils ein fester diskreter Wert zugeordnet wird
- Quantisierungsfehler
Da alle in ein Quantisierungsintervall fallenden Analogwerte nur einem diskreten Wert zugeordnet werden, entsteht ein Quantisierungsfehler



- Zuordnung eines einzigen diskreten Wertes zu allen zwischen $+a/2$ und $-a/2$ liegenden Werten einer Analogdarstellung
- Die Quantisierungsintervalle werden durch die Zuordnung eines im Prinzip frei wählbaren (Binär-) Codes gekennzeichnet und unterschieden (Codierung)
- Übertragung der diskreten Werte anstelle der ursprünglichen analogen Werte

- Rückwandlung

- Beim Empfänger wird ein Analogwert erzeugt (Digital-Analog-Umsetzung), der dem in der Mitte des Quantisierungsintervalls liegenden Analogwert entspricht

89



- Die Zusammenfassung der Schritte

- Abtastung
- Quantisierung
- Codierung
 - Signalwert an der Abtaststelle wird als Binärzahl übertragen

- Die A/D-Umsetzung (Abtastung/Quantisierung) und Codierung sowie die Rückkonvertierung erfolgt im so genannten

- CODEC (Codierer/Decodierer)

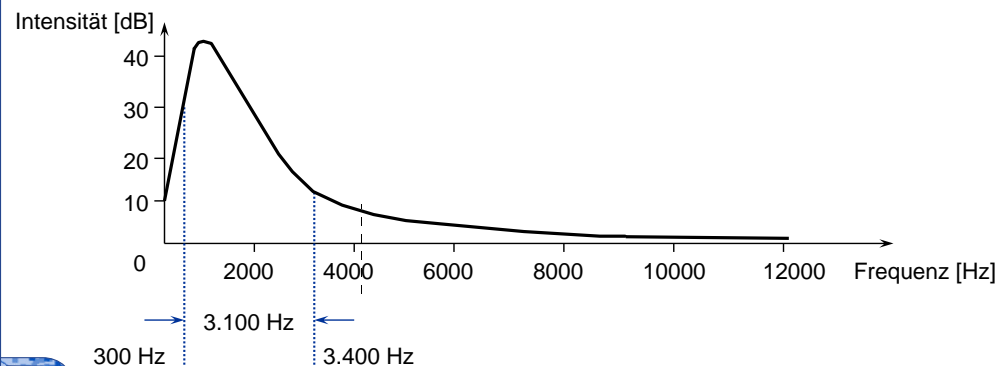
- Schema



90



- Signale können ein "natürlich" begrenztes – kontinuierliches – Frequenzspektrum umfassen oder durch technische Mittel auf einen Ausschnitt ihres Spektrums begrenzt werden
 - Beispiel: ITU-Standardtelefonkanal
Kontinuierliches Frequenzspektrum der menschlichen Stimme



91



- Die praktische Gestaltung technischer PCM-Systeme ist durch das Fernsprechen bestimmt
- Ausgangspunkt Fernsprechkanal
 - Frequenzbereich 300–3400 Hz
 - Bandbreite 3100 Hz
 - Wie hoch ist die Grenzfrequenz? Wie hoch ist die Mindest-Abtastfrequenz?

Abtastfrequenz

- Empfohlene Abtastfrequenz für PCM-Fernsprechkanal

$$f_A = 8 \text{ kHz}$$

Abtastperiode

$$T_A = 1/f_A = 1/8000 \text{ Hz} = 125 \mu\text{s}$$

92

Amplitudenquantisierung

- Zahl der benötigten Quantisierungsintervalle wird bei der akustischen Sprachkommunikation (Fernsprechen) durch den Grad der Silbenverständlichkeit beim Empfänger bestimmt
- Mit „Sicherheitszuschlag“
256 Quantisierungsintervalle
- Bei **binärer Codierung** sind 8 Bit erforderlich
 $2^8 = 256$
- Die **Datenrate** für einen digitalisierten Fernsprechkanal

Datenrate	=	Abtastfrequenz * Codewortlänge
64 kbit/s	=	8000/s * 8 bit
k(kilo)	=	1000

 - in den USA 7 bit bei 8 kHz, d.h. 56 kbit/s
- Die Datenrate von 64 kbit/s spielt auch in neuartigen Kommunikationssystemen (noch) eine wesentliche Rolle

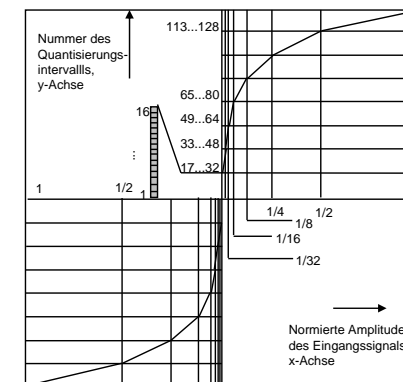
93

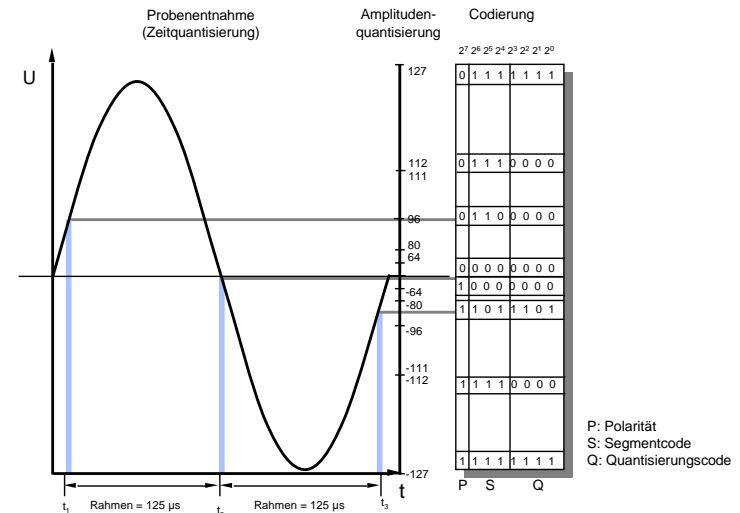
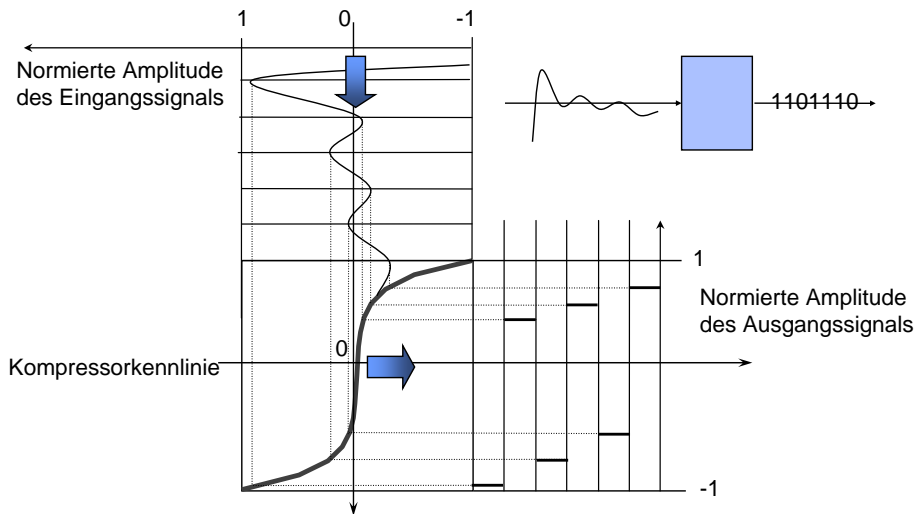
- Bei *gleichförmiger* Quantisierung sind alle Intervalle gleich groß und vom aktuellen Wert des Signals unabhängig
- Quantisierungsfehler machen sich bei gleichförmiger Quantisierung bei kleinen Signalwerten sehr stark bemerkbar (Quantisierungsrauschen)
 - Menschliche Sinnesorgane reagieren auf Energie. Feine Unterschiede werden bei leisen Signalen stärker wahrgenommen als bei lauten Signalen
- Kompander: Kombination von Kompressor und Expander
 - Kompressor
 - Die ungleichförmige Intervallgröße wird durch einen dem Quantisierer vorgeschalteten (Signal-) Kompressor erzielt
 - Expander
 - Auf der Empfängerseite wird in inverser Funktion ein Expander eingesetzt: Wiederherstellung der ursprünglichen Größenverteilung der Signale (Dynamik der Signale)
- Als Kompandierungskennlinien werden logarithmische Kennlinien verwendet, die schaltungstechnisch durch lineare Teilstücke approximiert werden

94

- 13 Segment-Kompandierungskennlinie, ITU-Standard G.711
 - wird in Deutschland für PCM-Codierung verwendet

[ITU88]





- Zusammenhang zwischen Abtastung, nicht gleichförmiger Amplitudenquantisierung und Binärcodierung der Quantisierungsintervalle

- Das Signal $p(t)$ ist ein periodisches Signal und kann damit folgendermaßen dargestellt werden

$$p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{j2\pi n f_s t} \longrightarrow x_s(t) = x(t)p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n x(t) e^{j2\pi n f_s t} \quad [\text{Stal06}]$$

- ▶ Fouriertransformierte von $x_s(t)$

$$X_s(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x_s(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

- ▶ Einsetzen von $x_s(t)$

$$X_s(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n x(t) e^{j2\pi n f_s t} e^{-j2\pi f t} dt$$

$$X_s(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi(f - n f_s)t} dt$$

- ▶ Aus der Definition der Fouriertransformierten

- ▶ Wobei $X(f)$ die Fouriertransformierte von $x(t)$ ist

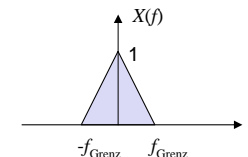
$$X(f - n f_s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi(f - n f_s)t} dt$$

- ▶ Durch Einsetzen in die obige Gleichung ergibt sich

$$X_s(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n X(f - n f_s)$$

- Interpretation der letzten Gleichung
 - ▶ Annahme: Bandbreite von $x(t)$ ist im Bereich von 0 bis f_{Grenz}

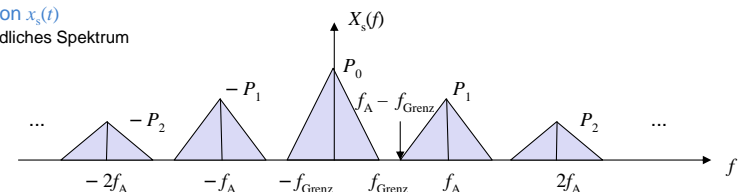
- Spektrum von $x(t)$
 - ▶ Bandbegrenztes Spektrum



- Das Spektrum von $x_s(t)$ setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Zum einen dem Spektrum von $x(t)$; zum Anderen dem zu den entsprechenden Harmonischen der Abtastfrequenz übersetzten Spektrum von $x(t)$. Dabei wird das jeweilige Spektrum mit dem entsprechenden Koeffizienten der Fourier-Reihe von $p(t)$ multipliziert.

- ▶ Spektrum von $x(t)$ erscheint in $X_s(f)$

- Spektrum von $x_s(t)$
 - ▶ Unendliches Spektrum



- Für $f_A > 2f_{\text{Grenz}}$ ergibt sich bei den Harmonischen keine Überlappung

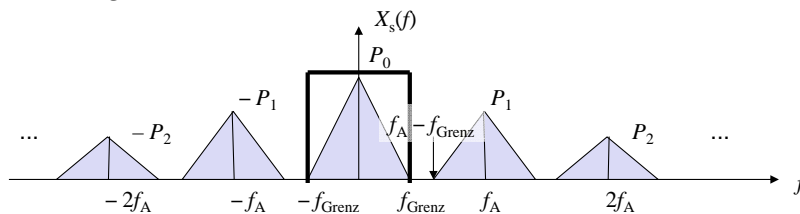
$$\frac{-f_A}{2} < f < \frac{f_A}{2}$$

- $X_s(f) = P_0 X(f)$

- Das Spektrum von $x(t)$ kann z.B. durch die Verwendung eines Tiefpassfilters

$$\text{rect}(f) \text{ mit } 2f_{\text{Grenz}} < f < 2(f_A - f_{\text{Grenz}})$$

wieder gewonnen werden



100



Bücher

[Haaß97] W.-D. Haaß; **Handbuch der Kommunikationsnetze**; Springer, 1997

- Recht umfassend, Kapitel zu ISO/OSI, ISDN, SS7

[Hals00] F. Halsall; **Multimedia Communications**; Addison-Wesley, 2000

- Kapitel 2.5 (PCM)

[KaKö99] A. Kanbach, A. Körber; **ISDN – Die Technik**; Hüthig-Verlag, 3. Auflage, 1999

- Geht weit über die Vorlesungsinhalte hinaus, umfassende Referenz zu ISDN, inkl. E-DSS1-Protokollautomaten

[LoKK93] P. Lockemann, G. Krüger, H. Krumm; **Telekommunikation und Datenhaltung**; Hanser Verlag, 1993

[Sieg03] G. Siegmund; **Technik der Netze**; Hüthig, 4. Auflage, 2003

- ISDN, SS7

[ITU88] ITU-T; **Recommendation G.711 – Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies**; 1988

[ITUH323] ITU-T; **H.323: Packet-based multimedia communications**; 1996

[Held99] G. Held; **Understanding DataCommunications**; New Riders, 1999, ISBN: 0-7357-0036-2

[Grie04] J. Griesmer; **Signal & Noise**; Picador, 2004

101



RFCs

[Cohe77] Danny Cohen; **Specifications for the Network Voice Protocol (NVP)**; RFC 741, November 1977

[HajP06] Mark Handley, Van Jacobson, Colin Perkins; **SDP: Session Description Protocol**; RFC 4566, Juli 2006

[RoMW08] Jonathan Rosenberg, Rohan Mahy, Dan Wing; **Session Traversal Utilities for NAT (STUN)**; RFC 5389, Oktober 2008

[RSCJ+02] Jonathan Rosenberg, Henning Schulzrinne, Gonzalo Camarillo, Alan Johnston, Jon Peterson, Robert Sparks, Mark Handley, Eve Schooler; **SIP: Session Initiation Protocol**; RFC 3261, Juni 2002

[ScRL98] Henning Schulzrinne, Anup Rao, Robert Lanphier; **Real-Time Streaming Protocol (RTSP)**; RFC 2326, April 1998

[SCFJ96] Henning Schulzrinne, Stephen L. Casner, Ron Frederick, Van Jacobson; **RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications**; RFC 1889, Januar 1996

102



- Was muss bei Gesprächen z.B. zwischen Deutschland und USA bzgl. der digitalisierten Sprachdaten beachtet werden?
- Betrachten Sie die Reichweite der ISDN-Zeichengabe- und -Nutzdatenverbindungen in den Schichten 1–3. In welchen Instanzen (TE, NT, VSt) sind die Verbindungen jeweils terminiert?
- Was passiert, wenn Sie einige (aber nicht alle) Endgeräte mit „verkehrter“ Polarität am S_0 -Bus angeschlossen haben? Betrachten Sie die Empfangs- und Senderichtung separat: funktioniert die Rahmenerkennung noch? Auswirkung auf Sprach-/Nutzdaten im B-Kanal? Und die Zugriffskontrolle im D-Kanal?
- Unter welchen (sehr seltenen) Umständen wird bei einer Mehrgerätekonfiguration ein Zugriffskonflikt im D-Kanal nicht erkannt?
Hinweis: betrachten Sie die TEI-Vergabeprozedur!

103

