

# Kommunikationstechnik - S4

Raphael Nambiar

Version: 23. Mai 2023

## OSI-Modell

### Dienst

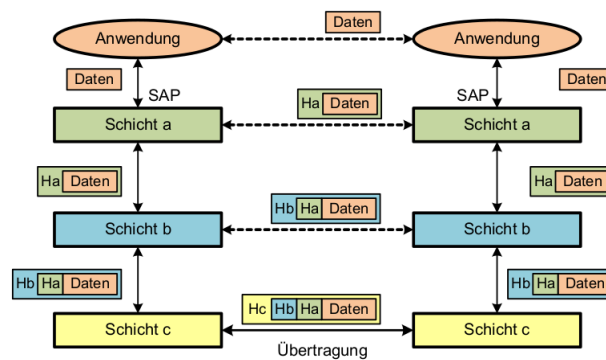
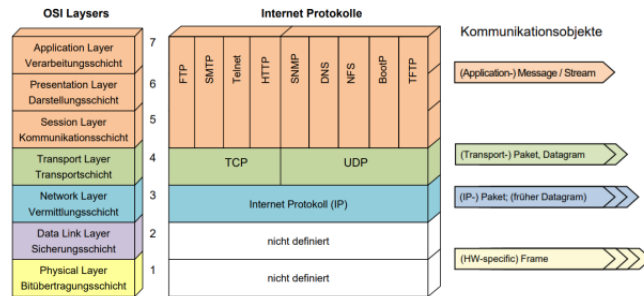
Klassifizierung von Diensten:

|   |   |
|---|---|
| Verbindungsorientiert                             | verbindungslos  |
| Verbindungs-Aufbau nötig<br>Ziel muss bereit sein | Jederzeit Nachrichten schicken<br>Ziel muss nicht «bereit» sein |

| Zuverlässig   | Unzuverlässig                             |
|---|---|
| Kein Datenverlust<br>Sicherung durch Fehler-Erkennung<br>-/ Korrektur | Möglicher Datenverlust<br>Keine Sicherung |
| Text-Nachrichten, Backup<br>Dateidienste                              | Streaming<br>Voip                         |

## Schicht

Eine Schicht hat die Aufgabe der darüberliegenden Schicht bestimmte Dienste zur Verfügung zu stellen. Die Schichten benötigen kein Wissen über die Realisierung der darunterliegenden Schicht.



## Protokoll

Ein Protokoll ist eine Sammlung von Nachrichten, Nachrichtenformaten und Regeln zu deren Austausch. In der Technik ist ein Kommunikationsprotokoll eine Vereinbarung, die festlegt wie eine Datenübertragung zwischen Kommunikationspartnern abläuft.

## Übertragungsmedien

### Ausbreitungsgeschwindigkeit

Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:

$$c_0 = 299'792'458 \text{ m/s}$$

Ausbreitungsgeschwindigkeit in Medien:

$$c_{\text{Medium}} = 200'000 \text{ km/s} = \frac{2}{3} c_0$$

#### Beispiel:

Licht im Glas, Brechungsindex  $n = 1.5$

$$c_{\text{Glas}} = \frac{c_0}{n} = 200'000 \text{ km/s}$$

### Signaldämpfung

Signaldämpfung bezeichnet die Leistungsabnahme eines Signals.

- Je grösser die Bandbreite (Hz), desto höhere Datenraten (bit/s) übertragen
- Je kleiner die Dämpfung ist, desto grössere Distanzen können erreicht werden
- Senkt man die Bitrate (bei gleicher Dämpfung), können grössere Distanzen erreicht werden

$$dB = 10 \cdot \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

$$dB = 10 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2$$

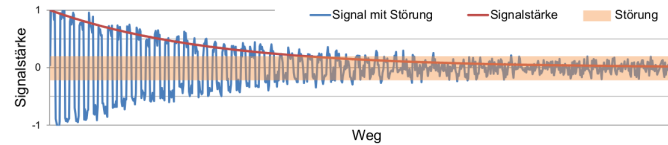
### Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

Das SNR ist ein Mass für die Qualität eines Signals. Es gibt an, wie stark das Signal im Vergleich zum Rauschen ist.

$$SNR = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{Signal}}}{P_{\text{Noise}}}\right)$$

In dB angegeben.

## Signale und Störungen



Mögliche Ursachen der Störungen:

- Übersprechen zwischen den Leitungen
- Rauschen des Empfängers
- Einstreuungen durch andere Geräte / Anlagen (Motoren etc.)

### Kabeltypen

- Koaxialkabel → Geeignet für hochfrequente Signale
- Twinaxial-Kabel → Hoher Schutz
- Twisted Pair (TP) → Häufig im Einsatz (Shielded / Unshielded)
- Glasfaser → Hohe Bandbreite, Geringe Dämpfung, Resistent

### Schirmeigenschaften

- Drahtgeflecht → niederfrequente Einstreuungen
- Metallisch beschichtete Folien → hochfrequente Störungen

**xx/yTP** worin **TP** für Twisted Pair steht:

**xx** steht für die Gesamtschirmung:

U = ungeschirmt

F = Folienschirm

S = Geflechschirm

SF = Schirm aus Geflecht und Folie

**y** steht für die Aderpaarschirmung:

U = ungeschirmt

F = Folienschirm

S = Geflechschirm

### TP Kabel und Störungen

- TP Kabel sind anfälliger auf Störungen als Koaxialkabel oder Glasfasern
- Störungen werden kapazitiv oder induktiv eingekoppelt z.B. von parallel geführten Leitungen oder Motoren etc.
- Bei Störungen von benachbarten Leitungen spricht man von Übersprechen oder Nebensprechen (crosstalk)

#### Fausregel:

- Kapazitive Störung → Abschirmung
- Induktive Störung → twisted

### Lichtwellenleiter

- Zentrum aus Kernglas mit hoher optischer Dichte (Brechungsindex 1.5)
- Vom Mantelglas umschlossen, geringere optische Dichte (Brechungsindex 1.48)
- Lichtstrahlen breiten sich im Kernglas aus und werden am Mantelglas totalreflektiert

- Die Eigenwellen (Ausbreitungswege der Lichtstrahlen) werden als Moden bezeichnet.

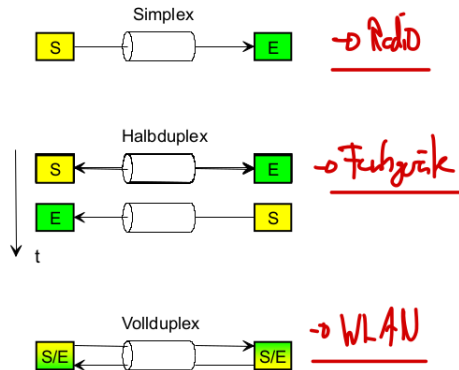
## Physical Layer

### Arten der Kommunikation (Verkehrsbeziehung)

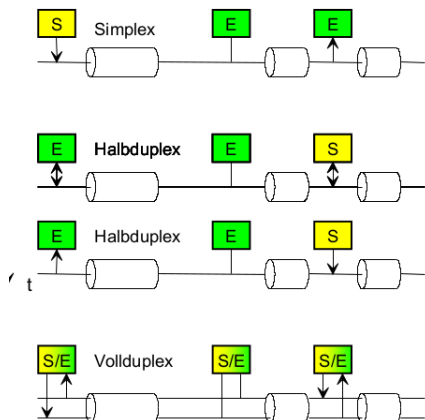
- Simplex → Ein Kanal, in eine Richtung
- Halbduplex → Ein Kanal, abwechselungsweise in zwei Richtungen
- Vollduplex → Ein Kanal pro Richtung

### Arten der Verbindungen (Kopplung)

**Punkt - Punkt** Direkte Verbindung zweier Kommunikationspartner



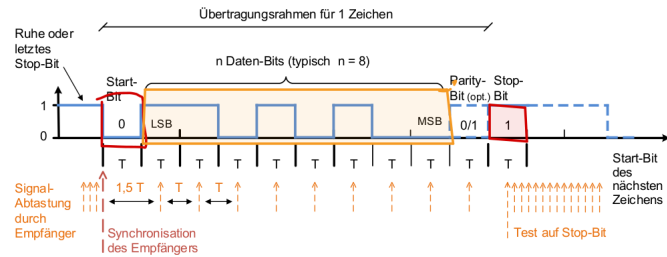
**Shared Medium** Mehrere Partner verwenden das gleiche Medium



### Übertragungsverfahren: Parallel und Seriell

Parallele Übertragung

## Serielle asynchrone Übertragung

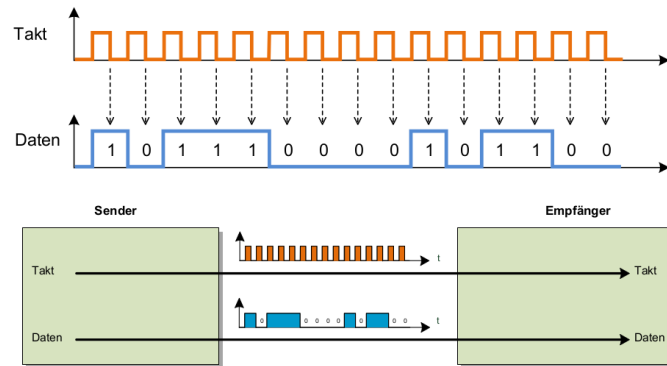


*LSB* = Least Significant Bit, *MSB* = Most Significant Bit

### Wichtig:

Übertragener Wert ablesen:  
*LSB* zuerst, *MSB* zuletzt  
 1101'0100 → *LSB* zuerst → 0100'1101

## Serielle synchrone Übertragung



## Datenübertragungsrate

- Baudrate → Symbole pro Sekunde
- Zeichenrate → Zeichen pro Sekunde

## Frequenz

Die Frequenz ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.  
 Masseinheit Hertz (Hz)

## Bit-Dauer

$T [s] = \text{Bit-Dauer}$ ,  $B = \text{Baud}$

$$T = \frac{1}{B}$$

## maximale Symbolrate

Die maximale Symbolrate  $f_s$  (Baud) ist gleich der doppelten Bandbreite  $B$  (Hz) des Übertragungskanal.

Einheit: Baud (Bd)

Nyquist:

$$f_s = 2 \cdot B$$

## Maximal erreichbare Bitrate

$R [\text{bit/s}] = \text{Bitrate}$

$$R \leq 2B \cdot \log_2 M$$

$$\log_2(x) = \frac{\log_{10}(x)}{\log_{10}(2)}$$

## Bandbreite

Die Bandbreite hängt von der Übertragungsstrecke und der Stärke des Signals im Vergleich zu den vorhandenen Störungen, ab.

- Eigenschaft des Übertragungskanal und durch das Medium begrenzt
- Masseinheit Hertz (Hz)

## Kanalkapazität

Berücksichtigt für einen realen Kanal das Signal-zu-Rausch Leistungsverhältnis  $S/N$  (Shannon)  
 Einheit Bit/s (bps)

$$C_s = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$\log_2(x) = \frac{\log_{10}(x)}{\log_{10}(2)}$$