

# Informatik

Christian Speich

2010/2011



# Inhaltsverzeichnis

## *Inhaltsverzeichnis*

## Teil I

# Kommunikation und Netze



# 1 Vorbemerkungen

## 1.1 Begriffe

**Information** beseitigte Ungewissheit

**Kommunikation** Informationsübermittlung

- elementares Bedürfnis der Menschen
- wesentliche Triebkraft der Entwicklung der Gesellschaft

## 1.2 Beispiele der Kommunikation

Rauchzeichen Buschtrommeln Brieftauben Sprache Schrift Signale Telegraphie Fernsehen  
IT-Systeme

## 1.3 IT-Systeme

Sind Computer mit Übertragungsmedien, Koppellemente und peripheren Geräte (Mensch-Maschine-Dialog). Eigene Begriffsbildung beim Netzen dient dazu, der Komplexität der Problematik Herr zu werden.

## *1 Vorbemerkungen*



## 2 Nachrichten und Signale

**Signal** elementare Informationsträger mit folgenden Eigenschaften:

- Gebunden an Übertragungsmedien
- Unterliegt einer zeitlichen Veränderung (Zeitfunktion)

**Nachricht** Sammlung von Signalen

### 2.1 Übertragung von Signalen

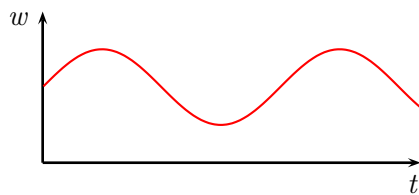
### 2.2 Analoge und digitale Signale

Ein Signal nimmt zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  einen bestimmten Wert  $w$  an:  
 $w(t)$

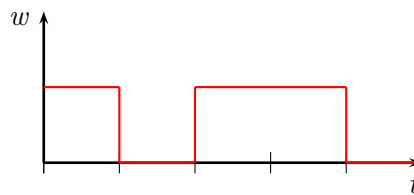
#### 2.2.1 Kontinuierliche oder diskrete Signale

Ein Signal kann sowohl im Wert als auch in der Zeit kontinuierlich oder diskret sein.

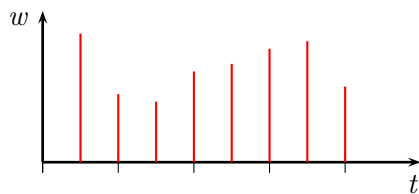
**Zeit- und wertkontinuierlich:**



**Wertdiskret und zeitkontinuierlich:**



**Wertkontinuierlich und zeitdiskret:**

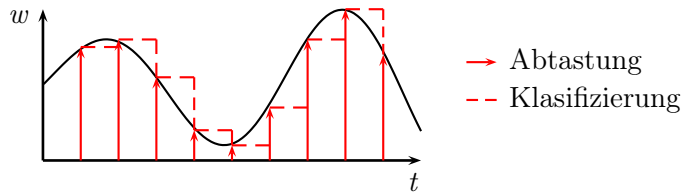


**Wert- und zeitdiskret:**



### 2.2.2 Quantisierung von analogen Signalen

Ist die Zuordnung von Zeitintervallen und Klassifizierung in diskrete Werte.



**Digitales Signal** endlich viele Werte

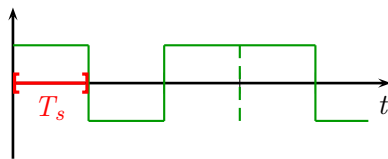
**Binär** zwei Werte

**Ternär** drei Werte

**analoges Signal** unendlich viele Werte

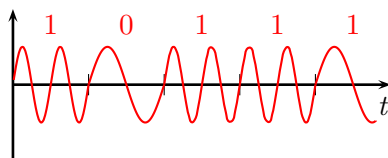
## 2.3 Schritt- und Übertragungsgeschwindigkeit

**Einheitsschritt**  $T_s$  Zeitdauer für die Übertragung eines Signals:



**Schrittgeschwindigkeit**  $S = \frac{1}{T_s}$  Maßeinheit: Baud

**Signal** Kennzustand für die Dauer eines Einheitsschrittes

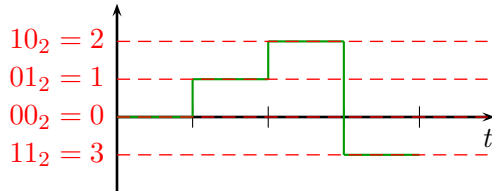


### 2.3.1 Übertragungsgeschwindigkeit

$$U = \text{bit/s}$$

Wichtig: Bei nicht-binärer Übertragung  $U \neq S$

Beispiel: Übertragung mit 4 Kennzuständen



In einem Einheitsschritt können 2 Bit übertragen werden ( $S=1$ ;  $U=2$ )

## 2.4 Übertragungsmedien

| Art  | Vorteile                        | Nachteile   |
|--|---------------------------------|---|
| elektrischer Strom<br>(Metallkabel)              | Kostengünstig, (stabil)         | Große Entfernungen, bauliche Eingriffe                |
| Radiowellen, Infrarot, Mikrowelle (Luft, Vakuum) | Kein Medium nötig               | Langsam, störanfällig, u.U. Störquelle, Energiebedarf |
| Licht (LWL)                                      | Extrem schnell, hoher Durchsatz | Teuer, reparaturunfreundlich                          |

### 2.4.1 Bemerkungen

#### Elektrischer Strom

Material: Kupfer — bestes Preis/Leistungsverhältnis Aufbau: Twisted Pairs - Verdrillte Kabelpaare (Verringerung von Interferenzen) Koaxialkabel

#### Elektromagnetische Wellen

Bedingung: Sender und Empfänger (Realisationen) müssen quasioptisch verbunden sein. Zusätzliche Empfangseinrichtung notwendig. Problem: Abschirmung der übertragenen Informationen

#### Licht

Basis: Bessere Kodierungsmöglichkeit (Multiplex) des Lichtes Vorteil: keine elektromagnetischen Störungen

## *2 Nachrichten und Signale*

## 3 Datenübertragung

### 3.1 Spannungs-Zeit-Diagramm

Bestand einer Nachrichtenübertragung:

1. Start- und Stoppsignal
2. eigentliche Nachricht
3. Paritätssignal (Sicherheitsinformation)

Betrachtung zunächst an der Übertragung binärer Signale ( $0=+15$ ,  $1=-15$ ) Grundlage: RS 232 - Standard der seriellen Datenübertragung

- Kupferkabel
- Spannung zwischen 3 und 15 Volt (0 Volt nicht zu gelassen)
- Ruhezustand: -15V
- Startbit: +15V
- Stoppbit: -15V (1/1,5/2 Bit)
- Paritätsbit

Parität: gerade oder ungerade bedeutet, dass die Anzahl der übertragenen 1-Informationen durch das Paritätsbit zu einer geraden/ungeraden Zahl ergänzt wird.

Bei binärer Information entspricht die Baudzahl der Zahl der übertragenen Bits(einschließlich Startt-/Stopp-/Paritätsbit).

Übliche Baudzahlen: 110, 300, 600, 1200, ..., 115200  
Übliche Anzahl der Datenbits: 4, 5, 6, 7, 8

#### Bemerkungen:

1. Spannungs-Zeit-Diagramme werden üblicherweise für die serielle Datenübertragung angefertigt (Bitfolge nacheinander).

Zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit kann die parallele Datenübertragung dienen (mehrere Bit werden gleichzeitig übertragen — teurer).

### 3 Datenübertragung

2. Zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit kann auch eine Übertragung mit mehr als 2 Kennzuständen verwendet werden.
  - 4 Kennzustände: 1Baud = 2bit
  - 8 Kennzustände: 1Baud = 3bit
3. Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit auch durch Verkürzung des Einheits-schrittes möglich (begrenzt)

## 3.2 Modulationsarten

### 3.2.1 Modulierung als Rechtecksignale

Grundlage: Fourier-Synthese

$$f(t) = \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cdot \sin(i \cdot t) + b_i \cdot \cos(i \cdot t)$$

### 3.2.2 Frequenzmodulation

### 3.2.3 Amplitudenmodulation

### 3.2.4 Phasenumtastung

Binäre Werte werden einer Phasenverschiebung zugeordnet:

$$0 = 0 \cdot \lambda$$

$$1 = \frac{1}{4} \cdot \lambda$$

**Erweiterung** Quad Phase Shift Keying

$$00 = 0 \cdot \lambda$$

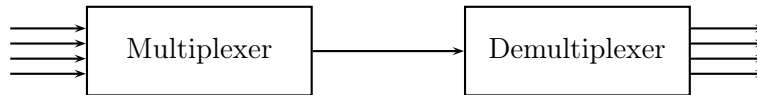
$$01 = \frac{1}{4} \cdot \lambda$$

$$10 = \frac{1}{2} \cdot \lambda$$

$$11 = \frac{3}{4} \cdot \lambda$$

**Bemerkung** Mit Hilfe eines Modems können im Frequenzbereich des der Telefonie (300-3400 Hz) digitale in analoge Signale umgewandelt werden und umgekehrt.

### 3.3 Gleichzeitige Übertragung mehrerer Nachrichten (Multiplexverfahren)



**Zeitmultiplexing** Unterteilung der Zeit in kleine Teilintervalle. Periodisch wird jeder zu übertragenden Nachricht ein Teilintervall zugeordnet.

**Frequenzmultiplexing** Aufprägung mehrerer Nachrichten in unterschiedlichen Frequenzbereichen auf eine Grundfrequenz und Zerlegung des gesamten Frequenzspektrums beim Empfänger.

Oversampling: Abtasten mit dem mehrfachen der Grundfrequenz.

### 3.4 Hardwarebandbreite und Bitübertragung

Hardware kann Spannung nicht in beliebig kurzen Intervallen wechseln. Das Rechteckdiagramm ist eine Idealisierung. Deswegen Begrenzung der höchsten Geschwindigkeit eines Signals.

**Bandbreite  $B$  ist eine Eigenschaft des Übertragungsmediums.** (Maßeinheit: Herz)

### 3.5 Nyquist-Theorem

Stellt Zusammenhang zwischen der Bandbreite des Übertragungssystems und der theoretischen Höchstgeschwindigkeit  $D$  dar:

$$D = 2 \cdot B \cdot \log_2 k$$

$k$  ... Anzahl der Kennzustände

$D$  ... theoretische Höchstgeschwindigkeit in  $\frac{\text{Bits}}{\text{Sekunde}}$

## 3.6 Handshake und Betriebsarten

Handshake bezeichnet den Austausch von Informationen über die Sende- und Empfangsbereitschaft zusätzlich zur eigentlichen Nachrichtenübertragung.

**Polling** Gegenstelle wird zyklisch auf Sendebereitschaft abgefragt

Vorteil: einfache Realisierung

Nachteil: keine Sendung zum beliebigem Zeitpunkt

**Software-Handshakeing** Mitteilung des Senders an den Empfänger, dass Sendebereitschaft vorliegt(XON) oder nicht (XOFF)

Nachteil: 3 Leitungen (2 Nachrichten + 1 Signal)

Vorteil: große Entfernungen "noch machbar". (bidirektional)

**Hardware-Handshakeing** Sendung der Informationen: 0(Ready) durch Empfänger an DTR (Data Terminal Ready). Oder Sendung von 1 (Busy=Empfangsbuffer voll).

Vorteil: Empfangszustand jedes Teilnehmers ist jederzeit verfügbar.

Nachteil: Zur Realisierung werden 7 Datenleitungen benötigt.

## 3.7 Ethernet

Ethernet ist grundlegende Norm für die Datenübertragung.

Netzmafia  
Ethernet Typen

### Bestandteile

- Medium: Koaxialkabel, Twisted Pair (Steckverbindungen)
- Übertragungsrate: z.B. 10Mbit/s
- Maximale Ausdehnung des Netzes: 2500m(Signallaufzeit/-stärke)
- Zugriffsverfahren: deterministische und stochastische Zugriffsverfahren
- Protokoll: Paketinformationen, Adressen
- Beziehungen zum OSI-Schichtenmodell

## 3.8 Paket

**Ergänzungen** Übertragendes Paket besteht aus Frame und Datenblock. Frame beinhaltet im Header die Synchronisationsinformation.



**Asynchrone Übertragung** Sender und Empfänger müssen ihre Übertragung zeitlich nicht verabreden (Notwendigkeit von Signalen, die Beginn und Ende der Übertragung eines Zeichens kennzeichnen)

**Synchrone Übertragung** Empfangstakt wird auf Sendetakt abgestimmt Im Header des Pakets (durch Übertragung eines Synchronisationszeichens, etwa ASCII-SYN). Nach Empfang der Zeichenfolge "rastet Empfänger ein.

Am Ende des Paketes werden Prüfsummen- bzw. CRC-Informationen über den Datenblock gesendet (Sicherung) und der Block wird abgeschlossen.

## 3.9 Betriebsarten

**Simplex** Kommunikation in einer Richtung

**Halbduplex** Wechselseitige Nutzung der Übertragungsmedien zum Senden und Empfangen

**Duplex** Beide Teilnehmer sind über den gesamten Zeitraum Sender und Empfänger zugleich.

### *3 Datenübertragung*

# 4 Computernetze

## 4.1 Netztopologien

### Bustopologie

**Vorteile** • Einfache Realisierung

**Nachteile** • Alle Teilnehmer müssen sich die max. Datengeschwindigkeit teilen

- Bei defektem Bussegment Erreichbarkeit einiger Rechner nicht gesichert
- Terminator erforderlich (Abschlusswiderstand)

**Beispiele** ISDN, ThinWire-Koaxialkabel

## 4.2 Sterntopologie

**Vorteile** • Unabhängigkeit der einzelnen Computer

**Nachteile** • Aufwendigkeit

- Bei Defekt des zentralen Computers/Koppelements kein Betrieb möglich

**Beispiele** Ethernet

## 4.3 Ringtopologie

**Vorteile** • Betrieb kann bei Ausfall eines Ringsegments aufrecht erhalten werden

**Nachteile** • Kommunikation immer nur zwischen zwei Computern

**Beispiele** Token-Ring, FDDI

## 4.4 Maschentopologie

**Vorteile** • Sehr effiziente Kommunikation zwischen den Computern möglich

**Nachteile** • Extrem aufwendig

**Beispiele**

## 4.5 Baumtopologie

**Vorteile** • Aufgabenstruktur kann abgebildet werden

**Nachteile** • Oft nur temporäre Lösung

**Beispiele**

## 4.6 Zugriffsverfahren

### 4.6.1 Vorüberlegung Signallaufzeit

Bei jedem Kabel existiert eine Konstante  $k$ , mit welcher die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrischer Signale beschrieben wird. (Vakuum:  $1.0c$ , Koaxialkabel:  $0.77c$ , TwistedPair  $0.66c$ )

Zwischen Station A und B soll kommuniziert werden. Station A sendet zum Zeitpunkt  $t$  eine Nachricht. Station B sendet eine Nachricht zum Zeitpunkt  $t+T-dt$ . Siehe Zeichnung

Für die Information das eine Nachricht erfolgreich von Station A zur Station B übermittelt worden ist wird die doppelte Signallaufzeit  $2T$  mit  $T = d/k \cdot c$ , wobei  $d$  - Räumliche Entfernung,  $c$  - Lichtgeschwindigkeit,  $k$  - Materialkonstante.

Signallaufzeit spielt bei Zugriffsverfahren eine besondere Rolle.

### 4.6.2 Deterministische Zugriffsverfahren

**Problem** Wollen mehrere Computerpaare gleichzeitig im Netz (z.b. Ring) kommunizieren, kann es zur Kollision kommen. Die Pegel der Nachrichten können sich überlagern oder auslöschen, wodurch die Signalfolge unbrauchbar wird.

**Ausweg** Einrichtung eines Berechtigungszeichens zum Senden (Token): nur der zeitweilige Besitzer des Zeichens darf senden. Nach Übermittlung wird das Token-Element weitergegeben.

### 4.6.3 Stochastische Zugriffsverfahren

Unter Verwendung von Zufallsinformationen wird der Zugriff einzelner Computer auf Netzwerkverbindungen reguliert.

**Ursprung: ALOHA-Verfahren (1970 Uni Hawaii)** Funknetz wird nach dem Prinzip betrieben: Jeder darf zu jedem Zeitpunkt senden; Bestätigung über separaten Kanal.

Bei Bestätigung -> Weitersenden

Bei ausbleibender Bestätigung (Kollision) -> zufällige Wahl eines neuen neuen Sendepunktes

=> Datenstau wird abgebaut

Optimale Sendeverhältnisse, wenn 18

**Modifikation** jeder darf nur zu Beginn eines festgelegten Zeitintervalls versuchen zu senden.

**CSMA/CD-Verfahren** (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect)

- Hineinhören in die Leitung
- Falls freie Leitung: Sendebeginn
- Mithören während der gesamten Sendung
- Falls Kollision: Sendende Stationen produzieren JAM-Signal.
- Übertragung der Datenpakete wird abgebrochen
- Sendewillige Stationen warten einen zufällig bestimmten Zeitraum und versuchen es erneut

**JAM-Signal** 32bit-Folge: 101010...

**Wichtig** Für die Erkennung von Kollisionen muss die Dauer Übertragung eines Datenblocks mindestens  $2T$  betragen.

**Beispiel** 10Base-Ethernet => 10Mbit/s, 2,5km Stationsentfernung, 64byte Paketgröße => 512bit.  $t = 51,2$  Mikro Sekunden. 10Base -> Koaxialkabel =>  $k=0,77$  Zurückgelegter Weg der Nachrichtenspitze im Koaxialkabel:  $0,77 * 3 * 10^5 * 51,2 * 10^{-3} = 11827m$

$2T = 2,16e-4$  Sekunden

#### 4 Computernetze

##### Merke

- Der Konfliktparameter  $k$  = Maximale Signallaufzeit / Nachrichtenübertraungszeit muss kleiner 1 sein
- Bei den üblichen Netzstandards ergibt sich für die größte zulässige Netzlänge und die kleinste zulässige Paketgröße  $k$  ungefähr 0,21

$$\text{Wartezeit} = ZZ \cdot T$$

ZZ Zufallszahl aus  $0 < ZZ < 2^n$

N - Anzahl der Wiederholungen (max 10)