

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

I. Grundlagen

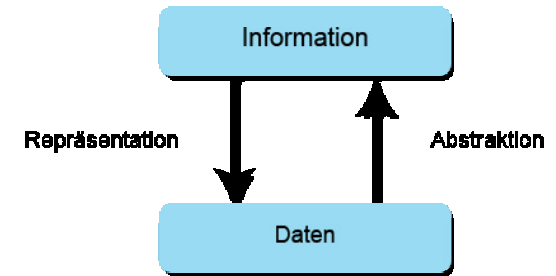
1. Information und Daten
2. Kommunikationskapazität
3. Signal- und Informationstheorie
4. Kommunikationsmerkmale
5. Systemarchitektur
 - Hardware
 - Software

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

1. Information und Daten

- Daten und Information
 - Daten: Repräsentation von Informationen
 - Informationen: Daten mit inhaltlicher Bedeutung (semantisierte Daten)
 - Repräsentation: Darstellung der Informationen durch Daten
 - Abstraktion: Interpretation der Daten als Information
- Informationsübertragung: Kommunikation
 - Information wird übermittelt durch Kommunikation
 - Sender → Empfänger
 - Nachricht: vermittelt Information
 - Informationsübertragung: Daten



I. Grundlagen

1. Information

2. Kommunikationskapazität

3. Signal-, Infotheorie

4. Merkmale

5. Systemarchitektur

1. Information und Datenübertragung

- Informationsübertragung \rightarrow Datenübertragung
 - Datenübertragung \rightarrow Kommunikation auf anderer Abstraktions-Ebene
 - Information wird in Sprache kodiert
 - Kommunikation bedient sich immer einer Sprache
- Daten
 - Alphabet: Zeichen
z.B.: $\{0,1\}$, $\{—, \cdot\}$, $\{A-Z, a-z, 0-9\}$
 - Grammatik: Regeln, wie aus Zeichen Zeichenketten, Wörter und Aussagen zusammengesetzt werden
 - Syntax: welche Ausdrücke zur Sprache gehören
Zur Beschreibung der *Syntax* wird meist eine *Grammatik* verwendet.
Bsp natürliche Sprache: Ich studiere in Jena. \leftrightarrow Jena studiere in ich.

I. Grundlagen

1. Information

2. Kommunikationskapazität

3. Signal-, Infotheorie

4. Merkmale

5. Systemarchitektur

1. Information und Kodierung

- Kodierung: Abbildung von Wörtern eines Alphabets in ein anderes
 - Beispiel: Morse-Alphabet
$$A = \{A, \dots, Z, 0, \dots, 9, \dots\}$$
$$B = \{—, \cdot\}$$
 - SMS: Abbildung von A nach B \rightarrow ... — — ...
- Information
 - Semantik: Bedeutung, Kontext, Interpretation der Ausdrücke (Worte)
 - Pragmatik: Aktion, Wissen
 - Beispiel: SOS Daten, Kodierung, Zeichen, Bedeutung, Wissen, Aktion

I. Grundlagen

1. Information

2. Kommunikationskapazität

3. Signal-, Infotheorie

4. Merkmale

5. Systemarchitektur

1. Information und Datenverarbeitung

- Datenübertragung
 - Information wird übermittelt durch Kommunikation
 - Information wird in Sprache kodiert
 - Kommunikation bedient sich immer einer Sprache
 - Nachricht: Zeichenfolge, die Information vermittelt
 - Übertragung: Daten (Kodierung)
 - Signal: physikalische Darstellung von Daten
- Datenverarbeitung:

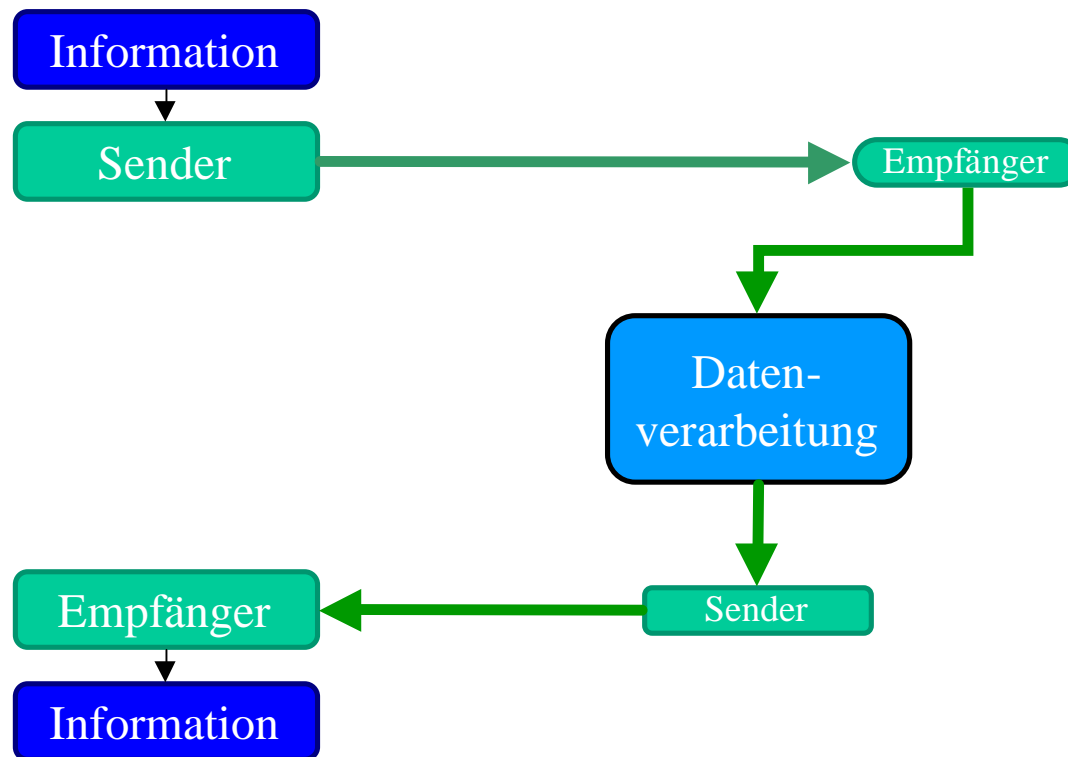
Organisierter Umgang mit Daten, um Informationen über diese Daten zu gewinnen oder sie zu verändern. (Wikipedia)
- Algorithmus zur Verarbeitung von Daten (E. Schallen, Mgb.)

Ein Algorithmus ist eine eindeutige Beschreibung eines in mehreren Schritten durchzuführenden Vorgangs zur Lösung einer bestimmten Klasse von Problemen.

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

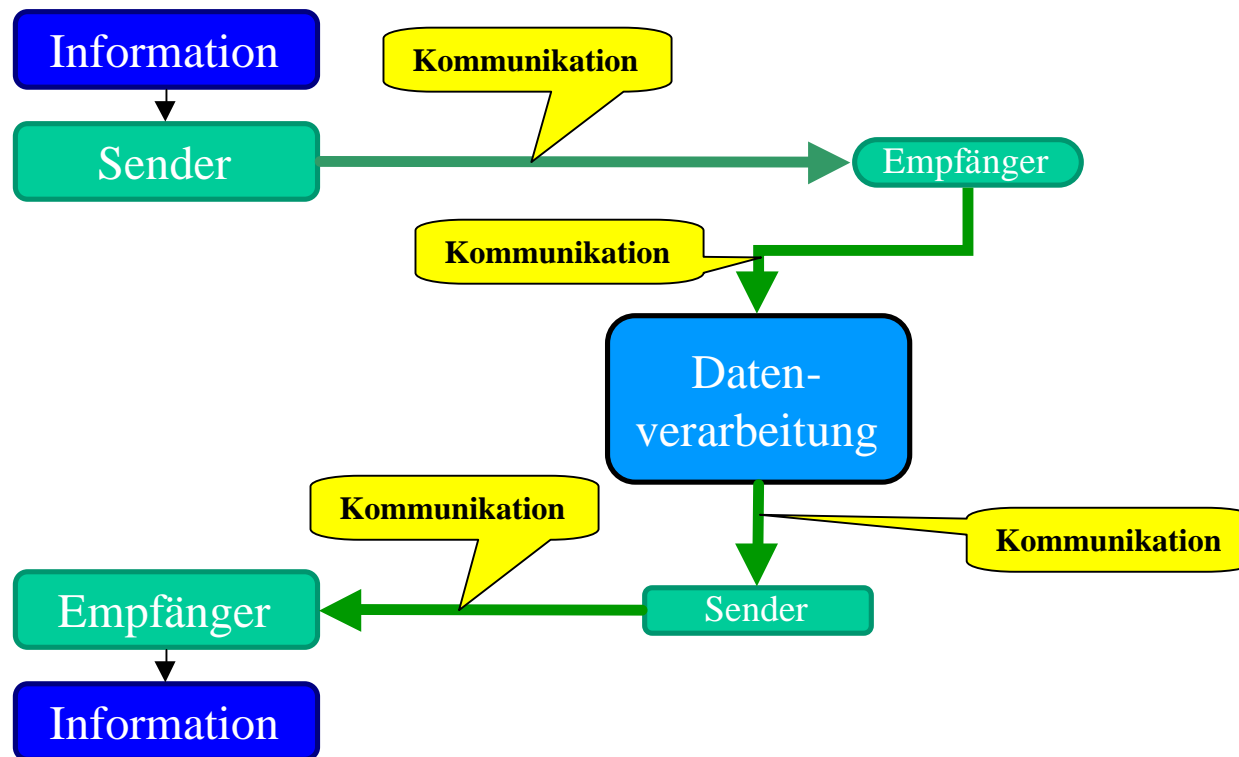
1. Information und Kommunikation



I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

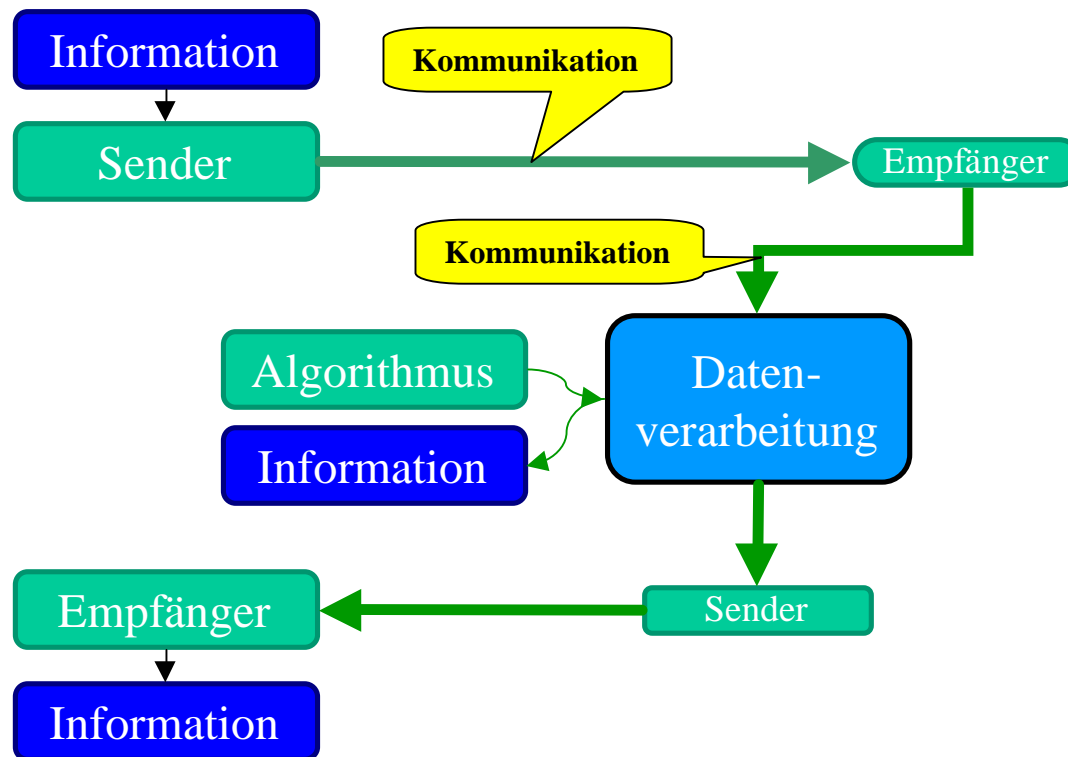
1. Information und Kommunikation



I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

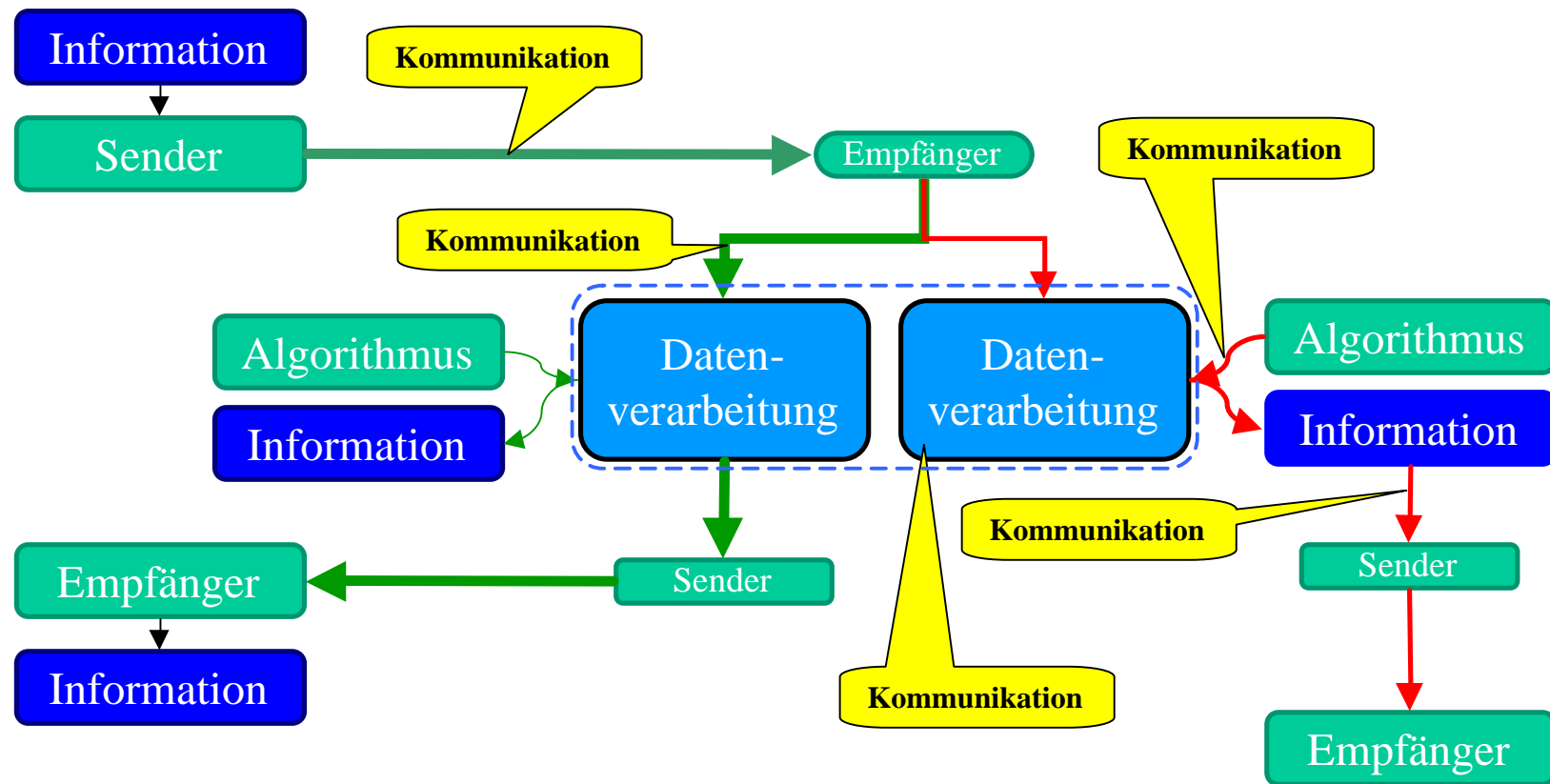
1. Information und Kommunikation



I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

1. Information und Kommunikation



I. Grundlagen

1. Information

2. Kommunikationskapazität

3. Signal-, Infotheorie

4. Merkmale

5. Systemarchitektur

1. Information und Daten

- Daten
 - **Erzeugung** – aus Informationen, Messungen, Algorithmen
 - **Übertragung** – Kommunikation
 - **Verarbeitung** – Inhalt der Informatik
 - **Speicherung** – Zwischenspeicher, dauerhafte Archivierung
- Information: Maßeinheiten, weltweite Kapazitäten ?

I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Einheit
- digit
- Bits
- Entropie
- global

2. Kommunikationskapazität

- **Hilbert and Lopez, 2011:** How to measure the world's technological capacity to communicate, store and compute information?
 - **Speicherung:** Übertragung von Infos zwischen Zeitpunkten
 - **Kommunikation:** Übertragung von Infos zwischen Orten
 - **Berechnung:** Umwandlung von Infos in der Zeit
- Wahl der Maßeinheiten – Anforderungen
 1. Eindeutigkeit: einzigartige kontra neue Informationen
 2. Ausschließlichkeit: repräsentiert genau einen Sachverhalt
 3. Vollständigkeit: allumfassend, was gemessen werden soll
- optimal komprimiertes Bit: Speicherung, Kommunikation
- MIPS (10^6 Instructions per Second): Berechnung

I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- **Einheit**
- digit
- Bits
- Entropie
- global

2.1. Kommunikationskapazität – Einheit Bit

- Bit: sehr solide und fundamentale Maßeinheit
 - ähnlich fundamental wie die Entropie
- stammt aus der angewandten Wahrscheinlichkeitstheorie
 - geht zurück auf Shannon
 - A mathematical theory of communication (1948)
- Transformation
 - analoge Information zur binären Zahl (binary digit)
 - binäre Zahl zum Bit
 - Bit zum optimal komprimierten Bit

I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Einheit
- **digit**
- Bits
- Entropie
- global

2.1. Kommunikationskapazität – digit

- analoge Information zur binären Zahl (binary digit)
 - Natur ist analog - binäre Zahlen für Maschinen
 - binäre Symbole: 0 – 1, Ja – Nein, schwarz – weiß ...
 - Digitalisierung: Anzahl der binären Entscheidungen um aktuelle Auswahl zu identifizieren
- Beispiele
 - Text: nicht mehr als 256 Buchstaben: 2^8 Entscheidungen
 - Bilder: 256 Farben für jeden Punkt
 - analoge Welle: Abtasttheorem →
Anzahl der binären Entscheidungen für Rekonstruktion einer Welle

I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Einheit
- digit
- **Bits**
- Entropie
- global

2.1. Kommunikationskapazität – Bit

- binäre Zahl zum Bit
 - 2 Arten von bits
1. **Maßeinheit** für die **Datenmenge**
 - Repräsentation von Daten, Kette von 0 und 1
 - keine Bruchteile
 - Bsp.: kodierter Text oder Bilder
 2. **Maßeinheit** für **Informationsgehalt** (Shannon)
 - repräsentieren Entropie, auch Bruchteile
 - keine Redundanz, reine Information, kein Verlust von Info
 - perfekt komprimierte binäre Digits 0 und 1
 - Ereignis tritt auf mit $p(x)$, $H = \text{ld} (1 / p(x)) = - \text{ld} p(x)$
 - auch Bruchteile: z.B. dt. Alphabet: 4,06 bit/Buchstaben

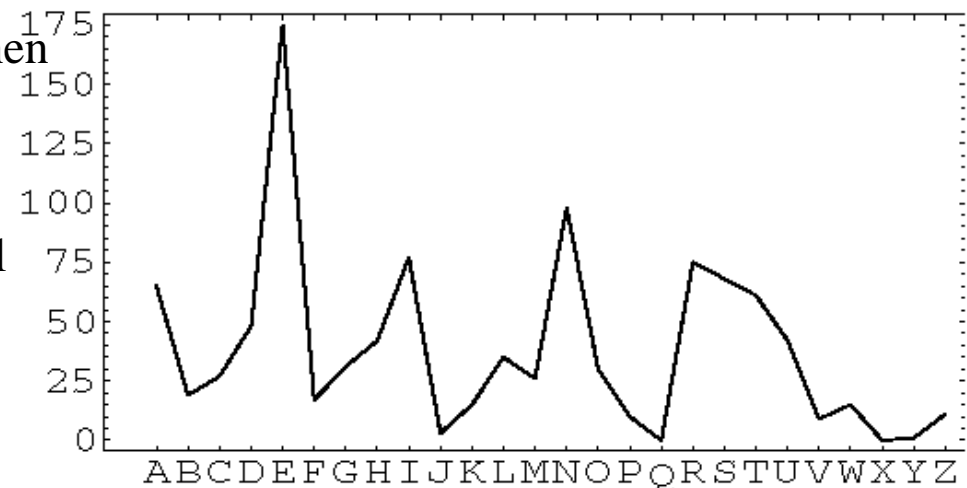
I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Einheit
- digit
- Bits
- **Entropie**
- global

2.2. Kommunikationskapazität – Entropie

- das optimal komprimierten Bit (Shannon)
 - semantische Aspekte werden ausgeschlossen
 - statistische Betrachtung
 - Analogie von Entropie und Informationsgehalt durch Statistik
 - statistisch unabhängige Ereignisse
- natürlicher Sprache deutsch
 - keine Gleichverteilung
 - keine Unabhängigkeit der Zeichen
 - Bigramme: ~4% en, er
 - Trigramme: 1,1% ich
 - Entropie $H = 4,0629$ bit/Symbol



I. Grundlagen

1. Information
2. **Kommunikationskapazität**
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Einheit
- digit
- Bits
- Entropie
- **global**

2.3. Kommunikationskapazität – global

- effektive Kommunikation von Information:
 - 1986 $435 \cdot 10^{18}$ (exa) Bytes
 - 2007 $2.25 \cdot 10^{21}$ (zetta) Bytes
 - 2.400 x Sandkörner aller Strände der Welt
 - Information in der menschlichen DNA: 10^{22} Bytes
 - dominiert durch Fernsehen
- digitale Speicherung von Information drastisch gestiegen
 - 1986: 2 Tage Kommunikation
 - 2007: 56 Tage Kommunikation
- anwendungsspezifische eingebettete Rechner leistungsfähiger als menschlich bediente: 1986 59 % → 2007 97 %

	Tage
1986	2
1993	8
2000	17
2007	56

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

3. Signal- und Informationstheorie

- mathematische Theorie der Signalmodelle
- Ein Signal $f(t)$ ist eine Abbildung: $f: T \rightarrow S$, die den zeitlichen Ablauf einer abstrakten oder physikalischen Größe s mit dem Wertebereich S beschreibt, wobei T die Zeitbasis ist.
 - determinierte Signale
 - periodische
 - nichtperiodische: Impuls-, Sprungfunktion, schmalbandige
 - zeitkontinuierliches Signal
 - zeitdiskretes Signal
 - stochastische Signale (-quellen)
- Modell:
 - Idealisierung der Abweichungen vom System
 - Abstraktion von komplexen Phänomenen, die mathematische Beschreibung ermöglicht

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. **Signal-, Infotheorie**
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

3.1 Signaltheorie

- Gegenstand der Signaltheorie
 - mathematische Darstellung von Signalen
 - Charakterisierung, Klassifizierung, Abbildung, Detektion
 - Wechselwirkung zwischen Signalen
 - Signalübertragung über technische Systeme → Kommunikationstechnik
 - wechselseitige Beeinflussung von Signalen und Systemen
 - Impulsantwort, Faltung
 - Fourier Transformation
 - „Messbarkeit“ einer Nachricht → Informationstheorie
 - umfassende Theorie der Kommunikation
 - Darstellung von Nachrichten
 - Leistungsfähigkeit nachrichtenverarbeitender Systeme
 - Diskretisierung und digitale Verfahren

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

3.2. Systemtheorie

- Gegenstand der Systemtheorie
 - mathematische Beschreibung und Berechnung
 - physikalischer Systeme (Filter, Regelkreis)
 - abstrakter Ebene
- Konzepte
 - Signal: Funktion die Informationen darstellt (Aktienkurs)
 - System: Modell eines Realen Vorgangs, Signale umwandelt
- Einteilung von Systemen
 - zeitdiskrete (Folgen, Differenzenbildung), kontinuierliche
 - lineare, zeitinvariante (Fourier-, Laplace-Transformation)
 - Zustandsraumdarstellung (dynamische, Matritzen, Vektoren, Diff.-Gl.
 - kausale, akasale (Bsp. Tiefpass)

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. **Signal-, Infotheorie**
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

3.3. Informationstheorie

- Gegenstand der Informationstheorie: Information, Entropie, Informationsübertragung, Kompression, Kodierung
- semantische Aspekte werden ausgeschlossen
 - kein direkte Aussage über Informationsgehalt
 - Komplexität einer Nachricht: Algorithmen, die Nachricht erzeugen
 - Versagen bei Quanten-Systemen → Quanteninformation
- Shannon-Hartley-Gesetz:
 - theoretische Obergrenze der Kanalkapazität
 - Bandbreite, Signal-Rausch-Verhältnis
- Sender-Empfänger-Modell:
 - Informationen in Zeichen
 - Übertragungskanal
- bei gegebener Störung: wieviel Redundanz nötig
- Kodes: Shannon-Fano-, Huffman-, präfixfreie Kodes ...

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. Merkmale
5. Systemarchitektur

- Größen
- Prinzipien
- Gruppen
- Schichten

4. Kommunikationsmerkmale

1. Technische Größen:
Bandbreite, Kapazität, Durchsatz, Verzögerung, Jitter,
Verfügungsgewalt, Verfügbarkeit
2. Grundprinzip in Kommunikation
Nachrichtenkopplung oder Speicherkopplung
3. Gruppenommunikation: 1->1, 1->n, n->1, n->m?
4. Schichtung: Kommunikations Hardware – Software
 - Dienst - Protokoll - Schnittstelle (Tanenbaum S.44)
 - Protokoll: Verhaltensregel für den Dienst
 - Aufteilung zwischen Steueranweisung und Nutzdaten
 - Protokollstapel

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. **Merkmale**
5. Systemarchitektur

- **Größen**
- Prinzipien
- Gruppen
- Schichten

4.1. Technische Größen der Kommunikation

Bandbreite, Kapazität, Durchsatz

- übertragene **Daten pro Zeiteinheit** (300 bit/s, 100 Mbit/s, 40 Gbit/s)
- Angabe was gemessen wird:
 - **Bandbreite** (Bandwidth): Fähigkeit der HW, obere Grenze
 - Shannon: **Kapazität** $C = B * \lg(1 + S / N)$
 - Nyquist: **Datenrate** $D_{\max} = 2 * B * \lg K$
 - **effektiver Durchsatz**: Nutzdaten, ohne Steuerdaten, Zeit zw. Paketen
- Geschwindigkeit ungleich Durchsatz
 - **Geschwindigkeit** ® **Verzögerung**
 - **Durchsatz – Kapazität**
- Veranschaulichung Straße:
 - eine Spur (Kapazität) mit Geschwindigkeit befahren: Fahrzeit (Verzögerung)
 - zwei Spuren: doppelte Kapazität, doppelter Durchsatz, aber selbe Geschwindigkeit und (Fahrzeit) Verzögerung

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. **Merkmale**
5. Systemarchitektur

- **Größen**
- Prinzipien
- Gruppen
- Schichten

4.1. Technische Größen der Kommunikation

Verzögerung, Jitter

- Zeit, die ein Bit von der Quelle zum Empfänger benötigt.
 - kann stark schwanken: einige ns - mehrere s
- 1. **Laufzeit** (Propagation Delay):
 - onChip 1 ns, zwischen Chips 20 ns, zwischen Boards 100 ns, LAN: 50 μ s, Satellit 100 ms, mobile >1 s
- 2. **Zugriffsverzögerung** (Access Delay)
 - Arbitrierung, Ethernet CSMA/CD
- 3. **Vermittlungsverzögerung** (Switching Delay)
 - warten bis Paket vollständig, Wegebestimmung
- 4. **Verarbeitungsverzögerung** (Queuing Delay) WAN
 - Store-and-Forward
 - Zeit in Warteschlange vor Verarbeitung
- Jitter: Schwankung der Verzögerung ? Isochrone Kommunikation
- Verzögerungs-Durchsatz-Produkt: Datenmenge während Übertragung

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. **Merkmale**
5. Systemarchitektur

- **Größen**
- Prinzipien
- Gruppen
- Schichten

4.1. Technische Größen der Kommunikation

Verfügungsgewalt

- **Verfügungsgewalt** (Eigentum): intern, extern, privat, öffentlich
 - Vertraulichkeit
 - Vermarktung
 - Staatlich
 - Kosten: HW, Personal, Installation, Wartung
 - Investitions-Risiko
 - Flexibilität: Konfiguration, Skalierbarkeit (Teilnehmer, Standorte)
- **Verfügbarkeit**
 - technische Störung, Zuverlässigkeit der Kommunikationslösung
 - Reliability, Availability, Maintainability, Safety
 - Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartbarkeit, Sicherheit
 - Administrative Unterbrechung

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. **Merkmale**
5. Systemarchitektur

- Größen
- **Prinzipien**
- Gruppen
- Schichten

4.2. Grundprinzip in Kommunikation zwischen Programmen

1. Nachrichten
2. Speicherkopplung
3. Ereignisbasiert
4. Aufrufzentriert

1. Nachrichten: „direkter“ Austausch von Daten

- „direkt“ \leftrightarrow zwischen Speicherung
- Datenpaket bestimmten Formats und Größe
- Stream: Datenstrom, deren Stückelung unbestimmt ist
- Ereignisse: Prozesssynchronisation, Signale
- relativ langsam, viel Overhead
- beliebig skalierbar

I. Grundlagen

1. Information
2. Kommunikationskapazität
3. Signal-, Infotheorie
4. **Merkmale**
5. Systemarchitektur

- Größen
- **Prinzipien**
- Gruppen
- Schichten

4.2. Kommunikation zwischen Programmen

2. **Speicher**: indirekt Daten werden hinterlegt

- nur lokal, relativ schnell, skaliert nicht → Flaschenhals
- Problem: Synchronisation
- Cache-Kohärenz: Bus Snooping, Write-Through, Kreuzschienenverteiler, Omega-Netzwerke
- Ausnahme RDMA
 - zero-copy: keine CPU, Cache, Kontext, OS → voll parallel
 - Nachteil: 1-seitige K., keine Mitteilung über Abschluss der Anforderung
 - Erfordert separaten Protokollstapel → begrenzte Akzeptanz, nur HPC
 - Implementierungen: VIA, RDMA over Converged Ethernet (ROCE), InfiniBand, iWARP

3. **Ereignisbasiert**: Nachricht wird veröffentlicht, Subscriber kann reagieren

4. **Aufrufzentriert**: Remote Method Invocation

- durch Algorithmus bedingt
- **blockierend, asynchron**