



Figure 2: Dateneinheiten im Schichtenmodell

1 Bitübertragungsschicht (Physical Layer)

1.1 Modulation

Manchesterkodierung. Eine Signalpegeländerung in der Intervallmitte codiert

1 *High* → *Low*

0 *Low* → *High*

Amplitudenmodulation. Bits werden durch unterschiedliche Amplitude einer Schwingung moduliert.

Frequenzmodulation. Bits werden durch unterschiedliche Frequenzen einer Schwingung moduliert.

Phasenmodulation. Bits werden durch eine Phasendrehung der Schwingung um 180 Grad unterschieden.

1.2 Betriebsarten

Simplex Kommunikation nur in eine Richtung, z.B. Telex, Feuermelder

Duplex Kommunikation gleichzeitig in beide Richtungen, z.B. Telefon

Halbduplex Kommunikationsrichtung abwechselnd, z.B. Walkie-Talkie

1.3 Kanalkapazität

Bandbreite.

$$B = f_{max} - f_{min} \quad [Hz]$$

Schrittgeschwindigkeit (Baudrate). Rate der Signalparameter-Zustandswechsel.

$$[baud = \frac{1}{s}]$$

Bei isochronen Digitalsignalen ist $s_{max} = \frac{1}{T}$ mit Schrittdauer T .

$$s_{max} = 2 \cdot B$$

Signal-Rausch-Abstand (Signal-Noise-Ratio) ist das Verhältnis von Signalstärke zur Stärke des Rauschens.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad [dB]$$

Bei gegebener Kapazität und Bandbreite ist

$$SNR = 10 \log_{10} (2^{\frac{C}{B}} - 1)$$

Übertragungsgeschwindigkeit (Bitrate, Datenrate).

$$[\frac{bit}{s}]$$

Übertragungsgeschwindigkeit entspricht Schrittgeschwindigkeit wenn jeder Schritt ein Bit darstellt.

Kanalkapazität ist die maximale Datenrate. Ein idealer Kanal ohne Rauschen kann eine beliebige Datenrate durch die Anzahl der Signalstufen M realisieren.

$$C = s_{max} \cdot \log(M)$$

Mit Rauschen ist die maximale Datenrate nach NYQUIST

$$C = B \cdot \log(1 + \frac{P_{signal}}{P_{noise}})$$

Signalstufen

$$C = s_{max} \log(M) \quad \Rightarrow \quad M = 2^{\frac{C}{s_{max}}}$$

1.4 Leitungskapazität, Laufzeiten

Sendezeit ist die Zeit, die benötigt wird, um die Daten auf das Medium zu legen. Es gilt

$$T_s = \frac{L}{d}$$

mit Datenvolumen L und Datenübertragungsrate d .

Ausbreitungszeit ist die Laufzeit der Signale über das Medium von Sender zu Empfänger. Es gilt

$$T_a = \frac{l}{v}$$