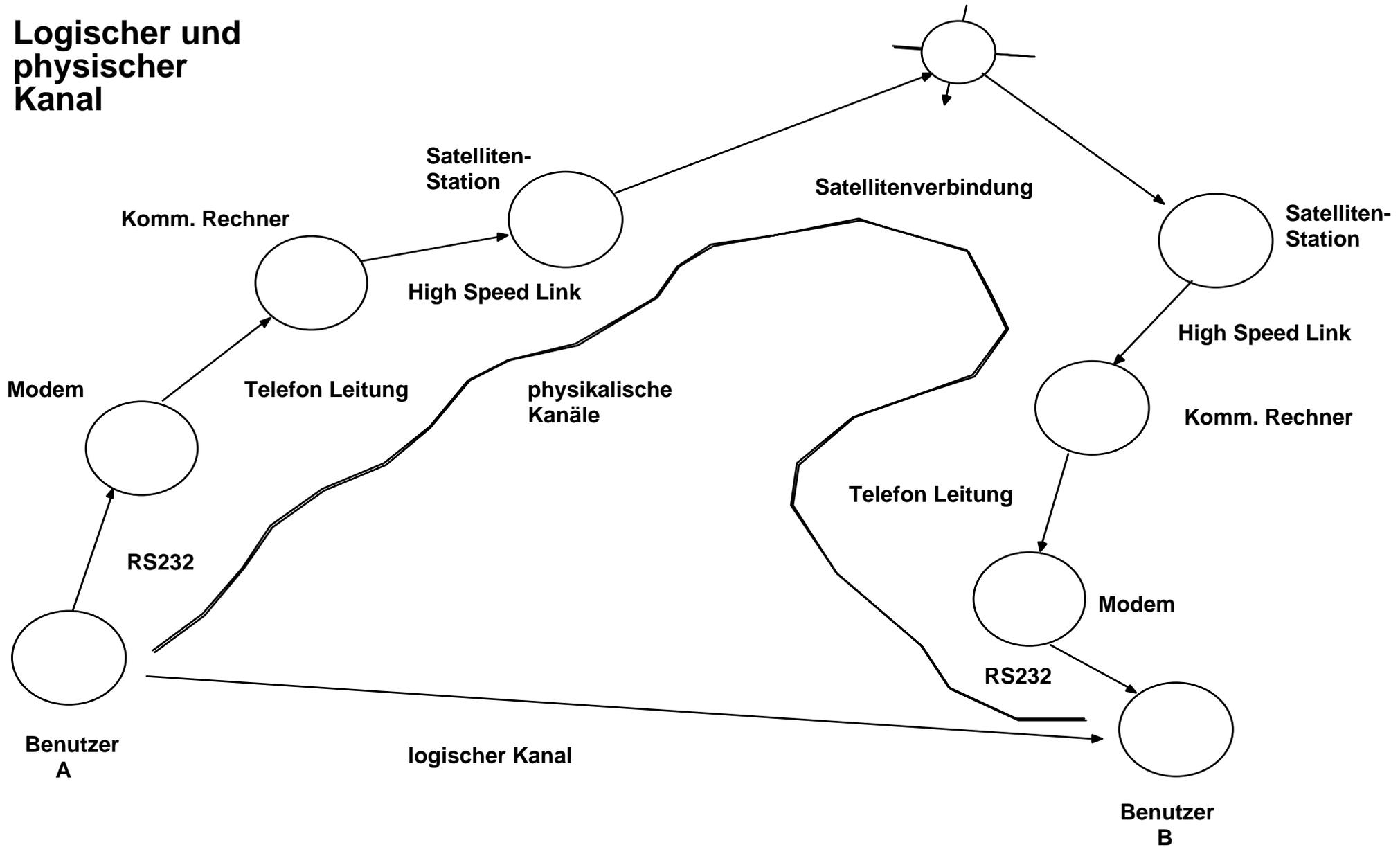


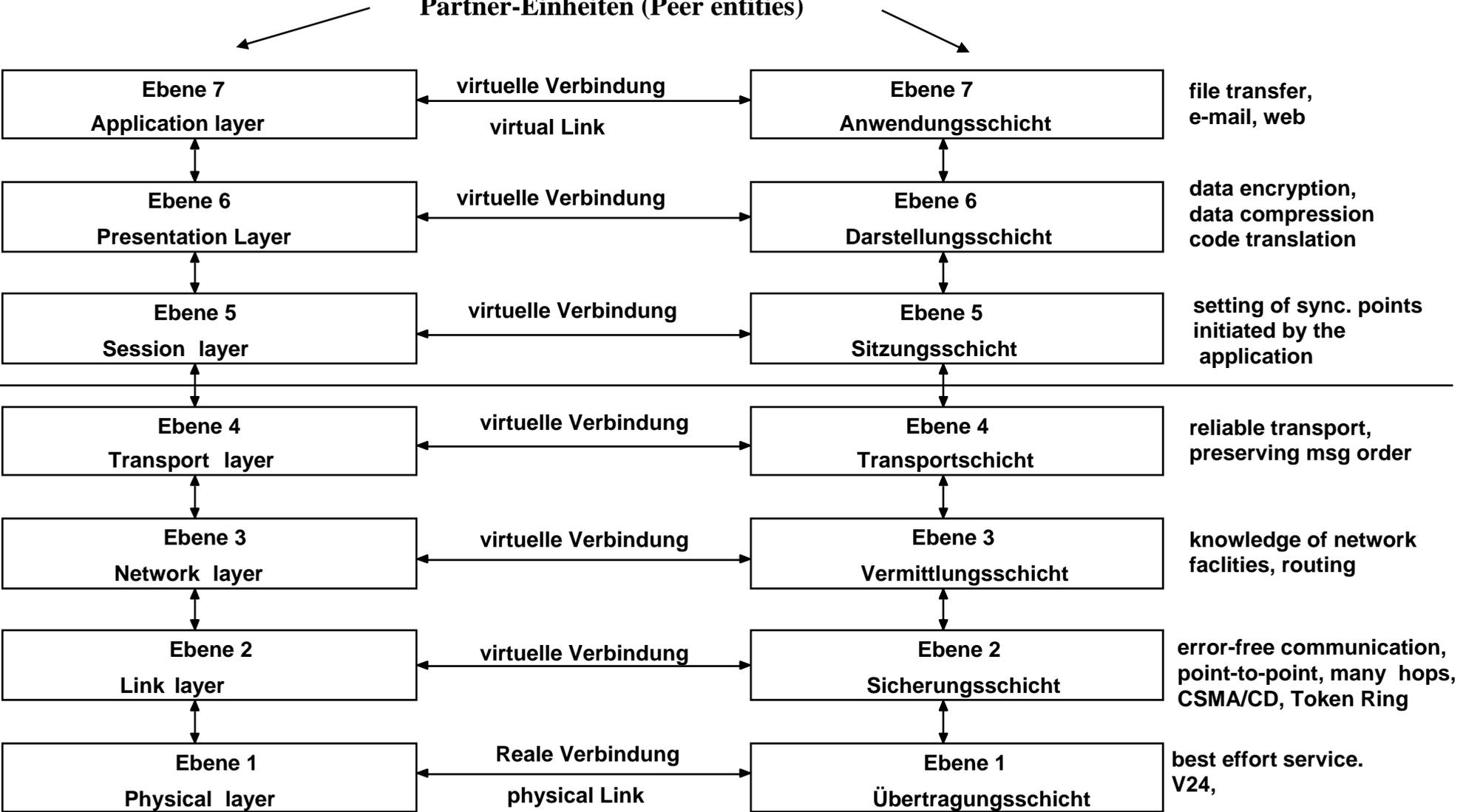
Die physische Übertragungsschicht

Logischer und physischer Kanal



ISO / OSI
ISO: International Standard Organization
OSI: Open System Interconnection

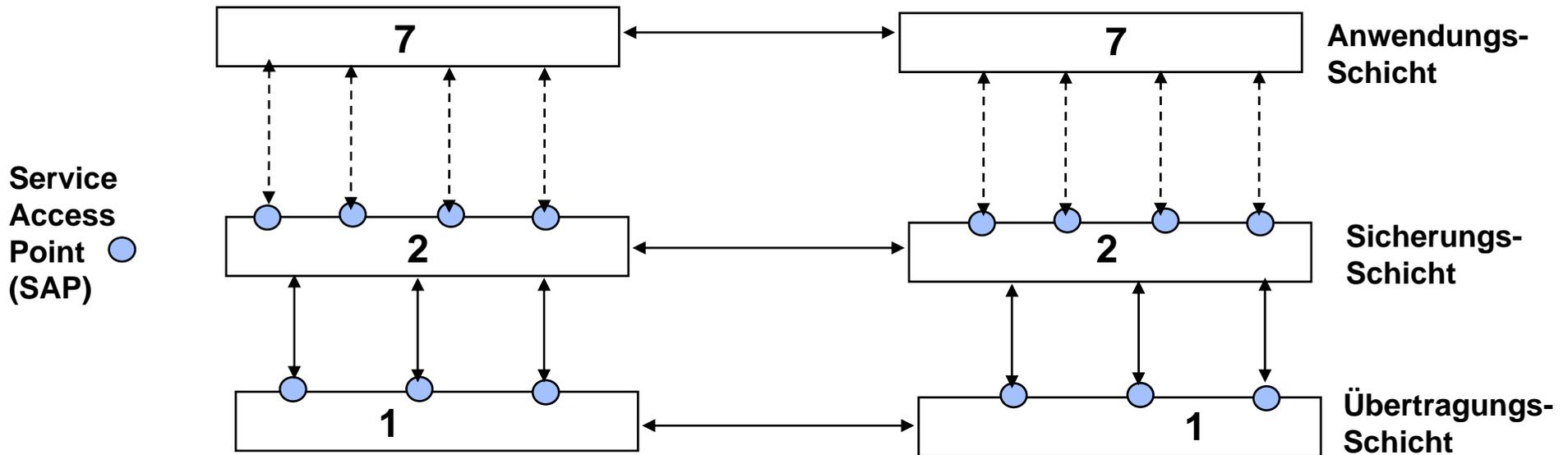
Partner-Einheiten (Peer entities)



Anwendungsorientiert

Netzwerkorientiert

Schichtenmodell für RT-Kommunikationssysteme im Feldbereich



Voraussetzung: Homogenes, geschlossenes System

- Nicht alle Ebenen notwendig (Beispiele: Wegsuche (Routing) oder Verbindungsaufbau über mehrere Teilnetze hinweg)
- Leere Schichten im OSI-Modell
- Höhere Schichten greifen direkt auf SAPs der niederen Schichten zurück

- Erhöhung der Effizienz
- Direkte Abbildung von Schicht 7 auf Schicht 2
- Funktionalität anderer Schichten muß neu festgelegt und verteilt werden (z.B. Codierung Schicht 6 muß in einer anderen Schicht realisiert werden).

Die Übertragungsschicht (Physical Layer)

- **Asynchrone serielle Übertragung** (Synchr. / Zeichen)
- **Synchrone serielle Übertragung** (Bitsynchronisation)

- **Bitcodierung:**
 - NRZ
 - Manchester Code
 - MFM

- **Modulation und Datenübertragung:**
 - **Basisband** Beisp.: Morsetel. / Ethernet
 - **Bandpaß (Breitband)** Beisp.: Radio, TV, Kabel-TV, Modem
- Modulationsarten: AM, FM

- **Übertragungsmedien:**
 - **Glasfaser** (Multi-Mode, Single-Mode)
 - **Kupferkabel** (Twisted Pair, Koaxial)
 - **Radio** (Frequenztafel)
 - **Satellitenverbindung** (Geostationär, umlaufend)

Eigenschaften von Kommunikationsnetzen

Begrenzende Faktoren:

- **Transferrate, (Übertragungskapazität, Bandbreite)**
- **Verzögerung (Latency)**

Transferrate:

Morsetelegraph: < 100Bit/sek

Telegraphie: < 150 Bit/sek

Telefon: ca. 50Kbit /sek

Serielle RS232: ~ 100Kbit/sek

Feldbusse: wenige Kbit/sek ... ~ 1Mbit/sek

Ethernet: 10-1000Mbit/sek

Hochleistungsglasfaser: mehrere Gbit/sek

**Verzögerung: Satellitenverbindung (2 x 35700 km): ~ 240 ms,
Transatlantikkabel (ca. 6.000 km): ~ 20 ms**

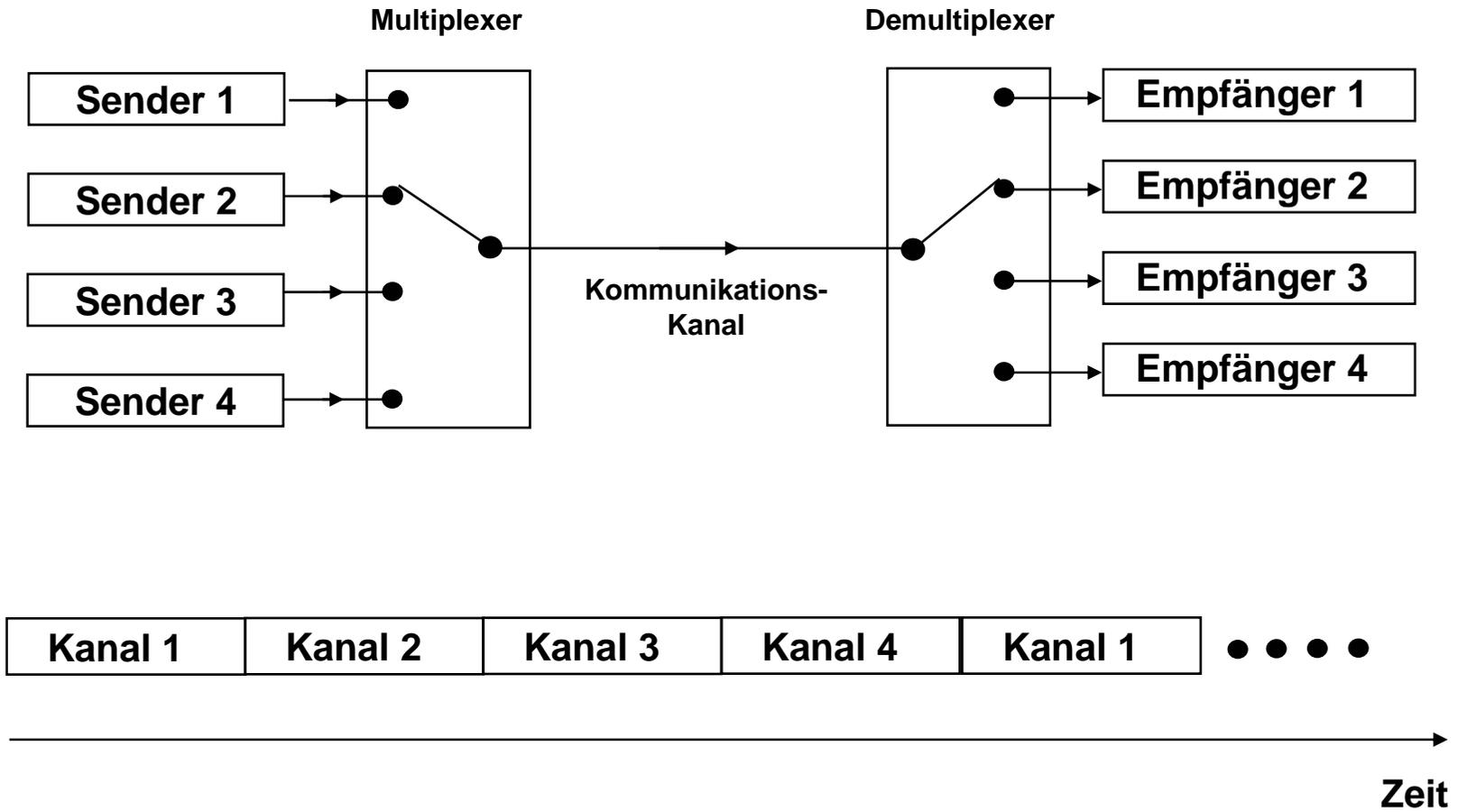
**Topologie: Anforderungen werden aus der Anwendung hergeleitet.
Anzahl der Teilnehmer, Punkt-zu-Punkt, Broadcast.**

Optimierung: Prinzip der Lokalität ,

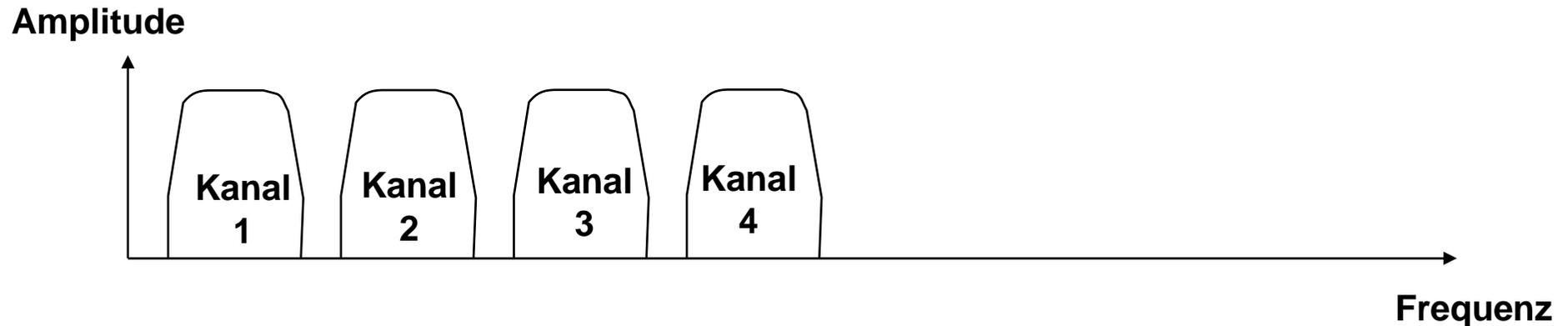
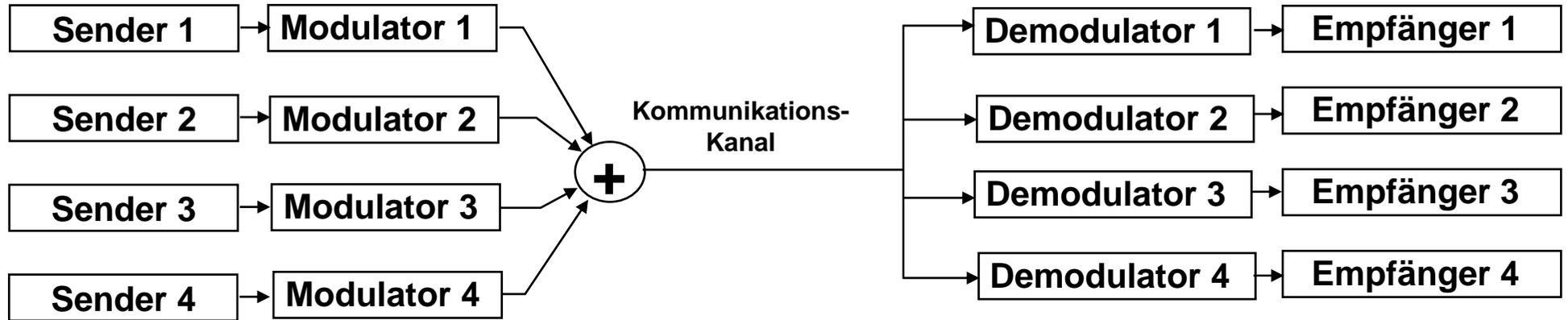
Problem: Routing,

Struktur: Vollständig vernetzt, Bus, Ring, Baum, Stern, Gitter

Zeitschlitz-Multiplexing (Time-Division multiplexing)



Frequenzband Multiplexing (frequency-division multiplexing)



Wieviel Information kann man über ein Medium übertragen?

Begrenzende Faktoren:

—→ **Bandbreite des Kanals**

—→ **Störungen**

—→ **Die Bandbreite begrenzt die Schaltfrequenz mit der man von einem zum anderen Signalpegel umschalten kann.**

—→ **Die Störungen begrenzen die Anzahl der unterscheidbaren Signalpegel.**

Dämpfung der
relativen
Amplitude
(in dB)



Übertragungskapazität: (Shannon)

$$C = B \cdot \log_2 (P_s + P_n) / P_n = B \cdot \log_2 (1 + P_s / P_n)$$

C : Kanalkapazität (gemessen in in Bit/sek (bps))

P_s : Signalleistung (gemessen in μ W, mW, W)

P_n : Störleistung (gemessen in μ W, mW, W)

B: Bandbreite

P_s / P_n : Störabstand (dB) = $20 \cdot \log_{10} (P_s/P_n)$

Beisp.

Telefon: Bandbreite 3000Hz, Störabstand 60 dB
(entspricht einem Verhältnis von 1/1000)

$$C = 3000 \cdot \log_2 (1+1000) = 3000 \cdot 9,97 = 29900 \text{ Bit/sek (bps)}$$

Bps und BAUD

Bps (Bit/sek) definiert die Bitrate

BAUD definiert die Anzahl der Pegeländerungen

Bit/sec wird durch die Kanalkapazität begrenzt !

BAUD wird durch die Bandbreite begrenzt !

Ansätze zur Erhöhung der bps-Rate bei gegebener BAUD-Rate des Kanals:

- **viele unterscheidbare Signalpegel**
- **Codierung mit möglichst wenigen Übergängen**

Möglichkeiten der Codierung (Basisband)

**Pegel
Pulsbreite
Übergänge**

Bitcodierung:

NRZ	(Non-Return-To-Zero)
Manchester	
MFM	(Modified-Frequency-Modulation)

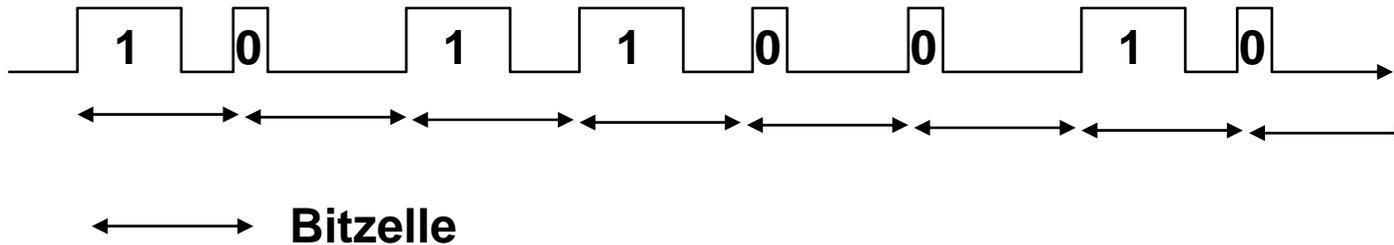
Probleme:

**Synchronisation
Anzahl der Flußwechsel
Konstante/variable Paketlänge**

Ein (schlechtes) Beispiel

RZ: (Always) Return to Zero (PWM)

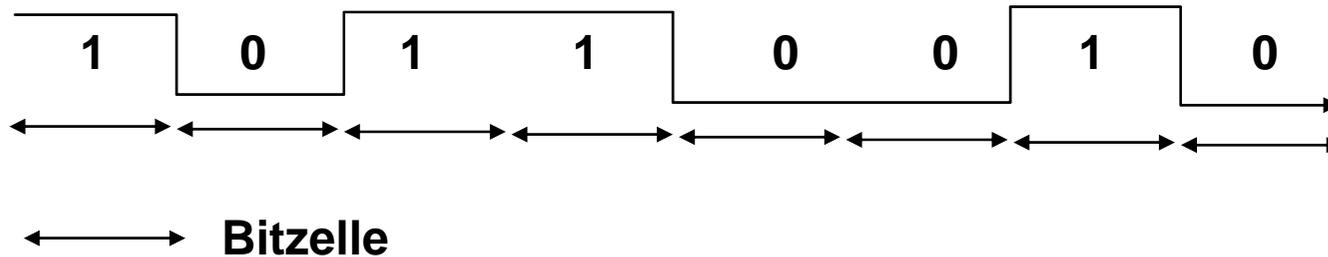
Beisp.: 1011 0010



NRZ Codes

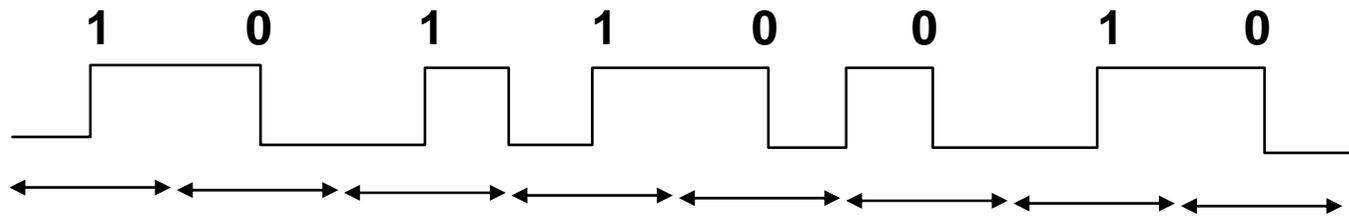
NRZ: Non Return to Zero

Beisp.: 1011 0010

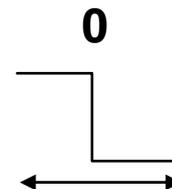
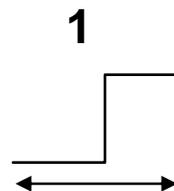


Manchester Codierung

Beisp.: 1011 0010

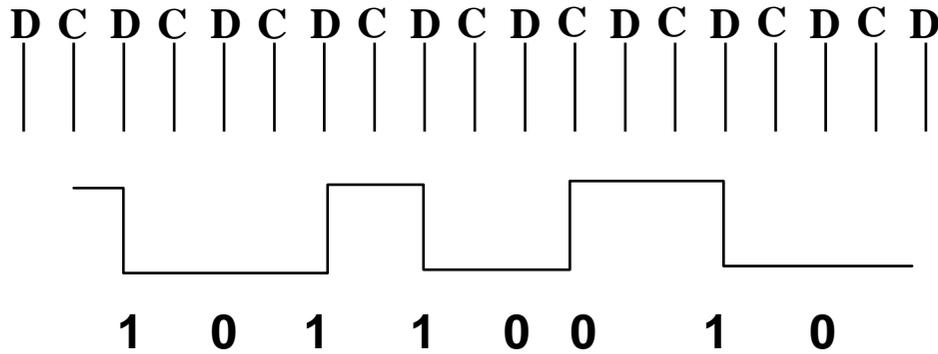


Bitzelle

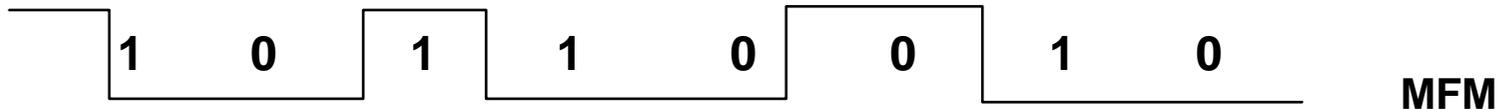
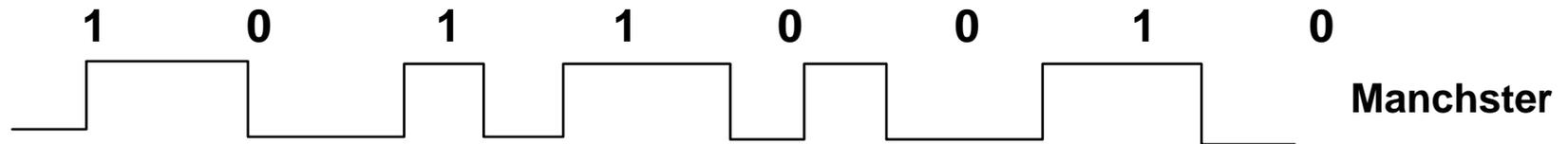
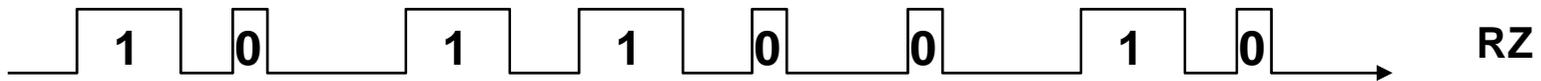


MFM (Modified Frequency Modulation) Codierung

Beisp.: 1011 0010



Vergleich der Codierungen



Vergleich der Codierungen

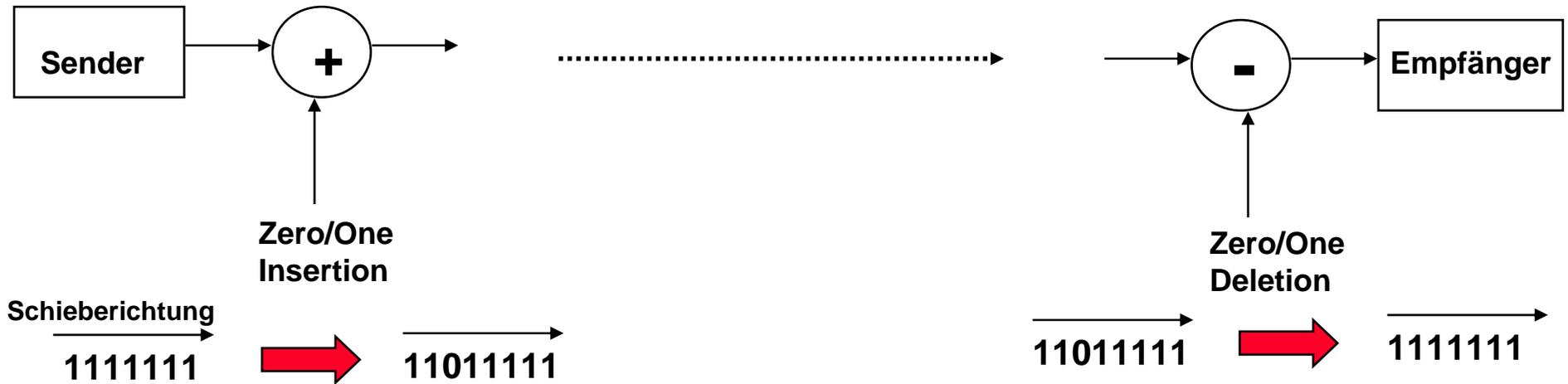
Typ	Synchronisierung	Übergänge/Bit im Mittel/Max		Feste Länge
RZ	ja	2	2	ja
NRZ	nein	>0,5	1	ja
NRZ*	ja	>0,5	1	nein
Manchester	ja	1,5	2	ja
MFM	ja	>0,5	1	ja

NRZ*: NRZ mit Bit Stuffing

Bit-Stuffing

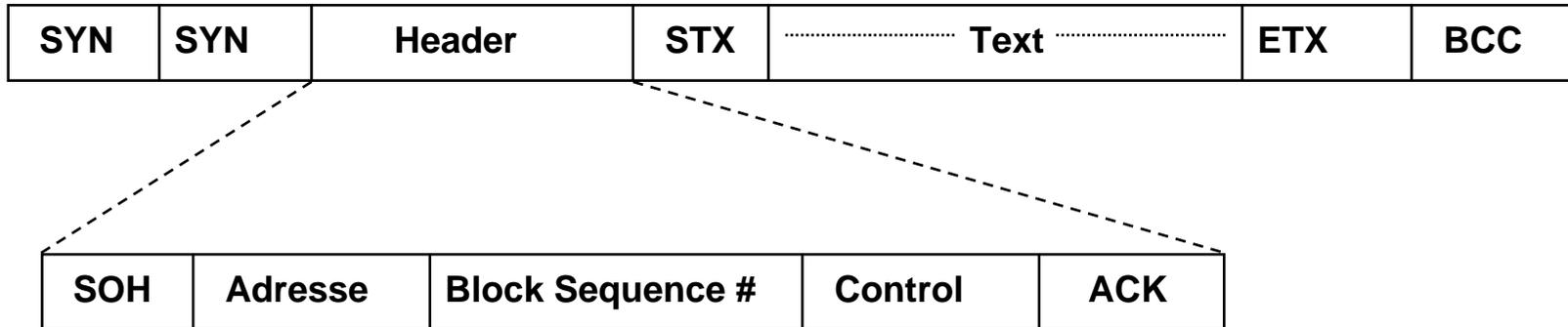
Nach einer bestimmten Anzahl n erkannter konsekutiver Pegel auf der Senderseite wird der komplementäre Pegel eingefügt, so daß nach maximal n aufeinanderfolgende Einsen oder Nullen sicher ein Übergang auftritt, der zur Synchronisation benutzt werden kann.

Auf der Empfängerseite wird die Nachricht durch das Entfernen der eingefügten Nullen wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt.



BiSync-Protokoll (IBM)

Byte-orientiert
Character-orientiert



ASCII-Code

SYN :	16₁₆	
STX :	2₁₆	Start of Text
ETX:	3	End of Text
BCC:		Error Correcting Code
SOH:	1₁₆	Start of Header
ACK:	6₁₆	Acknowledge
NAK:	15₁₆	Negative Ack.
ENQ:	5₁₆	Enquire Request.

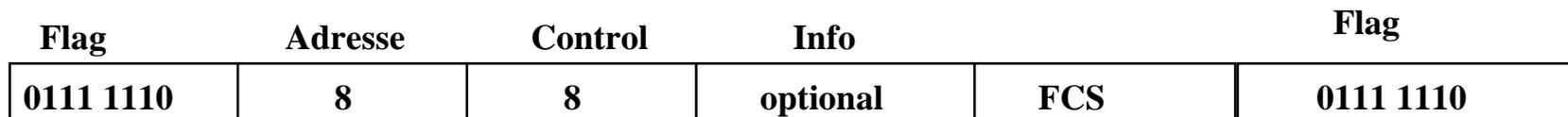
HDLC (High Level Data Link Control)

Problem:

Bei Character-orientierten Protokollen kann man Steuer- und Trennzeichen identifizieren (STX, ETX, etc.)
Bei Bit-orientierten Protokollen ist jede Kombination der Bits als Daten zulässig.

➡ Wie werden Steuerzeichen erkannt ?

HDLC-Frame



I-Frame - Information Frame: Datentransport
S-Frame - Supervisor Frame: Flußkontrolle, z.B. ACK, Retransmission
U-Frame - Unnumbered Frame: weitere Steuerfunktionen z.B. connect, disconnect

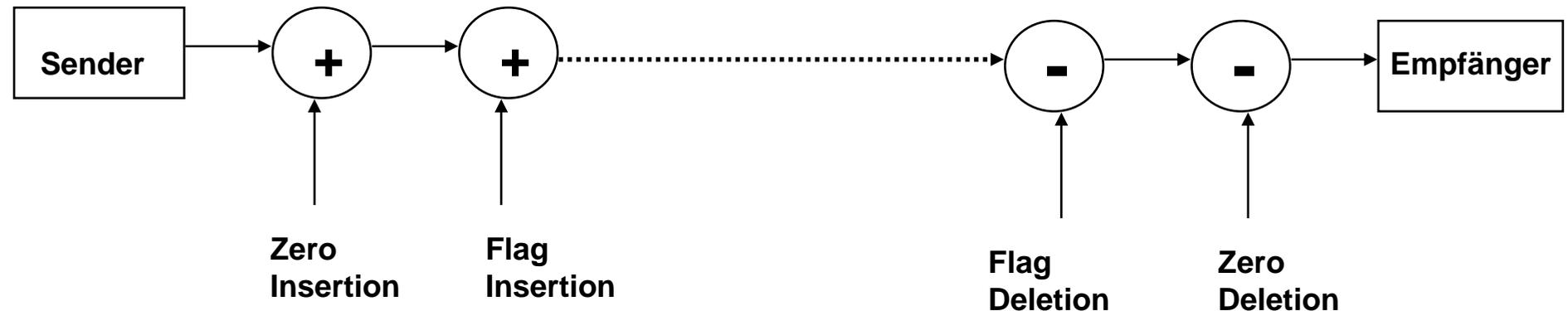
Wie wird das Flag 01111110 von Daten unterschieden ?

Bit-Stuffing

Ziel: die Sequenz 01111110 tritt nur als Flag auf.

Verfahren: Nach 5 erkannten konsekutiven Einsen auf der Senderseite wird eine 0 eingefügt, so daß maximal 5 aufeinanderfolgende Einsen auftreten können. Das Flag wird in einer späteren Stufe an die Nachricht angehängt.

Auf der Empfängerseite wird die Nachricht durch das Entfernen des Flags und der eingefügten Nullen wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt.



Schieberichtung

1111111

→ 11011111



1101111101111110



11011111

→

1111111

Flußkontrolle

Flußkontrolle regelt des Informationsfluß zwischen den Kommunikationspartnern. Ziel ist die Synchronisation zwischen Sender und Empfänger, damit der Empfänger mit dem Sender Schritt halten kann.

Der Empfänger bestimmt die Geschwindigkeit der Kommunikation.

Unterscheidung zwischen:

- **Impliziter Flußkontrolle**
- **Expliziter Flußkontrolle**

Implizite Flußkontrolle

Sender und Empfänger vereinbaren a priori, d.h. vor der Laufzeit, eine maximale Kommunikationsrate, die vom Sender nicht überschritten wird. Der Empfänger kann dann garantieren, daß er bei dieser Rate alle Nachrichten abnehmen kann.

—————→ **Synchrone Kommunikation**

Eigenschaften:

- **Zur Laufzeit werden keine Quittungen benötigt, d.h. der Kommunikationskanal ist unidirektional.**
- **Fehlererkennung erfolgt auf der Empfängerseite (Ausbleibende (aber erwartete) Nachrichten, fehlerhafte Übertragung).**
- **Implizite Flußkontrolle erleichtert die Realisierung von Multicast-Kommunikation (keine Quittungen von allen Kommunikationspartnern erforderlich).**

Explizite Flußkontrolle

—————→ **Asynchrone Kommunikation**

Der Sender schickt eine Nachricht an den Empfänger und wartet, bis er ein explizites Quittungssignal bekommen hat, das den Empfang der Nachricht bestätigt.

Der Sender steht damit unter der Kontrolle des Empfängers (liegt in dessen “Sphere of Control”). Der Empfänger bestimmt die Geschwindigkeit der Kommunikation, bzw. wann der Sender eine Nachricht senden darf (auch “back pressure flow control” genannt).

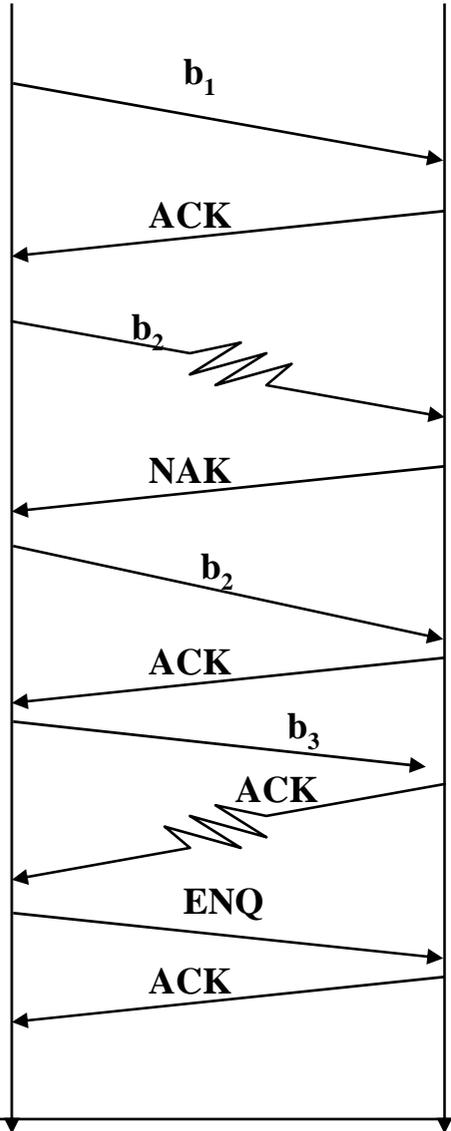
Fehlererkennung liegt beim Sender auf der Basis des expliziten Quittungssignals.

Gründe für ein ausbleibendes Quittungssignal:

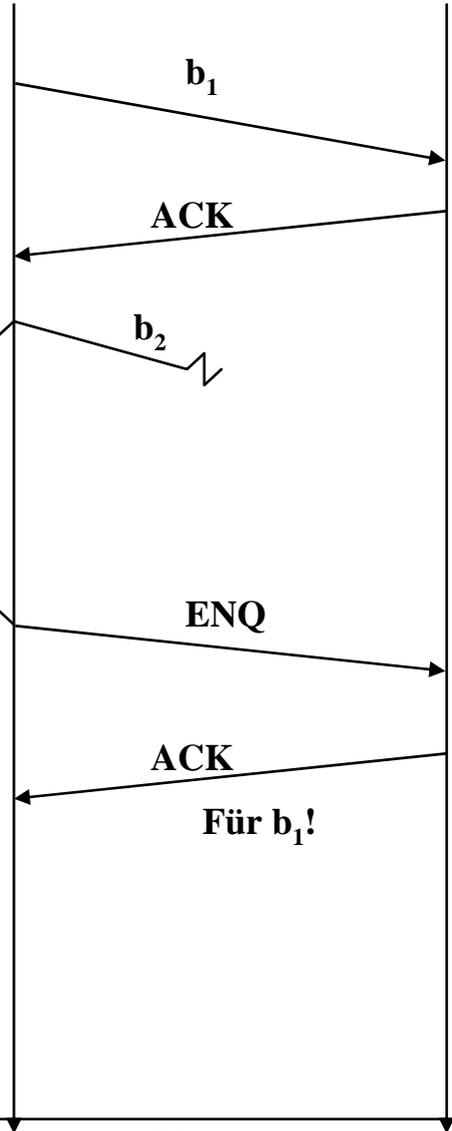
- **der Empfänger hat die Nachricht nicht bekommen,**
- **der Empfänger hat das Quittungssignal noch nicht geschickt,**
- **das Quittungssignal ging verloren,**
- **der Empfänger ist ausgefallen.**

Beispiel für ein PAR (Positive Acknowledge and Retransmission) Protokoll - IBM BiSync

**Nachrichtenaustausch
mit Störungen**



**Problem:
Verlorene Nachrichten**



**Lösung:
Alternierende ACKs**

