

Telematik

7. ISDN



Prof. Dr. Martina Zitterbart

Dipl.-Inform. Thomas Gamer

Dipl.-Inform. Martin Röhrich

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



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_{k0}

7.5.1 Zweidraht-Übertragungsverfahren

7.5.2 Multiplexstruktur: U_{k0} -Rahmen

7.6 Netzinterne Signalisierung

7.7 Ausblick: Internet-Telefonie

7.8 Anhang1: Digitale Übertragung analoger Daten

7.9 Anhang2: Beweis Abtasttheorem

- 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

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

Rauchzeichen  [Held99]



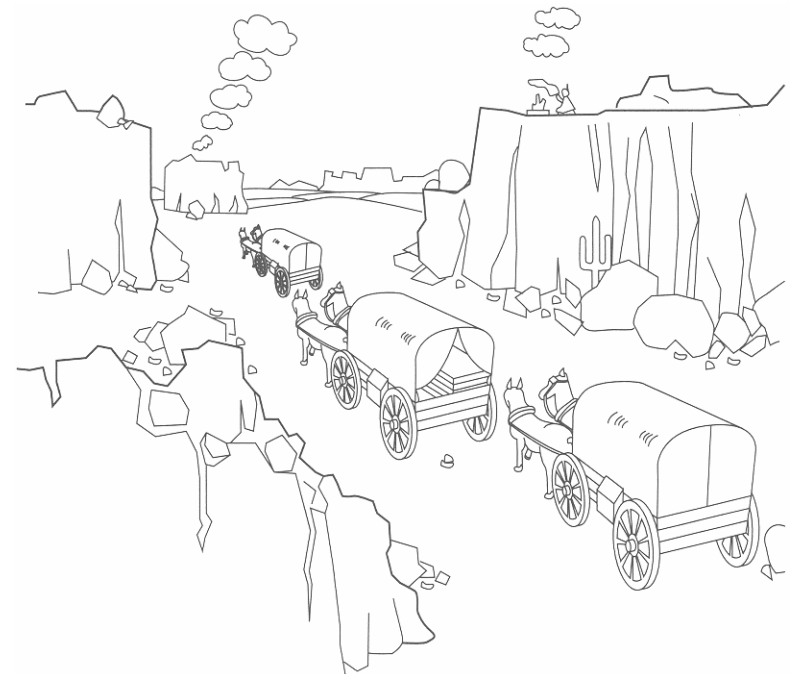
**Pleumeur
-Bodou**



Sainte Foy-lès-Lyon

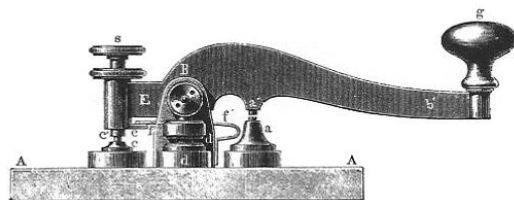
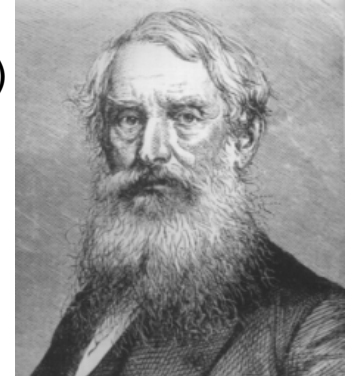


Marcy sur Anse

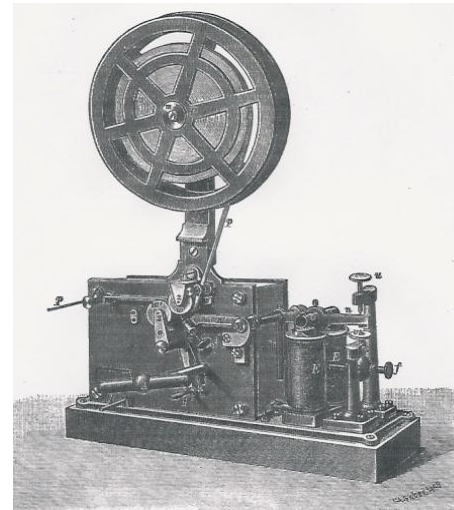


- Morse entwickelt Telegrafie
 - Übermittlung von Texten
 - Verwendung eines Codes
- Erste Entwicklung ca. 1832
- Bekannte Demonstration am 24. Mai 1844
 - Übertragung eines Textes von Washington nach Baltimore
 - ▶ 60 km lange Leitung
 - ▶ „What hath God Wrought“
- Endsysteme

Samuel F. B.
Morse (1791-1872)



Telegraphentaste



Streifenschreiber

- 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]

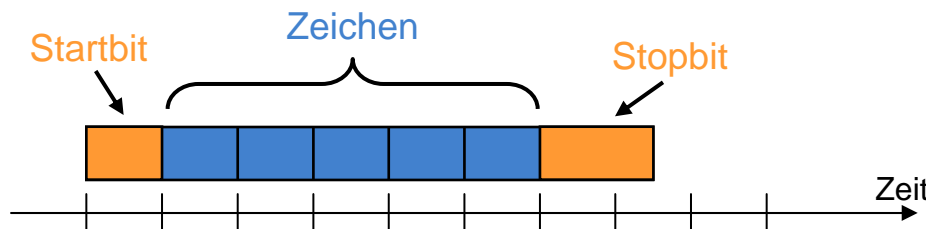
- Fernschreibtechnik (alphabetische Telegrafie)
 - Auch als Telex-Dienst bezeichnet (TELeprinter EXchange)
 - Einsatz ab ca. 1875
- Nutzung eines 5-bit-Alphabets
 - Baudot: Internationales Telegrafenalphabet Nummer 1
 - Murray: Internationales Telegrafenalphabet Nummer 2
 - Vorteil: Feste Codelänge statt 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



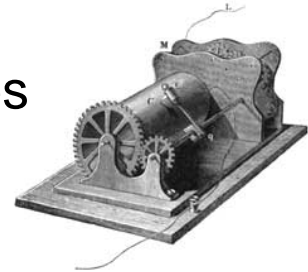
Historischer Fernschreiber



J.-M. F. Baudot
(1845 – 1903)



- 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 Bildschirmtexts (BTX) im Jahr 1983
 - Fand allerdings nicht die erwartete Beachtung
 - Nutzung eines zentralen IBM-Servers zur Bereitstellung der Inhalte

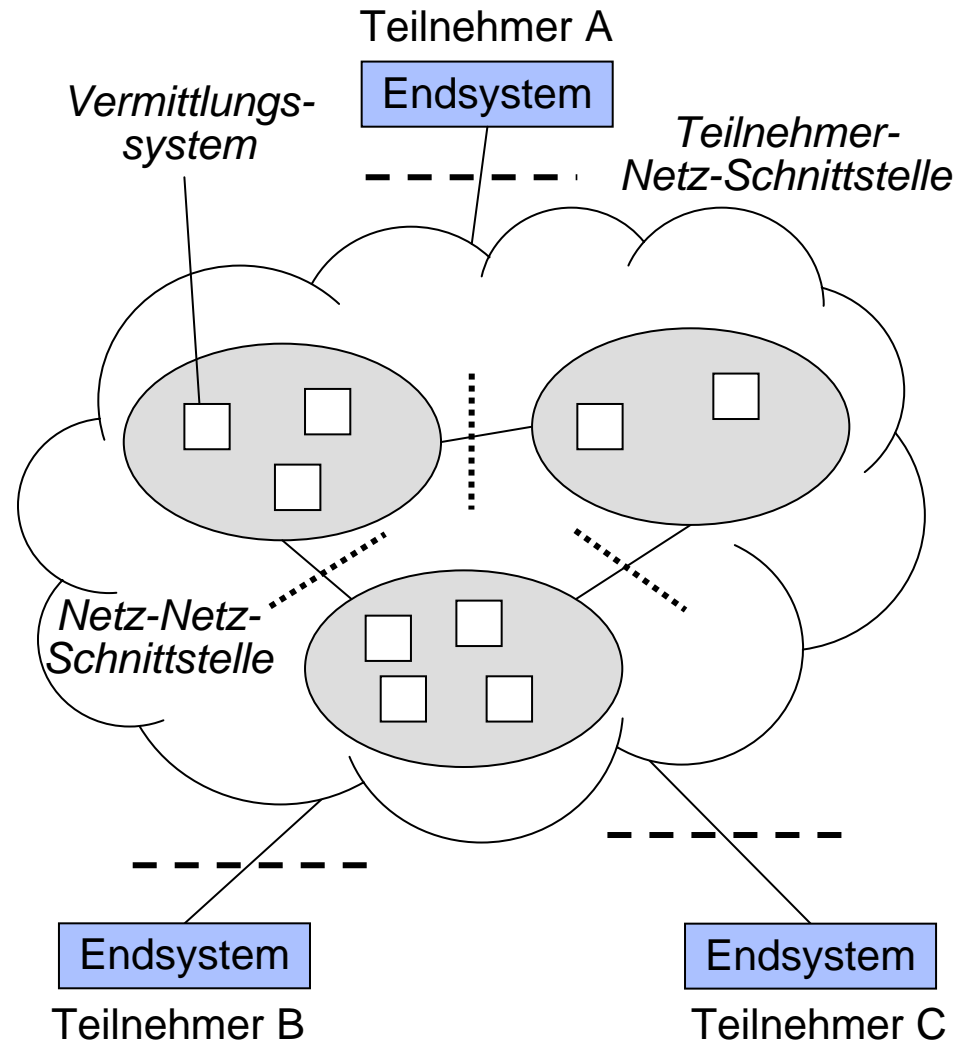


- Ziele
 - Digital bis zum Teilnehmer
 - Integration unterschiedlicher Dienste (z.B. Sprache, Daten, Bild)
- Bereitstellung zusätzlicher Dienste
 - Wahlwiederholung
 - Direktruf
 - Wahl bei aufgelegtem Hörer
 - Umleitung von Anrufen
 - Identifizierung von Anrufern
 - ▶ Fangschaltung konnte vom Angerufenen 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

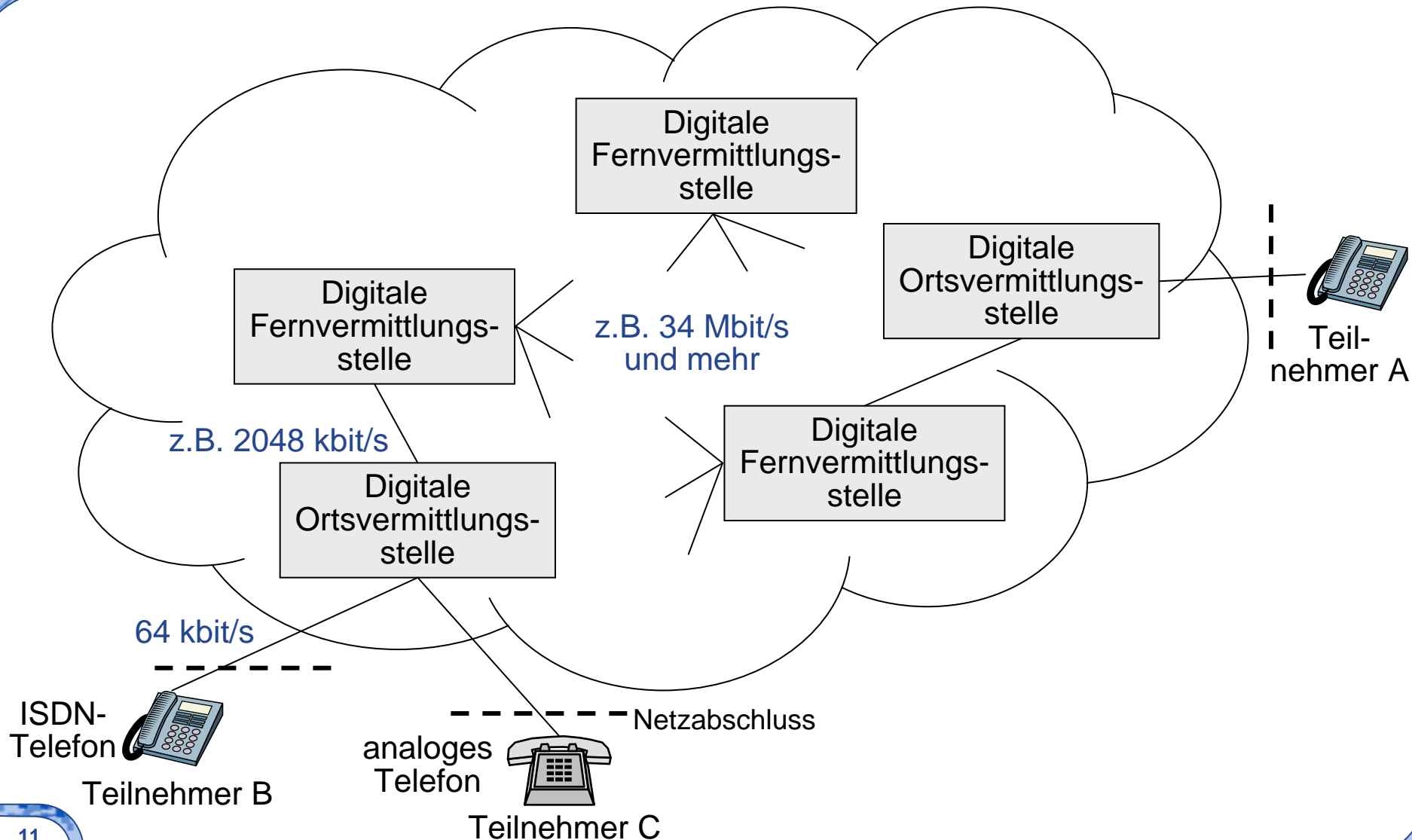


<http://www.s-storbeck.de/cms/telefon/end-vermittlungsstelle/fangen.html>

- 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



- 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

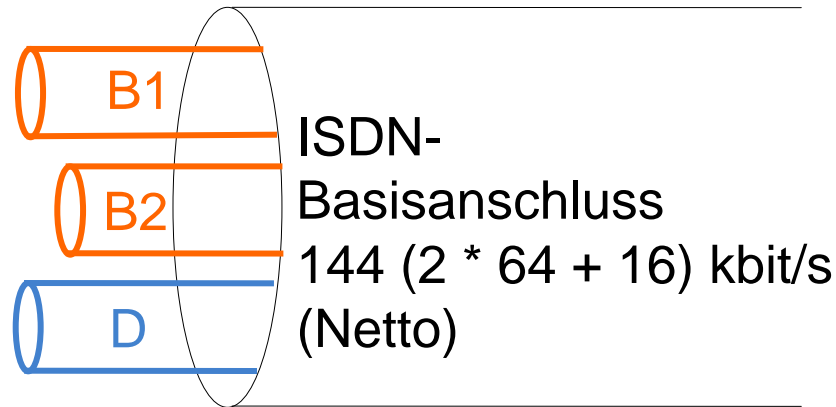


- B-Kanal
 - Nutzdatenübertragung
 - Datenrate: 64 kbit/s
 - ▶ ca. 5 Schreibmaschinenseiten mit 1600 Zeichen pro Seite
 - Mehrere B-Kanäle
 - ▶ operieren unabhängig voneinander
 - ▶ können verschiedene Zielrichtungen haben
 - ▶ können unterschiedliche Daten übertragen (z.B. Sprache, Bilder)
 - ▶ müssen nicht (können aber) zur gleichen Zeit aktiv sein
- D-Kanal
 - Signalisierung
 - Datenrate: 16 kbit/s
 - ... auch zur Datenübertragung nutzbar

- ... 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-Benachrichtung, Börsenkurse, Wetter, ...
- Datex-P-Verbindungen
- Linux-Projekt zur langsamen, aber kostenlosen Datenübertragung
 - Führte dazu, dass viele Telefongesellschaften diese Funktion abschalteten
- Heute wieder zur Übertragung von SMS-Nachrichten genutzt

- Basis-Anschluss

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

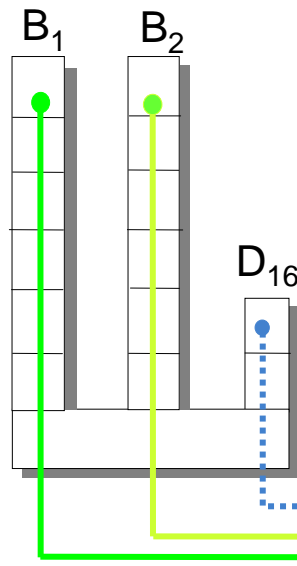


- Primär-Multiplex-Anschluss

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

- Schichtenarchitektur für B- und D-Kanäle

Teilnehmer A



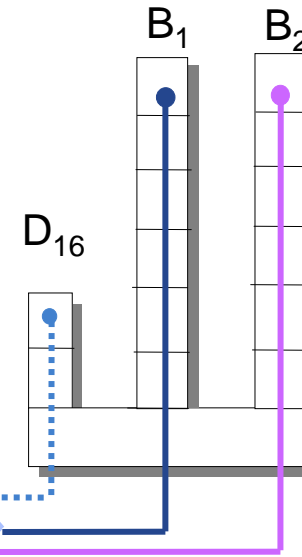
ISDN-Netz

Vermittlungsstelle A

Vermittlungsstelle B

Signalisierung

Teilnehmer B



Schicht 7
Schicht 6
Schicht 5
Schicht 4
Schicht 3
Schicht 2
Schicht 1

- Teilnehmer-Installation

- B-Kanäle

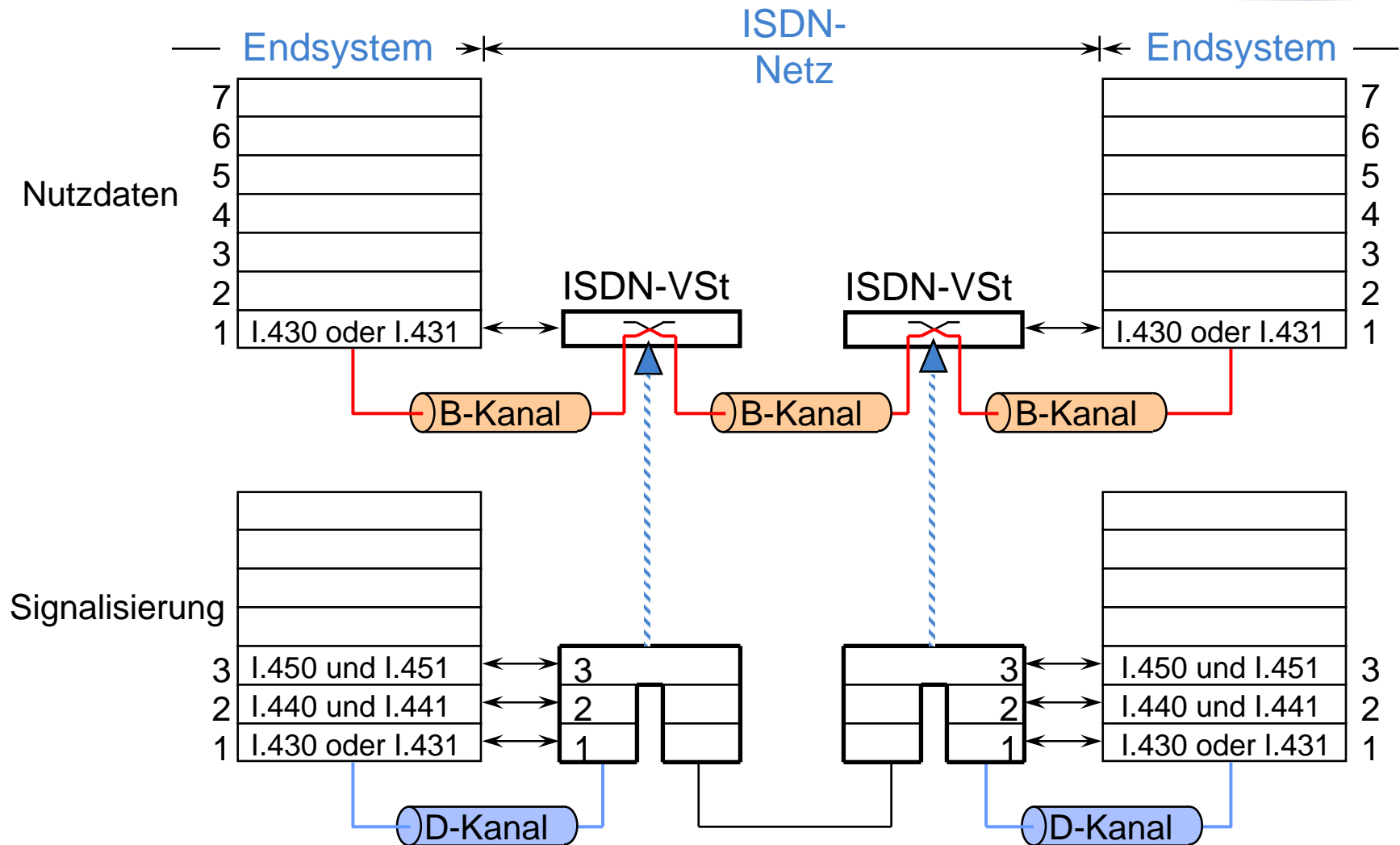
- Schicht 1 standardisiert
 - Schichten 2-7 abhängig von der Anwendung

- D-Kanal

- Umfasst nur Schichten 1-3
 - Schichten 2 und 3: D-Kanal-Protokolle

- Netzseite

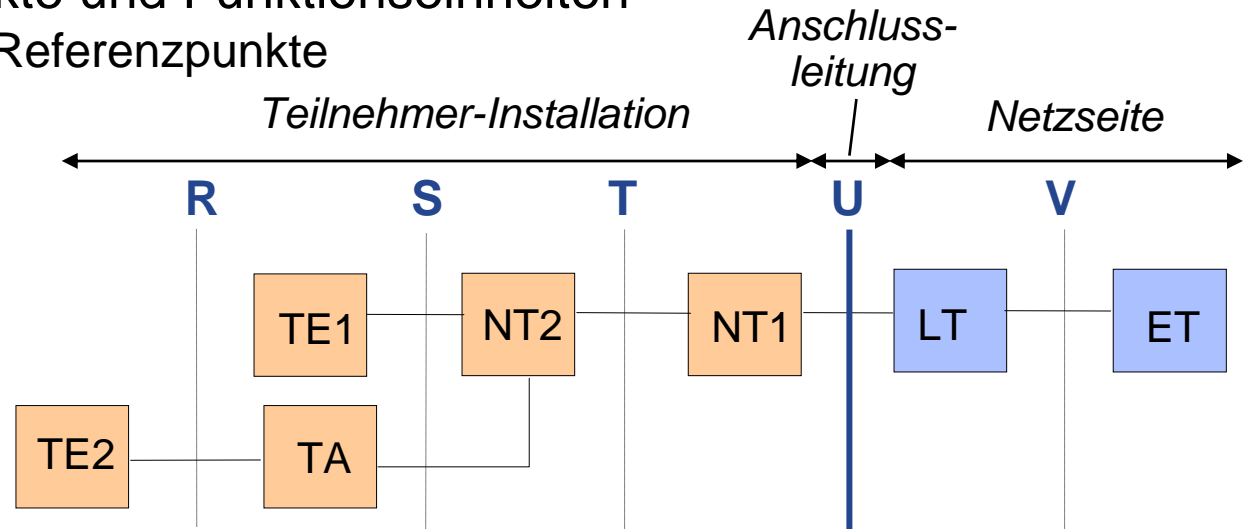
- Netzzinterne Signalisierung



I.xxx → Verweis auf entsprechenden ITU-Standard

- 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)

- 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

- ET

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

- LT

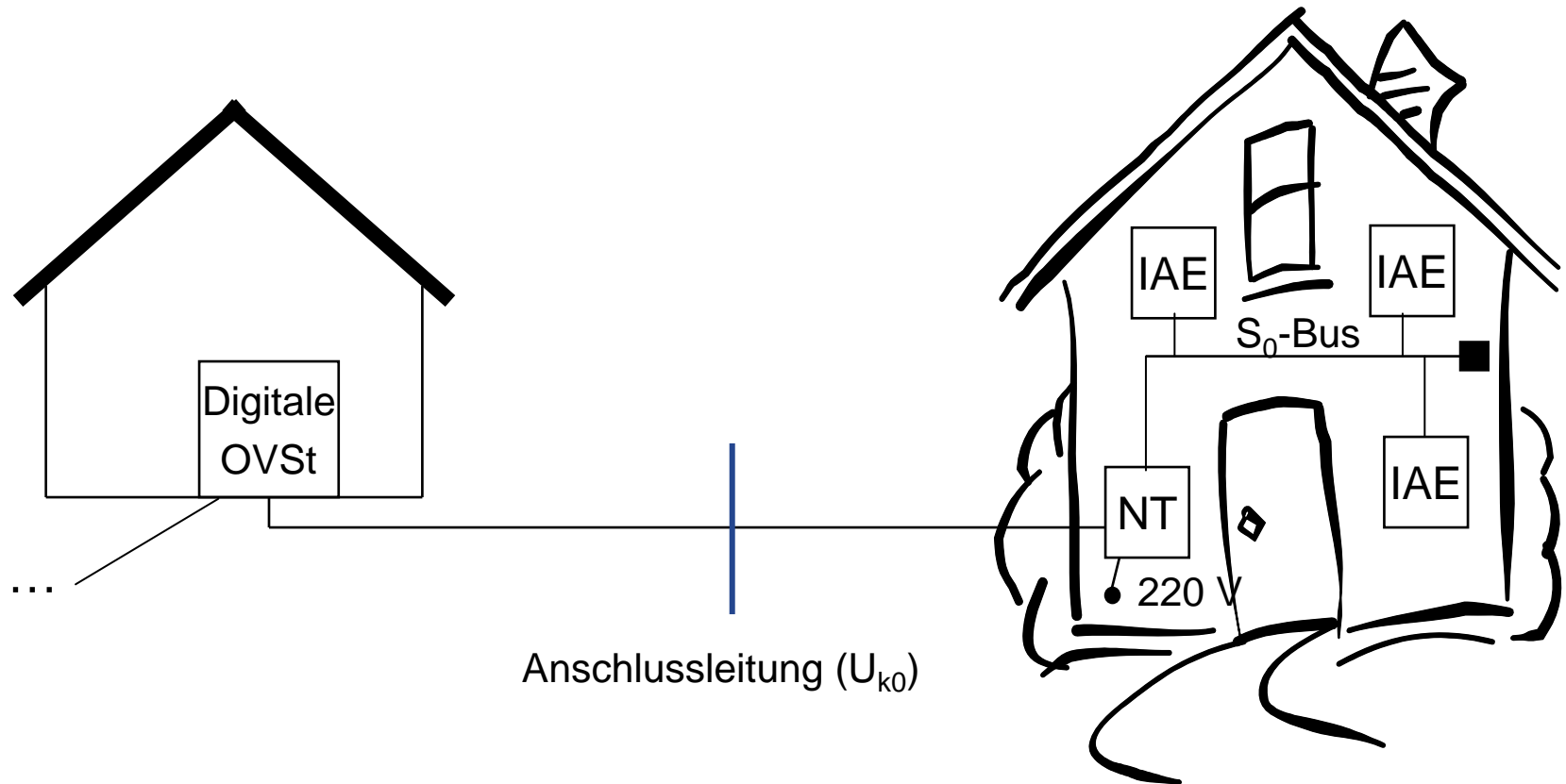
- Leitungsübertragungseinrichtung
- Umsetzung zwischen relativ niedriggradigem Teilnehmeranschluss und hochgradigem Multiplexanschluss auf der Vermittlungsseite
 - ▶ Umsetzen der Übertragungsverfahren
 - ▶ Ableiten und regenerieren von Takten
 - ▶ Fehlerüberwachung und Alarmerzeugung
 - ▶ Fernstromversorgung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

- 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

- 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

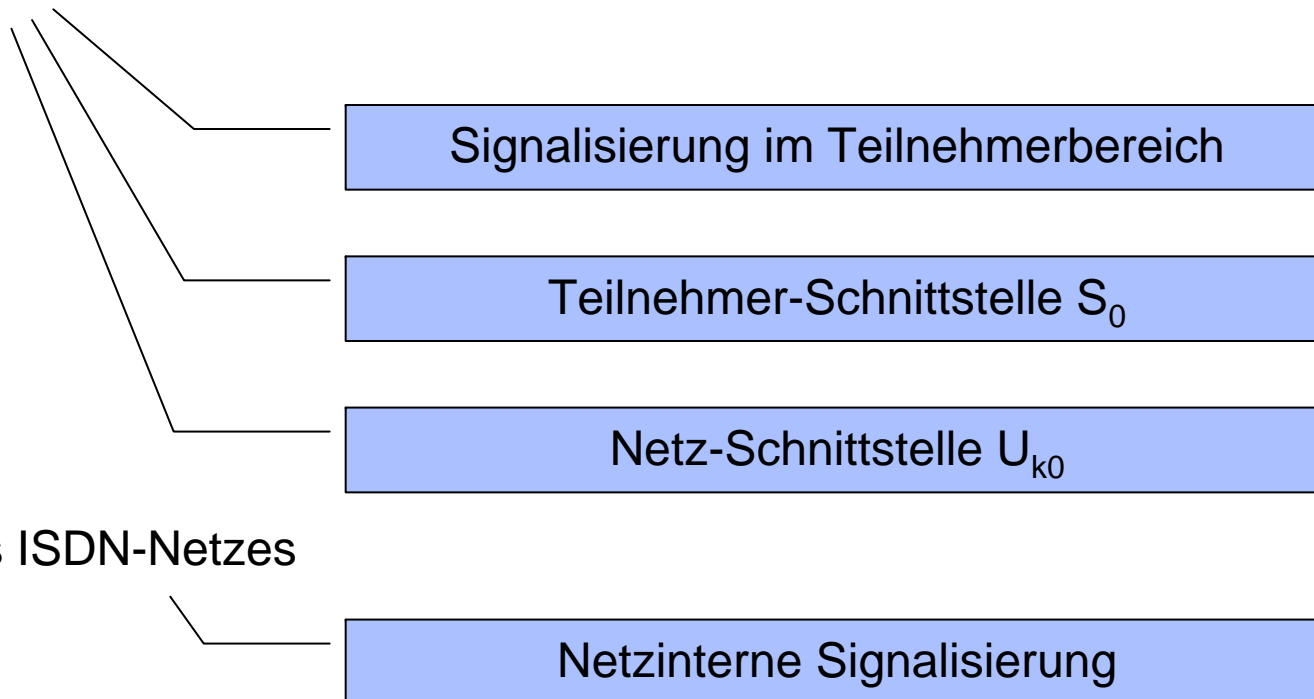
Netzseite

Teilnehmer-Installation



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

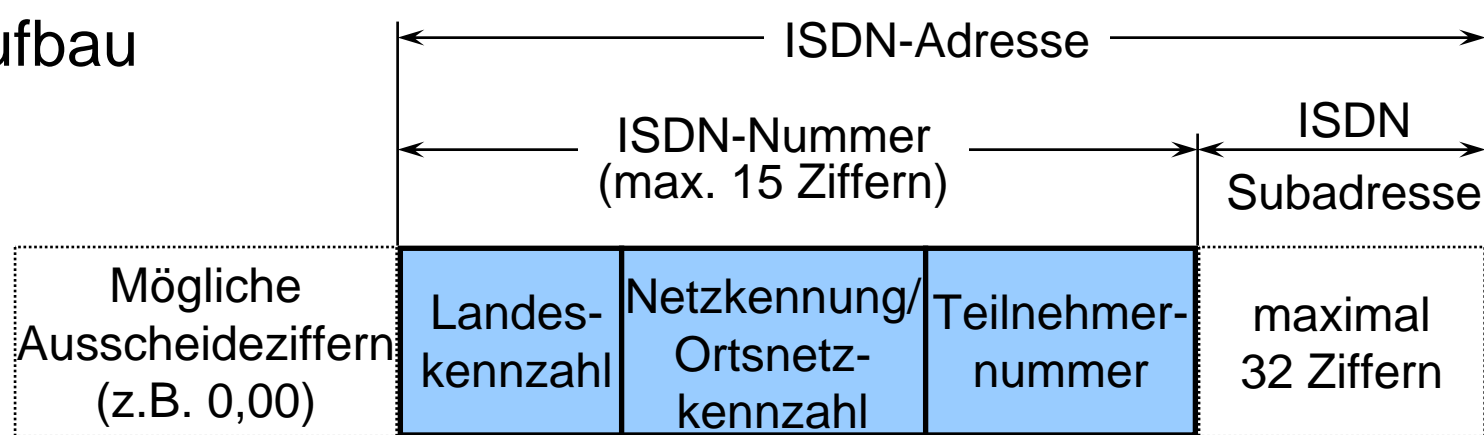
- Klare Gliederung in Teilnehmer-Installation und Netzseite
 - Strukturierung durch Referenzpunkte und Funktionseinheiten
 - Strukturierung durch Schichtenarchitektur
- Im Folgenden nähere Betrachtung ausgewählter Aspekte
 - der Teilnehmer-Installation



- Ziel
 - Aufbau einer Kommunikationsverbindung zwischen den Endsystemen über ein ISDN-Netz
 - ▶ Anmerkung: ISDN ist ein leitungvermitteltes 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)

- 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

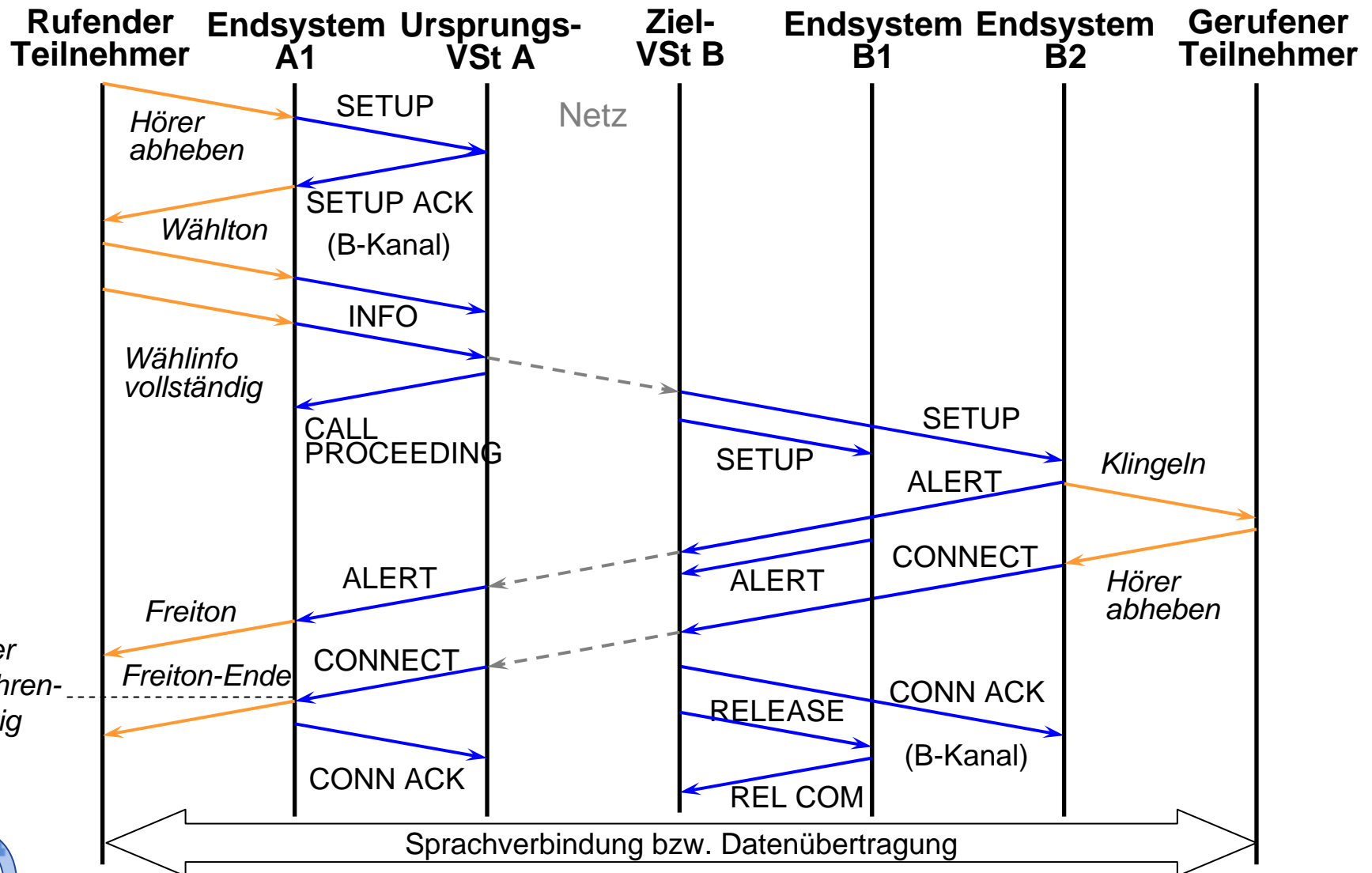
- Aufbau



- 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

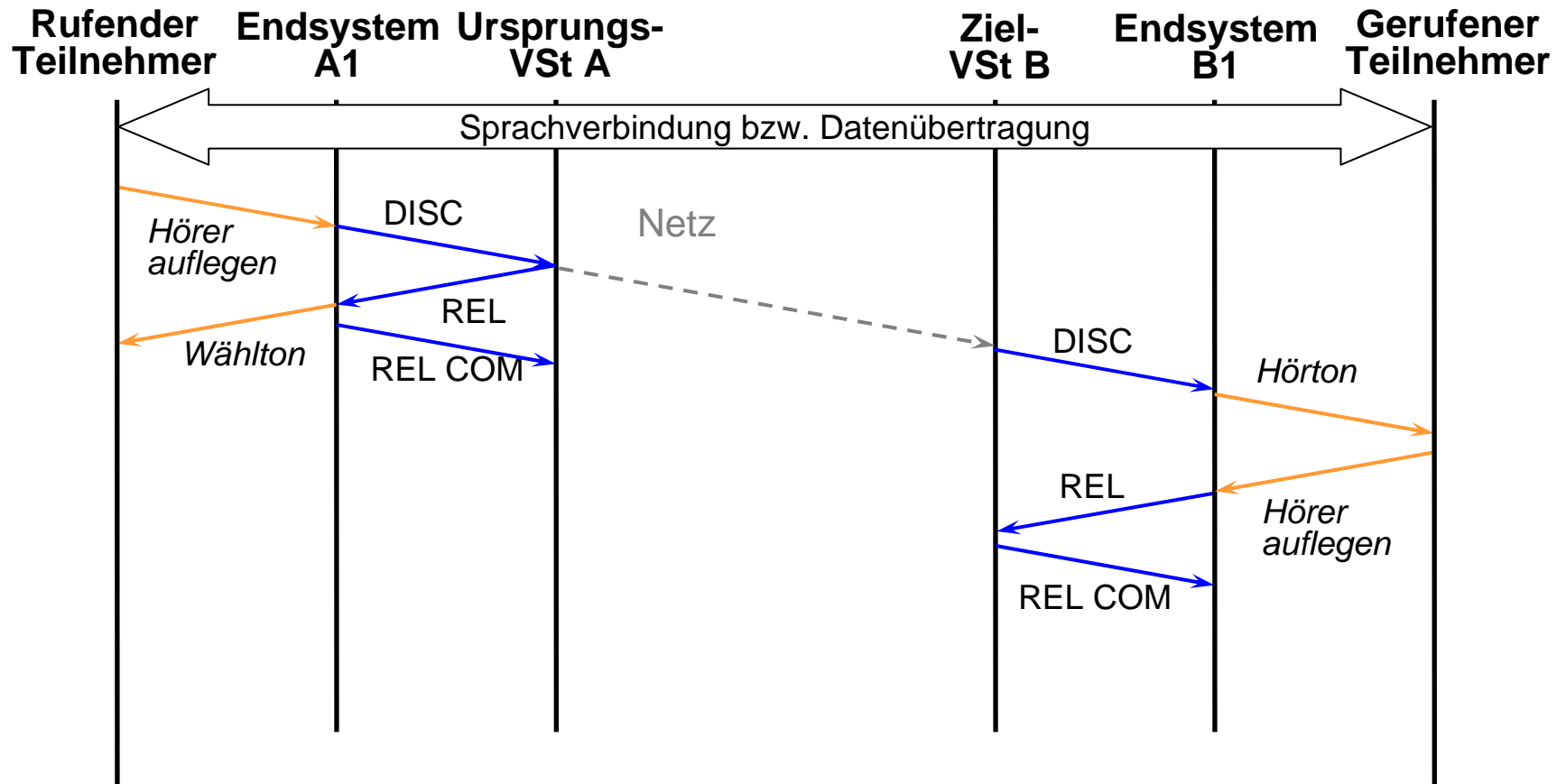
- Signalisierungstransaktion zur Bereitstellung einer Verbindung
 - Phasen beim Verbindungsaufbau (zwischen Teilnehmern A und B)
 - ▶ Abgehender Ruf bei Teilnehmer A („wählen“)
 - ▶ Ankommender Ruf bei Teilnehmer B
 - ▶ Rufanzeigephase bei Teilnehmer B („läuten“)
 - ▶ Rufannahmephase von Teilnehmer B
- 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

Beispiel: Aufbau einer Telefonverbindung

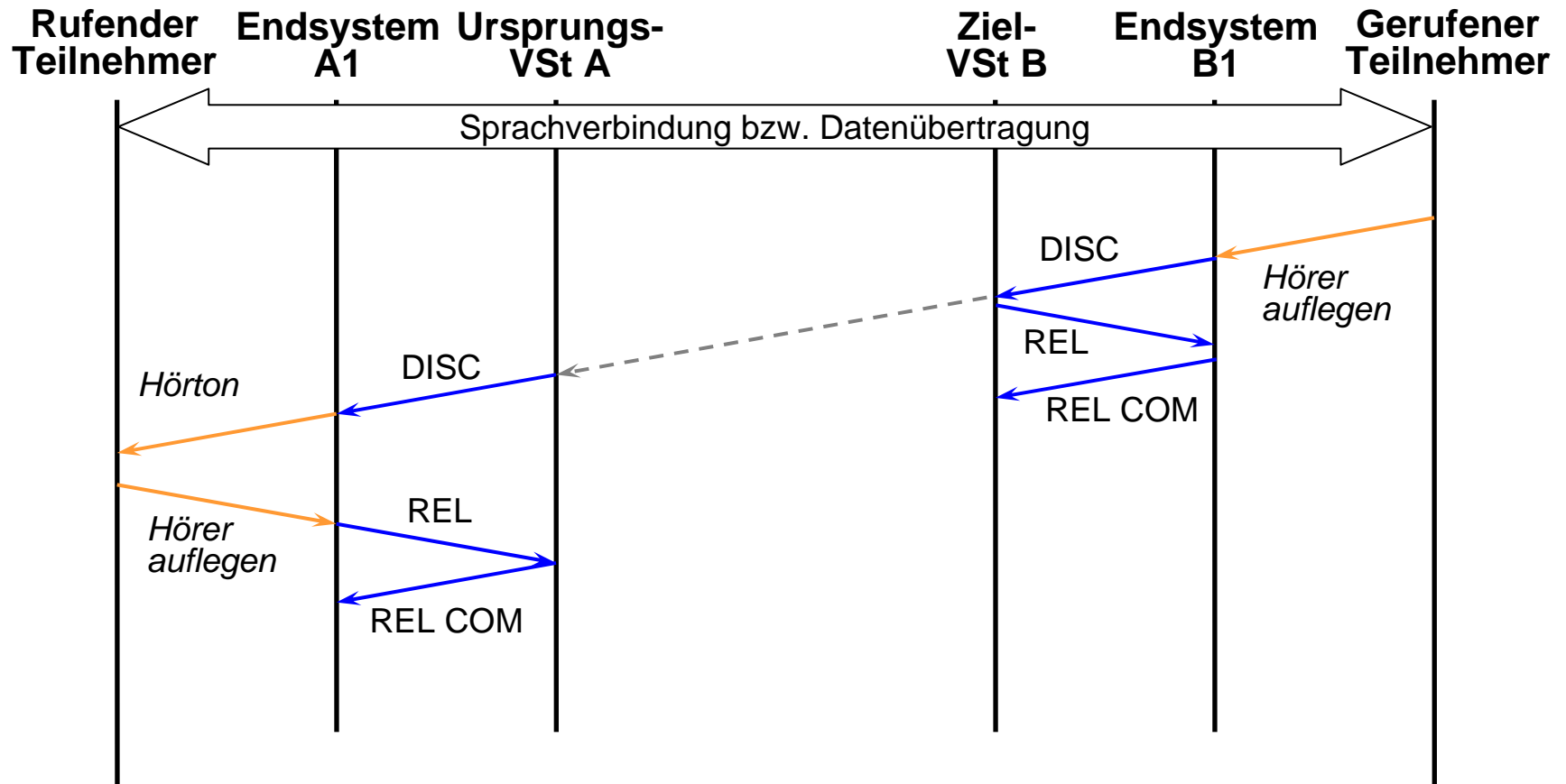


- Drei verschiedene Arten der „Aktionen“
 - Teilnehmer agiert, z.B. Hörer abnehmen („orange“)
 - Austausch von Q.931 Dateneinheiten zwischen Endsystem und Ursprungs- bzw. Zielvermittlungsstelle („blau“)
 - Etablierung einer Verbindung zwischen Ursprungs- und Zielvermittlungsstelle („grau“)
- Wesentliche 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
<i>Setup</i>	Endsystem leitet Verb.aufbau ein	Für Endsystem liegt ein ankommender Ruf vor
<i>Setup Acknowledge</i>	Quittierung von Setup	Quittierung von Setup
<i>Alerting</i>	Endsystem ist zur Annahme des Rufes bereit, Teilnehmer wird gerufen	Netzseitig konnte die Verbindung bis zum Ziel aufgebaut werden
<i>Connect</i>	Ankommender Ruf wurde angenommen	B-Kanal wird durchgeschaltet
<i>Connect Acknowledge</i>	Keine	Bestätigung für das den Ruf annehmende Endsystem, dass es ausgewählt wurde
<i>Disconnect</i>	Aufforderung zum Auslösen (Verb.abbau)	Auslösen vom Netz gefordert
<i>Release</i>	Freigabe des B-Kanals und der Call Reference	Freigabe des B-Kanals und der Call Reference
<i>Release Complete</i>	Quittierung der Release-Nachricht	Quittierung der Release-Nachricht
<i>Facility</i>	Endsystem fordert Dienstmerkmal für Verb. an	VSt. fordert Dienstmerkmal für Verb. an
<i>Register</i>	Endsystem beantragt bei VSt. Eintragen eines Dienstmerkmals	Keine

Typen von Q.391 Dateneinheiten

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

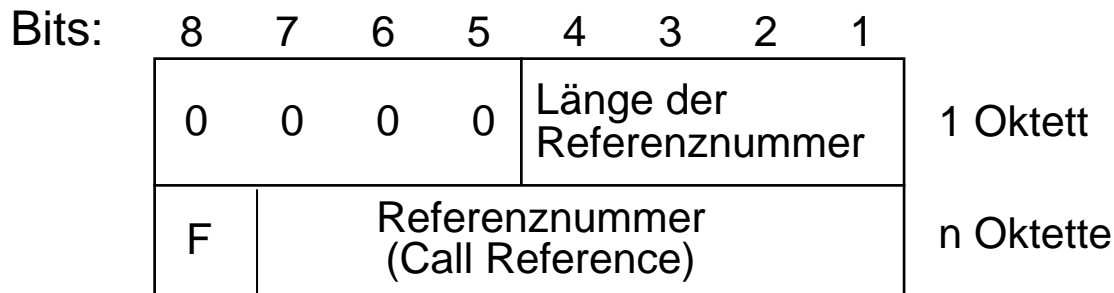
- Grundlegende Zielsetzung beim Entwurf
 - Flexibilität (offen für neue Dienstmerkmale)
 - Effizienz (möglichst wenig Overhead)

- Grundsätzlicher Aufbau

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

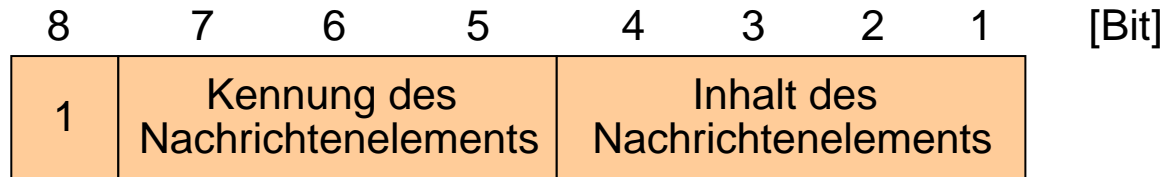
8	7	6	5	4	3	2	1	Bits
Protokoll-Diskriminator								1 Oktett
Referenznummer (Call Reference)								n Oktette
Nachrichtentyp								1 Oktett
Nachrichtenelement 1								n Oktette
Nachrichtenelement 2								
⋮								
Nachrichtenelement m								

- 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

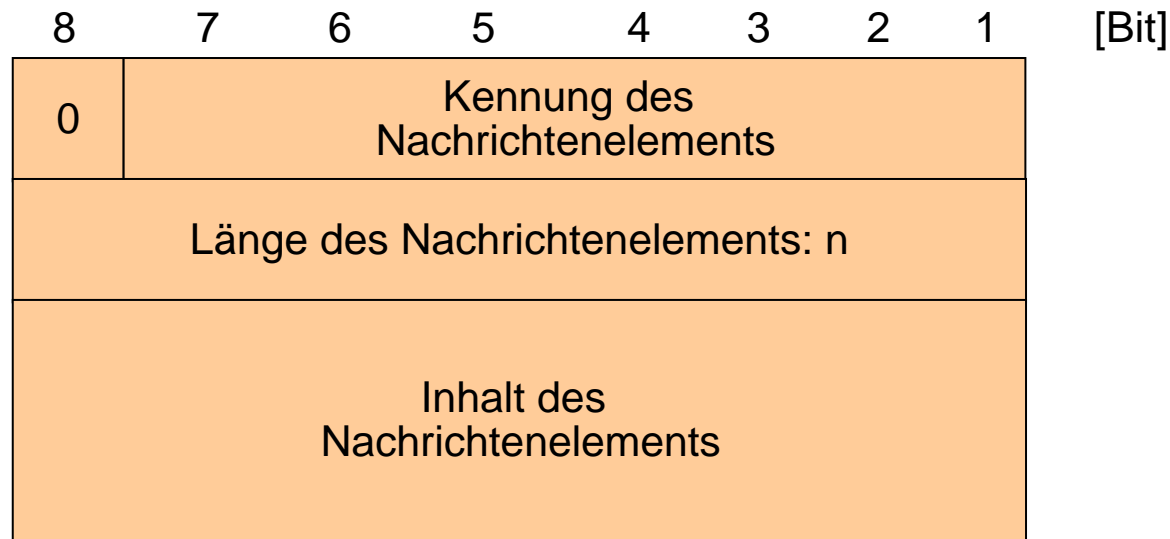


- Varianten von Nachrichtenelementen

- Einzel-Oktett-Nachrichtenelement



- Mehr-Oktetts-Nachrichtenelement



- Beispiel: Nachrichtenelement Rufnummer

[Bit] 8 7 6 5 4 3 2 1

0 1 1 1 0 0 0 0							
0 0 0 0 0 1 0 1							
g/u		Reserviert			Ruf-Nr. Typ		
1. Ziffer				2. Ziffer			
3. Ziffer				4. Ziffer			
5. Ziffer				6. Ziffer			
7. Ziffer				Füll-Information			

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.

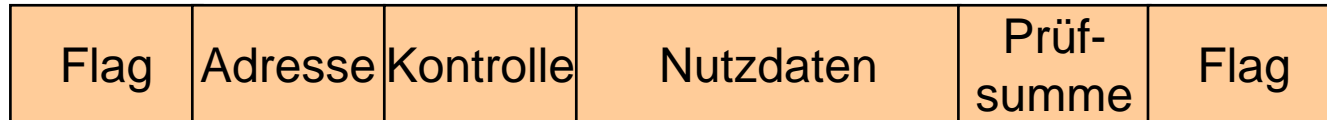
Rufnummertyp: normale Rufnummer, Kurzrufnummer oder Subadresse

- Weitere ausgewählte Beispiele

- Status der Verbindung
- Benutzter Kanal

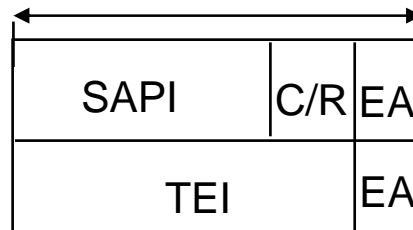
- Ziel
 - Zuverlässige Kommunikation zwischen Endsystem und Vermittlungsstelle
 - ▶ Bestätigte Kommunikation, Sendewiederholungen
 - ▶ ... Übertragung von Signalisierungs- und Kontrollinformation
- Aufgaben
 - Adressierung der angeschlossenen Systeme
 - ▶ Vergabe einer eindeutigen ID pro System (Terminal 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



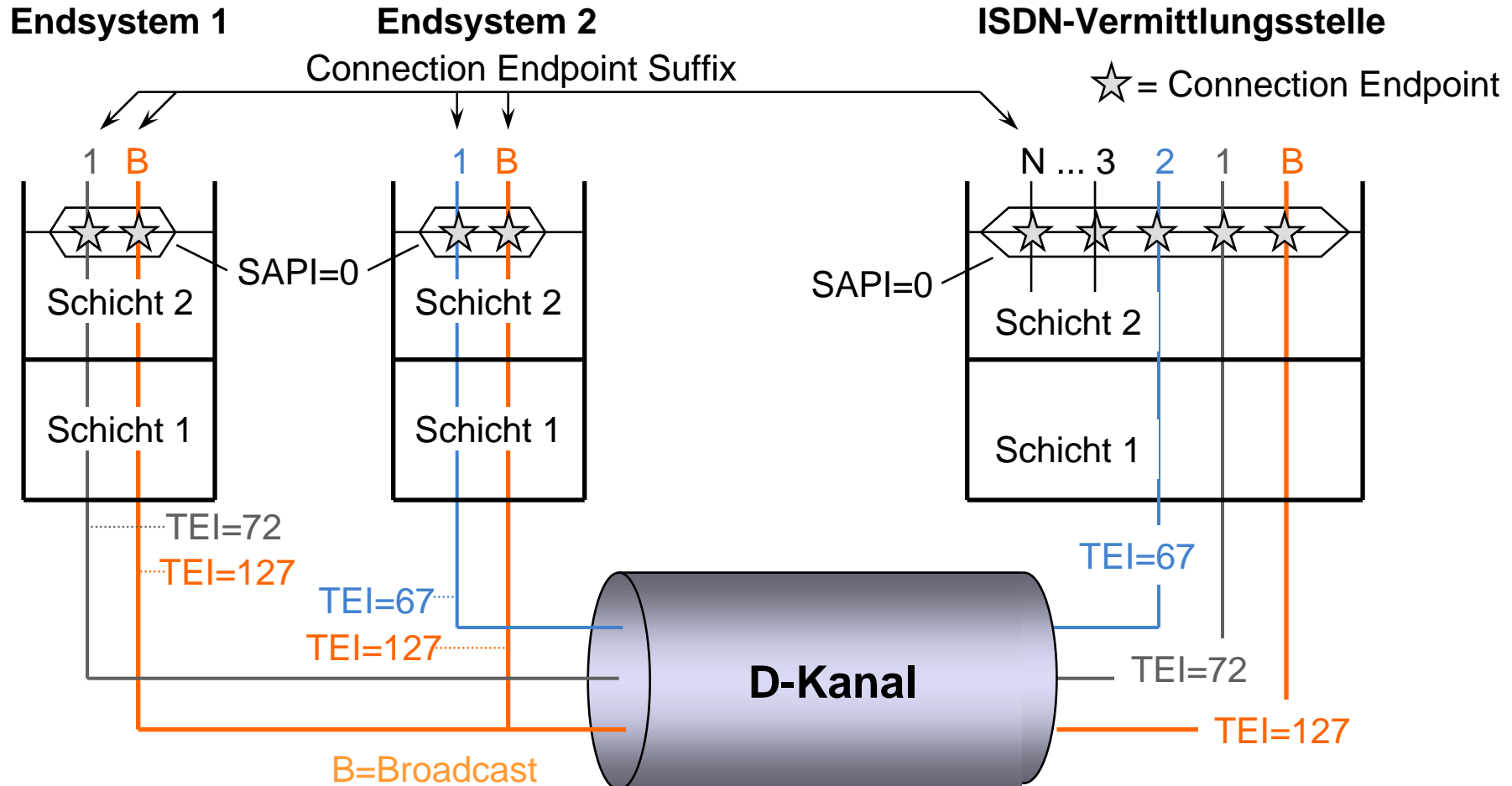
- Adressfeld besteht aus 16 Bit

- entspricht erweitertem Adressfeld in HDLC-Dateneinheit
- Aufbau *8 Bit*



EA = 0: es folgt ein Byte im Adressfeld
 EA = 1: Ende des Adressfelds
 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)



Endsystem

ISDN-VSt

max. 2s

TEI zugeteilt

TEI erneut anfordern

UI (SAPI=63, TEI=127) [ID request, RN, TEI]

evtl. TEI-Prüfroutine

UI (SAPI=63, TEI=127) [ID assigned, RN, TEI]

UI (SAPI=63, TEI=127) [ID denied, RN, TEI]

oder

TEI = 127: beliebigen TEI-Wert zuweisen

TEI \neq 127: bevorzugter TEI-Wert

RN: Reference Number – kennzeichnet Verbindung (Zufallszahl: 0-65535)

t

• TEI-Prüfroutine

Endsystem

ISDN-VSt

UI (SAPI=63, TEI=127) [ID check request, RN=0, TEI]

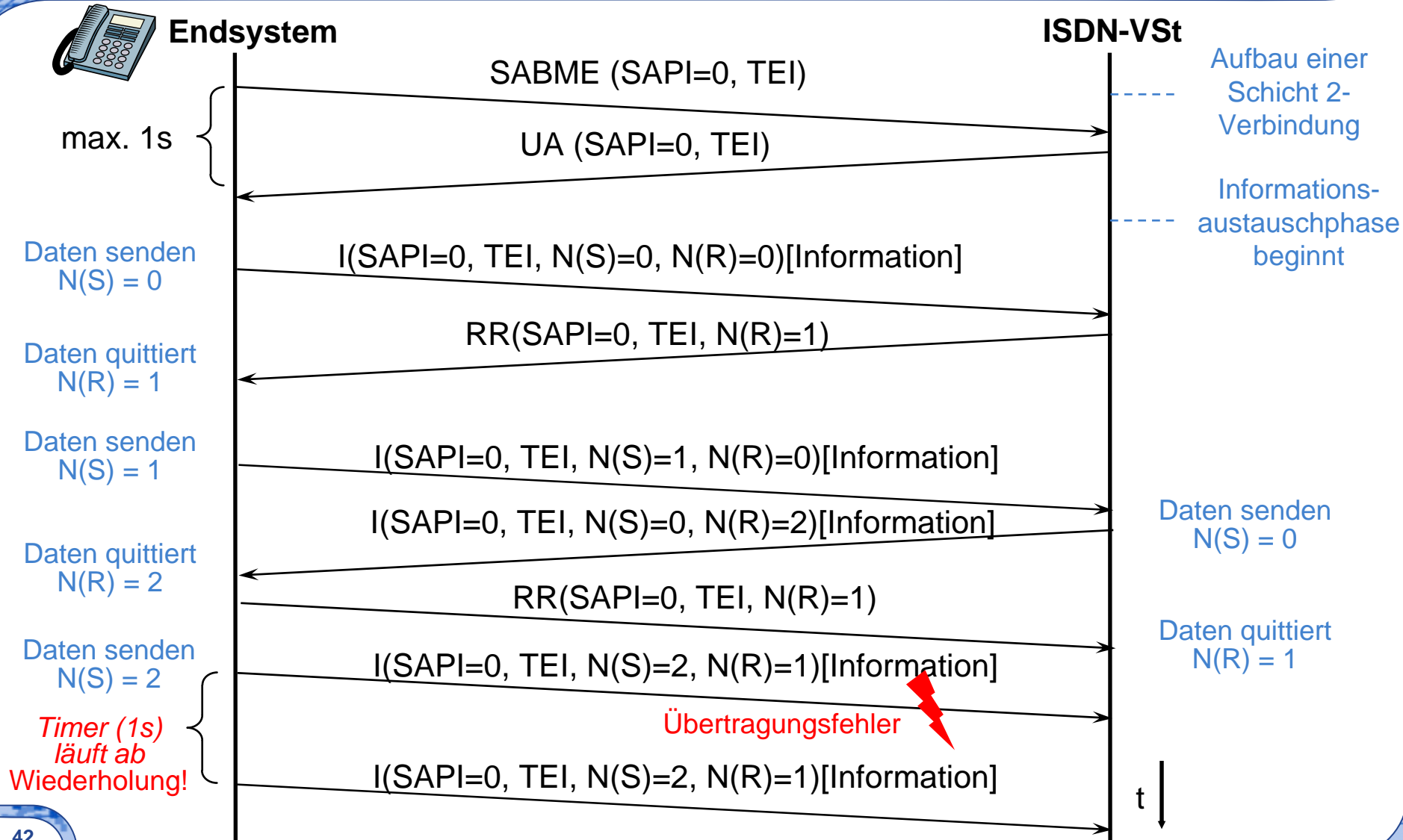
UI (SAPI=63, TEI=127) [ID check response, RN, TEI]

max. 1s

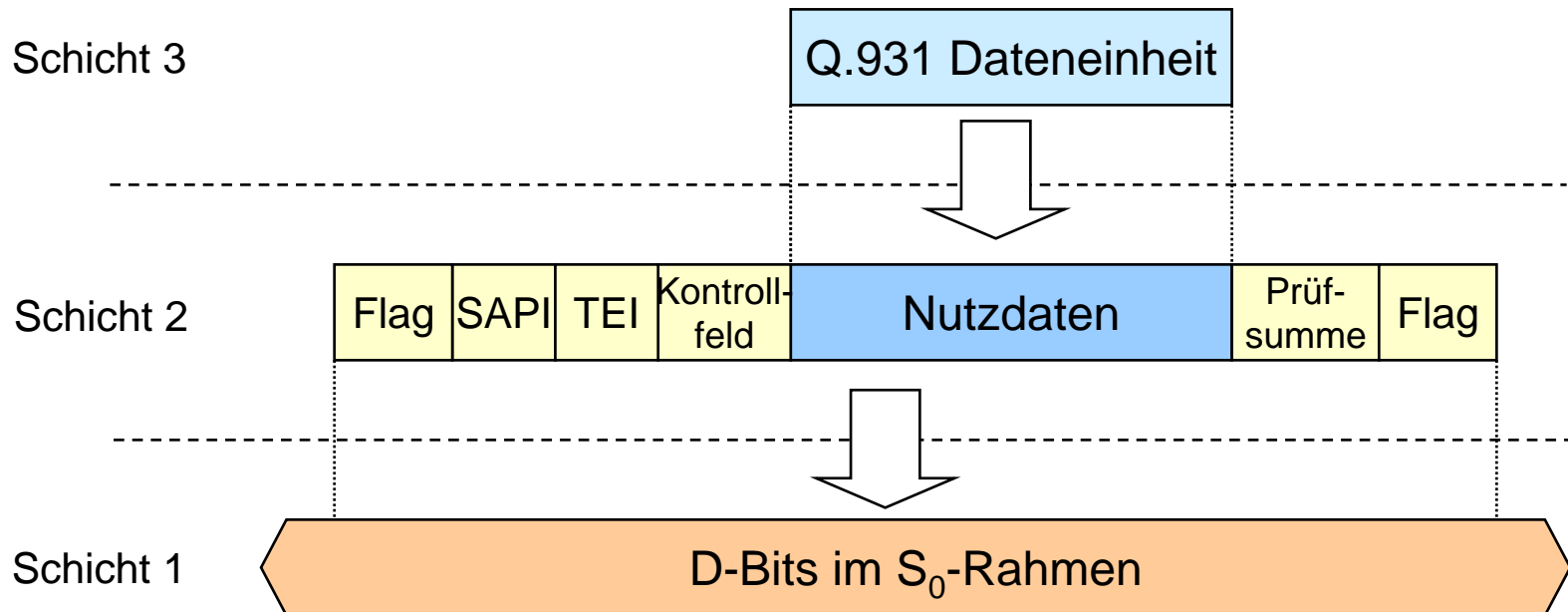
falls keine Rückmeldung, einmalige Wiederholung der Anfrage

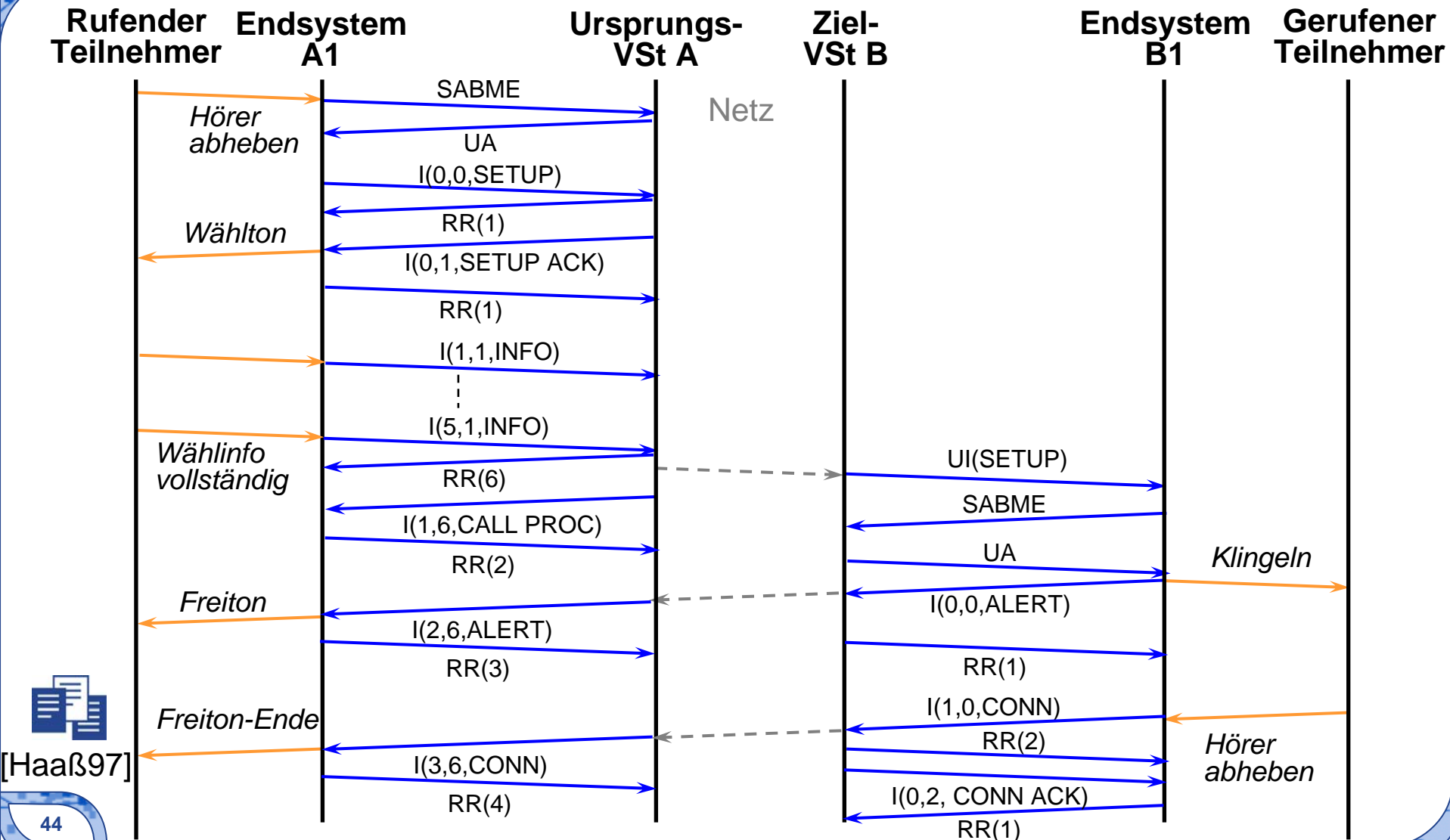
t

Schicht 2-Verbindung (LAP-D)



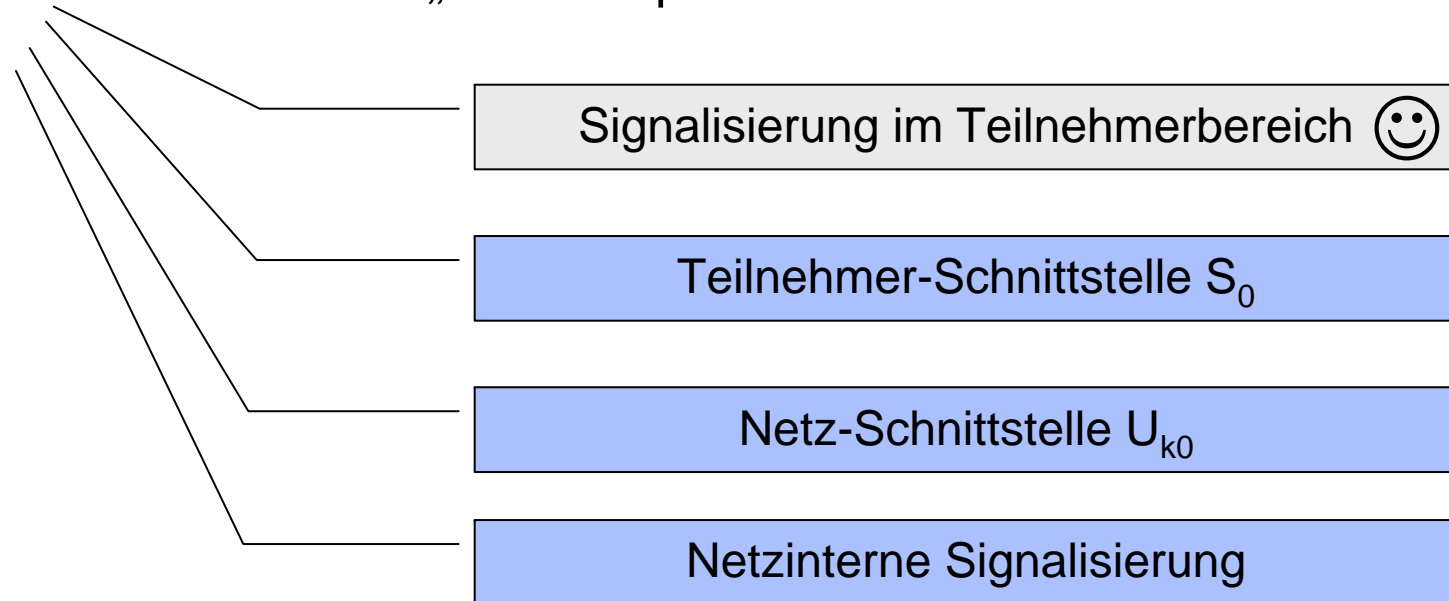
- Q.931 Dateneinheiten eingebettet in Nutzdatenfeld der LAP-D Dateneinheiten
 - Nicht alle LAP-D Dateneinheiten transportieren Q.931 Dateneinheiten
- Signalisierung erfolgt über D-Kanal
 - LAP-D Dateneinheiten werden in den D-Bits des S_0 -Rahmens gesendet
- Grobes Schema



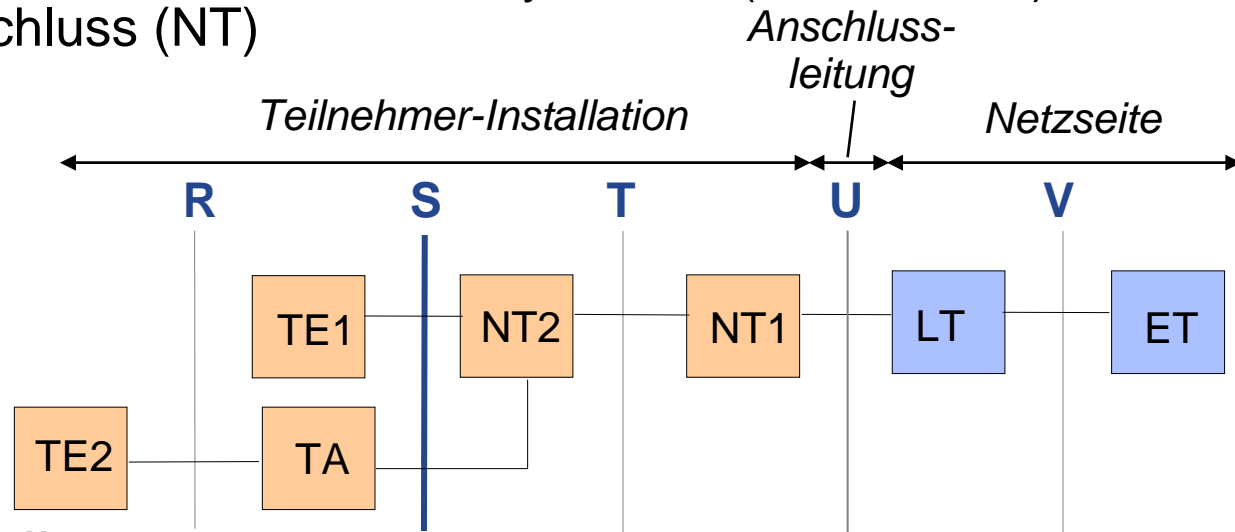


[Haaß97]

- 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“

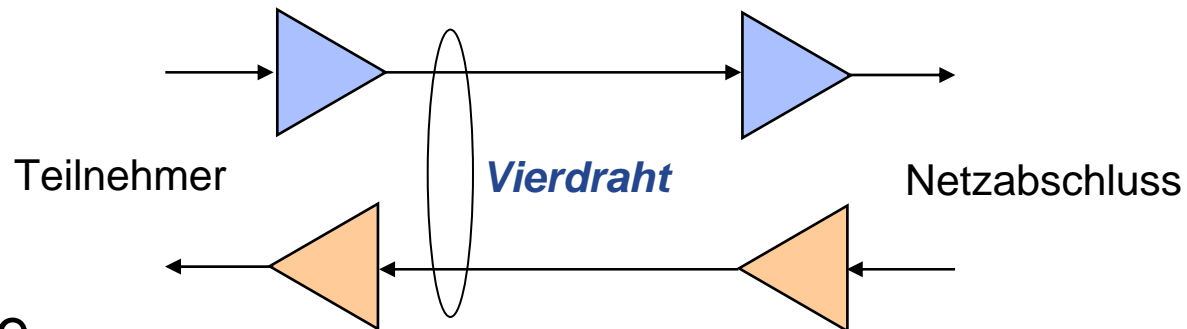


- Wiederholung: Aufbau des ISDN-Netzes
 - S_0 -Schnittstelle zwischen Endsystemen (TE bzw. TA) und Netzabschluss (NT)



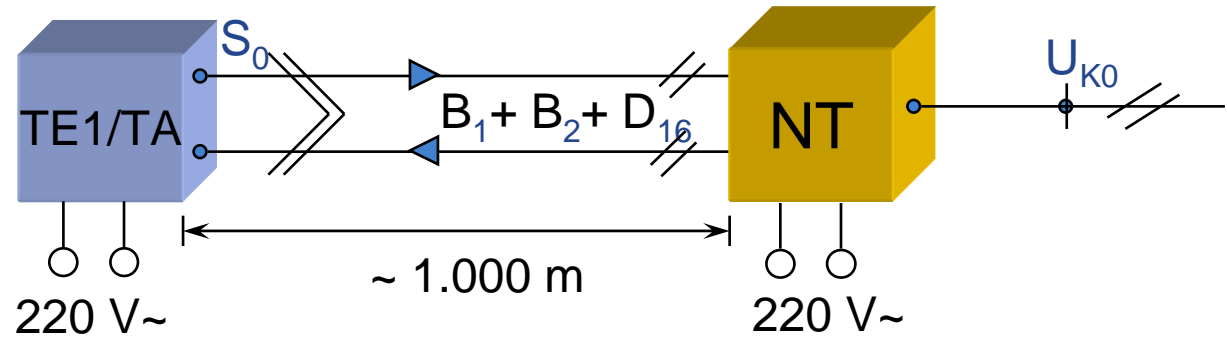
- Charakteristika
 - Vierdraht-Übertragungsverfahren
 - Verschiedene Konfigurationen (Punkt-zu-Punkt, Bus)
 - Multiplexstruktur \rightarrow S_0 -Rahmen
 - Konkurrierender Zugriff auf D-Kanal

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

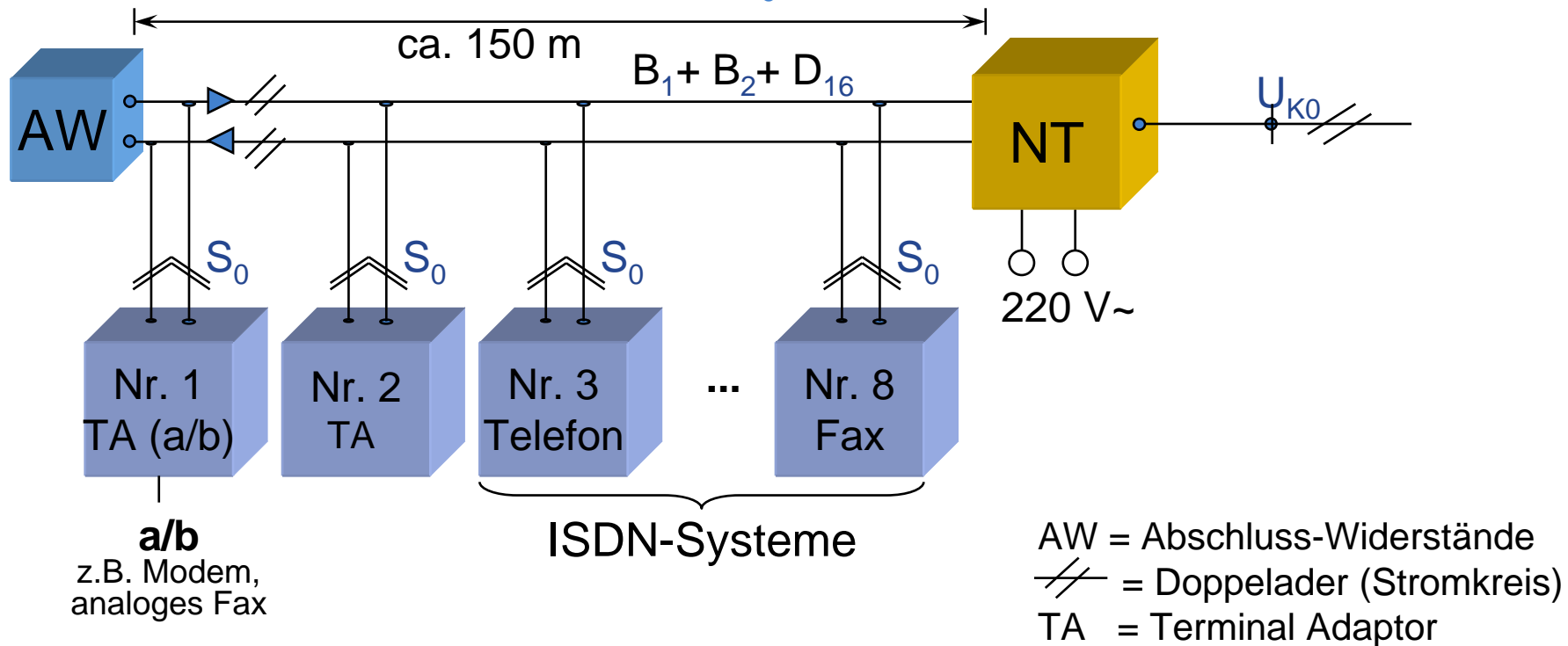
- Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Prinzip)



- Funktionen

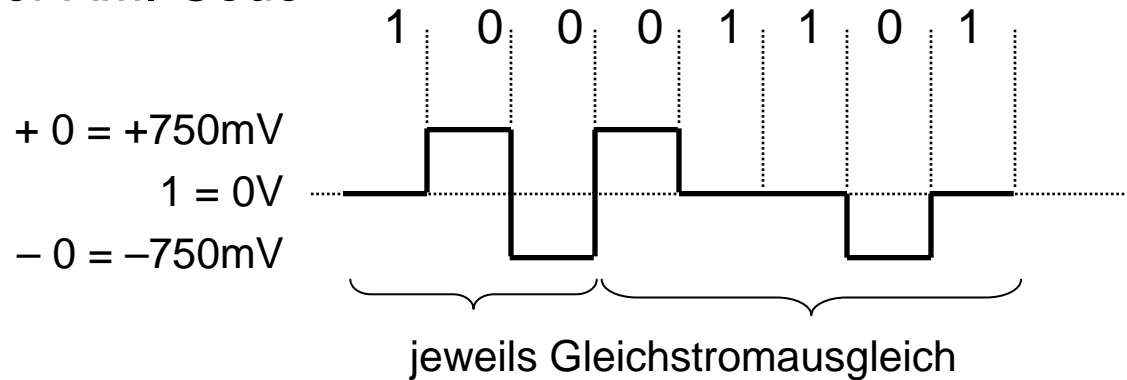
- Multiplexen mehrerer Kanäle $\rightarrow S_0$ -Rahmen
 - Im Fall eines Basisanschlusses 2 Datenkanäle ($B_1 + B_2$) und 1 Signalisierungskanal (D_{16})
 - Anwendung von Zeitmultiplex
- Rahmenerkennung
 - Einfügen von absichtlichen Coderegolverletzungen
- Garantie von Gleichstromfreiheit
 - Ausgleichsbits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

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

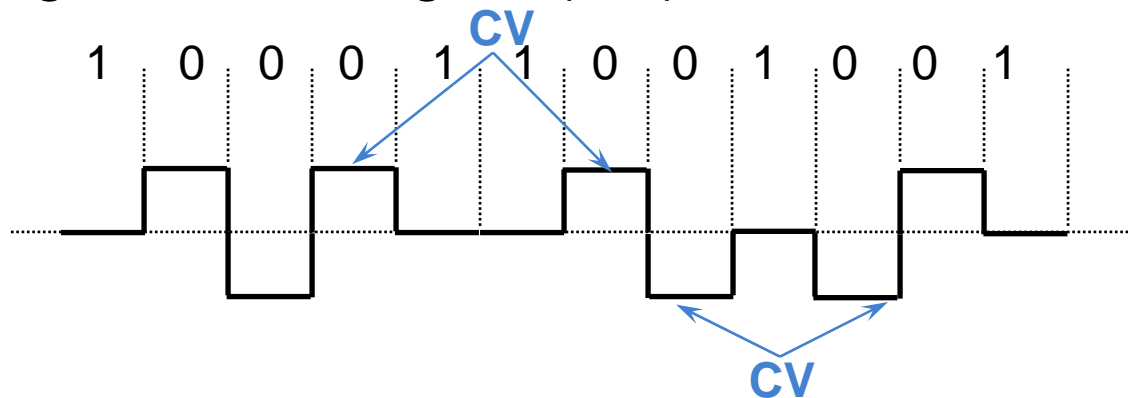


- Konkurrierender Zugriff auf den **D-Kanal**
 - Medienzuteilungsverfahren erforderlich
 - Behandlung von **Zugriffskonflikten**
 - Kollisionserkennung und -auflösung (Spiegelung D-Kanal in **Echo-Kanal**)

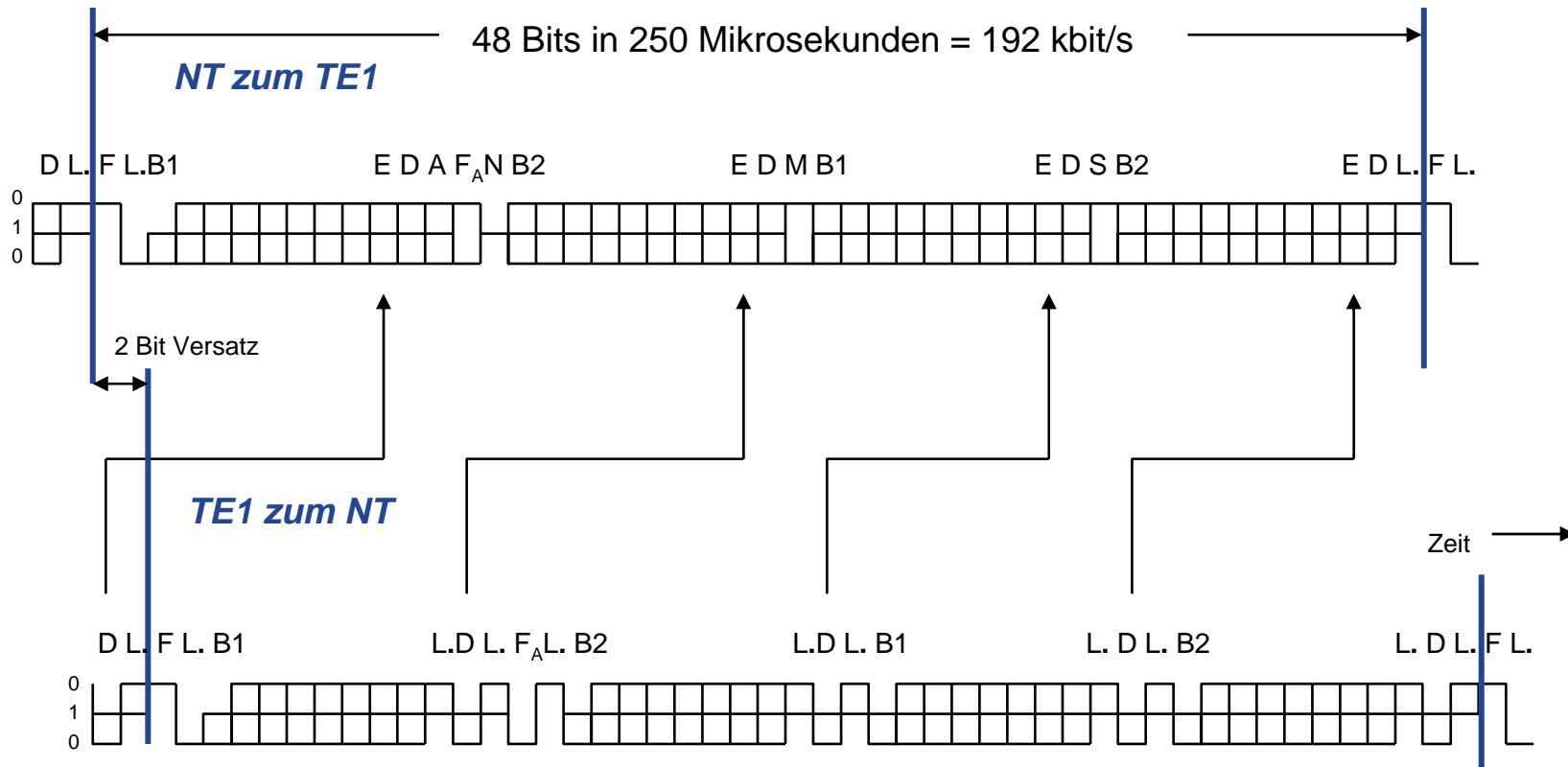
- Codierung auf Schicht 1 der S₀-Schnittstelle
 - inverser AMI-Code



- Coderegel-Verletzungen (CV)

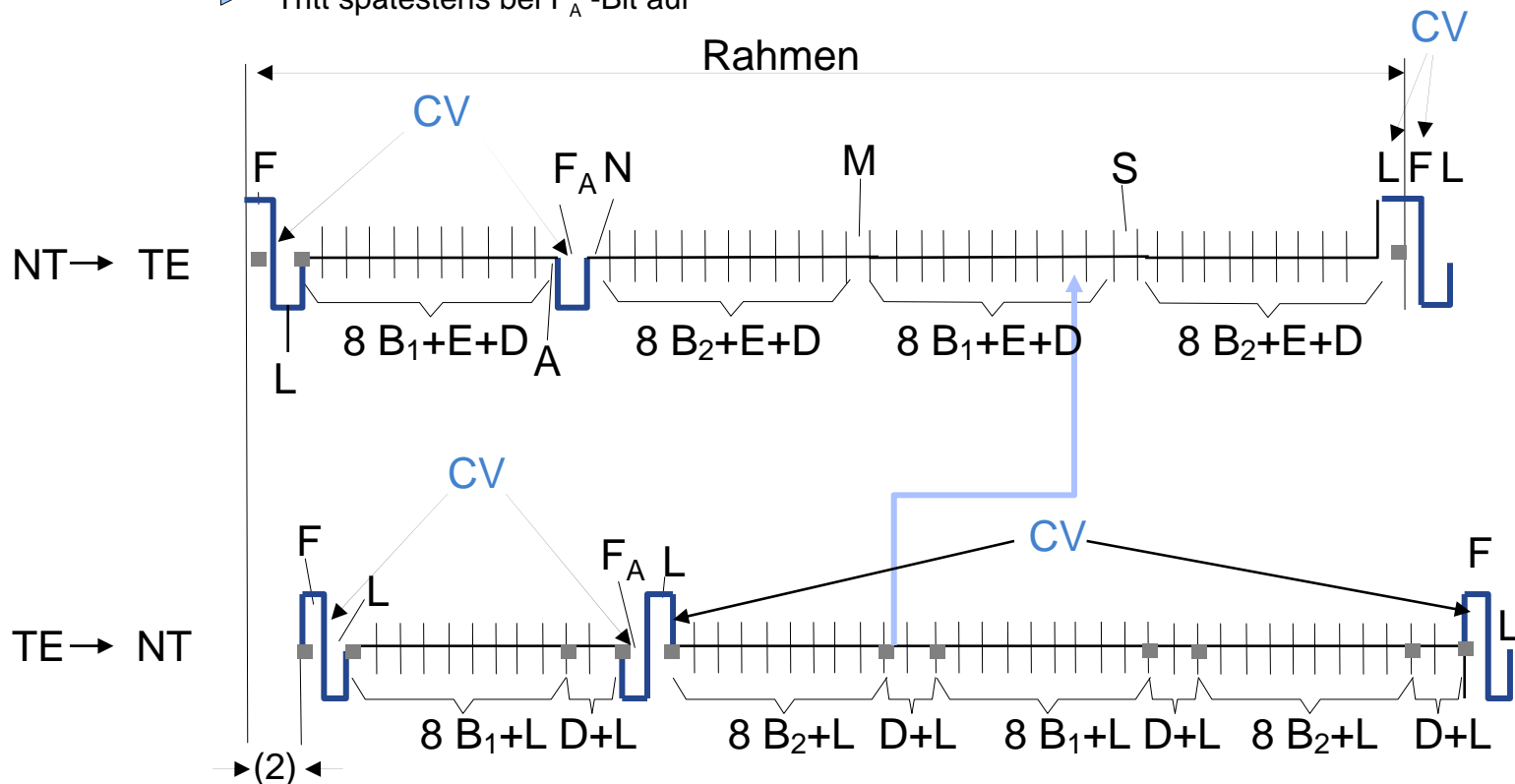


- Auf dem Bus setzt sich „0“ gegenüber „1“ durch

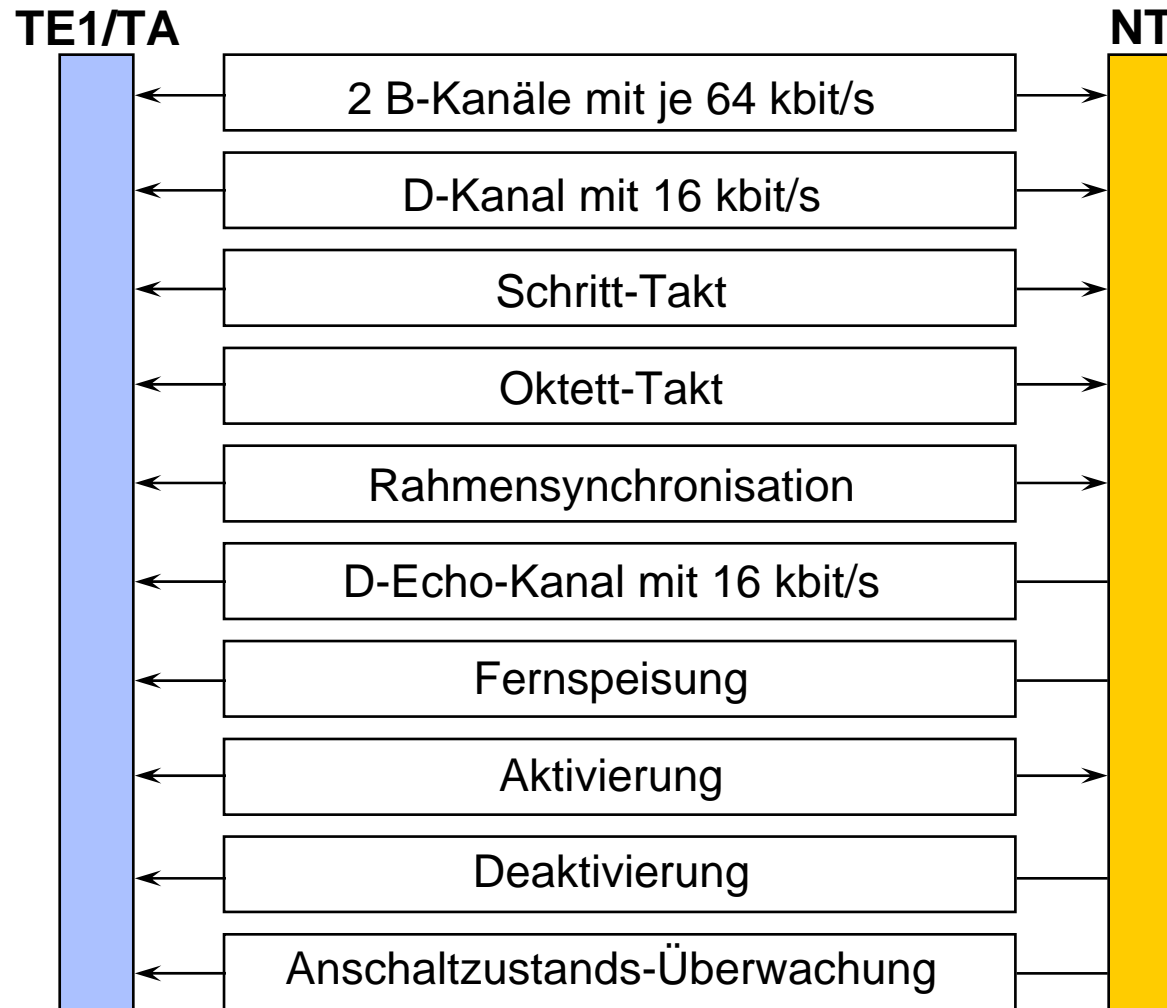


A = Bit für Aktivierungsprozedur
 B1, B2 = B-Kanäle
 D = D-Kanal („0“ überschreibt „1“)
 E = Bit für D-Echo-Kanal
 F_A, F = Zusätzliches Rahmenbit (=0)

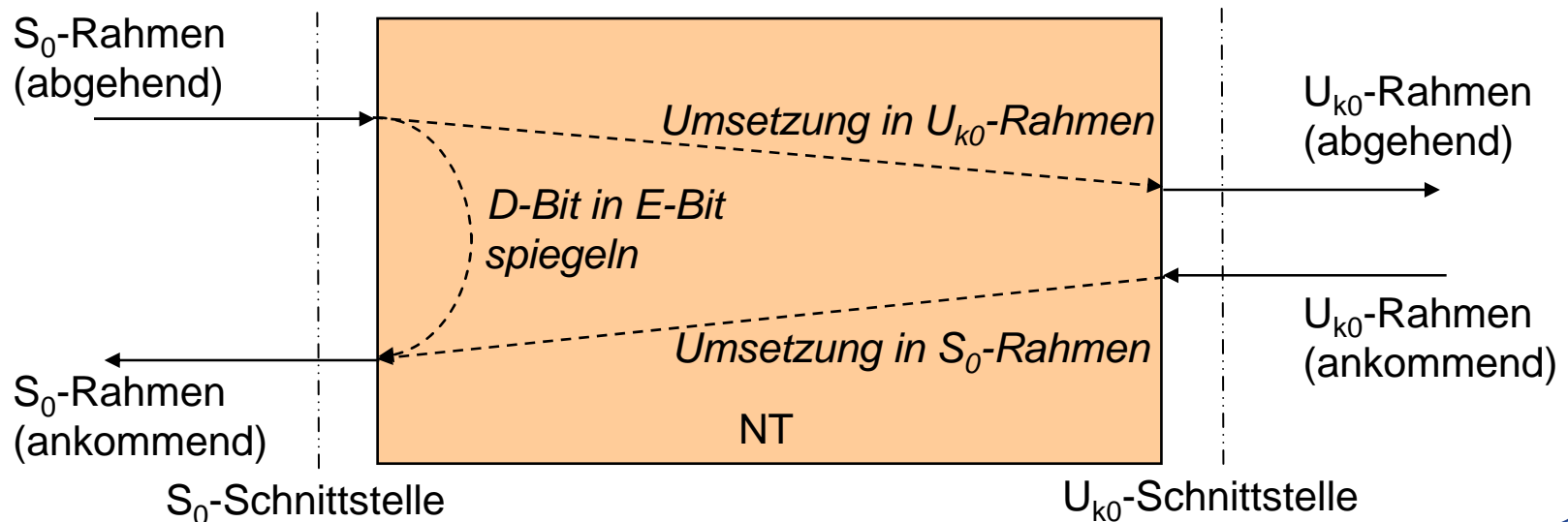
. = zwischen je 2 Punkten (.) ist der Rahmen gleichstromfrei
 L = Gleichstrom-Ausgleichsbit (positive Anzahl Pulse)
 N = F_A logisch negiert
 S = S-Bit für S-Kanal (Schleifentests)
 M = M-Bit für Mehrfachrahmen



- 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 $n_1=8$, $n_2=10$)

Beispiel Kollisionserkennung und -auflösung

- 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:

Ruhesignal:	
binäre Einsen	Begin-Flag
TE A: ... 1 1 1 1	<u>0 1 1 1 1 1 1 0</u> ...
TE B: ... 1 1 1 1	1 1 1 1 <u>0 1 1 1 1 1 1 0</u> ...
	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:

Ruhesignal:	
binäre Einsen	Begin-Flag
TE A: ... 1 1 1 1	<u>0 1 1 1 1 1 1 0</u> ...
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	<u>0 1 1 1 1 1 1 0</u> ...

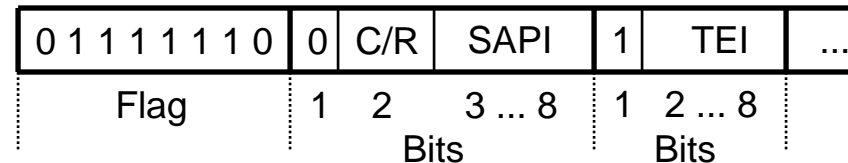
- TE B erkennt, dass eine gesendete 1 als 0 „zurückkommt“. Deshalb wartet B nun, bis wieder mindestens 8 Einsen im Echo-Bitstrom auftreten, und versucht es dann erneut.

- Problem

- Wenn beide TEs gleichzeitig das Begin-Flag senden, wird dort keine Kollision erkannt

- Lösung

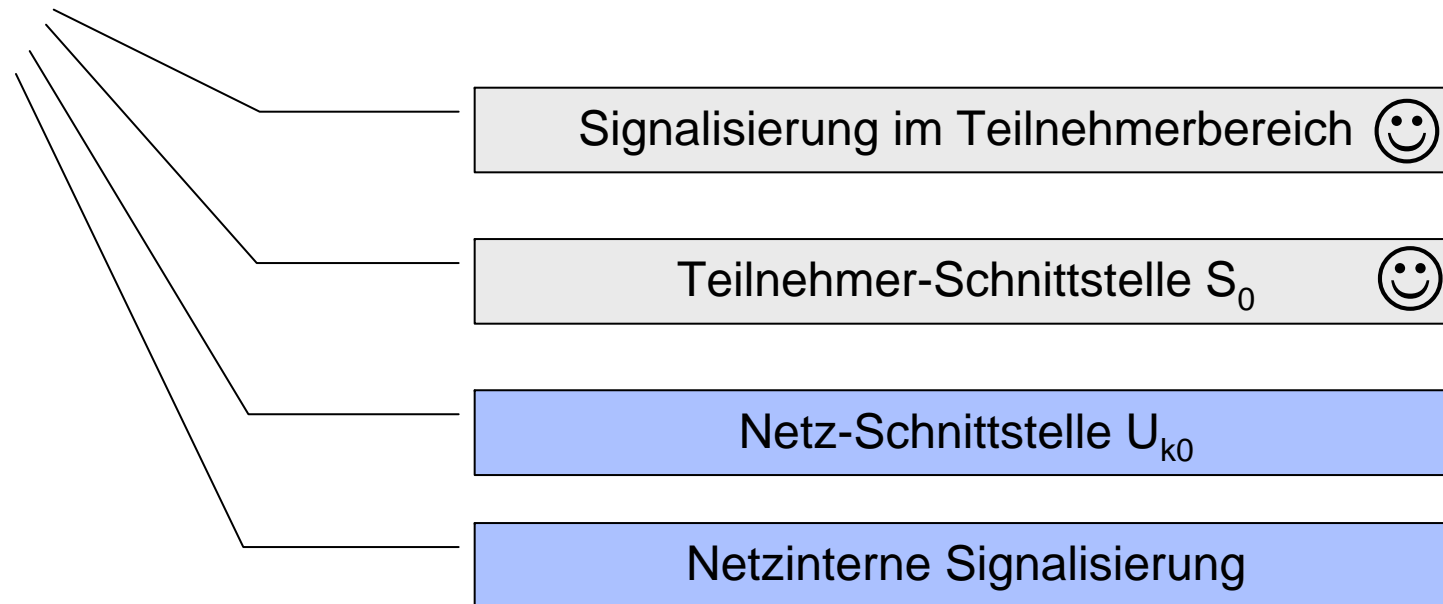
- Dann wird die Kollision später durch sich unterscheidende SAPIs oder TEIs erkannt. Betrachte dazu den Beginn eines LAP-D-Rahmens:



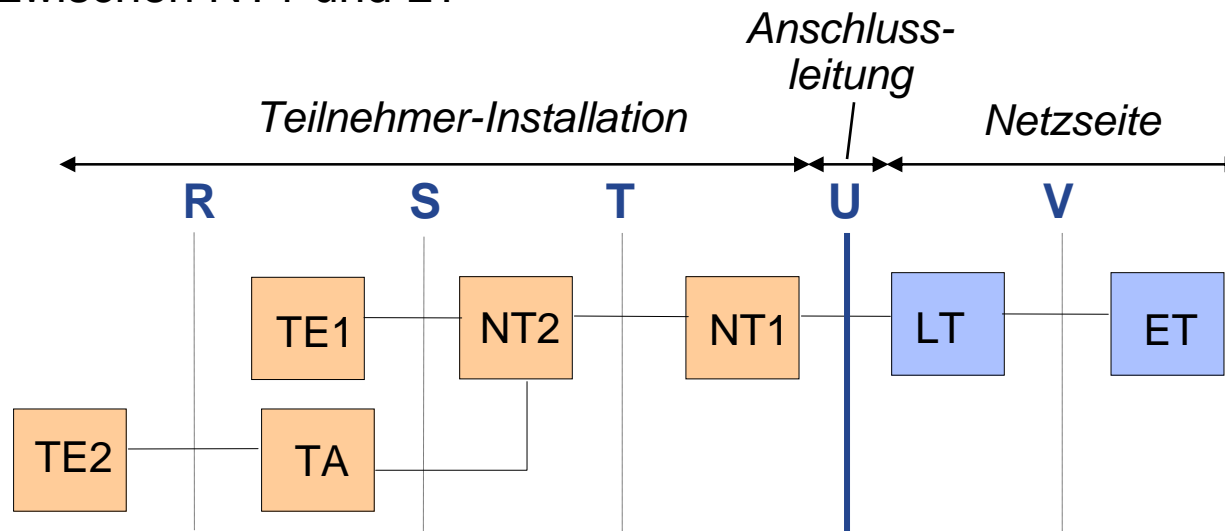
- Die SAPIs unterscheiden sich bei verschiedenen Rahmentypen (z.B. =0 für Zeichengabe, =63 Managementfunktion etc.). Die TEIs sind für alle am Bus angeschlossenen Geräte (TEs) unterschiedlich.
- Der gleichzeitige Zugriff klärt sich auf, sobald ein TE A eine 1 sendet und ein TE B eine 0. B merkt nichts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

- Frage
 - Wer sendet als nächstes, wenn ein Ende-Flag auftrat?
- Antwort
 - Aktives Endsysteem verringert seine Priorität
 - ▶ Z.B. warten auf $n=9$ statt $n=8$ Einsen im Echo-Kanal
 - Andere wartende Endsysteeme 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

- Charakteristika der Schicht 1 der Teilnehmer-Installation
 - Zeitmultiplex mehrerer Kanäle (u.a. B- und D-Kanäle) → S_0 -Rahmen
 - ▶ Rahmenerkennung durch Coderegolverletzungen
 - Konkurrierender Zugriff auf D-Kanal (Richtung TE → NT)
 - ▶ Echo-Kanal (Richtung NT → TE)
 - ▶ Medienzugriffsverfahren (à la CSMA/CD)
- Themenbereiche im „ISDN-Kapitel“



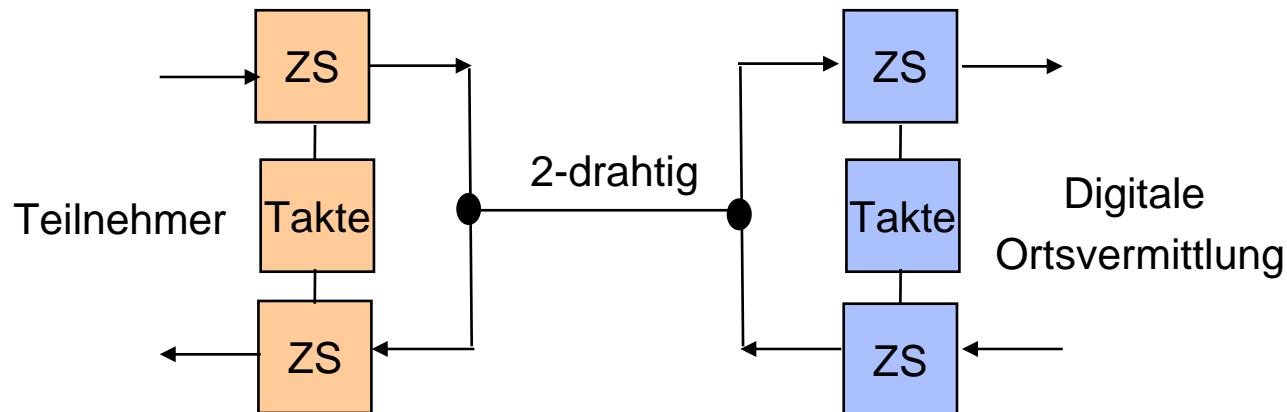
- Wiederholung: Aufbau des ISDN-Netzes
 - U_{k0} -Schnittstelle zwischen Teilnehmer-Installation und Ursprungsvermittlungsstelle
 - Zwischen NT1 und LT



- Charakteristika
 - Zweidraht-Übertragungsverfahren
 - Multiplexstruktur $\rightarrow U_{k0}$ -Rahmen

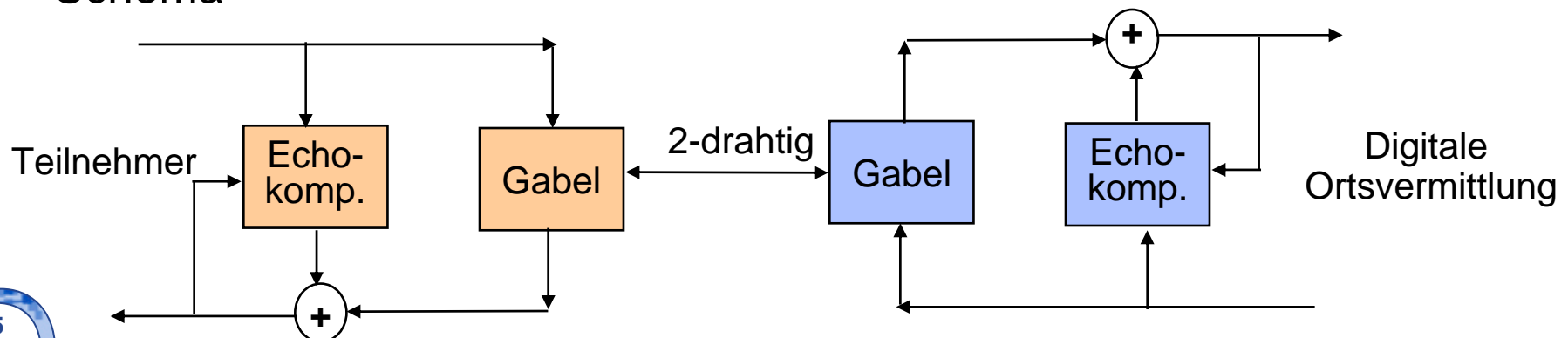
- Ziel
 - Wiederverwendung vorhandener Verkabelung für ISDN-Anschluss, d.h. Zweidraht-Kupferadern an der Anschlussleitung
 - ▶ Investitionssicherung
- Zu überbrückende Distanzen
 - ▶ bis zu 8 km (reicht für 99,5% aller Anschlüsse an öffentlichen Netzen aus)
- Eingesetzte Übertragungsverfahren
 - Zeitgetrenntlage-Verfahren
 - ▶ 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 ($2 * 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s}$)

- 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

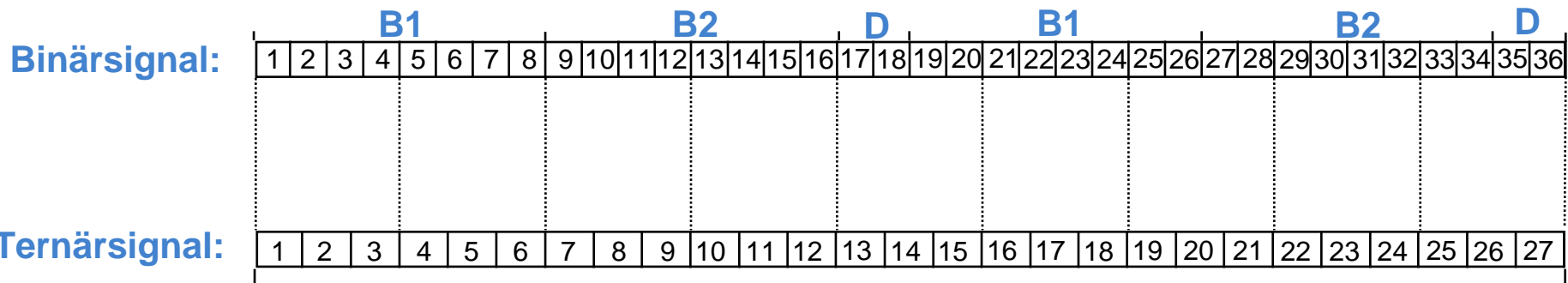
- Eigenschaften
 - Signale werden in der gleichen Frequenz- und Zeitlage übertragen
 - ▶ Gleichzeitiges Senden und Empfangen von Signalen
 - Entkopplung durch Gabelschaltung (wie Telefon, Anforderungen aber höher)
 - Dadurch höhere Reichweite als Zeitgetrenntlage-Verfahren
- Kernelement
 - Adaptive Filter
 - ▶ erzeugt aus dem Sendesignal ein Kompensationssignal
 - ▶ Kompensationssignal unterdrückt die über die Gabel eingespeisten Sendesignale und Echosignale
- Schema



- Eigenschaften an der U_{ko} -Schnittstelle
 - Duplexübertragung von 144 kbit/s ($2 \cdot B + D$) 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)



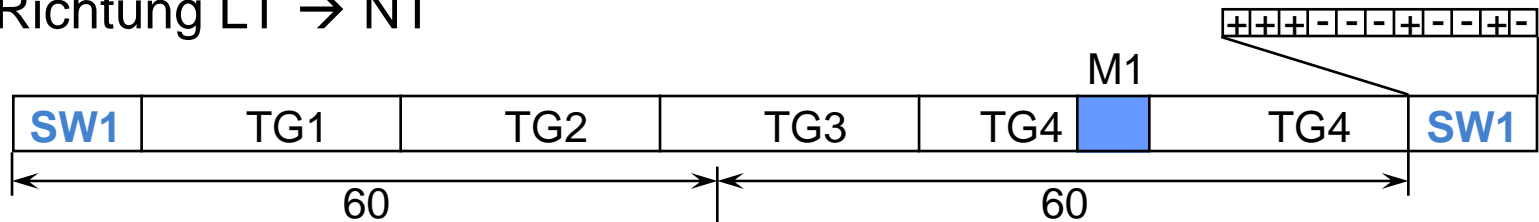
[s. Kapitel 6]



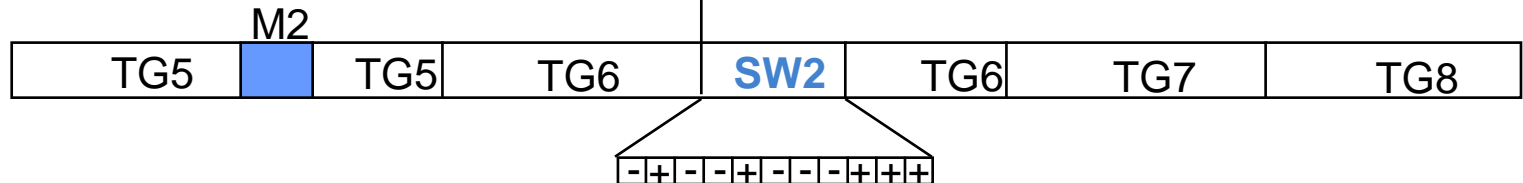
- Synchronisierwort (SW)
- Meldewort (M)

- Rahmenaufbau

- Richtung LT → NT



- Richtung NT → LT

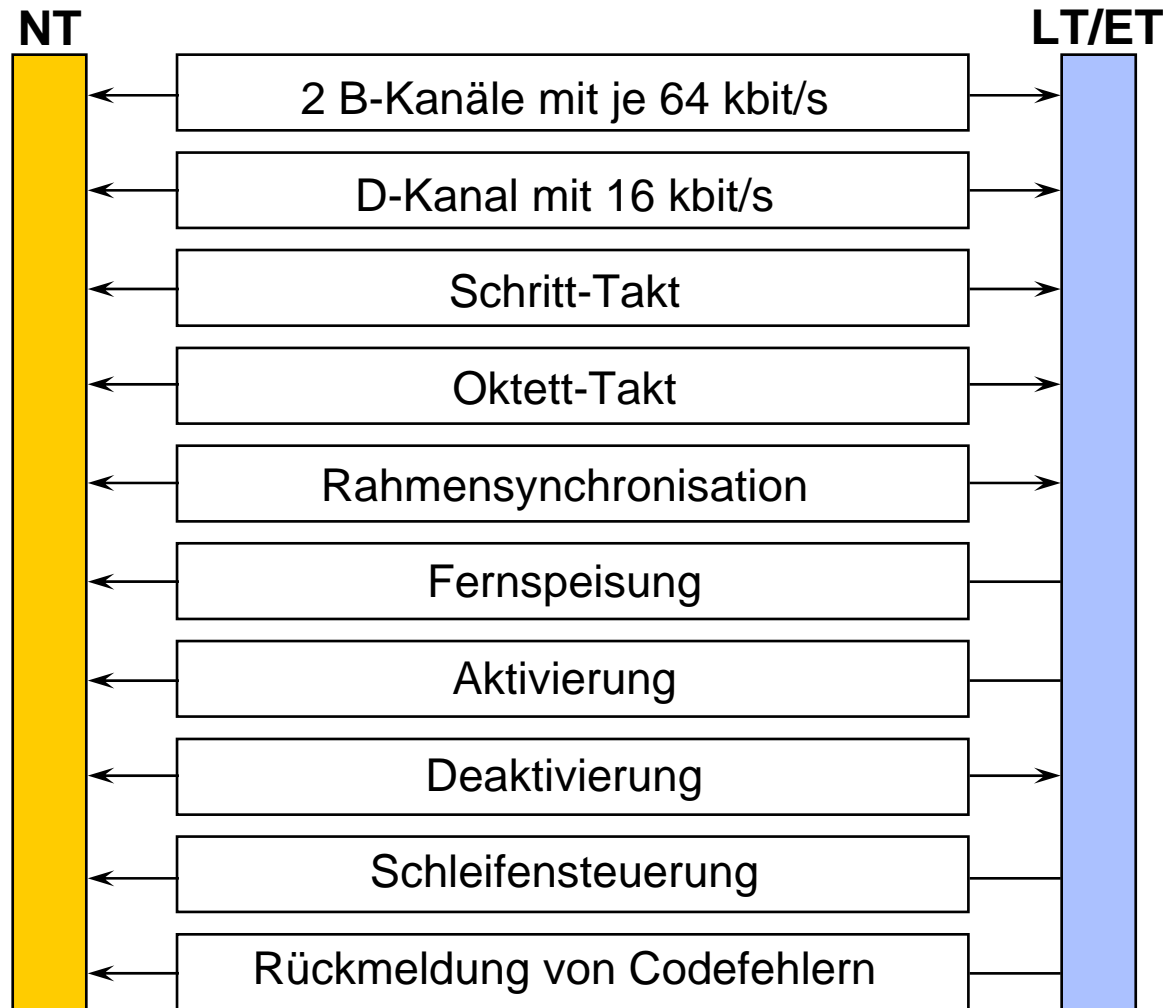


- Meldewort

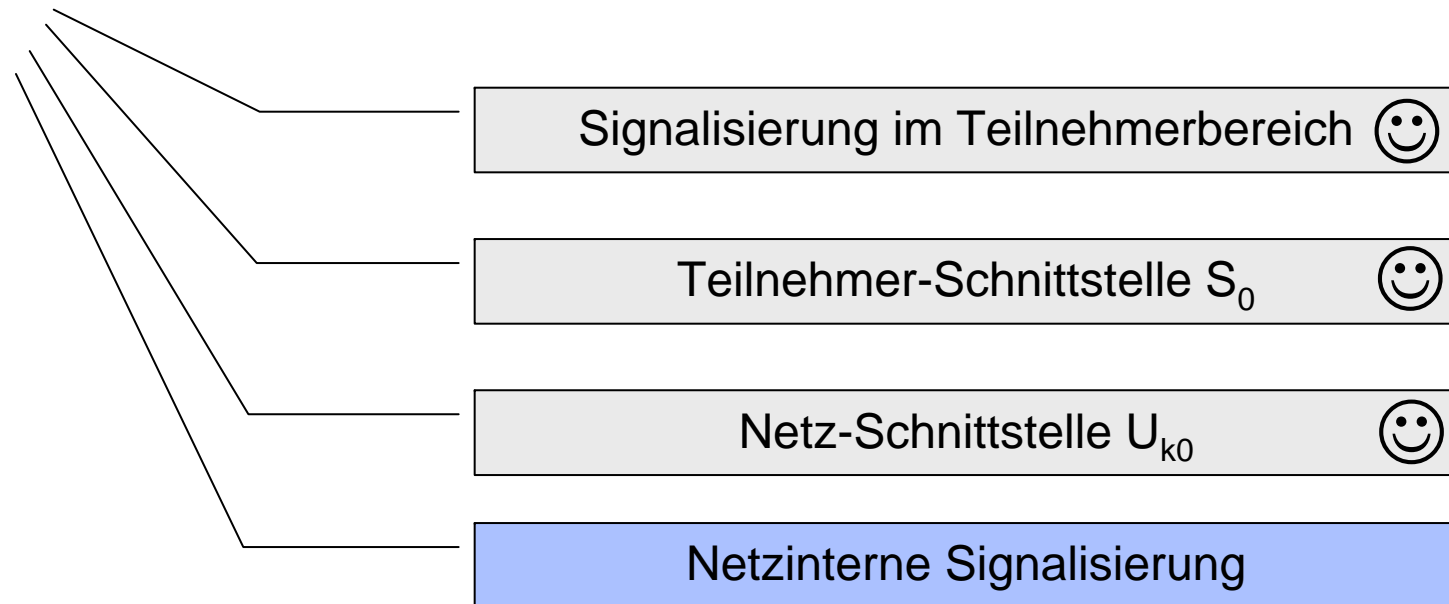
- M1: Kanal zum Schalten von Prüfschleifen
- M2: Melden von Rahmenfehlern

- Synchronisierwort (11stelliges Barker-Codewort)

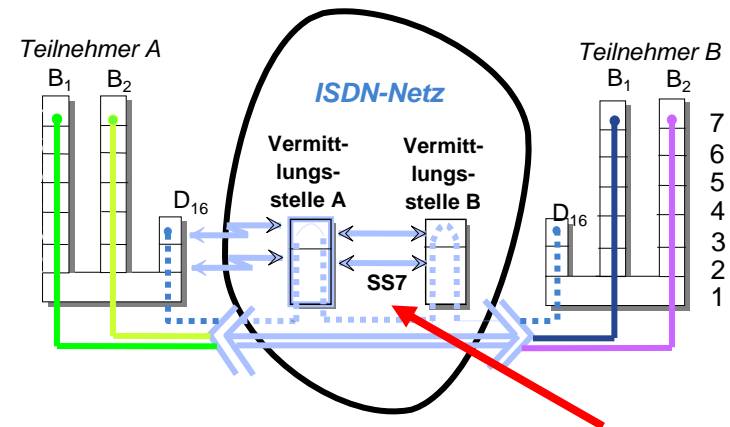
Funktionen der U_{k0} -Schnittstelle



- 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“



- 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



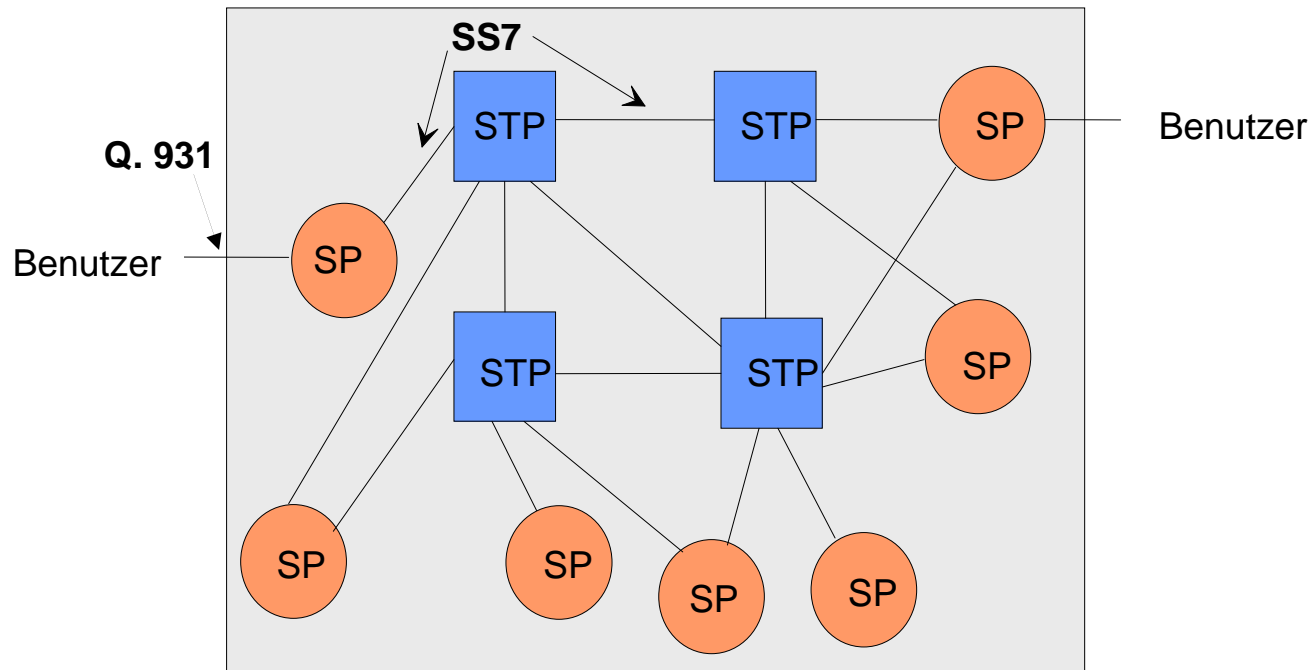


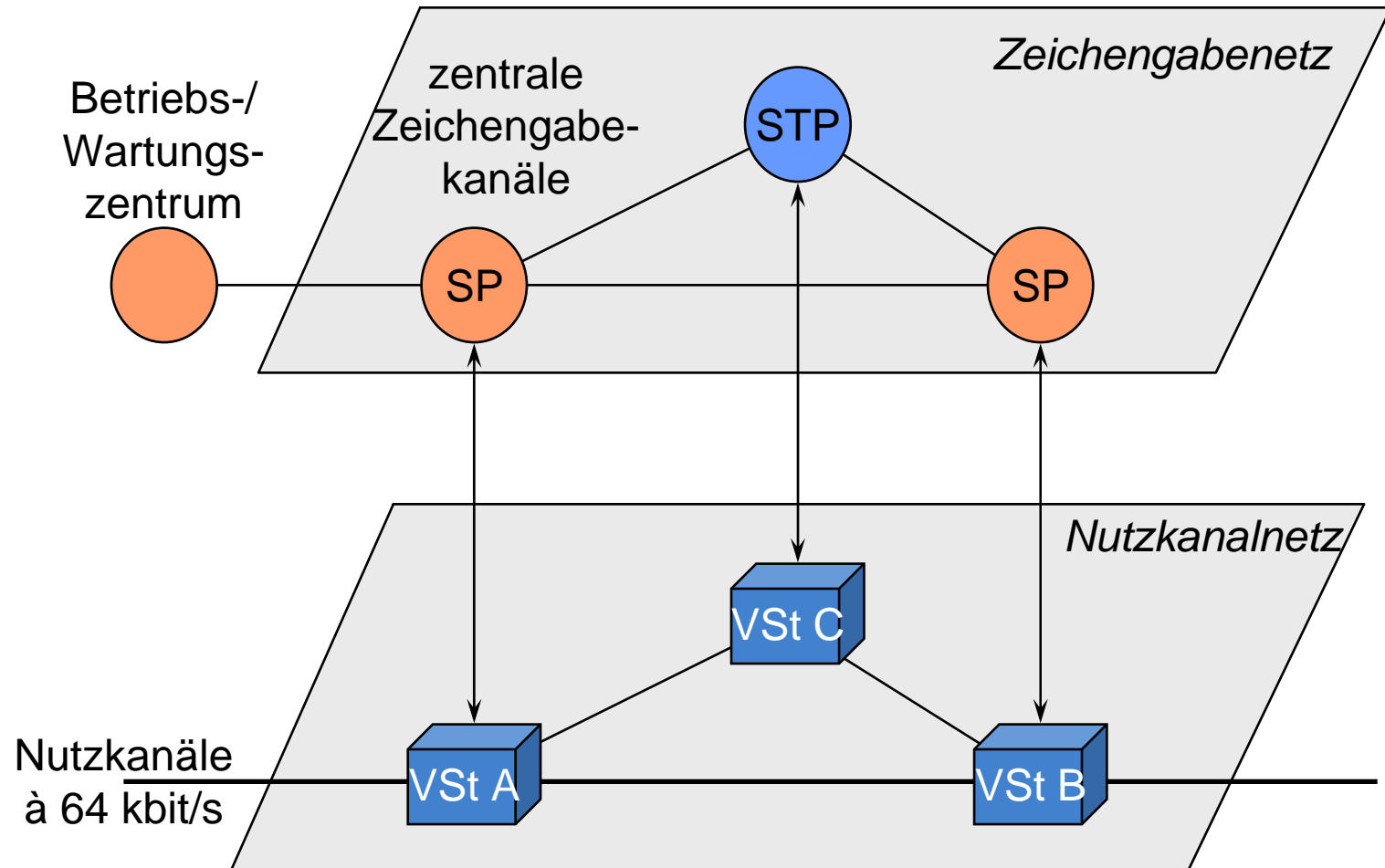
[Hals00]

- 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
 - paketerorientierte Signalisierung im Netz (nicht an der Nutzerschnittstelle, UNI – dort Q.931)
 - definiert Funktionen im paketerorientierten Netz, aber nicht deren Implementierung (z.B. als Zusatzfunktionen in den leitungsvermittelnden Knoten oder als separate „Switching Points“)



- 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



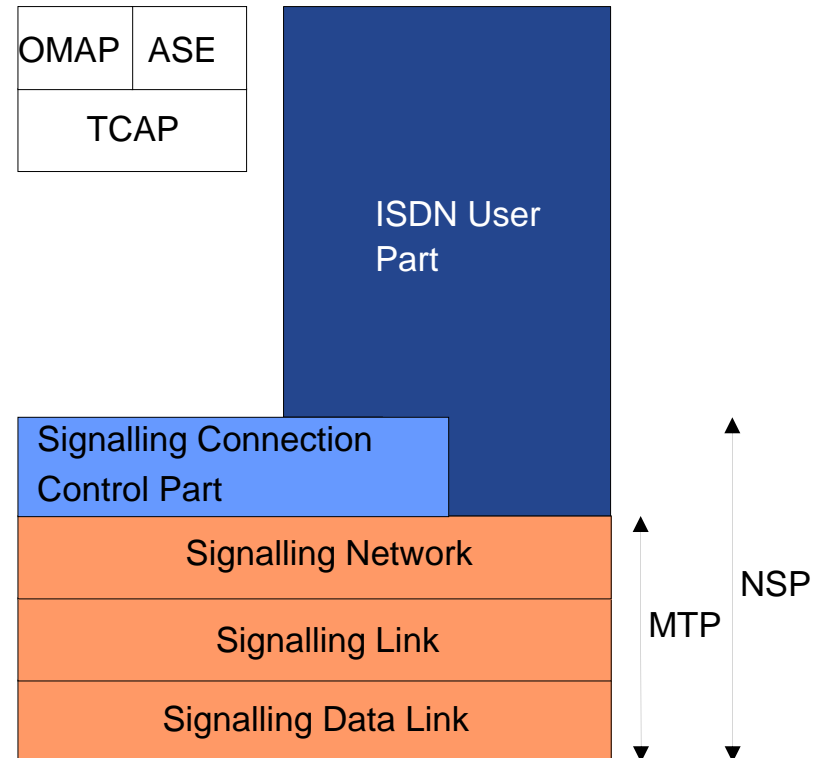


- Referenzmodell

OSI-Modell



SS7-Modell



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

- 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

- 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

- 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
 - ▶ ...

Erfolgreicher Verbindungsaufbau und -abbau

Anrufer

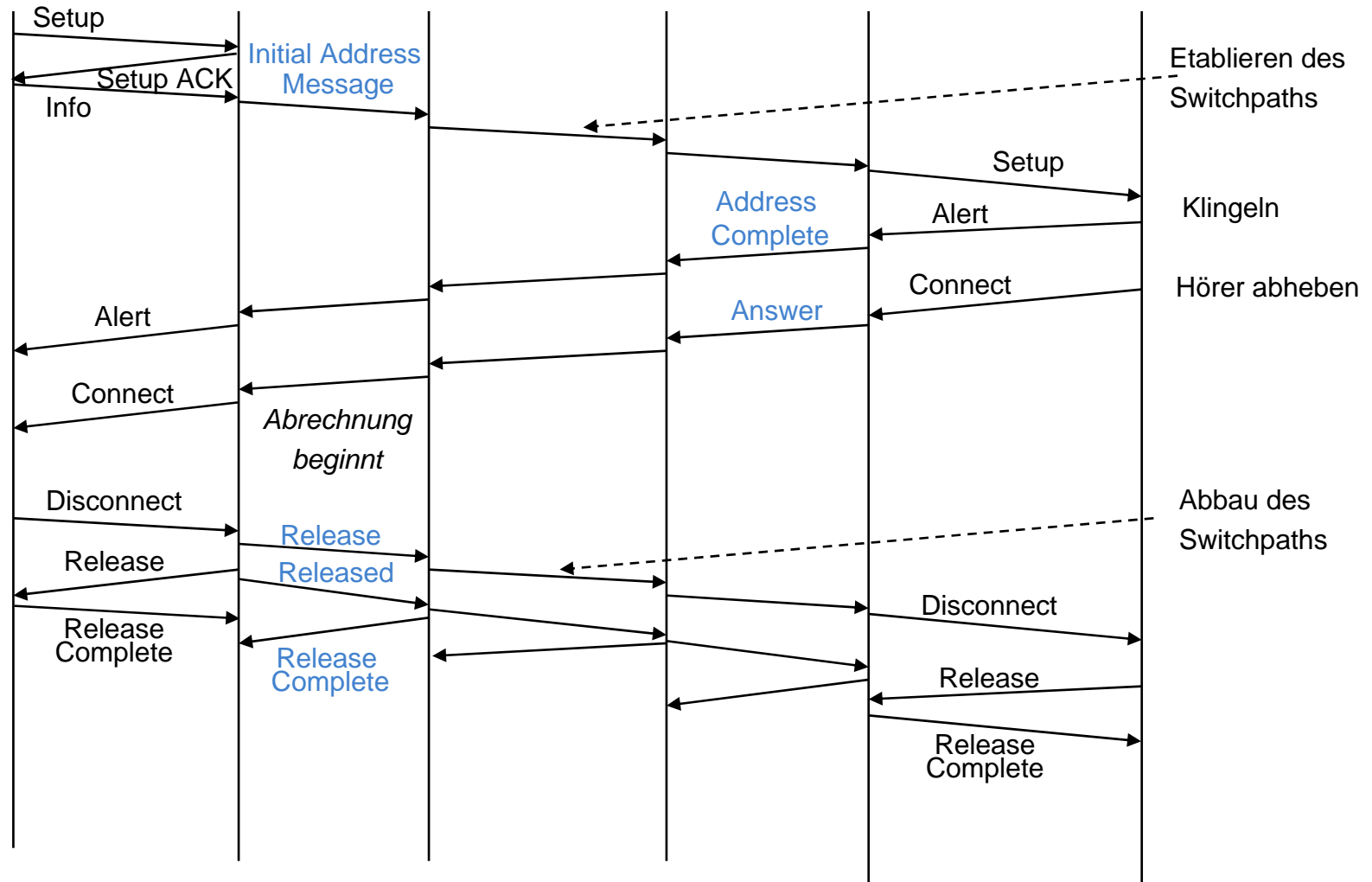
Erste VSt

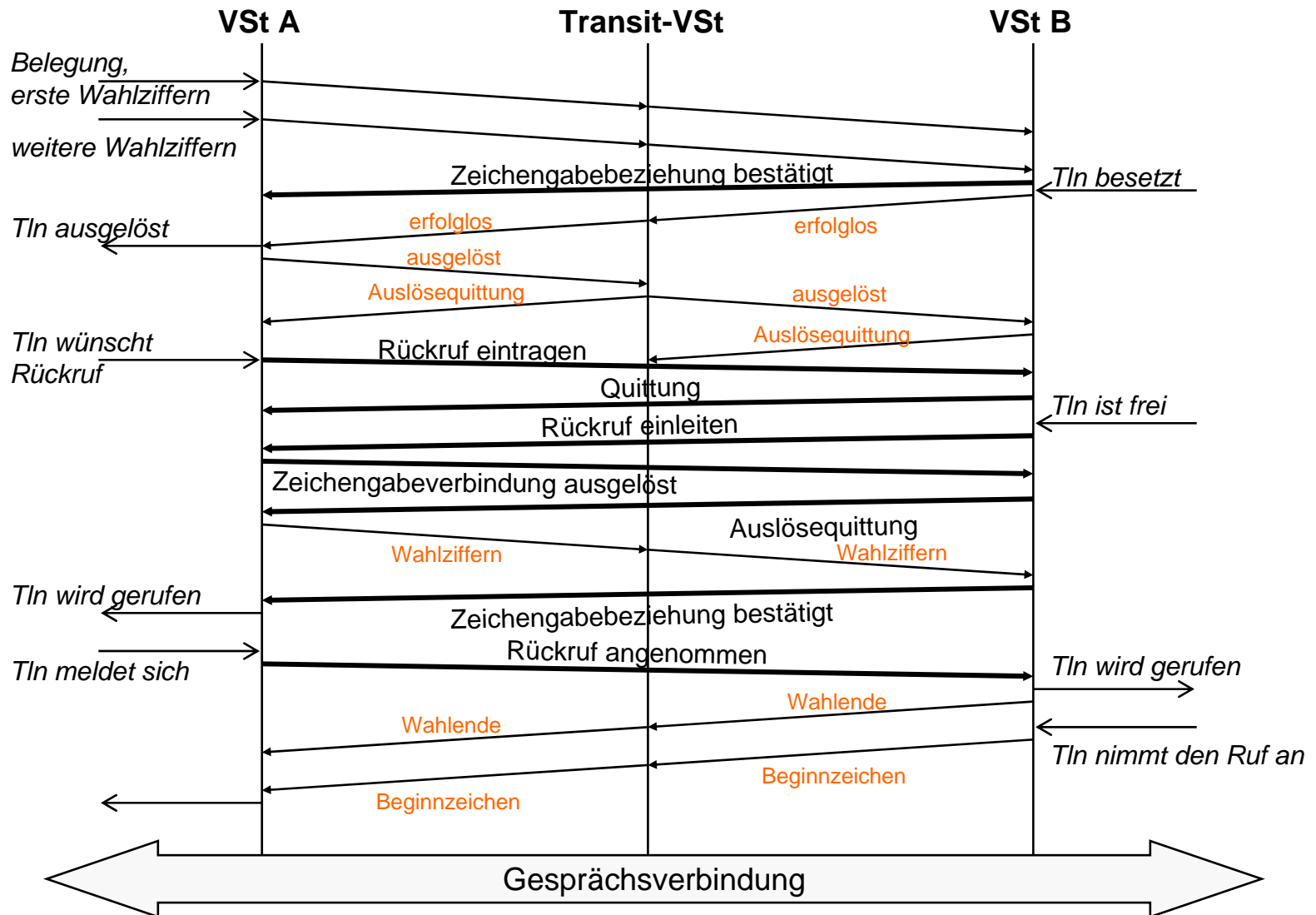
Transit VSt

Transit VSt


Letzte VSt



Angerufener








- 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

- Paketvermittelte Netze wurden schon früh für Sprachkommunikation in Betracht gezogen
 - Network Voice Protocol  [Cohe77]
 - ▶ 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

- 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]

- 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@sip.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

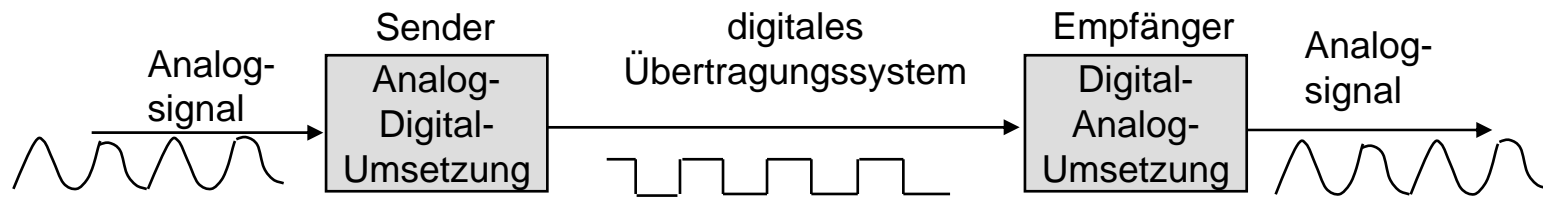
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, BYE, OPTIONS, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, MESSAGE

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 359

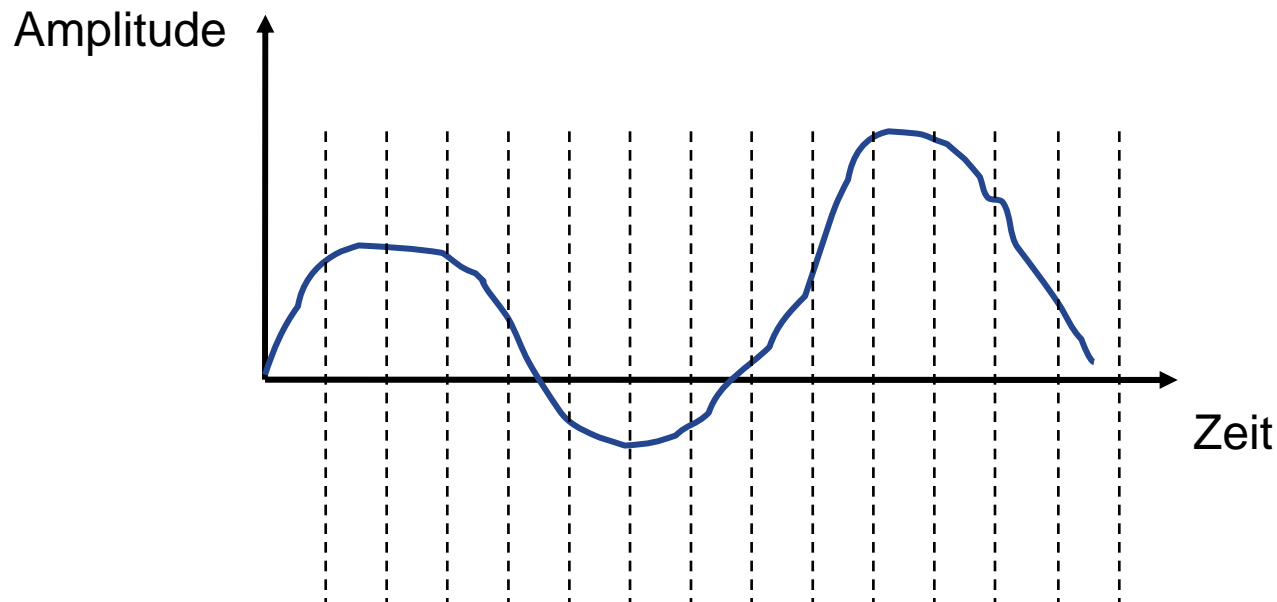
- Quality of Service
 - Paketvermittelte Netze bieten „nur“ Best Effort
 - ▶ Latenz und Paketverlust mindern die Sprachqualität
 - ▶ VoIP-Traffic wird daher von vielen Providern gesondert behandelt
 - NAT macht Terminierung von RTP-Strömen schwierig
 - ▶ Session Traversal Utilities for NAT (STUN)  [RoMW08]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

- 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**

- 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

- 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 bandbegrenztes Signal 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)

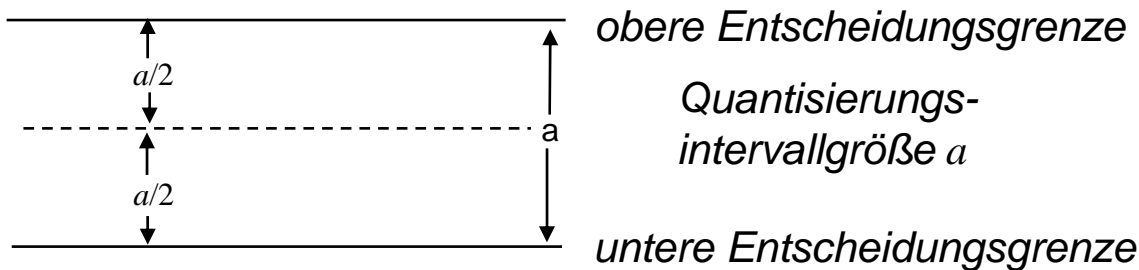
- Problem
 - Wie häufig muss ein analoges Signal periodisch abgetastet werden, um es verlustfrei in ein digitales Signal umzuwandeln?

- 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)

- 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

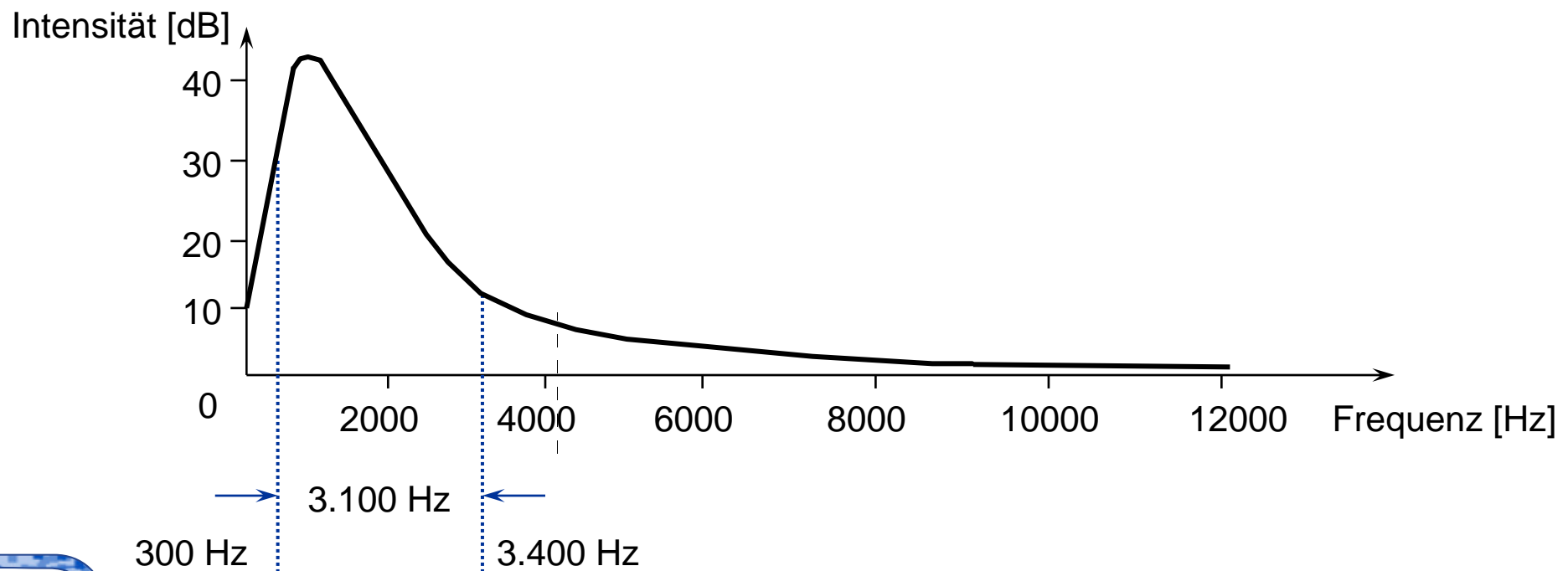


- ▶ Zuordnung eines einzigen diskreten Wertes zu allen zwischen $+a/2$ und $-a/2$ liegenden Werten einer Analogdarstellung
- ▶ Die Quantisierungsintervalle werden durch die Zuordnung eines im Prinzip frei wählbaren (Binär-) Codes gekennzeichnet und unterschieden (Codierung)
- ▶ Übertragung der diskreten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

- 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



- 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



- 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

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

- 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

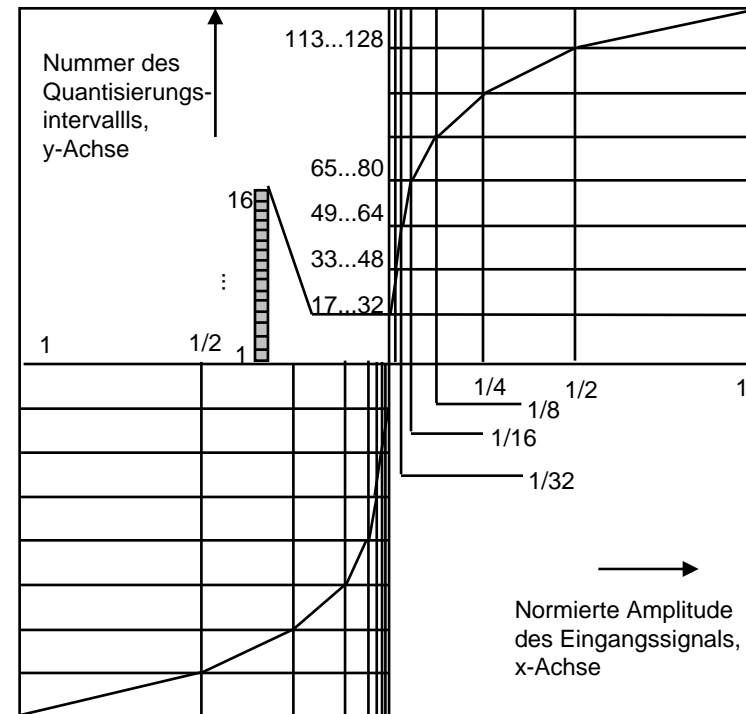
- in den USA 7 bit bei 8 kHz, d.h. 56 kbit/s

- Die Datenrate von 64 kbit/s spielt auch in neuartigen Kommunikationssystemen (noch) eine wesentliche Rolle

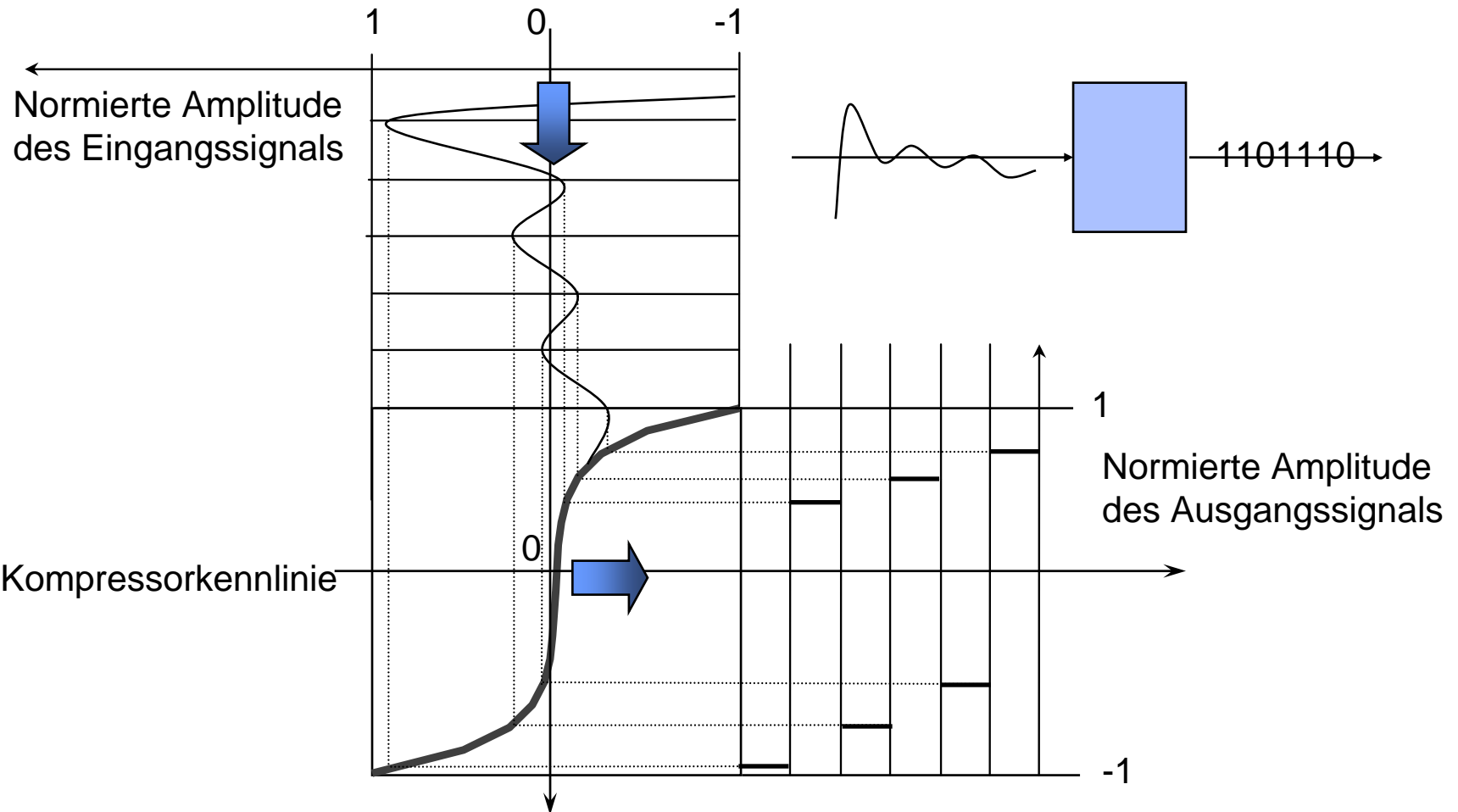
- Bei *gleichförmiger* Quantisierung sind alle Intervalle gleich groß und vom aktuellen Wert des Signals unabhängig
- Quantisierungsfehler machen sich bei gleichförmiger Quantisierung bei kleinen Signalwerten sehr stark bemerkbar (Quantisierungsrauschen)
 - Menschliche Sinnesorgane reagieren auf Energie. 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 Kompondierungskennlinien werden logarithmische Kennlinien verwendet, die schaltungstechnisch durch lineare Teilstücke approximiert werden

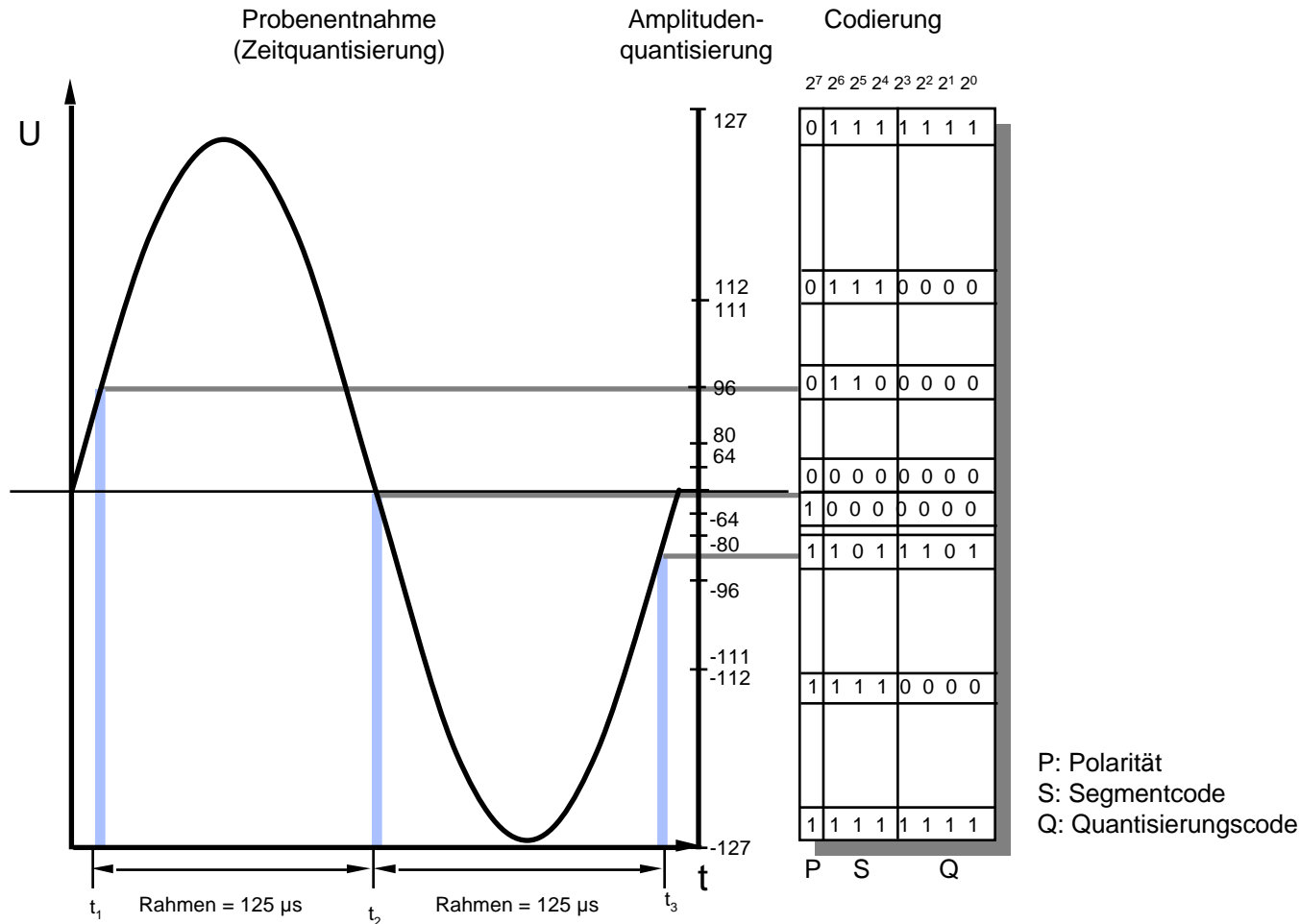
- 13 Segment-Kompandierungskennlinie, ITU-Standard G.711
 - wird in Deutschland für PCM-Codierung verwendet

 [ITUT88]



- in Nordamerika und Japan wird μ -Kompandierungskennlinie (μ -Law) eingesetzt (AT&T-Norm). Verwendet 15 Segmente.
- Eine Konvertierung zwischen beiden Systemen ist für Audio-Daten erforderlich





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

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



$$\triangleright p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{j2\pi f_s t} \longrightarrow x_s(t) = x(t)p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n x(t) e^{j2\pi f_s t}$$

- Fouriertransformierte von $x_s(t)$

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

- Einsetzen von $x_s(t)$

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

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

- Aus der Definition der Fouriertransformierten
 - Wobei $X(f)$ die Fouriertransformierte von $x(t)$ ist

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

- Durch Einsetzen in die obige Gleichung ergibt sich

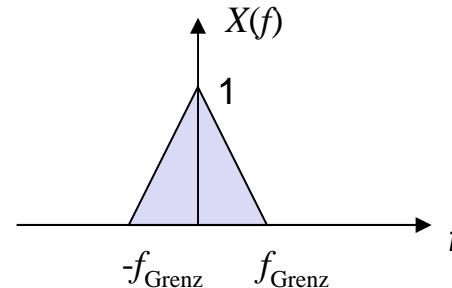
$$X_s(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n X(f - nf_s)$$

- Interpretation der letzten Gleichung

- Annahme: Bandbreite von $x(t)$ ist im Bereich von 0 bis f_{Grenz}

- Spektrum von $x(t)$

- ▶ Bandbegrenztes Spektrum

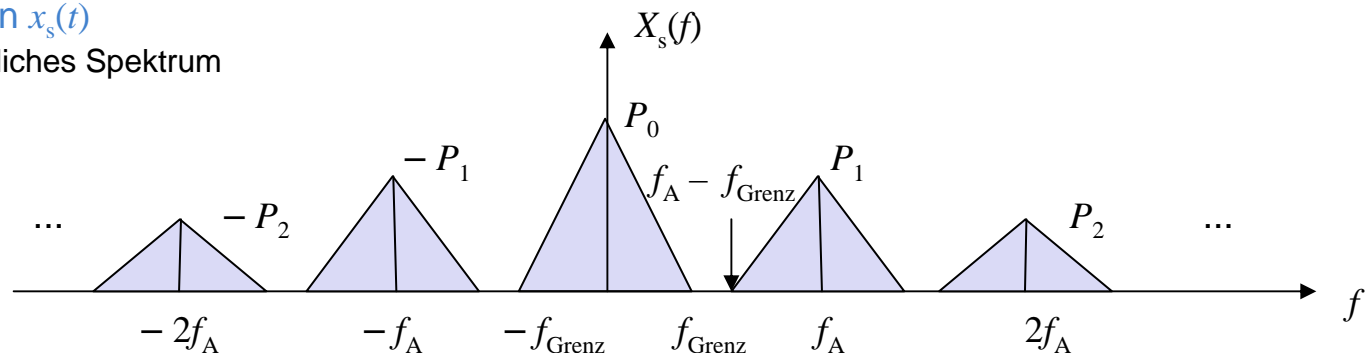


- Das Spektrum von $x_s(t)$ setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Zum einen dem Spektrum von $x(t)$; zum Anderen dem zu den entsprechenden Harmonischen der Abtastfrequenz übersetzten Spektrum von $x(t)$. Dabei wird das jeweilige Spektrum mit dem entsprechenden Koeffizienten der Fourier-Reihe von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

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

- Spektrum von $x_s(t)$

- ▶ Unendliches Spektrum

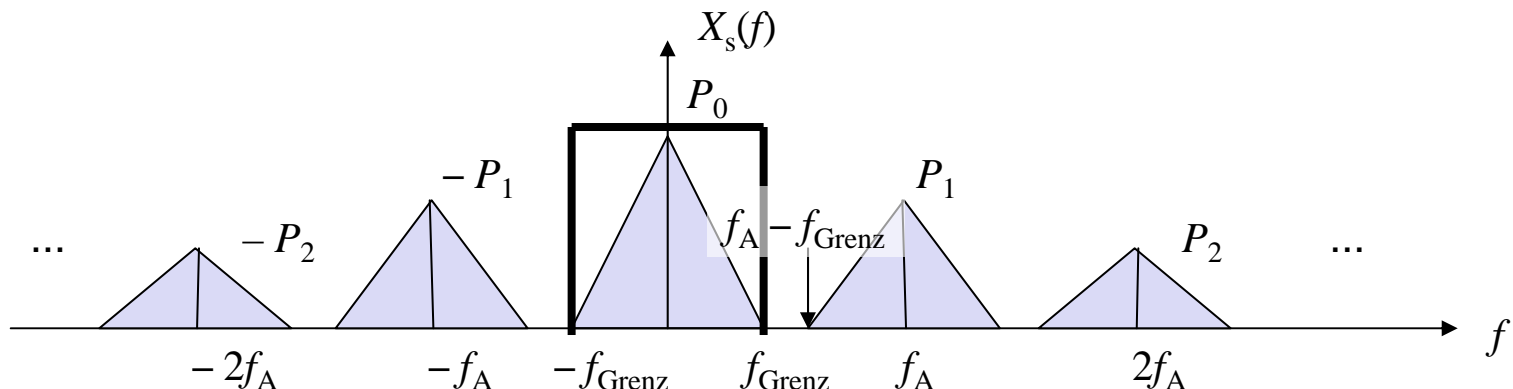


- Für $f_A > 2f_{\text{Grenz}}$ ergibt sich bei den Harmonischen keine Überlappung
- $X_s(f) = P_0 X(f)$
- Das Spektrum von $x(t)$ kann z.B. durch die Verwendung eines Tiefpassfilters

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

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

wieder gewonnen werden



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
- [ITUT88] 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

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

- 1) Was muss bei Gesprächen z.B. zwischen Deutschland und USA bzgl. der digitalisierten Sprachdaten beachtet werden?
- 2) 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?
- 3) 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?
- 4) Unter welchen (sehr seltenen) Umständen wird bei einer Mehrgerätekonfiguration ein Zugriffskonflikt im D-Kanal nicht erkannt?
Hinweis: betrachten Sie die TEI-Vergabeprozedur!