

Rechnernetze und verteilte Systeme

Bitübertragungsschicht

Kapitel 4

Rechnernetze und verteilte Systeme

Bitübertragungsschicht

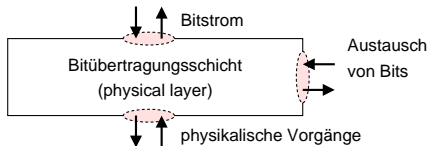
Grundbegriffe

Kapitel 4.1

4.1 Grundbegriffe

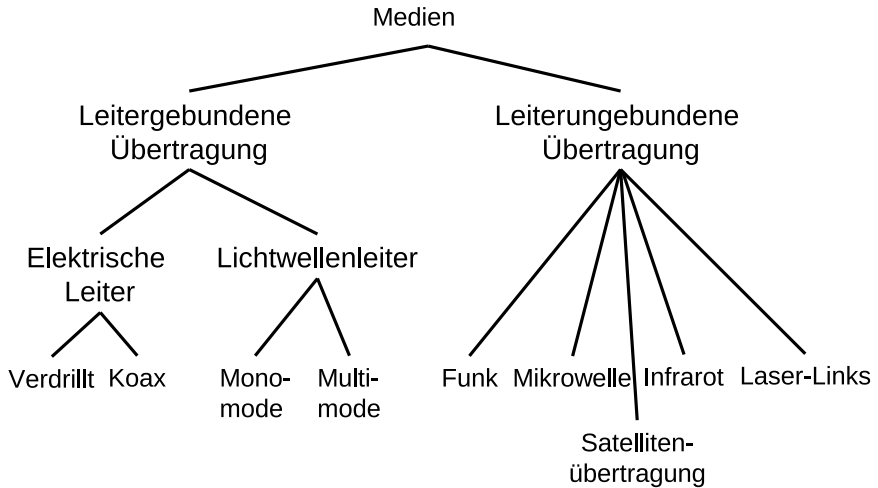
Aufgaben der Schicht 1

- Transparenter Transport von Bits über data circuit
 - SDU = 1 Bit (seriell), n Bits (parallel)
 - Sequencing of bits
 - Kodierung von Bits in phys. Signale
- Protokoll legt Eigenschaften fest
 - physikalisch (Medien, Signale)
 - mechanisch (PIN-Gestaltung, Steckerkonfiguration)
 - funktional (PIN-Belegung, Takt)
 - prozedural (Ablauf der Elementarereignisse, Bedeutung)
- Dienstqualität der Schicht 1
 - error rate: Bitfehlerrate aufgrund Dämpfung, Rauschen, Dispersion. . .
 - Transit delay: f (Material, Länge)
 - Service availability: ist interessant bei geschalteten Ebene 1 – Verbindungen (X.21, ISDN-B-Kanal, SDH, ATM-SVC)
 - transmission rate: Funktion von
 - Spektrum: Frequenzbereich des Senders,
 - Bandbreite: Frequenzbereich des Mediums,
 - Codierung



4.1 Grundbegriffe

Übertragungsmedien (1): Taxonomie



4.1 Grundbegriffe

Übertragungsmedien (2)

Übertragungsaspekte

- erzielbare maximale Übertragungsrate
- überbrückbare Entfernung
- mediumspezifische Charakteristika:
 - Impedanz
 - Brechungsindex
- mediumspezifische Störeinflüsse:
 - Dämpfung
 - Übersprechen
 - Skineffekt
 - Modendispersion
 - Wetter

Betriebliche Aspekte

- Verlegeeigenschaften
- Brandsicherheit, Außen-/Innenkabel
- Angebot an zugehörigen Netzkomponenten
- Kosten
- Zukunftsperspektiven

4.1 Grundbegriffe

Daten / Signale (1): Begriffsbestimmung

Daten

- Strukturen zur Ableitung von (semantischer) Information
- sind bearbeitbar, speicherbar, transportierbar (als Nachrichten)

digitale oder diskrete Daten: Strukturen (Folgen) von Zeichen (Elemente endlicher Mengen), z.B. Bit, Bytes, Zeichen, Zahlen

analoge Daten: kontinuierliche Funktionen (der Zeit, des Ortes), z.B. Sprache, Musik, Bewegtbild



Signale

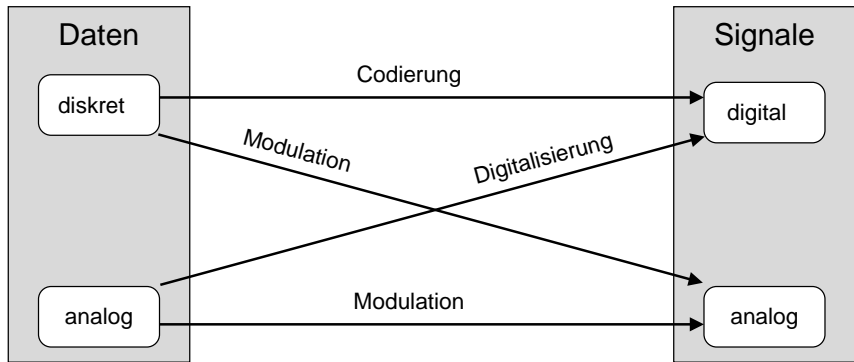
- physikalische Darstellung von Daten (durch akustische, optische, elektrische, elektromagnetische Größen)

analog Signale sind kontinuierliche Funktionen der Zeit

digital diskrete Signalfolgen, Impulse

4.1 Grundbegriffe

Daten / Signale (2): Übergänge



Digitalisierung

- Diskretisierung (Abtasttheorem betrifft Zeitachse)
- Quantisierung (betrifft Zerlegung der Werteachse)
- Codierung (Darstellung der Wertemenge)

4.1 Grundbegriffe

Daten / Signale (3): Fourierdarstellung

Besondere Bedeutung bei analoger Übertragung haben periodische Fktn

- $s(t) = s(t + T)$, Periode T , insbesondere
- $s(t) = A_0 \cdot \sin(2\pi ft + \Theta)$, wobei
 - A_0 max. Amplitude,
 - $f = 1 / T$ Frequenz,
 - Θ Phasenverschiebung

Für jede stetige Funktion $s(t)$ gilt Fourierdarstellung:

$$\int [s(t) - s_n(t)]^2 dt \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$$

für

$$s_n(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_0^n a_k \cos(k\omega t) + \sum_0^n b_k \sin(k\omega t)$$

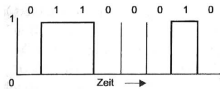
Periodische Funktionen können als Summe mehrerer Sinus- und Kosinusterme dargestellt werden:

a_k, b_k sind Amplituden der zugehörigen sin/cos-Terme (sog. "Harmonische"); Reihe konvergiert gegen f

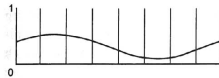
4.1 Grundbegriffe

Daten / Signale (4): Harmonische

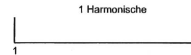
(a)
Binärsignal



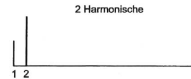
(a)



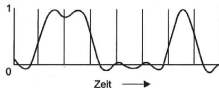
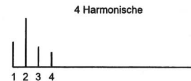
(b)



(c)



(d)



(e)



(b)–(e)
Fourieramplituden

4.1 Grundbegriffe

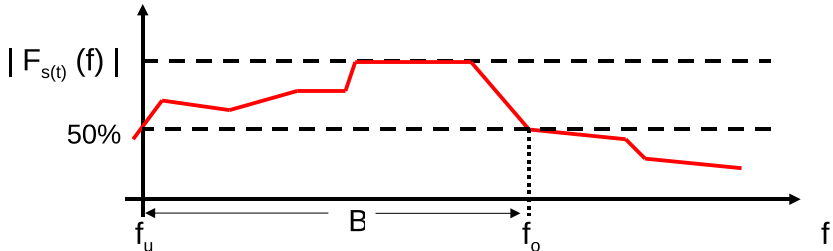
Daten / Signale (5): Bandbreite

Bandbreite eines Signals

Differenz zwischen max. und min. Fourierfrequenz im Signalverlauf

Bandbreite des Mediums

Frequenzbereich, der ohne wesentliche Verzerrung übertragen werden kann. Die oberen und unteren Grenzfrequenzen sind dadurch gegeben, dass die außen liegenden Frequenzen unter 50% der leistungsstärksten Frequenzen liegen.

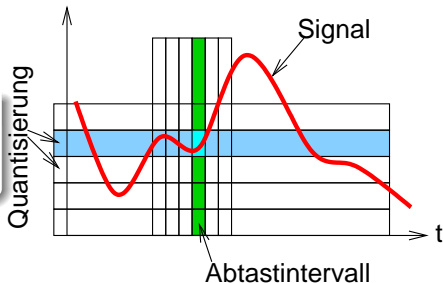


4.1 Grundbegriffe

Daten / Signale (6): Abtastung

Abtasttheorem

Abtasthäufigkeit $\geq 2 \cdot$ Bandbreite der analogen Information



Beispiel: Digitale Übertragung analoger Sprache bei ISDN

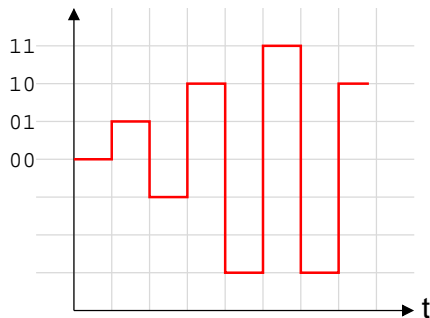
- Verfahren: Pulscodemodulation (PCM)
- Telefon-Bandbreite: (300-3400 Hz), gerundet 4kHz;
⇒ somit Abtastrate 8kHz, d.h. alle $125\mu\text{s}$
- Quantisierung: 256 Werte, Codierung 1 Byte
⇒ resultiert erforderliche Rate 64 kbit/s

4.1 Grundbegriffe

Bitrate / Baud

- Baud = Anzahl der Signalschritte (Wechsel der Signalwerte) pro sec
- Bitrate = Anzahl der übertragenen Bits pro sec
- Binärcodierung: Werte logisch 0 und 1 \rightarrow Wert Bitrate = Werte Baud

4-Stufencodierung



2 Bits pro Takt.

Wert Bitrate = 2 · Wert Baud

$\Rightarrow \text{bit/s} = \log_2(\text{Anzahl Niveaus})$

4.1 Grundbegriffe

Datenrate, rauschfreier Kanal

Gesetz von Nyquist

Maximale Datenrate C für **rauschfreien** Kanal mit Bandbreite B bei M Signalzuständen

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2 M [\text{bit/s}]$$

- Beispiel: Telefon: $B = 3100$
- binäres Signal: $C = 2 \cdot 1 \cdot 3100 = 6200\text{bps}$
- Codierung: AM-PSK (8 levels) : $C = 2 \cdot \log_2 8 \cdot 3100 = 18600\text{bps}$

4.1 Grundbegriffe

Datenrate, Kanal mit Rauschen

Gesetz von Shannon

Datenrate bei Kanal mit Rauschen

$$C_{sh} = B \cdot \log_2(1 + S/N) [bit/s]$$

S Signalenergie, N Rauschenergie, S/N Rauschabstand

- Signal-to-Noise (S/N) häufig in dB: $y [dB] = 10 \cdot \log_{10} S/N$
- $S/N = 10 \rightarrow 10dB$,
- $S/N = 1000 \rightarrow 30dB$

Beispiel

$$\text{Telefon } S/N: \hat{=} 20dB \rightarrow C_{sh} \approx 19963bps \approx \underbrace{3000}_B \cdot \underbrace{\log_2(1 + 100)}_{6,65}$$

4.1 Grundbegriffe

Wichtige Gesetzmäßigkeiten

Zeitgesetz

Für gegebenes Medium gelten Frequenz- und Längenrestriktionen

$$\text{Zeit} \cdot \text{Bandbreite} = \text{const}$$

$$\text{Länge} \cdot \text{Bandbreite} = \text{const}$$

Beispiel Gradientenfaser:

- 400 MHz · km kann somit
400 MHz über 1 km oder
1 GHz über 400 m übertragen

Beispiel Gigabit-Ethernet:

- Monomode 1300nm : 2km
- Multimode 850nm : 500m
- Koax : 25m
- STP Kat 5 : 100m

Rechnernetze und verteilte Systeme

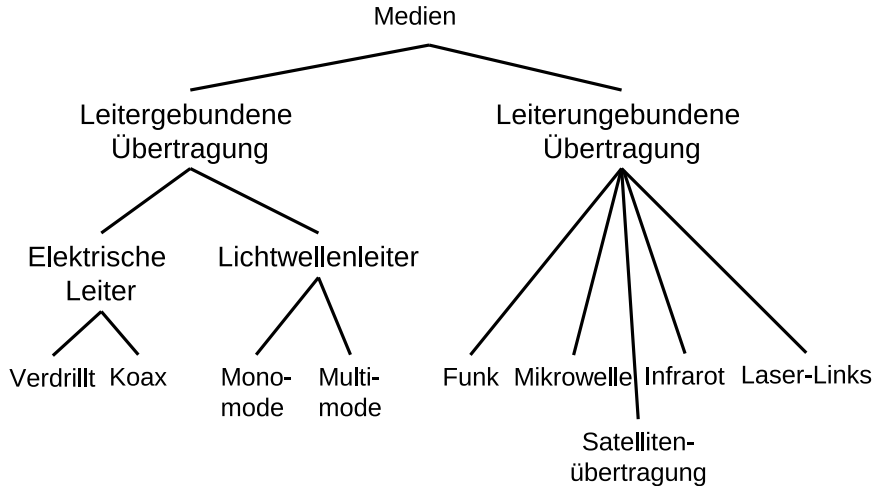
Bitübertragungsschicht

Übertragungsmedien

Kapitel 4.2

4.2 Übertragungsmedien

Übertragungsmedien (1)



4.2 Übertragungsmedien

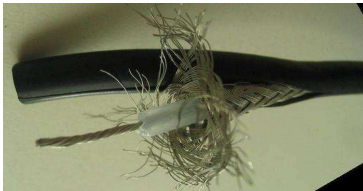
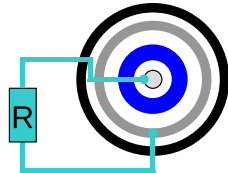
Übertragungsmedien (2)

	<i>typischer Durchsatz</i>	<i>Bitfehlerrate</i>
<i>Leitergebunden</i>		
elektr. verdreht	1Kbps–1Gbps	10^{-8}
elektr. Koax	1Mbps–100Mbps	10^{-10}
LWL Monomode	100Gbps–Pbps	10^{-13}
LWL Multimode	10Gbps–100Tbps	10^{-12}
<i>Leiterungebunden</i>		
Funk	10Kbps–100Kbps	10^{-6}
Mikrowelle	10Mbps–1Gbps	10^{-8}
Infrarot	10Kbps–1Tbps	10^{-8}

4.2 Übertragungsmedien

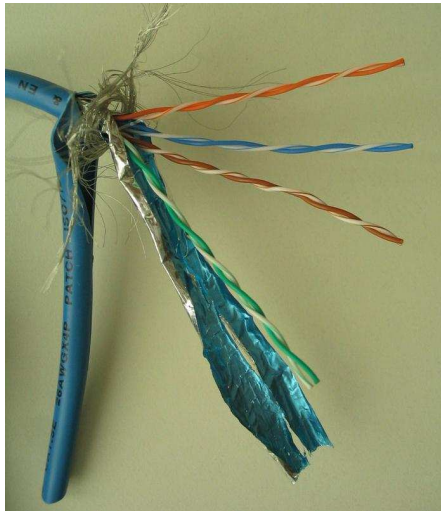
Beispiele für Medien: Koax

- Sehr gute Schirmung, daher unempfindlich gegen Interferenz
- Beispielbilder: 10Base2, z.B. bei Ethernet benutzt



4.2 Übertragungsmedien

Beispiele für Medien: SFTP

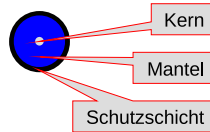
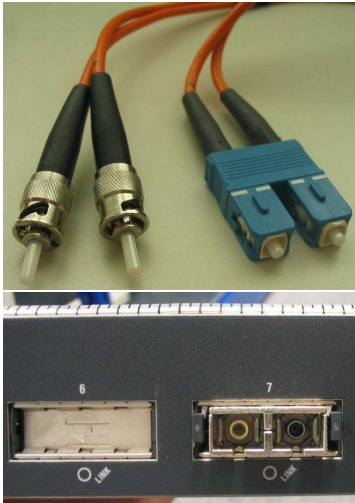


- Screened Foiled Twisted Pair
 - mehrere verdrehte Aderpaare
 - Schirmung (Folie + Geflecht)
 - Beispielbilder: SFTP CAT5 (ein derzeit übliches Medium)
 - "Patch-Kabel"
- Verdrillung
 - verhindert Ein- bzw. Abstrahlung
 - Art und Dichte der Verdrillung beeinflusst Schutzwirkung



4.2 Übertragungsmedien

Beispiele für Medien: Lichtwellenleiter (LWL)



• Aufbau Lichtwellenleiter

- Kern (hohe optische Dichte, 8–50 μm)
- Mantel (geringere optische Dichte)
- Schutzschicht (Kunststoff)

• Bilder

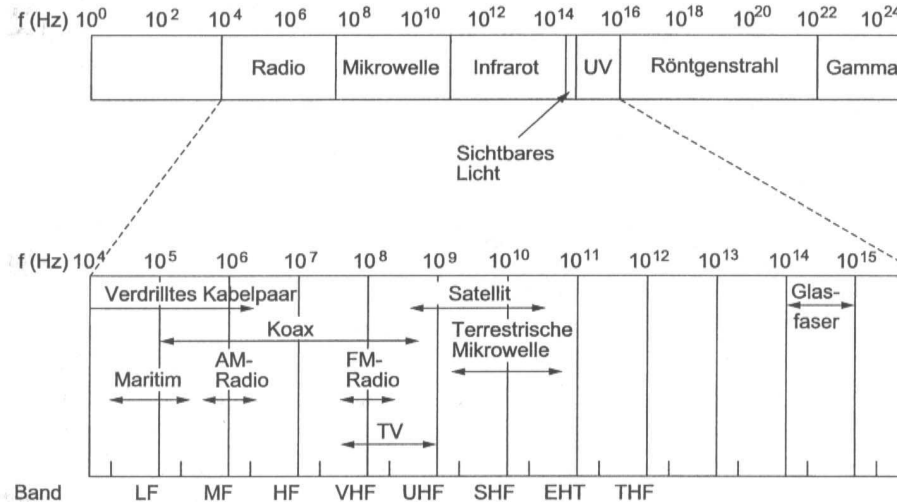
- LWL-Paare (für Hin- und Rückweg)
- ST-Stecker (links), SC-Stecker (r)
- Beleuchtet mit Laser oder LED

• Resistent gegen EM-Interferenzen

• Abhörsicher(er)

4.2 Übertragungsmedien

Elektromagnet. Spektrum und seine Verwendung



4.2 Übertragungsmedien

Eigenschaften von Medien

Dämpfung: Verhältnis Ausgangsleistung zu Eingangsleistung

- frequenzabhängig, wächst exponentiell mit Länge, d.h. linear in dB.
- hängt stark vom Aufbau des Mediums (z.B. Querschnitt, Temperatur, spez. Widerstand, Material), Betriebsfrequenz, Temperatur ab
- Kompensation: Verstärker

Verzerrung

Wegen frequenzabhängiger Laufzeit und amplitudenabhängiger Dämpfung werden Impulse verzerrt und interferieren.

Laufzeit

hängt ab vom Aufbau des Mediums, von der Frequenz und der Länge

Störungen, Rauschen

Rauschen unvermeidbar (Physik), Störungen durch Reflexionen, Einkoppeln fremder Signale (cross-talk, EMV), Wetter

4.2 Übertragungsmedien

Elektrische Leiter (1)

- Elektromagnetische Wellen werden in metallischen Leitern übertragen (Kupferlegierungen, Gold, Silber, Platin) in Form von verdrehten Kabeln oder Koaxialkabeln
- Verhalten einer Leitung beschreibbar durch Grundeigenschaften
 - Widerstand R [Ohm]
 - Induktivität L [Henry]
 - Kapazität C [Farad]
 - Elektrischer Leitwert G [Siemens]
- Grundgrößen abhängig von Abmessungen der Leitung, wirksamer Hülle, Material, Betriebsfrequenz, Temperatur
- Grundgrößen oft km bezogen („Leitungsbeläge“) R' , L' , C' , G'

4.2 Übertragungsmedien

Elektrische Leiter (2)

Wellenwiderstand

$$z = \sqrt{\frac{R' + i\omega L'}{G' + i\omega C'}} \text{ mit } i^2 = -1, \omega = 2\pi f$$

- Typisch: 50 Ω (Ethernet) 75 Ω (CATV), 100 Ω (UTP)
- wichtig für Anpassung und Leitungsabschluss

Fortpflanzungskonstante

$$\gamma = \sqrt{(R' + i\omega L')(G' + i\omega C')} = \alpha + i\beta$$

- α ist Dämpfungskonstante [Np / km]
- β ist Phasenkonstante [rad / km]
- 1 Np = 8,686 dB; 1 dB = 0,1151 Np, $\ln(E/A)$ [Np]
- **Dämpfungsmaß** $d = \alpha \cdot \text{Länge}$

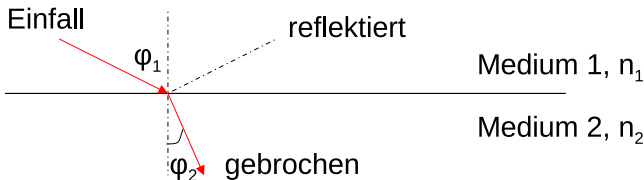
4.2 Übertragungsmedien

Elektrische Leiter (3): Störeinflüsse und Lösungsansätze

- Nebensprechen: Verdrillung, Abschirmung
- Ein-/Ausstrahlung: Abschirmung
- Reflexionen (Fehlanpassung, Knicke, Abzweigungen, falscher Abschluss): richtige Anpassung, Abschlüsse
- Erdschleifen (Potenzialdifferenz): Erdung
- Skin-Effekt (ab 20KHz): beschichtete Oberflächen

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (1): Brechung und Reflexion

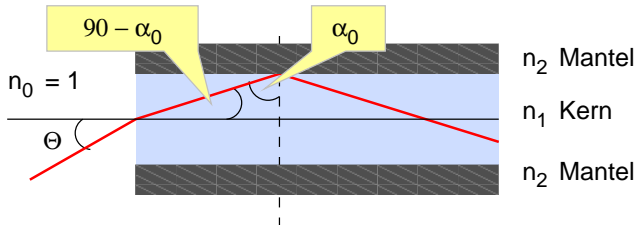


$$\frac{\sin \phi_1}{\sin \phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- n = Brechungsindex, abh. von Material und λ ; für Luft $n_0 = 1$
- $c_M = c_0/n$ mit $c_0 \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- oft $n = 1,5$ (Glas), somit $c_M = 200 \text{ m}/\mu\text{s}$, d.h. $5 \mu\text{s}$ Laufzeit pro km LWL

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (2): Akzeptanzwinkel



$$\frac{n_1}{n_0} = \frac{\sin \Theta}{\sin(90^\circ - \alpha_0)}$$

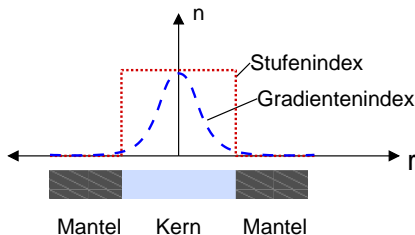
$$\Rightarrow \sin \Theta = n_1 \cos \alpha_0 = n_1 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_0}, \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Rightarrow \sin \Theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \text{ Apertur, } \Theta \text{ Akzeptanzwinkel}$$

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (3): Brechzahlprofil

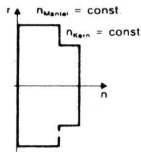
- Lichtwellenleiter werden mit verschiedenen Brechzahlprofilen gebaut
- Gradientenprofil: $n = f(r)$, r Abstand von optischer Achse
- Stufenprofil: $n_1 = \text{const}$



4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (4): Stufenindex

Profil des Brechungsindex



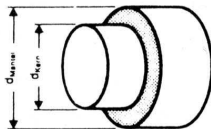
Stufenindex-Profil

Typische Werte:

$$n_M = 1,517$$

$$n_K = 1,527$$

Geometrischer Aufbau



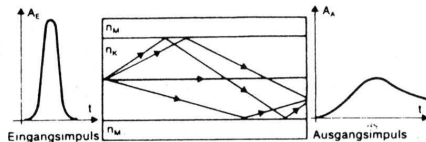
Kerndurchmesser:

$$d_K \begin{cases} 100 \text{ } \mu\text{m} \\ 200 \text{ } \mu\text{m} \\ 400 \text{ } \mu\text{m} \end{cases}$$

Manteldurchmesser:

$$d_M \begin{cases} 200 \text{ } \mu\text{m} \\ 300 \text{ } \mu\text{m} \\ 500 \text{ } \mu\text{m} \end{cases}$$

Wellenausbreitung (Moden)



Multimode-Lichtwellenleiter

Charakteristika:

Große Laufzeitunterschiede der Lichtstrahlen \leadsto

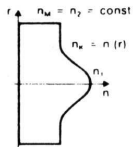
Starke Impulsverbreiterung

Bandbreite – Reichweite – Produkt

$$B \cdot l < 100 \text{ MHz} \cdot \text{km}$$

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (5): Gradientenindex



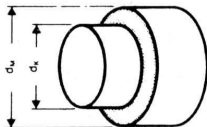
Gradientenindex-Profil

$$n(r) = n_1 \left[1 - \frac{n_1 - n_2}{n_1} \left(\frac{2r}{d_M} \right)^2 \right]$$

Typische Werte:

$$n_2 = 1,54$$

$$n_1 = 1,562$$

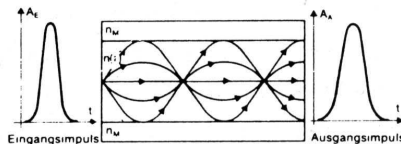


Kerndurchmesser:

typ. $d_K = 50 \mu\text{m}$

Manteldurchmesser:

typ. $d_M = 125 \mu\text{m}$



Multimode-Lichtwellenleiter

Charakteristika:

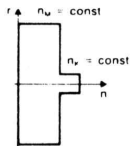
Geringe Laufzeitunterschiede der Lichtstrahlen →

Geringe Impulsverbreiterung

$$B \cdot l \approx 1 \text{ GHz} \cdot \text{km}$$

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (6): Stufenindex, Monomode

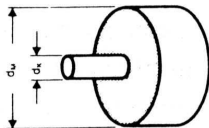


Stufenindex-Profil

Typische Werte:

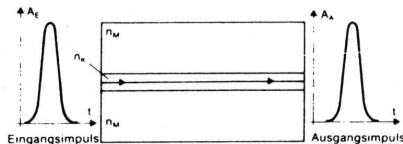
$$n_M \approx 1,457$$

$$n_K = 1,471$$



Kerndurchmesser:
typ. $d_K = 5 \mu\text{m}$

Manteldurchmesser:
typ. $d_M = 100 \mu\text{m}$



Monomode-Lichtwellenleiter

Charakteristika:

- Keine Laufzeitunterschiede, da nur eine Ausbreitungsrichtung \rightarrow
- Formtreue Impulsübertragung
- $B \cdot l > 10 \text{ GHz} \cdot \text{km}$

4.2 Übertragungsmedien

Lichtwellenleiter (7)

- **Moden** sind Wege, die Licht in Faser nehmen kann. Moden sind abhängig vom Lichtspektrum (Wellenlängen), Einstrahlwinkel, Brechzahlprofil
- **Monomodefasern**: sehr kleiner Kern, verlangen präzise Lichtquellen (Laserdioden mit $\lambda = 1300$ oder 1550 nm)
- **Multimodefasern**: Stufenindex, Gradientenindex (häufiger)
- **Störeinflüsse**: Modendispersion, Materialdispersion

Rechnernetze und verteilte Systeme

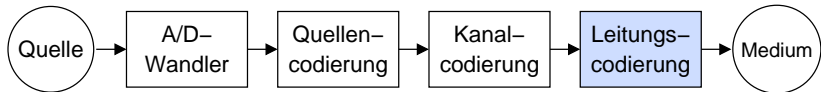
Bitübertragungsschicht

Codierung, Modulation

Kapitel 4.3

4.3 Codierung, Modulation

Codierung (1): Codierungsverfahren



Codierungsverfahren in einem Kommunikationssystem

- **Quellencodierung:** Ziel Redundanzreduktion (verlustfrei, verlustbehaftet)
 - Entropiecodierung (Laufängen, Huffman, arithmetisch)
 - Quellencodierung (Prädiktion, Transformation z.B. FFT, DCT)
 - Hybrid (JPEG, MPEG, H.263)
- **Kanalkodierung:** Erkennung und Korrektur von Fehlern
- **Leitungscodierung:** Zuordnung Bits zu Signalelementen

Leitungscodierung

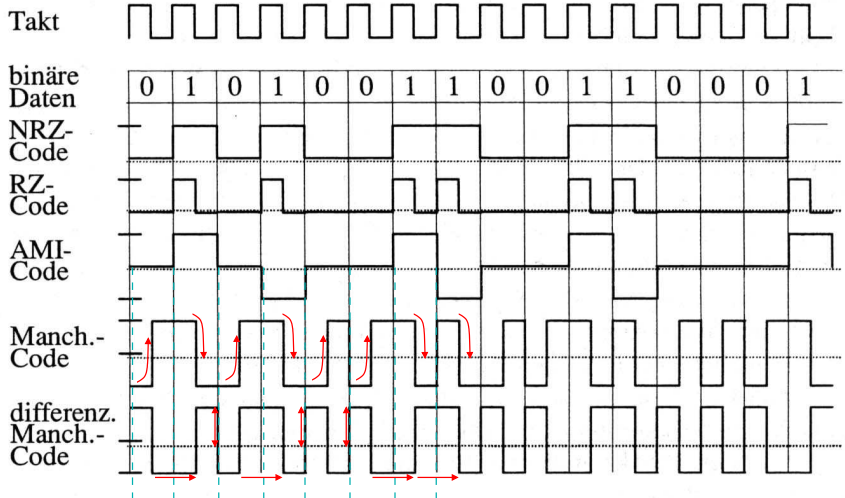
Darstellen von Bitfolgen durch medienspezifische physikalische Signalwerte

- Kriterien
 - benötigte Bandbreite des Signals (Wunsch: möglichst wenig hohe Frequenzanteile)
 - Taktgenerierbarkeit aus Datenfolge (Selbsttaktung)
 - Gleichspannungsanteil. Viele Leitungen übertragen niedrigfrequenten Teil schlecht (falls untere Grenzfrequenz größer Null)
- Achtung: Unterschied zw. Schrittbreite und Bitbreite, z.B.
 - Manchester: 1/2 Bit pro Schritt (z.B. bei klassischem Ethernet)
 - Non-Return-to-Zero (NRZ): 1 Bit pro Schritt
 - quaternär: 2 Bit pro Schritt

Es gibt auch Gruppencodes (Abbildung $n:m$), dabei werden Bitkombinationen auf Codewörter abgebildet, z.B. 4B3T (4 Binary) auf ternäre Signale (+,0,-), oder 4B5B etc.

4.3 Codierung, Modulation

Codierung (3): Beispiele



4.3 Codierung, Modulation

Modulation (1): Übersicht

Modulation

Umsetzung eines Quellensignals in eine andere Signalform

Daten	Umwandlung	Signal	Beispiel
analog	Modulation	analog	FDM
analog	A/D–Wandlung	digital	PCM
digital	D/A–Wandlung	analog	Modem
digital	Umcodierung	digital	Anpassung an andere Kanäle

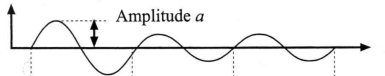
4.3 Codierung, Modulation

Modulation (2): Prinzip

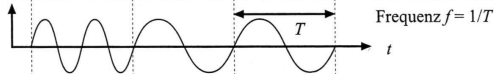
Analoge Modulation

Der **Träger** ist eine sinusförmige Schwingung, somit können durch das aufzuprägende **Signal** verändert werden: • Amplitude • Frequenz • Phase

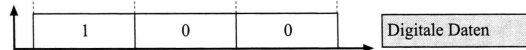
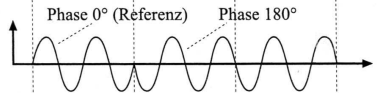
AM (Amplitudenmodulation) 1: hohe Amplitude, 0: niedrige Amplitude



FM (Frequenzmodulation) 1: hohe Frequenz, 0: niedrige Frequenz



PM (Phasenmodulation) 1: Phase 0° , 0: Phase 180°

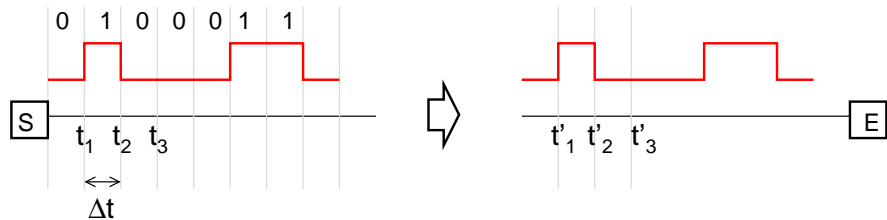


4.3 Codierung, Modulation

Übertragungsarten (1)

Synchrone Übertragung

Alle Binärzeichen liegen in festem Zeitraster, und zwischen Sender und Empfänger besteht dauernd Synchronismus (Schrittgleichlauf).



$$t_{i+1} - t_i = t'_{i+1} - t'_i = \Delta t = \text{const}$$

T_S Signallaufzeit; Δt Dauer des Binärsignals, d.h. $t'_i = t_i + T_S$

4.3 Codierung, Modulation

Übertragungsarten (2)

Asynchrone Übertragung

Synchronität besteht nur für die Binärzeichen einer Übertragungszeichenfolge. Verschiedene Folgen müssen nicht im gleichen Zeitraster liegen.

Beispiel Start-Stop-Übertragung bei zeichenorientierten Prozeduren: Für jedes Zeichen (n Bits) wird mittels Startbits ($1\frac{1}{2}$, 2 Bits) neu synchronisiert und mittels Stopbits (1 , $1\frac{1}{2}$, 2 Bits) Ruhestellung erzeugt.

Rechnernetze und verteilte Systeme

Bitübertragungsschicht

Schnittstellen

Kapitel 4.4

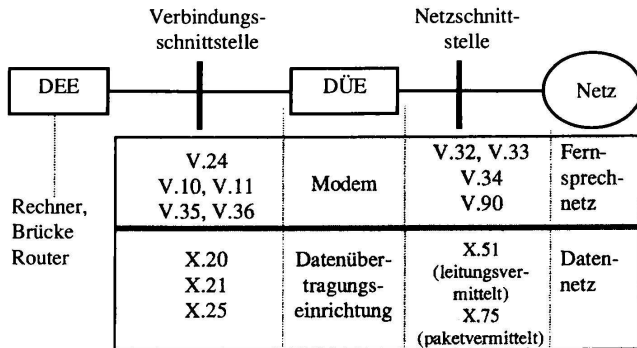
4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (1)

- Schnittstellen sind standardisierte Festlegungen zur Verbindung von Geräten verschiedener Hersteller, zum Anschluss von Geräten an Übertragungseinrichtungen, zum Anschluss von Übertragungseinrichtungen an Netze bestimmter Technologien
- Schnittstellen legen fest
 - Steckerkonfigurationen (physische Ausprägung, PIN-Bedeutung)
 - Codierung, Modulation
 - Schritttakterzeugung, Synchronisation
 - Datenübertragung und Fehlersicherung
- Gremien: ITU-T, EIA / TIA, IEEE

4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (2): Beispiel V- und X- Normen



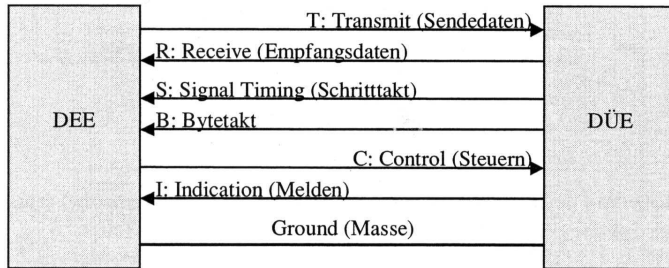
4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (3): Beispiel V.24, RS-232

Gruppe	V.24	RS-232 D	DIN 66020	Pin (DB 25)	Kurzbezeichnung Richtung (DEE-DÜE)
Erde	101	AA	E1	1	Schutzerde
	102	AB	E2	7	Betriebserde
Daten- leitungen	103	BA	D1	2	TxD →
	104	BB	D2	3	RxD ←
Steuer- signale	105	CA	S2	4	RTS →
	106	CB	M ²	5	CTS ←
	107	CC	M1	6	DSR ←
	108	CD	S1	20	DTR →
	125	CE	M ³	22	RI ←
	109	CF	M5	8	RLSD/CD ←
	110	CG	M6	21	RL/SQD → ←
	111	CH	S4	23	DSRD →
	112	CI	S4	23	DSRD ←
	126	CK	S5	11	STF →
Takete	113	DA	T1	24	TC →
	114	DB	T2	15	TxC ←
	115	DD	T4	17	RxC ←
Hilfs- signale	118	SBA	HD1	14	td →
	119	SBB	HD2	16	rd ←
	120	SCA	HS2	19	rts →
	121	SCB	HM2	13	cts ←
	122	SCF	HM5	12	dcd ←
Weitere	--	--	--	9, 10	Reserviert für Test
	141	LL	141	18	LL
	142	DA	142	25	TM

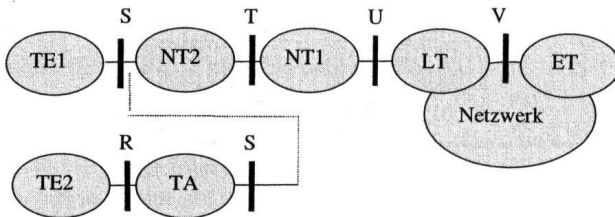
4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (4): Beispiel X.21, X.21 bis



4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (5): Beispiel ISDN



TE1: ISDN-fähige Endgeräte, TE2: nicht-ISDN-Geräte

TA: Terminal Adapter

NT2 (Network Termination 2): Funktionen der OSI-Schichten 2 und 3 im D-Protokoll

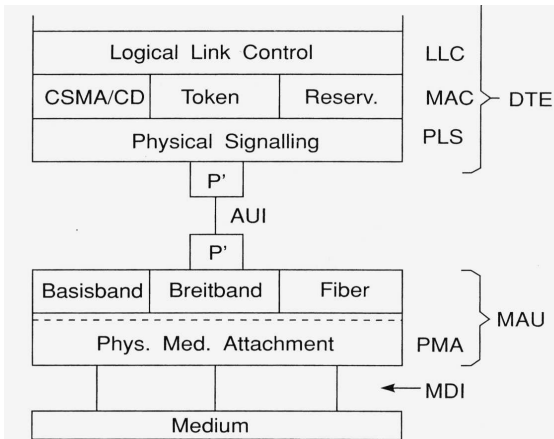
NT1: Funktionen OSI-Schicht 1 (transparenter Netzabschluss)

LT: Gegenstück zu NT im OVSt des Providers

ET: Bestandteil der OVSt

4.4 Schnittstellen

Schnittstellen (6): LAN-Schnittstellen gemäß IEEE-802.x



LLC = Logical Link Control
MAC = Medium Access Control
MAU = Medium Access Unit
PLS = Physical Signaling
AUI = Attachment Unit Interface
MDI = Medium Dependent Interface
PMA = Physical Medium Attachment

- Wieso ist die PIN-Festlegung Protokollbestandteil der Ebene 1?
- Welche Übertragungsmedien können shared media sein?
- Was besagt das Abtasttheorem?
- Welche zwei Bandbreitenbegriffe gibt es?
- Wodurch wird die Übertragungsrate beeinflusst?
- Wie unterscheiden sich Bitrate und Baud bei der Manchester Codierung?
- Was bedeutet das Bandbreitenlängenprodukt bei Medien?
- Welche Trägermodellierungsarten gibt es?
- Welche Teilschritte umfasst die Digitalisierung analoger Signale?
- Was bedeutet Modendispersion?
- Unterschiede synchroner und asynchroner Übertragung?
- Nennen Sie wesentliche Störeinflüsse bei elektrischen Leitern.
- Wieso tritt bei Monomodefasern keine Modendispersion auf?