

Einführung in die Informatik 1

– Was ist Informatik? –

Sven Kosub

AG Algorithmik/Theorie komplexer Systeme
Universität Konstanz

E 202 | Sven.Kosub@uni-konstanz.de | Sprechstunde: Freitag, 12:30-14:00 Uhr, o.n.V.

Wintersemester 2008/2009

I N F O R M A T I O N
M A T H E M A T I C S

Informatik als Kunstwort:

- Information und Automatik (1957 Karl Steinbuch)
- Information und Elektronik (1962 Philippe Dreyfus)
- Information und Mathematik (methodisch)

Informatik im Gebrauch:

- Informatik = Informatique (franz.) = Informatics (engl.)
- Computerwissenschaft = Computer Science (engl.)
- „Informatik“ vor allem in Kontinentaleuropa gebräuchlich
- „Computer Science“ in angelsächsischen Staaten gebräuchlich
- synonym aber Vorsicht:

Computer science is no more about computers than astronomy is about telescopes (Edsger Wybe Dijkstra)

Informatik =

Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen,
insbesondere ...

... der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Rechenanlagen
= **Computerwissenschaft**

Informatik als Wissenschaft ist ...

- Grundlagenwissenschaft
- Ingenieurwissenschaft
- Experimentalwissenschaft

Grundlagenaspekt der Informatik:

- Mathematisierung der Informationsverarbeitung
- Konzentration auf formale Begriffe, die der automatischen Verarbeitung zugänglich sind

Teilaspekte:

- Programmiersprachen und ihre Semantik
- Logiken, Kalküle und Beweisverfahren
- Automaten, Schaltwerke und Maschinenmodelle
- Datenstrukturen, Datentypen und Objekte
- Algorithmen und ihre Komplexität
- Künstliche Intelligenz
- ...

Ingenieuraspekt der Informatik:

- Entwurf, Implementierung und Einsatz von Informatiksystemen
- **Informatiksystem** ist „aus Software oder Hardware bestehendes System, das Aufgaben in der Informationsverarbeitung oder -übertragung erfüllt“ (GI)

Teilaspekte:

- Betriebssysteme und vernetzte Systemsoftware
- Rechner- und Kommunikationsnetze, verteilte Systeme
- Datenbanken und Informationssysteme
- eingebettete Systeme und Echtzeitsysteme
- Software Engineering und Systemarchitekturen
- Sicherheit, Zuverlässigkeit, Fehlertoleranz und Qualitätssicherung
- ...

Experimentalaspekt der Informatik:

- Bereitstellung eines „virtuellen Labors“
- Modellierung und Simulation von Szenarien, die sich physischen Experimenten verschließen

Teilaspekte:

- Scientific Computing (wissenschaftliches Rechnen) und Numerik
- Modellierungs- und Simulationsmethodik
- Datenanalyse
- parallele Algorithmen und Höchstleistungsrechnen
- Visualisierung
- Bildverarbeitung und -erkennung
- ...

- **Theoretische Informatik**

Formale Sprachen, Automatentheorie, Komplexitätstheorie, Berechenbarkeit, Algorithmik, Logik, ...

- **Praktische Informatik**

Betriebssysteme, Compiler, Datenbanken, Software Engineering, Softwaretechnik, ...

- **Technische Informatik**

Schaltungen, Hardware-Komponenten, Mikroprogrammierung, Rechnerarchitekturen, Netzwerke, Robotik, ...

- **Angewandte Informatik**

Anwendung von Informationsverarbeitung in Unternehmen, Verwaltung, Fertigung, Medizin, Biologie, Visualisierung, Medien, ...

Informatik =

Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen,
insbesondere ...

... der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Rechenanlagen
= **Computerwissenschaft**

zentrale Gegenstände der Informatik:

- Information
- Algorithmen (\simeq Systematik der Verarbeitung)
- Computer (\simeq Rechenanlagen)

heute
demnächst
demnächst

Information nicht exklusiver Gegenstand der Informatik:

- Elektrotechnik- und Informationstechnik
- Linguistik
- Soziologie
- ...

Information aus systemtheoretischer Perspektive:

- Information nicht absolut, hängt immer von einem Beobachter ab
- **Beobachtung** ist „Feststellung eines Unterschieds“ (Heinz von Förster)
- **Information** ist „Unterschied, der bei einem späteren Ereignis einen Unterschied ausmacht“ (Gregory Bateson)
- Information mit Bedeutung für den Beobachter, durch Erwartung ausgedrückt
- **Informationsverarbeitung** ist Prozessieren von Unterschieden

Information aus informatischer Sicht:

- Information = Nachricht?
- Information = Daten?
- Information = Wissen?

Nachrichten sind „beseitigte Unsicherheit“ über ein Ereignis/Fakt

011101110110001101101011000101101111011001 ist Nachricht über Zahlenfolge.

Daten sind Menge von Fakten, die formatiert und *explizit* bekannt sind

Daten der Zahlenfolge sind 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55.

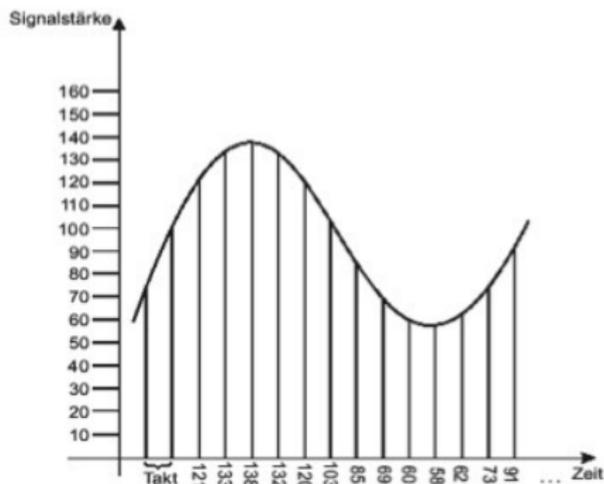
Wissen ist Menge von *explizit* und *implizit* bekannten Fakten und Regeln

Daten der Zahlenfolge folgen der Regel: $f(n) = \frac{1}{\sqrt{5}} \left[\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2} \right)^{n+1} - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2} \right)^{n+1} \right]$.

Ebenen der Informationsübermittlung (zwischen Sender und Empfänger):

- 1 **Statistik**
rein mathematische Eigenschaften (z.B. Anzahl der Zeichen)
- 2 **Syntax**
strukturelle Merkmale (z.B. Satzbau und Anordnungen)
- 3 **Semantik**
Bedeutung (z.B. Wert einer Zahl in €)
- 4 **Pragmatik**
Handlungsabsicht (Absicht des Senders)
- 5 **Apobetik**
Ergebnisaspekt (Wirkung beim Empfänger)

Kerninformatik: Information sind Daten mit Semantik



- gute Beobachtung ist Feststellung eines Unterschieds
- **Digitalisierung** ist Repräsentierung von Unterschieden
- **Bit** (Abk. für *binary digit*) als kleinste Einheit der Digitalisierung

(quantitative) Komplexität \simeq Anzahl der Ausdrucksmöglichkeiten mit Bits

quantitative Komplexität als **Grundproblem der Informatik**:

- kombinatorische Explosion von Möglichkeiten
- *a priori* ohne herkömmliche physische Restriktionen
- einfache Lösungen scheitern oft an praktischer Komplexität

Beispiel 1: Wie viele Möglichkeiten gibt es eine Textseite zu schreiben?

- pro DIN-A4-Seite ca. 2.000 Zeichen
- pro Zeichen 256 Möglichkeiten (Zeichen, Zahlen, Umlaute, ...)
- damit insgesamt: $256^{2000} = (2^8)^{2000} = 2^{8 \cdot 2000} = 2^{16000}$ Texte
- d.h. $2^{16000} = 2^{10 \cdot 1600} = (2^{10})^{1600} \approx (10^3)^{1600} = 10^{4800}$ Texte

Ist das viel?

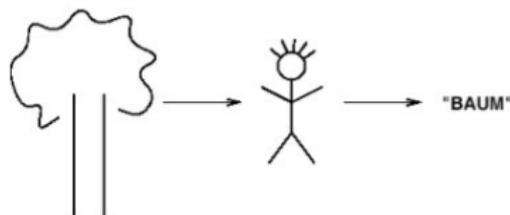
Zum Vergleich: Wie viele Wasserstoffatome passen ins Weltall?

- Durchmesser des Weltalls:

$$\begin{aligned}d_W &\approx 2 \cdot (15 \cdot 10^9) \text{ Lichtjahre} \\ &\approx (30 \cdot 10^9) \cdot (10^{13}) \text{ km} \\ &= 3 \cdot 10^{23} \text{ km} \\ &= 3 \cdot 10^{26} \text{ m}\end{aligned}$$

- Volumen des Weltalls: $V_W \approx (3 \cdot 10^{26})^3 \text{ m}^3 = 27 \cdot 10^{78} \text{ m}^3 \approx 10^{80} \text{ m}^3$
- Durchmesser eines Wasserstoffatoms: $d_H \approx 10^{-11} \text{ m}$
- Volumen eines Wasserstoffatoms: $V_H \approx 10^{-33} \text{ m}^3$
- damit maximal V_W/V_H Atome im Weltall, d.h. $\approx 10^{113}$ Atome

Beachte: $10^{4800} = 10^{4687} \cdot 10^{113}$



Beispiel 2: Rechner soll einen Baum auf einem Monitor erkennen

- **Idee:** Speichere alle Bilder mit Bäumen ab
- **Plausibilität:**
 - alle möglichen Bilder von Bäumen sind Teilmengen aller Bilder
 - für einen Monitor gibt es nur endlich viele Bilder
 - jede endliche Menge ist berechenbar
- **Problem:** Monitor mit 1.000×1.000 Pixeln erlaubt $2^{1.000.000}$ verschiedene (Binär-)Bilder

Menge der Bilder mit Bäumen kann ohne weitere Information
praktisch nicht gespeichert oder realisiert werden

Quantitative Komplexität

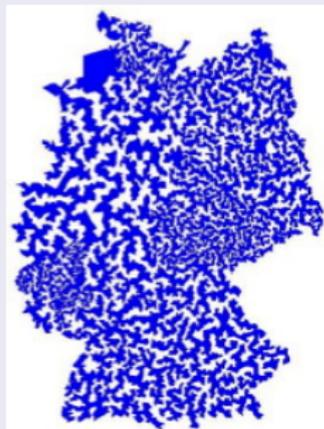
Beispiel 3. Problem des Handlungsreisenden

- **Aufgabe:** Finde kürzesten Weg, auf dem n gegebene Städte besucht werden können
- d.h. suche unter allen Pfaden (Kombinationen der Städte) den kürzesten
- **Problem:** Wie viele Kombinationen für n Städte gibt es?

n	Kombinationen
3	6
5	120
20	2.432.902.008.176.640.000



Beispiel 3 (Forts.). Problem des Handlungsreisenden



gute Lösung für $n = 15.000$ Städte

- Probleme mit hoher quantitativer Komplexität sehr oft zu lösen, z.B. Bahnverbindungen, Internet, Geometrie, ...
- effiziente Algorithmen erlauben in vielen Fällen sehr schnelle Lösungen
- weitere Idee: approximative Lösungen finden, z.B. mit Fehler $< 1\%$